

7.0 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

Il Quadro di riferimento ambientale è sviluppato secondo criteri descrittivi, analitici e previsionali, e con riferimento a quanto previsto dalle norme tecniche integrative al DPCM n. 377/1988 si propone di:

- definire l'ambito territoriale entro cui è da presumere che possano manifestarsi effetti significativi e descrivere le matrici ambientali interessate dal progetto, sia direttamente che indirettamente, definendone i livelli di qualità allo stato di fatto e gli eventuali fenomeni di degrado delle risorse in atto;
- individuare le aree, le componenti ed i fattori ambientali e le relazioni tra essi esistenti, che manifestano un carattere di eventuale criticità, anche con riferimento agli utilizzi plurimi, in atto o potenziali, delle risorse.

La redazione del Quadro di riferimento ambientale è la parte in genere maggiormente complessa negli studi di compatibilità ambientale. Mentre, infatti, il Quadro di riferimento programmatico fa riferimento ad atti amministrativi codificati, ed il Quadro progettuale ad informazioni su processi e tecnologie definite dallo stesso proponente, e quindi facilmente accessibili, il Quadro di riferimento ambientale deve analizzare diverse componenti ambientali e fenomeni territoriali, ricorrendo a differenti fonti informative.

Essendo improponibile la rilevazione diretta di tutti gli elementi che compongono tale complessità di quadro, il metodo più utilizzato è quello dell'analisi documentaria, ovvero la raccolta e la sintesi di dati e studi riguardanti il territorio in esame. Chiaramente tale metodo, se da un lato consente di descrivere un'area in maniera abbastanza approfondita nei suoi diversi aspetti, dall'altro può presentare alcuni limiti, riguardanti:

- la disponibilità di dati: non tutti i territori e/o le componenti ambientali sono spesso adeguatamente studiati;
- i livelli di territorializzazione delle indagini, che non necessariamente coincidono con l'area ottimale di indagine;
- i tempi di rilevazione: gli studi disponibili sono spesso redatti in periodi diversi;
- i metodi e le finalità delle indagini, che spesso non forniscono dati comparabili o utilizzabili per elaborazioni di tipo quantitativo.

Tali limiti impediscono spesso il ricorso a metodi di valutazione ambientale particolarmente raffinati, quali quelli che si avvalgono di indicatori ambientali di tipo quantitativo comparabili nel corso del tempo.

Nel caso in questione, per l'acquisizione dei dati ambientali e territoriali necessari all'indagine, si sono assunte le fonti istituzionali disponibili e più in generale la pubblicistica in materia.

La caratterizzazione ambientale effettuata ha potuto far riferimento ad una base di informazioni e di studi abbastanza ricca, che ha consentito una descrizione qualitativa (e spesso quantitativa) sufficientemente dettagliata.

Laddove necessario, per diverse variabili ambientali, sono state eseguite specifiche rilevazioni dirette sul campo, per gli aspetti fisico-chimici, ecologico-naturalistici, o per la ricostruzione del modello idrogeologico del sito.

La normativa di riferimento elenca le componenti ed i fattori ambientali che devono essere considerati. La descrizione è effettuata sulle seguenti componenti:

- Atmosfera.
- Ambiente idrico.
- Suolo e sottosuolo.
- Vegetazione ed aspetti ecosistemici.
- Fauna.
- Aspetti paesaggistici.
- Aspetti archeologici.
- Rumore.
- Vibrazioni.
- Viabilità e traffico.
- Quadro socio-economico.
- Salute pubblica.

La scelta dell'area territoriale da assumere ad oggetto di indagine, negli Studi, in genere, di Impatto Ambientale, deriva usualmente dell'estensione delle incidenze analizzate, che si manifestano all'interno di precise identità territoriali.

Nel caso della presente indagine, la territorializzazione e la descrizione dell'ambiente fanno riferimento ad ambiti territoriali diversi per ciascuna specifica componente ambientale descritta, in rapporto al tipo di relazioni che potenzialmente si instaurano con la nuova localizzazione. A titolo di esempio, un ambito di *vasta area* è indicato per lo studio e l'analisi di viabilità e traffico, l'area di *immediato intorno* del sito è sufficiente e più idonea per una più puntuale descrizione in merito ai modelli d'uso del suolo, delle caratteristiche geomorfologiche, degli utilizzi idrici.

7.1 CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE AMBIENTALE

7.1.1 Atmosfera: clima e qualità dell'aria

Il presente paragrafo analizza le principali caratteristiche della zona in oggetto dal punto di vista del clima e della qualità dell'aria.

7.1.1.1 Clima

Il clima e le connesse variabili meteorologiche sono di fondamentale importanza per definire i livelli di inquinamento atmosferico. Il variare delle situazioni meteorologiche regola la velocità con cui gli inquinanti vengono trasportati e si disperdono in aria, o dilavati e portati al suolo. I parametri meteorologici definiscono il volume di aria in cui gli inquinanti si disperdono: l'altezza di rimescolamento, connessa alla quota dell'inversione termica, può essere identificata come la quota massima fino alla quale gli inquinanti si diluiscono. Inoltre le condizioni meteo intervengono nella formazione di alcuni inquinanti (es. Ozono) e nella cinetica chimica dell'atmosfera.

La Valle del Riso è parte del bacino idrografico del Fiume Serio, e più in particolare della media alta Valle Seriana con la quale condivide le principali caratteristiche climatologiche.

Tuttavia queste possono variare significativamente all'interno dell'area di studio a causa della situazione orografica del territorio, che presenta una significativa variabilità di quote a distanze relativamente contenute.

L'imbocco della valle alla confluenza del Torrente Riso con il Serio è a 450 m s.l.m. Mentre la cima del Pizzo Arera a meno di 10 km in linea d'aria si trova a 2.512 m s.l.m., con un dislivello complessivo maggiore di 2.000 m, analogamente la cima del Monte Alben a 2.019 m s.l.m. si trova a meno di 8 km in linea d'aria dall'imbocco della valle.

Da un punto di vista generale la valle presenta con un clima continentale intermedio tra quello tipicamente alpino e quello sublitoraneo padano.

Il clima può essere definito temperato umido con variazioni di temperatura significative tra estate e inverno. I mesi estivi non sono comunque eccessivamente caldi. Le precipitazioni sono presenti in tutti i mesi, manca in genere quindi una stagione prettamente asciutta.

Dal punto di vista del clima è stata introdotta una classificazione climatica dei comuni italiani, con Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993 e s.m.i., per regolamentare il funzionamento ed il periodo di esercizio degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.

Con il suddetto decreto il territorio italiano è suddiviso nelle seguenti sei zone climatiche che variano in funzione dei gradi-giorno indipendentemente dall'ubicazione geografica.

<i>Zona climatica</i>	<i>Gradi-giorno</i>	<i>Periodo</i>	<i>Numero di ore</i>
A	comuni con $GG \leq 600$	1° dicembre - 15 marzo	6 ore giornaliere
B	$600 < \text{comuni con } GG \leq 900$	1° dicembre - 31 marzo	8 ore giornaliere
C	$900 < \text{comuni con } GG \leq 1.400$	15 novembre - 31 marzo	10 ore giornaliere
D	$1.400 < \text{comuni con } GG \leq 2.100$	1° novembre - 15 aprile	12 ore giornaliere
E	$2.100 < \text{comuni con } GG \leq 3.000$	15 ottobre - 15 aprile	14 ore giornaliere
F	comuni con $GG > 3.000$	tutto l'anno	

Tabella 13 - Zone climatiche in funzione dei gradi-giorno ai sensi del DPR 412/1993.

Il grado-giorno (GG) di una località è l'unità di misura che stima il fabbisogno energetico necessario per mantenere un clima confortevole nelle abitazioni. Rappresenta la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, degli incrementi medi giornalieri di temperatura necessari per raggiungere la soglia di 20 °C. Più alto è il valore del GG e maggiore è la necessità di tenere acceso l'impianto termico.

I comuni di Oneta e Gorno sono in classe F, anche il comune di Oltre il Colle dov'è sita l'area di Zorzone è in classe F. Questa classificazione segna già una parziale differenziazione climatica con i comuni limitrofi della Valle Seriana, Ponte Nossola e Premolo ad esempio sono in classe E.

Principali dati meteorologici

Per dare un quadro più generale della situazione climatica della zona si possono utilizzare i dati della rete di rilevamento della Regione Lombardia. Nella zona di interesse sono attive una serie di centraline meteo che possono essere utilizzate per fornire un buon quadro di insieme dell'area di studio.

Allo scopo sono stati utilizzati i dati delle seguenti stazioni di monitoraggio:

- CASNIGO Campo Sportivo, quota: 501
- OLTRE IL COLLE Zambla, quota: 1138
- CLUSONE SP 671, quota: 564
- CLUSONE Campo sportivo, quota: 590
- ARDESIO Valcanale, quota: 1002

Si è scelto come anno di riferimento il 2013, in quanto l'anno 2015 è stato caratterizzato da un inverno insolitamente mite e stabile, mentre l'estate 2014 è stata piuttosto fredda e piovosa con scarsità di alta pressione.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

	<i>Ardesio Valcanale</i>	<i>Clusone Campo sportivo</i>	<i>Clusone SP 671</i>	<i>Oltre il Colle Zambla</i>	<i>Casnigo Campo sportivo</i>
Temperatura media annuale (°C)	9,24	11,00	10,45	8,71	11,28
Temperatura massima annuale (°C)	33,1	34,3	34	27,7	36
Temperatura minima annuale (°C)	-10,2	-8,8	-10,4	-9,5	-7,7

Tabella 14 - Temperature nelle stazioni di riferimento, anno 2015.

L'andamento delle medie giornaliere durante l'anno è simile nelle varie postazioni; a titolo di esempio si riporta il grafico della postazione di Clusone SP 671 e di Oltre il Colle Zambla.

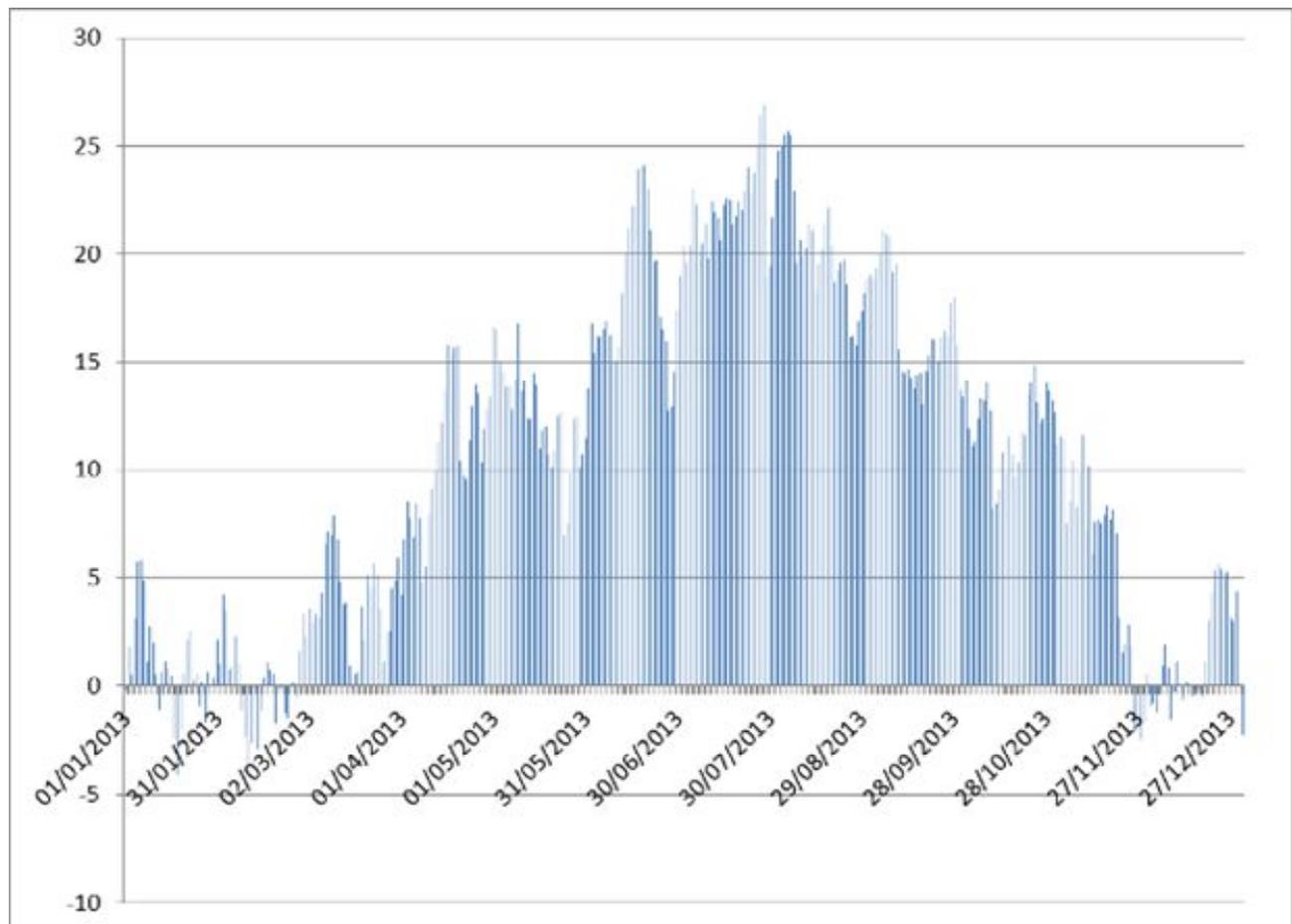


Figura 111 - Medie giornaliere delle temperature nel 2013; stazione di Clusone SP 671.

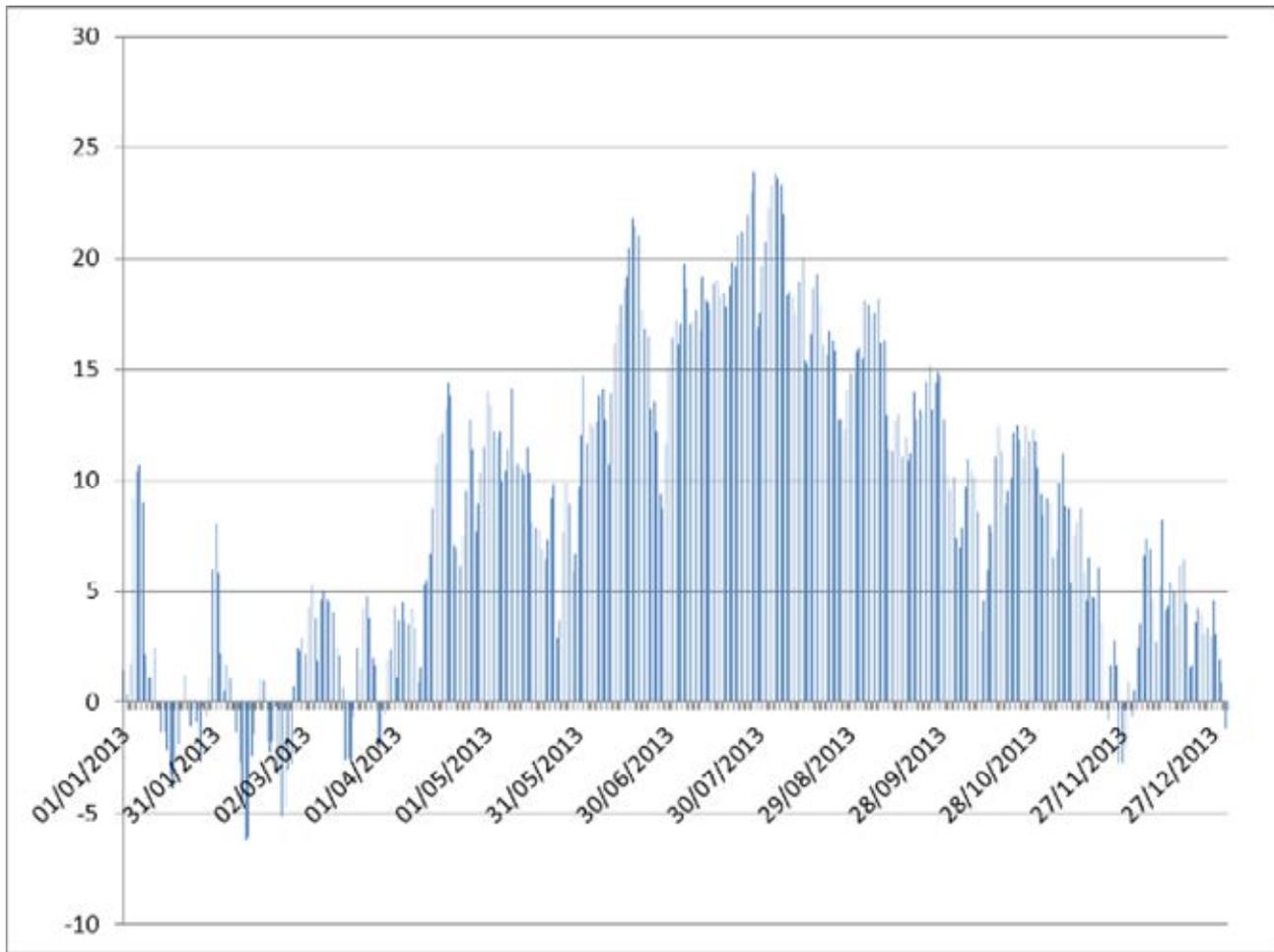


Figura 112 - Medie giornaliere delle temperature nel 2013; stazione di Oltre il Colle Zambla.

La temperatura ha un andamento tipico anche durante le ore del giorno come illustra il grafico seguente.

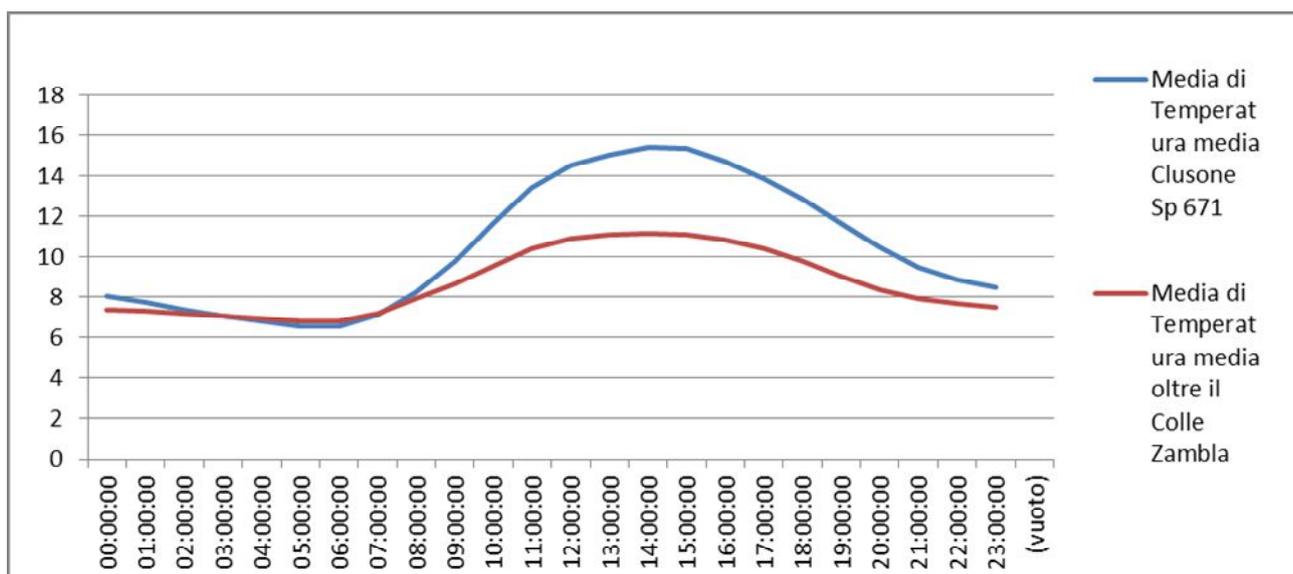


Figura 113 - Andamento medio giornaliero delle temperature medie delle stazioni di Clusone SP 671 e Oltre il Colle Zambla (2013).

	<i>Ardesio Valcanale</i>	<i>Clusone SP 671</i>	<i>Oltre il Colle Zambla</i>	<i>Casnigo Campo sportivo</i>
Umidità relativa media (%)	77	76	68	82
Umidità relativa massima (%)	100	100	96	100
Umidità relativa minima (%)	8	9,8	7,8	13,2

Tabella 15 - Umidità relativa nelle stazioni di riferimento, anno 2015.

Sopra, i valori medi riscontrati.

L'andamento dell'umidità è variabile all'interno della giornata e presenta una curva caratteristica che mediamente si presenta come segue.

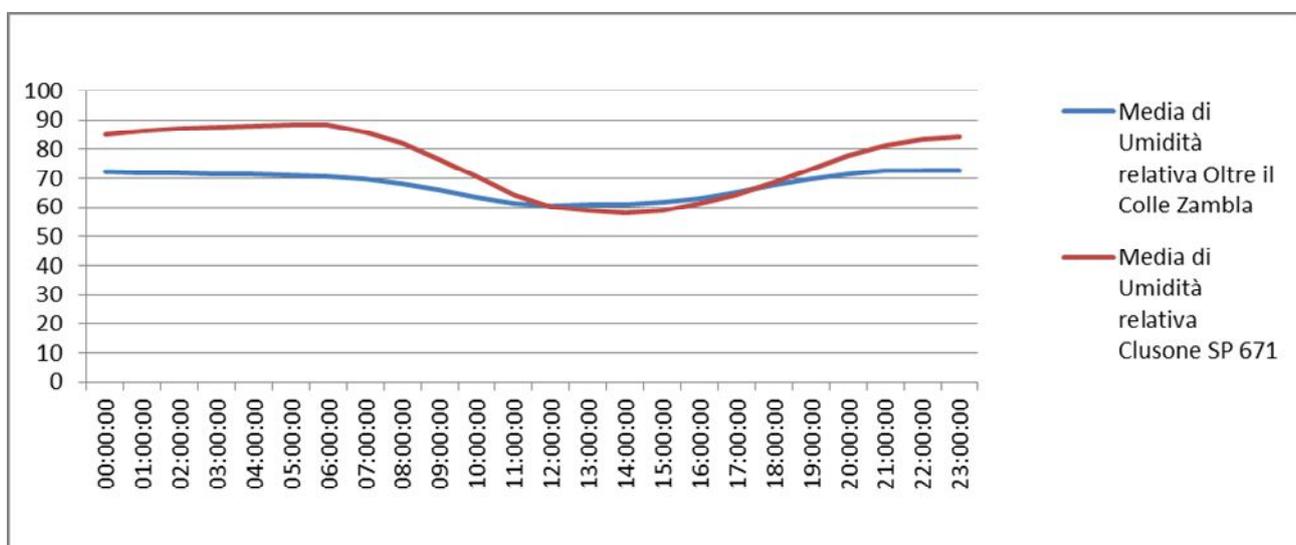


Figura 114 - Andamento medio giornaliero dell'umidità relativa delle stazioni di Clusone SP 671 e Oltre il Colle Zambla (2013).

	<i>Ardesio Valcanale</i>	<i>Clusone Campo sportivo</i>	<i>Clusone SP 671</i>	<i>Oltre il Colle Zambla</i>	<i>Casnigo Campo sportivo</i>
Precipitazioni complessive (mm)	2450	1665	1633	2331	1666
Precipitazioni complessive massima oraria (mm)	22,4	21,8	39,4	28,4	39,8
Precipitazioni complessive massima giornaliera (mm)	129,8	86,6	88	138,2	72,2
Giorni con precipitazioni	183	170	168	194	197

Tabella 16 - Precipitazioni nelle stazioni di riferimento, anno 2015.

I valori cumulati mensili di pioggia nelle singole postazioni sono i seguenti.

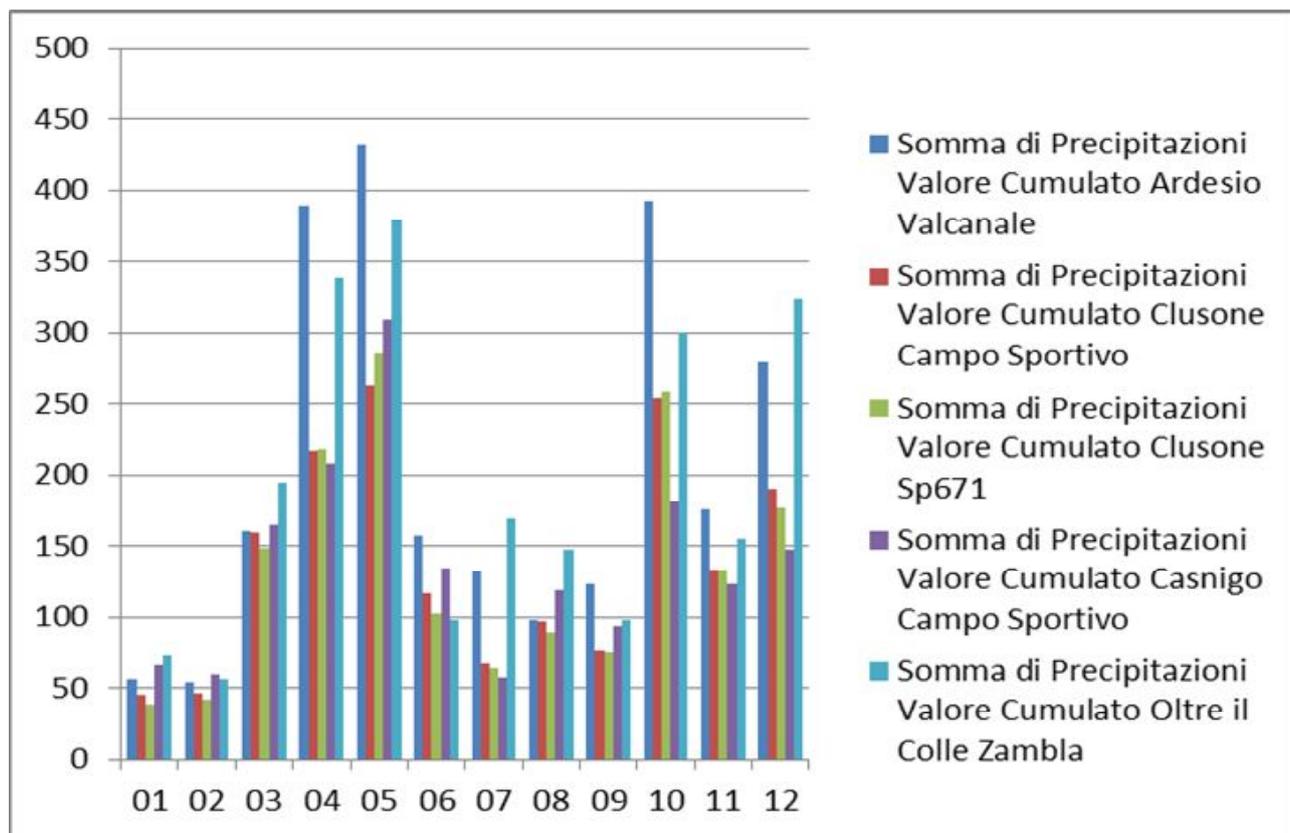


Figura 115 - Andamento dei valori cumulati mensili di pioggia nelle stazioni di riferimento.

I mesi primaverili e autunnali sono quelli con maggiori precipitazioni, i mesi più secchi sono Gennaio e Febbraio.

La centralina di Zambla fornisce anche le misure di accumulo di neve. Si è registrato un accumulo massimo di 71 cm con presenza di neve al suolo per 136 giorni. (si tenga presente che la quota del punto di misura è oltre i 1.100 m s.l.m.).

Irraggiamento

	Clusone Campo sportivo	Clusone SP 671	Oltre il Colle Zambla
Irraggiamento ore complessive	4049	4127	4108
Irraggiamento medio orario (W/m ²)	54,5	53,7	52,0
Irraggiamento massimo orario (W/m ²)	497	471,7	534,3

Tabella 17 - Irraggiamento nelle stazioni di riferimento, anno 2015.

Il numero di ore di irraggiamento giornaliero varia analogamente nei vari punti e può essere esemplificato dai due seguenti grafici.

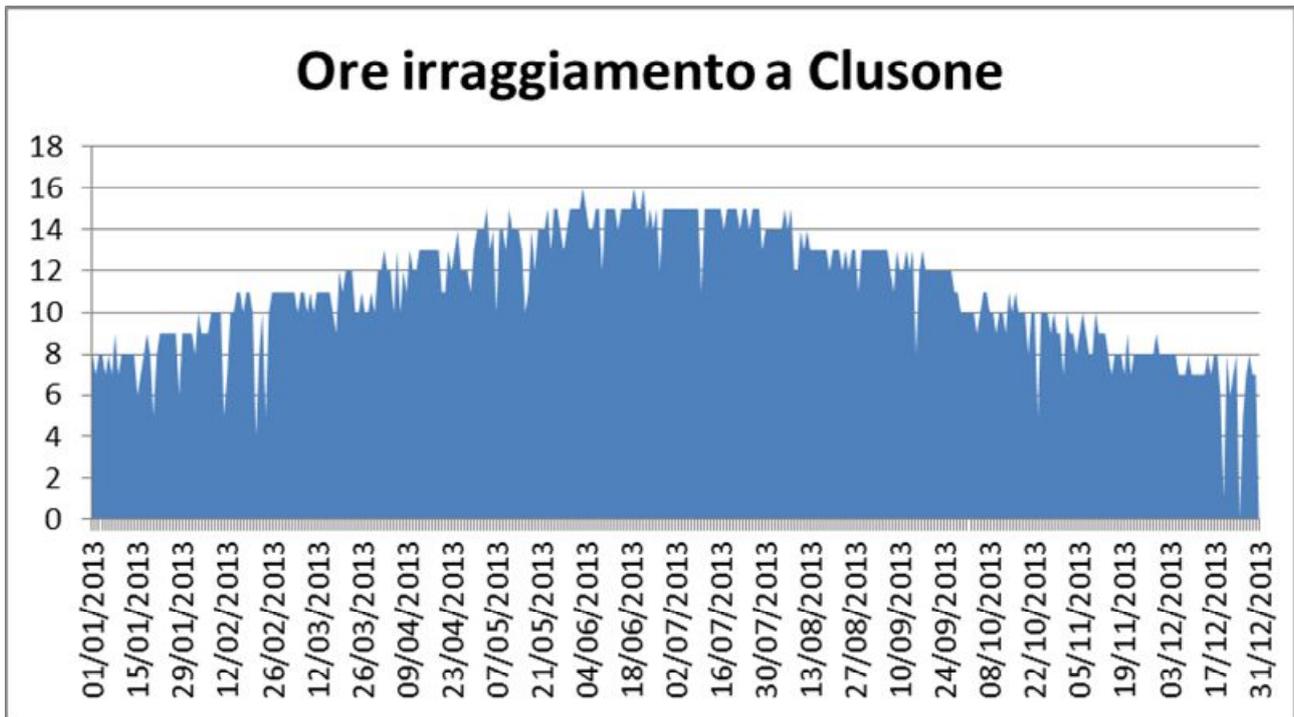


Figura 116 - Ore di irraggiamento giornaliero (stazione di Clusone, anno 2013).

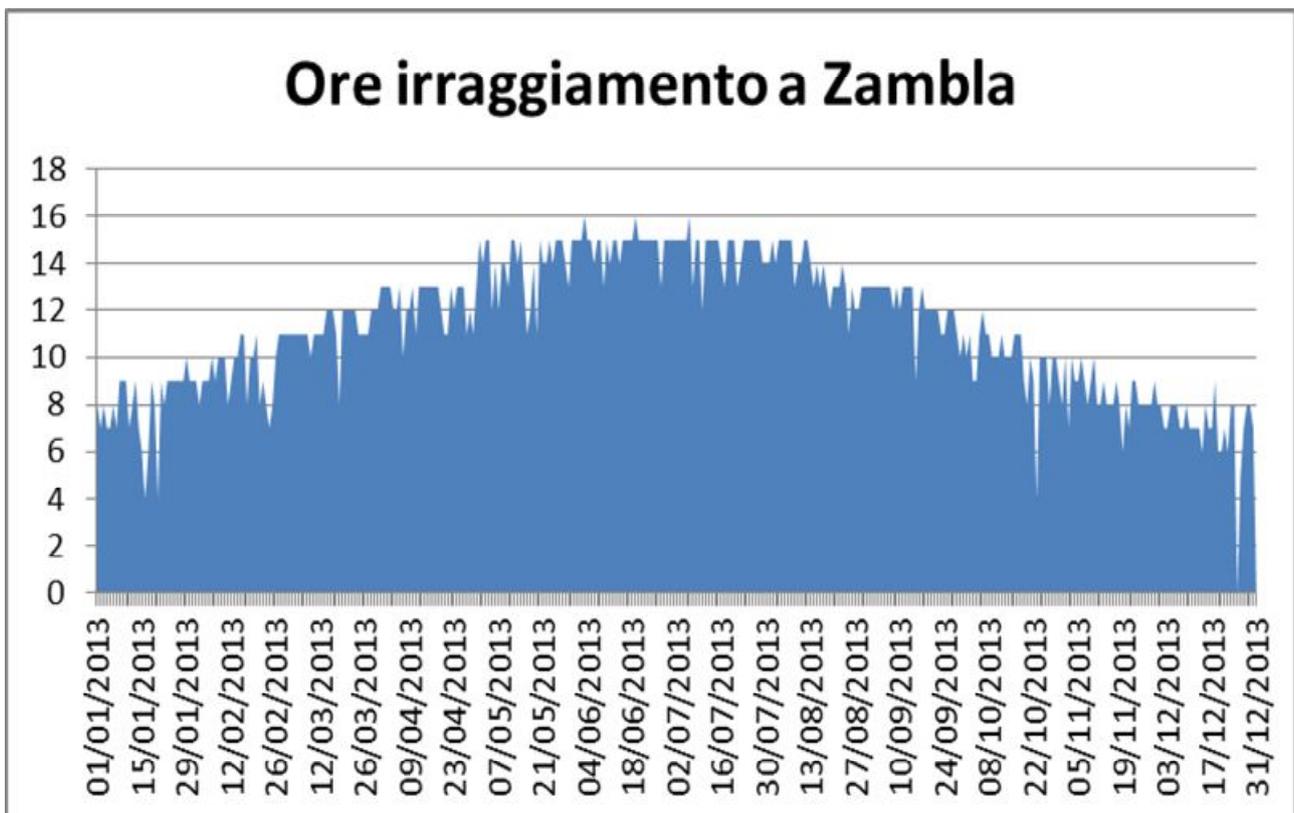


Figura 117 - Ore di irraggiamento giornaliero (stazione di Zambla, anno 2013).

	<i>Clusone SP 671</i>	<i>Oltre il Colle Zambla</i>
Velocità del vento media (m/s)	1,29	1,60
Velocità del vento massima (m/s)	7,9	10,8
% calma di vento	5,2	8

Tabella 18 - Velocità e direzione del vento nelle stazioni di riferimento, anno 2015.

Le velocità medie sono contenute, ma al contempo la percentuale di calma di vento è molto ridotta.

La rosa dei venti a Clusone sulla SP 671 è la seguente.

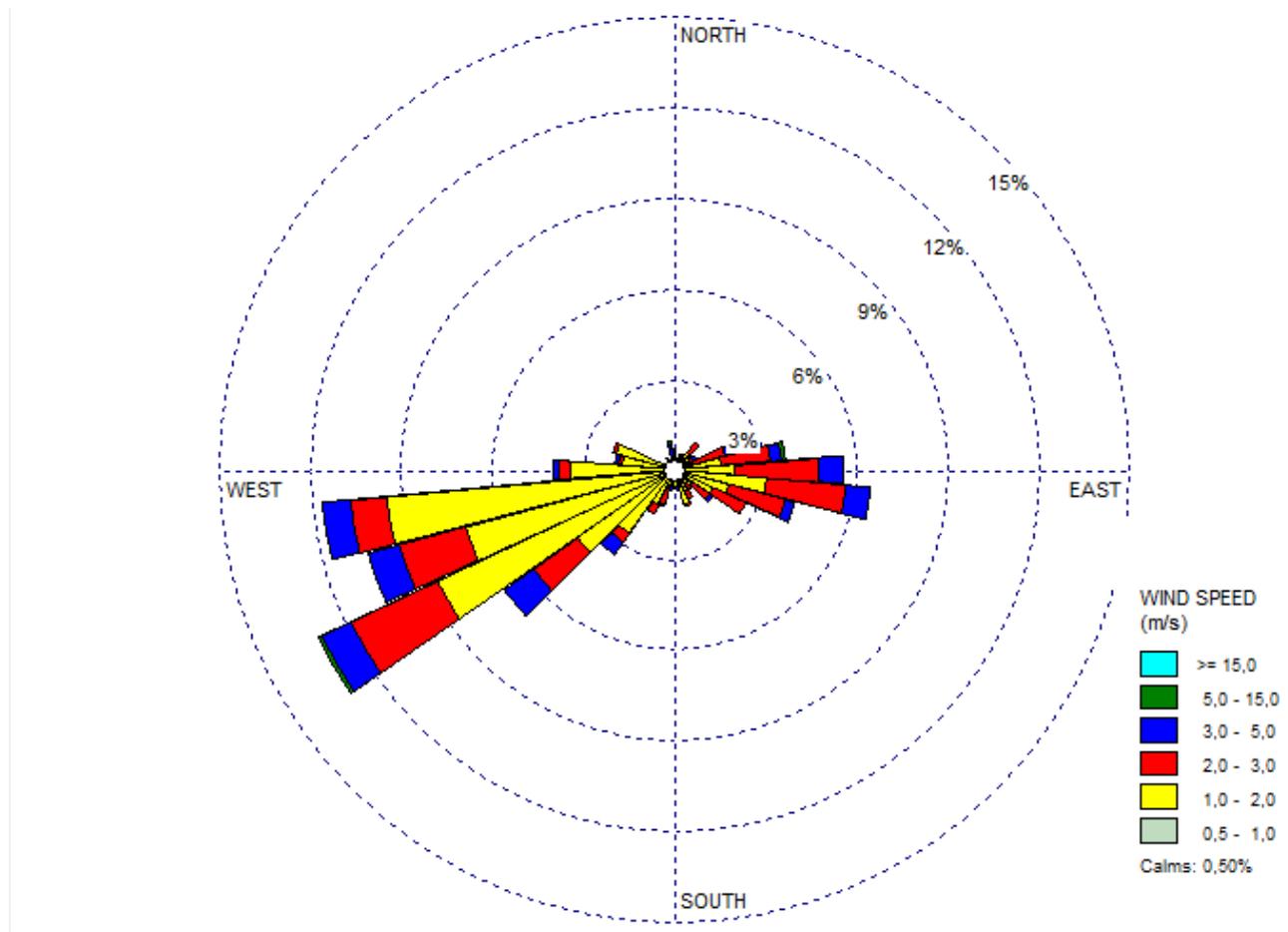


Figura 118 - Rosa dei venti (stazione di Clusone SP 671, anno 2013).

Con la seguente distribuzione % delle velocità.

Wind Class Frequency Distribution

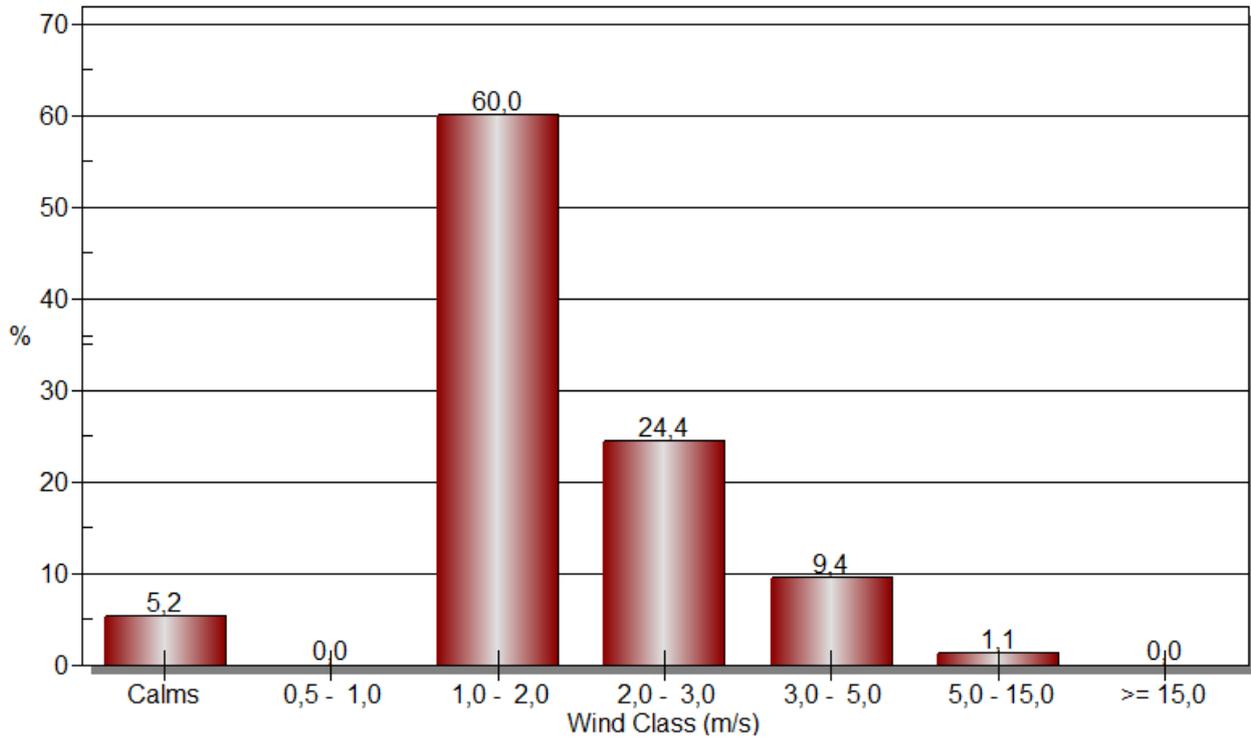


Figura 119 - Distribuzione % delle velocità dei venti (stazione di Clusone SP 671, anno 2013).

La rosa dei venti a Zambla è la seguente.

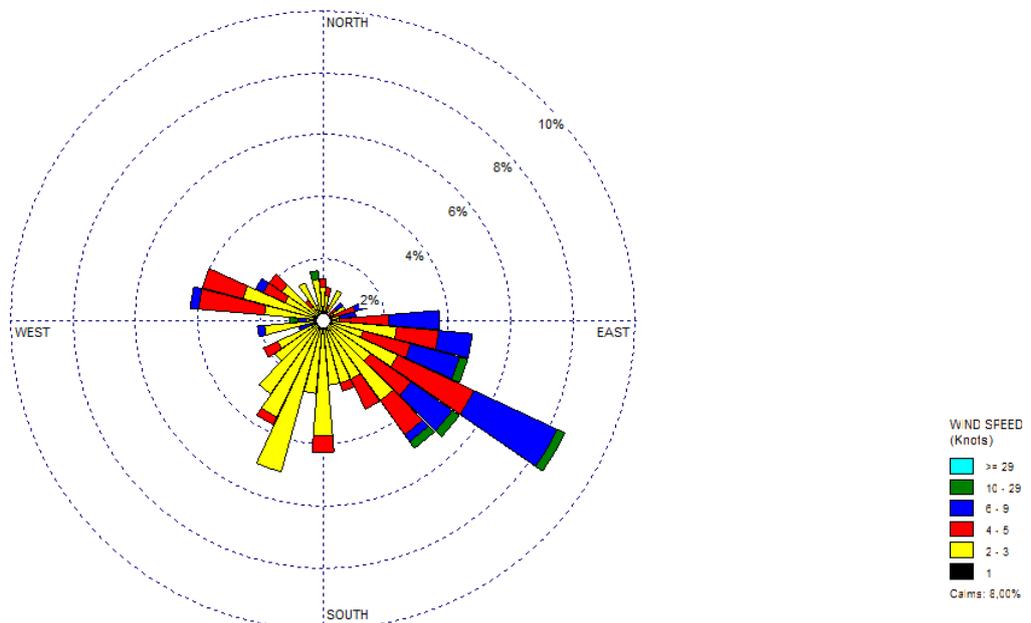


Figura 120 - Rosa dei venti (stazione di Zambla, anno 2013).

La distribuzione % delle velocità è la seguente.

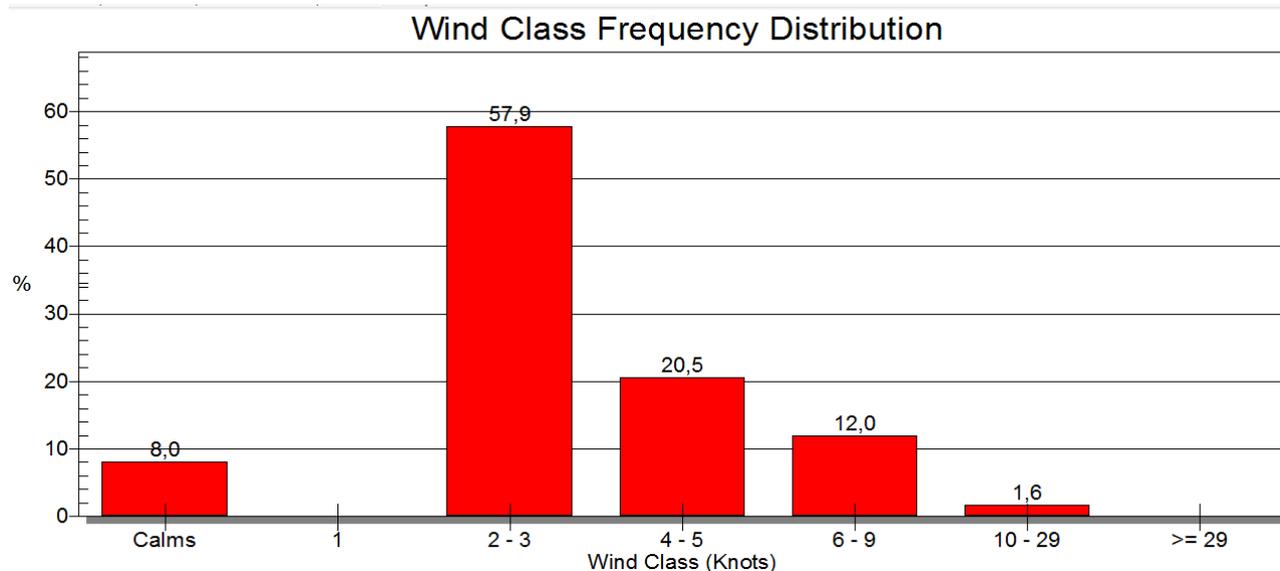


Figura 121 - Distribuzione % delle velocità dei venti (stazione di Zambla, anno 2013).

Nella zona sono importanti le brezze che si creano per escursione termica tra la montagna e il fondo valle, le cosiddette brezze monte-valle.

Le seguenti rose dei venti danno conto della suddetta variabilità, come mostrano i grafici che seguono.

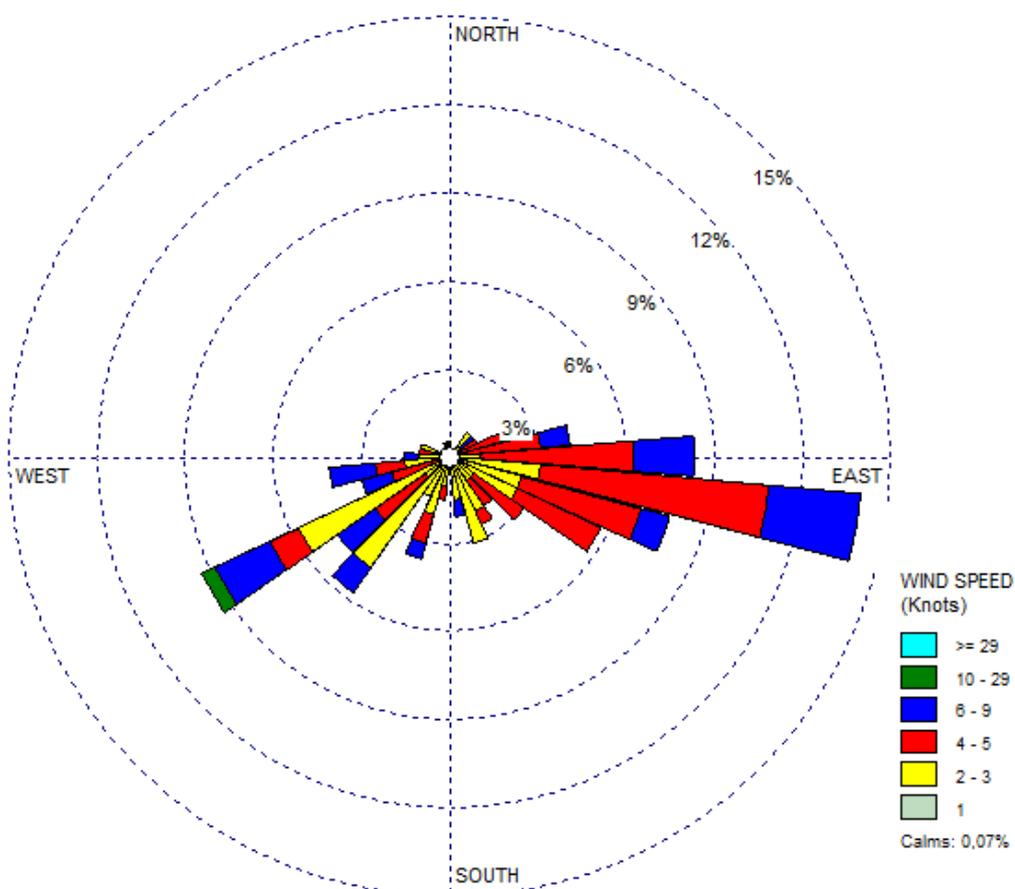


Figura 122 - Rosa dei venti delle ore di tarda mattina-primopomeriggio a Clusone.

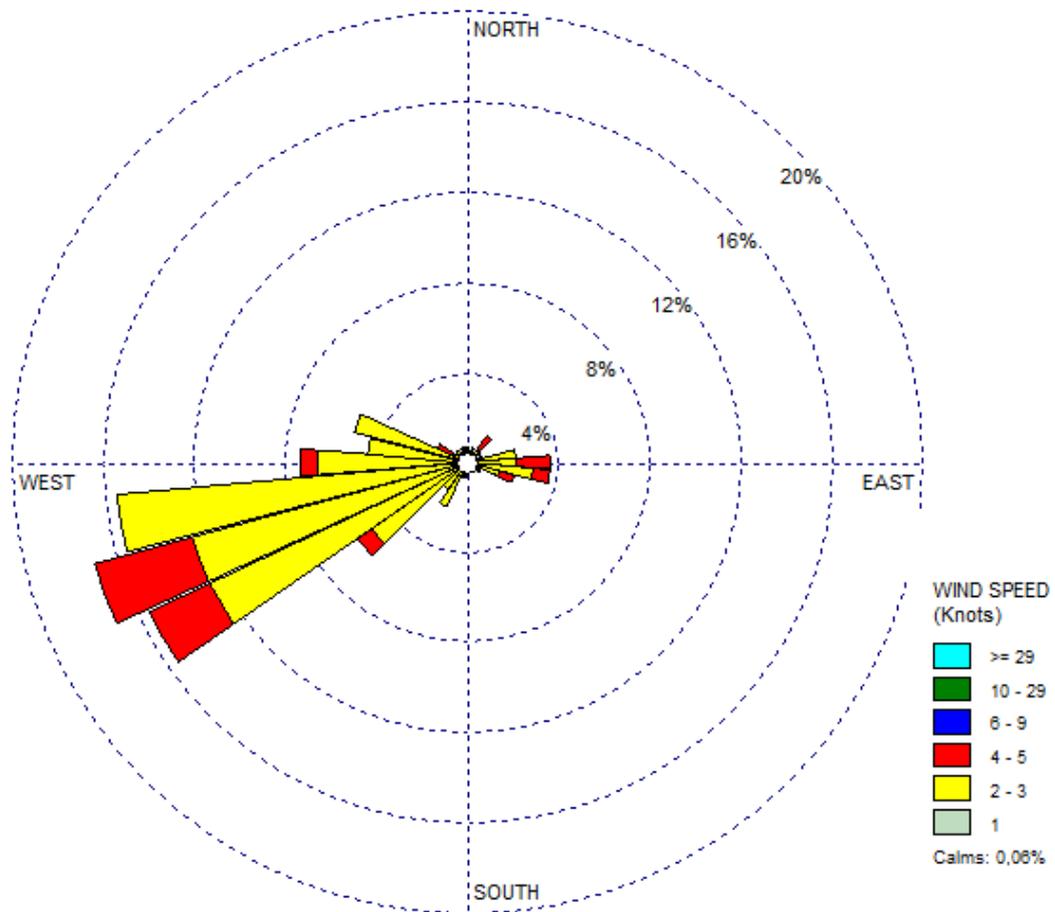


Figura 123 - Rosa dei venti in periodo notturno a Clusone.

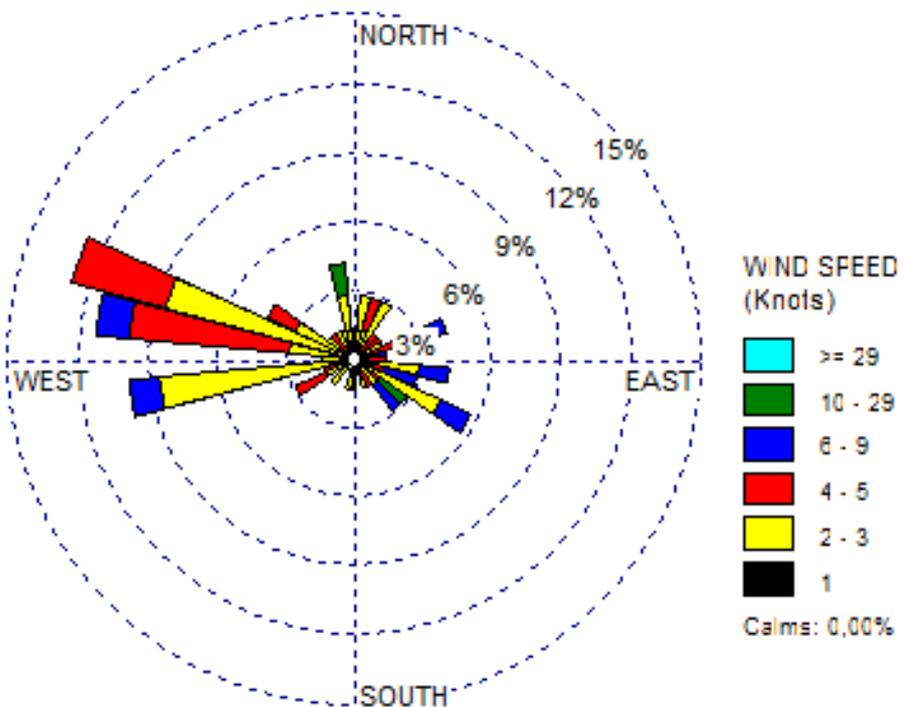


Figura 124 - Rosa dei venti delle ore di tarda mattina-primopomeriggio a Zambla.

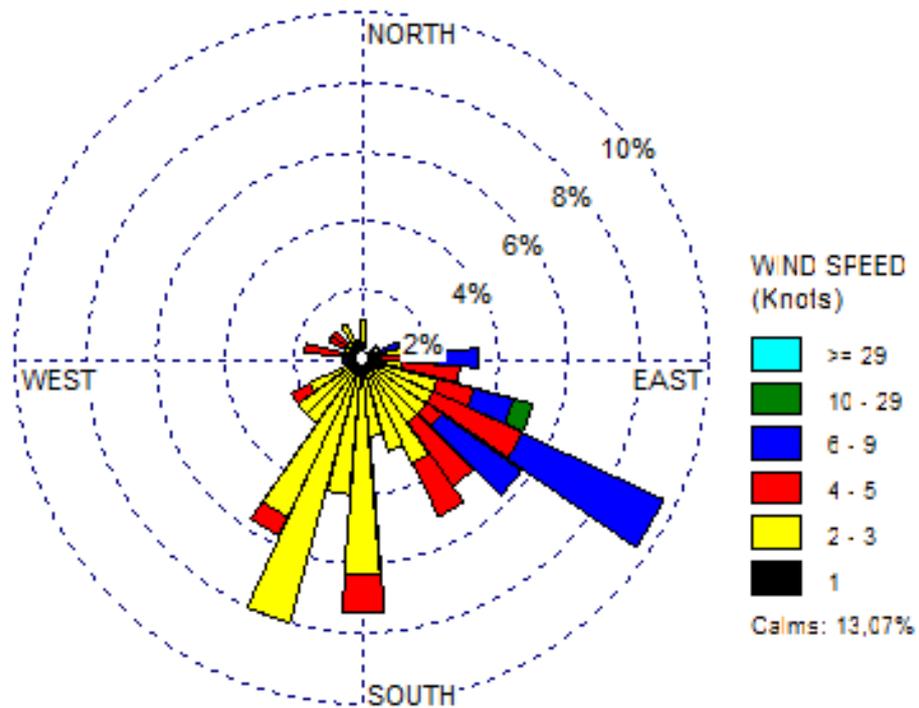


Figura 125 - Rosa dei venti in periodo notturno a Zambla.

La situazione meteorologica che emerge è improntata a una buona dinamicità dell'atmosfera, che consente in linea generale la dispersione degli inquinanti e un frequente dilavamento degli stessi. L'irraggiamento solare è tale da innescare in periodo estivo le reazioni di formazione dell'Ozono.

Da segnalare comunque che le direzioni dei venti sono tali da operare sicuramente, in certi momenti, un trasporto degli inquinanti dalle aree attorno all'agglomerato di Bergamo e dalla pianura verso la valle.

Gli episodi di inversione termica sono possibili soprattutto nel fondo valle, ma la loro durata è abbastanza limitata.

Complessivamente le dinamiche atmosferiche sono tali da garantire un buon rimescolamento e dispersione degli inquinanti.

7.1.1.2 Qualità dell'aria

Inquadramento generale

La Regione Lombardia con DGR n. 2605 del 30 novembre 2011 ha stabilito una zonizzazione del territorio lombardo per quel che riguarda la classificazione della qualità dell'aria.

La seguente immagine riassume la distribuzione territoriale delle classi adottate dalla suddetta delibera sul territorio regionale.

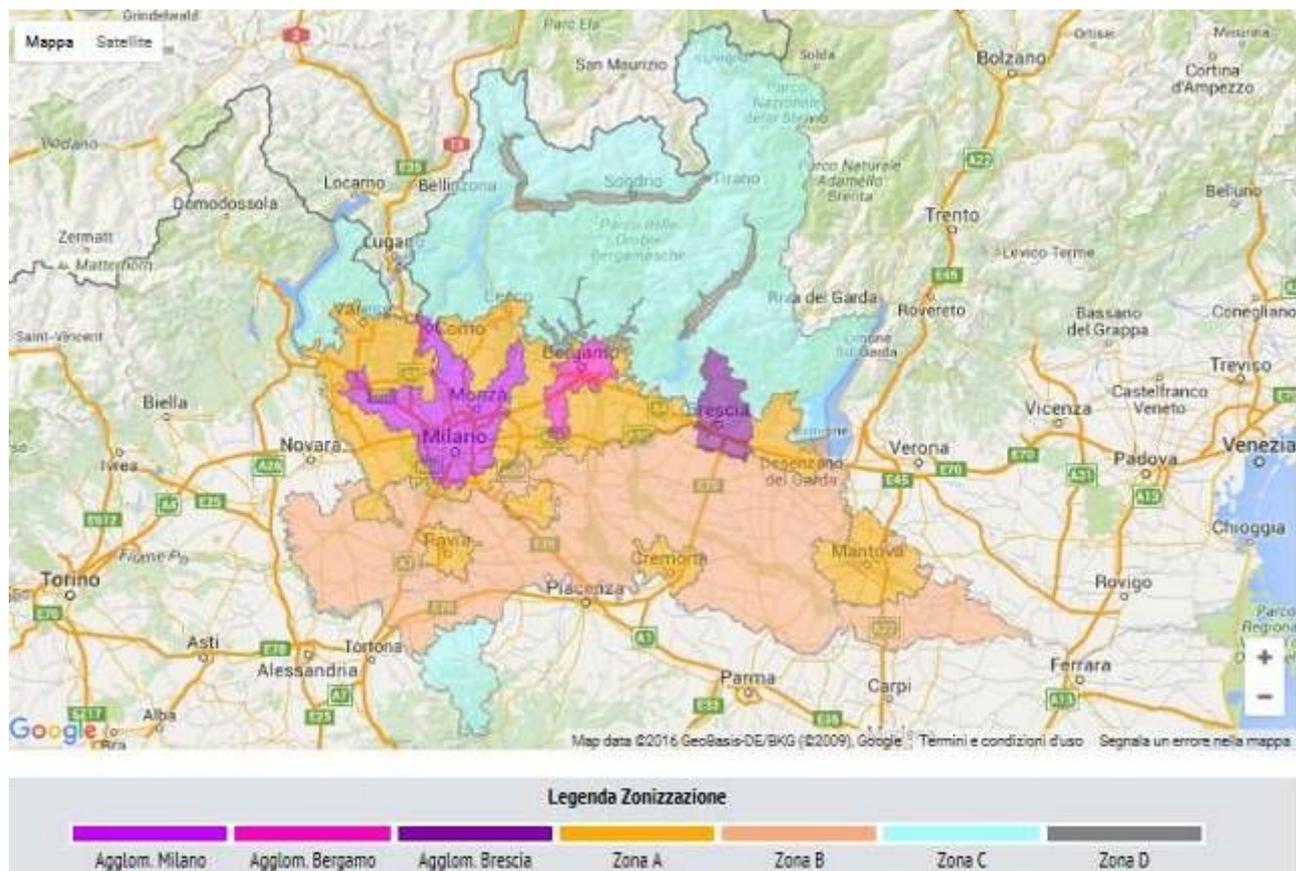


Figura 126 - Zonizzazione del territorio regionale per la qualità dell'aria.

I comuni interessati dalle attività rientrano tutti nella zona C (C1 relativamente all'ozono), e parzialmente nella zona D il comune di Ponte Nossola.

Le zone sono così definite:

Zona C - montagna

Area caratterizzata da:

- minore densità di emissioni di PM₁₀ primario, NO_x, COV antropico e NH₃;
- importanti emissioni di COV biogeniche;
- orografia montana;

- situazione meteorologica più favorevole alla dispersione degli inquinanti;
- bassa densità abitativa.

La zona C è costituita, relativamente alla classificazione riferita all'ozono, da:

Zona C1- zona prealpina e appenninica:

fascia prealpina ed appenninica dell'Oltrepò Pavese, più esposta al trasporto di inquinanti provenienti dalla pianura, in particolare dei precursori dell'ozono;

Zona C2 - zona alpina:

fascia alpina, meno esposta al trasporto di inquinanti provenienti dalla pianura.

Zona D - fondovalle

Area caratterizzata da:

- porzioni di territorio dei Comuni ricadenti nelle principali vallate delle zone C ed A poste ad una quota sul livello del mare inferiore ai 500 m (Valtellina, Val Chiavenna, Val Camonica, Val Seriana e Val Brembana);
- situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (frequenti casi di inversione termica).

Questa classificazione rende già di per se evidente che la zona è considerata tra le meno compromesse per la qualità dell'aria in funzione soprattutto della bassa densità abitativa e della bassa concentrazione di attività produttive, nonché della favorevole posizione orografica relativamente alla dispersione degli inquinanti. Tutto ciò non esclude che la zona possa essere esposta al trasporto di inquinati dalle aree più compromesse, soprattutto in fasi di ridotta mobilità atmosferica ad es. per presenza di inversioni termiche. È evidente che la qualità dell'aria tende a migliorare all'aumentare della quota.

Valutazione delle emissioni dell'area oggetto di studio

La zona oggetto del presente studio non presenta significative fonti di inquinanti se paragonata con altre aree della regione. La Regione Lombardia ha sviluppato un data-base delle emissioni del territorio regionale denominato INEMAR.

INEMAR (INventario EMISSIONI ARia), è un database progettato per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera, ovvero stimare le emissioni a livello comunale dei diversi inquinanti, per ogni attività della classificazione Corinair e tipo di combustibile.

Il Data Base è pubblico e le stime sono aggiornate al 2012. I dati raccolti in INEMAR possono dare un quadro preciso della situazione delle emissioni nella zona di indagine.

Prima di analizzare i dati del Data base è però opportuno fare un cenno generale alle caratteristiche dei principali inquinanti atmosferici.

PM₁₀, PM_{2.5}

Cosa sono

Un aerosol è definito nella sua forma più semplice come una collezione di particelle solide o liquide sospese in un gas mentre il termine particolato (particulate matter, PM) individua l'insieme dei corpuscoli di tale miscela. Con particolato atmosferico si fa riferimento al complesso e dinamico insieme di particelle, con l'esclusione dell'acqua, disperse in atmosfera per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. Il PM₁₀ è la frazione di particelle raccolte con un sistema di selezione avente efficienza stabilita dalla norma (UNI EN12341/2014) e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 µm. Spesso, in modo improprio, si definisce il PM₁₀ come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Considerazioni analoghe valgono per il PM_{2.5} (UNI EN12341/2014).

Caratteristiche

Il particolato atmosferico è un insieme di particelle, solide e liquide, con una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Le sorgenti possono essere di tipo naturale (erosione del suolo, spray marino, vulcani, incendi boschivi, dispersione di pollini, ecc.) o antropogenico (industrie, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Può essere di tipo primario se immesso in atmosfera direttamente dalla sorgente o secondario se si forma successivamente, in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze. Si tratta, dunque, di un inquinante molto diverso da tutti gli altri, presentandosi non come una specifica entità chimica ma come una miscela di particelle dalle più svariate proprietà. I maggiori componenti del particolato atmosferico sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio, le polveri minerali e si stima che in alcuni contesti urbani più del 50% sia di origine secondaria.

Effetti nocivi

Il particolato atmosferico ha un rilevante impatto ambientale: sul clima, sulla visibilità, sulla contaminazione di acqua e suolo, sugli edifici e sulla salute di tutti gli esseri viventi. Soprattutto gli effetti che può avere sull'uomo destano maggiore preoccupazione e interesse, per questo è fondamentale conoscere in che modo interagisce con l'organismo umano alterandone il normale equilibrio. In particolare, le particelle più piccole riescono a penetrare più a fondo nell'apparato respiratorio. Quindi, è importante capire quali e quante particelle sono in grado di penetrare nel corpo umano, a che profondità riescono ad arrivare e che tipo di sostanze possono trasportare. Ad

esempio, la tossicità del particolato può essere amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e i metalli pesanti, alcuni dei quali sono potenti agenti cancerogeni.

BIOSSIDO D'AZOTO

Cosa è

Il biossido di azoto (NO_2) è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo.

Caratteristiche

Il biossido di azoto è un forte agente ossidante e reagisce violentemente con materiali combustibili e riducenti mentre in presenza di acqua è in grado di ossidare diversi metalli. In generale, gli ossidi di azoto (NO_x) vengono prodotti da tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, in piccola parte, per ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili. Il biossido di azoto è un inquinante per lo più secondario, che si forma in atmosfera principalmente per ossidazione del monossido di azoto (NO).

Effetti nocivi

Gli ossidi di azoto, in particolare il biossido, sono gas nocivi per la salute umana in quanto possono provocare irritazioni delle mucose, bronchiti e patologie più gravi come edemi polmonari. I soggetti più a rischio sono i bambini e le persone già affette da patologie all'apparato respiratorio. Inoltre, l' NO_2 svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto è l'intermediario per la produzione di pericolosi inquinanti secondari come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Questi, una volta formati, possono depositarsi al suolo per via umida (ad esempio le piogge acide) o secca provocando danni alla vegetazione e agli edifici.

OZONO

Cosa è

L'ozono (O_3) è un gas blu pallido con un caratteristico odore pungente. È un gas instabile e tossico per gli esseri viventi.

Caratteristiche

L'ozono è un potente ossidante con molte applicazioni industriali. In natura più del 90% si trova nella stratosfera (fascia di atmosfera che va indicativamente dai 10 ai 50 km di altezza), dove costituisce una indispensabile barriera protettiva nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Nella troposfera (fascia di atmosfera che va dal suolo fino a circa 12 km di altezza) l'ozono si forma

a seguito di reazioni chimiche tra ossidi di azoto e composti organici volatili, favorite dalle alte temperature e dal forte irraggiamento solare. Si tratta, quindi, di un inquinante secondario i cui precursori sono generalmente prodotti da combustione civile e industriale e da processi che utilizzano o producono sostanze chimiche volatili, come solventi e carburanti. Assieme ad altri composti costituisce il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico.

Effetti nocivi

L'alto potenziale ossidante dell'ozono lo rende un forte irritante per occhi, mucose e tutto l'apparato respiratorio. La maggior parte di questi effetti cessa terminata l'esposizione, tuttavia, ripetute esposizioni di breve durata possono accelerare il naturale processo di invecchiamento della funzione polmonare. Inoltre, l'ozono (e gli ossidanti fotochimici in generale) può provocare una riduzione della crescita delle piante e, per elevate concentrazioni, clorosi e necrosi delle foglie.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Cosa è

Il monossido di carbonio (CO) è un gas inodore, incolore, infiammabile e molto tossico. È prodotto da reazioni di combustione in difetto di aria.

Caratteristiche

Il monossido di carbonio si miscela bene con l'aria, formando miscele esplosive, e riesce a penetrare attraverso le pareti. Può reagire vigorosamente con ossigeno, acetilene, cloro, fluoro, ossidi di azoto. È un inquinante prevalentemente primario, emesso direttamente da tutti i processi di combustione incompleta dei composti carboniosi. Le sorgenti possono essere di tipo naturale (incendi, vulcani, emissioni da oceani, ecc.) o di tipo antropico (traffico veicolare, riscaldamento, attività industriali come la produzione di ghisa e acciaio, raffinazione del petrolio, lavorazione del legno e della carta, ecc.).

Effetti nocivi

Il monossido di carbonio, assunto dall'organismo umano per via inalatoria, ha la capacità di legarsi saldamente allo ione del ferro nell'emoglobina avendo una maggiore affinità rispetto all'ossigeno. Si forma così la carbossiemoglobina che rilascia più difficilmente ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati, affaticamento, sonnolenza, emicrania e difficoltà respiratorie.

BIOSSIDO DI ZOLFO

Cosa è

Il biossido di zolfo (SO₂), un tempo denominata anidride solforosa, è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua.

Caratteristiche

Il biossido di zolfo reagisce violentemente con l'ammoniaca e le ammine, l'acetilene, i metalli alcalini, il cloro, l'ossido di etilene e in presenza di acqua o vapore acqueo può attaccare molti metalli, tra cui l'alluminio, il ferro, l'acciaio, l'ottone, il rame e il nichel. Liquefatto, può corrodere le materie plastiche e la gomma. La presenza in atmosfera è dovuta soprattutto alla combustione di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. In natura è prodotto prevalentemente dall'attività vulcanica mentre le principali sorgenti antropiche sono gli impianti per il riscaldamento e la produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili.

Effetti nocivi

Il biossido di zolfo è un forte irritante e gli effetti sulla salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione: a basse concentrazioni si possono avere irritazioni a occhi e gola mentre in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori possono sorgere patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari. Data l'elevata solubilità in acqua, il biossido di zolfo contribuisce al fenomeno delle piogge acide trasformandosi in anidride solforica e, successivamente, in acido solforico, a causa delle reazioni con l'umidità presente in atmosfera. Durante le eruzioni vulcaniche può raggiungere la stratosfera trasformandosi in particelle di acido solforico che possono riflettere i raggi solari, riducendo in parte le radiazioni che raggiungono il suolo terrestre.

BENZENE (COV METANO)

Cosa è

Il benzene (C₆H₆) è un idrocarburo aromatico monociclico. A temperatura e pressione ambiente si presenta come un liquido volatile, incolore, con un odore caratteristico e altamente infiammabile.

Caratteristiche

Il benzene è un costituente naturale del petrolio e viene sintetizzato a partire da composti chimici presenti nel petrolio stesso. Possiede notevoli proprietà solventi: è miscibile in tutte le proporzioni con molti altri solventi organici, mentre è poco solubile in acqua. Il benzene viene utilizzato come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi e come antidetonante nelle benzine. La maggior parte del benzene presente in atmosfera deriva da combustioni incomplete di

composti ricchi di carbonio: in natura è prodotto dai vulcani o negli incendi di foreste mentre le principali fonti antropogeniche sono il traffico veicolare (soprattutto motori a benzina) e svariati processi di combustione industriale.

Effetti nocivi

Gli effetti tossici provocati da questo inquinante variano a seconda della concentrazione e della durata dell'esposizione. In aria è difficile trovare alte concentrazioni, tuttavia, anche l'esposizione lunga a basse concentrazioni può rappresentare un pericolo: il benzene, insieme ad altri composti organici volatili, è stato inserito dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) tra le sostanze per le quali vi è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo.

METALLI

Cosa sono

I metalli e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre. Non esiste una definizione ufficiale di metallo leggero o pesante; spesso l'aggettivo pesante è associato al concetto di tossicità anche se la densità non ha un legame diretto con effetti sul corpo umano. Metalli indicati come pesanti in relazione alla loro tossicità e bioaccumulazione sono: mercurio, cromo, cadmio, arsenico, piombo e recentemente uranio. A volte, convenzionalmente, per metalli pesanti si intendono quelli che hanno una densità maggiore di 4,5 grammi per centimetro cubo come, ad esempio, arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, tallio, vanadio, ecc.

Caratteristiche

I metalli e i loro composti si trovano in atmosfera prevalentemente all'interno del particolato. Le sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, maree, ecc.) contribuiscono al loro ciclo naturale mentre le sorgenti antropogeniche (in prevalenza combustioni e processi industriali) possono alterare il normale tasso di rilascio e di trasporto nell'ambiente modificando così la dimensione dei processi biochimici in cui sono coinvolti.

Effetti nocivi

Il pericolo legato ai metalli è la loro tendenza, comune agli inquinanti organici persistenti, di accumularsi all'interno di alcuni tessuti degli esseri viventi (bioaccumulo) determinando effetti negativi alla salute. Oltre al piombo, i metalli più rappresentativi per il rischio ambientale a causa della loro tossicità e del loro uso massivo sono il cadmio, il nichel e l'arsenico, classificati dalla IARC (Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro) come cancerogeni per l'uomo. Per tali motivi la normativa vigente ha previsto un valore limite per il piombo e valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel. Le conseguenze per la salute umana possono essere molteplici:

- il cadmio può avere effetti negativi sui reni ed effetti cancerogeni;

- il nichel può avere effetti sull'apparato respiratorio, sul sistema immunitario e può causare allergie epidermiche;
- l'arsenico può causare irritazione dello stomaco, dell'intestino e dei polmoni, produzione ridotta di globuli rossi e bianchi del sangue, inoltre, aumenta il rischio di sviluppare il cancro alla pelle, al polmone, al fegato e al sistema linfatico;
- il piombo è assorbito dall'epitelio polmonare ed entra nel circolo sanguigno, si deposita in quantità decrescenti in ossa, fegato, reni, muscoli e cervello provocando svariati effetti tra cui anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario.

IPA

Cosa sono

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici (benzenici) uniti fra loro in un'unica struttura generalmente planare. In quanto idrocarburi, costituiti cioè solamente da carbonio e idrogeno, non contengono eteroatomi nel ciclo o nei sostituenti. Tra gli IPA la normativa prevede un limite per il solo Benzo(a)pirene, come indicatore dell'andamento di tutta la classe.

Caratteristiche

Gli IPA sono caratterizzati da un alto punto di fusione e d'ebollizione, una bassa pressione di vapore e una scarsissima solubilità in acqua. Generalmente la solubilità in acqua diminuisce con l'aumentare del peso molecolare. Gli IPA sono solubili nella maggioranza dei solventi organici e sono molto lipofili, caratteristica che ne influenza fortemente il bioaccumulo. La pressione di vapore tende a diminuire con l'aumentare del peso molecolare e questa circostanza influenza le differenti percentuali con cui i singoli IPA sono assorbiti sul particolato atmosferico. Ad esempio il naftalene, il più semplice IPA composto da due soli anelli, si presenta quasi esclusivamente in fase gassosa. Gli IPA composti con 5 o più anelli si trovano invece assorbiti quasi totalmente sul particolato atmosferico (per temperature inferiori a 20 °C). Gli IPA possono degradarsi in presenza d'aria e luce (fotodecomposizione). Si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti. La loro presenza in atmosfera è pertanto attribuibile a diverse fonti tra le quali la combustione di legna e biomasse in genere, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche e le emissioni industriali. Gli IPA ad alto peso molecolare, come il benzo[e]pirene e il benzo[a]pirene, sono presenti in elevate quantità in catrami, bitumi, pece, carboni e prodotti correlati come gli

asfalti. Inoltre possono derivare da nerofumo e fuliggine di legna o comunque si ricollegano a fonti pirogeniche. Sorgenti naturali sono i vulcani e gli incendi boschivi.

Effetti nocivi

Gli IPA appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici già a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti “classici”. La loro presenza comporta un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi risultano essere cancerogeni. Sotto il profilo tossicologico, le osservazioni sperimentali indicano che la condizione necessaria, ma non sufficiente, per la cancerogenicità degli IPA è una struttura in cui vi siano almeno quattro anelli condensati: in particolare, il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il benzo(a)pirene, B(a)P, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo.

Oltre al B(a)P gli altri IPA misurati sono:

- Benzo(a)antracene B(a)A;
- Benzo(b)fluorantene B(b)F;
- Benzo(j)fluorantene B(j)F;
- Benzo(k)fluorantene B(k)F;
- Dibenzo(a,h)antracene DB(ah)A;
- Indeno(1,2,3,c,d)pirene INP.

AMMONIACA

Cosa è

L'ammoniaca (NH_3) a temperatura ambiente è un gas incolore dall'odore pungente molto forte, irritante e tossico.

Caratteristiche

L'ammoniaca è molto solubile in acqua alla quale conferisce una netta basicità, mentre in aria, grazie alla presenza di O_2 , può intaccare l'alluminio, il rame, il nichel e le loro leghe. L'ammoniaca gioca un ruolo importante nel nostro ambiente in quanto partecipa al ciclo dell'azoto, contribuisce alla neutralizzazione di acidi e partecipa alla formazione di particolato atmosferico, specie quello con diametro aerodinamico minore di $2.5 \mu\text{m}$. Ad esempio l'ammoniaca reagisce con l'acido nitrico e con l'acido solforico portando alla formazione rispettivamente di nitrato d'ammonio e solfato d'ammonio, i due sali inorganici maggiormente presenti nel particolato. Le sorgenti maggiori di NH_3 comprendono attività agricole (allevamenti zootecnici e fertilizzanti) e, in misura minore, trasporti stradali, smaltimento dei rifiuti, combustione della legna e combustione di combustibili fossili. In particolare, in Regione Lombardia le stime dell'inventario regionale attribuiscono alle attività agricole il 96% delle emissioni di ammoniaca sul totale annuo.

Effetti nocivi

L'ammoniaca è irritante per le vie respiratorie, per gli occhi e per contatto può causare ulcerazioni. L'alta tossicità dell'ammoniaca è da ricercare nel fatto che, disciolta nel sangue, innalza il pH ematico aumentando l'affinità dell'emoglobina per l'ossigeno tanto da renderla incapace di rilasciarlo ai tessuti. Inoltre forma emboli gassosi. A livello ambientale gioca un ruolo importante nei processi di acidificazione ed eutrofizzazione.

Parametri normativi

L'attuale normativa non prevede limiti per questo inquinante.

CARBONIO ELEMENTARE E ORGANICO

Cosa è

In relazione alla frazione carboniosa del particolato atmosferico non c'è pieno accordo sulla terminologia corretta da utilizzare nella definizione delle diverse componenti. In letteratura scientifica, le definizioni utilizzate fanno riferimento o a specifiche proprietà dei composti carboniosi o al metodo di misura utilizzato (definizione operativa).

L'elemental carbon (EC) può essere definito "formalmente" come una sostanza contenente solo carbonio, non legato ad altri elementi, e le sue diverse forme allotropiche. Operativamente è la frazione carboniosa di particolato termicamente stabile, in atmosfera inerte, fino a temperature superiori ai 3.500 °C e che può essere portato in fase gassosa per ossidazione a temperature superiori a 340 °C.

L'organic carbon (OC) comprende una vasta insieme di composti in cui il carbonio tetraivalente è chimicamente legato con altri atomi di carbonio, con l'idrogeno e altri elementi quali, ad esempio, ossigeno, zolfo, azoto, fosforo, cloro, ecc. Operativamente è la frazione carboniosa di particolato che evolve in atmosfera inerte a temperature inferiori ai 1.000 °C.

Il black carbon (BC) è definito come l'insieme delle particelle carboniose in grado di assorbire luce con lunghezza d'onda caratteristica nello spettro del visibile (380÷760 nm).

Caratteristiche

Le definizioni di EC e BC fanno riferimento a differenti proprietà (rispettivamente termiche e ottiche), tuttavia, la frazione carboniosa del particolato che vanno a individuare è all'incirca la stessa: particelle di carbonio con microstruttura simile a quella della grafite e aggregate in piccole sfere con diametro indicativamente compreso tra 10 e 50 nm. Il composto risultante è refrattario con una temperatura di fusione sopra i 3.500 °C, è un forte agente riducente e reagisce violentemente con ossidanti e con molti altri composti. Risulta insolubile in solventi organici, in acqua e nei componenti del particolato atmosferico. Si tratta di un inquinante primario emesso durante la

combustione incompleta di combustibili fossili e della biomassa e può essere emesso da sorgenti naturali ed antropiche sotto forma di fuliggine. In ambito urbano può essere assunto quale tracciante delle emissioni dei motori a combustione interna e della vasta gamma di specie chimiche (e di varia tossicità) da esso trasportate, compresi i composti organici quali gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici). L'OC comprende molti composti con grandi differenze di volatilità; alcuni di questi si possono trovare sia in fase vapore che in quella di particella. È un inquinante in parte primario e in parte secondario. Le principali sorgenti di OC primario sono le combustioni naturali o antropogeniche di biomassa, le combustioni di combustibili fossili (industria, trasporti, ecc.) e il materiale biologico. L'OC secondario si può formare in seguito a ossidazione fotochimica di precursori volatili (VOC).

Effetti nocivi

Alla frazione carboniosa del particolato sono attribuiti impatti negativi sulla salute umana, sull'ecosistema e sulla visibilità. Soprattutto EC e BC, grazie alla loro natura fisica di nanoparticella e alla loro elevata superficie specifica sono in grado di veicolare all'interno dell'organismo umano sostanze cancerogene e genotossiche quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e i metalli. Esposizioni su breve e lungo termine sono associate con un'ampia gamma di effetti sulla salute, in particolare sul sistema respiratorio e cardiovascolare. Inoltre, la frazione carboniosa del particolato e in particolare il BC, a causa delle sue proprietà ottiche, può influenzare il bilancio radiativo terrestre e, di conseguenza, il clima oltre a interagire con le nubi, una volta depositato sulle superfici è in grado di assorbire direttamente la luce riducendone così il potere riflettente (ad esempio, l'albedo della neve e del ghiaccio).

Parametri normativi

L'attuale normativa non prevede limiti per questi inquinanti.

Di seguito i dati Emissioni in Lombardia nel 2012 ripartite per provincia estratti dal data-base.

Provincia	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS	CO ₂ eq	Precurs. O ₃	Tot. Acidif. (H+)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
BG	1.849	13.959	24.969	33.372	32.520	6.070	1.225	8.615	2.390	2.720	3.155	7.512	46.044	868
BS	3.401	20.250	41.607	98.738	40.114	7.498	3.154	28.048	2.584	3.170	3.888	11.183	72.107	2.196
CO	700	7.554	12.901	11.192	14.367	2.367	248	898	1.566	1.707	1.913	2.852	23.853	239
CR	710	6.952	19.207	43.287	11.045	2.326	2.170	19.890	1.089	1.326	1.650	4.135	29.509	1.343
LC	275	3.176	7.534	4.899	6.789	1.309	133	496	646	719	813	1.546	12.225	107
LO	182	4.596	8.370	18.075	6.536	2.527	681	6.711	489	571	712	3.232	14.950	500
MB	288	6.122	12.095	9.355	8.864	3.011	151	365	800	918	1.104	3.546	20.670	164
MI	1.885	23.618	37.596	58.220	30.392	12.741	1.009	5.225	2.133	2.546	3.138	15.179	70.568	880
MN	833	9.704	21.908	46.899	12.308	6.601	2.298	21.446	1.242	1.489	1.897	8.556	35.757	1.498
PV	5.292	13.067	24.534	46.474	18.477	8.661	971	5.596	1.589	1.795	2.474	10.232	43.158	779
SO	170	2.136	11.362	5.146	6.268	79	293	1.207	644	688	762	335	14.729	123
VA	983	12.369	15.169	20.760	21.466	4.798	292	838	1.795	1.990	2.276	5.598	32.911	349
Totale	16.568	123.501	237.253	396.419	209.144	57.989	12.624	99.337	16.967	19.638	23.781	73.907	416.480	9.046

Tabella 19 – Emissioni in Lombardia nel 2012.

La Provincia di Bergamo percentualmente pesa per i singoli inquinanti nel modo seguente:

Provincia	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS	CO ₂ eq	Precurs. O ₃	Tot. Acidif. (H+)
BG	11 %	11 %	11 %	8 %	16 %	10 %	10 %	9 %	14 %	14 %	13 %	10 %	11 %	10 %

Tabella 20 – Contributo % agli inquinanti in regione da parte della Provincia di Bergamo nel 2012.

Il peso della provincia sulle emissioni globali si aggira sostanzialmente attorno all'11%, ma tende ad essere più significativo per le polveri e il CO (circa 15%).

Il grafico seguente riassume i dati della tabella.

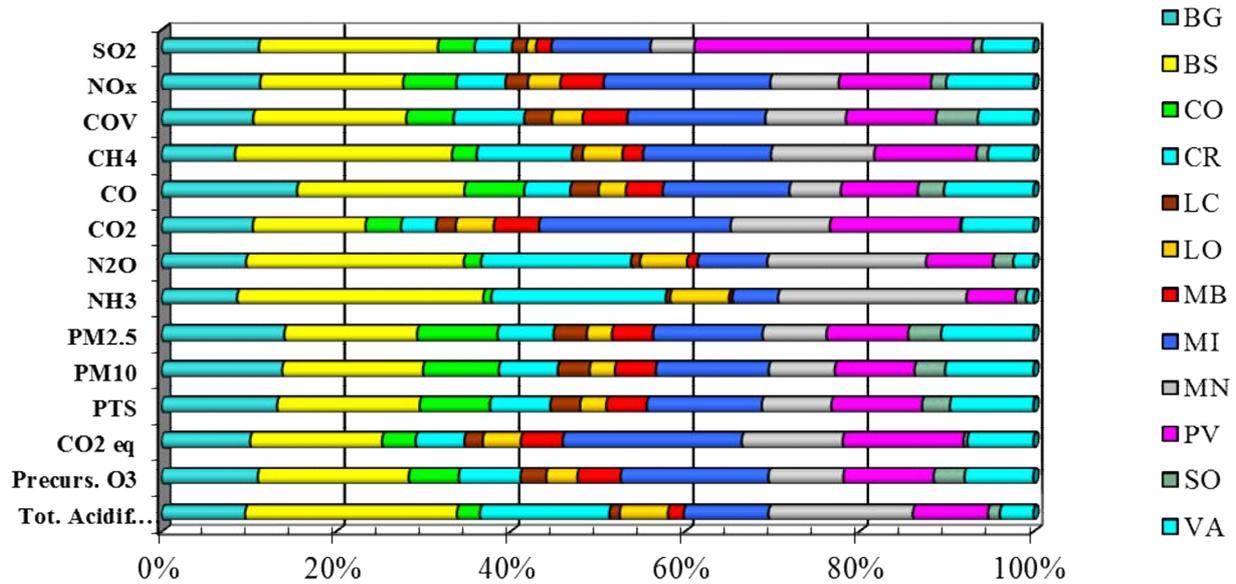


Figura 127 - Inventario delle Emissioni in Atmosfera della Regione Lombardia (2012).

La distribuzione per macro-settori di emissioni nella Provincia di Bergamo è la seguente:

	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	PTS	CO ₂ eq	Precurs. O ₃	Tot. acidif. (H ⁺)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	2,5	128	14	102	91	35	3,7		2,2	2,2	2,3	39	181	2,9
Combustione non industriale	101	1.456	1.683	1.211	13.904	1.739	82	35	1.543	1.567	1.648	1.793	5.005	37
Combustione nell'industria	1.012	3.457	335	97	1.413	1.775	106	111	81	102	140	1.809	4.708	113
Processi produttivi	518	226	717	18	8.345	1.139	5,4	0,3	87	184	231	1.141	1.910	21
Estrazione e distribuzione combustibili			696	8.180								205	811	
Uso di solventi	0,0	15	9.273	0,1	8,1			0,2	87	98	150	243	9.291	0,3
Trasporto su strada	11	6.874	1.736	142	7.663	1.820	65	117	393	522	665	1.842	10.968	157
Altre sorgenti mobili e macchinari	28	1.153	121	1,6	530	148	5,2	0,2	44	45	45	149	1.586	26
Trattamento e smaltimento rifiuti	174	610	10	6.998	226	198	56	31	5,9	6,3	7,2	390	878	20
Agricoltura	0,0	28	4.144	16.388	0,2		901	8.319	29	73	144	678	4.408	490
Altre sorgenti e assorbimenti	2,6	13	6.240	236	340	-784	0,3	2,1	117	120	122	-778	6.297	0,5
Totale	1.849	13.959	24.969	33.372	32.520	6.070	1.225	8.615	2.390	2.720	3.155	7.512	46.044	868

Tabella 21 – Distribuzione per macro-settori di emissioni nella Provincia di Bergamo.

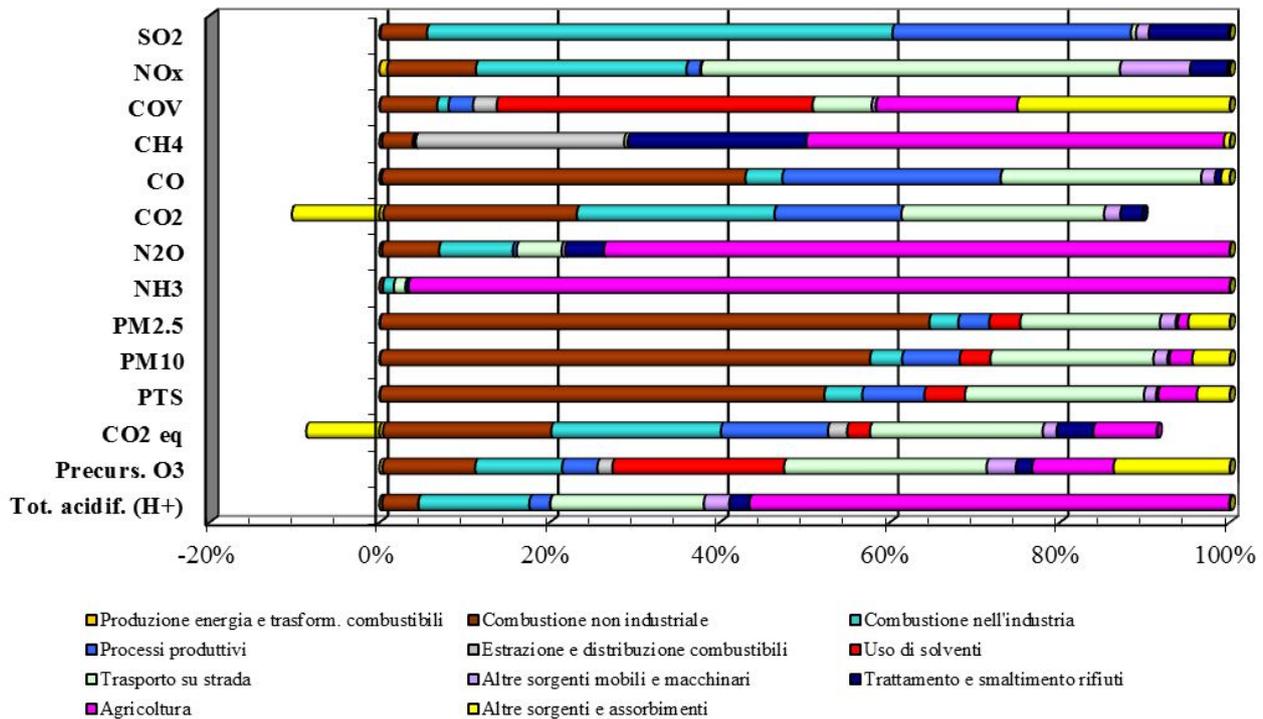


Figura 128 - Inventario delle Emissioni in Atmosfera della Provincia di Bergamo (2012), contributi percentuali.

Come si nota nei dati esiste una quota di assorbimento di CO₂ a livello provinciale di 784 kt/anno, questa quota è in gran parte dovuta agli assorbimenti delle aree alpine.

La distribuzione dei principali inquinanti sul territorio regionale è evidenziata dalle seguenti immagini.

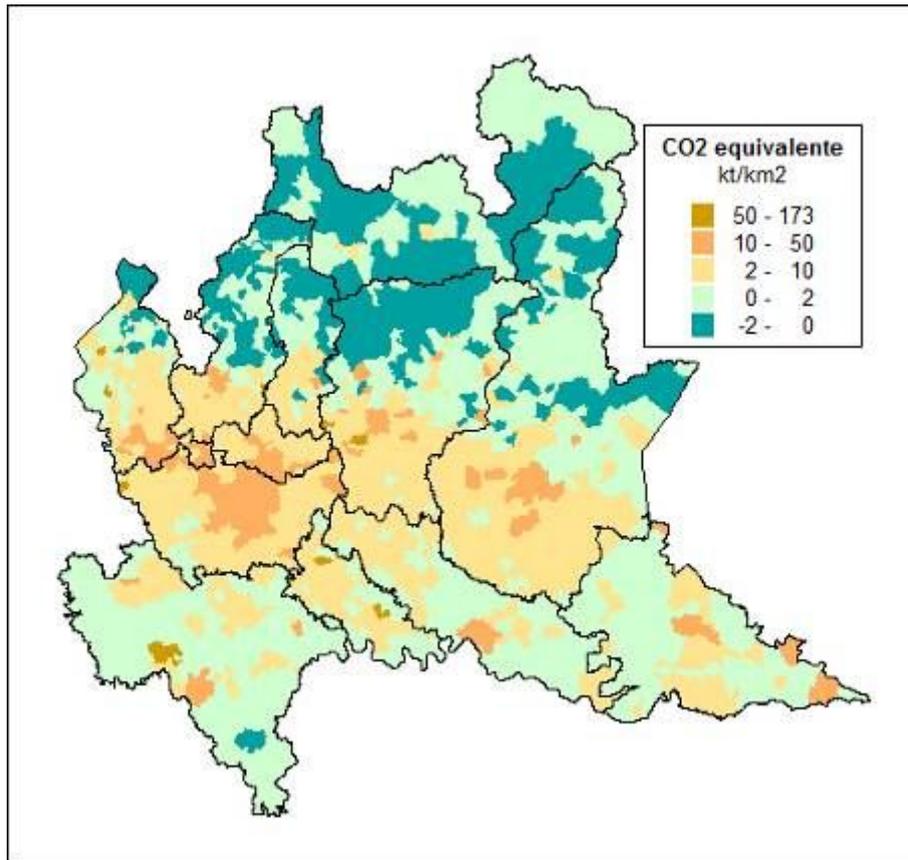


Figura 129 - Distribuzione CO₂ equivalente.

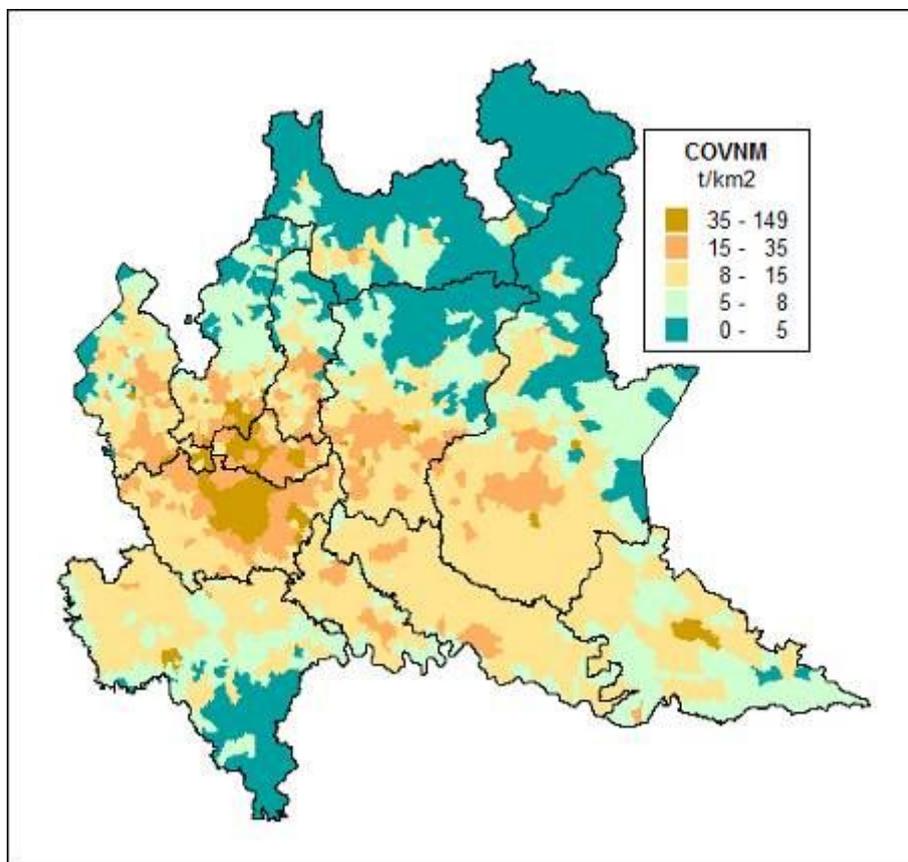


Figura 130 - Distribuzione CO₂NM equivalente.

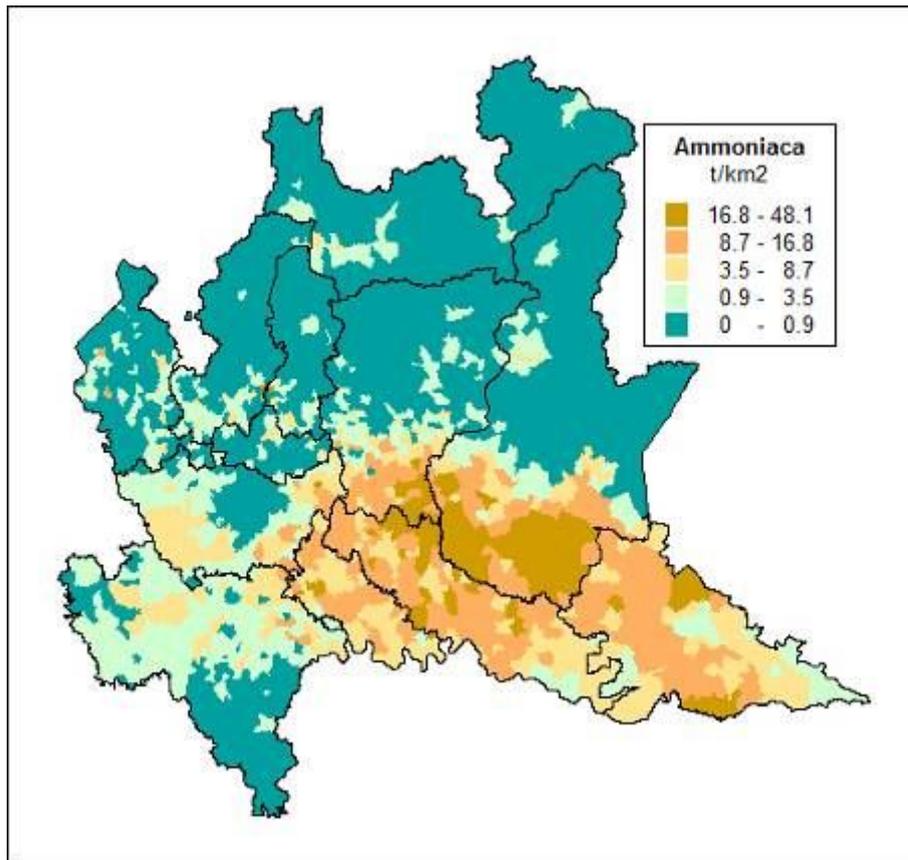


Figura 131 - Distribuzione Ammoniac.

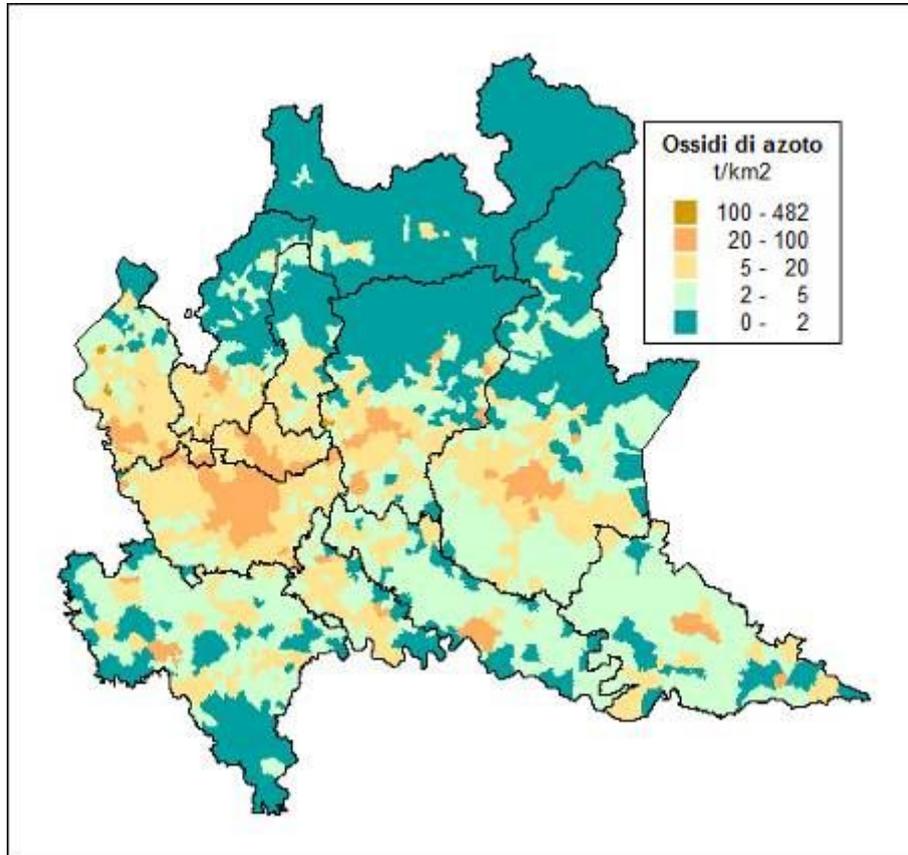


Figura 132 - Distribuzione Ossidi di azoto.

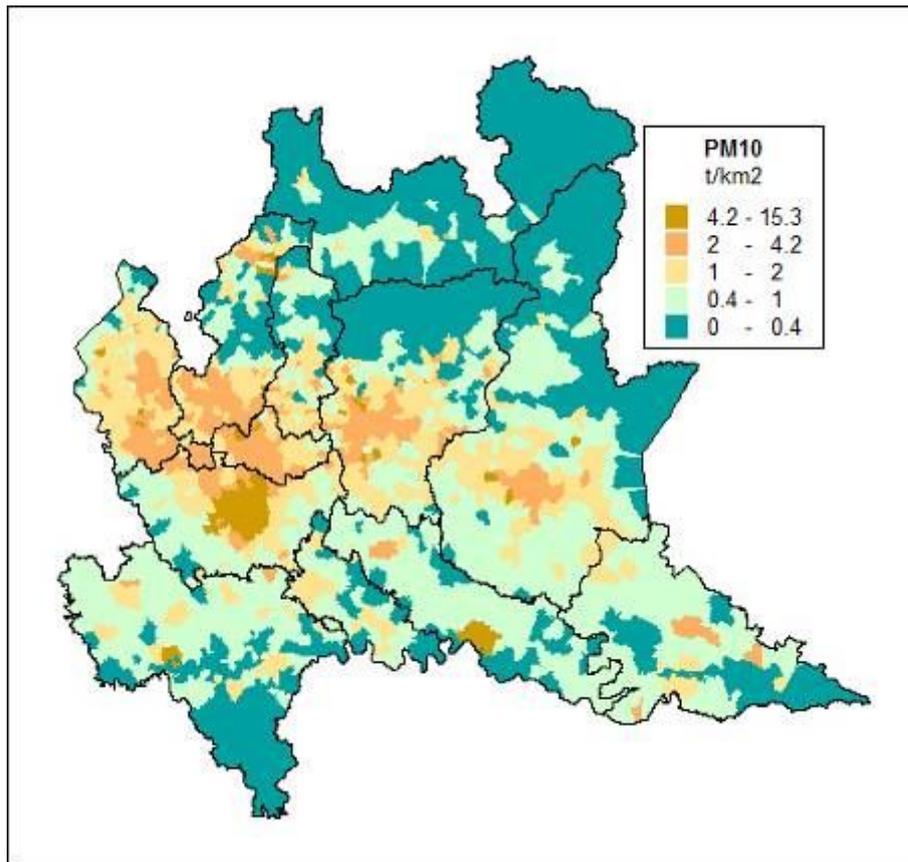


Figura 133 - Distribuzione PM_{10} .

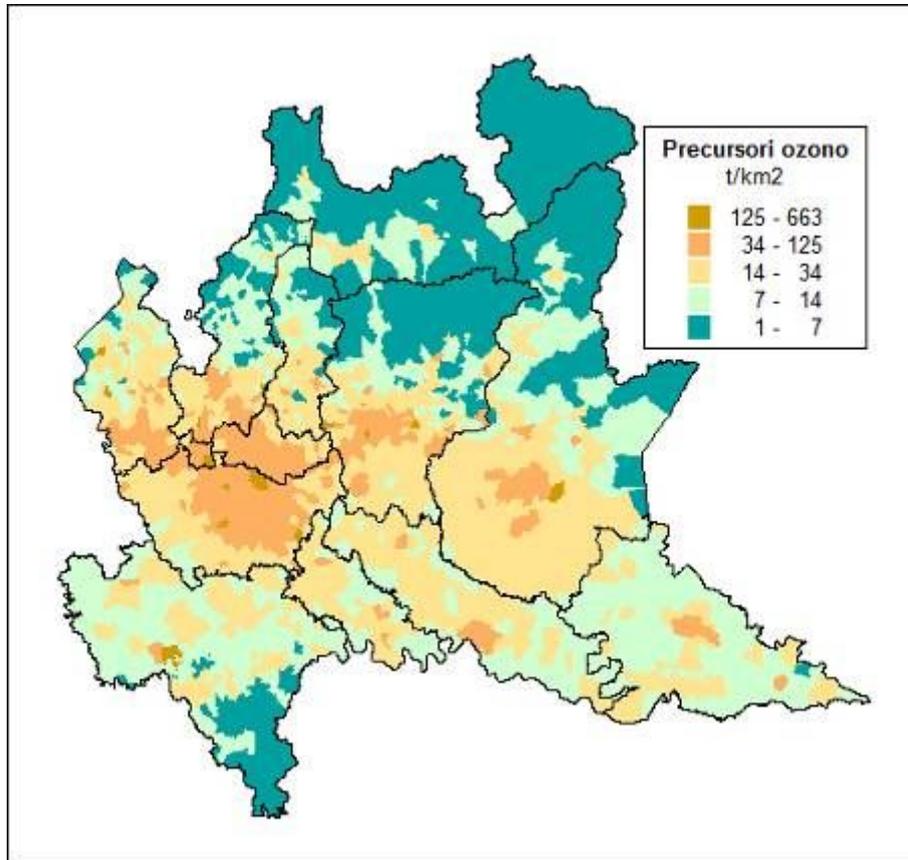


Figura 134 - Distribuzione Precursori ozono.

Appare evidente che la zona di indagine è tra quelle con minori emissioni per quanto riguarda tutti i principali inquinanti individuati.

Un inquadramento più analitico del peso delle emissioni della zona può essere esplicitato per i 3 principali comuni che ricadono nelle attività oggetto dello studio attraverso le seguenti tabelle:

Composto	Ossidi di zolfo	PM2.5	PM10	Polveri totali	totale sostanze acidificanti	Protossido d'azoto	Ammoniaca	Ossidi d'azoto
Quantità annua	t	t	t	t	t	t	t	t
GORNO	0,49	10,96	11,25	11,97	1,04	2,00	10,53	18,62
OLTRE IL COLLE	1,10	8,06	8,30	8,88	1,76	4,67	20,82	23,01
ONETA	0,26	5,42	5,64	6,13	0,66	1,42	6,35	13,04
Totale area studio	1,85	24,43	25,19	26,98	3,46	8,09	37,69	54,67
Totale complessivo Provincia di BG	1848,86	2390,30	2719,66	3154,76	867,98	1224,60	8615,03	13959,04
Totale complessivo Regione Lombardia	16567,63	16966,97	19637,74	23780,79	9045,65	12624,30	99336,97	123501,00
incidenza percentuale a livello provinciale								
GORNO	0,027%	0,459%	0,414%	0,380%	0,120%	0,164%	0,122%	0,133%
OLTRE IL COLLE	0,059%	0,337%	0,305%	0,282%	0,203%	0,381%	0,242%	0,165%
ONETA	0,014%	0,227%	0,207%	0,194%	0,077%	0,116%	0,074%	0,093%
Totale area	0,100%	1,022%	0,926%	0,855%	0,399%	0,660%	0,437%	0,392%
incidenza percentuale a livello regionale								
GORNO	0,003%	0,065%	0,057%	0,050%	0,011%	0,016%	0,011%	0,015%
OLTRE IL COLLE	0,007%	0,047%	0,042%	0,037%	0,019%	0,037%	0,021%	0,019%
ONETA	0,002%	0,032%	0,029%	0,026%	0,007%	0,011%	0,006%	0,011%
Totale area	0,011%	0,144%	0,128%	0,113%	0,038%	0,064%	0,038%	0,044%

Tabella 22 – Polveri e alcuni inquinati principali.

Composto	carbonio elementare	Carbonio organico	Metano	Composti organici volatili escluso il metano	Precursori dell'ozono	Monossido di carbonio	Totali gas serra (come CO2 eq)	CO2
Quantità annua	t	t	t	t	t	t	Kt	Kt
GORNO	1,43	5,70	48,60	40,98	74,66	93,52	2,84	0,66
OLTRE IL COLLE	1,18	3,95	75,82	73,62	110,70	72,25	-0,79	-4,31
ONETA	0,76	2,71	20,08	77,63	99,38	50,57	-3,24	-4,31
Totale area studio	3,37	12,35	144,50	192,23	284,74	216,34	-1,20	-7,96
Totale complessivo Provincia di BG	385,24	1021,98	33372,30	24969,24	46043,63	32519,54	7512,24	6069,86
Totale complessivo Regione Lombardia	3099,38	6755,70	396418,97	237253,34	416480,31	209144,45	73907,40	5798,92
incidenza percentuale a livello provinciale								
GORNO	0,372%	0,558%	0,146%	0,164%	0,162%	0,288%	0,038%	0,011%
OLTRE IL COLLE	0,307%	0,386%	0,227%	0,295%	0,240%	0,222%	-0,011%	0,071%
ONETA	0,198%	0,265%	0,060%	0,311%	0,216%	0,156%	-0,043%	0,071%
Totale area	0,876%	1,209%	0,433%	0,770%	0,618%	0,665%	-0,016%	0,131%
incidenza percentuale a livello regionale								
GORNO	0,046%	0,084%	0,012%	0,017%	0,018%	0,045%	0,004%	0,00

								1%
OLTRE IL COLLE	0,038%	0,058%	0,019%	0,031%	0,027%	0,035%	-0,001%	0,007%
ONETA	0,025%	0,040%	0,005%	0,033%	0,024%	0,024%	-0,004%	0,007%
Totale area	0,109%	0,183%	0,036%	0,081%	0,068%	0,103%	-0,002%	0,014%

Tabella 23 – Composti organici precursori ozono, Ozono, Gas serra.

Composto	Cromo	Mercurio	Selenio	Cadmio	Nichel	Zinco	Arsenico	Piombo	Rame
Quantità annua	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
GORNO	0,849	0,016	0,010	0,309	0,150	15,284	0,018	1,531	7,293
OLTRE IL COLLE	0,707	0,016	0,010	0,252	0,135	12,884	0,017	1,254	6,290
ONETA	0,579	0,009	0,007	0,179	0,085	10,580	0,013	1,123	5,928
Totale area studio	2,135	0,040	0,027	0,740	0,370	38,748	0,048	3,907	19,512
Totale complessivo Provincia di BG	1335,938	311,158	59,940	281,980	340,151	11196,445	188,925	1900,112	6033,931
Totale complessivo Regione Lombardia	13907,383	2293,390	710,212	1716,910	6344,128	91126,685	2146,142	22639,409	58636,019
incidenza percentuale a livello provinciale									
GORNO	0,064%	0,005%	0,016%	0,109%	0,044%	0,137%	0,010%	0,081%	0,121%
OLTRE IL COLLE	0,053%	0,005%	0,017%	0,089%	0,040%	0,115%	0,009%	0,066%	0,104%
ONETA	0,043%	0,003%	0,011%	0,063%	0,025%	0,094%	0,007%	0,059%	0,098%
Totale area	0,160%	0,013%	0,045%	0,262%	0,109%	0,346%	0,025%	0,206%	0,323%
incidenza percentuale a livello regionale									
GORNO	0,006%	0,001%	0,001%	0,018%	0,002%	0,017%	0,001%	0,007%	0,012%
OLTRE IL COLLE	0,005%	0,001%	0,001%	0,015%	0,002%	0,014%	0,001%	0,006%	0,011%
ONETA	0,004%	0,000%	0,001%	0,010%	0,001%	0,012%	0,001%	0,005%	0,010%
Totale area	0,015%	0,002%	0,004%	0,043%	0,006%	0,043%	0,002%	0,017%	0,033%

Tabella 24 – Metalli.

Composto	IPA (4 convenzione LRTAP)	Benzo (k) fluorantene	Benzo (a) pirene	Benzo (b) fluorantene	Indeno (cd) pirene
Quantità annua	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
GORNO	9,97	1,69	3,19	2,92	2,17
OLTRE IL COLLE	6,86	1,14	2,26	2,01	1,46
ONETA	4,81	0,80	1,59	1,41	1,02
Totale area studio	21,65	3,63	7,04	6,34	4,65
Totale complessivo Provincia di BG	1900,64	349,04	585,87	544,80	420,93
Totale complessivo Regione Lombardia	11856,13	2170,10	3604,55	3411,08	2670,36
incidenza percentuale a livello provinciale					
GORNO	0,525%	0,484%	0,544%	0,536%	0,516%
OLTRE IL COLLE	0,361%	0,326%	0,386%	0,369%	0,346%
ONETA	0,253%	0,229%	0,271%	0,258%	0,243%
Totale area	1,139%	1,039%	1,201%	1,163%	1,105%
incidenza percentuale a livello regionale					
GORNO	0,084%	0,078%	0,088%	0,086%	0,081%
OLTRE IL COLLE	0,058%	0,052%	0,063%	0,059%	0,055%
ONETA	0,041%	0,037%	0,044%	0,041%	0,038%
Totale area	0,183%	0,167%	0,195%	0,186%	0,174%

Tabella 25 – Idrocarburi policiclici aromatici.

L'incidenza percentuale delle emissioni della zona è alquanto limitata se comparata agli ambiti provinciale e regionale. Il rapporto tra emissioni annue e abitante è abbastanza allineato alle medie regionali, mentre l'emissione per superficie è sostanzialmente molto più bassa della media regionale. Si tenga presente che il rapporto tra popolazione della zona e quella della regione, e il rapporto tra superficie dei comuni e superficie regionale è il seguente:

Ambito	popolazione residente al 2012	%	superficie km ²	%
Lombardia	9700881		23849,19	
Gorno	1638	0,017%	10	0,042%
Oneta	638	0,007%	18,66	0,078%
Oltre il colle	1050	0,011%	32,89	0,138%
Totale Zona		0,034%		0,258%

Tabella 26 – Confronto tra popolazione e superficie regionale con quella locale.

Come si può osservare la percentuale di superficie della zona sull'ambito regionale è sempre significativamente superiore all'incidenza percentuale delle emissioni degli inquinanti, i quali sono quindi emessi molto meno in rapporto alla superficie rispetto alla media regionale. Un discorso un po' diverso è da farsi relativamente alla popolazione. L'incidenza di emissione di alcuni inquinati sull'emissione complessiva regionale è più elevata rispetto alla percentuale di popolazione residente e segnatamente per gli inquinanti legati alla combustione (in particolare della biomassa legnosa), come le polveri (di qualsiasi frazione), gli IPA, il carbonio elementare e il monossido di carbonio. La quantità di emissioni prodotte dalla combustione non industriale con legna e altra biomassa, nella zona è la seguente:

Parametro	UM	Complessivo	da combustione della legna	%
PM2.5	t/anno	24,43	9,99	40,9%
PM 10	t/anno	25,19	10,11	40,1%
PTS	t/anno	26,98	10,64	39,4%
CO	t/anno	216,34	81,74	37,8%
Carbonio organico	t/anno	12,35	5,44	44,0%
IPA	kg/anno	21,65	9,86	45,5%
Benzo (a) Pirene	kg/anno	7,04	3,16	44,9%

Tabella 27 – Quantità locale di emissioni prodotte dalla combustione non industriale con legna e altra biomassa.

Per quanto riguarda invece le attività oggetto dello studio nei 3 comuni INEMAR non considera come presenti emissioni da attività di estrazione o di cava.

L'incidenza del trasporto su strada è abbastanza relativa per l'ambito considerato a parte per gli ossidi d'azoto.

I seguenti grafici mostrano l'incidenza dei singoli settori sull'emissione dei principali inquinanti.

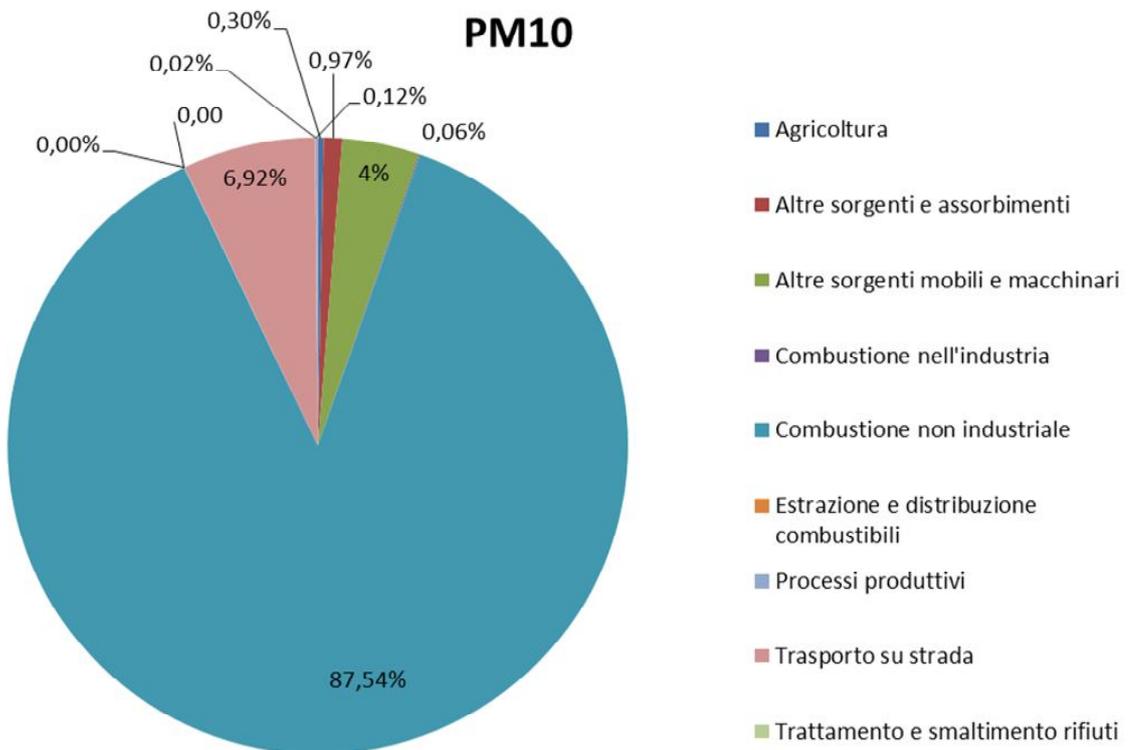


Figura 135 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di PM10.

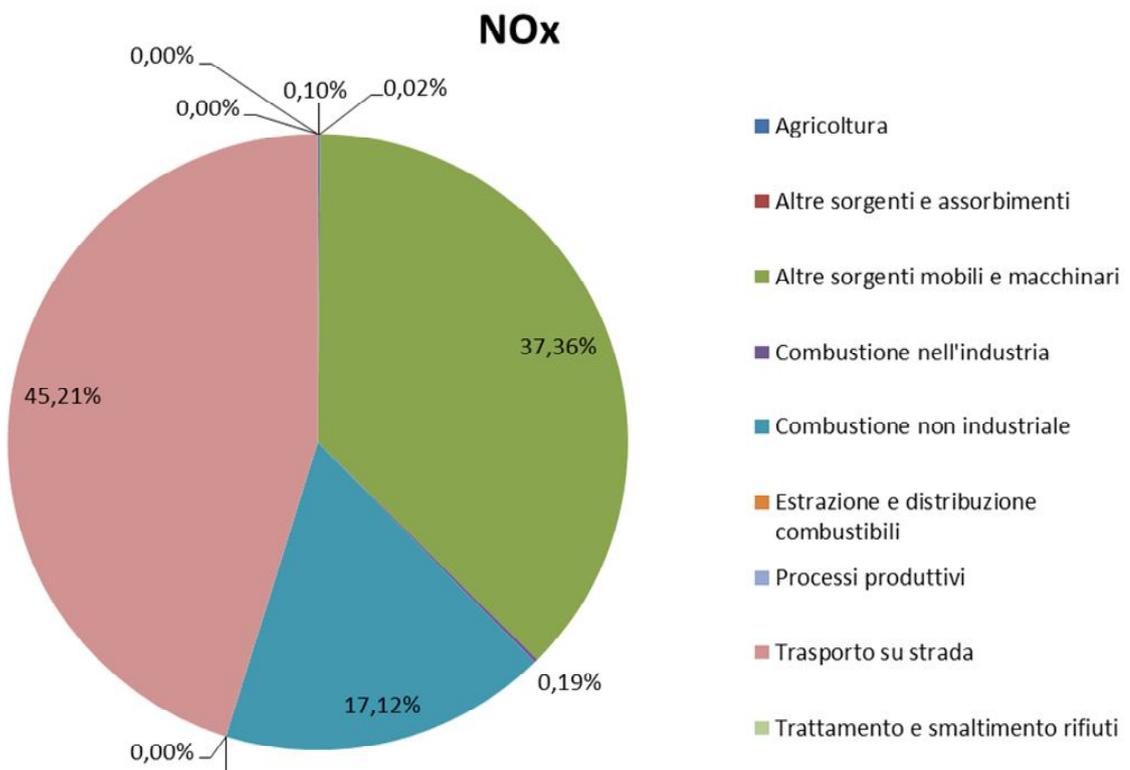


Figura 136 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di NOx.

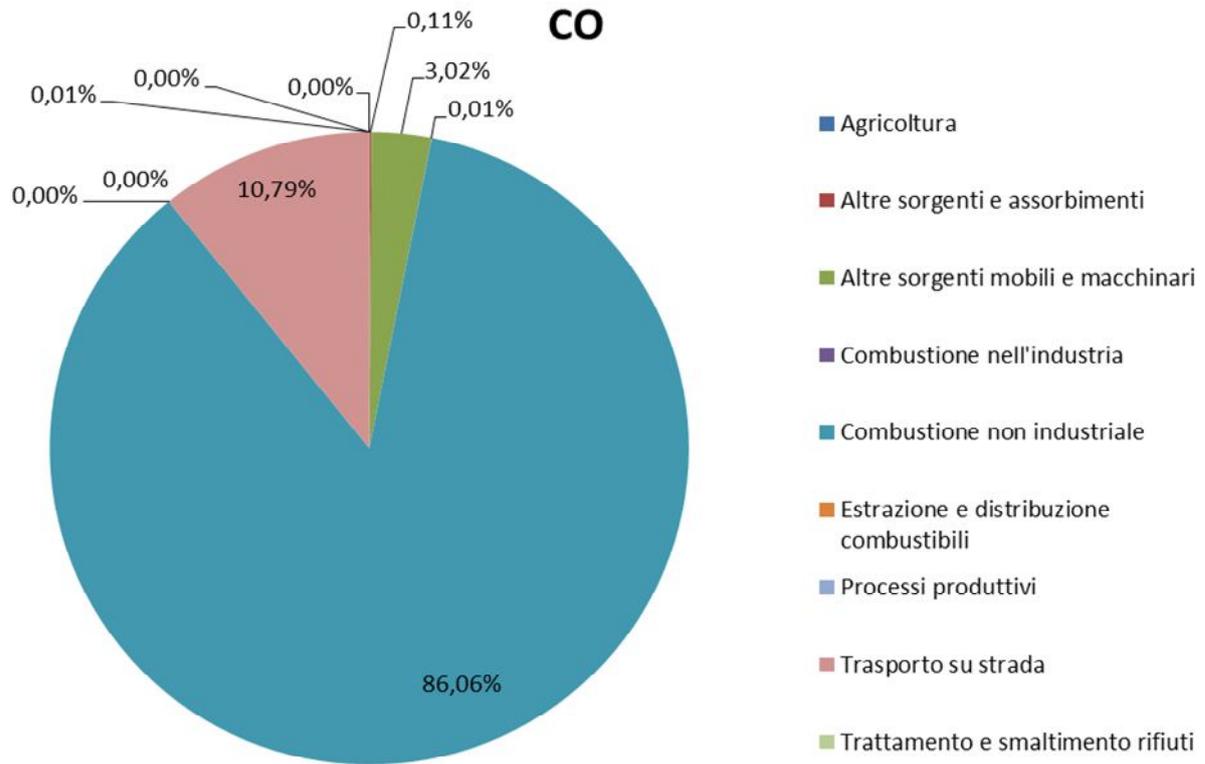


Figura 137 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di CO.

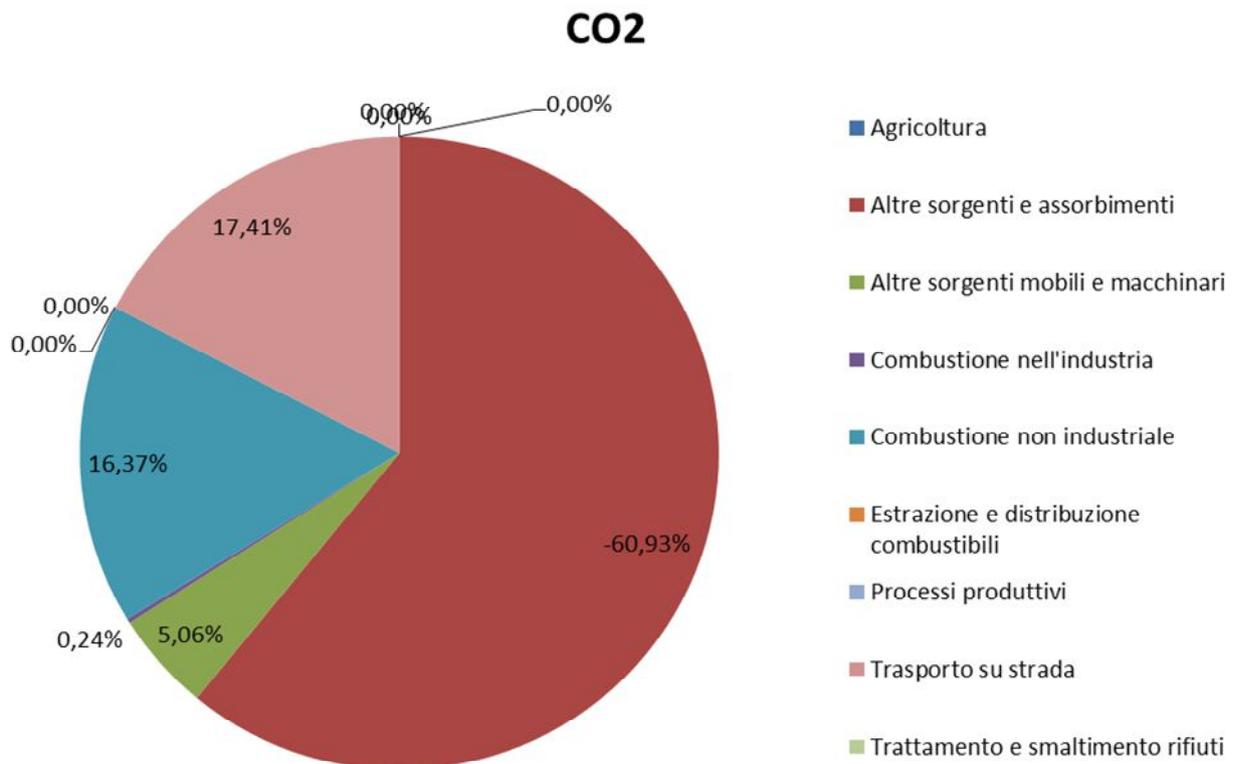


Figura 138 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di CO₂.

COV

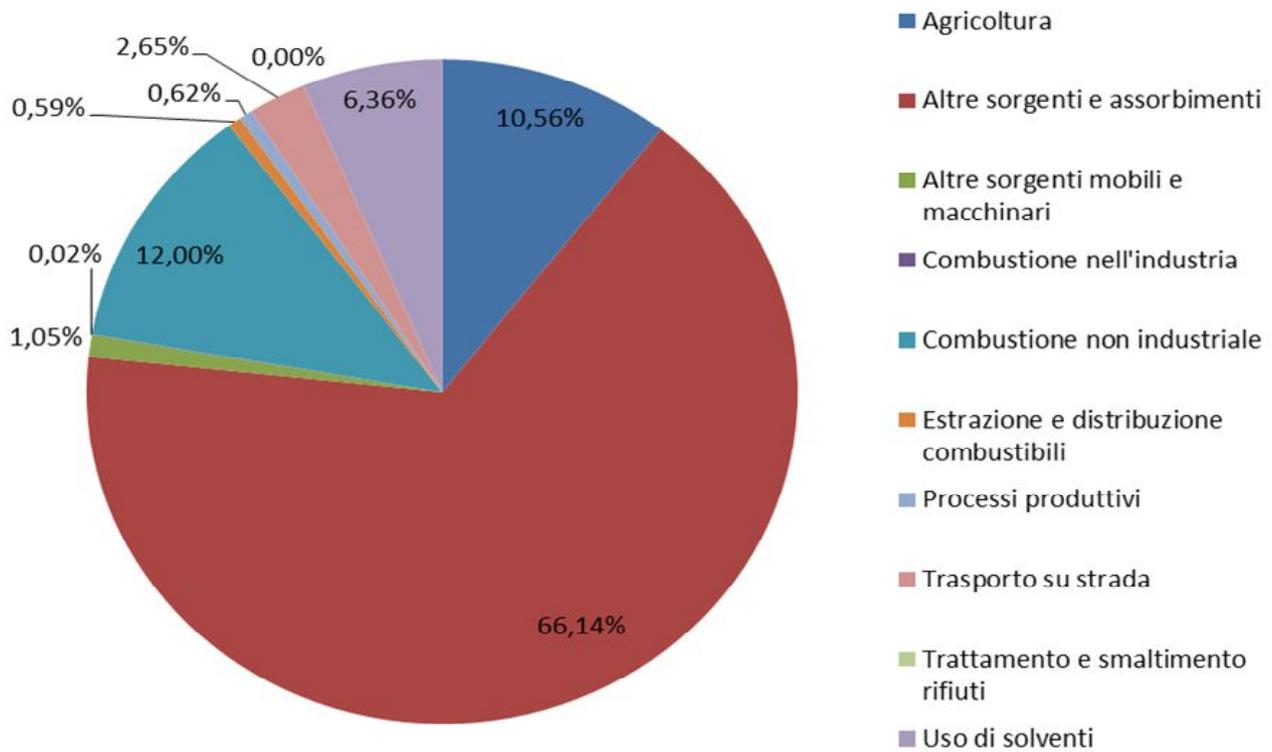


Figura 139 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di COV.

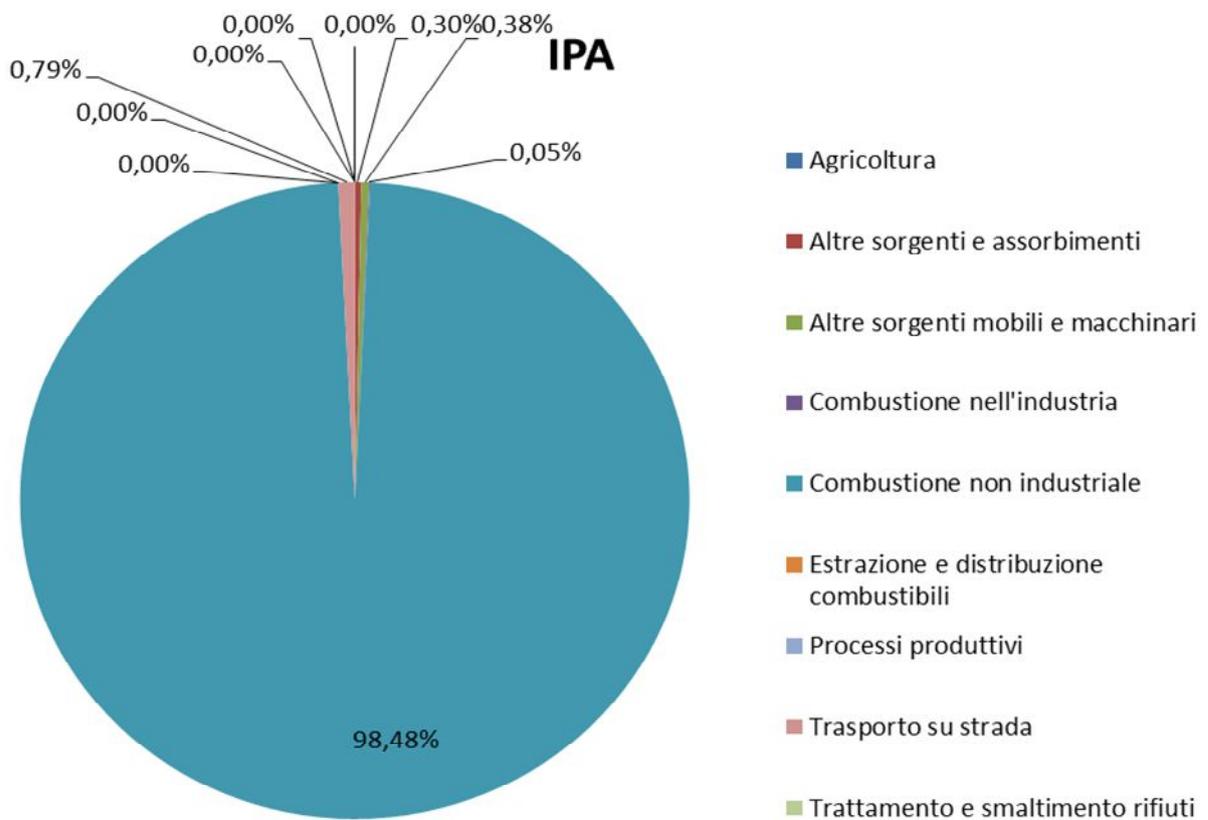


Figura 140 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di IPA.

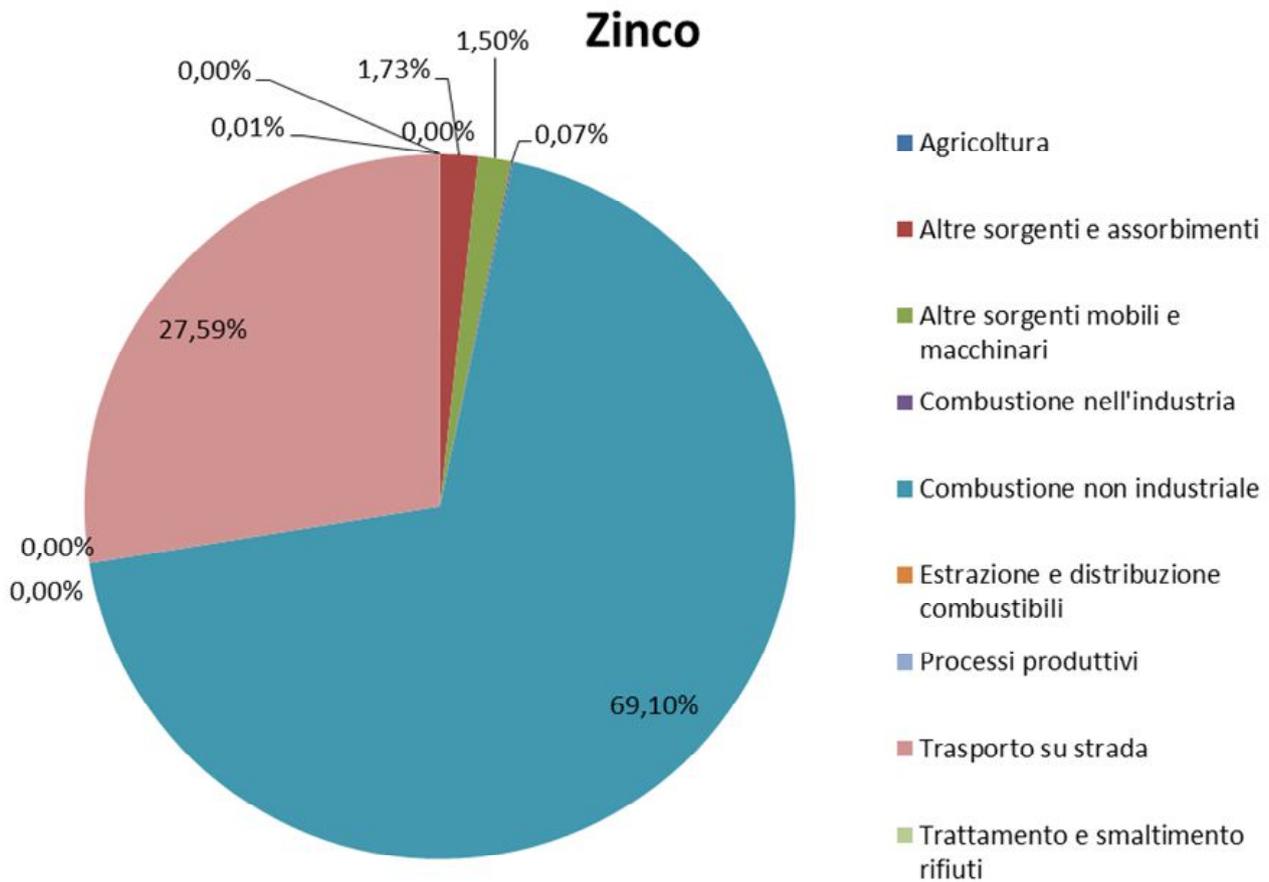


Figura 141 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di Zinco.

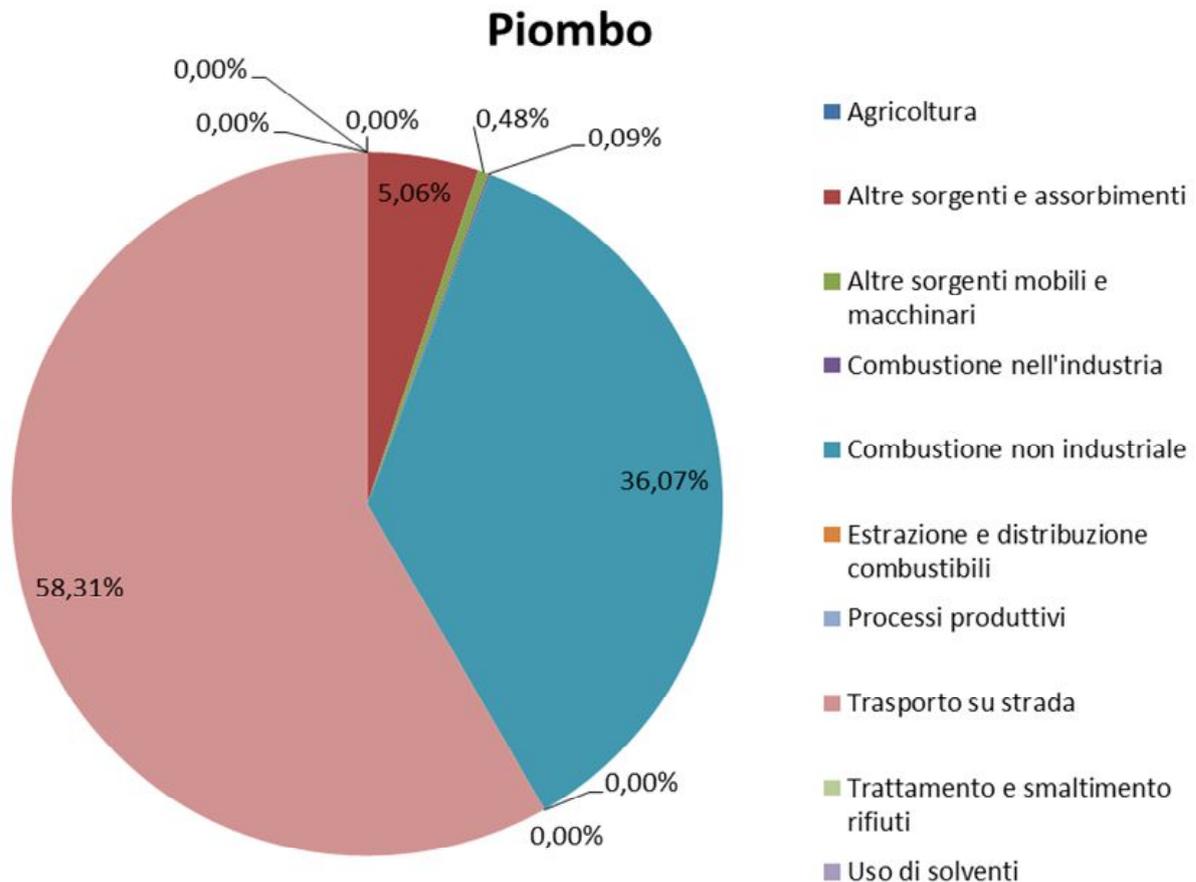


Figura 142 - Incidenza dei singoli settori sull'emissione di Piombo.

Nella sostanza le emissioni nella zona risultano essere contenute relativamente alla superficie complessiva dell'area, sono percentualmente poco rilevanti sia su scala provinciale, sia su scala regionale. Le emissioni in rapporto al numero di abitanti sono allineate alla media regionale.

Le fonti degli inquinanti sono significativamente diverse da quelle medie provinciali e regionali con una predominanza significativa della combustione non industriale, seguita dal trasporto su strada. Interessante è il bilancio positivo tra emissioni e adsorbimento di CO₂ e di gas serra come CO₂ equivalente. Per quanto riguarda il Piombo e lo Zinco che sono i due metalli interessati dall'attività di estrazione, attualmente la loro emissione è molto bassa (meno di 40 kg/anno per lo zinco e meno di 4 kg anno per il piombo), e le loro fonti principali sono ancora la combustione non industriale e il trasporto su strada.

Anche se si ritiene che gli effetti dell'attività possano essere sostanzialmente ridotti ai 3 comuni indicati è comunque utile dare uno sguardo complessivo alle emissioni di un'area un po' più vasta rispetto a quella dei soli 3 comuni per farsi un'idea più complessiva delle emissioni della zona.

Se si valutano le emissioni dei comuni confinanti e/o limitrofi ai tre presi in considerazione la situazione generale è la seguente:

Composto	Ossidi di zolfo	PM2.5	PM10	Polveri totali	totale sostanze acidificanti	Protossido d'azoto	Ammoniaca	Ossidi d'azoto
Comune quantità annua	t	t	t	t	t	t	t	t
ARDESIO	0,65	12,80	13,08	13,90	1,44	4,86	17,58	17,52
CASNIGO	3,07	18,75	20,19	24,41	3,73	5,26	21,94	107,67
CLUSONE	1,83	32,19	33,70	36,63	3,63	5,80	33,39	73,82
COLZATE	0,54	5,57	5,74	6,38	0,63	1,27	7,80	7,11
CORNALBA	0,19	2,98	3,07	3,29	0,32	1,06	3,91	3,92
GANDINO	0,99	9,28	9,82	10,68	1,59	4,09	17,70	23,72
GORNO	0,49	10,96	11,25	11,97	1,04	2,00	10,53	18,62
OLTRE IL COLLE	1,10	8,06	8,30	8,88	1,76	4,67	20,82	23,01
ONETA	0,26	5,42	5,64	6,13	0,66	1,42	6,35	13,04
PARRE	0,73	7,13	7,44	8,09	1,49	3,33	14,84	27,48
PIARIO	0,12	2,59	2,68	2,89	0,38	0,68	4,54	4,95
PONTE NOSSA	368,05	18,79	22,59	26,82	17,09	13,90	4,12	245,80
PREMOLO	0,26	5,78	5,89	6,23	0,47	2,74	5,84	5,68
RONCOBELLO	0,18	2,98	3,02	3,19	0,23	1,37	2,96	2,17
SERINA	0,92	14,08	14,70	15,89	1,58	3,13	14,06	33,55
VERTOVA	0,71	9,31	9,67	10,49	0,78	1,52	6,16	18,35
VILLA D'OGNA	0,75	7,32	7,85	9,92	1,06	1,02	5,52	32,96
Totale area	380,84	173,96	184,63	205,78	37,88	58,11	198,03	659,35
Totale complessivo	1848,86	2390,30	2719,66	3154,76	867,98	1224,60	8615,03	13959,04
Totale complessivo Regione Lombardia	16567,63	16966,97	19637,74	23780,79	9045,65	12624,30	99336,97	123501,00

Tabella 28 – Polveri e alcuni inquinati principali.

Composto	carbonio elementare	Carbonio organico	Metano	Composti organici volatili	Precursori dell'ozono	Monossido di carbonio	Totali gas serra (come CO ₂ eq)	CO ₂
----------	---------------------	-------------------	--------	----------------------------	-----------------------	-----------------------	--	-----------------

Comune	quantità annua			escluso il metano				
	t	t	t	t	t	t	Kt	Kt
ARDESIO	1,63	6,69	70,59	245,19	279,94	112,60	-6,75	-10,75
CASNIGO	2,74	7,58	122,36	72,94	223,69	160,82	38,85	33,48
CLUSONE	4,52	16,17	175,84	197,13	321,94	293,53	23,76	15,72
COLZATE	0,67	2,66	34,62	84,80	98,96	45,45	3,39	1,78
CORNALBA	0,38	1,53	9,16	57,54	65,46	27,37	-2,50	-3,11
GANDINO	1,33	4,52	85,21	154,56	194,53	89,47	9,19	4,60
GORNO	1,43	5,70	48,60	40,98	74,66	93,52	2,84	0,66
OLTRE IL COLLE	1,18	3,95	75,82	73,62	110,70	72,25	-0,79	-4,31
ONETA	0,76	2,71	20,08	77,63	99,38	50,57	-3,24	-4,31
PARRE	1,15	3,37	81,10	81,26	122,95	63,93	5,28	1,65
PIARIO	0,35	1,33	28,27	11,55	20,69	24,57	3,58	2,42
PONTE NOSSA	1,66	4,27	42,96	79,19	394,87	138,26	100,04	94,40
PREMOLO	0,71	3,07	17,41	56,74	69,41	49,90	-0,97	-2,48
RONCOBELLO	0,35	1,56	5,12	73,03	78,74	27,29	-7,62	-8,25
SERINA	1,99	6,95	51,34	132,66	188,65	130,41	0,99	-1,71
VERTOVA	1,27	4,65	47,01	130,50	163,11	86,90	6,76	4,06
VILLA D'OGNA	0,68	1,92	27,48	43,56	88,44	38,90	34,75	33,33
Totale area	22,81	78,61	942,97	1612,88	2596,12	1505,74	207,55	157,17
Totale complessivo	385,24	1021,98	33372,30	24969,24	46043,63	32519,54	7512,24	6069,86
Totale complessivo Regione Lombardia	3099,38	6755,70	396418,97	237253,34	416480,31	209144,45	73907,40	57989,22

Tabella 29 – Composti organici precursori ozono, Ozono, Gas serra.

Composto	Cromo	Mercurio	Selenio	Cadmio	Nichel	Zinco	Arsenico	Piombo	Rame
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
ARDESIO	0,880	0,024	0,012	0,369	0,224	16,642	0,028	1,552	5,969
CASNIGO	3,158	0,059	0,073	0,446	1,694	41,884	0,150	7,544	53,130
CLUSONE	3,771	0,066	0,060	0,923	0,806	57,843	0,131	8,252	49,131
COLZATE	0,403	0,015	0,014	0,154	0,226	8,576	0,035	1,007	3,087
CORNALBA	0,300	0,005	0,003	0,100	0,045	5,165	0,006	0,557	2,814
GANDINO	1,017	0,030	0,028	0,272	0,433	15,624	0,053	2,284	12,877
GORNO	0,849	0,016	0,010	0,309	0,150	15,284	0,018	1,531	7,293
OLTRE IL COLLE	0,707	0,016	0,010	0,252	0,135	12,884	0,017	1,254	6,290
ONETA	0,579	0,009	0,007	0,179	0,085	10,580	0,013	1,123	5,928
PARRE	0,755	0,017	0,025	0,193	0,349	11,789	0,036	1,639	10,027
PIARIO	0,253	0,007	0,003	0,077	0,052	4,127	0,012	0,533	2,804
PONTE NOSSA	5,178	3,450	0,020	1,475	4,908	627,856	27,481	237,988	21,387
PREMOLO	0,368	0,009	0,003	0,166	0,067	7,249	0,008	0,601	1,965
RONCOBELLO	0,206	0,006	0,001	0,101	0,026	4,242	0,004	0,305	0,721
SERINA	1,681	0,025	0,021	0,458	0,275	27,188	0,043	3,415	19,894
VERTOVA	0,940	0,024	0,020	0,275	0,328	15,030	0,044	2,048	11,011
VILLA D'OGNA	0,602	0,066	0,027	0,099	0,271	8,183	0,106	1,464	9,773
Totale area	21,647	3,844	0,338	5,848	10,077	890,146	28,186	273,098	224,101
Totale complessivo	1335,938	311,158	59,940	281,980	340,151	11196,445	188,925	1900,112	6033,931
Totale complessivo Regione Lombardia	13907,383	2293,390	710,212	1716,910	6344,128	91126,685	2146,142	22639,409	58636,019

Tabella 30 – Metalli.

Composto	IPA (4 convenzione LRTAP)	Benzo (k) fluorantene	Benzo (a) pirene	Benzo (b) fluorantene	Indeno (cd) pirene
----------	---------------------------	-----------------------	------------------	-----------------------	--------------------

Comune quantità annua	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
ARDESIO	11,59	1,97	3,70	3,39	2,53
CASNIGO	12,43	2,35	3,76	3,47	2,85
CLUSONE	27,76	4,73	8,84	8,14	6,05
COLZATE	4,71	0,80	1,50	1,39	1,02
CORNALBA	2,75	0,45	0,91	0,80	0,58
GANDINO	7,36	1,31	2,29	2,11	1,64
GORNO	9,97	1,69	3,19	2,92	2,17
OLTRE IL COLLE	6,86	1,14	2,26	2,01	1,46
ONETA	4,81	0,80	1,59	1,41	1,02
PARRE	5,46	0,94	1,73	1,61	1,19
PIARIO	2,26	0,39	0,72	0,66	0,49
PONTE NOSSA	9,68	3,41	1,57	1,52	3,18
PREMOLO	5,39	0,91	1,73	1,58	1,18
RONCOBELLO	2,83	0,47	0,94	0,83	0,60
SERINA	12,25	2,06	4,01	3,56	2,62
VERTOVA	7,76	1,33	2,46	2,27	1,70
VILLA D'OGNA	2,58	0,44	0,80	0,78	0,55
Totale area	136,45	25,20	41,98	38,45	30,83
Totale complessivo	1900,64	349,04	585,87	544,80	420,93
Totale complessivo Regione Lombardia	11856,13	2170,10	3604,55	3411,08	2670,36

Tabella 31 – IPA.

Appare chiaro che per tutti gli inquinanti cambia l'ordine di grandezza delle emissioni, ma in particolare emerge l'importanza delle emissioni di Ponte NossA che è un comune parzialmente interessato dalle attività, soprattutto per quanto riguarda il trasporto del minerale. Le emissioni del comune per alcuni inquinanti, segnatamente quelli evidenziati in rosso sono piuttosto significative se messe a confronto con le emissioni complessive dell'area in oggetto e sono tutte legate, in maniera preponderante, alla combustione industriale e sostanzialmente riconducibili alla Pontenossa S.p.A. Questo dato è interessante perché nella valutazione complessiva della qualità dell'aria nell'area di indagine si riscontra comunque una fonte significativa ben localizzata a pochi km dalle aree previste per il carico dei materiali di estrazione.

Dati di qualità dell'aria

La verifica delle emissioni della zona non esaurisce il compito di definire la qualità dell'aria. Le concentrazioni degli inquinanti in zona sono definite non solo dalle fonti locali, ma anche, in misura rilevante, dalle dinamiche atmosferiche di trasporto degli inquinanti da altre zone. Allo scopo sono dunque necessarie ulteriori valutazioni, ed in particolare la verifica delle concentrazioni effettivamente presenti in atmosfera.

Per prima cosa risulta utile ricordare i principali limiti applicabili nella valutazione della qualità dell'aria. Tali limiti sono sintetizzati nella seguente tabella.

PM₁₀	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Limite Giornaliero	50 µg/m ³ da non superarsi per più di 35 giorni all'anno
	Limite Annuale	40 µg/m ³ media annua
PM_{2.5}	Limite Annuale	25 µg/m ³ media annua
NO₂	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Limite Orario	200 µg/m ³ media oraria da non superare per più di 18 volte all'anno
	Limite Annuale	40 µg/m ³ media annua
	Soglie di allarme ed informazione	
	Soglia di allarme	400 µg/m ³ per 3 ore consecutive
O₃	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Valore obiettivo	120 µg/m ³ come MM8 da non superarsi per più di 25 volte all'anno
	Soglie di allarme ed informazione	
	Soglia di Informazione	180 µg/m ³ media oraria
	Soglia di allarme	240 µg/m ³ media oraria
	Valori obiettivo e livelli critici per la protezione della vegetazione	
	Protezione della vegetazione	AOT40 18.000 µg/m ³ ·h come media su 5 anni AOT40 calcolato dal 1 maggio al 31 luglio
	protezione delle foreste	AOT40 18.000 µg/m ³ ·h come media su 5 anni AOT40 calcolato dal 1 aprile al 30 settembre
CO	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Limite giornaliero	10 mg/m ³ come media di 8 h
SO₂	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Limite orario	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte all'anno
	Limite giornaliero	125 µg/m ³ da non superare per più di 3 giorni all'anno
	Soglie di allarme ed informazione	
	Soglia di allarme	500 µg/m ³ misurata su tre ore consecutive
	Valori obiettivo e livelli critici per la protezione della vegetazione	
	Livello critico annuale	20 µg/m ³
	Livello critico invernale (1 ott – 31 mar)	20 µg/m ³
Benzene	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Limite annuale	5 µg/m ³ media annua
Metalli	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
As	Valore obiettivo	6 ng/m ³ media annua
Cd	Valore obiettivo	5 ng/m ³ media annua
Ni	Valore obiettivo	20 ng/m ³ media annua
Pb	Valore limite	0.5 µg/m ³ media annua
Benzo (a) Pirene	Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana	
	Valore obiettivo	1 ng/m ³ media annua

Tabella 32 – Limiti applicabili nella valutazione della qualità dell'aria.

Allo scopo sono state presi in considerazione i dati delle centraline meteo dell'ARPA della Provincia di Bergamo, per definire lo stato dell'atmosfera sulla più ampia scala provinciale.

Le stazioni utilizzate per tracciare lo stato di fatto della qualità dell'aria in Provincia di Bergamo (con i parametri disponibili) sono le seguenti:

Stazione	Tipologia	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	CO	SO ₂	NO ₂	C ₆ H ₆	O ₃
Bergamo via Meucci	Urbana-Fondo	x	x	x	x		x	x	x
Bergamo via Garibaldi	Urbana-Traffico	x		x	x	x	x		
Bergamo via Goisis	Suburbana-Fondo			x			x		x
Lallio	Urbana-Traffico	x		x		x	x		
Dalmine	Urbana-Traffico	x	x	x	x		x	x	
Osio Sotto	Suburbana-Fondo	x		x			x		x

Tabella 33 – Stazioni e parametri per tracciare lo stato di fatto della qualità dell'aria in Provincia di Bergamo.

Sempre ARPA ha effettuato nel corso degli anni una serie di misure in aree vicine alla zona oggetto di studio, con laboratori mobili, per brevi periodi di tempo. Anche queste misure possono fornire alcune indicazioni importanti sulla qualità dell'aria nell'ambito di indagine. Le indagini sono scaricabili dal sito di ARPA Lombardia.

Per le valutazioni del caso si sono prese in considerazione le seguenti indagini (escluse tutte le indagini anteriori al 2012):

- Comune di Casnigo dal 16/7/2013 al 08/08/2013;
- Comune di Gazzaniga dal 10/08/2013 al 19/09/2013;
- Comune di Piario dal 27/06/2012 al 29/07/2012.

Per i comuni dell'ambito di indagine non sono disponibili né campagne spot con laboratori mobili, né tantomeno centraline fisse.

È tuttavia possibile tramite gli archivi di ARPA Lombardia raccogliere alcuni valori aggregati comunali calcolati a partire dai risultati delle simulazioni su scala regionale eseguite con un modello chimico-fisico di qualità dell'aria. Non si tratta pertanto di misure, sebbene per ottenere queste stime vengano utilizzati anche i dati della rete ARPA di rilevamento della qualità dell'aria.

Gli inquinanti e parametri scaricabili dal sito ARPA Lombardia e provenienti da tali elaborazioni sono:

- media giornaliera pesata sul territorio comunale di Particolato fine e di Biossido d'Azoto (PM₁₀ medio, NO₂ medio); per i comuni appartenenti alla zona D della nuova zonizzazione regionale (fondivalle) è disponibile anche la stima della media pesata sulla sola parte urbanizzata del territorio comunale. (PM₁₀ medio urbanizzato, NO₂ medio urbanizzato);
- massimo giornaliero di Biossido d'Azoto sul territorio comunale (NO₂ massimo);
- massimo giornaliero di Ozono troposferico sul territorio comunale (O₃ massimo) nel periodo compreso tra il primo maggio ed il 30 settembre.

Infine si è comunque effettuata una verifica in campo con Laboratorio Mobile nel mese di Settembre 2015, come inquadrato a seguire. Con questa verifica chiaramente è possibile meglio inquadrare con misure specifiche in sito le considerazioni generali che si possono trarre dai dati di altre centraline o dai dati stimati.

I risultati per quel che riguarda il 2015 sono i seguenti:

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [$\mu\text{g}/\text{mc}$]	Superamenti giornalieri n.
Bergamo via Meucci	98	33	61
Bergamo via Goisis	97	38	80
Lallio	97	33	61
Dalmine	98	36	72
Osio Sotto	94	35	63

Tabella 34 – Risultati PM_{10} nelle stazioni provinciali (anno 2015).

Con 35 $\mu\text{g}/\text{mc}$ come media complessiva annuale delle misure, e una media di giorni di superamento del limite giornaliero di 67 occorrenze.

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [$\mu\text{g}/\text{mc}$]
Bergamo via Meucci	98	26
Dalmine	98	29

Tabella 35 – Risultati $PM_{2,5}$ nelle stazioni provinciali (anno 2015).

Con 27,5 $\mu\text{g}/\text{mc}$ come media complessiva annuale delle misure.

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [$\mu\text{g}/\text{mc}$]
Bergamo via Meucci	94	65
Bergamo via Garibaldi	99	96
Bergamo via Goisis	98	42
Lallio	90	91
Dalmine	98	73
Osio Sotto	99	53

Tabella 36 – Risultati NO_x nelle stazioni provinciali (anno 2015)

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [µg/mc]	Superamenti orari n.
Bergamo via Meucci	94	33	0
Bergamo via Garibaldi	99	48	0
Bergamo via Goisis	98	29	0
Lallio	90	37	0
Dalmine	98	39	0
Osio Sotto	99	22	0

Tabella 37 – Risultati NO₂ nelle stazioni provinciali (anno 2015)

Con 35 µg/mc come media complessiva annuale delle misure.

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [µg/mc]	Superamenti orari n.	Superamenti giornalieri n.
Bergamo via Garibaldi	92	2	0	0
Lallio	90	2	0	0

Tabella 38 – Risultati SO₂ nelle stazioni provinciali (anno 2015).

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [mg/mc]
Dalmine	98	0,6
Bergamo via Garibaldi	97	0,7
Bergamo via Meucci	99	0,5

Tabella 39 – Risultati CO nelle stazioni provinciali (anno 2015).

Non si è registrato nessun superamento della media di 10 mg/mc di 8 h.

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [µg/mc]
Bergamo via Garibaldi	97	1,2
Dalmine	94	1,1

Tabella 40 – Risultati Benzene nelle stazioni provinciali (anno 2015).

Stazione	Dati Validi [%]	Media annuale [$\mu\text{g}/\text{mc}$]	Superamenti giornalieri valore obiettivo (120) n.	Superamenti giornalieri valore obiettivo (180) n.	Superamenti giornalieri valore obiettivo (240) n.
Osio Sotto	95	51	94	35	0
Bergamo via Goisis	97	62	90	34	1
Bergamo via Meucci	99	55	84	40	0

Tabella 41 – Risultati Ozono nelle stazioni provinciali (anno 2015).

Con $56 \mu\text{g}/\text{mc}$ come media complessiva annuale delle misure, e una media di giorni di superamento del valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{mc}$ di 86 ricorrenze, mentre il superamento del valore obiettivo di $180 \mu\text{g}/\text{mc}$ è avvenuto in 36 occasioni.

Naturalmente i risultati riflettono una situazione non paragonabile a quella della zona di indagine, ma tratteggiano comunque una situazione di qualità dell'aria con molti elementi di criticità nelle aree oggetto di monitoraggio in continuo da parte di ARPA Lombardia; si segnalano valori mediamente elevati di $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , e Ozono, con un numero di superamento dei valori obiettivo superiore al limite, sia per il PM_{10} , sia per l'Ozono. Ovviamente è da attendersi una situazione migliore nell'area di interesse, in particolare i dati delle campagne con laboratorio mobile succitate mostrano i seguenti risultati.

Campagna	Quota	$\text{NO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$			$\text{SO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
		Media	Massimo	superamenti	Media	Massimo	superamenti
Piario	848	11	28	0	3	6	0
Media altre centraline provincia		23	69	0	8	10	0
Casnigo	514	22	64	0	2	2	0
Media altre centraline provincia		20	53	0	2	7	0
Gazzaniga	625	15	42	0	3	4	0
Media altre centraline provincia		17	50	0	1	4	0

Tabella 42 – Risultati NO_2 e SO_2 dalle campagne locali con laboratorio mobile ARPA.

Campagna	Quota	$\text{PM}_{10} \mu\text{g}/\text{m}^3$			$\text{CO mg}/\text{m}^3$		
		Media	Massimo	superamenti	Media	Massimo	superamenti
Piario	848	16	33	0	0,5	1,5	0
Media altre centraline provincia		25	48	1	0,7	1,1	0
Casnigo	514	21	31	0	0,6	1	0
Media altre centraline provincia		24	35	0	0,6	1,2	0
Gazzaniga	625	12	29	0	0,2	0,6	0
Media altre centraline provincia		17	44	1	0,5	1,2	0

Tabella 43 – Risultati PM_{10} e CO dalle campagne locali con laboratorio mobile ARPA.

Campagna	Quota	O ₃ µg/m ³				
		Media	Massimo	superamenti soglia inf	superamenti prot salute	soglia di allarme
Piario	848	87	232	2	9	
Media altre centraline provincia		94	233	5	21	
Casnigo	514	114	214	4		0
Media altre centraline provincia		116	253	10		2
Gazzaniga	625	84	161	0		0
Media altre centraline provincia		79	178	2		0

Tabella 44 – Risultati O₃ dalle campagne locali con laboratorio mobile ARPA.

Le campagne sono avvenute tutte in periodo estivo, quindi non possono rendere conto di particolari problemi per il parametro delle polveri fini. Mostrano tuttavia un miglioramento complessivo della qualità dell'aria con l'aumentare della lontananza dall'agglomerato urbano di Bergamo e con l'innalzamento della quota, tanto che l'indagine di Piario può essere letta come soddisfacente dal punto di vista della qualità dell'aria.

Per quanto riguarda i dati raccolti in base alle simulazioni modellistiche di ARPA Lombardia per i 3 comuni più il comune di Ponte Nossola, i risultati sono i seguenti:

	PM ₁₀ µg/m ³			
	Oneta	Gorno	Oltre il Colle	Ponte Nossola
media	15,9	19,7	11,2	24,2
Massimo	52	60	36	75
n superamenti	2	2	0	2

Tabella 45 – Simulazioni modellistiche ARPA per PM₁₀ relative all'ambito locale.

	NO ₂ µg/m ³			
	Oneta	Gorno	Oltre il Colle	Ponte Nossola
media	9,7	14,8	5,0	39,8
Massimo	88,9	87,7	69,2	87,7
n superamenti	0	0	0	0

Tabella 46 – Simulazioni modellistiche ARPA per NO₂ relative all'ambito locale.

	O ₃ µg/m ³ massimi giornalieri (1/5-30/9)			
	Oneta	Gorno	Oltre il Colle	Ponte Nossola
media	143	139	143	135
Massimo	277	261	277	242
n superamenti	nd	nd	nd	nd
N superamenti soglia inf	18	16	16	13
N superamenti soglia all	2	1	2	1

Tabella 47 – Simulazioni modellistiche ARPA per O₃ relative all'ambito locale.

È evidente che la situazione complessiva è migliore per quel che riguarda il PM₁₀ e gli Ossidi d'Azoto nei 3 comuni rispetto al resto della provincia, mentre, seppur senza un superamento formale dei limiti, a Ponte Nossa, cominciano già ad emergere alcuni fattori di criticità.

Per quel che riguarda l'Ozono i valori elevati dipendono dal particolare chimismo del composto, esso infatti non viene immesso come tale in atmosfera e nemmeno si genera in loco (almeno in grande misura), ma tende a restare a mantenersi a concentrazioni più elevate là ove non sono presenti altri inquinanti che reagiscano con esso diminuendone di conseguenza le concentrazioni.

Una valutazione un po' più vicina alla zona di interesse si può fare sulla base dell'indagine in territorio di Gorno del settembre 2016, secondo il programma di misura presentato a seguire.

Monitoraggio della qualità dell'aria in situ

Per quanto riguarda l'atmosfera, sono state effettuate due campagne di misura dei parametri meteo e chimico-fisici tramite mezzo mobile di rilevamento della qualità dell'aria nei comuni di Gorno e Oltre il Colle.

I risultati ottenuti saranno confrontati, per quanto possibile, con i limiti di legge in vigore fissati dal D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i. e con i valori consigliati da vari organi internazionali (in primis l'Organizzazione Mondiale della Sanità).

Le indagini sono state condotte nei seguenti punti di misura.

<i>Codice</i>	<i>Descrizione e ubicazione</i>	<i>Durata</i>	<i>Periodo monitoraggio</i>
Postazione 1	Centro sportivo – Oltre il Colle coordinate 45°53'36.06"N / 9°46'19.54"E altitudine 950 m s.l.m.	30 gg	23/02/2019-24/03/2019
Postazione 2	Piazzale pubblico Via Fondo Ripa – Gorno coordinate 45°51'28.97"N / 9°50'53.05"E altitudine 515 m s.l.m.	30 gg	23/02/2019-24/03/2019

Tabella 48 – Descrizione postazioni per la rilevazione della qualità dell'aria.

Di seguito la localizzazione su ortofoto satellitare delle centraline e le immagini relative alla posizione specifica.

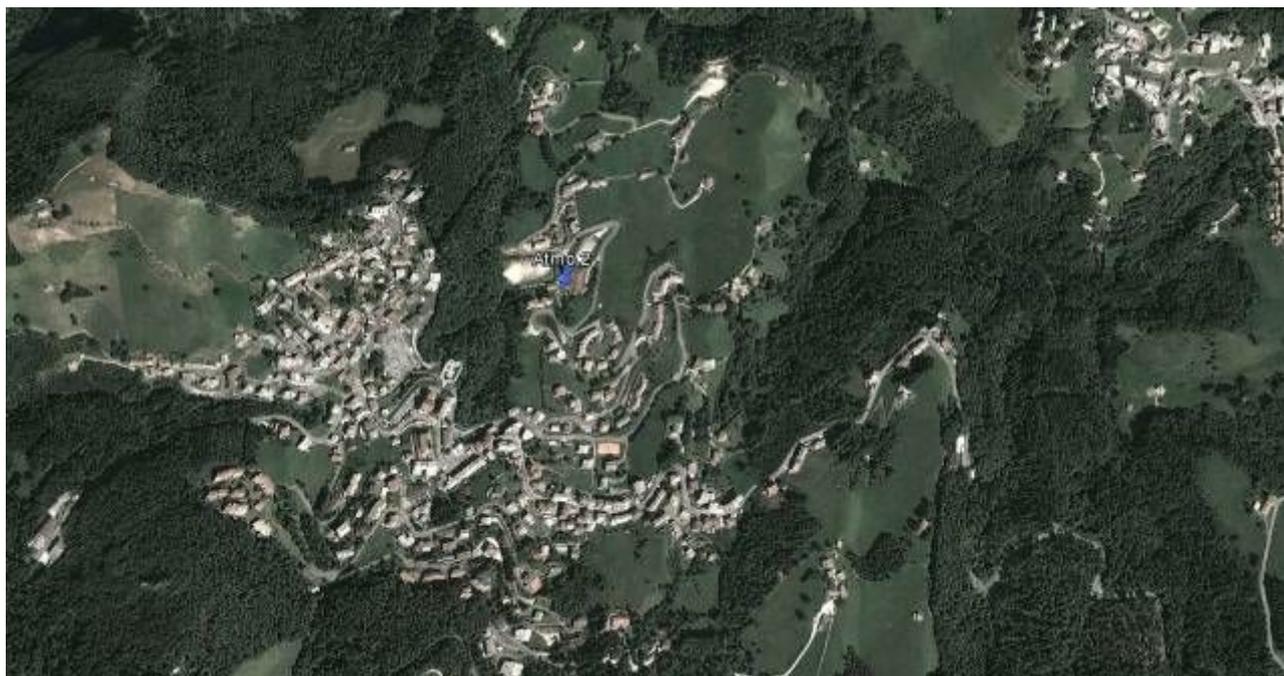


Figura 143 – Localizzazione su ortofoto satellitare della postazione 1.

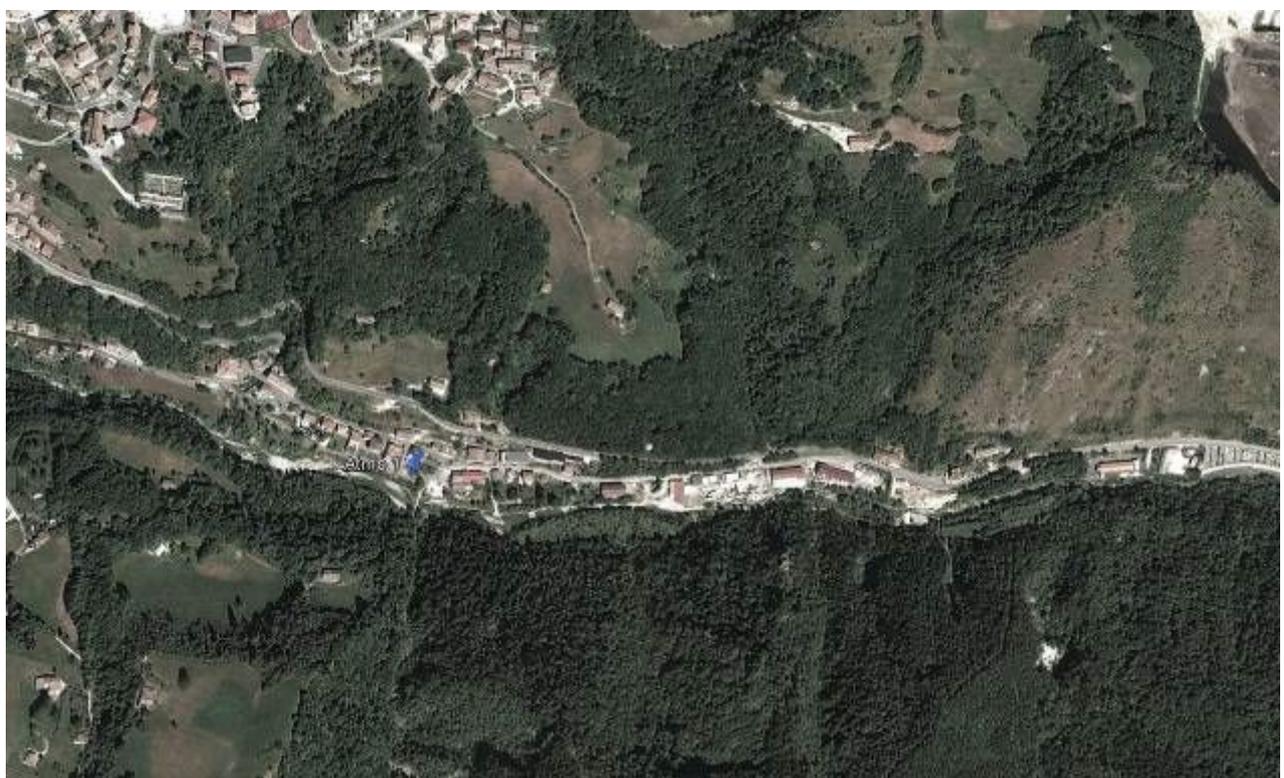


Figura 144 – Localizzazione su ortofoto satellitare della postazione 2.



Figura 145 – A sinistra, localizzazione postazione 1 c/o il centro sportivo comunale a Zorzone di Oltre il Colle. A destra postazione 2 C7o piazzale pubblico Via Lungo Ripa in Comune di Gorno. antistante il civico n. 15 di. A destra, postazione ATMO 02 presso.

Parametri rilevati

Il monitoraggio è stato condotto dal 23/02/2019 al 24/03/2019. Durante questo periodo i laboratori mobili hanno registrato in continuo una serie di parametri meteo e chimico-fisici, raccogliendo dati computati su medie orarie.

I parametri PM10 e BTX sono stati campionati attraverso strumentazione apposita con media-zione giornaliera, come previsto dalle specifiche norme di riferimento. In ultimo IPA e metalli sono stati ricercati con mediazione quindicinale.

I parametri rilevati con i laboratori mobili sono i seguenti:

- Monossido di carbonio (CO)
- Ossidi d'azoto (NO, NO₂, NO_x)
- Anidride Solforosa (SO₂)
- Ozono (O₃)
- PM 10
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
- Metalli (As, Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn)
- Benzene e omologhi (BTX)
- Idrogeno Solforato / Acido Solfidrico (H₂S)
- Temperatura
- Umidità relativa
- Velocità e direzione del vento
- Pressione atmosferica
- Irraggiamento solare
- Precipitazioni piovose.

Strumentazione e sensori

I mezzi sono dotati di impianto di condizionamento in grado di garantire:

- +20 °C con T esterna di -10 °C.
- +22 °C e 50% di UR, con T esterna di 32-36 °C e UR del 70%.

I sistemi di prelievo sono doppi e permettono il campionamento con sonda a circa 3.5 metri dal suolo per gli analizzatori in continuo / BTX e 1.5 metri per il PM10. Quest'ultimo è stato campionato tramite centralina sequenziale automatica previo apposito selettore. Tutta la strumentazione è corrispondente alle norme nazionali di riferimento (D.Lgs 155/2010).

I sensori meteo sono posti su un'antenna porta strumenti elevabile ad un'altezza da terra di 10 m.

Vengono determinati i seguenti parametri:

- Velocità del vento con un anemometro a tre coppe paraboliche. Trattasi di un anemometro a forza, funzionante in base alla differenza di pressione che si crea all'interno della superficie della coppa ortogonale alla direzione del vento e quella sulla superficie esterna della coppa a 120° dalla direzione del vento. Tale differenza di pressione crea una forza che fa girare le coppe. Dal numero di giri è calcolata la velocità del vento.
- Direzione del vento tramite una banderuola dotata di una superficie che prende vento e si sposta fino a posizionarsi in direzione parallela al vento. Un potenziometro legge la direzione.
- Temperatura tramite termocoppia che misura la variazione di resistenza elettrica della sonda al variare della temperatura. Nota la resistività della sonda si risale alla temperatura.
- Umidità con sensore tipo a cappello SRHS.
- Irraggiamento solare con sistema Starpyranometer che misura il differente riscaldamento di settori affiancati, uno nero adsorbente la luce, l'altro bianco riflettente, la differenza consente di risalire al valore d'irraggiamento solare.
- Pressione atmosferica tramite un liquido sensibile alla pressione che spinge una molla legata ad un trasduttore.
- Eventuali precipitazioni piovose tramite pluviometro totalizzatore, cilindro sormontato da un imbuto il quale riceve e convoglia nel sensore la pioggia, restituendo il dato in mm.

In dettaglio gli strumenti installati sui laboratori mobili:

ANALIZZATORE	COSTRUTTORE	MODELLO
ANALIZZATORE DI MONOSSIDO DI CARBONIO PER INFRAROSSO	ENVIRONNEMENT SA	CO12M
ANALIZZATORE OSSIDI DI AZOTO PER CHEMI LUMINESCENZA	HORIBA	APNA 370
ANALIZZATORE BIOSSIDO DI ZOLFO PER FLUORESCENZA ULTRAVIOLETTA	API DANI	100 ANALYSER
ANALIZZATORE OZONO PER FOTOMETRIA ULTRAVIOLETTA	API DANI	400 ANALYSER
CAMPIONATORE DIFFUSIVO A SIMMETRIA RADIALE	AMS ANALITICA	RADIELLO
PLUVIOMETRO	MICROS	PLUV
SENSORE PRESSIONE ATMOSFERICA	MICROS	BAR1
SENSORE RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	MICROS	PIR
SENSORE RADIAZIONE SOLARE NETTA	MICROS	RADNT
SENSORE TEMPERATURA ARIA	MICROS	STEP4/20
SENSORE UMIDITA' RELATIVA	MICROS	SRH
SENSORE VELOCITA' DIREZIONE VENTO	MICROS	SVDV0/2
UNITA' DI CAMPIONAMENTO POLVERI PM 10, IPA e METALLI	TECORA	SKYPOST
UNITA' DI CAMPIONAMENTO FIALE BTX	TECORA	BRAVO

Tabella 49 – Strumenti utilizzati su laboratorio mobile installato a Oltre il Colle.

ANALIZZATORE	COSTRUTTORE	MODELLO
ANALIZZATORE DI MONOSSIDO DI CARBONIO PER INFRAROSSO	ENVIRONNEMENT SA	CO12M
ANALIZZATORE OSSIDI DI AZOTO PER CHEMI LUMINESCENZA	ENVIRONNEMENT SA	AC32M
ANALIZZATORE BIOSSIDO DI ZOLFO PER FLUORESCENZA ULTRAVIOLETTA	ENVIRONNEMENT SA	AF21M
ANALIZZATORE OZONO CON SPETTROFOTOMETRIA UV	ENVIRONNEMENT SA	O342M
CAMPIONATORE DIFFUSIVO A SIMMETRIA RADIALE	AMS ANALITICA	RADIELLO
PLUVIOMETRO	MICROS	PLUV
SENSORE PRESSIONE ATMOSFERICA	MICROS	BAR1
SENSORE RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	MICROS	PIR

ANALIZZATORE	Costruttore	Modello
SENSORE RADIAZIONE SOLARE NETTA	MICROS	RADNT
SENSORE TEMPERATURA ARIA	MICROS	STEP4/20
SENSORE UMIDITA' RELATIVA	MICROS	SRH
SENSORE VELOCITA' DIREZIONE VENTO	MICROS	SVDV0/2
UNITA' DI CAMPIONAMENTO POLVERI PM10, IPA e METALLI	TECORA	SKYPOST FG
UNITA' DI CAMPIONAMENTO FIALE-BTX	TECORA	BRAVO

Tabella 50 – Strumenti utilizzati su laboratorio mobile installato a Gorno.

Controlli e tarature

Gli strumenti utilizzati nel monitoraggio in continuo sono stati tarati prima dell'inizio della campagna e alla fine. Tutti i risultati dei controlli sono risultati all'interno del range di accettabilità. I periodi di calibrazione sono stati eliminati dal computo delle medie orarie.

Normativa italiana e europea

I limiti di riferimento sono individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155 e s.m.i. in attuazione della Direttiva europea 2008/50/CE. Questo D. Lgs. costituisce un vero e proprio testo unico sulla qualità dell'aria il quale abroga, tra gli altri, il D. Lgs 351/1999, il DM 60/2002, il D. Lgs 183/2004 e il D. Lgs 152/2007. In mancanza di riferimenti normativi è una prassi consolidata, a livello nazionale e internazionale, riferirsi ai valori guida indicati dalla OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità). Quando per lo stesso inquinante vengono proposti più valori guida riferiti a tempi di mediazione differenti, questi devono essere considerati congiuntamente.

Nelle tabelle seguenti si sintetizzano i limiti previsti dalla normativa per gli inquinanti monitorati.

Inquinante	Tipologia limite	Periodo mediazione	Valore	Rif normativo	Efficacia
Monossido di carbonio CO	Protezione salute umana	Massimo della media mobile sulle 8 h	10 mg/mc	D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	In vigore
Biossido d'azoto NO₂	Protezione salute umana	Media oraria da non superare più di	200 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore

		18 volte per anno civile			
	Protezione salute umana	Media annuale	40 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
	Soglia d'allarme	Media oraria	400 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
Ossidi di azoto NOx	Protezione vegetazione	Media annuale	30 µg /mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
Biossido di Zolfo SO₂	Protezione salute umana	Media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
		Media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/mc		
		Soglia di Allarme	500 µg/mc		
Ozono (O₃)	Soglia di Informazione	Media Oraria	180 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
	Soglia di Allarme	Media Oraria	240 µg/mc		
	Valore Obiettivo	Valore come media giornaliera su 8 ore da non superarsi per più di 25 volte all'anno	120 µg/mc		
	Protezione della vegetazione	Media su 5 anni calcolato come AOT40 dal 1 maggio al 31 luglio	18.000 µg/mc		

	Protezione delle foreste	Media su 5 anni calcolato come AOT40 dal 1 aprile al 30 settembre	18.000 µg/mc		
Particolato PM10	Protezione salute umana	Media giornaliera da non superare più di 35 volte all'anno	50 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
	Protezione salute umana	Media annuale	40 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
Benzo(a)Pirene (IPA)	Obiettivo	Media annuale	1 ng/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
Arsenico	Obiettivo	Media annuale	6.0 ng/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
Cadmio			5.0 ng/mc		
Nichel			20.0 ng/mc		
Piombo			0.5 µg/mc		
Benzene (BTX)	Obiettivo	Media annuale	5 µg/mc	D.Lgs. 155/2010 e smi	In vigore
Idrogeno Solforato	Protezione Salute Umana	Media giornaliera	150 µg/mc	Guide OMS ed.2000	In vigore
		Valore medio su 14 giorni	100 µg/mc	OMS - IPCS	
		Valore medio fino a 90 giorni	20 µg/mc		

Risultati dei parametri meteorologici

L'analisi dei parametri meteorologici è indispensabile per comprendere la dinamica dell'atmosfera e per valutare soprattutto nel breve periodo l'incidenza degli inquinanti sulla qualità dell'aria. In linea generale possiamo affermare che l'accumulo d'inquinanti è favorito da venti scarsi e di direzioni poco variabili, dalla presenza di strati bassi d'inversione termica, dall'alta pressione, da scarse escursioni termiche e dall'assenza di piogge.

L'attività fotochimica, vale a dire la formazione d'inquinanti secondari, è invece favorita dal forte irraggiamento solare.

In genere nei periodi d'alta pressione i venti tendono a provenire da quote più alte e a schiacciare verso il suolo le masse d'aria, mentre nei periodi di bassa pressione i venti tendono a dirigersi dal suolo verso quote alte: la direzione del vento è un parametro fondamentale per valutare la dispersione degli inquinanti e la loro origine.

Postazione 1 di Oltre il Colle

Temperatura

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressi in °C:

Media	Max	Minima
5.1	22.0	-8.6

Le escursioni termiche sono variate tra 5.1 e 18.4 °C.

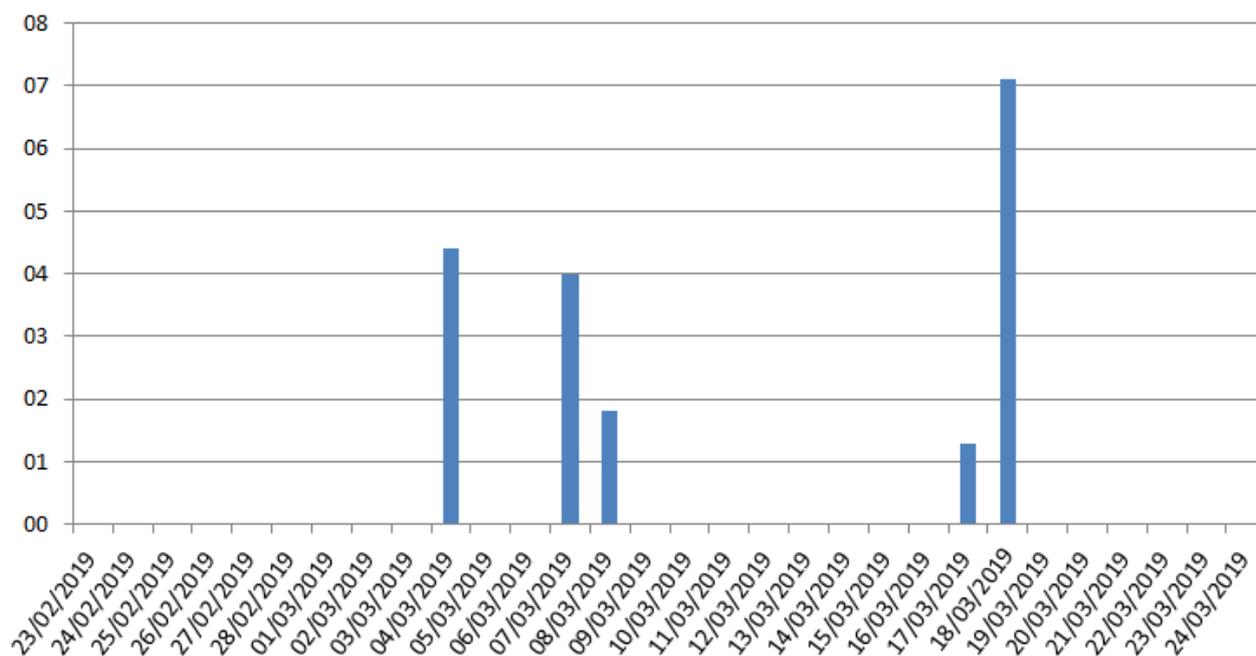
Umidità relativa e precipitazioni

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressa in %:

Media	Max	Minima
53.5	99.0	12.0

Durante il monitoraggio si sono verificati 5 eventi di pioggia tutti significativi (> 1mm). Il giorno più colpito dal fenomeno risulta essere il 18 marzo, con un accumulo nelle 24h di 7.1 mm.

Pioggia Cumulata [mm/giorno] - Oltre il Colle



Vento

La seguente tabella illustra i valori di velocità ottenuti durante le misurazioni espresse in m/sec.

Media	Max	Minima
1.1	6.1	Calma

I venti sono stati di media intensità (media di 1.1 m/s) con la componente principale proveniente da SSE. Le calme di vento (valori < a 0.5 m/s) si sono verificate per circa il 17% del mese di monitoraggio.

Wind Class Frequency Distribution

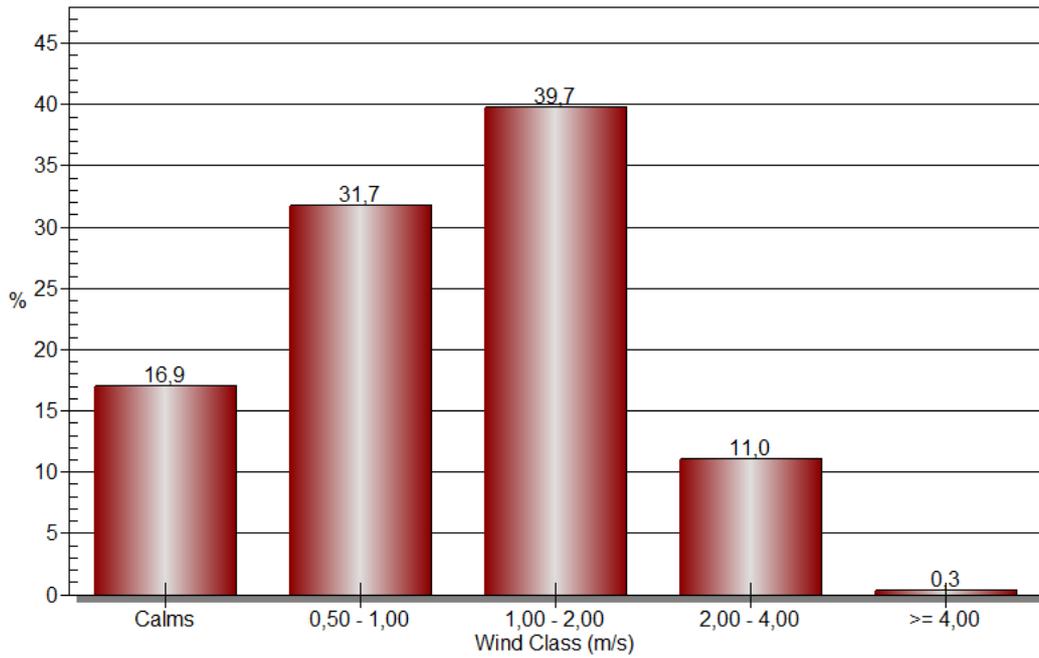


Figura 146 -- Distribuzione delle classi dei venti.

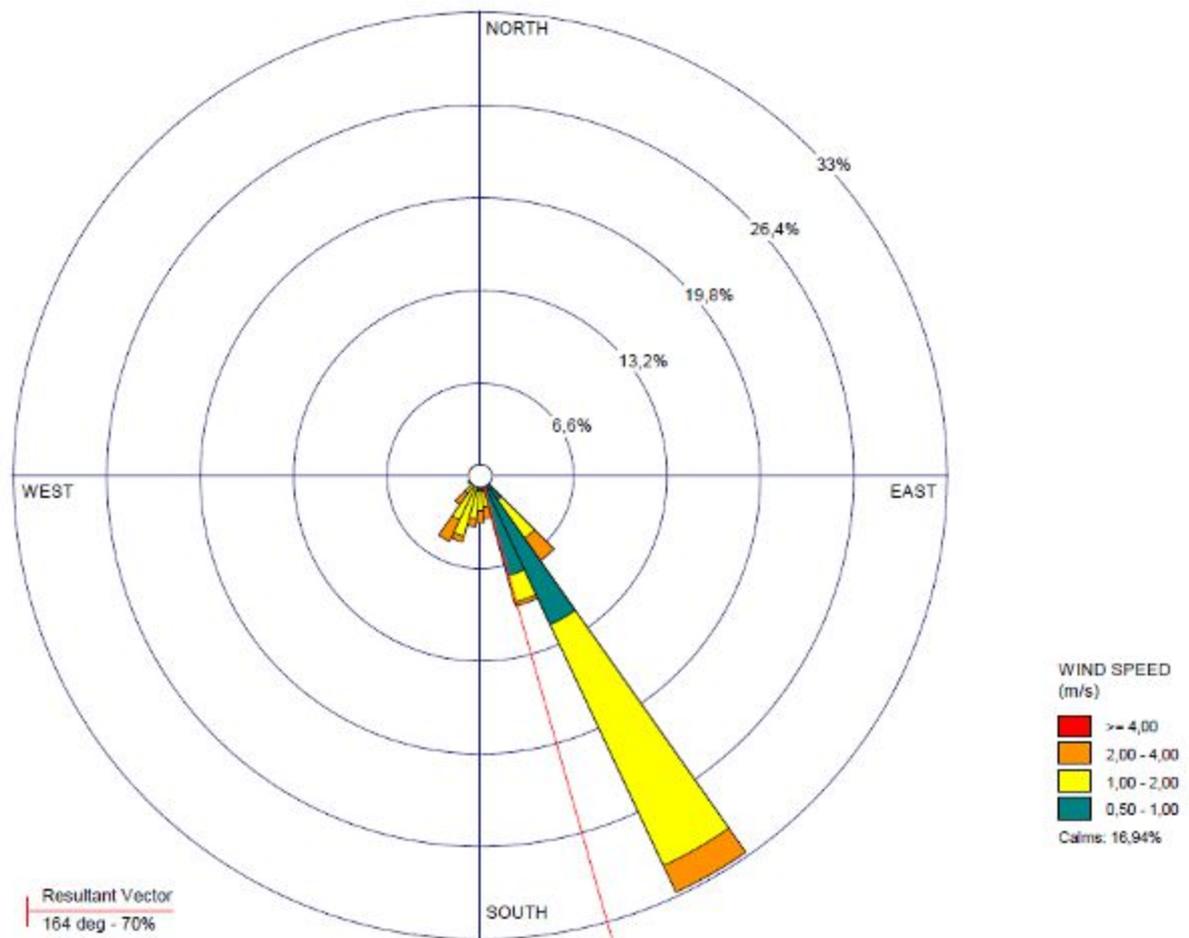


Figura 147 – Rosa dei venti.

Pressione atmosferica

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazioni espresse in mbar.

Media	Max	Minima
906	920	894

Al livello di misura (950 metri s.l.m) la pressione normale riferita dovrebbe essere di circa 880 mbar. La pressione media è dunque risultata sostanzialmente corrispondente a tale valore.

Irraggiamento solare

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazione espresse in watt/m².

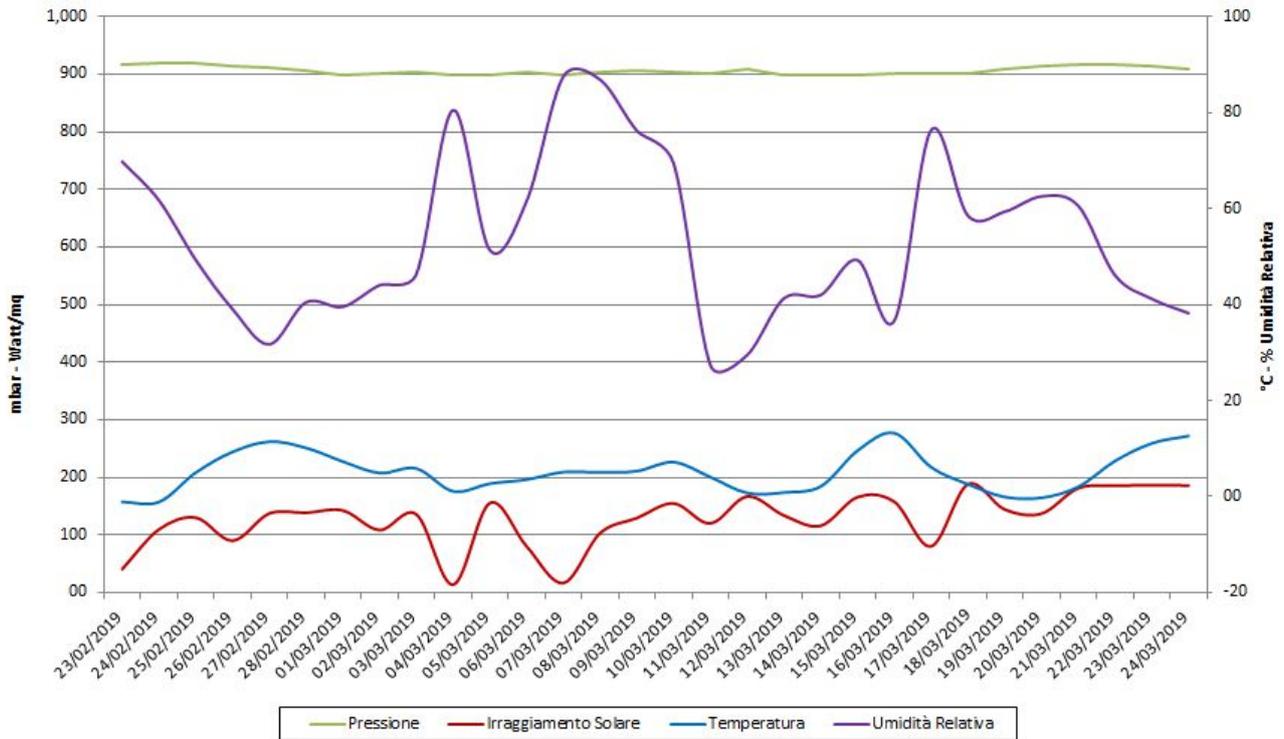
Media	Max	Minima
127	688	1

L'irraggiamento misurato è stato di bassa intensità, come ci si aspetta nella stagione invernale. Mediamente si sono misurate circa 8.5 ore/giorno con più di 50 Watt/m² d'irraggiamento solare complessivo. La copertura nuvolosa non è stata quindi particolarmente gravosa.

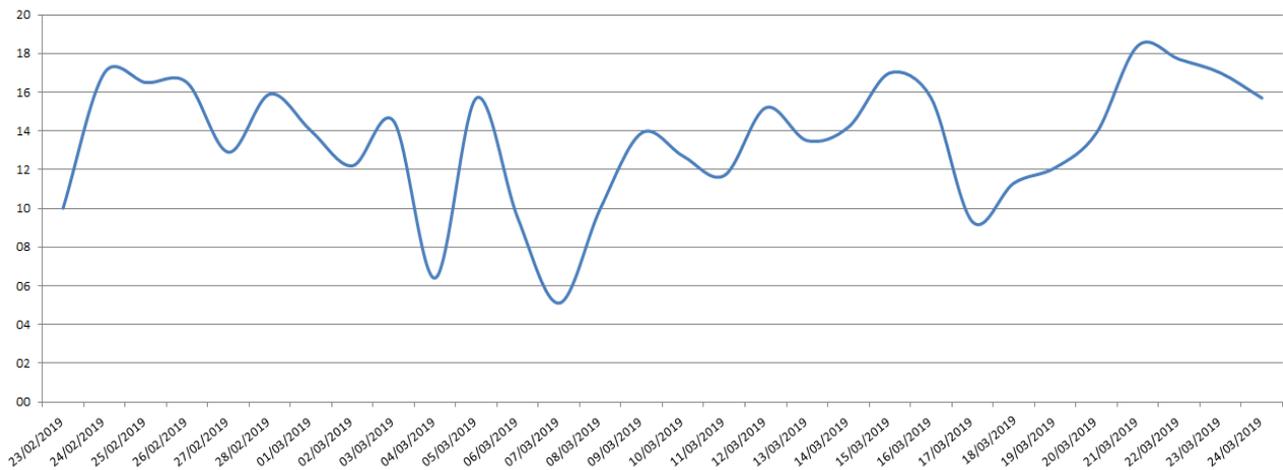
Andamento parametri meteo

L'andamento dei parametri meteorologici si riassume nei grafici seguenti.

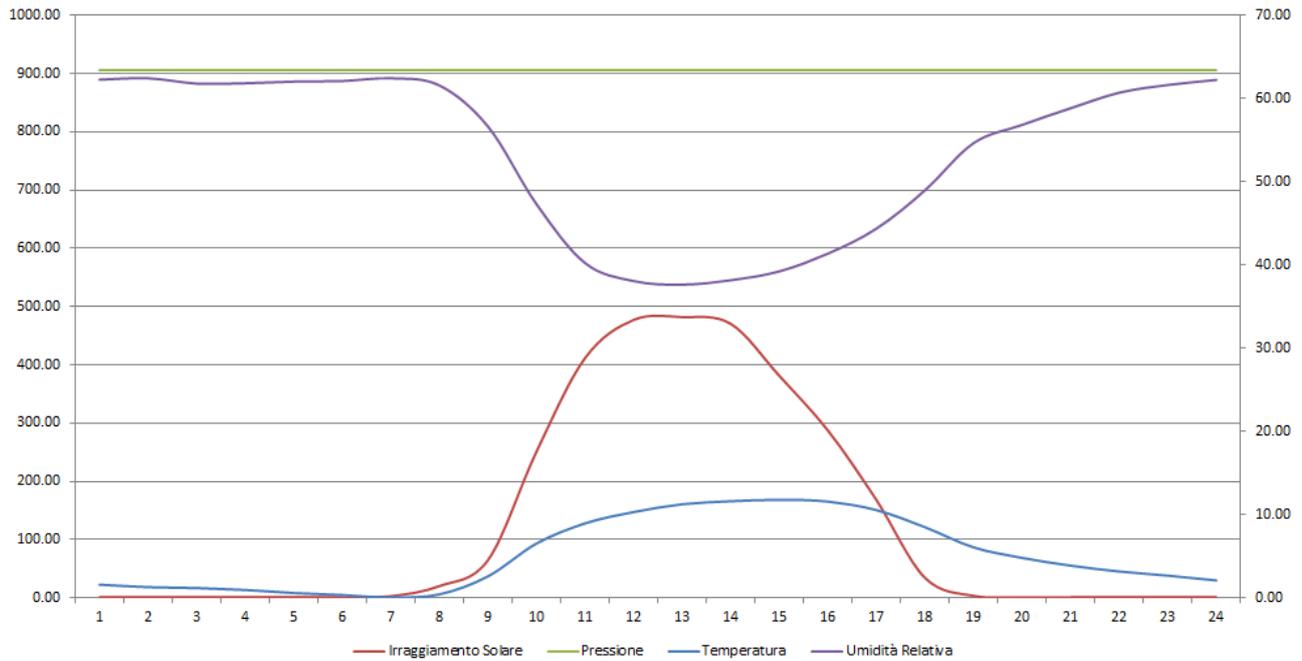
ANDAMENTO PARAMETRI METEO OLTRE IL COLLE - GIORNALIERI



ANDAMENTO ESCURSIONE TERMICA - OLTRE IL COLLE



ANDAMENTO PARAMETRI METEO OLTRE IL COLLE - GIORNALIERI

*Postazione 2 di Gorno*

Temperatura

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressi in °C:

Media	Max	Minima
6.3	21.3	-3.6

Le escursioni termiche sono variate tra 4.0 e 19.4 °C.

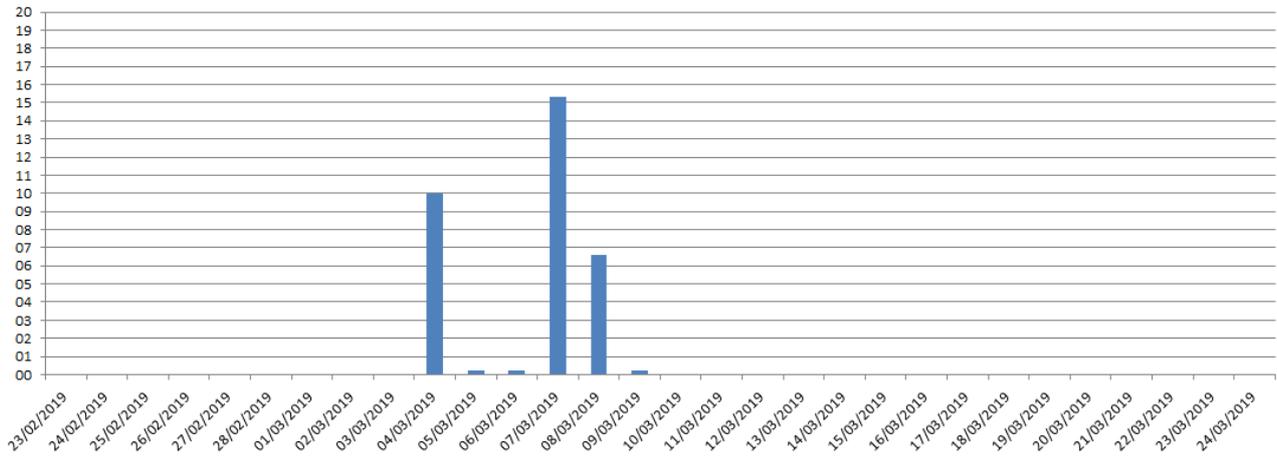
Umidità relativa e precipitazioni

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressa in %:

Media	Max	Minima
70	99	12

Nel sito di Gorno si sono verificati 6 eventi di pioggia, di cui 3 significativi. Il giorno più colpito dal fenomeno risulta essere il 7 marzo con un accumulo nelle 24h di 15.3 mm.

Precipitazioni Giornaliere GORNO - mm/giorno



Vento

La seguente tabella illustra i valori di velocità ottenuti durante le misurazioni espresse in m/sec.

Media	Max	Minima
0.6	2.4	Calma

I venti sono stati di medio - bassa intensità una forte componente da WSW. Il 35.7% della velocità oraria del vento risulta < ai 0.5 m/s quindi in condizione di calma di vento.

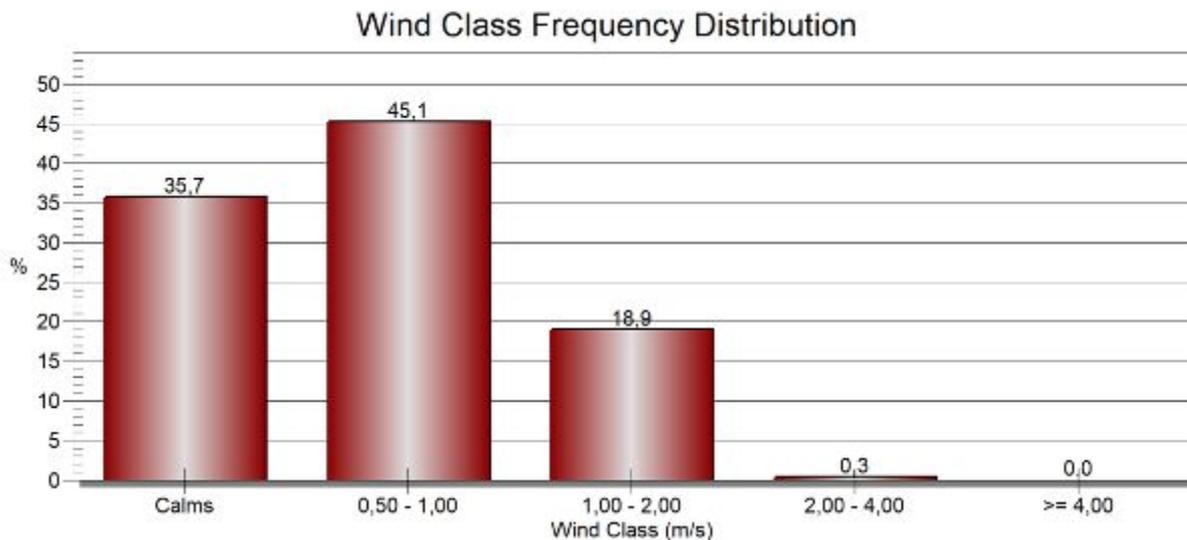


Figura 148 – Distribuzione delle classi dei venti.

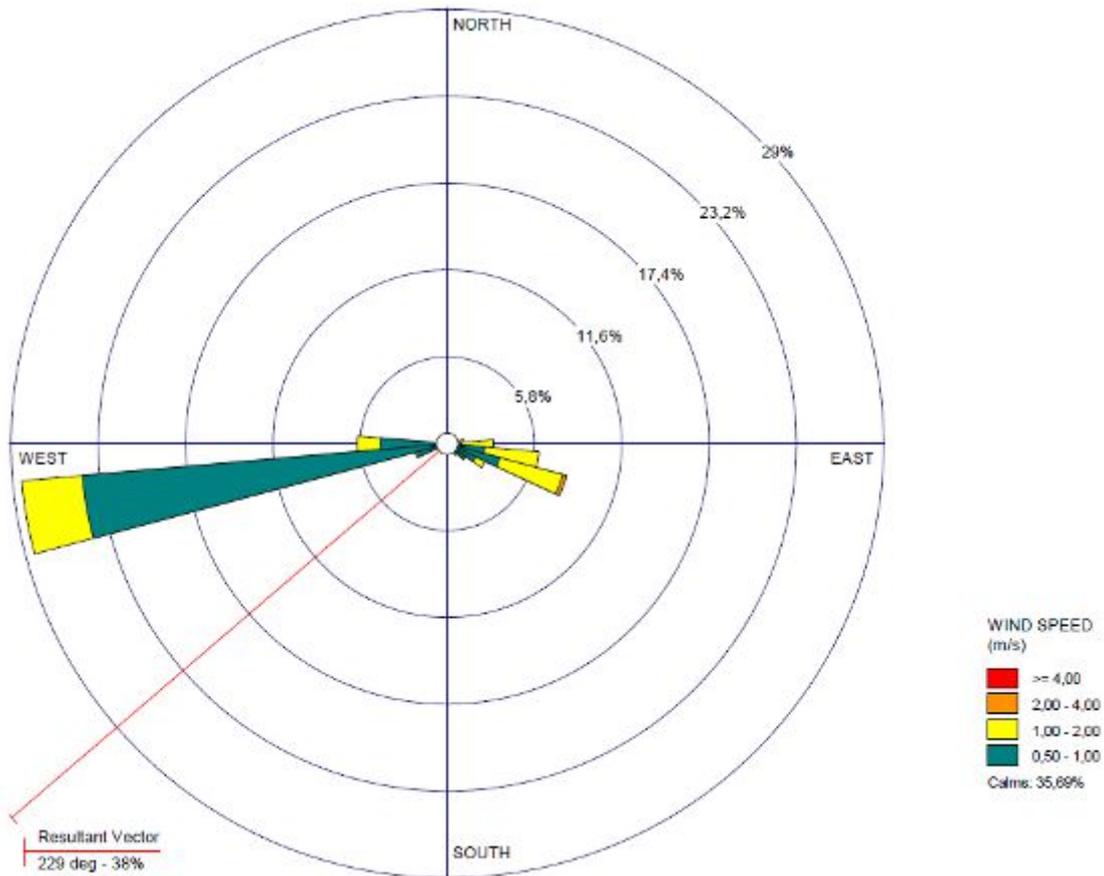


Figura 149 – Rosa dei venti.

Pressione atmosferica

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazioni espresse in mbar.

Media	Max	Minima
961	979	948

Al livello di misura la pressione normale riferita dovrebbe essere di circa 936 mbar.

Irraggiamento solare

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazioni espresse in watt/m².

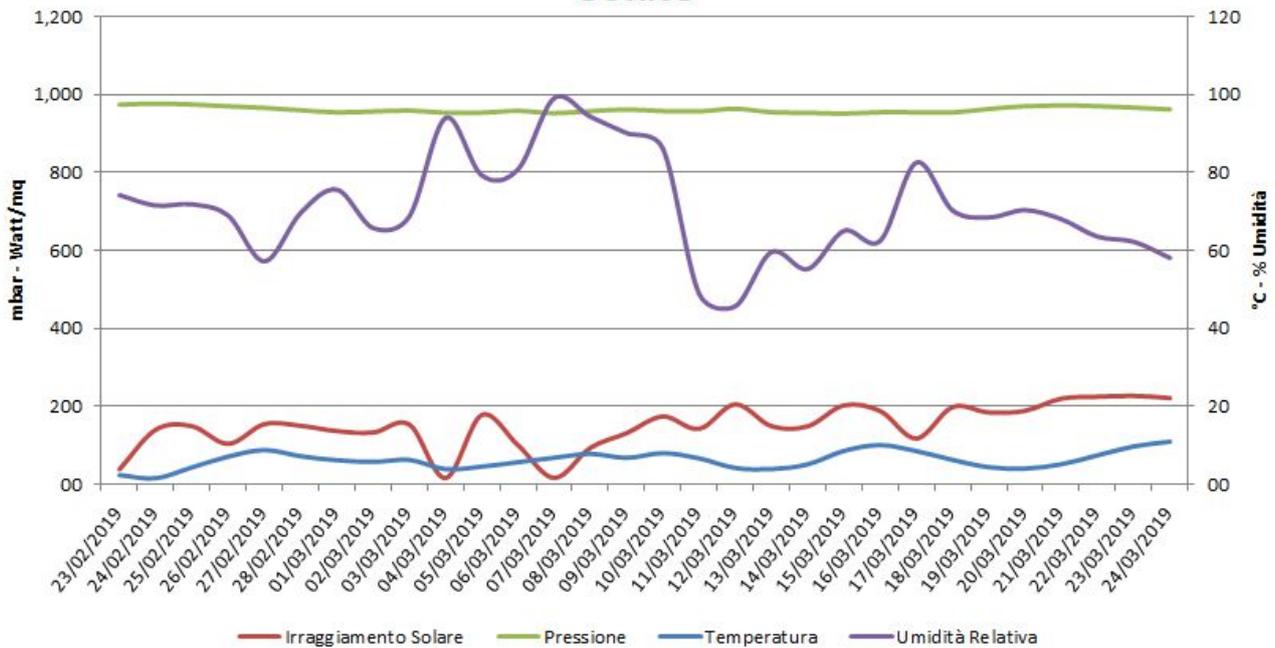
Media	Max	Minima
150	792	1

L'irraggiamento misurato è stato di bassa intensità, come tipico della stagione invernale. Il periodo di misura è stato di bassa eliofania, poiché si sono registrate circa 8.5 ore/giorno con 50 Watt/m² d'irraggiamento solare complessivo.

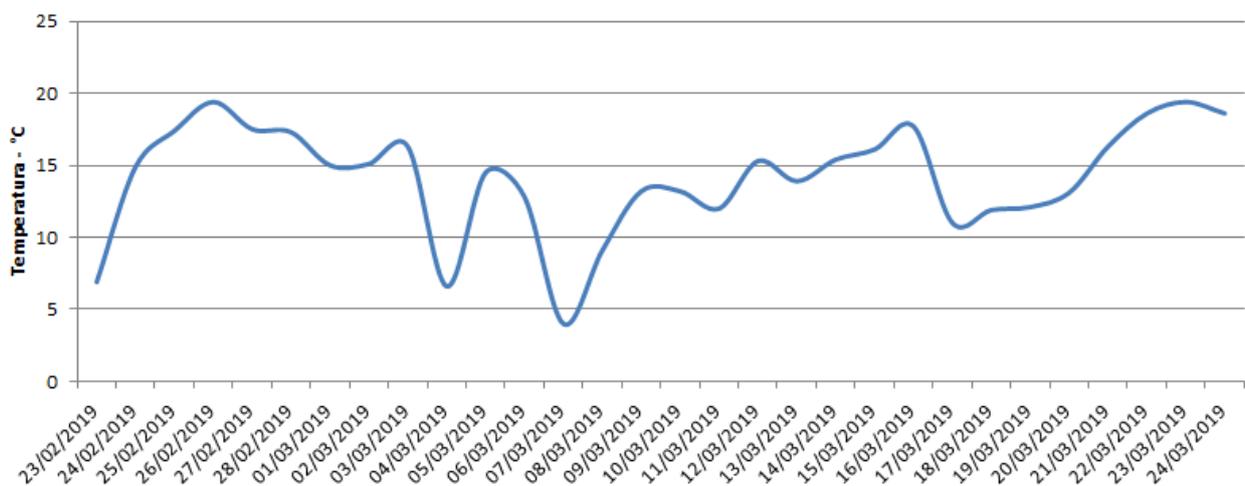
Andamento parametri meteo

L'andamento dei parametri meteorologici si riassume nei grafici seguenti.

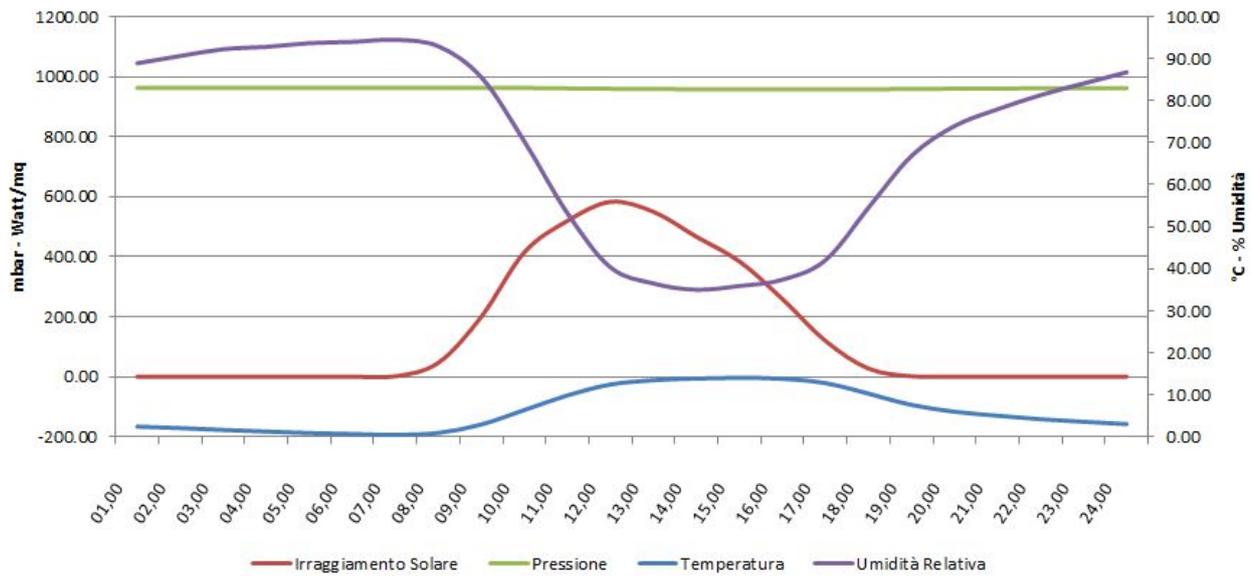
ANDAMENTO PARAMETRI METEO - CAMPAGNA COMUNE DI GORNO



ESCURSIONE TERMICA GORNO



ANDAMENTO PARAMETRI METEO - CAMPAGNA COMUNE DI GORNO



Descrizione parametri di misura

Si dà in seguito una descrizione sommaria dei principali composti ricercati nell'indagine allo scopo di offrire un quadro descrittivo delle eventuali problematiche ad essi collegate.

Sarà indicata anche una classificazione di massima adottata dall'Agenzia per l'Ambiente Americana (EPA – Environmental Protection Agency) per identificare la qualità dell'aria. Tale classificazione non ha alcun valore normativo, ma fornisce semplicemente un'altra possibile chiave di lettura della situazione atmosferica registrata.

PM10

Descrizione

Le particelle sospese sono formate da elementi o composti chimici e da loro miscele allo stato solido o liquido che, a causa delle loro dimensioni, restano in aria per periodi più o meno lunghi. Esse possono essere classificate in base alle loro dimensioni e alla loro composizione.

Fonti

Le fonti di particolato possono essere le più svariate. Quelle naturali sono gli incendi, le eruzioni vulcaniche, l'asportazione e il conseguente trasporto di polvere tramite vento. Difficile risulta stimare la quantità di polveri antropogeniche: esse sono, in ogni modo, nell'ordine delle centinaia di milioni di tonnellate nella sola UE.

Effetti

Sulle piante si formano incrostazioni che interferiscono con la fotosintesi e inibiscono lo sviluppo dei vegetali, rendendoli aggredibili dagli insetti. Le foglie divengono inoltre un veicolo di trasporto delle polveri agli animali che le consumano. La tossicità delle polveri è in funzione inversamente proporzionale alle dimensioni. La seguente tabella ci mostra la parte del tratto respiratorio raggiunta secondo le dimensioni delle particelle.

Diametro aerodinamico	Tratto dell'apparato respiratorio raggiunto
>10 µm	Non penetrano nelle vie respiratorie
7-10 µm	Fermate nel tratto nasale
5-7 µm	Raggiungono la faringe
3-5 µm	Trachea e bronchi primari
2-3 µm	Bronchi secondari
1-2 µm	Bronchioli terminali
<1 µm	Deposito negli alveoli

Tabella 51 – Livelli di deposizione delle polveri nel sistema respiratorio a differenza delle dimensioni.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. L'EPA ha stabilito alcune classi di qualità dell'aria, tali classi si riferiscono al valore di particolato totale, indipendentemente dalle loro dimensioni:

PTS (media delle 24h)	µg/mc delle	Qualità dell'aria	Effetti	Avvertenze
0-74		Buona	Nessuno	Nessuno
75-259		Mediocre	Nessuno	Nessuno
260-374		Insalubre	Moderato aggravamento dei sintomi in persone sensibili. Sintomi di irritazione in persone sane	Le persone con disturbi cardiaci o respiratori devono ridurre l'esercizio fisico e l'attività all'esterno
375-624		Molto insalubre	Significativo aggravamento dei sintomi e diminuita resistenza all'esercizio fisico in persone malate di cuore e di polmoni. Aumento di persone sane che lamentano sintomi	Le persone anziane e quelle con disturbi cardiaci o respiratori devono rimanere a casa e ridurre l'attività fisica
624-874		Pericolosa	Anticipazione di certe malattie e ridotta resistenza all'esercizio in persone sane	Tutta la popolazione deve evitare per quanto possibile l'attività all'esterno
>875		Molto	Morte prematura di persone	Tutte le persone devono

pericolosa	anziane e ammalate. Le persone sane non riescono a svolgere la normale attività	rimanere in casa con porte e finestre chiuse. Ridurre al minimo l'attività fisica
------------	---	---

Tabella 52 – Classi di qualità dell'aria per il particolato secondo US EPA

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Descrizione

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono idrocarburi costituiti da anelli aromatici (benzenici) uniti fra loro in un'unica struttura generalmente planare, adsorbiti nelle particelle di aerosol urbano.

Fonti

Si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti. La loro presenza in atmosfera è pertanto attribuibile a diverse fonti tra le quali la combustione di legna e biomasse in genere, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche e le emissioni industriali. Gli IPA ad alto peso molecolare, come il benzo[e]pirene e il benzo[a]pirene, sono presenti in elevate quantità in catrami, bitumi, pece, carboni e prodotti correlati come gli asfalti. Inoltre possono derivare da nerofumo e fuliggine di legna o comunque si ricollegano a fonti pirogeniche. Sorgenti naturali sono i vulcani e gli incendi boschivi.

Effetti

Essi appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti "classici". La loro presenza comporta un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi risultano cancerogeni. Sotto il profilo tossicologico, le osservazioni sperimentali indicano che la condizione necessaria, ma non sufficiente, per la cancerogenicità degli IPA è una struttura in cui vi siano almeno quattro anelli condensati: in particolare, il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il Benzo(a)pirene, B(a)P, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo.

Metalli

Descrizione

I metalli e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre. Non esiste una definizione ufficiale di metallo leggero o pesante; spesso l'aggettivo pesante è associato al concetto di tossicità anche se la densità non ha un legame diretto con effetti sul corpo umano. I Metalli indicati come

pesanti in relazione alla loro tossicità e bioaccumulazione rilevati sono: arsenico, cadmio, mercurio, nichel, piombo, rame, zinco.

Fonti

I metalli e i loro composti si trovano in atmosfera prevalentemente all'interno del particolato. Le sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, maree) contribuiscono al loro ciclo naturale mentre le sorgenti antropogeniche (in prevalenza combustioni e processi industriali) possono alterare il normale tasso di rilascio e di trasporto nell'ambiente modificando così la dimensione dei processi biochimici in cui sono coinvolti.

Effetti

Il pericolo legato ai metalli è la loro tendenza, comune agli inquinanti organici persistenti, al bioaccumulo, determinando effetti negativi sulla salute.

Le conseguenze per la salute umana possono essere molteplici:

- il cadmio può avere effetti negativi sui reni ed effetti cancerogeni;
- il nichel può avere effetti sull'apparato respiratorio, sul sistema immunitario e può causare allergie epidermiche;
- l'arsenico può causare irritazione dello stomaco, dell'intestino e dei polmoni, produzione ridotta di globuli rossi e bianchi del sangue, inoltre, aumenta il rischio di sviluppare il cancro alla pelle, al polmone, al fegato e al sistema linfatico;
- il piombo è assorbito dall'epitelio polmonare ed entra nel circolo sanguigno, si deposita in quantità decrescenti in ossa, fegato, reni, muscoli e cervello provocando svariati effetti tra cui anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario.

Ossidi d'azoto

Descrizione

Gli ossidi d'azoto sono cinque ma in aria ne esistono, in pratica, solo tre:

- il protossido d'azoto (N_2O);
- il monossido d'azoto (NO);
- il biossido d'azoto (NO_2).

Il monossido d'azoto ed il biossido d'azoto sono le specie di gran lunga prevalenti in atmosfera. Generalmente gli ossidi d'azoto sono indicati con la formula generica NO_x . In atmosfera esistono anche le forme idrate degli ossidi stessi, vale a dire gli acidi nitroso e nitrico. Il monossido e il

biossido sono legati tra loro da una serie di reazioni che tendono a mantenerli in equilibrio (ciclo fotolitico dell'azoto).

Il biossido d'azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla costituzione di sostanze inquinanti quali l'ozono, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Fonti

Il monossido d'azoto è prodotto dalla reazione tra N_2 e O_2 nelle reazioni di combustione ad alta temperatura. Le fonti antropiche derivano sostanzialmente da questa reazione. In base a varie stime effettuate si può osservare che la quantità di NO_x d'origine antropica è equivalente a quella d'origine naturale, anche se generalmente si osservano concentrazioni di NO_x 10-100 volte superiori in città che nelle aree rurali. Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido d'azoto e derivati fotochimici è apportato, nelle città, dai fumi di scarico degli autoveicoli.

L'entità delle emissioni può, in questo caso, variare anche in funzione delle caratteristiche, dello stato del motore e delle modalità d'utilizzo dello stesso, (valore della velocità, accelerazione ecc.).

In generale l'emissione d'ossidi d'azoto è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade ecc.).

Effetti

Le difese polmonari sono molto diminuite da una esposizione continua a concentrazioni di NO_2 , crescono conseguentemente le allergie, le irritazioni polmonari e le bronchiti. Il biossido d'azoto è un gas tossico irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Gli ossidi d'azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati al suolo che possono provocare alterazione d'equilibri ecologici ambientali. Anche per il biossido d'azoto l'EPA ha stilato una divisione di classi di qualità dell'aria:

NO_2 $\mu g/mc$ (media delle 24h)	Qualità dell'aria	Effetti	Avvertenze
Non definito	Buona	Nessuno	Nessuno
Non definito	Mediocre	Nessuno	Nessuno
Non definito	Insalubre	Moderato aggravamento dei sintomi in persone sensibili.	Le persone con disturbi cardiaci o respiratori devono ridurre

1130-2259	Molto insalubre	Sintomi di irritazione in persone sane Significativo aggravamento dei sintomi e diminuita resistenza all'esercizio fisico in persone malate di cuore e di polmoni. Aumento di persone sane che lamentano sintomi	l'esercizio fisico e l'attività all'esterno Le persone anziane e quelle con disturbi cardiaci o respiratori devono rimanere a casa e ridurre l'attività fisica
2260-2999	Pericolosa	Anticipazione di certe malattie e ridotta resistenza all'esercizio in persone sane	Tutta la popolazione deve evitare per quanto possibile l'attività all'esterno
>3000	Molto pericolosa	Morte prematura di persone anziane e ammalate. Le persone sane non riescono a svolgere la normale attività	Tutte le persone devono rimanere in casa con porte e finestre chiuse. Ridurre al minimo l'attività fisica

Tabella 53 – Classi di qualità dell'aria per l'NO₂ secondo l'US EPA.

Monossido di carbonio

Descrizione

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/mc). Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, insapore, infiammabile, tossico, che pesa circa come l'aria. Il monossido di carbonio ha un periodo di permanenza in atmosfera abbastanza elevato, nell'ordine d'alcuni mesi. Esso è rimosso attraverso reazioni d'ossidazione a CO₂; tali reazioni coinvolgono il metano e i radicali OH presenti in atmosfera.

Fonti

La combustione dei composti del carbonio avviene normalmente producendo CO₂ e H₂O. In realtà durante le combustioni reali, una parte del carbonio si trasforma anche in CO.

Il CO prodotto dall'uomo per il 90% è dovuto ad immissioni da traffico. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Effetti

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue, impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Il CO ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno, ed il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente

stabile. Si è stimato che a concentrazioni di 12-30 ppm la carbossiemoglobina presente nel sangue umano possa essere tra le 2 e le 5 volte superiori a quella fisiologica.

A tali livelli di carbossiemoglobina si hanno: aumento dei ritmi cardiaci, della frequenza respiratoria, disturbi psicomotori. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Le classi di qualità dell'aria stimate dall'EPA sono le seguenti.

CO (media delle 8h)	mg/mc	Qualità dell'aria	Effetti	Avvertenze
0-4,9		Buona	Nessuno	Nessuno
5-9,9		Mediocre	Nessuno	Nessuno
10-16,9		Insalubre	Moderato aggravamento dei sintomi in persone sensibili. Sintomi di irritazione in persone sane	Le persone con disturbi cardiaci o respiratori devono ridurre l'esercizio fisico e l'attività all'esterno
17-33,9		Molto insalubre	Significativo aggravamento dei sintomi e diminuita resistenza all'esercizio fisico in persone malate di cuore e di polmoni. Aumento di persone sane che lamentano sintomi	Le persone anziane e quelle con disturbi cardiaci o respiratori devono rimanere a casa e ridurre l'attività fisica
34-45,9		Pericolosa	Anticipazione di certe malattie e ridotta resistenza all'esercizio in persone sane	Tutta la popolazione deve evitare per quanto possibile l'attività all'esterno
>46		Molto pericolosa	Morte prematura di persone anziane e ammalate. Le persone sane non riescono a svolgere la normale attività	Tutte le persone devono rimanere in casa con porte e finestre chiuse. Ridurre al minimo l'attività fisica

Tabella 54 – Classi di qualità dell'aria per il CO secondo l'US EPA.

Anidride Solforosa SO₂

Descrizione

Il biossido di zolfo (SO₂), un tempo denominata anidride solforosa, è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua.

Fonti

La presenza in atmosfera è dovuta soprattutto alla combustione di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. In natura è prodotto prevalentemente dall'attività vulcanica mentre le principali sorgenti antropiche sono gli impianti per il riscaldamento e la produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili.

Effetti

Esso reagisce violentemente con l'ammoniaca e le ammine, l'acetilene, i metalli alcalini, il cloro, l'ossido di etilene e in presenza di acqua o vapore acqueo può attaccare molti metalli, tra cui l'alluminio, il ferro, l'acciaio, l'ottone, il rame e il nichel. Liquefatto, può corrodere le materie plastiche e la gomma. È un forte irritante e gli effetti sulla salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione: a basse concentrazioni si possono avere irritazioni a occhi e gola, mentre in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori possono sorgere patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari che pertanto comportano un aumento sia dei ricoveri ospedalieri sia della mortalità generale.

Ozono O₃

Descrizione

L'ozono (O₃) è un gas blu pallido con un caratteristico odore pungente. È un gas instabile e tossico per gli esseri viventi. È un potente ossidante con molte applicazioni industriali.

Fonti

In natura più del 90% si trova nella stratosfera (fascia di atmosfera che va indicativamente dai 10 ai 50 km di altezza), dove costituisce una indispensabile barriera protettiva nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Nella troposfera (fascia di atmosfera che va dal suolo fino a circa 12 km di altezza) l'ozono si forma a seguito di reazioni chimiche tra ossidi di azoto e composti organici volatili, favorite dalle alte temperature e dal forte irraggiamento solare. Si tratta, quindi, di un inquinante secondario i cui precursori sono generalmente prodotti da combustione civile e industriale e da processi che utilizzano o producono sostanze chimiche volatili, come solventi e carburanti. Assieme ad altri composti costituisce il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico.

Effetti

Essendo un forte ossidante, è in grado di attaccare i tessuti dell'apparato respiratorio anche a basse concentrazioni, provocando irritazione agli occhi e alla gola, tosse e riduzione della funzionalità polmonare. La maggior parte di questi effetti sono a breve termine e cessano con il cessare dell'esposizione ad elevati livelli di ozono, ma è noto che possano sussistere anche danni derivati da ripetute esposizioni di breve durata, come l'accelerazione del naturale processo di invecchiamento della funzione polmonare.

L'ozono e gli ossidanti fotochimici in generale possono inoltre provocare una riduzione della crescita delle piante e, per elevate concentrazioni, clorosi e necrosi delle foglie.

BTX

Descrizione

La sigla BTX indica una serie di composti organici specifici (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene) caratterizzati da una forte attività tossica nei confronti dell'organismo: in particolare il Benzene è probabilmente l'idrocarburo più tossico in natura.

Fonti

Il benzene presente in atmosfera è prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte d'esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare di quelli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente come tale nelle benzine, e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene all'interno delle benzine pari all'uno per cento.

Effetti

Gli effetti sono effettivamente diversificati secondo i composti. Il più pericoloso è il benzene per cui non è definibile una soglia di non pericolosità per la salute pubblica.

Il benzene è una sostanza classificata dalla Comunità Europea come cancerogena di categoria 1 (frase di rischio R45); dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo); dall'A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo). Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 µg/mc di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

Idrogeno Solforato (H₂S)

Descrizione

L'idrogeno solforato, chiamato anche acido solfidrico (H₂S), è un gas incolore dall'odore caratteristico (soglia olfattiva decisamente bassa) di uova marce, per questo definito gas putrido. È idrosolubile con caratteristiche debolmente acide e riducenti.

Fonti

È presente in natura nelle emissioni delle zone geotermiche e vulcaniche, prodotto dalla degradazione batterica di proteine animali e vegetali. Risulta presente inoltre come coprodotto indesiderato nei processi di produzione di carbone come combustibile fossile, di cellulosa con processo Kraft (al solfato), di raffinazione del petrolio, di rifinitura oli grezzi, di concia delle pelli, di fertilizzanti, coloranti e pigmenti, trattamento delle acque di scarico e altri procedimenti industriali.

Effetti

È una sostanza estremamente tossica, irritante e asfissiante. La sua azione, esplicita a concentrazioni superiori a 15.000 µg/mc, per inalazione, ha come bersaglio le mucose, soprattutto gli occhi; a concentrazioni di 715.000 µg/mc, per inalazione, può causare la morte anche in 5 minuti. L'inquinamento delle acque con idrogeno solforato provoca la moria dei pesci; l'effetto sulle piante non è acuto, ma cronico per la sottrazione di microelementi essenziali per il funzionamento dei sistemi enzimatici. Nei confronti dei materiali mostra una discreta aggressività per i metalli, provocandone un rapido deterioramento.

Risultati dei parametri chimici

Prima di analizzare i dati occorre ricordare che i valori statistici di confronto utilizzati sono indicativi, in quanto le statistiche effettuate su un ridotto numero di campioni non possono rappresentare la casistica completa d'eventi che possono avvenire in atmosfera nel corso di un anno. Nel fornire i dati, quindi, vengono indicati, accanto alle statistiche di confronto con i limiti altri tre valori:

- la media complessiva del periodo;
- il massimo valore medio orario misurato;
- il minimo valore medio orario misurato,

in modo da definire lo stato di massima delle misure effettuate. I dati sono stati inoltre confrontati con i limiti di legge vigenti.

Postazione 1 di Oltre il Colle

Polveri (PM 10)

Il D.lgs. 155/2010 e s.m.i. detta i seguenti limiti per il PM10.

Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana

50 µg/mc da non superare più di 35 volte per anno civile

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

40 µg/mc

Dati misurati	Media (µg/mc)	14.6
	Massimo (µg/mc)	36.2
	Minimo (µg/mc)	1.6

Tabella 55 – Limiti e valori misurati PM10

Nell'arco dei 29 giorni di campionamento il valore limite giornaliero di 50 µg/mc dettato dal D.lgs. non è mai stato superato. Si riporta in tal contesto il grafico contenente l'andamento del parametro nel periodo di monitoraggio, confrontandolo con il limite del D.lgs i valori ottenuti dalla centralina più vicina al luogo di campionamento (Darfo Boario Terme), i quali sono maggiori poiché ottenuti in prossimità di strade caratterizzate da traffico elevato (in particolare la SS 42):

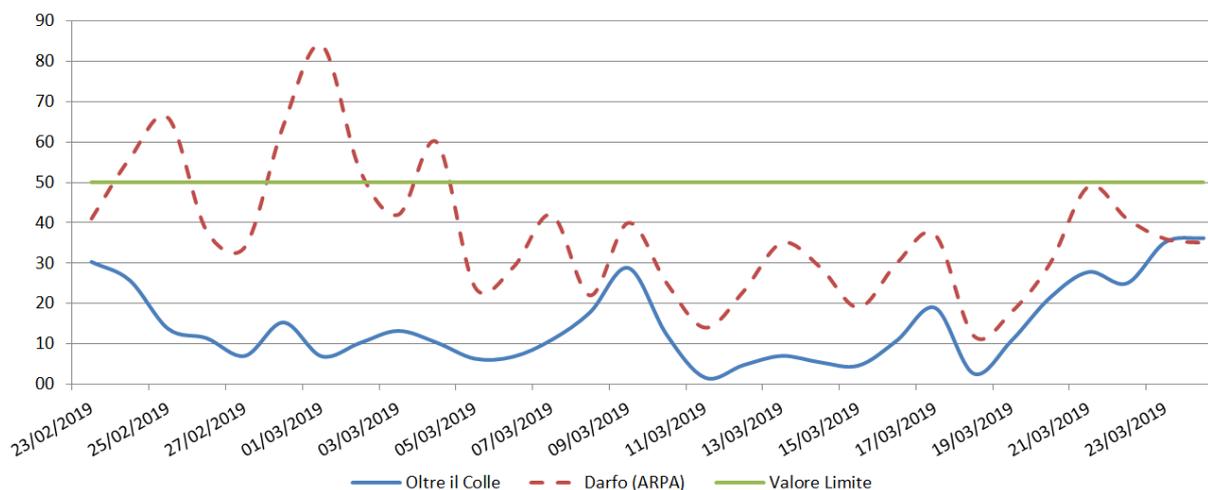


Figura 150 – Andamento delle polveri.

Gli andamenti presentano una bassa correlazione (0.23), indice dell'importante contributo del traffico nell'innalzamento di concentrazione sito-specifica nel comune di Darfo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Il D.Lgs. 155/2010 fissa come valore obiettivo di concentrazione di Benzo(a)Pirene 1 ng/m³, riferito al tenore totale presente nella frazione PM10 del materiale Particolato, calcolato come media su un anno civile. Sono qui riportate le medie bisettimanali degli IPA misurate nella postazione di Oltre il Colle

Composto	23/02 – 08/03 2019	08/03 – 24/03 2019
Acenaftene	<0.1	< 0.1
Acenaftilene	< 0.1	< 0.1
Antracene	< 0.1	< 0.1
Benz[a]Antracene	0.3	0.2
Benzo[a]Pirene	<0.1	0.1
Benzo[e]Pirene	<0.1	0.1
Benzo[b]Fluorantene	<0.1	0.2
Benzo[g,h,i]perilene	0.2	0.1
Benz[k]Fluorantene	<0.1	0.1
Crisene	0.3	0.2
Dibenzo[a,h]Antracene	<0.1	<0.1
Fenantrene	0.3	0.3
Fluorantene	0.3	0.2
Fluorene	0.1	0.1
Naftalene	0.3	0.4
Perilene	<0.1	<0.1
Pirene	0.3	0.3
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	0.2	0.1
IPA Totali	0.23	0.24

Tabella 56 – Valori misurati in ng/mc.

La concentrazione di IPA rilevata risulta ampiamente inferiore ai limiti identificati dal D.Lgs 155/2010.

Metalli

La concentrazione di metalli riscontrati, ottenuti come media bisettimanale nell'arco del monitoraggio, nella postazione di Oltre il Colle è la seguente, confrontata con i limiti ove presenti.

Elemento	23/02 – 08/03 2019	08/03 – 24/03 2019	Valori Limite
Arsenico	0.11	0.10	6
Cadmio	0.10	0.08	5
Mercurio	0.15	<0.04	-
Nichel	1.10	0.40	20
Piombo	12.8	4.3	500
Rame	3.8	3.2	-
Zinco	13.7	12.4	-

Tabella 57 – Valori misurati in ng/mc.

Anche per quanto riguarda i metalli si evidenziano concentrazioni inferiori ai limiti fissati dal D.lgs 155/2010.

Ossidi d'azoto

I valori limite per gli NOx sono i seguenti.

Valore limite di orario per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
1 ora	200 µg/mc di NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	40 µg/mc NO ₂

Valore limite annuale per la protezione della vegetazione

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	30 µg/mc come NOx

Soglia di allarme per il biossido d'azoto

400 µg/mc per 3 ore consecutive

I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto in $\mu\text{g}/\text{mc}$ sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria NO ₂ (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale NO ₂	11	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale NO _x	13	30
Soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	1	
	Massimo	4	
	Minimo	1	
Dati generali NO ₂	Media oraria	11	
	Massimo	84	
	Minimo	1	
Dati Generali NO _x	Media oraria	13	
	Massimo	86	
	Minimo	3	

Tabella 58 – Valori riscontrati per gli ossidi d'azoto.

Non sono stati registrati superamenti dei limiti in vigore per quanto riguarda gli ossidi di azoto nel comune di Oltre il Colle. **Va comunque ricordato che i confronti con i limiti annuali sono da ritenersi indicativi vista la breve durata del campionamento (30 gg di monitoraggio/365).**

Gli andamenti delle medie giornaliere e del giorno tipo sono i seguenti.

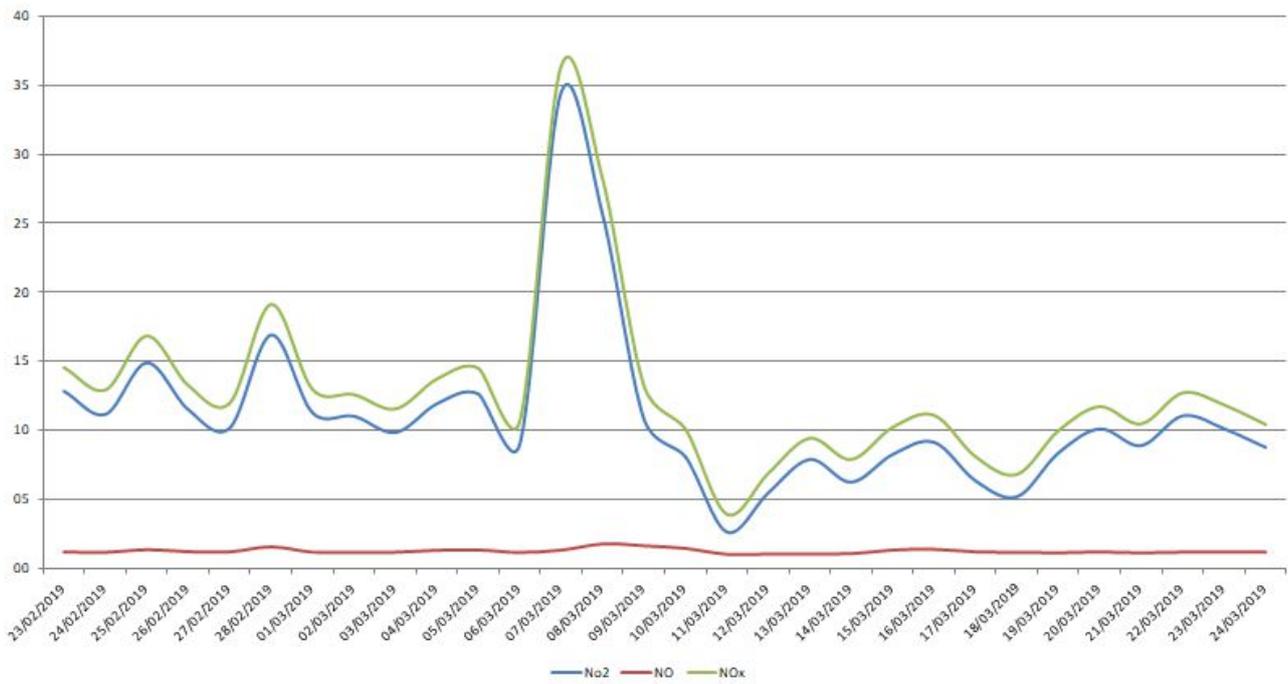


Figura 151 – Medie giornaliere del giorno tipo.

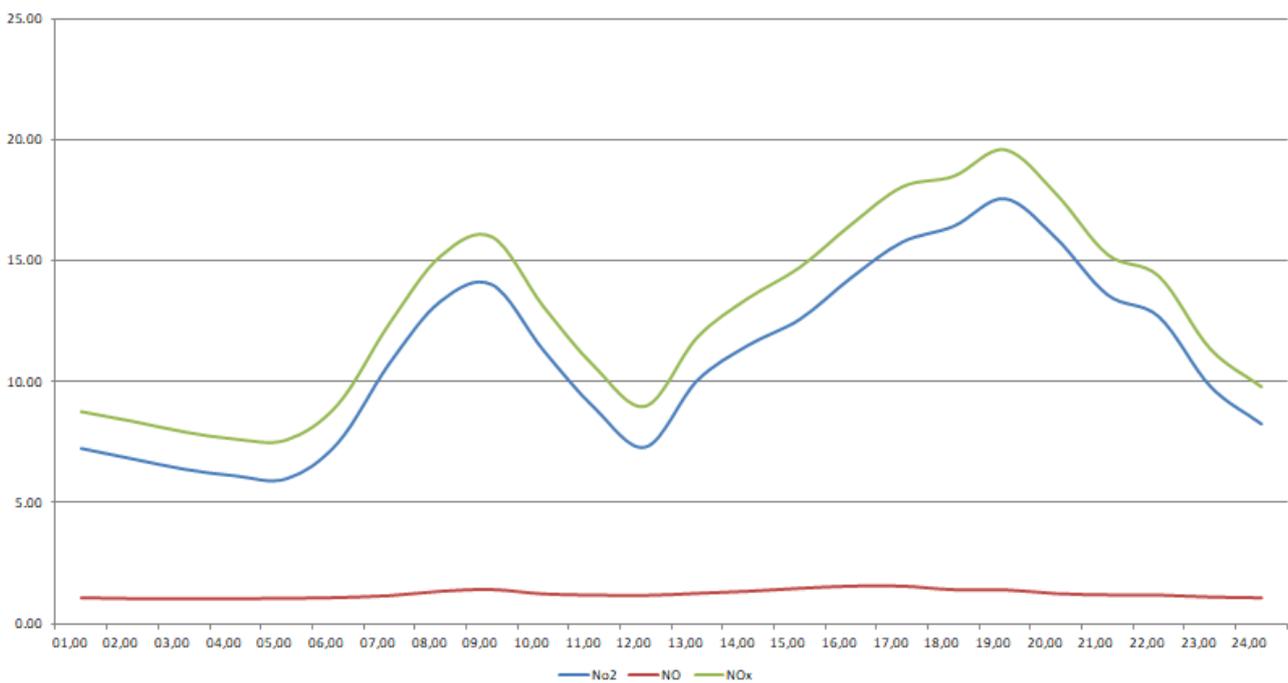


Figura 152 – Andamento concentrazioni ossidi d'azoto giorno tipo – Oltre il Colle.

Dal grafico si evidenzia che i valori maggiori si registrano nell'intorno delle ore 9 e delle 20.

Monossido di carbonio

La seguente tabella mostra i limiti di legge per il Monossido di Carbonio.

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	10 mg/mc

I valori (in mg/mc) riscontrati sono stati i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (mg/mc)	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media di 8 ore (n di superamenti)	nessuno	10
Dati Generali	Media	0.3	
	Massimo	1.0	
	Minimo	0.1	

Tabella 59 – Valori registrati di CO.

Tutti i valori sono abbondantemente al di sotto dei limiti, il monossido di carbonio non appare un parametro a rischio.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha suggerito i seguenti valori guida:

- media di 15 minuti 100 mg/mc
- media di 30 minuti 60 mg/mc
- media oraria 30 mg/mc
- media di 8 ore 10 mg/mc

Anche rispetto a questi indici la situazione appare più che accettabile.

Monossido di Carbonio (CO)

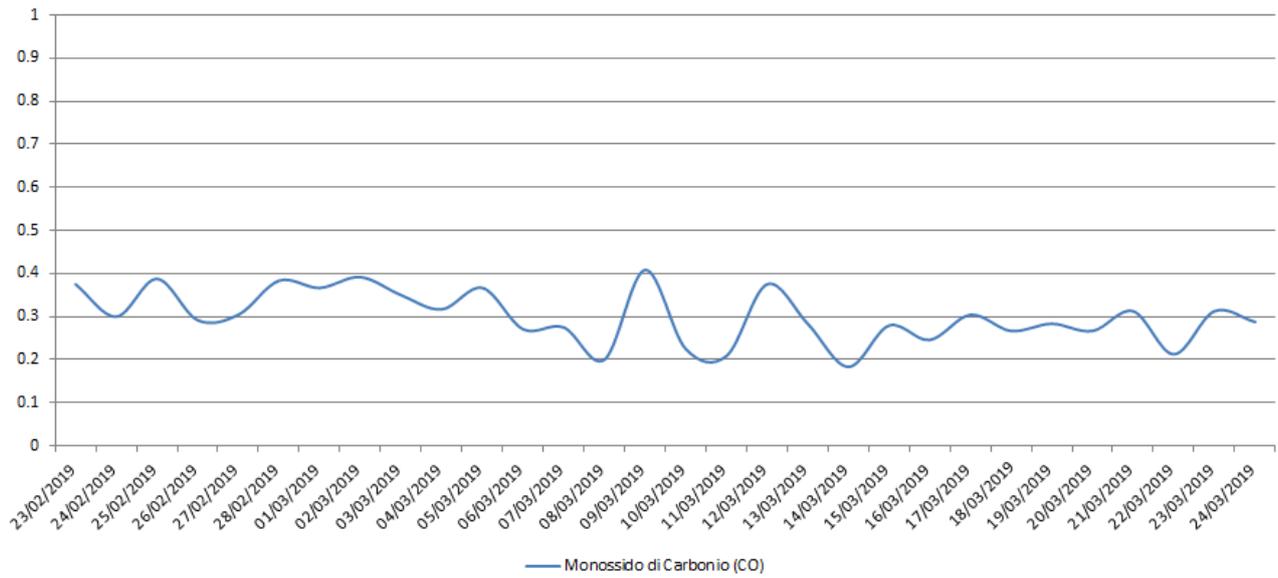


Figura 153 – Andamento medie giornaliere CO [mg/mc]

Monossido di Carbonio - Medie orarie

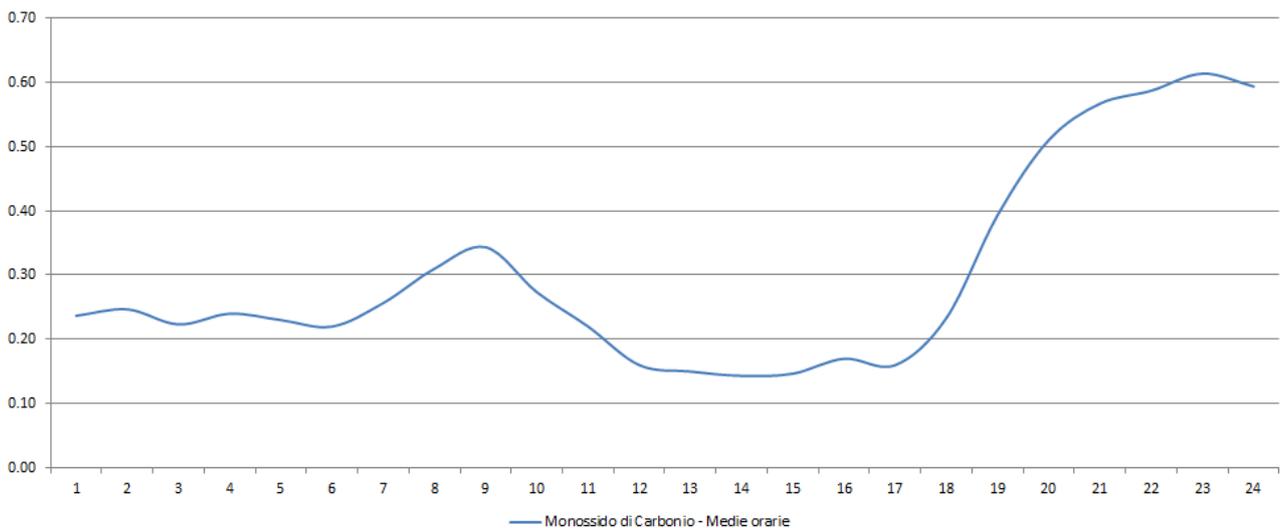


Figura 154 – Andamento CO giorno tipo.

Anidride Solforosa (SO₂)

I valori limite per L'anidride solforosa sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Valore limite (µg/mc)
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria SO ₂ (numero superamenti, limite <24)	350

Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media giornaliera SO ₂ (numero superamenti, limite <3)	125
Soglia di Allarme	Media Oraria	500

I valori (in ug/mc) riscontrati sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (ug/mc)	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Oraria	5	350
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Giornaliera	5	125
Soglia di Allarme	Numero Superamenti	0	500
Dati Generali	Media	5	
	Massimo	12	
	Minimo	1	

Tabella 60 – Valori riscontrati di SO₂.

I valori misurati nella postazione di Oltre il Colle rispettano ampiamente tutti i limiti fissati dal D.Lgs. 155/2010. L'anidride solforosa non rappresenta un parametro a rischio in questo punto di indagine. Viene riportato in seguito l'andamento del composto durante il periodo di campionamento e le rispettive medie orarie del giorno tipo:

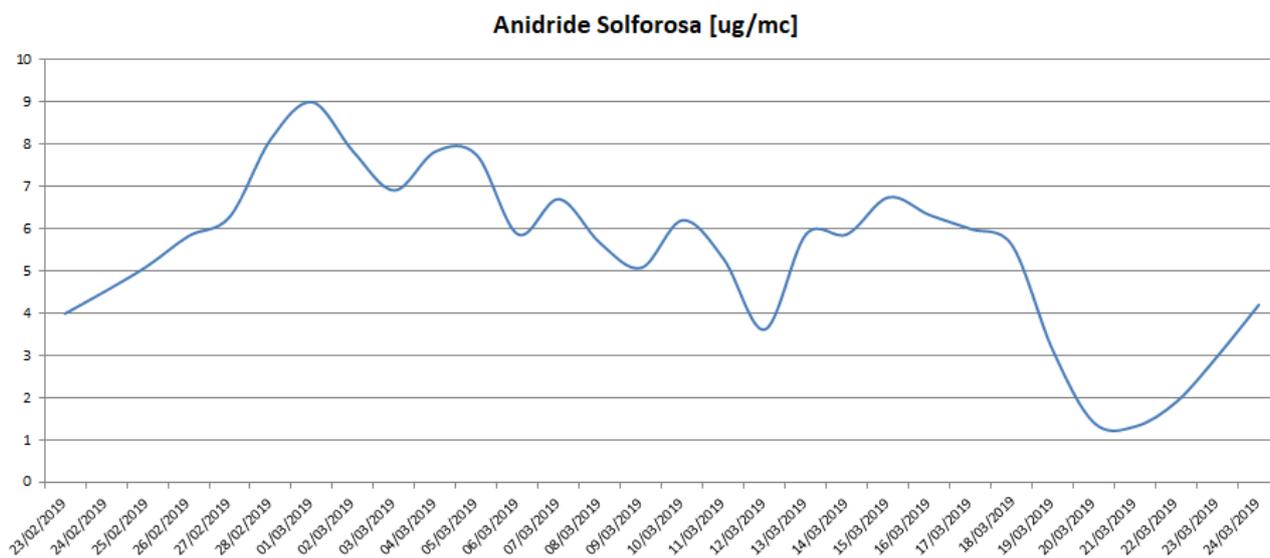


Figura 155 – Andamento SO₂ [mg/mc].

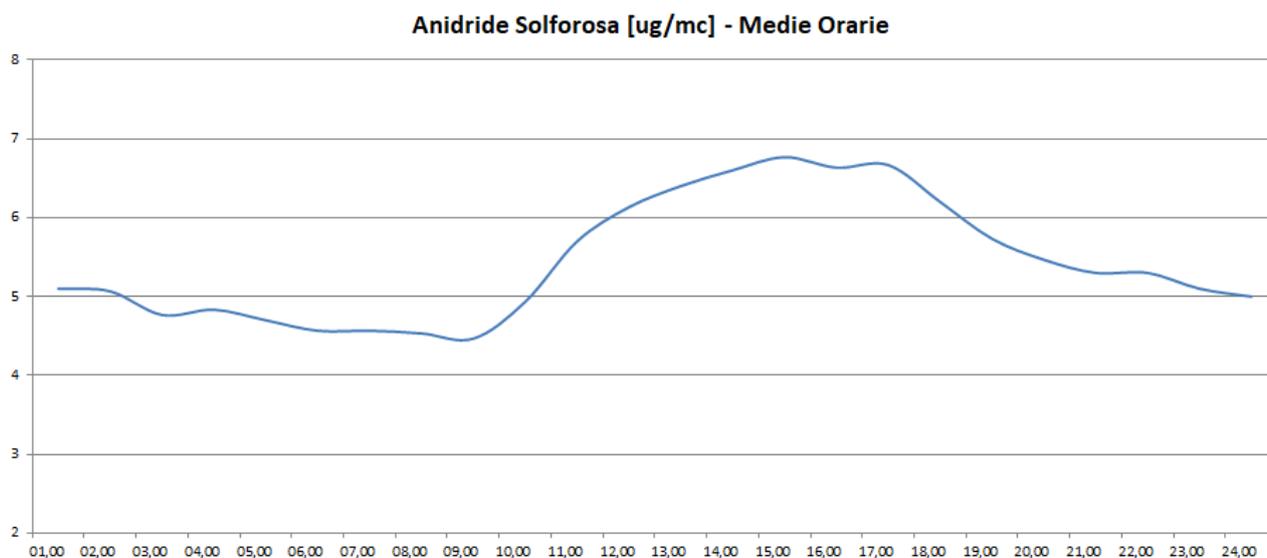


Figura 156 – Andamento SO₂ giorno tipo.

Ozono (O₃)

I valori limite per L'Ozono sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Valore limite (ug/mc)
Soglia di informazione	Media oraria	180
Soglia di Allarme	Media oraria	240
Valore Obiettivo	MM8 (numero superamenti, limite < 25)	120
Protezione della Vegetazione	Media su 5 anni calcolata come AOT40 dal 1 maggio al 31 luglio	18.000
Protezione delle foreste	Media su 5 anni calcolata come AOT40 dal 1 aprile al 30 settembre	18.000

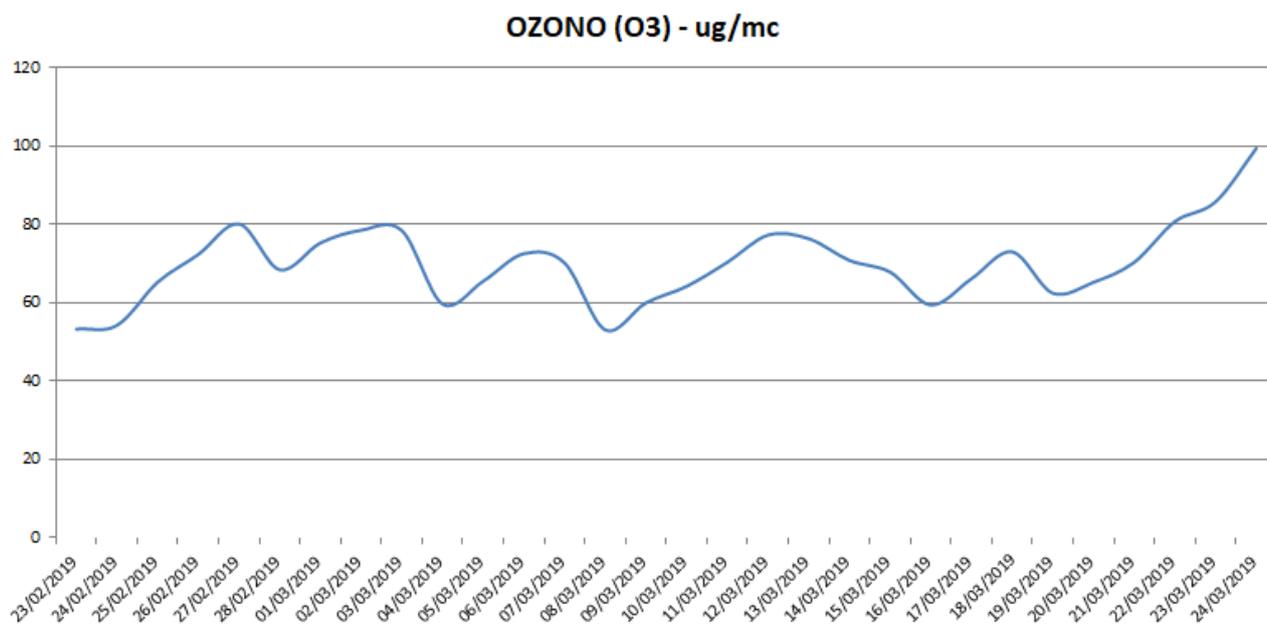
I valori (in ug/mc) riscontrati sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (ug/mc)	Limite
Soglia di informazione	Media Oraria	70	180
Soglia di Allarme	Media Oraria	70	240

Valore Obiettivo	Media sulle 8 ore (n superamenti)	70 (0)	120 (25)
Dati Generali	Media	70	
	Massimo	136	
	Minimo	32	

Tabella 61 – Valori riscontrati di O₃.

A causa del differente intervallo temporale in cui è stato effettuato il monitoraggio (febbraio-marzo) gli indici relativi alla protezione della vegetazione e delle foreste non sono calcolabili. I valori riscontrati nella postazione di Oltre il Colle per quanto riguarda la concentrazione di ozono rispettano ampiamente tutti i limiti di legge. Sono a seguito riportati i grafici che illustrano l'andamento medio della concentrazione giornaliera e oraria durante il periodo di monitoraggio.

Figura 157 – Andamento O₃ [mg/mc].

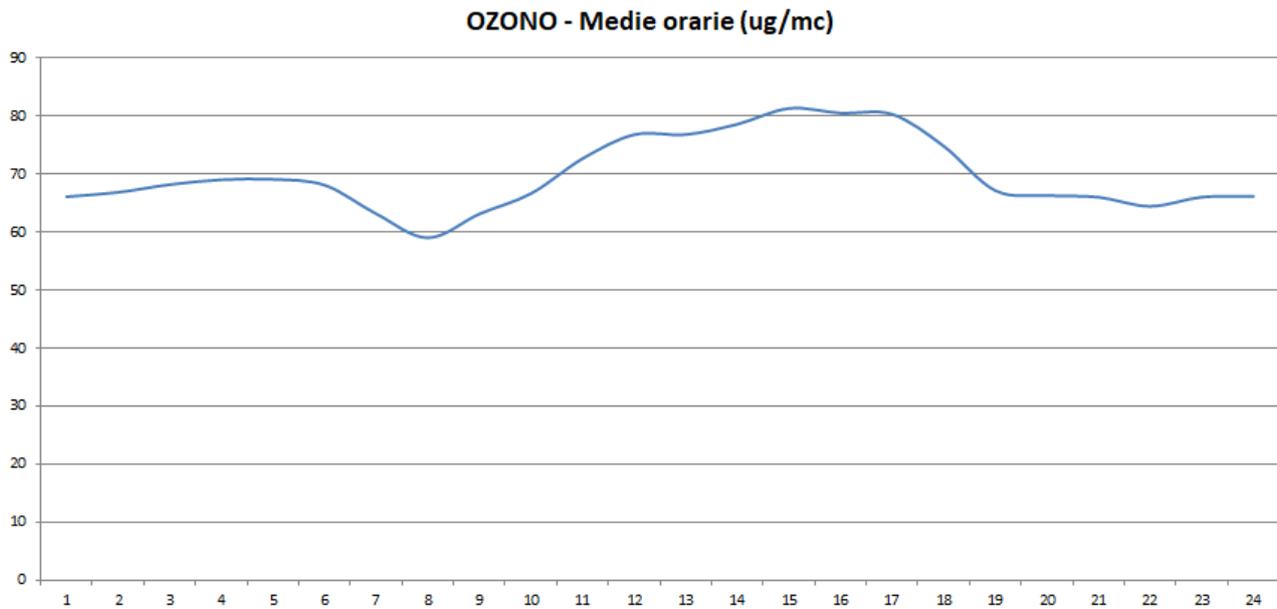


Figura 158 – Andamento O₃ giorno tipo.

L'andamento delle medie orarie segue il comportamento degli altri parametri monitorati.

BTX

La legge prevede un limite solo per il Benzene.

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	5 µg/mc

I valori medi giornalieri di btx riscontrati nell'indagine, espressi in µg/mc, sono i seguenti.

Parametro	Media (µg/mc)
Benzene	0.30
Toluene	1.02
Et-Xileni	0.83

Tabella 62 – Valori giornalieri di BTX.

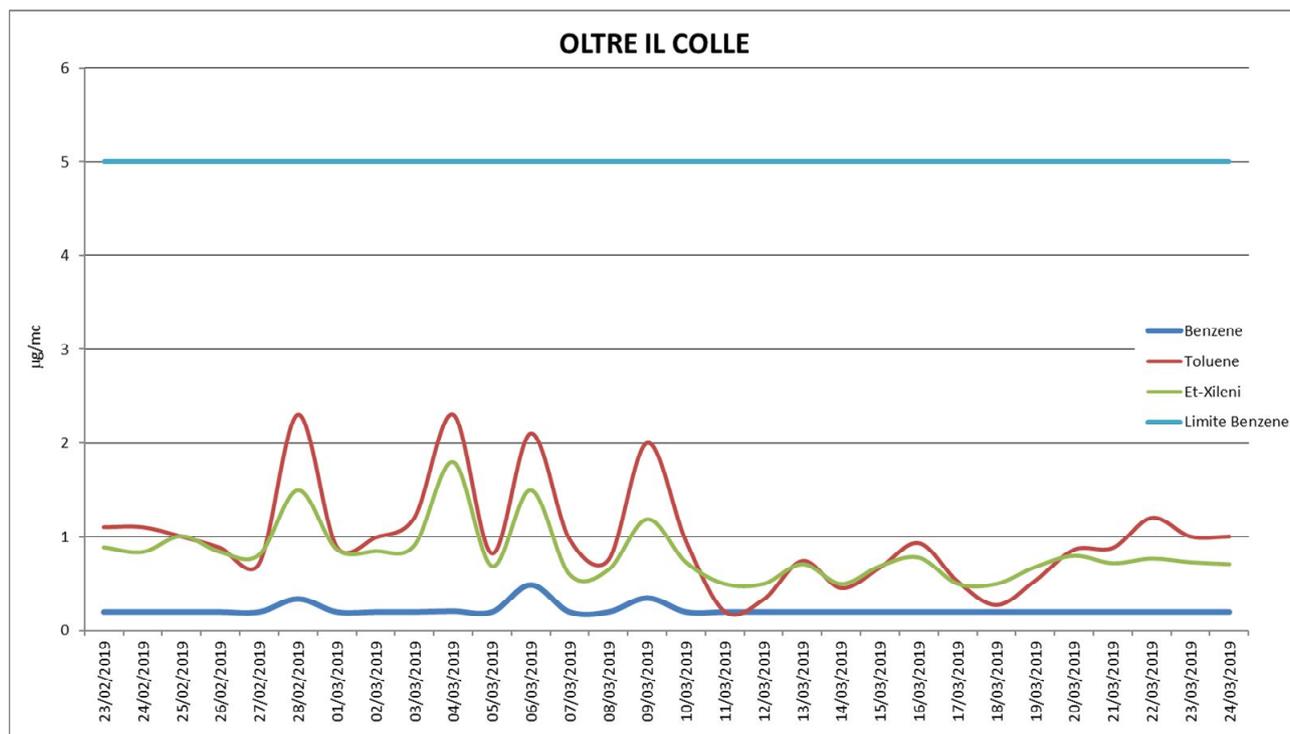


Figura 159 – Andamento BTX.

La media delle misure giornaliere di benzene rispetta ampiamente il valore limite annuale di riferimento.

Idrogeno Solforato (H₂S)

I valori limite per l'idrogeno solforato, dettati dalle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO) sono i seguenti:

Tipo di limite	Statistica	Valore limite (µg/mc)
Protezione per la salute umana	Media Giornaliera	150
	Media su 14 giorni	100
	Valore medio fino a 90 giorni	20

I valori (in µg/mc) riscontrati, ottenuti attraverso campionario passivo (*Radiello*®), sono stati i seguenti, restituiti come medie su 14 giorni.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (ug/mc)	Limite
Protezione per la salute umana	Media su 14 giorni 22/02 – 8/03	< 0.52	100
	Media su 14 giorni 8/03 – 25/03	< 0.43	100

Tabella 63 – valori riscontrati di H₂S.

Dalla tabella sopra riportata risulta evidente come l'idrogeno solforato non sia un parametro a rischio nella postazione di Oltre il Colle, entrambi i valori medi bisettimanali risultano inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Postazione 2 di Gorno

Polveri (PM 10)

Il D.lgs.155/2010 detta i seguenti limiti per il PM10

Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana

50 µg/mc da non superare più di 35 volte per anno civile

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

40 µg/mc

Dati misurati	Media (µg/mc)	22.8
	Massimo (µg/mc)	47.7
	Minimo (µg/mc)	3.9

Tabella 64 – Limiti e valori misurati PM10

Anche nella postazione di Gorno non si sono verificati superamenti del limite giornaliero (50 µg/mc) imposto dalla normativa.

La media di tutto il periodo di monitoraggio, da confrontare come riferimento con il limite medio annuale di 40 µg/mc, è di 22.8 µg/mc. Entrambe le soglie normative risultano quindi ampiamente rispettati.

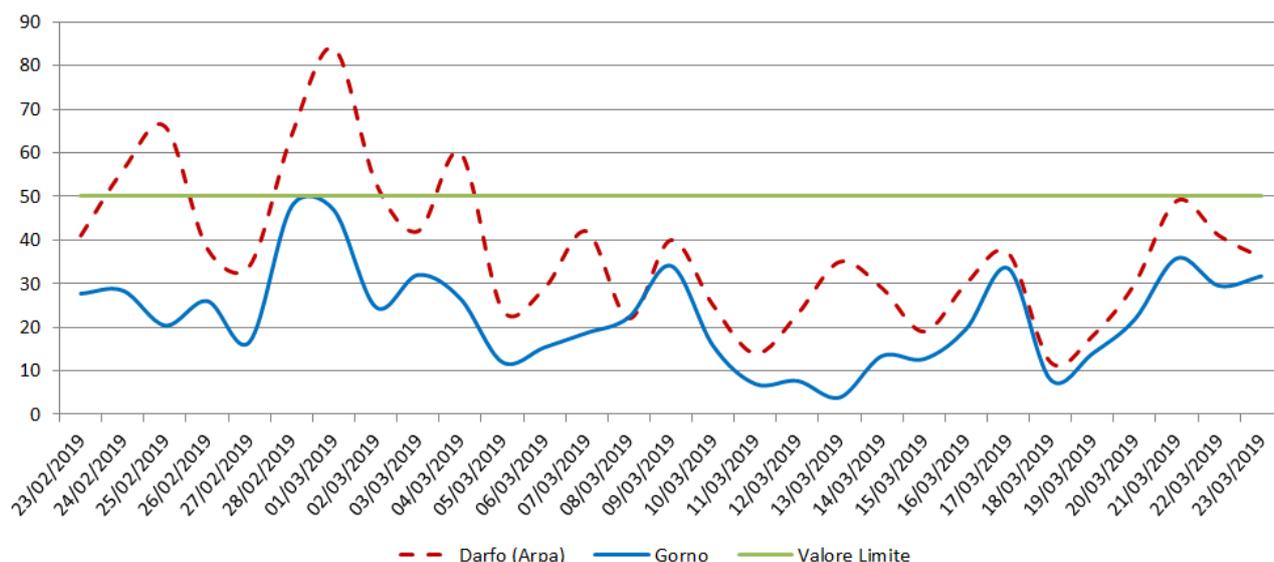


Figura 160 – Andamento delle polveri.

Rispetto alla postazione precedentemente analizzata, la correlazione tra i dati misurati dal laboratorio mobile a Gorno e quelli ottenuti dalla centralina di ARPA Darfo è maggiore (0.73), indice di migliore correlazione.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Il D.Lgs. 155/2010 fissa come valore obiettivo di concentrazione di Benzo(a)Pirene 1 ng/m^3 , riferito al tenore totale presente nella frazione PM10 del materiale Particolato, calcolato come media su un anno civile. Sono qui riportate le medie bisettimanali degli IPA misurate nella postazione di Gorno.

Composto	23/02 – 08/03 2019	08/03 – 24/03 2019
Acenaftene	<0.1	<0.1
Acenaftilene	<0.1	<0.1
Antracene	<0.1	<0.1
Benz[a]Antracene	0.3	0.1
Benzo[a]Pirene	0.3	0.1
Benzo[e]Pirene	0.3	0.1
Benzo[b]Fluorantene	0.4	0.2
Benzo[g,h,i]perilene	0.3	0.1
Benz[k]Fluorantene	0.2	0.1
Crisene	0.3	0.1
Dibenzo[a,h]Antracene	<0.1	<0.1

Fenantrene	0.3	0.1
Fluorantene	0.3	<0.1
Fluorene	0.1	<0.1
Naftalene	0.3	<0.1
Perilene	0.1	<0.1
Pirene	0.4	0.1
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	0.2	0.1
IPA Totali	3.8	1.1

Tabella 65 – Valori misurati in ng/mc.

La concentrazione di IPA rilevata risulta anche in questo caso è ampiamente inferiore ai limiti identificati dal D.Lgs.di riferimento.

Metalli

La concentrazione di metalli riscontrati, ottenuti come media bisettimanale nell'arco del monitoraggio, nella postazione di Gorno è la seguente (confrontata con i limiti ove presenti):

Elemento	23/02 – 08/03 2019	08/03 – 24/03 2019	Valori Limite
Arsenico	0.25	0.14	6
Cadmio	0.30	0.14	5
Mercurio	0.75	0.35	-
Nichel	0.30	1.60	20
Piombo	17.9	4.9	500
Rame	6.90	4.20	-
Zinco	78.3	29.9	-

Tabella 66 – Valori misurati in ng/mc.

Anche in questo caso i valori misurati rispettano i limiti imposti dalla normativa. Le concentrazioni si evidenziano superiori a quanto riscontrato nella postazione di Oltre il Colle.

Ossidi d'azoto

I valori limite per gli NOx sono i seguenti.

Valore limite di orario per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
1 ora	200 µg/mc di NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	40 µg/mc NO ₂

Valore limite annuale per la protezione della vegetazione

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	30 µg/mc come NO _x

Soglia di allarme per il biossido d'azoto

400 µg/mc per 3 ore consecutive

I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto in µg/mc sono stati i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (µg/mc)	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria NO ₂ (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale NO ₂	9	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale NO _x	11	30
soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	2	
	Massimo	13	
	Minimo	1	
Dati generali NO ₂	Media oraria	9	
	Massimo	48	

	Minimo	1	
Dati Generali NOx	Media oraria	11	
	Massimo	60	
	Minimo	2	

Tabella 67 – Valori riscontrati per gli ossidi d'azoto.

Non sono stati misurati superamenti dei limiti in vigore per quanto riguarda le concentrazioni di NOx (confronto indicativo di soli 30 gg su 365).

Gli andamenti delle medie giornaliere e del giorno tipo sono i seguenti.

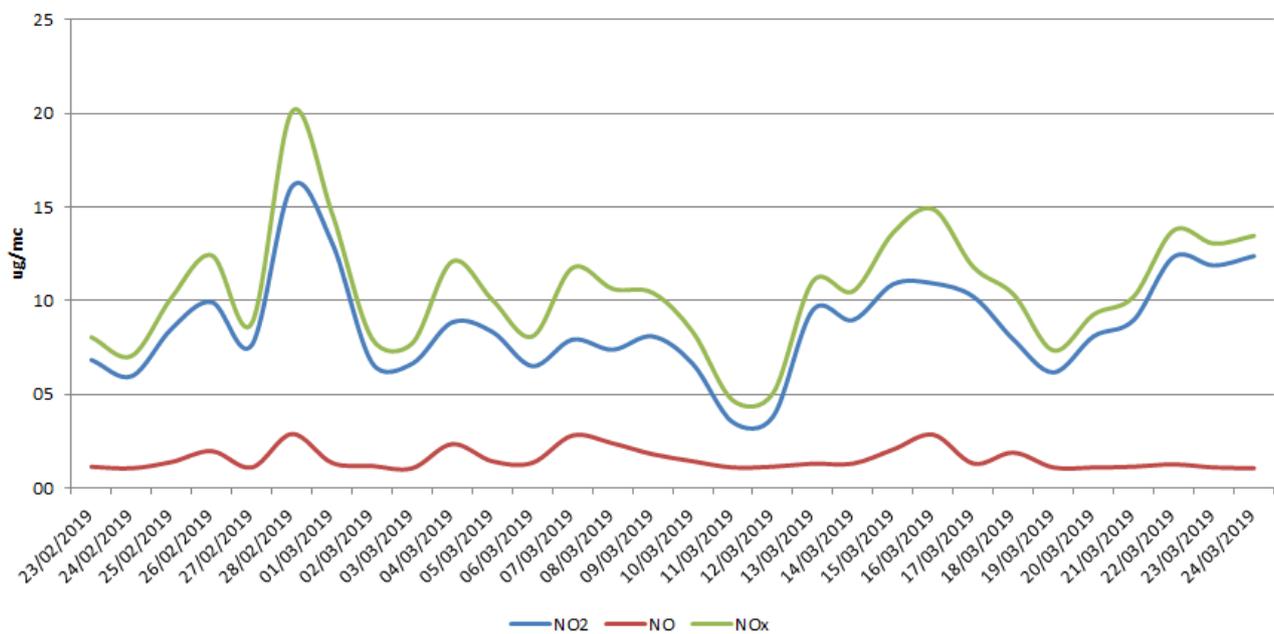


Figura 161 – Medie giornaliere del giorno tipo.

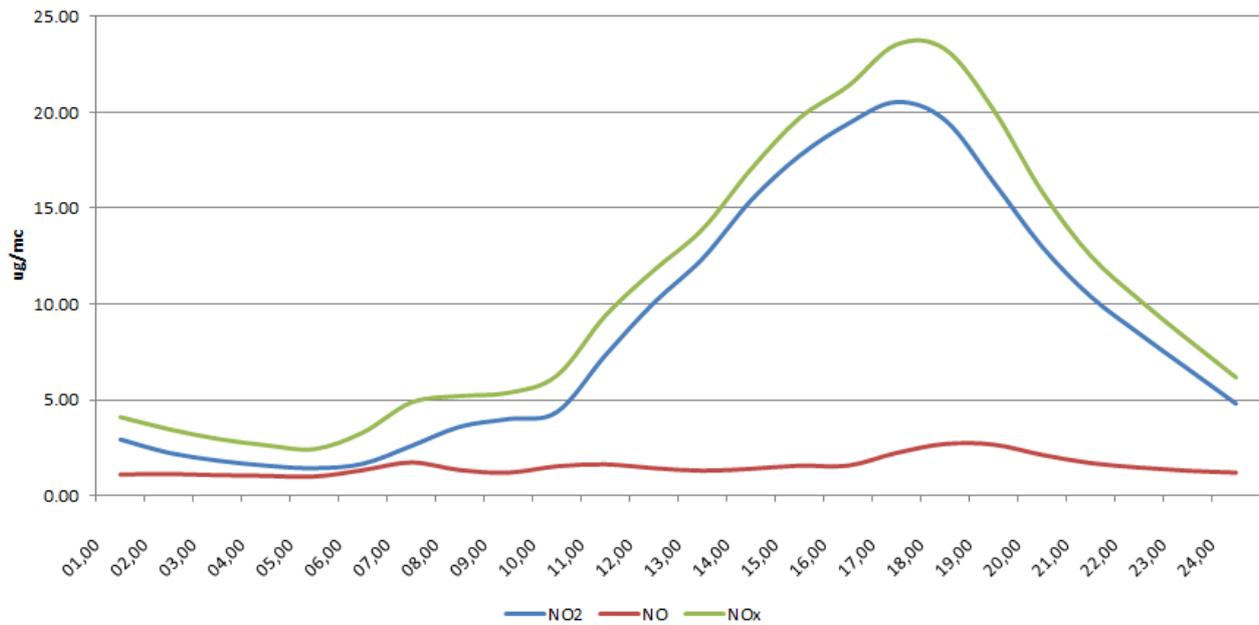


Figura 162 – Andamento concentrazioni ossidi d'azoto giorno tipo.

Si evidenziano un picco di concentrazione di NO₂ (relativo) intorno alle ore 18.

Monossido di carbonio

La seguente tabella mostra i limiti di legge per il Monossido di Carbonio.

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	10 mg/mc

I valori (in mg/mc) riscontrati sono stati i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (mg/mc)	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media di 8 ore (n di superamenti)	Nessuno	10
Dati Generali	Media	0.3	
	Massimo	1.0	
	Minimo	0.1	

Tabella 68 – Valori registrati di CO.

Tutti i valori sono nei relativi limiti, il monossido di carbonio non appare un parametro a rischio visto che la media risulta di un ordine di grandezza inferiore al limite.

L'Organizzazione Mondiale di Sanità ha suggerito i seguenti valori guida:

- media di 15 minuti 100 mg/mc
- media di 30 minuti 60 mg/mc
- media oraria 30 mg/mc
- media di 8 ore 10 mg/mc

Anche rispetto a questi indici la situazione appare accettabile.

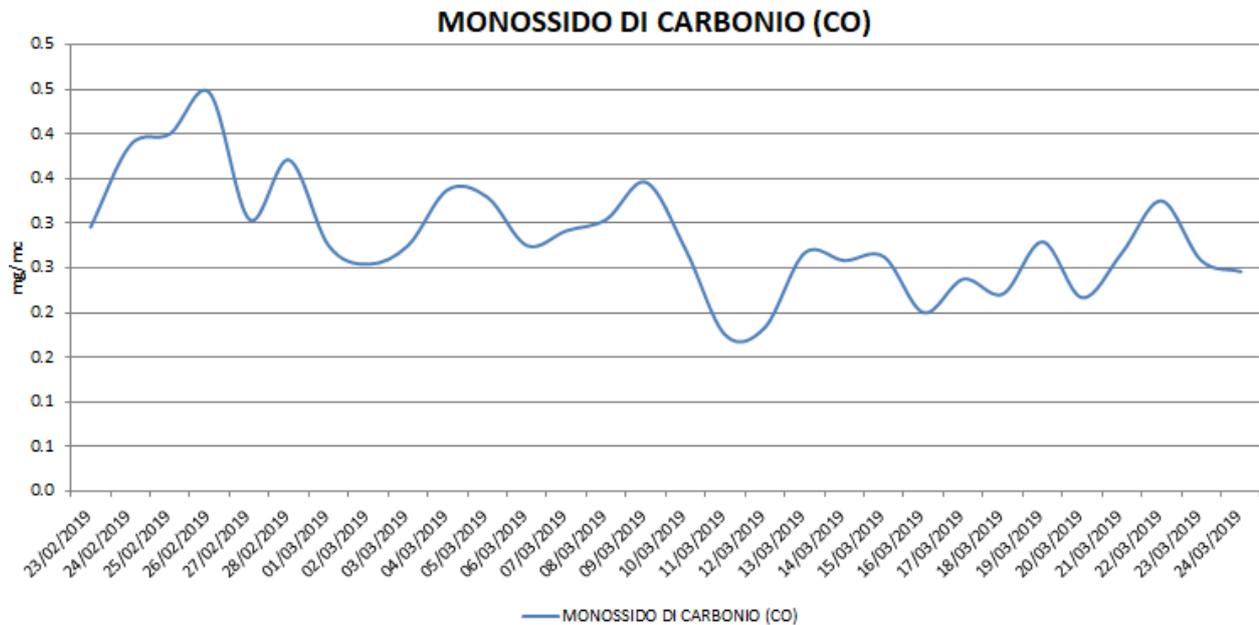


Figura 163 – Andamento medie giornaliere CO [mg/mc]

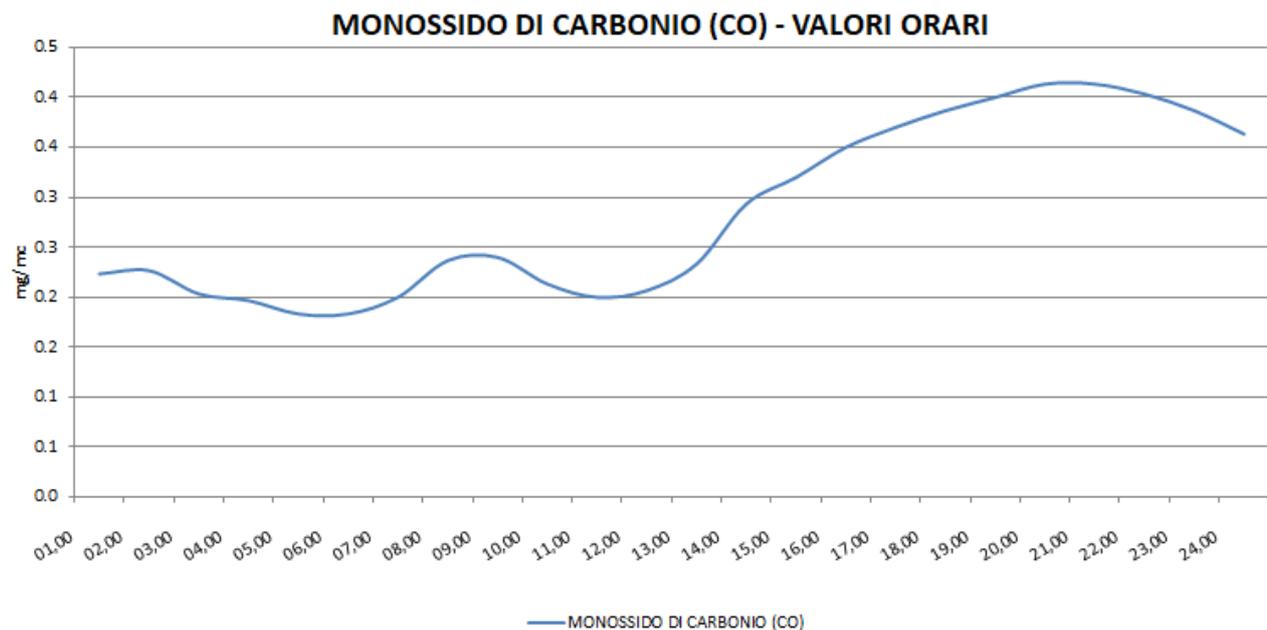


Figura 164 – Andamento CO giorno tipo.

Sebbene i valori non siano significativi, si evidenzia un lieve aumento della concentrazione in corrispondenza nella fascia oraria in cui si verifica l'aumento degli ossidi di azoto (18-23).

Anidride Solforosa (SO₂)

I valori limite per l'anidride solforosa sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Valore limite (µg/mc)
Valore limite per la protezione della salute umana	Media oraria SO ₂ (numero superamenti, limite <24)	350
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media giornaliera SO ₂ (numero superamenti, limite <3)	125
Soglia di Allarme	Media Oraria (Numero superamenti)	500

Le concentrazioni riscontrate a Gorno sono sintetizzate in tabella:

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (ug/mc)	Limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Oraria	2 (0)	350
Valore limite per la protezione della salute umana	Media Giornaliera	2 (0)	125
Soglia di Allarme	Numero Superamenti	0	500
Dati Generali	Media	2	
	Massimo	4	
	Minimo	1	

Tabella 69 – Valori riscontrati di SO₂.

I valori di SO₂ rispettano, presso la postazione di Gorno, tutti i limiti imposti dalla normativa nazionale. Di seguito è riportato l'andamento dei valori medi di concentrazione durante il periodo di monitoraggio e i valori orari del giorno tipo.

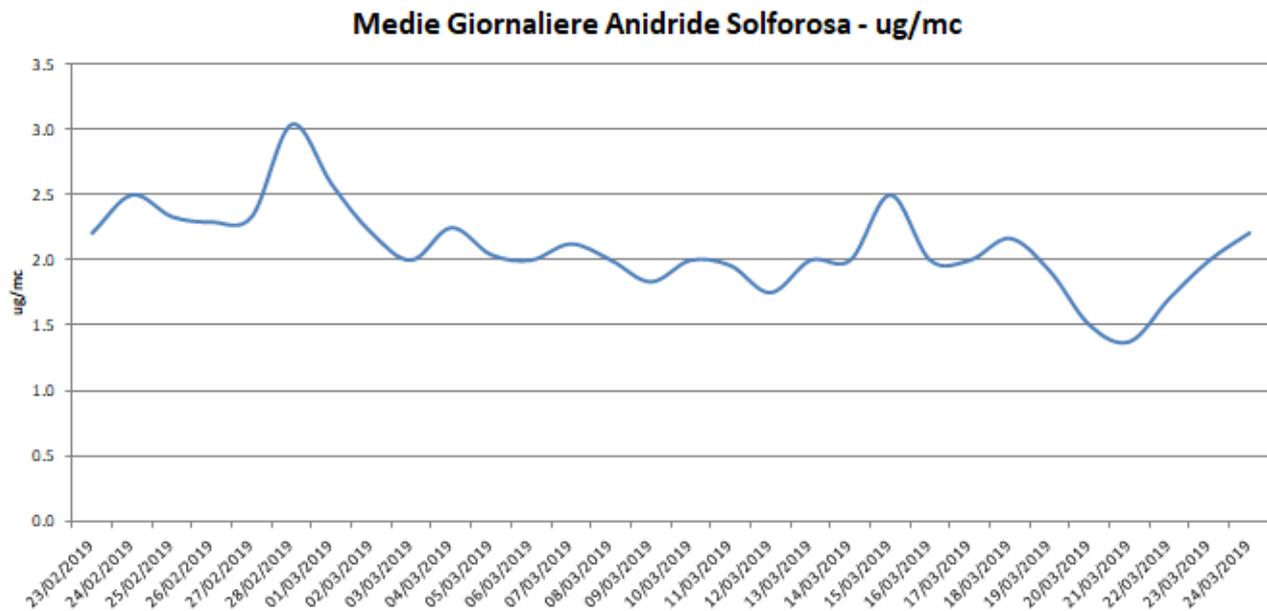


Figura 165 – Andamento SO₂ [mg/mc].

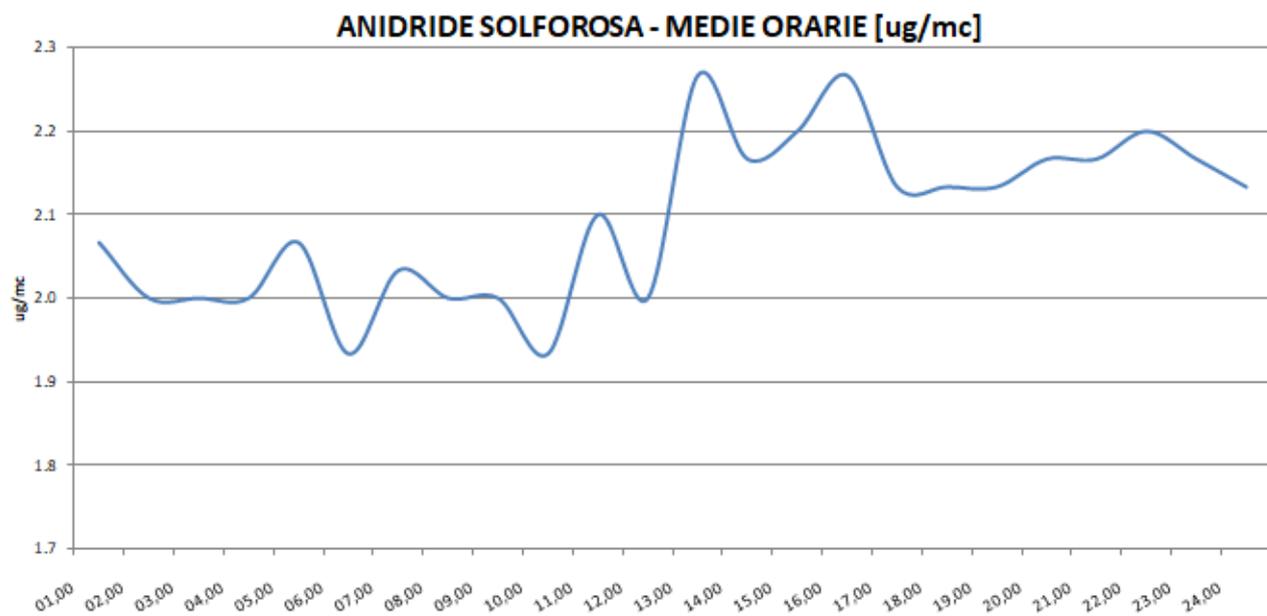


Figura 166 – Andamento SO₂ giorno tipo.

Anche l’anidride solforosa non risulta essere un inquinante critico per la zona, le concentrazioni in aria ambiente risultano di poco superiori al limite di rilevabilità strumentale.

Ozono (O₃)

I valori limite per L’Ozono sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{mc}$)
Soglia di informazione	Media oraria	180
Soglia di Allarme	Media oraria	240
Valore Obiettivo	MM8 (numero superamenti, limite < 25)	120
Protezione della Vegetazione	Media su 5 anni calcolata come AOT40 dal 1 maggio al 31 luglio	18.000
Protezione delle foreste	Media su 5 anni calcolata come AOT40 dal 1 aprile al 30 settembre	18.000

I valori (in $\mu\text{g}/\text{mc}$) riscontrati sono i seguenti.

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Limite
Soglia di informazione	Media Oraria	47	180
Soglia di Allarme	Media Oraria	47	240
Valore Obiettivo	Media sulle 8 ore (n superamenti)	47 (0)	120 (25)
Dati Generali	Media	47	
	Massimo	134	
	Minimo	13	

Tabella 70 – Valori riscontrati di O_3 .

I valori di O_3 rispettano, presso la postazione di Gorno, tutti i limiti imposti dalla normativa nazionale. Di seguito è riportato l'andamento dei valori medi di concentrazione durante il periodo di monitoraggio e i valori orari del giorno tipo.

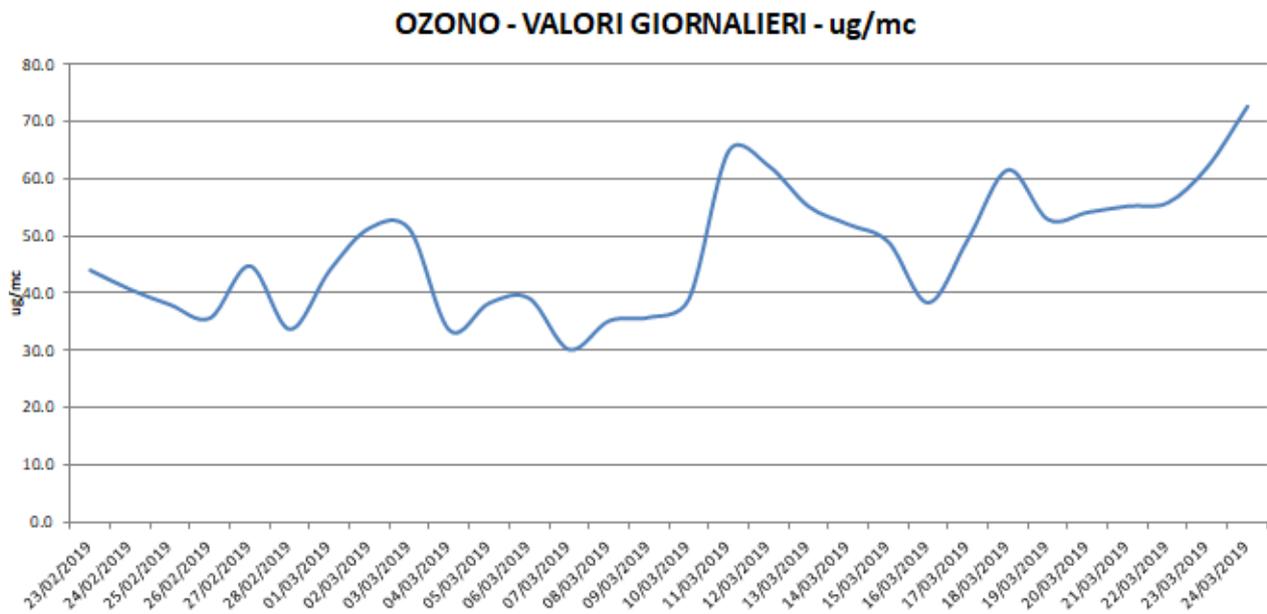


Figura 167 – Andamento O₃ [mg/mc].

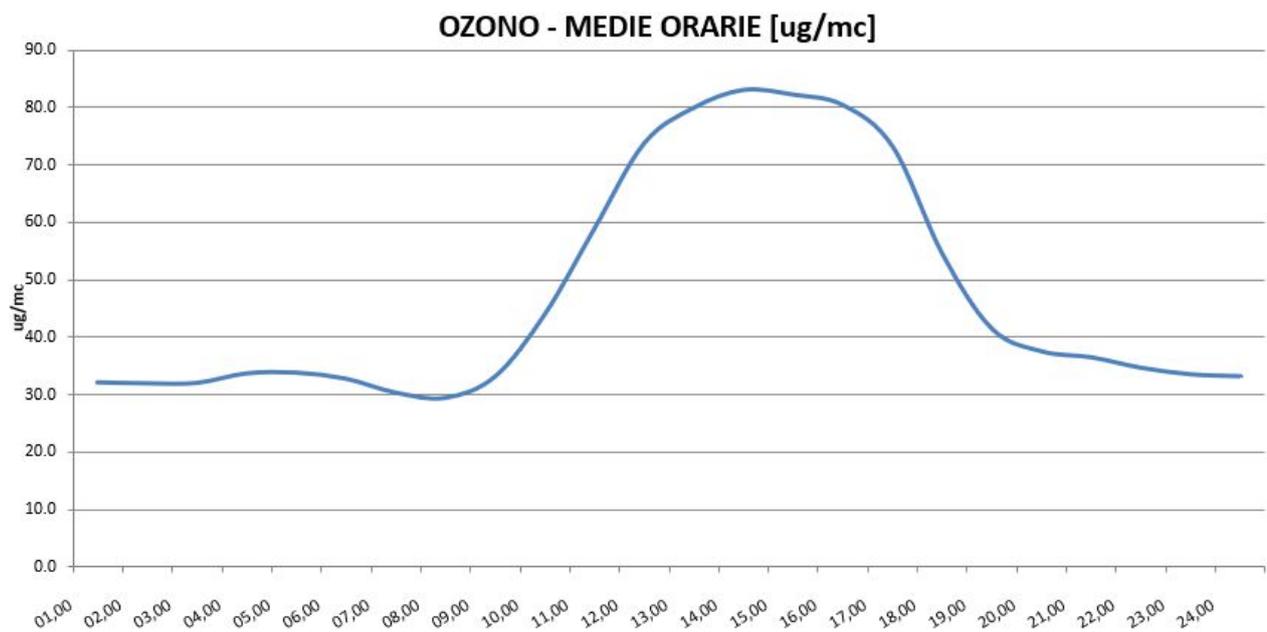


Figura 168 – Andamento O₃ giorno tipo.

Le medie giornaliere della concentrazione di Ozono nella postazione di Gorno evidenziano un picco nelle ore diurne, direttamente proporzionale alla presenza di radiazione solare globale.

BTX

La legge prevede un limite solo per il Benzene.

Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Periodo medio	Valore limite
Anno civile	5 µg/mc

I valori medi giornalieri di btx riscontrati nell'indagine, espressi in µg/mc, sono i seguenti.

Parametro	Media (• g/mc)
Benzene	0.34
Toluene	1.49
Et-Xileni	1.46

Tabella 71 – Valori giornalieri di BTX

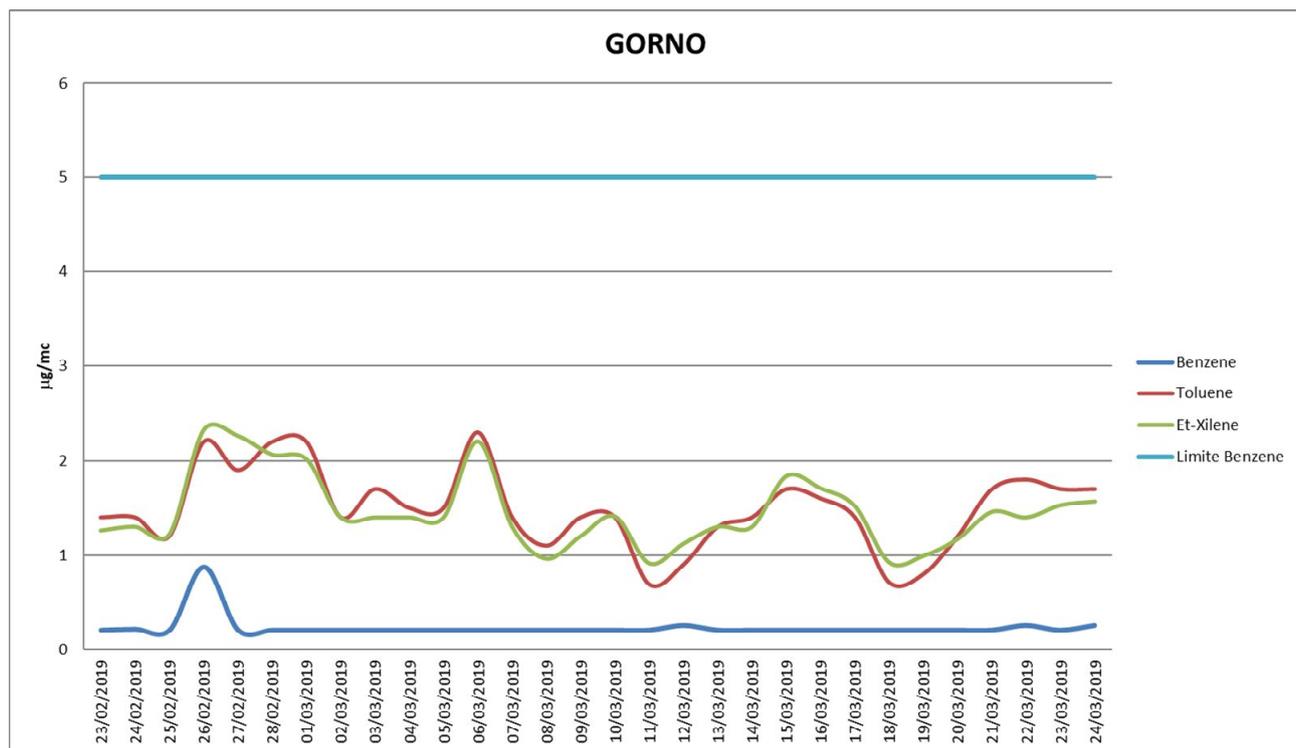


Figura 169 – Andamento BTX.

I valori BTX risultano superiori a quelli misurati nella postazione 1 di Oltre il Colle, mantenendosi tuttavia al di sotto del limite imposto dal D.Lgs. per il Benzene.

Si evidenziano valori pressoché identici di Toluene e somma Etilbenzene-Xileni, mentre il benzene quando rilevato è di dopo superiore alla soglia di rilevabilità.

Idrogeno Solforato (H₂S)

Come già riportato, i valori limite per l'idrogeno solforato, dettati dalle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO) sono i seguenti:

Tipo di limite	Statistica	Valore limite (µg/mc)
Protezione per la salute umana	Media Giornaliera	150
	Media su 14 giorni	100
	Valore medio fino a 90 giorni	20

I valori (in µg/mc) riscontrati nella postazione di Gorno, ottenuti attraverso campionatore passivo (*Radiello*®) sono stati i seguenti, restituiti come medie su 14 giorni:

Tipo di limite	Statistica	Concentrazione (ug/mc)	Limite
Protezione per la salute umana	Media su 14 giorni 22/02 – 8/03	< 0.52	100
	Media su 14 giorni 8/03 – 25/03	< 0.43	100

Tabella 72 – valori riscontrati di H₂S.

Dalla tabella sopra riportata risulta evidente, come già avvenuto nella postazione precedente, come l'idrogeno solforato non sia un parametro a rischio nella postazione di Gorno sempre inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

Conclusioni

La campagna di monitoraggio avvenuta tra il 23/02/2019 e il 24/03/2019 è stata caratterizzata da condizioni meteo stabili, con precipitazioni contenute. Nella postazione di Oltre il Colle i giorni di pioggia significativi sono stati 5, mentre in quella di Gorno sono stati 3.

I valori misurati, in entrambe le postazioni, non evidenziano superamenti dei limiti di concentrazione stabiliti dal decreto legislativo 155/2010. Ciononostante, nella postazione 2 (Gorno) si ha un aumento di concentrazione per tutti i parametri oggetto di analisi.

Il fenomeno è sostanzialmente dovuto a una maggiore esposizione della postazione 2 alle principali vie di comunicazione e ad attività industriali/commerciali. Inoltre, la minor altitudine della stessa e la posizione fondovalle provoca una minore dispersione degli inquinanti.

Le concentrazioni misurate sono state confrontate con i valori ottenuti da ARPA laddove presenti, e i risultati indicano che le zone monitorate non presentano fonti di inquinamento sito specifiche particolari.

7.1.2 Ambiente idrico: acque superficiali e acque sotterranee

Questo Capitolo si riferisce al sistema delle acque superficiali e al sistema delle acque profonde, ovvero agli aspetti idrologico-idrografici ed idrogeologici.

7.1.2.1 Acque superficiali

I principali corsi d'acqua che interessano il territorio ricompreso nell'ambito di concessione mineraria sono i torrenti Parina e Vedra. Il primo presenta un generale andamento E-W, con alcuni tratti orientati NE-SW; il secondo ha andamento sostanzialmente N-S, ad eccezione della zona prossima alla confluenza con il torrente Parina, dove assume andamento NE-SW. Altri corsi d'acqua di una certa importanza e con un bacino imbrifero abbastanza esteso sono alcuni affluenti di sinistra del torrente Parina; si tratta dei torrenti che scorrono nella valle delle Fontane, della Chiesa, di Finzel, Luchera, Pradello. Per quanto riguarda i corsi d'acqua minori, soltanto quelli con un bacino idrografico sufficientemente esteso o quelli alimentati da sorgenti hanno carattere permanente, mentre la maggior parte presenta un carattere temporaneo o stagionale. Relativamente alle loro caratteristiche, i corsi d'acqua minori paiono generalmente più gerarchizzati sul versante orografico sinistro della valle Parina, mentre su quello destro, a causa anche del controllo legato all'assetto strutturale, il reticolo pare meno gerarchizzato, se si eccettuano gli affluenti di destra del torrente Vedra, soprattutto nella porzione mediosuperiore dei versanti. Tutti i corsi d'acqua minori, anche quelli asciutti per buona parte dell'anno, hanno una risposta pressoché immediata alle precipitazioni piovose intense. In quelli che scorrono prevalentemente in roccia la portata generalmente decresce in maniera rapida esaurendosi nel giro di poche ore, mentre in quelli che attraversano i depositi di copertura il decremento avviene in maniera più graduale e portate cospicue perdurano per diversi giorni.



Figura 170 - Inviluppo idrografici alta Val Parina Vedra e Val del Riso.

Gli elementi idrografici principali lambiscono indirettamente con l'ambito di concessione, per ciò che attiene al settore di Oltre il Colle, in corrispondenza del Piazzale logistico Forcella (Val Parina) e con il portale di Ribasso Ponente, quest'ultimo utilizzato come piazzale di sicurezza per le attività di miniera. Entrambi gli ambiti di progetto non vanno ad interferire con il regime vincolistico delle acque superficiali, ponendosi ben oltre la fascia di rispetto dei 10 mt. Dal ciglio della scarpata principale.

Il torrente Riso elemento idrografico principale della valle, nasce alle pendici del monte Grem a quota 1350 metri, la sorgente invece affiora ad una quota più bassa a circa 1070 metri. Lo sviluppo complessivo dell'asta fluviale è di circa 10 km con una pendenza media del 9 %, mentre il suo bacino si stende per 32,8 kmq.

L'ambito di concessione che interagisce con il reticolo principale del Riso, ricomprende il portale di Riso fino all'ambito della Laveria, le cui strutture nel complesso mantengono le regolari distanze dalle fasce di rispetto.

La qualità biologica dei corsi d'acqua: analisi della macrobentofauna

Tra gli elementi che caratterizzano la qualità dagli ambienti acquatici un ruolo di primo piano è svolto dalla comunità macrobentonica, ovvero da tutti quegli organismi che popolano il fondo di tali ambienti e che ne regolano le reti trofiche.

Gli organismi macrobentonici possono essere determinanti, entro certi limiti, nel permettere ai corsi d'acqua di auto-depurarsi e regolare i livelli di sostanza organica presenti e svolgono anche un ruolo fondamentale negli scambi di biomassa da e verso l'ambiente terrestre circostante. (Koperski, 2010).

I sistemi lotici come torrenti fiumi, rogge e ruscelli sono elementi caratterizzanti di fondamentale importanza per un territorio, sia da un punto di vista ecologico che dal punto di vista del tessuto antropico.

Il reticolo idrografico che drena un territorio svolge molteplici funzioni tra cui una fondamentale è la raccolta e la trasformazione della materia organica. Generalmente i torrenti e le rogge sono sistemi eterotrofi in cui le catene dei consumatori dipendono in gran parte dalla produzione che avviene negli ecosistemi terrestri circostanti. Tale produzione, in senso ecologico, è costituita dalle foglie, dal legno e da tutto il materiale organico che è prodotto nel territorio del bacino imbrifero e finisce convogliato dalle precipitazioni e dalla forza di gravità all'interno del reticolo idrografico.

Un apporto di sostanze nutritive può derivare anche da concimi, fertilizzanti e scarichi organici.

Ogni corso d'acqua, dal punto di vista ecologico, può essere descritto come una serie di ecosistemi che, dalla sorgente alla foce, si succedono, sfumando gradatamente l'uno nell'altro, con il variare

dei parametri fisici del corso d'acqua stesso. Tali ecosistemi sono fortemente interconnessi con quelli del territorio circostante coi quali formano una complessa struttura (definita come continuum fluviale). Il River Continuum Concept considera il corso d'acqua come una successione di ecosistemi che si susseguono secondo gradienti, interconnessi con gli ecosistemi esterni. In questo modo anche la variazione dei vari parametri fluviali avviene secondo gradiente dalla sorgente alla foce. Ogni tratto è influenzato da quello a monte e a sua volta influenzerà a valle (relazione causa effetto). Le varie componenti interagiscono attraverso molteplici meccanismi. Questi ultimi sono fondamentali per garantire l'esistenza degli organismi viventi e, non essendo sempre semplici da individuare, possono, talora, sfuggire ad un'indagine superficiale da parte dell'uomo; attraverso di essi, quindi, l'alterazione delle caratteristiche e delle componenti portanti dei sistemi ecologici può comportare effetti dannosi, con ripercussioni anche per la popolazione umana, spesso inaspettati o apparentemente inspiegabili per chi quell'alterazione l'ha causata (Maitland, 1990).

L'interdipendenza tra torrenti, rogge e ambienti terrestri fa sì che la distruzione o la frammentazione degli habitat, il disboscamento, l'uso di sostanze inquinanti, l'immissione nel territorio di specie alloctone (estraneie cioè all'ecosistema), ecc..., agiscano sugli ecosistemi fluviali alterandone profondamente le dinamiche; a loro volta gli effetti dell'inquinamento delle acque, della cementificazione degli argini, della modificazione degli alvei, della costruzione di barriere (come dighe e briglie), ecc..., si estendono a tutta l'area circostante in quanto impediscono ai torrenti di svolgere alcune delle loro essenziali funzioni ecologiche.

Tra queste è importante citare il fatto che gli ambienti fluviali agiscono come un insieme di sistemi depuranti che sono in grado (entro certi limiti) di mantenere, grazie alla loro azione sinergica, pulita e limpida l'acqua trasformando la sostanza organica che continuamente ricevono in una variegata moltitudine di organismi acquatici e terrestri (Capps et al., 2015; Chee & Elith, 2012).

Bisogna considerare come ad ogni passaggio da un livello all'altro delle catene alimentari che caratterizzano gli ecosistemi naturali, si conservi solo il 10% della biomassa, mentre il restante 90% è perso sotto forma d'energia (principalmente calore). Pertanto, più è lunga la catena alimentare maggiore è la quantità di sostanza organica, immessa ad esempio da uno scarico fognario, che viene ridotta progressivamente. Il meccanismo mediante il quale ciò avviene è un processo attivo che non deve essere confuso con la diluizione passiva delle sostanze inquinanti. Il primo dei sistemi depuranti è dato dal cosiddetto periphyton, ossia quella più o meno fine striscia verdastra, scivolosa al tatto, che avvolge i sassi dei torrenti. Esso è formato da batteri e funghi, i quali attaccano e decompongono la materia organica (data da foglie e frammenti vegetali, escrementi e spoglie di animali e scarichi antropici) che giunge nei corsi d'acqua, e da numerosi organismi vegetali (principalmente alghe e microalghe) che riutilizzano immediatamente i sali minerali derivanti dalla

decomposizione. Quest'efficace depuratore naturale funge poi da supporto ad un secondo sistema depurante la cui funzione è quella di regolare ed accelerare il processo generale. I protagonisti di questo livello presentano numerosi adattamenti specifici, sia di tipo alimentare sia di tipo morfologico, che consentono loro di occupare e sfruttare al meglio i microambienti e le risorse disponibili. Tra di essi troviamo le larve di vari gruppi d'insetti, i crostacei, i molluschi e i vermi che si comportano da filtratori, trituratori del materiale presente in sospensione o nel sedimento, erbivori, raschiatori del perifiton, detritivori, predatori, parassiti ecc. Essi, a loro volta, fungono da alimento per numerosi vertebrati dalle abitudini più o meno acquatiche che possono essere indicati come il terzo sistema depurante. Tutti e tre questi sistemi citati sono poi condizionati dalla vegetazione delle sponde, costituente il quarto sistema, che agisce sia da filtro meccanico (in quanto rallenta le acque provenienti dal dilavamento dei versanti permettendo la deposizione degli inquinanti e del materiale solido che trasportano), sia da filtro biologico (poiché rimuove i sali di azoto e fosforo disciolti nell'acqua che sono i maggiori responsabili dell'aumento abnorme di sostanza organica nelle acque lacustri e fluviali). È quindi facilmente comprensibile come il rilascio (anche limitato nel tempo) di sostanze xenobiotiche (cioè distruttrici delle forme di vita), provocando la morte della maggior parte degli organismi acquatici, determini anche la fine della capacità depurante di un torrente trasformandolo, da puro e sofisticato ripartitore di vita, ad un fetido e passivo trasportatore di materiale organico mal decomposto (Gupta & Sharma, 2005). In generale, oltre alle aree urbanizzate ed industriali anche nelle aree agricole si può registrare un notevole impatto sugli ecosistemi acquatici lotici derivante sia dall'uso massiccio di fertilizzanti che determinano un forte inquinamento organico, sia dall'uso di pesticidi che invece depauperano le reti trofiche sopra descritte determinando sia la perdita di biodiversità che la perdita di capacità depurante dei sistemi.

Per valutare la qualità complessiva dei corsi d'acqua d'interesse sono state preliminarmente individuate 4 stazioni di campionamento, due sul Torrente Vedra e due sul Torrente Riso, per effettuare il campionamento a monte e a valle di punti significativi:

- stazione 1 (Torrente Riso): campionamento a monte dello sbocco della galleria "Riso-Parina";
- stazione 2 (Torrente Riso): campionamento a valle dello sbocco della galleria "Riso-Parina";
- stazione 3 (Torrente Vedra): campionamento a monte dello sbocco del "Portale Forcella";
- stazione 4 (Torrente Vedra): campionamento a valle dello sbocco del "Portale Forcella".

Di norma, infatti, le stazioni di campionamento vengono poste a monte e a valle dei punti che potenzialmente potrebbero essere maggiormente influenti su alterazioni alla biocenosi.

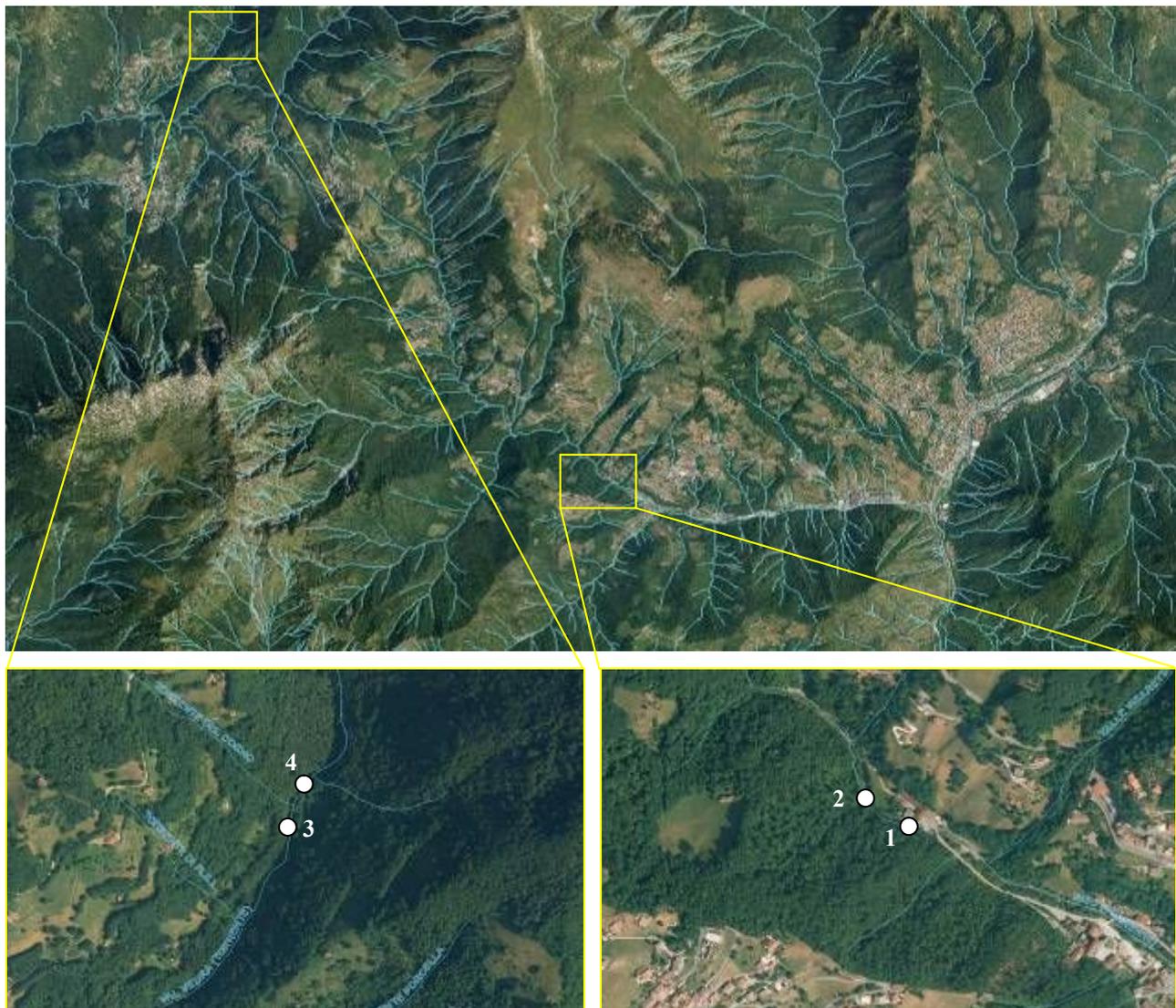


Figura 171 – Stazioni di campionamento del macrobenthos (sinistra: Torrente Vedra; destra Torrente Riso).

In generale, per ottenere valutazioni della qualità degli habitat acquatici rispetto all'alterazione antropica, nel corso degli anni sono stati proposti indicatori biologici che presentano poche difficoltà tassonomiche, così da poter essere impiegati su vasta scala da personale tecnico qualificato, ma non solo da tassonomi specialisti. Grande successo ha trovato l'impiego dei cosiddetti **indici biotici**, in particolari di quelli basati sulle caratteristiche della comunità dei macroinvertebrati bentonici, che tengono in considerazione sia il numero di unità tassonomiche (raggruppamenti sistematici quasi sempre superiori alla specie), sia delle loro proprietà indicatrici. Uno dei primi indici biotici utilizzati è stato il Trent Biotic Index (TBI), dal quale in seguito è derivato l'Extended Biotic Index (EBI). L'indice EBI, pur non essendo l'unico proposto dalla comunità scientifica internazionale, è stato ritenuto quello più idoneo per l'applicazione in Italia; esso è stato tarato per la situazione del nostro paese prima da Ghetti e Bonazzi nel 1981 (Ghetti,

1997) e successivamente perfezionato ulteriormente dallo stesso Ghetti. In questi anni le analisi della qualità dei corsi d'acqua con l'EBI, prescritte da una specifica normativa (ex D.Lgs. n. 152/99), sono state ampiamente utilizzate dai tecnici delle Aziende Sanitarie Locali in quasi tutte le province italiane. Oggi si preferisce chiamarlo Indice Biotico Esteso (IBE) data la sua "traduzione" in italiano. L'IBE si basa da una parte sulla diversa sensibilità agli inquinanti di alcuni gruppi faunistici e dall'altra sulla diversità biologica presente nella comunità dei macroinvertebrati bentonici; la qualità biologica di un corso d'acqua viene sintetizzata da valori numerici convenzionali, così come per altri tipi di indici biotici. Diverse sono le ragioni che hanno spinto a ritenere i macroinvertebrati come gli organismi più adatti a rilevare la qualità di un corso d'acqua:

- numerose specie sono sensibili all'inquinamento e reagiscono prontamente;
- esiste una conoscenza approfondita dell'autoecologia di numerose specie;
- questi organismi vivono preferenzialmente sul fondo dei corsi d'acqua e sono dotati di modesta mobilità, quindi rispondono bene alle variazioni della qualità del sito in cui vivono;
- hanno cicli di vita raramente inferiori ad un anno, per cui sono presenti stabilmente nel corso d'acqua;
- sono facilmente campionabili e il loro riconoscimento e classificazione risultano più semplici rispetto a quello di altri gruppi faunistici;
- gli indici basati sui macroinvertebrati hanno avuto una più ampia diffusione rispetto ad altri indici, quindi risultano meglio "sperimentati" sul campo.

L'applicazione dell'IBE consente:

- di fornire un giudizio sintetico e di facile interpretazione sulla qualità complessiva dell'ambiente fluviale;
- di esprimere un giudizio complementare al controllo fisico e chimico, verificando l'effetto d'insieme prodotto dalle cause inquinanti;
- di individuare e quantificare gli effetti di scarichi saltuari o accidentali di sostanze inquinanti, difficilmente rilevabili con altri metodi se non si campiona nel momento dello sversamento.

L'IBE consente di classificare le acque secondo una scala di valori compresi tra 1 (indice di estremo inquinamento) a 12 (indice di acque non inquinate). Questi valori sono stati suddivisi in 5 classi di qualità delle acque come illustrato dalla tabella che segue.

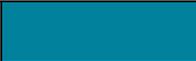
Classi di Qualità	Valore IBE	Giudizio di Qualità	Colore di riferimento	
Classe I	10-11-12	Ambiente non alterato in modo sensibile	Azzurro	
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di alterazioni	Verde	
Classe III	6-7	Ambiente alterato	Giallo	
Classe IV	5-4	Ambiente molto alterato	Arancio	
Classe V	1-2-3	Ambiente fortemente degradato	Rosso	

Tabella 73 – Classi di qualità delle acque secondo la metodica IBE.

Ad ogni classe è attribuito un determinato colore per evidenziare in cartografia la qualità delle acque campionate. In questo modo sono state redatte le “Carte di qualità” delle acque di gran parte dei fiumi italiani.

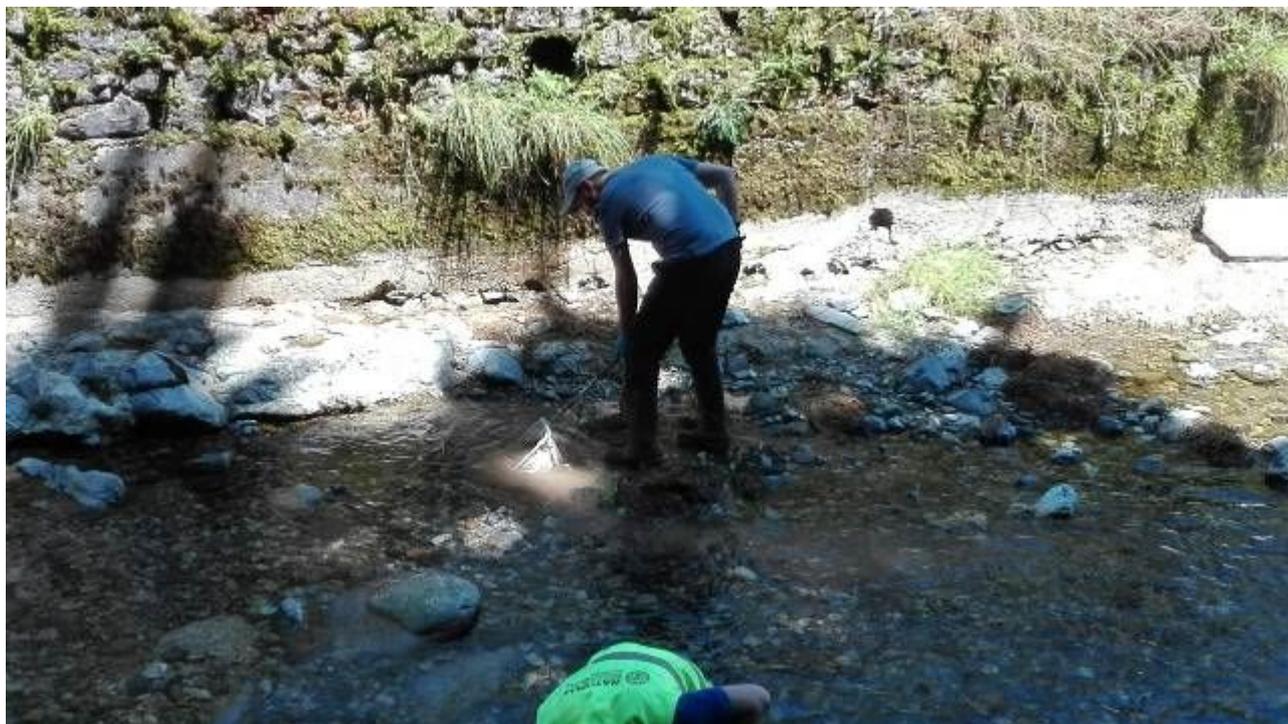
In tempi più recenti un diverso approccio è stato proposto per poter comparare tra loro i corsi d’acqua di tutta Europa. Si tratta dell’approccio multi-habitat o STAR_ICMi che attraverso una rete Surber consente di effettuare campionamenti semi-quantitativi e bilanciare meglio l’apporto delle diverse unità sistematiche che vengono rinvenute durante i campionamenti.

L’applicazione dell’IBE è stata attuata in modo tale da andare incontro anche alle linee guida dell’approccio multi-habitat ed essere eventualmente utilizzato in futuro per calcolare anche l’indice STAR_ICMi qualora fosse ritenuto opportuno utilizzare tale tecnica che comunque, sebbene più efficace nel determinare gli effetti dell’inquinamento organico, non trasmette nel caso in oggetto informazioni aggiuntive di particolare rilievo.

I campionamenti sono stati effettuati utilizzando il classico materiale previsto dal protocollo di riferimento (ISPRA). L’impiego di retino immanicato, dotato di telaio e provvisto di contenitore, ha previsto il prelievo di sedimento fluviale lungo transetti obliqui rispetto alla corrente, in modo da interessare i differenti microhabitat presenti e assicurare la maggiore ricchezza specifica del campione. Questo metodo riduce, inoltre, il fenomeno di “drifting” a cui fanno ricorso i diversi macroinvertebrati che si lasciano trasportare dalla corrente quando avvertono condizioni di pericolo. Immediatamente dopo la cattura, si è provveduto a una prima separazione degli organismi raccolti, nonché alla prima determinazione dei gruppi sistematici. Al fine di arrivare ad una più certa determinazione dei gruppi tassonomici, si è proceduto a fissare in alcool etilico al 70% i campioni

raccolti per una successiva valutazione in laboratorio con l'ausilio di microscopio stereoscopico e chiavi analitiche di Tachet e Ghetti.

Si riportano a seguire alcune fotografie riprese in occasione dei campionamenti, che sono stati effettuati in data 13 giugno 2019.











I valori di IBE vengono determinati dall'utilizzo di una tabella a due entrate in cui vengono considerate due tipologie di fattori: sensibilità e biodiversità.

- sensibilità: è valutata sulle righe della tabella in cui sono posti, in ordine decrescente di sensibilità all'inquinamento, i taxa considerati;
- biodiversità: è valutata sulle colonne della tabella e considera il numero complessivo di Unità Sistematiche (US) rinvenute durante un campionamento.

Il valore di IBE così determinato non dipende da misure chimiche o fisiche. Si tratta di un numero intero che, in scala decrescente, indica un aumento dello scostamento nella struttura della comunità macrobentonica rispetto alle attese.

		Numero totale delle Unità Sistematiche costituenti la comunità (secondo ingresso)							
Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tabella (primo ingresso)		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35
Plecoteri presenti	più di una U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13
	una sola U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12
Efemeroteri presenti (escludere <i>Baetidae</i> <i>Caenidae</i>)	più di una U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12
	una sola U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11
Tricotteri presenti (comprendere <i>Baetidae</i> <i>Caenidae</i>)	più di una U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11
	una sola U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10
Gammaridi e/o Atiidi e/o Palemonidi presenti	tutte le U.S. sopra assenti	-	4	5	6	7	8	9	10
Asellidi e/o Niphargidi presenti	tutte le U.S. sopra assenti	-	3	4	5	6	7	8	9
Oligocheti e Chironomidi	tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	-	-	-
Altri organismi	tutte le U.S. sopra assenti	-	-	-	-	-	-	-	-

* Nelle comunità in cui *Leuctra* è presente come unico taxon di Plecotteri e sono contemporaneamente assenti gli Efemeroteri (oppure sono presenti solo *Baetidae* e *Caenidae*), *Leuctra* deve essere considerato a livello dei Tricotteri per definire l'entrata orizzontale in tabella.

** Per la definizione dell'ingresso orizzontale in tabella le famiglie *Baetidae* e *Caenidae* vengono considerate a livello dei Tricotteri.

- Giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di drift erroneamente considerati nel computo, per ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologie non valutabili con l'IBE.

* Valori di indice che raramente vengono raggiunti nelle acque correnti italiane, per cui occorre prestare attenzione, sia nell'evitare la somma di biotipologie che nel valutare gli effetti prodotti dall'inquinamento trattandosi di ambienti con elevata biodiversità

Figura 172 – Tabella a doppia entrata per il calcolo dell'IBE.

Risultati

Il tratto di Torrente **Riso** analizzato presenta una fascia perifluviale composta da formazioni arbustive riparie sulla sponda destra, mentre in sponda sinistra la fascia arbustiva è a tratti interrotta. Le acque, raffrontate visivamente con i tratti posti più a valle, presentano un aspetto più gradevole in quanto si riduce la copertura macrofitica presente. Questo è sintomo di una ridotta esposizione a carichi inquinanti di origine civile.

Il valore di IBE calcolato, sia per la stazione n. 1 che per la stazione n. 2, è pari a 7-8, cui corrisponde una **classe II/III** di qualità biologica.

Da segnalare la presenza principalmente di macroinvertebrati esigenti (Tricotteri ed Effimere) e di buon pregio ecologico, e in subordinate ditteri e anellidi meno esigenti.

Classe di Qualità	Valore IBE	Giudizio di Qualità
Classe II / III	7-8	Ambiente con sintomi di alterazioni

Tabella 74 – Classe di qualità e valore IBE determinati presso le stazioni n. 1 e n. 2 sul Torrente Riso.

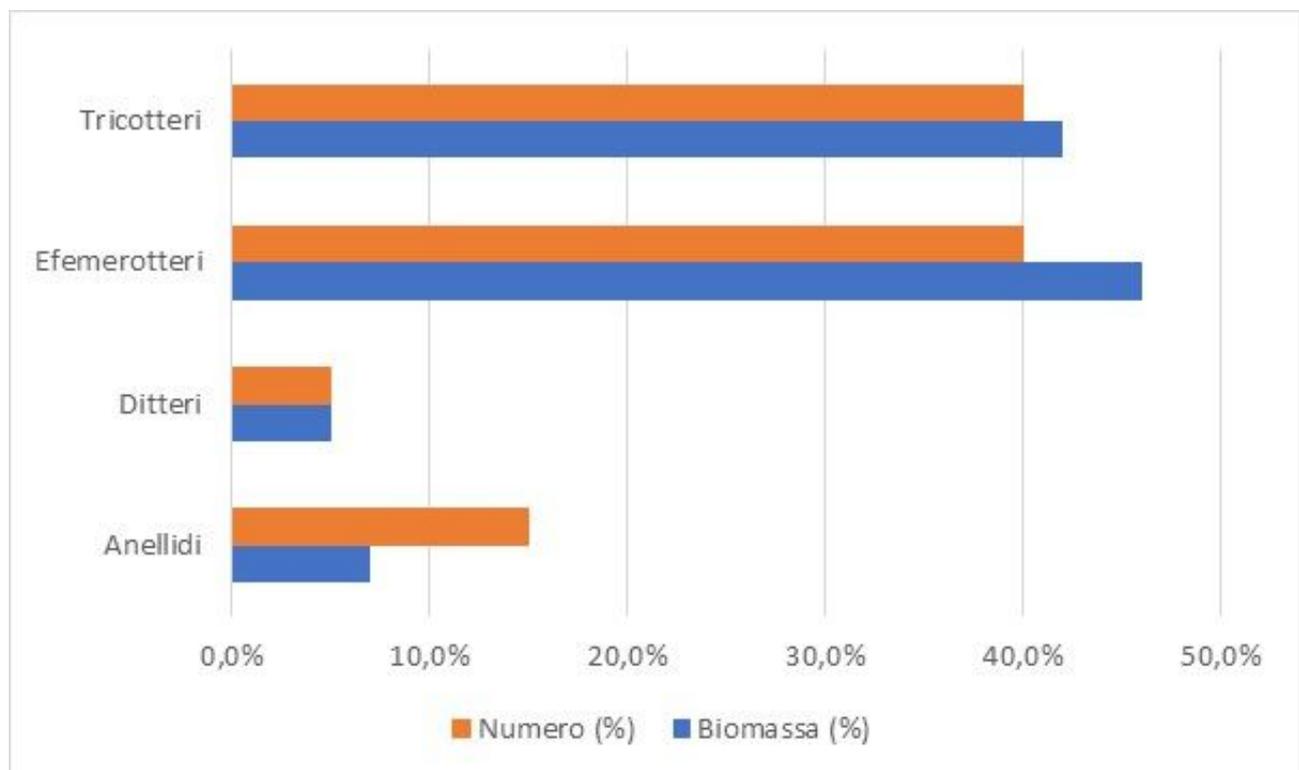


Figura 173 – Incidenza percentuale media (stazioni n. 1 e n. 2 presso il Torrente Riso) della fauna macrobentonica in relazione alla specie.

Situazione leggermente diversa per le stazioni n. 3 e n. 4 presso il Torrente **Vedra**. La maggior naturalità del torrente e delle relative sponde riparie, costituite da fitte coperture boschive, e la coesistenza di substrati di diversa natura, la presenza di una sezione trasversale naturale e di numerose successioni raschio-pozza, generano numerosi microhabitat a turbolenza, e quindi ossigenazione, differente.

Le acque di questo segmento sono caratterizzate da una limitata copertura macrofita e ospitano una comunità macrobentonica ben differenziata, di valore IBE pari a 10, che consente di collocare in **classe I** di qualità biologica il tratto del Torrente Vedra analizzato, per entrambe le due stazioni di campionamento. Sono stati rinvenuti principalmente generi di plecoteri (*Capnia* e *Perla*), efemeroteri (*Ecdyonurus* e *Rhytrogena*), tricoteri e, in subordine, ditteri.

Classe di Qualità	Valore IBE	Giudizio di Qualità
Classe I	10	Ambiente non alterato in modo sensibile

Tabella 75 – Classe di qualità e valore IBE determinati presso le stazioni n. 3 e n. 4 sul Torrente Vedra.

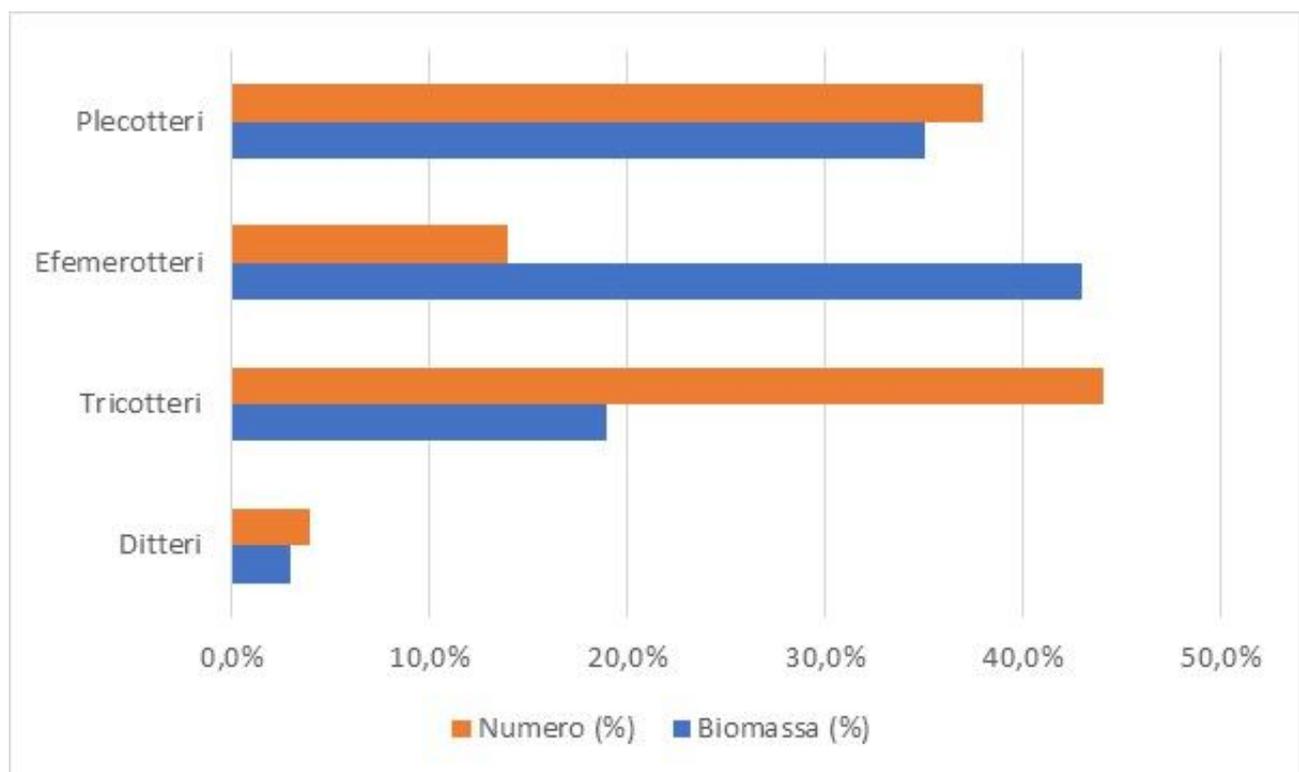


Figura 174 – Incidenza percentuale media (stazioni n. 3 e n. 4 presso il Torrente Vedra) della fauna macrobentonica in relazione alla specie.

7.1.2.2 Acque sotterranee

Assetto idrogeologico generale

La successione stratigrafica dei litotipi che hanno una diretta pertinenza con l'area vasta di progetto è evidenziata nella figura seguente. Il riferimento per i dati geologici dell'area è quello della carta geologica del progetto CARG alla scala 1:50.000, foglio Clusone. I dati sono disponibili in formato GIS (shapefile) scaricabili dal sito della regione Lombardia.

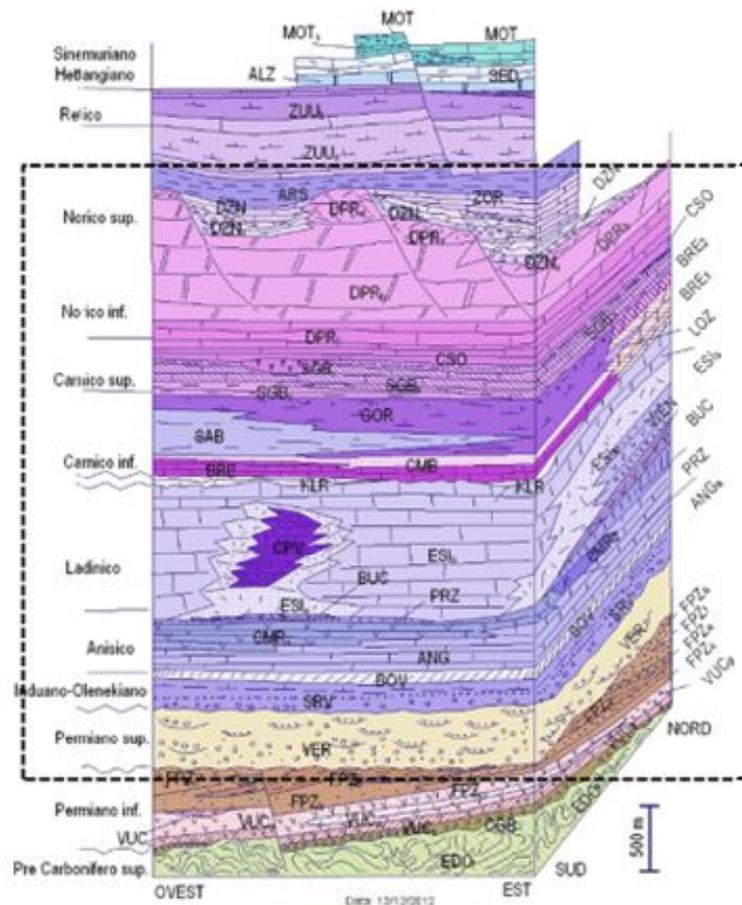


Figura 175 - Schema stratigrafico (estratto dalla Carta Geologica progetto CARG scala 1:50.000), in evidenza le unità interessate dall'area vasta di progetto.

Si tratta di unità e formazioni stratigrafiche, collegabili a una varietà di ambienti deposizionali che vanno dalla piattaforma carbonatica all'ambiente di laguna costiera, che dal punto di vista idrogeologico hanno caratteristiche differenti.

In sintesi, un complesso idrogeologico può essere definito come *l'insieme di termini litologici simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente in comune e un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto* (Civita, 1973).

La differenziazione tra un complesso idrogeologico ed un altro è data principalmente dal diverso grado di permeabilità relativa. Per quanto riguarda gli intervalli dei valori di permeabilità (K in m/sec) essi sono valutati, in via generale, sulla scorta di analogie con contesti geologici simili e pubblicazioni scientifiche. Inoltre, in mancanza d'indagini dirette, la valutazione della permeabilità a grande scala ("*bulk permeability*") è necessariamente basata su diversi fattori, tra i quali i principali possono essere identificati in:

- composizione litologica: il grado di permeabilità è molto influenzato dalla presenza di intercalazioni marnose, siltitiche o argillitiche che diminuiscono drasticamente la capacità di immagazzinamento e veicolazione delle acque sotterranee. Inoltre, la presenza di livelli di rocce fini e plastiche ha una maggior efficacia nel suturare le eventuali fratture e discontinuità che l'ammasso può contenere;
- grado di fratturazione e carsismo: la permeabilità secondaria (per fratturazione) è la caratteristica preponderante sulla permeabilità globale dell'ammasso roccioso. La predisposizione a sviluppare una rete di fratture o cavità carsiche in grado di immagazzinare e veicolare le acque in profondità è un fattore determinante per valutare il grado di permeabilità dell'ammasso;
- posizione delle manifestazioni sorgive: la posizione planimetrica delle sorgenti è un fattore indicativo del ruolo idrogeologico che la formazione geologica svolge sulla circolazione sotterranea. La figura sotto riportata illustra il classico caso di emergenza per contatto tra una formazione permeabile (per fratturazione) e una impermeabile.

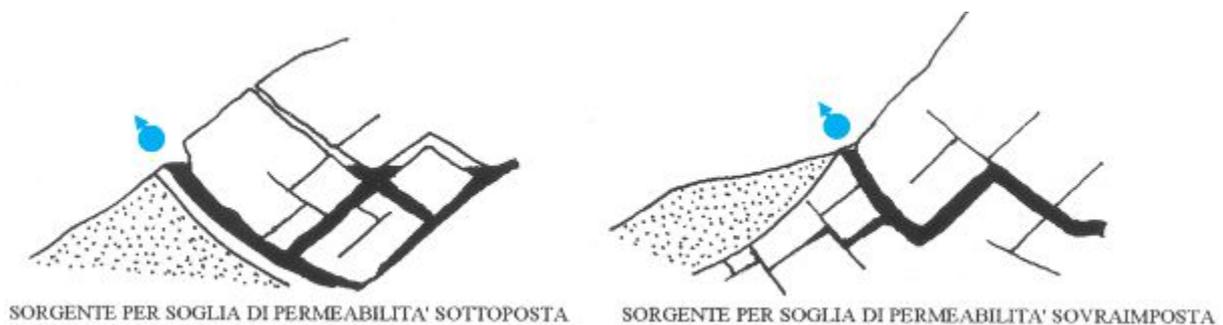


Figura 176 - Schema di affioramento di sorgente per soglia di permeabilità sottoposta e sovrainposta.

Le formazioni geologiche e i litotipi affioranti nell'area vasta sono stati dunque raggruppati secondo le loro caratteristiche idrauliche per definire i complessi idrogeologici presenti sull'area di progetto. L'analisi non ha solo interessato le formazioni rocciose ma anche i depositi, che sono stati raggruppati in base alle loro caratteristiche granulometriche, direttamente correlate alla permeabilità per porosità (porosità primaria).

Relativamente ai terreni, sono stati distinti i depositi alluvionali recenti e i corpi di frana a blocchi prevalenti (più permeabili) dalle altre coperture caratterizzate per la presenza di termini più fini da una permeabilità di grado inferiore.

La Figura 177 illustra con differenti colori, gli accorpamenti eseguiti sulle formazioni geologiche CARG, per identificare i diversi Complessi Idrogeologici.

La suddivisione in Complessi Idrogeologici è stata operata per caratterizzare questa porzione di territorio dal punto di vista della circolazione a grande scala e non può necessariamente tenere conto di locali differenziazioni dal punto di vista idrogeologico dovute a fattori locali (variazione litologica intraformazionale, grado di fratturazione locale, alterazione dei litotipi, ...).

Il fine della caratterizzazione della matrice ambientale acque sotterranee è la verifica di possibili interazione e/o interferenze tra le attività in progetto, nel settore della richiesta di concessione EMI e il quadro delle circolazioni a grande scala (anche utilizzate per scopi idropotabili) e, con maggior dettaglio, nell'area di progetto.

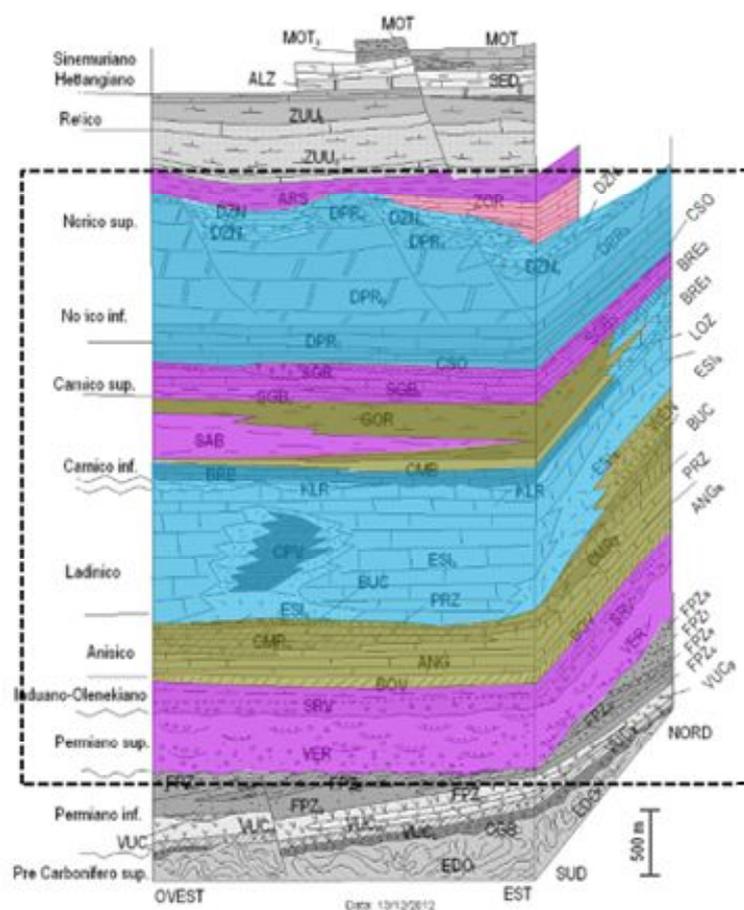


Figura 177 - Identificazione dei Complessi Idrogeologici sullo stratigrafico CARG.

La tabella seguente riassume le formazioni geologiche CARG che compongono i vari complessi idrogeologici e una valutazione degli intervalli di permeabilità che si possono desumere con i dati a disposizione.

Complessi idrogeologici

Complesso 1 - Calcarea Dolomitico

Questo complesso è costituito principalmente dalle potenti bancate della formazione del Calcarea di Esino e della Dolomia Principale delle Dolomie Zonate. La permeabilità è di tipo secondario, per fratturazione/fessurazione e per carsismo. Caratteristiche idrogeologiche simili sono inoltre attribuibili alla formazione di Castro Sebino e al Calcarea di Breno. Il calcarea di Esino e la dolomia principale hanno un ruolo importante in questo complesso in virtù della loro potenza che in alcune zone supera i 500m, costituendo il principale serbatoio delle acque di infiltrazione sotterranea. Questi due idrostrutture sono isolate stratigraficamente da formazioni geologiche a minore permeabilità o da elementi strutturali (sovrascorrimenti), che permettono alle acque di infiltrazione profonda di affiorare, dando luogo a sorgenti di notevole portata (sorgente Nossana).

Il Calcarea di Esino è caratterizzato da permeabilità da media a elevata per fessurazione e carsismo ed è sede di un'estesa circolazione idrica sotterranea che rappresenta il principale acquifero dell'area. La permeabilità è documentata dalla letteratura idrogeologica frequentemente supera i 10 m/giorno (equivalenti a $1.15E-04$ m/s). Una pubblicazione scientifica (Francani Gattinoni, 2009) ha adottato un range di $3.5E-04 - 1.5E-05$ m/s per la modellazione numerica della circolazione sotterranea nel calcarea di Esino del circuito della sorgente Nossana. La trasmissività è elevata in considerazione dello spessore delle rocce carsificate e fratturate (totale fino a 600m) e può superare i 100 m²/giorno. La capacità d'infiltrazione efficace e dunque di alimentazione degli acquiferi sotterranei, è localmente enfatizzata dalla presenza di forme carsiche superficiali come le doline e gli inghiottitoi.

La Dolomia Principale e le Dolomie Zonate affiorano estesamente a sud dell'area di progetto e sono anch'esse caratterizzate da permeabilità da media a media-elevata per fessurazione e carsismo.

Le due altre formazioni geologiche di natura calcarea (Calcarea di Breno e formazione di Castro Sebino) hanno probabilmente un grado di permeabilità leggermente inferiore e soprattutto non hanno sviluppato una diffusa carsificazione. Dal momento che il Calcarea di Breno in altre aree (ad esempio nella Valle del t. Dezzo in Provincia di Brescia) rivela esempi di circolazione idrica ben sviluppata e che alimenta numerose sorgenti, non è da escludere che possa almeno localmente presentare analoghe caratteristiche in zone dove non è esposto in affioramento.

La Figura 178 riporta uno stralcio della Carta dei Complessi Idrogeologici dove, in azzurro, sono evidenziate le estese aree di affioramento di questo complesso, nell'area di progetto.

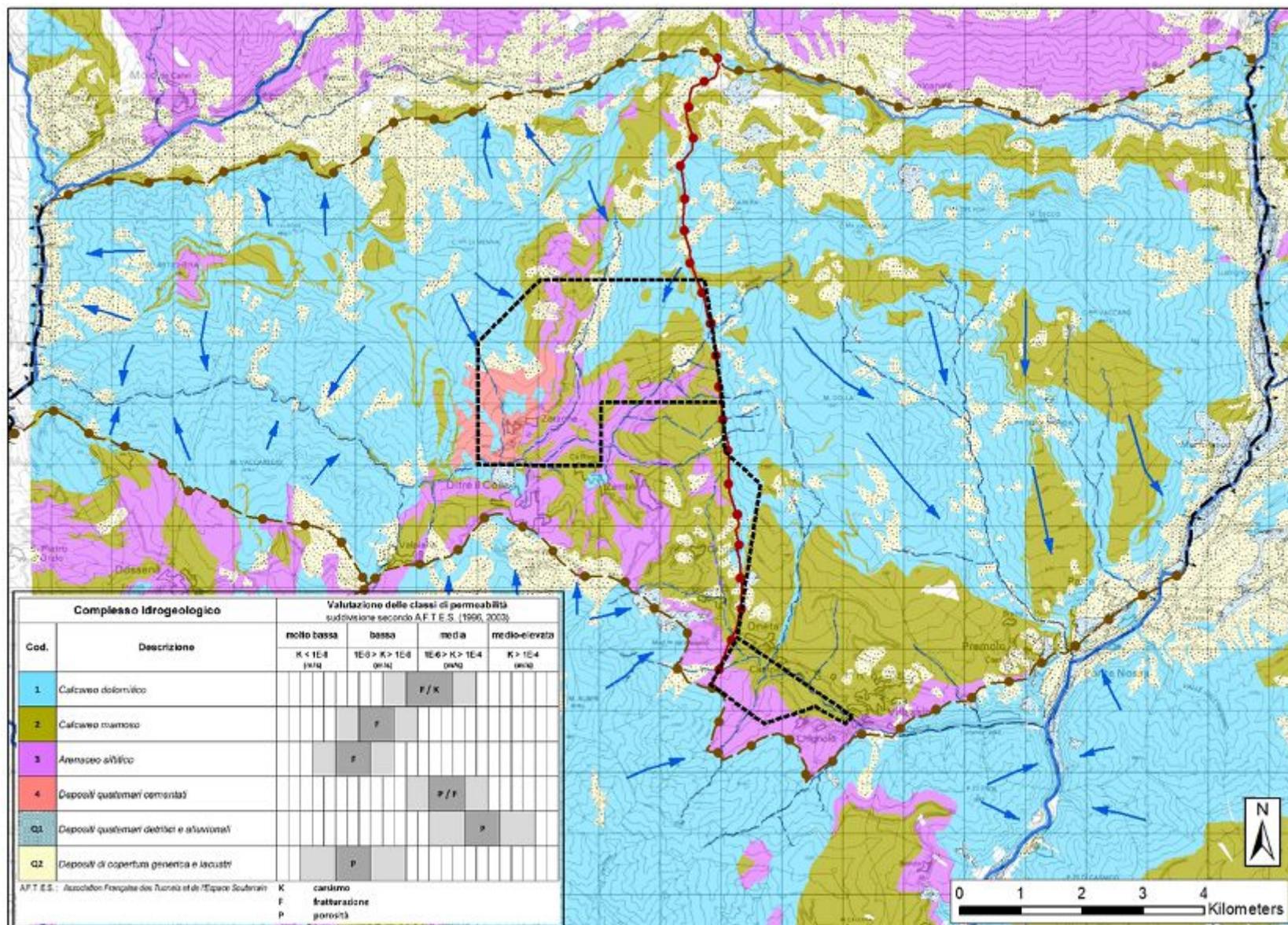


Figura 178 - Carta dei Complessi Idrogeologici, in riquadro nero l'area di progetto.

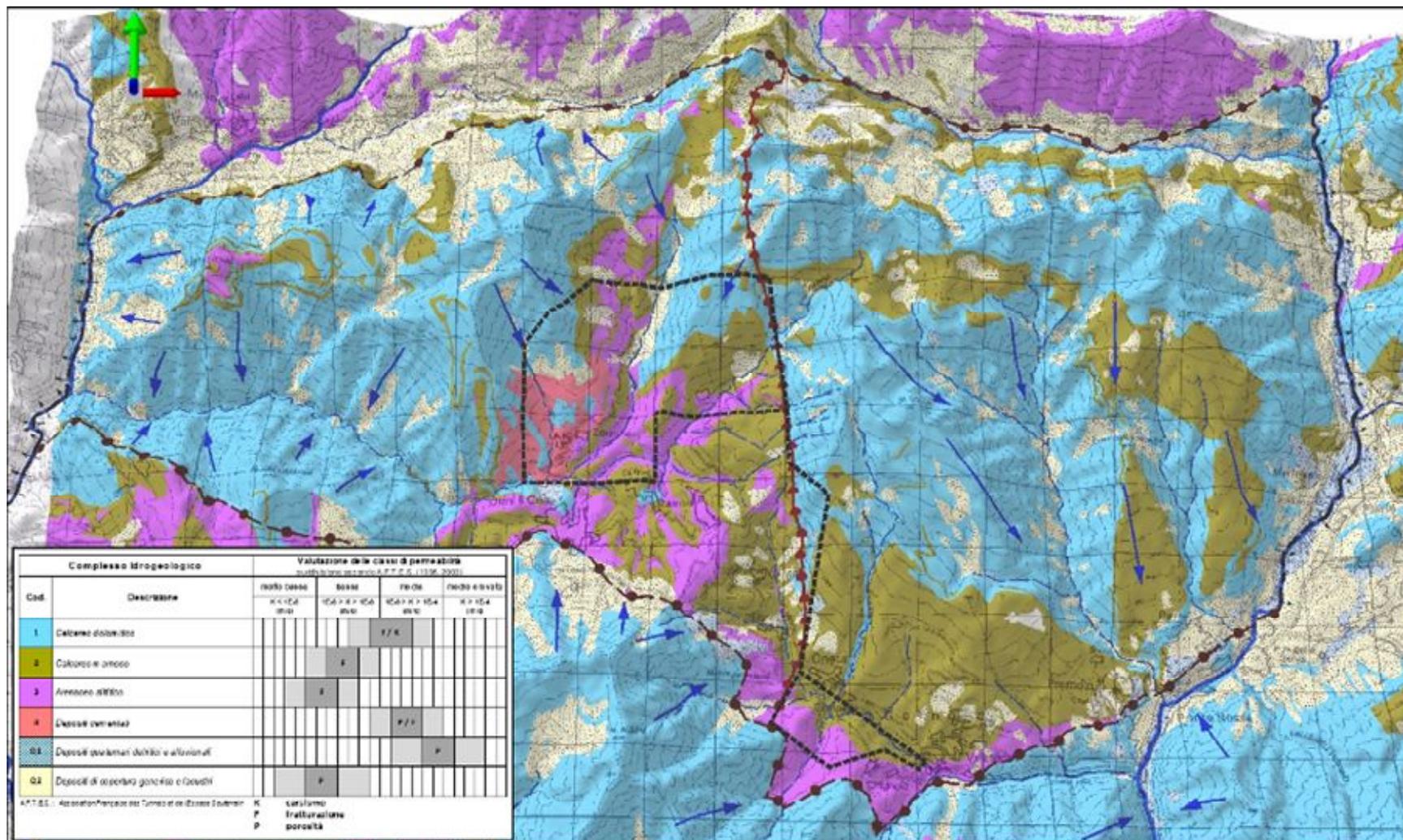


Figura 179 - Carta dei Complessi Idrogeologici, rappresentazione 3D.

Complesso 2 - Calcereo Marnoso

Questo complesso comprende tutte le formazioni di natura calcareo marnosa affioranti nell'area di progetto, Il complesso comprende le formazioni del Calcere di Angolo e del Calcere di Prezzo, costituite in prevalenza da calcari marnosi. Tali unità rappresentano, nell'area di studio, il substrato a bassa permeabilità (aquitard) degli acquiferi contenuti nel soprastante Calcere di Esino. A questo complesso appartiene il Calcere Metallifero, che tuttavia, dato l'esiguo spessore, non ha rilevanza ai fini idrogeologici.

Al tetto delle bancate calcaree di Esino si ritrova la formazione del Calcere Rosso, che data la presenza al suo interno di livelli di paleosuoli rossi, può isolare il tetto del Calcere di Esino dalla Formazione di Breno. Lo spessore di questa formazione è limitato e il ruolo di livello aquitardo è solo locale. A questo complesso appartengono inoltre il calcere metallifero, di scarsa importanza idrogeologica, dato il limitato spessore e la Formazione di Gorno che presenta un'alternanza di livelli carbonatici permeabili e livelli marnoso-siltosi a bassa permeabilità. Tale unità è sede di una circolazione idrica che alimenta numerose sorgenti, generalmente con portata modesta, nei territori di Zambra e Oltre il Colle (sorgenti Scarsida e Felli) captate in alcuni casi ad uso potabile.

Il grado di permeabilità generale è basso ma può aumentare nelle porzioni più calcaree verso il valore medio, soprattutto in presenza di sviluppo della componente carsica, come osservato nella formazione di Gorno.

Complesso 3 – Arenaceo siltitico

Il complesso comprende le formazioni dell'Arenaria di Val Sabbia, la Formazione di San Giovanni Bianco, le argilliti di Riva di Solto, il Verrucano Lombardo e il Servino.

Si tratta di formazioni geologiche che vanno da ambiente profondo (argilliti di Riva di Solto) fino ad ambiente deltizio prossimale (arenarie di Val Sabbia) e in cui è presente una rilevante percentuale di matrice fine unita ad una componente arenacea (anche di provenienza vulcanoclastica) che determinano un basso valore generale della permeabilità. A ciò si aggiunge il fatto che queste formazioni non hanno sviluppato una rete carsica di rilievo.

Il tipo di permeabilità è per fratturazione e raggiunge un valore più rilevante nelle bancate più francamente arenacee, dove la minor percentuale di materiale fine non intasa le fratture. Tale complesso ha spesso il ruolo di livello basale impermeabile (acquiclide) che delimita inferiormente i complessi più permeabili calcarei dolomitici e calcereo marnosi.

Complesso 4 – Depositi cementati

Nell'area di progetto questi depositi di età miocenica (Miocene superiore) affiorano estesamente e si evidenziano per il loro ruolo nelle circolazioni più superficiali. Si tratta di conglomerati cementati (conglomerato di Zorzone) clinostratificati a matrice molto scarsa se non assente. La permeabilità è di grado medio e sia primaria per porosità sia secondaria per fratturazione, soprattutto nelle porzioni pellicolari dei versanti più acclivi, dove la presenza di fratture e fessure è più rilevante. Questo complesso è sede di circolazioni idriche localizzate che possono dare origine a sorgenti di portata ridotta. Nell'area di Zorzone, i depositi cementati poggiano direttamente sui calcari di Esino, per i quali hanno dunque il ruolo di intercettare la ricarica diretta, favorendone l'infiltrazione efficace in profondità.

Complesso 5 – Depositi quaternari detritici e alluvionali

Questo complesso è costituito dai depositi alluvionali recenti localizzati nell'alveo dei fiumi Brembo e del Serio e dagli accumuli detritici a grossi blocchi. La permeabilità di questi depositi è medio-elevata data la granulometria medio-grossolana dei depositi e la scarsa presenza di termini limosi. I depositi alluvionali costituiscono limitati corpi acquiferi sviluppati lungo gli assi vallivi del Brembo e del Serio e alimentati sia dal fiume sia dagli apporti laterali dell'ammasso roccioso.

Complesso 6 – Depositi di copertura generica e lacustri

Questo complesso include tutti i depositi di copertura quaternaria, che nell'area sono riconducibili a depositi colluviale, debris flow, depositi di frana indifferenziata, depositi di versante e depositi glaciali indifferenziati. Per ciascuno di questi depositi la componente fine limosa è variabile, influenzando il grado di permeabilità per porosità che comunque è globalmente basso, ma può raggiungere il grado medio-basso in situazioni locali. I depositi quaternari di questo complesso non sono sede di acquiferi rilevanti e svolgono perlopiù funzione d'immagazzinamento temporaneo della ricarica meteorica.

Unità idrostrutturali

Nell'area vasta del progetto, il grado di permeabilità dei vari complessi idrogeologici, la loro giacitura, insieme agli elementi morfologici (alti strutturali, assi drenanti) e agli elementi strutturali (sovrascorrimenti, faglie maggiori, ...) determinano la direzione di scorrimento idrico sotterraneo. Si possono così riconoscere diverse "idrostrutture", nelle quali le caratteristiche della circolazione idrogeologica sono caratterizzate da relativa omogeneità.

Le unità idrostrutturali sono impostate sui grandi corpi acquiferi costituiti dal Calcarea di Esino e la Dolomia Principale e suddivisi da limiti costituiti da contatti con complessi a minore permeabilità, assi fluviali drenanti e importanti elementi geostrutturali.

Si identificano n.4 Unità Idrostrutturali (vedi Figura 180):

- Unità Idrostrutturale Nossana
- Unità Idrostrutturale Parina-Vedra
- Unità Idrostrutturale Alben
- Unità Idrostrutturale Dossena.

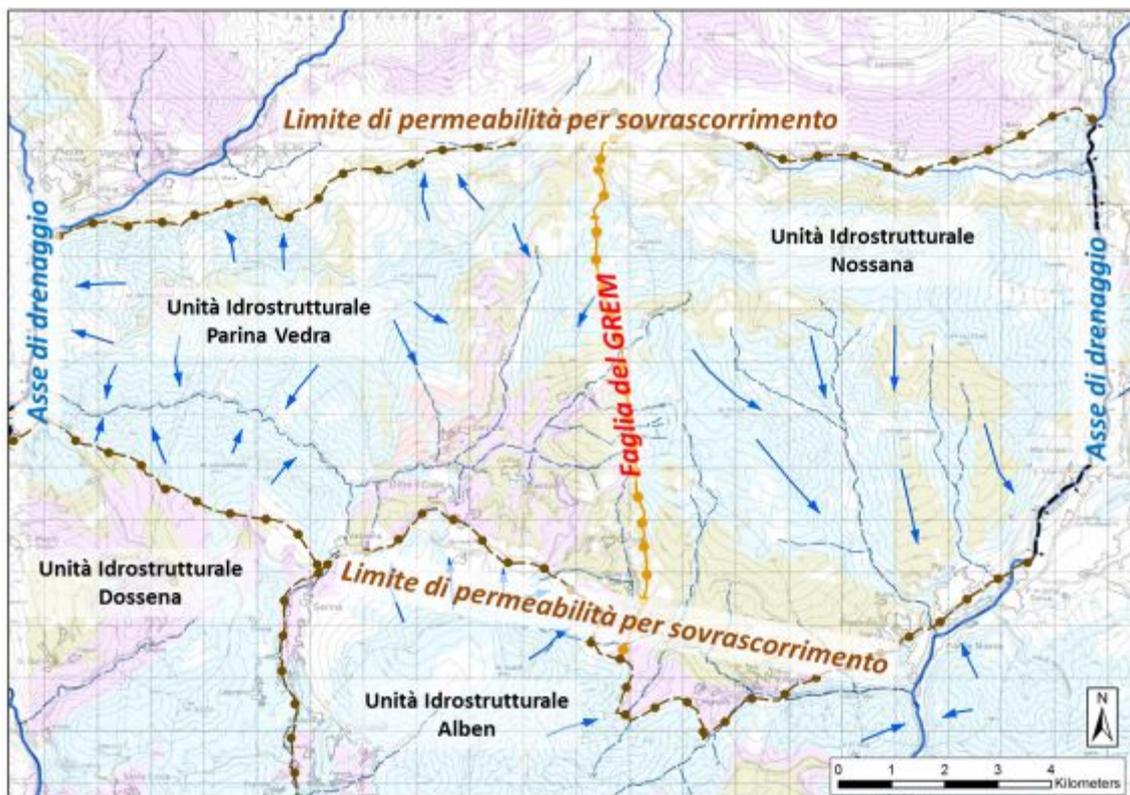


Figura 180 - Quadro generale delle Unità Idrostrutturali con limiti.

I limiti di queste Unità Idrostrutturali sono identificati con:

- settore nord: il lineamento tettonico Valtorta-Valcanale che mette a contatto il Calcarea di Esino, lungo la Valle Secca, con la formazione del Verrucano lombardo, che prosegue verso est lungo la Val Canale fino alla confluenza con il fiume Serio;
- settore est: l'asse del fiume Serio;
- settore ovest: asse del fiume Brembo;
- settore sud da est a ovest: faglia di Clusone, che mette a contatto il Calcarea di Esino con le formazioni di San Giovanni Bianco e di Gorno (bassa permeabilità);

- settore centrale: il contatto tra la Unità Parina Vedra con la Unità Nossana è costituita dalla c.d. Linea del Grem, un sistema di faglie ad andamento N-S a cinematica prevalentemente trascorrente che porta a contatto il calcare di Esino a est con le unità a bassa permeabilità della formazione di Gorno e della formazione di San Giovanni Bianco ad ovest e, più a nord, con la formazione di Breno e il calcare metallifero. Il ruolo di tale struttura sarà maggiormente dettagliato nel paragrafo di analisi della circolazione idrogeologica drenata dalla discenderia Riso-Parina.

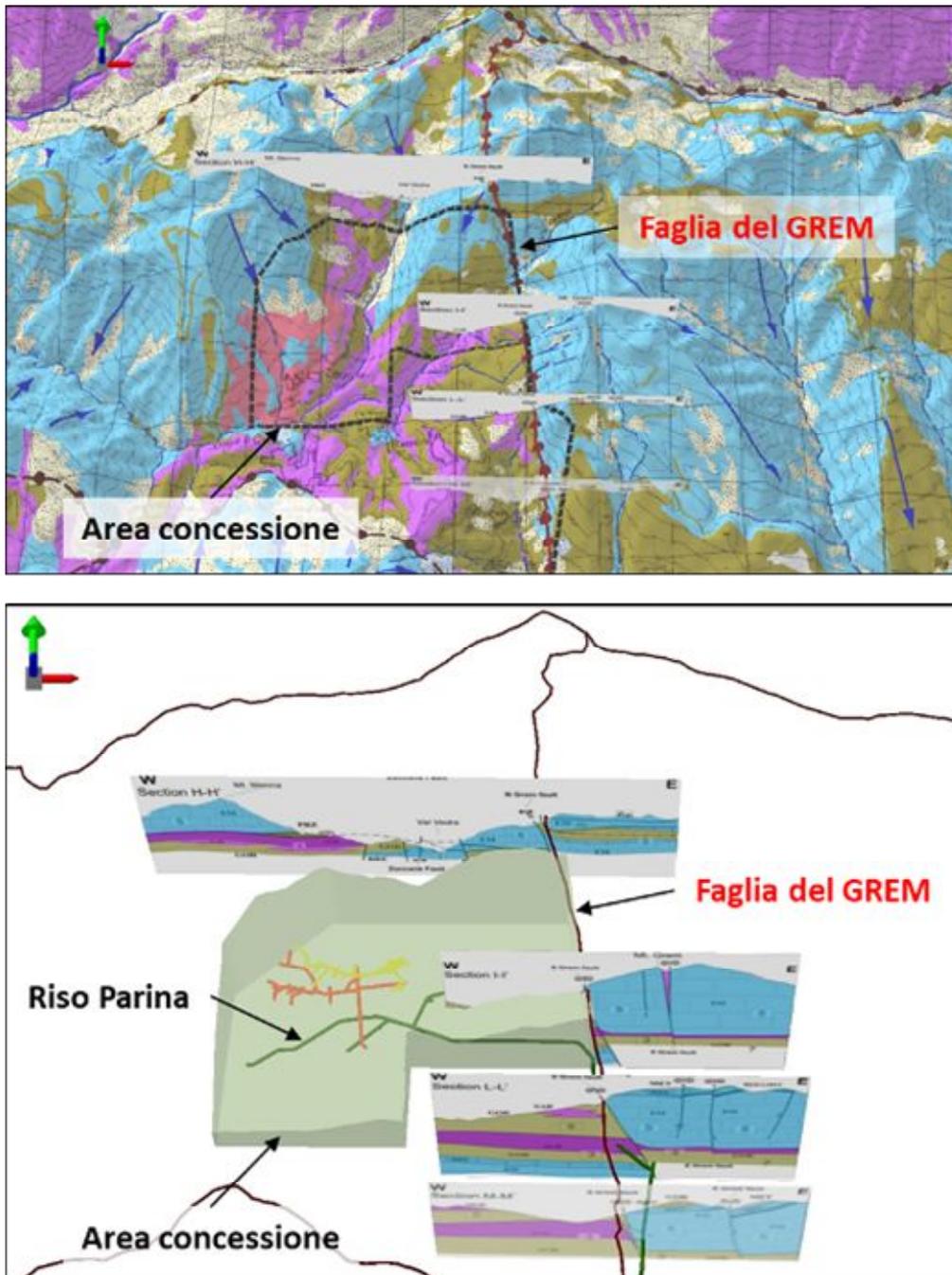


Figura 181 - Schema idrogeologico 3D (fonte Ph.D. dott. D'Adda, Università Milano, modificato) della faglia del Grem con evidenziati i complessi idrogeologici.

Unità Idrostrutturale della Val Nossana

L'unità è compresa tra la faglia del Grem ad ovest, la dorsale pizzo Arera - M. Secco a N, l'asse drenante del fiume Serio a est e la faglia di Clusone (sovrascorrimento) a sud. L'area di ricarica e alimentazione si colloca in corrispondenza dei rilievi dell'Arera, Cima del Fop e M. Secco, caratterizzata per lo sviluppo di forme carsiche che ne aumentano l'efficacia. Il deflusso principale, che avviene prevalentemente all'interno del calcare di Esino, ha direzione circa SE-SSE e il recapito principale è rappresentato dalle sorgenti localizzate tra Parre e Premolo, di cui la sorgente Nossana rappresenta quella di maggior portata.

La permeabilità documentata dalla letteratura idrogeologica frequentemente supera i 10 m/giorno e la trasmissività è molto elevata, considerato lo spessore delle rocce carsificate e fratturate e supera i 100 m²/giorno.

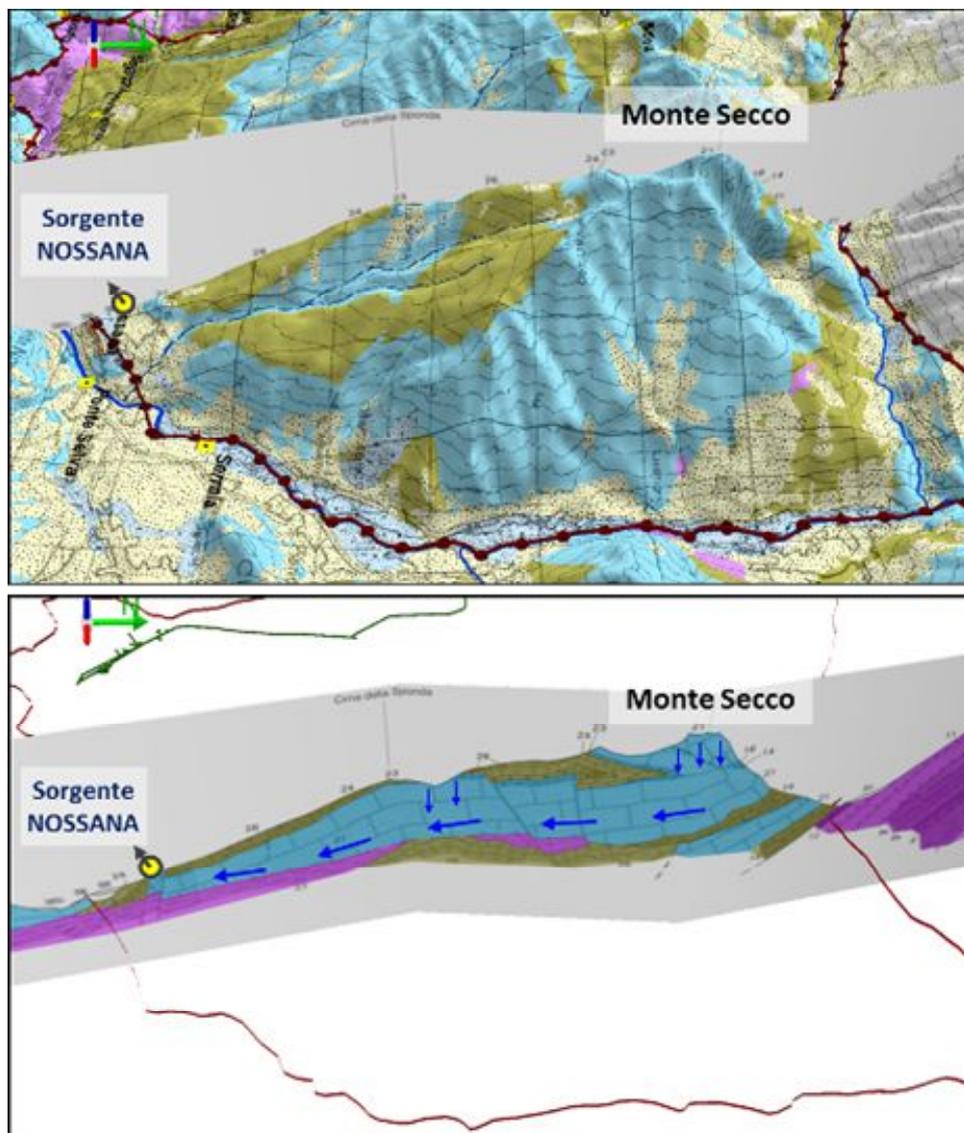


Figura 182 - Unità Idrostrutturale Nossana, circolazione idrica sotterranea e alimentazione della sorgente Nossana.

Unità idrostrutturale della Val Parina- Val Vedra

È delimitata a Est dalla faglia del Grem, a Ovest dalla val Brembana e a Nord dalla Valsecca di Roncobello, mentre a Sud dalla faglia di Clusone che la divide dall'unità idrostrutturale di Dossena. Tale unità ospita nella sua parte più occidentale una circolazione idrica profonda, localizzata principalmente all'interno del Calcere di Esino con direzione di flusso principale ovest-sud ovest, il cui probabile recapito è rappresentato dalle sorgenti localizzate nel fondo valle della val Brembana nei pressi di Scalvino. In questo settore, la Val Parina funge da asse drenante delle circolazioni comprese nel calcare di Esino (vedi Figura 183).

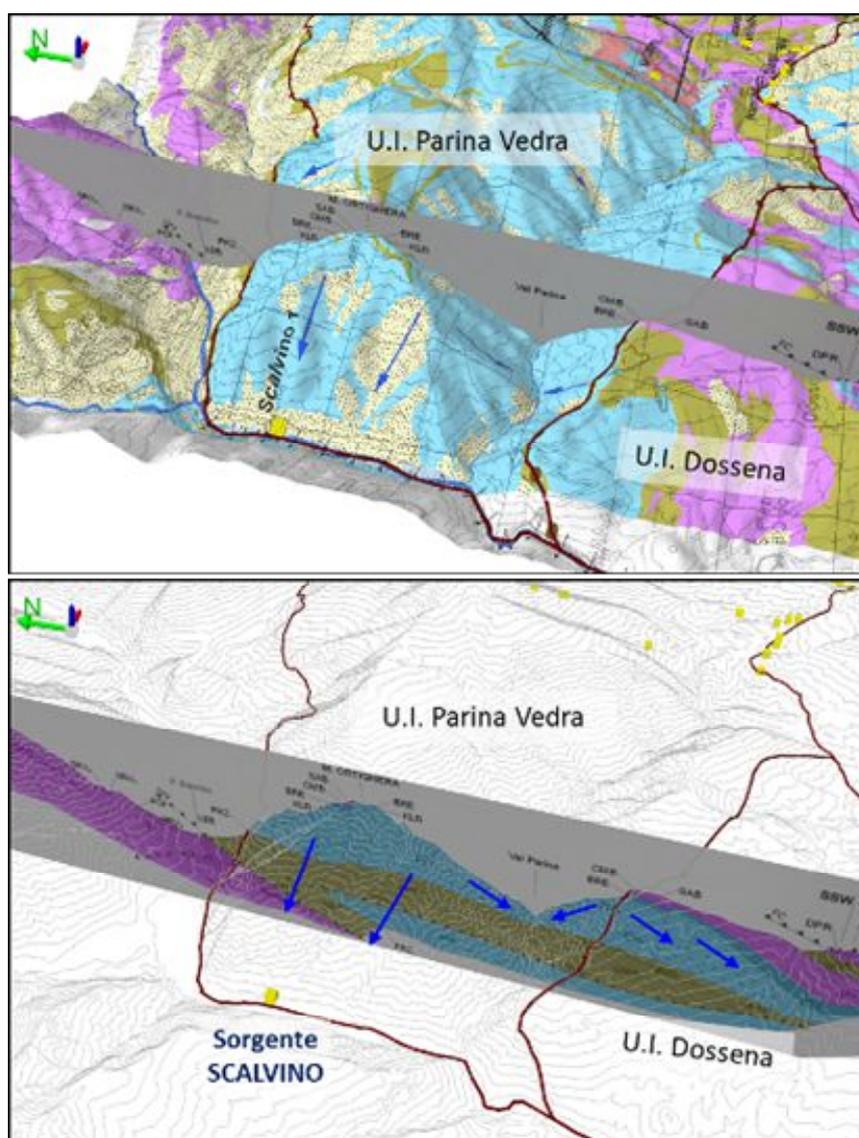


Figura 183 - UI Parina Val Vedra (porzione occidentale) e Dossena, profilo idrogeologico schematico e direzione di deflusso sotterraneo (freccie azzurre).

Nel settore più orientale, lungo la Val Parina che attraversa l'area del Progetto, si trova il contatto tra il Calcere di Esino che forma la parte superiore dei rilievi e i calcari di Camorelli e, in seguito,

con la formazione di San Giovanni Bianco. Questa formazione rappresenta un livello impermeabile che permette alle acque che circolano nelle formazioni calcaree poste al tetto, di venire a giorno, formando le sorgenti della zona (Grumelli e Clepa).

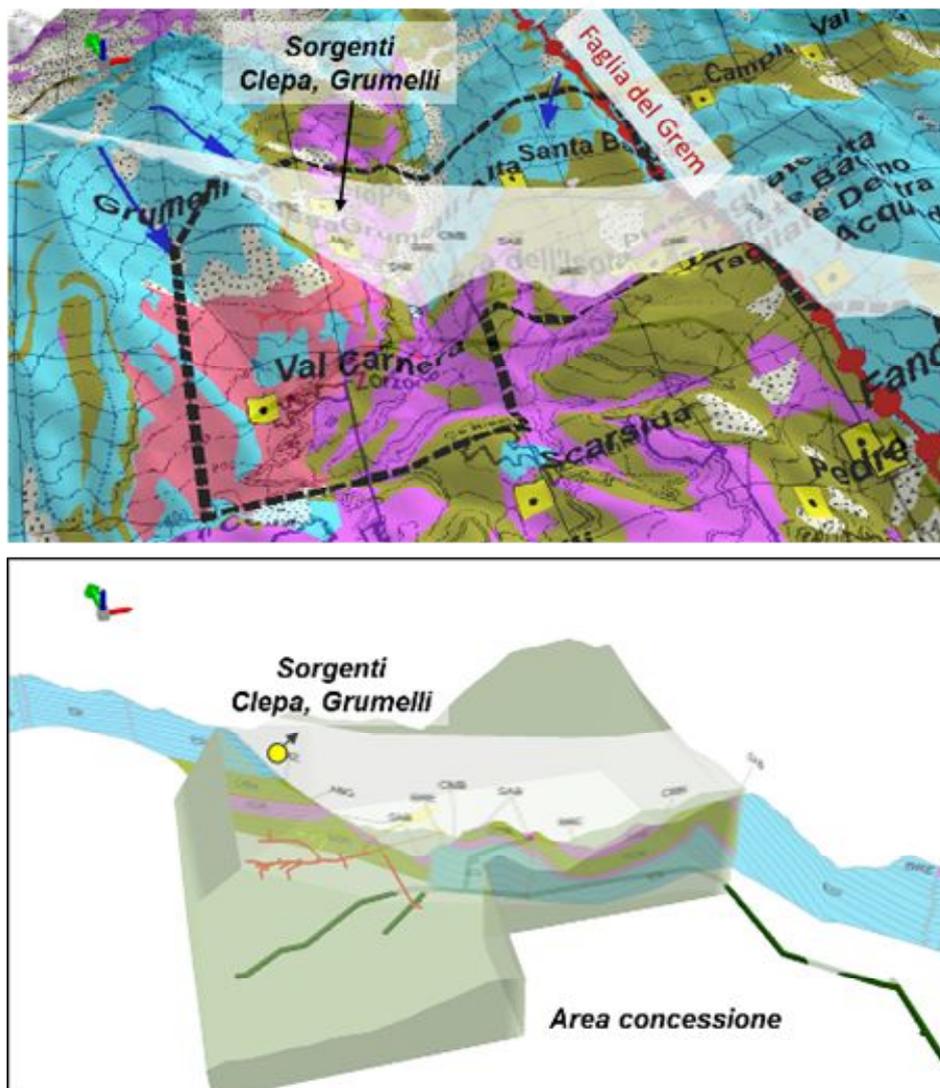


Figura 184 - U.I. Parina Vedra (porzione orientale) e sorgenti maggiori, dettaglio della zona di concessione e profilo idrogeologico schematico.

Unità idrostrutturale di Dossena

È ubicata tra la val Brembana a Ovest e la Val Serina a Est. La direzione di deflusso ipotizzata e principalmente diretta da Est a Ovest e il recapito principale, nell'area oggetto di studio, sono le sorgenti della Goggia in val Brembana.

Il limite tra la Unità Idrostrutturale Dossena con la Unità di Parina Vedra non è identificato nell'asse vallivo della Val Parina ma quasi in cima al versante sud, al contatto (faglia di Clusone) tra il complesso calcareo dolomitico (Calcare di Esino, Formaz. di Breno) e il complesso arenaceo siltitico a bassa permeabilità che qui affiora con la formazione delle Arenarie di Val Sabbia.

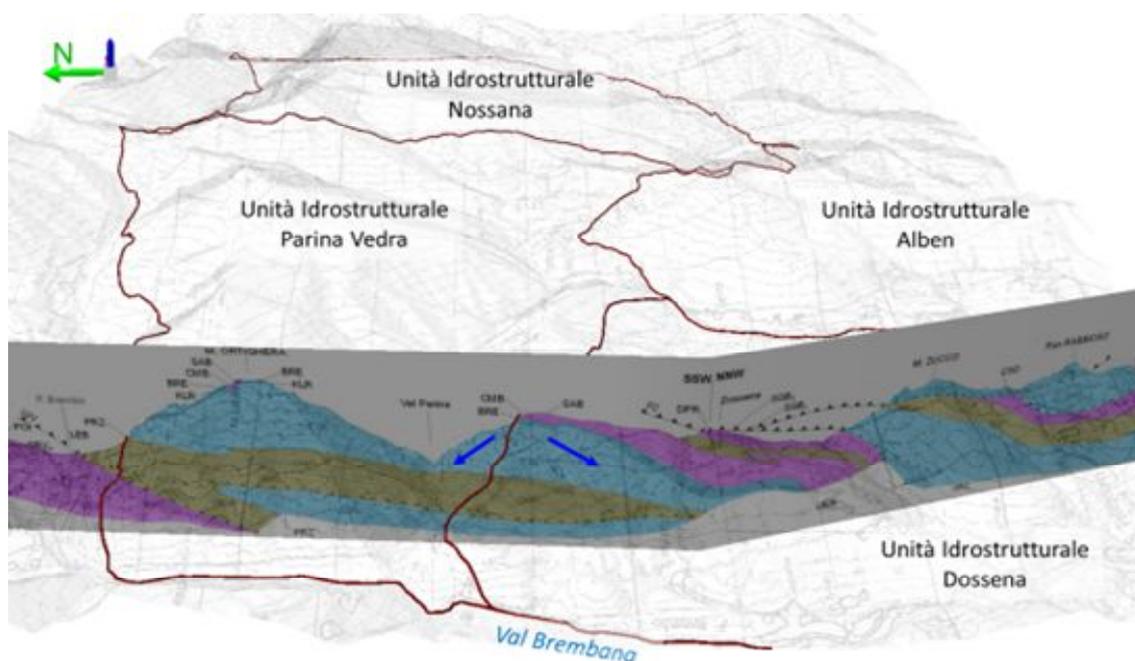


Figura 185 - Rapporti tra U.I. Parina Vedra e U.I. Dossena. Le direzioni di deflusso sotterraneo evidenziano il limite individuato dalla faglia di Clusone.

Nel margine occidentale, la correlazione diretta tra l'ambiente carso-minerario di Dossena e lo sbocco delle Sorgenti della Goggia, collocato lungo l'alveo del Brembo tra Lenna e Camerata Cornello, è stato oggetto di diversi approfondimenti e studi, che trovano ampi riscontri nelle pubblicazioni dello Speleo Club Orobico del C.A.I. In particolare, una campagna d'indagine mediante traccianti, denominata "Brembo Verde" ha confermato la presenza di un complesso carsico unitario collegato alle sorgenti della Goggia.

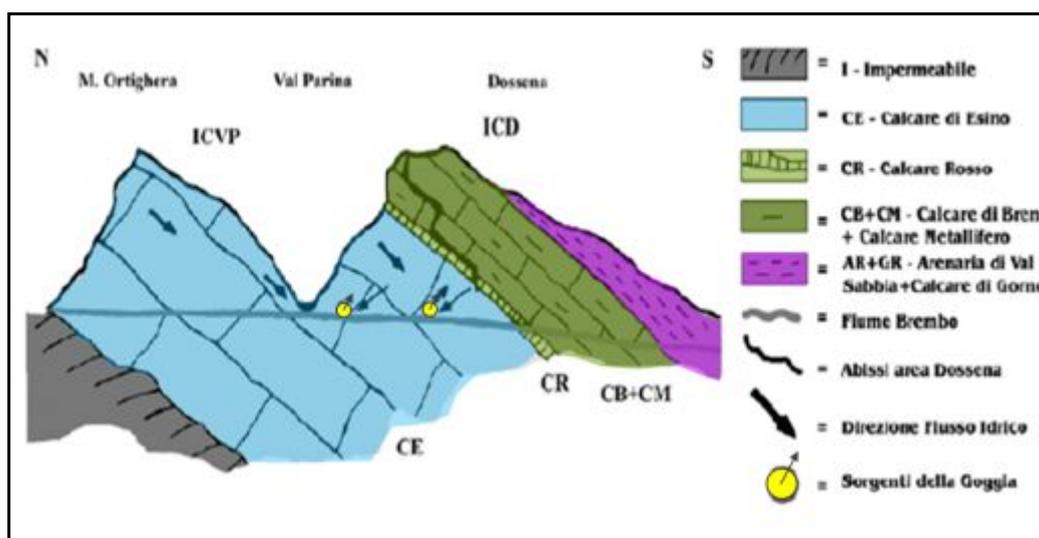


Figura 186 - Rapporti stratigrafici e idrogeologici tra le unità idrostrutturali della val Parina (ICVP) e di Dossena (ICD) (da Pozzo M., 1994).

Unità idrostrutturale del M. Alben

Si colloca a sud-ovest della valle del Riso e, da un punto di vista strutturale, della faglia di Clusone. È costituita principalmente da Dolomia Principale, caratterizzata da permeabilità media e soprattutto da notevoli spessori.

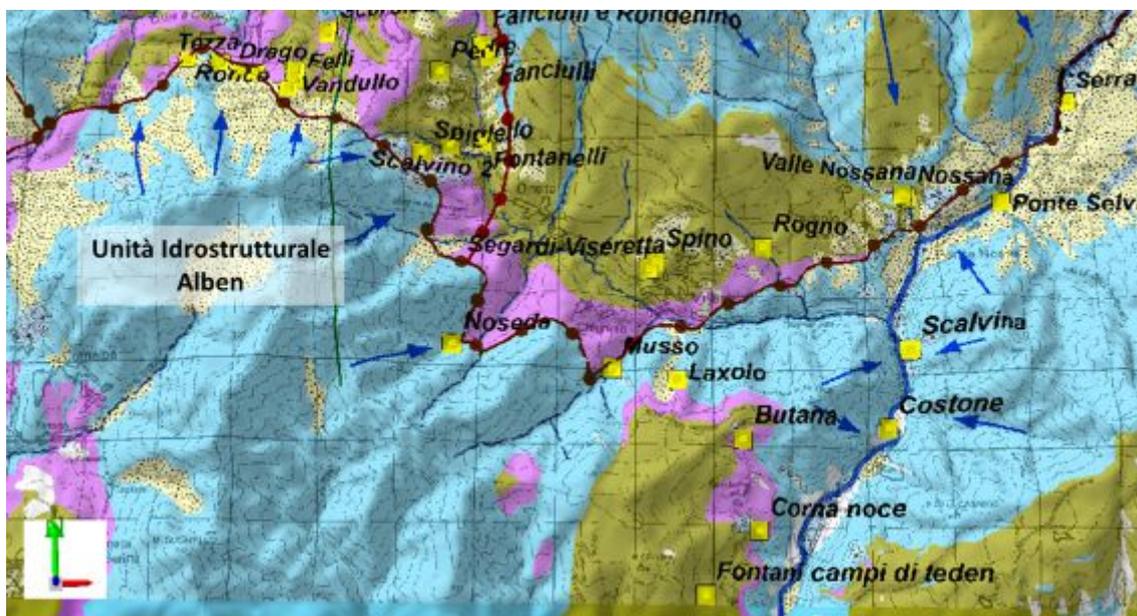


Figura 187 - Unità Idrostrutturale Monte Alben, sorgenti principali e direzione di deflusso idrico sotterraneo.

La direzione di deflusso e drenaggio delle acque sotterranee avviene:

- nella porzione orientale verso nord, verso il contatto (tramite la faglia di Clusone) con la Formazione di San Giovanni Bianco e originando le sorgenti di Ronco, Tezza, Drago, Nosedo, etc...
- nella porzione orientale, verso gli assi di drenaggio topografico tra i quali il fiume Serio è il maggiore e originando le sorgenti del Costone e Scalvina.

In definitiva, tale unità risulta separata dalle precedenti tramite rocce poco permeabili appartenenti prevalentemente al Gruppo di Raibl che hanno ruolo di acquiclude (Figura 188).

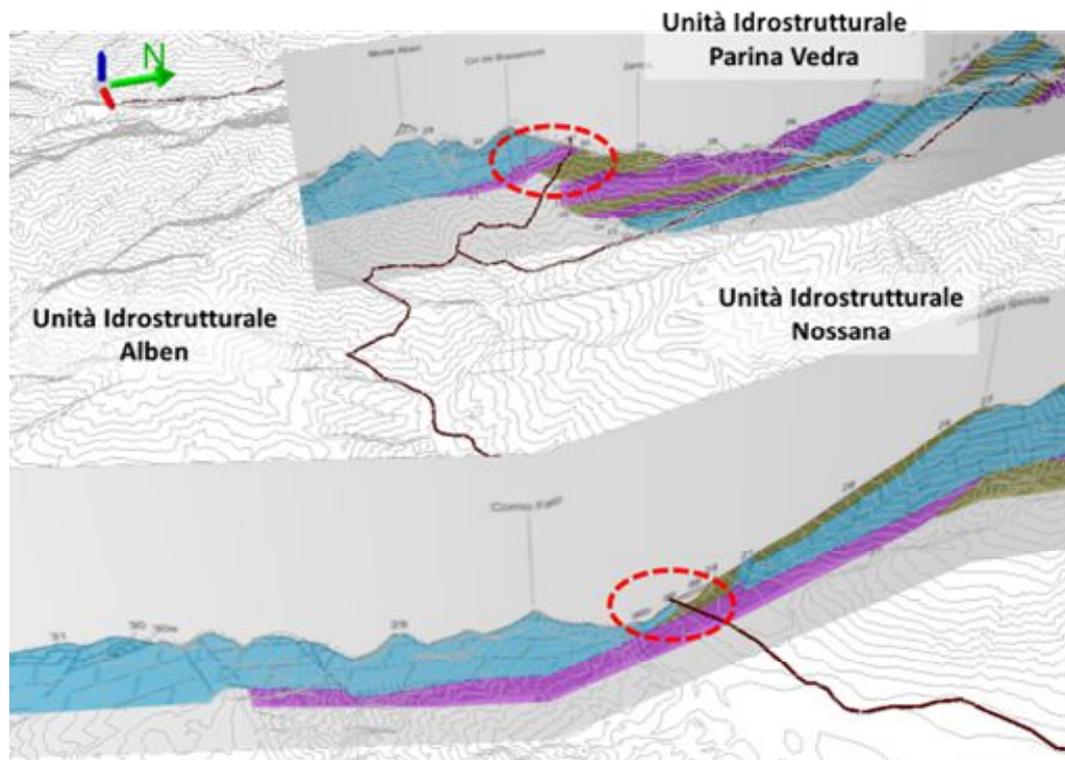


Figura 188 - Rapporti tra U.I. Alben e U.I. Nossana (profilo in basso) e U.I. Parina Vedra profilo (in alto.) Nel cerchio rosso il limite (faglia di Clusone) costituito dalle formazioni a bassa permeabilità.

Sistema delle sorgenti

Le numerose sorgenti che caratterizzano il più ampio ambito territoriale, che da Oltre il Colle raggiunge il fondovalle seriano tra Ponte Nossana e Casnigo, si trovano in parte a dover ottemperare alle richieste di acqua potabile nei confronti di un bacino d'utenza sicuramente elevato in termini numerici, basti pensare alla Sorgente Nossana che garantisce, con una portata media di 500 l/s, l'approvvigionamento idrico di 35 comuni dell'area bergamasca, oltre che alla Città di Bergamo e al Consorzio Servizi Bacino del Serio.

La distribuzione delle captazioni insiste su sette ambiti amministrativi, tra cui Oltre il Colle, Oneta, Premolo, Parre, Gorno, Ponte Nossana e Casnigo.

La vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi si definisce come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita M.; 1987).

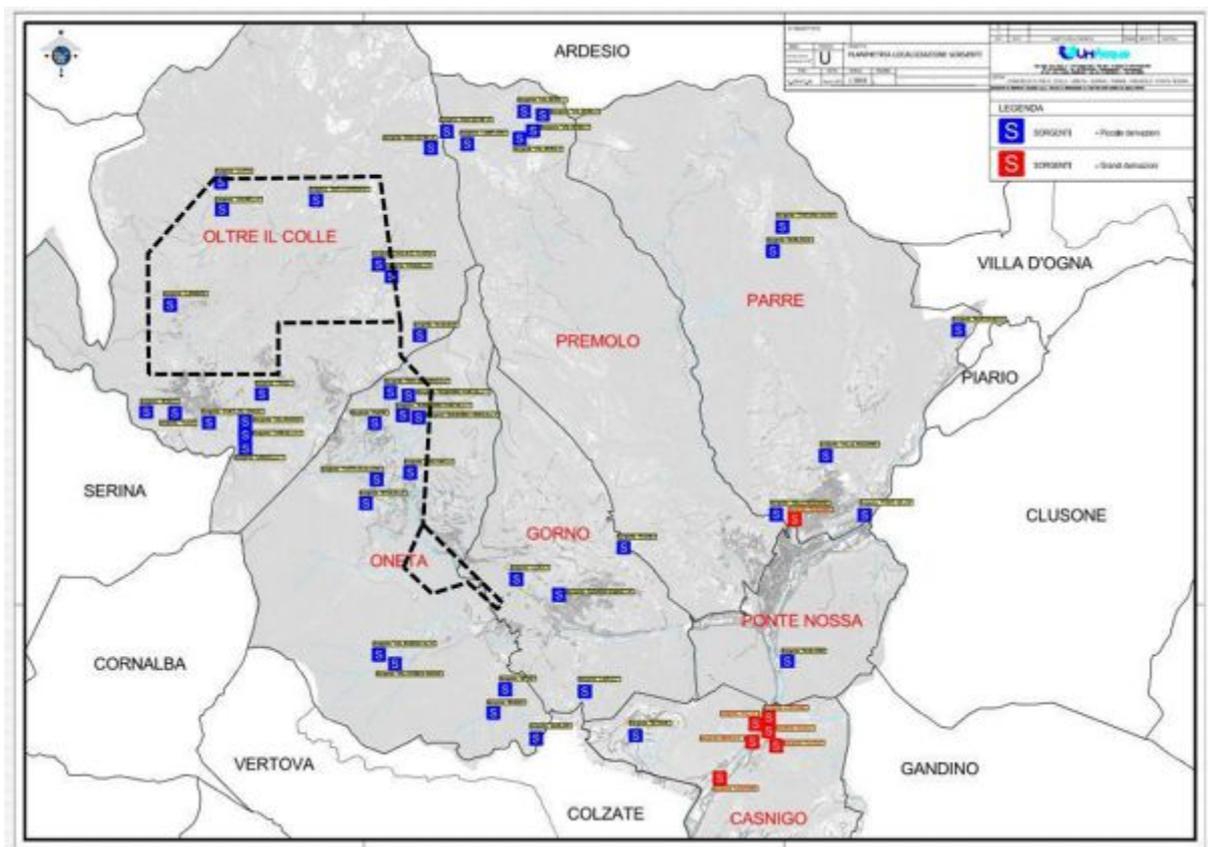


Figura 189 - Distribuzione delle principali fonti idropotabili (Fonte Uniacqua 2014) e ubicazione area della concessione (tratteggio nero).

Considerata l'articolata complessità dell'ambito d'indagine nella descrizione del sistema delle sorgenti e della relativa vulnerabilità delle stesse si è proceduto attraverso per una suddivisione in gruppi omogenei direttamente correlati alla Unità idrostrutturali riconosciute e definite in dettaglio nei paragrafi precedenti. In ragione delle caratteristiche strutturali, geologiche e morfologiche del territorio, che stanno alla base delle emergenze idriche, sono stati considerati e descritti i seguenti gruppi di sorgenti.

In dettaglio:

- le Sorgenti del Ponte del Costone;
- la Sorgente Nossana;
- le Sorgenti Val Mora di Premolo;
- le Sorgenti di Oneta;
- le Sorgenti dell'Alben;
- le Sorgenti della alta Val Parina;
- le Sorgenti della zona meridionale del Monte Menna.

Le sorgenti del Ponte del Costone (Unità idrostrutturale M. Alben)

Le sorgenti del Ponte del Costone sono poste in prossimità dell'omonimo ponte del Costone, in corrispondenza della destra orografica del Fiume Serio. Sono classificabili come sorgenti di fondovalle in roccia fessurata che emergono per l'effetto di drenaggio che l'asse vallivo esercita.

L'acquifero è costituito dalle Dolomia Principale il cui ammasso è pervaso da una fitta rete di discontinuità e fessure carsificate. Complessivamente queste sorgenti forniscono una portata media di 300 l/s.

Il bacino di alimentazione è rappresentato dall'Unità Idrostrutturale del Monte Alben, costituito dal complesso idrogeologico calcareo dolomitico di permeabilità medio-elevata e soprattutto caratterizzata da elevato spessore.

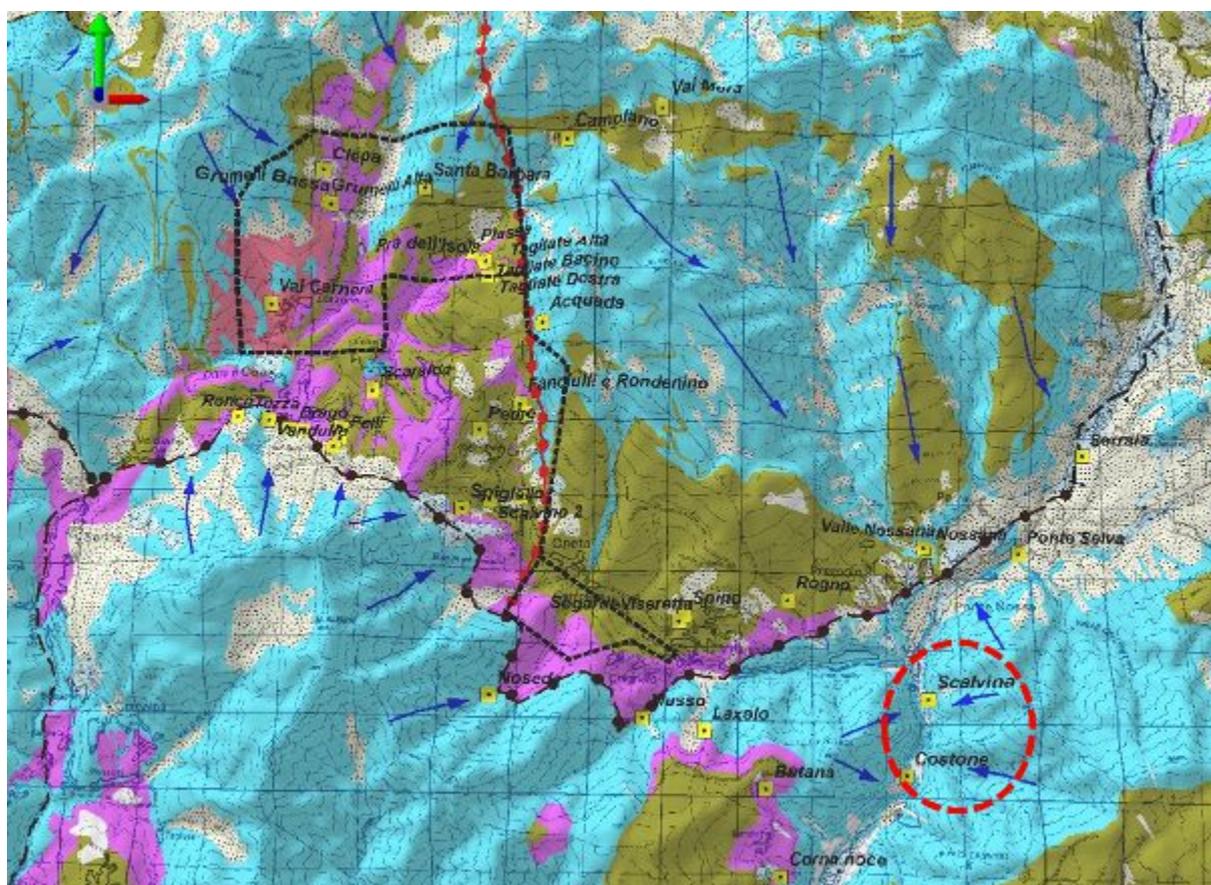


Figura 190 - Ubicazione delle Sorgenti del Ponte del Costone e Area Concessione EMI.

La sorgente Nossana (Unità idrostrutturale Val Nossana)

La sorgente Nossana, che rappresenta una delle principali fonti di approvvigionamento idrico della provincia di Bergamo è collocata ad una quota di 474 m. s.l.m. a circa 600 metri a monte della confluenza tra il Torrente Nossana e il Fiume Serio, ubicata rispettivamente nei Comuni di Parre e Premolo.

Il bacino idrografico sotteso dalla sorgente Nossana ha una superficie pari a circa 24,71 km² che interessa i territori comunali di Parre, Premolo e Ponte Nossana, segnandone a tratti i confini.

Il bacino è chiuso a Nord dalla cresta spartiacque sottesa tra le cime del Pizzo Arera, di Valmora, di Leten, del Monte Secco; su Parre lo spartiacque corre in modo articolato dal Monte Secco alla Scala della Forcella, fino alla chiusura sul Serio; a Ovest (Premolo) è delimitato dal crinale che corre tra il Pizzo Arera, il monte Golla e Costa Bruciata. Il fianco occidentale del bacino è limitato dalla faglia del Grem, che costituisce un limite impermeabile e divide l'Unità Idrostrutturale Nossana dalla Parina Vedra.

Il bacino è principalmente costituito dalle rocce carbonatiche del Calcarea di Esino, parzialmente ricoperte in alcune aree dai calcari marnosi della formazione di Gorno e presenta notevoli dislivelli (dai circa 500 m s.l.m. della Sorgente Nossana, alla quota più alta di oltre 2000 m s.l.m. del Pizzo Arera).

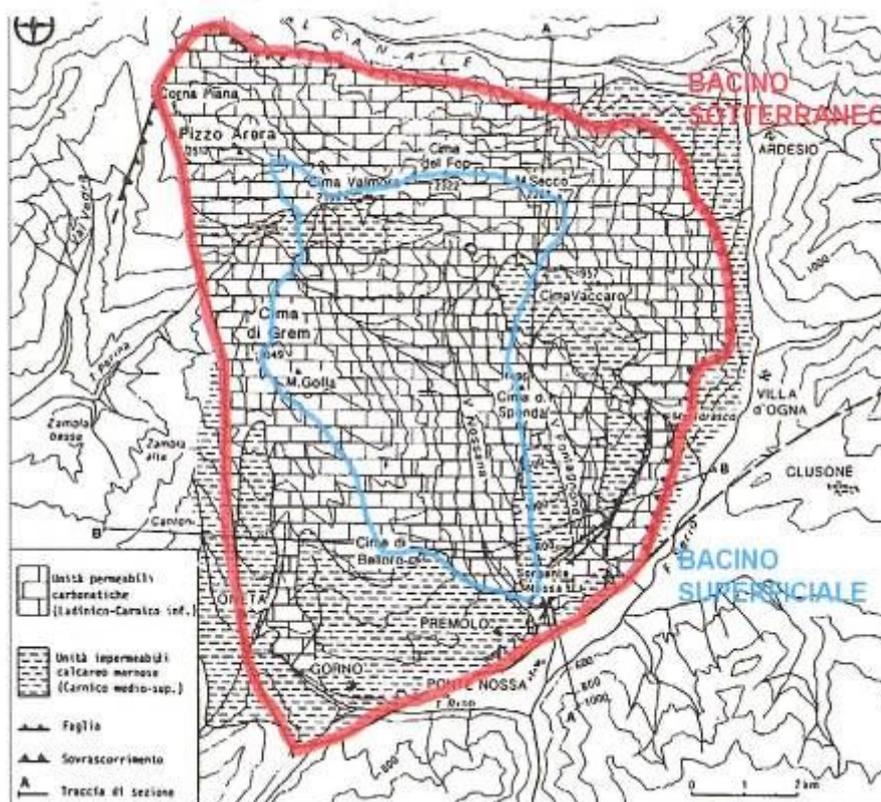


Figura 191 - Carta idrogeologica con individuazione del bacino sotterraneo (rosso) e superficiale della Sorgente Nossana (Jadoul, Pozzi, Petrin).

La notevole estensione del bacino di alimentazione della sorgente ne spiega, almeno in parte, l'elevata portata (mediamente 3 m/s), mentre il suo regime estremamente variabile (con portate che oscillano tra 0.6 e 20 m/s) è strettamente connesso alla natura carsica con condotti carsici ben interconnessi (Jadoul et al., 1985), che si sviluppano all'interno di un'ampia sinclinale nella

Formazione del Calcare di Esino, in contatto tettonico con le sottostanti formazioni marnose (Calcare Metallifero Bergamasco, Formazione di Gorno e di San Giovanni Bianco).

Nel periodo 2004 – 2013 (comunicazione UNIACQUE, rivista *Panta Rei*) si è attestata attorno ad una media di 3540 l/s, dando origine ad un deflusso idrico sotterraneo stimato pari a 111 milioni di m³/anno. Considerando che nello stesso periodo si è registrata una piovosità media annua di 1897.3 mm e una evapotraspirazione media annua di 543.2 mm sul bacino idrogeologico, si osserva come circa il 90% delle precipitazioni si sia trasferito direttamente nel sottosuolo e poi emerso nella sorgente.

La Nossana si configura quindi come una sorgente di tipo carsico, ma al tempo stesso è legata al sovrascorrimento delle unità carbonatiche fessurate e permeabili ladiniche (Calcare di Esino) e carniche (Formazione di Breno e Calcare Metallifero Bergamasco) sulle rocce carniche marnose e argillitiche impermeabili della Formazione di San Giovanni Bianco e della Formazione di Gorno.

La superficie di scorrimento (che non affiora perché è in profondità, vedi Figura 192, in basso) rappresenta così il livello impermeabile che raccoglie e sostiene l'acquifero. Il lineamento detto Faglia di Clusone, delimita l'acquifero a Sud e innalza le rocce impermeabili, facendo emergere le acque sotterranee nel punto noto, in corrispondenza dell'intaglio della valle Nossana.

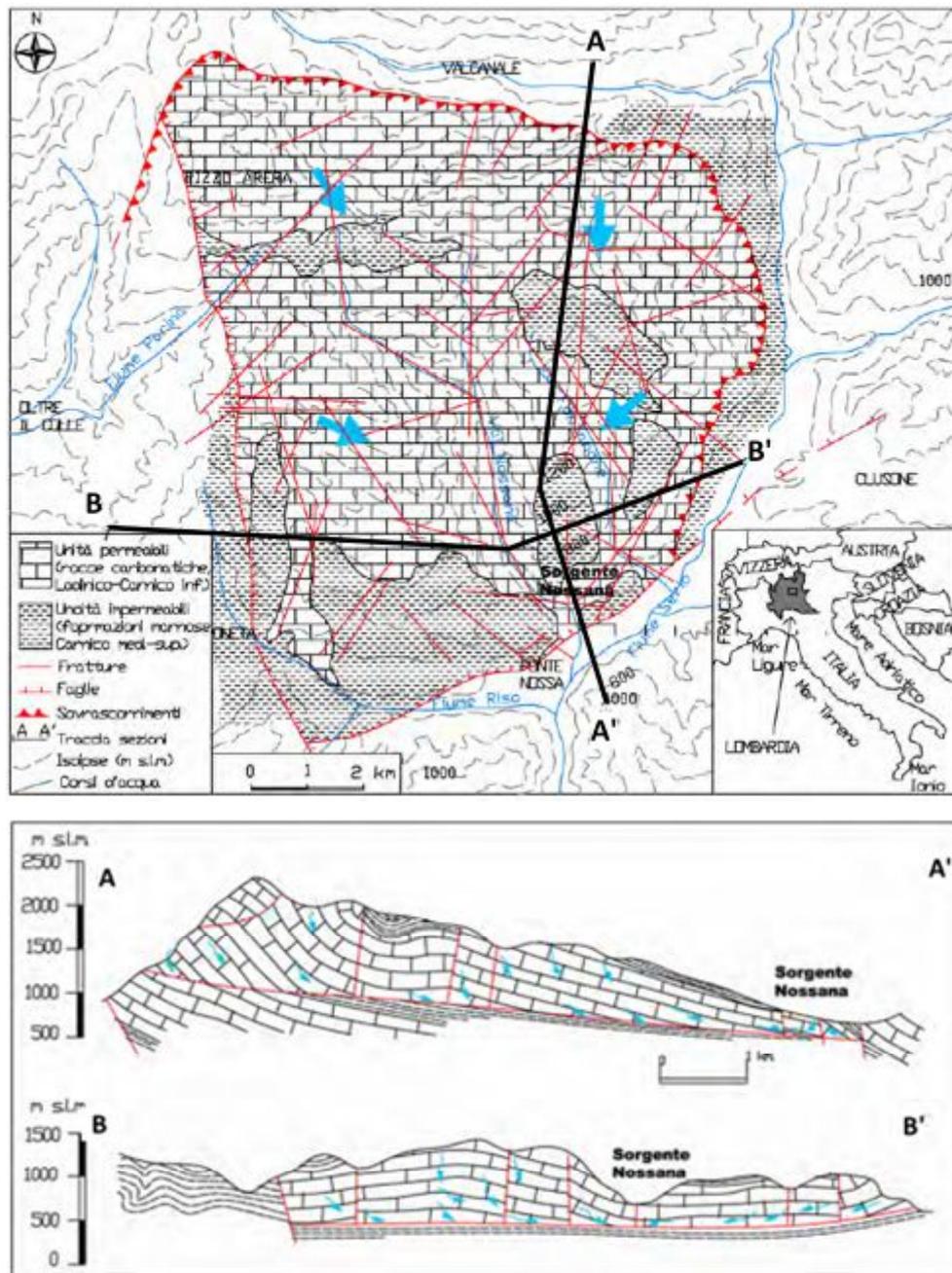


Figura 192 - Carta idrogeologica (sopra) e sezioni idrogeologiche (sotto) del bacino di alimentazione della Sorgente Nossana. Le frecce indicano le direzioni principali del deflusso sotterraneo (da Chardon, 1974, modificata).

La sorgente è costituita da una serie di polle d'acqua in pressione localizzate in un allargamento dell'alveo del torrente Nossana che sono raccolte tramite un sistema di vasche.



Figura 193 - Sorgente Nossana, bacino di raccolta.

Le sorgenti di Val Mora - Camplano a Premolo

Il gruppo di sorgenti Val Mora/Camplano si collocano all'estremità settentrionale del territorio comunale di Premolo. Il gruppo delle quattro sorgenti di Camplano riforniscono la rete acquedottistica di Oltre il Colle e si trovano in località Le Sponde divise in due gruppi a quote distinte. Un gruppo (Camplano Alta) tra le quote 1825 m s.l.m. (Valle del Pizzo) e 1815m s.l.m. (Val Parina, lungo l'alveo) e altre due nelle vallecole che scendono dal pianoro di baita Camplano (m 1775 s.l.m. "Camplano Bassa"). Le acque delle venute più alte sono convogliate verso la sorgente di "Camplano Bassa" dove, mediante un'unica tubazione, alimentano l'acquedotto comunale di Oltre il Colle. La portata media delle singole sorgenti è piuttosto modesta, compresa tra 0,1-1,0 l/sec.

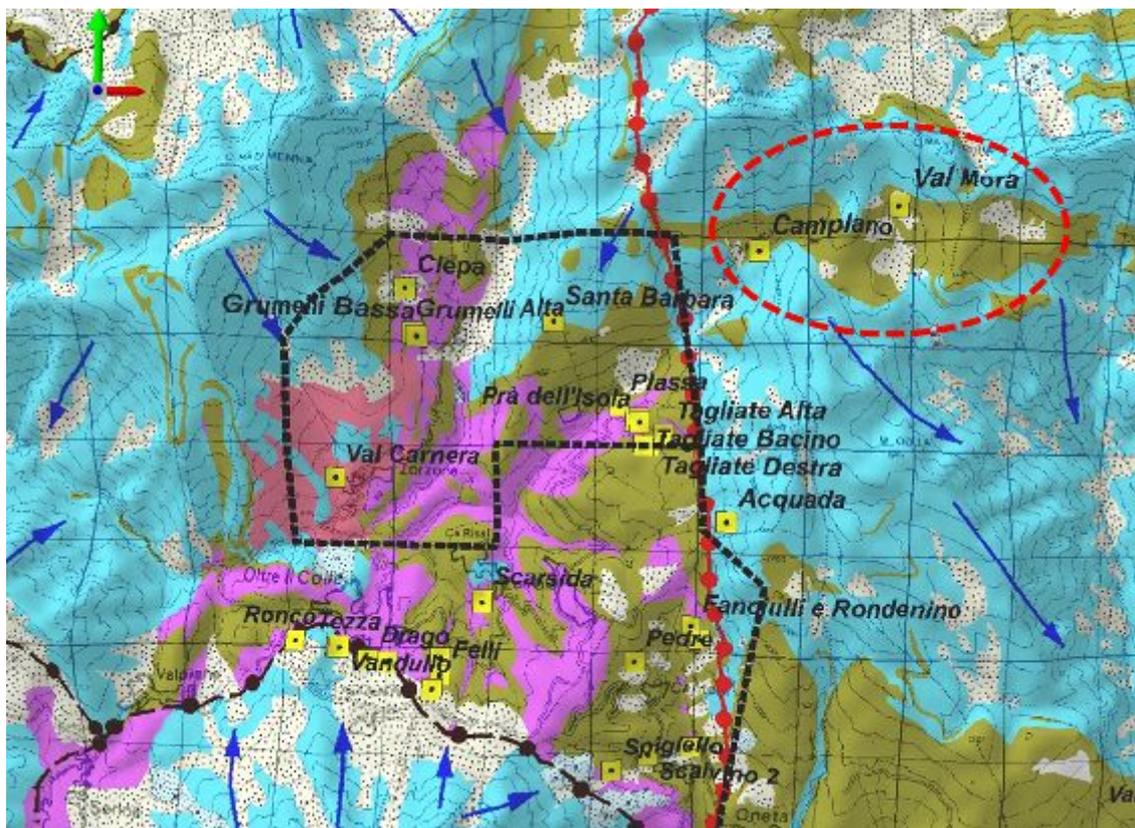


Figura 194 - Posizione delle sorgenti Val Mora e Camplano (cerchio rosso). In nero, area concessione.

Anche in questo caso le sorgenti scaturiscono in corrispondenza del contatto tra i calcari di Esino, che costituiscono il serbatoio e i livelli marnosi a bassa permeabilità impermeabili della Formazione di Gorno, interessata da un sistema di faglie NNE-SSO e piegata in una sinclinale che favorisce la formazione di un “serbatoio” idrogeologico.

La sorgente di “Valmora” è costituita da otto scaturigini ubicate sui versanti destro e sinistro della valle Gorgolina; le acque captate sono convogliate ad una camera di partenza dell’acquedotto Valmora posta a m 1758 s.l.m.. Da questa partono due condotte: la prima alimenta il serbatoio di Bratte a m 776 s.l.m. e gran parte di Premolo, l’altra serve baita Valmora e l’abbeveratoio a m 1728 s.l.m. La portata media dell’insieme delle sorgenti nei periodi di magra è di circa 1,0 l/sec (potenziabile a 3,0 l/sec secondo alcune ipotesi), mentre nei periodi di piena raggiunge 10 l/sec. L’acquifero che alimenta la sorgente si ritiene sia costituito dalle rocce della formazione di Gorno fratturate e ripiegate in una sinclinale connessa al sovrascorrimento del Calcare di Esino che costituisce il “klippe” di vetta del Pizzo Arera; l’emergenza avviene in corrispondenza dei livelli più marnosi impermeabili sottostanti agli strati fratturati.

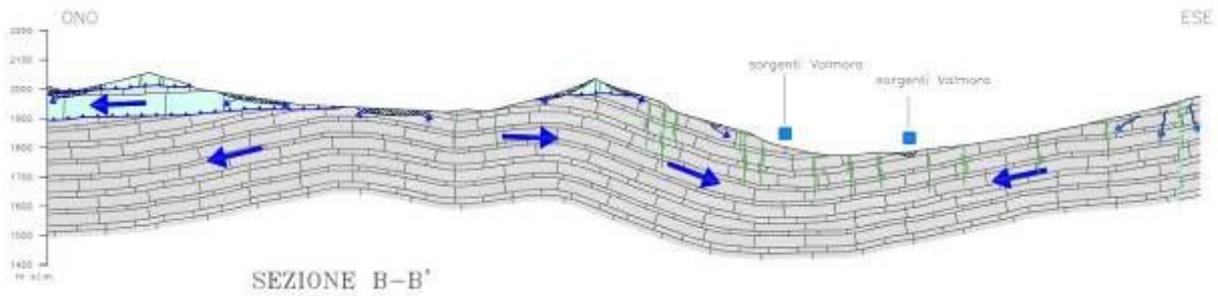


Figura 195 - Sezione idrogeologica rappresentativa del sistema di sorgenti Valmora (Geoter 2008).



Figura 196 - Opere di presa val Mora (sopra) Camplano (sotto).

Le Sorgenti Valmora-Camplano si configurano nella parte sommitale dell'Unità Idrostrutturale della Val Nossana e sono isolate dall'ambito dell'Unità Parina-Vedra dalla faglia del Grem, trascorrente destra ad andamento NS, lungo il cui piano di scorrimento si registra la presenza

diffusa di fasce milonitizzate con spessori fino a 3 metri, che rappresentano locali fronti impermeabili¹.

A differenza della Nossana, queste sorgenti sono caratterizzate da portate modeste a causa del limitato bacino di alimentazione e ricarica che si realizza nella parte sommitale dell'Unità Idrostrutturale, che risulta limitato a settentrione dal sovrascorrimento del calcare di Esino.

Nonostante le differenze in termini di circuitazione profonda tra la Nossana e le sorgenti del gruppo Valmora-Camplano, la conducibilità delle sorgenti si differenzia poco, indicando che per entrambe una rapidità di circuitazione in un massiccio calcareo uniforme.

nome sorgente	quota m s.l.m.	portata l/sec	temperatura aria °C	temperatura acqua °C	conducibilità µS	pH
Nossana	500	500-1400	6.0	9.0	330	7.48
Valmora-Bratte	776	1,0-10,0	5.9	3.8	230	8.00
Camplano-Pizzo	1825	1.20	4.0	4.3	227	8.41
Camplano-Parina	1815	1.80	9.5	3.0	248	8.10
Camplano-Alta	1840	0.20	11.8	4.1	292	7.95
Camplano-Bassa	1775	1.50	13.8	3.7	-	-
Lodrigno-Costa	675	-	19.0	12	310	7.35

Tabella 77 - Parametri idrochimici delle sorgenti di Premolo (Fonte Asl).

Le sorgenti di Oneta

Il gruppo di sorgenti si colloca nel settore settentrionale del territorio comunale di Oneta, prossime al colle di Zambla.

L'acquifero che le alimenta è costituito dall'ammasso della Dolomia Principale, interessato da un sistema di faglie e fratture dirette Nord Est-Sud Ovest e costituiscono le direttrici profonde che veicolano le acque verso i punti di emergenza. Le condizioni di emergenza sono poi facilitate dal contatto con le rocce a bassa permeabilità del complesso arenaceo siltitico (formaz. San Giovanni Bianco) e calcareo marnoso (formaz. di Gorno). L'alimentazione delle sorgenti è probabilmente integrata dalla presenza di coltri quaternarie (depositi di frana e coperture indifferenziate) che ricoprono l'ammasso roccioso e permettono l'immagazzinamento delle precipitazioni meteoriche.

¹ Eo-Alpine evolution of the central southern alps insights from structural analysis and new geochronological constraints, Paolo D'Adda, Milano 2010, University of Milano Bicocca

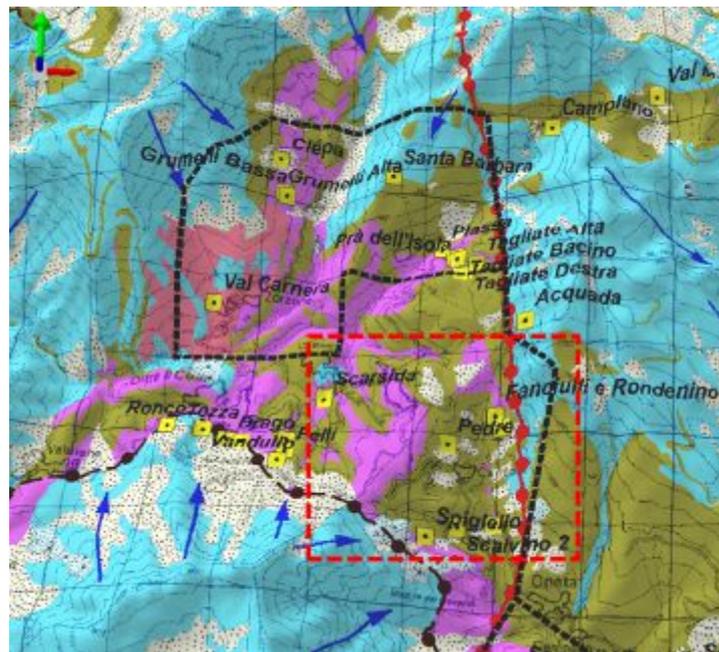


Figura 197 - Posizione delle sorgenti di Oneta (area in rosso). In nero, area concessione.

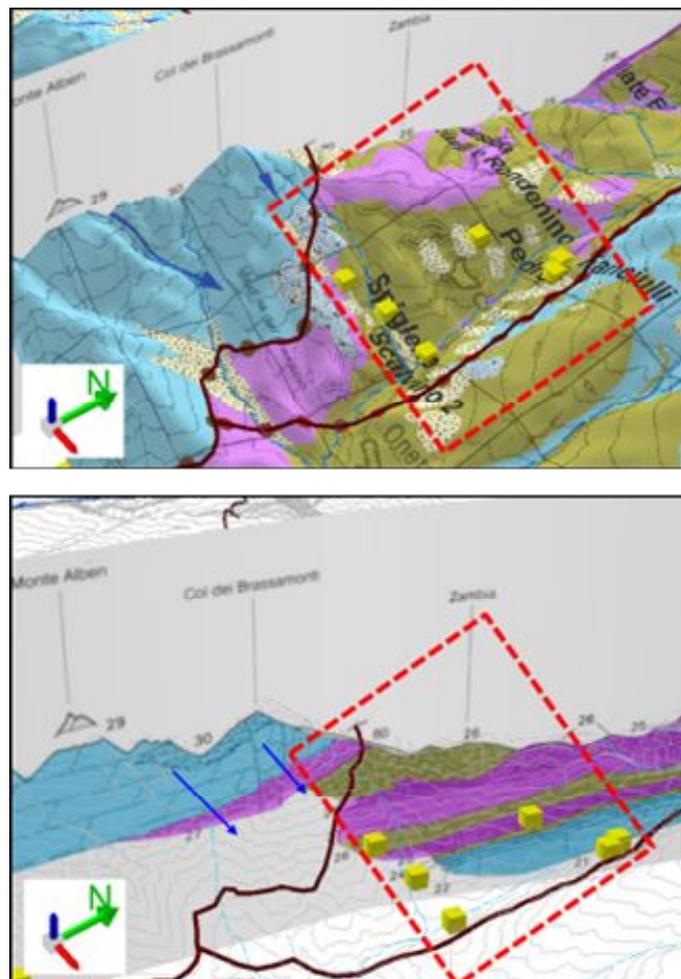


Figura 198 - Posizione delle sorgenti di Oneta (area in rosso) su schema idrogeologico 3D.

sorgente	quota m s.l.m.	portata stimata l/s	T aria °C	T acqua °C	pH	conducibilità µS/cm
Fontanelli	777	5	1,8	9,6	7,50	480
Foppa	875	4	3,4	8,8	7,67	339
Spigello	975	5,88	4,5	7,6	8,10	271
Pedre	1075	8,46	6,2	8,4	7,65	339
Rondenino 1	995	0,2	7,0	8,8	7,87	316
Rondenino 2	1020	1,1	7,0	8,8	-	-
Rondenino 3	990	1,0	7,0	8,8	7,90	332
Fanciulli	1100	1,0	-	-	7,91	333

Tabella 78 - Parametri idrochimici delle sorgenti di Oneta (Fonte Asl).

In termini di portata idrica, la maggiore è derivata della sorgente "Fontanelli", ubicata in località Molini a Scullera, con una portata variabile ma che può arrivare a 20 l/sec, che alimenta il capoluogo di Oneta e la contrada Campello di Gorno. I dati idrochimici disponibili evidenziano una conducibilità elettrica (480 µS/cm), più elevata per la presenza di solfati (70 mg/l, dati A.S.L.) dovuti alla contaminazione di livelli di gesso presenti nella formazione di San Giovanni Bianco.

A monte della sorgente Fontanelli sono ubicate altre due sorgenti: la "Foppa" (circa quaranta metri a valle della strada provinciale del Colle di Zambla) e la "Spigello" (qualche decina di metri sopra la sede degli Alpini); esse servono la frazione Scullera, le Cascine Zucco, il Santuario della Madonna del Frassino e le contrade Costa e Flin Nuovo. Entrambe le sorgenti sgorgano direttamente dalla roccia (Formazione di Gorno) e derivano dall'intercettazione dei flussi idrici sotterranei da parte di faglie e fratture. La portata media di ciascuna delle due sorgenti è di circa 4 ÷ 5 l/s; la conducibilità elettrica dell'acqua indica una mineralizzazione poco accentuata o media.

Procedendo verso nord si trova in gruppo delle sorgenti Fanciulli, Rondenino e Pedre ubicate nelle vicinanze della faglia del Grem. È probabile che l'alimentazione delle sorgenti Fanciulli e Rondenino benefici della vicinanza con i calcari di Esino (a destra del Grem), messi a contatto con la formazione di Gorno. La presenza dell'asse vallivo immediatamente a est della faglia e le strutture NE-SW che dislocano il contatto della struttura tettonica, permettono di bypassare localmente il limite idrostrutturale definito.

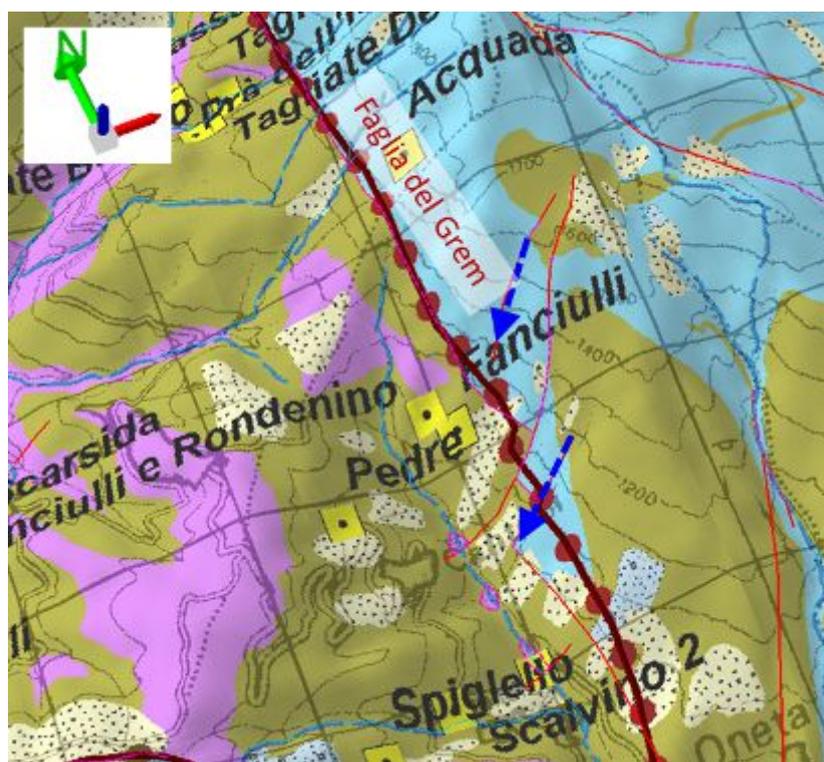


Figura 199 - Posizione delle sorgenti di Fanciulli Pedre e Rondenino su schema idrogeologico 3D. In azzurro le probabili direttrici di deflusso impostate su faglie secondarie del lineamento del Grem.

Le sorgenti della zona del monte Alben

Sono sorgenti ubicate lungo gli impluvi che scendono dal versante settentrionale dell'Alben, più in particolare dal Pian della Palla, poco a monte del centro abitato. L'ambito di interesse per tali sorgenti, considerando la probabile area di alimentazione, si estende verso sud sino allo spartiacque di Cima della Spada (Figura 200).

La sorgente Ronco si trova lungo la strada provinciale per Valpiana, in corrispondenza della valle Ronco; la sorgente Tezza è ubicata all'ingresso dei parcheggi seminterrati del complesso residenziale Litù, immediatamente ad Ovest dell'incrocio fra via Zucco e via Litù; la sorgente Drago si trova al civico n.25 dell'omonima via, nel vecchio complesso edilizio dell'ex Albergo Fonti del Drago, al margine meridionale del centro abitato di Oltre il Colle; tale sorgente non è connessa all'acquedotto comunale, ma viene ugualmente descritta in quanto in precedenza captata, anche per uso idroelettrico oltre che "termale". La sorgente Fontana Alta si trova in via Vandullo, in una modesta depressione del terreno attigua al vecchio bacino di accumulo che porta lo stesso nome; le sorgenti Vandullo e Felli si trovano sempre lungo la valle Grassa, nei pressi del vecchio skylift.



Figura 200 - Posizione delle sorgenti ai piedi del Monte Alben (area in rosso). In nero, area concessione.

Come per le sorgenti di Oneta, l'acquifero principale dell'area è costituito dalle rocce dolomitiche del massiccio dell'Alben, limitato inferiormente dal sovrascorrimento impostato su rocce argillitiche, dolomitiche e calcareo marnose con intercalate lenti di gesso.

I rapporti tra le formazioni affioranti nell'area non sono solo di tipo stratigrafico, ma anche di tipo tettonico, essendo presenti superfici di discontinuità strutturale (faglie di Clusone). I terreni di copertura sono costituiti da depositi di tipo glaciale, come presso Pian della Palla, che possono raggiungere qualche decina di metri di spessore e da potenti coltri di debris flow. Sono sedimenti dotati di medio-buona permeabilità e possono costituire un limitato acquifero superficiale che facilita l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche nelle porzioni più allentate e permeabili dell'ammasso roccioso.

Il settore centro-occidentale del territorio in esame, evidenzia una morfologia carsica. Si rilevano infatti fessure, cavità e doline, legate alla dissoluzione delle rocce calcareo dolomitiche e che assumono spesso una forma irregolare dovuta alla coalescenza di più elementi. Le doline e gli inghiottitoi sono collegati ad un sistema di fessure che presumibilmente continua in profondità, formando una rete di cavità nella quale circolano le acque sotterranee della zona. Il reticolo idrografico che scende da Cima della Spada perde la sua individualità, fino a scomparire all'altezza

del Pian della Palla, a causa della completa infiltrazione delle acque superficiali nella rete carsica sotterranea. In occasione delle piogge si attiva in superficie solamente un ruscellamento diffuso. A scala generale la direzione dei flussi sotterranei è verso Sud seguendo il bedding delle dolomie, ma localmente, a causa della presenza di fasce di rocce fagliate e fessurate, si hanno fenomeni di cattura sotterranea ed i flussi possono scorrere verso Nord. L'acquifero, delimitato a letto dal sovrascorrimento dell'Alben, impostato sulle rocce argillitiche e dolomitiche con intercalate lenti di gesso, è situato in corrispondenza dei versanti N e NO di Cima della Spada; ad esso sono da attribuire le sorgenti Tezza, Ronco, Drago e Fontana Alta, collegate a sistemi di fratturazione e faglie che intercettano le acque dirette normalmente verso Sud facendole scorrere in direzione opposta.

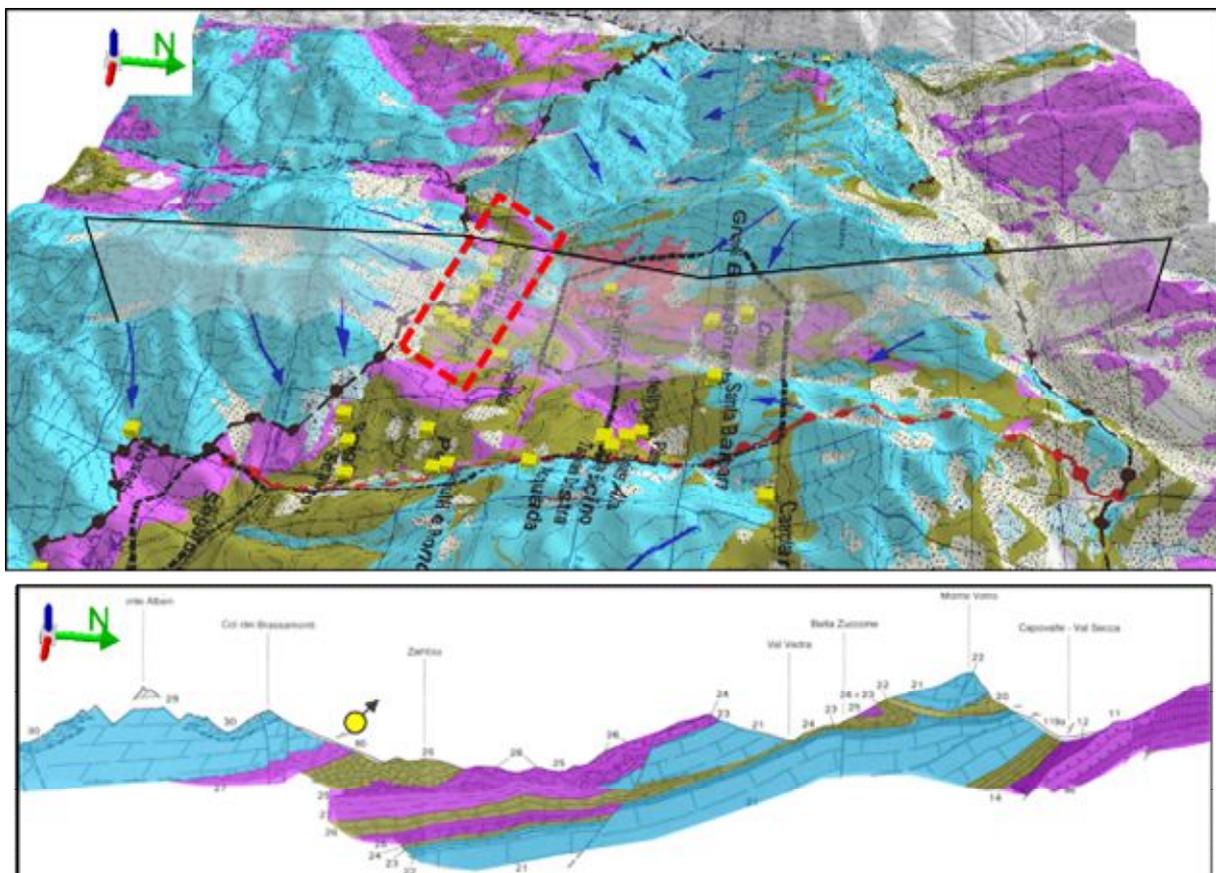


Figura 201 - Posizione delle sorgenti del Monte Alben (area in rosso) e profilo idrogeologico schematico.

Lo stesso schema si ripete poco più a est, nella zona della Valle Grassa, dove una faglia diretta circa NS ed il contatto tra i calcari e calcari marnosi fessurati della Formazione di Gorno e le siltiti dell'Arenaria di Val Sabbia danno origine alle sorgenti Valle Grassa, Vandullo e Felli. Considerando la portata elevata della sorgente Valle Grassa, l'acquifero è probabilmente costituito

anche in questo caso dal massiccio settentrionale dell'Alben e della Cima della Spada, parzialmente drenato da una faglia fino alla superficie di tale sovrascorrimento.

In definitiva le sorgenti sono riconducibili a un classico schema di emersione del circuito idrico sotterraneo per presenza di una soglia di permeabilità sottoposta, come esemplificato nello schema della Figura 202.

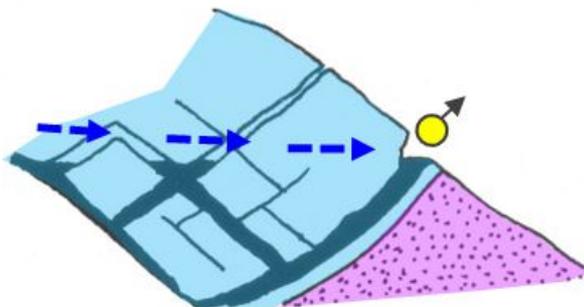


Figura 202 - Schema di affioramento di sorgente per soglia di permeabilità sottoposta.

Sono a disposizione alcuni dati bibliografici relativi alle caratteristiche chimico-fisiche del gruppo di sorgenti che evidenziano:

- la sorgente Ronco mostra temperature medie di 6,7°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio è basico (7,92) e conferma la natura carbonatica delle rocce serbatoio. La portata media è di 8,99 l/s, con un aumento nel periodo autunnale ed all'inizio dell'inverno in relazione alle piovosità, con ritardi variabili da qualche giorno a qualche settimana.
- la sorgente Tezza ha una temperatura media dell'acqua di 6°C, con variazioni nel corso dell'anno inferiori al grado centigrado, un pH medio di 7,82, congruente con la composizione chimica delle rocce serbatoio, ed una portata media di 3,74 l/sec.
- la sorgente Drago una temperatura media dell'acqua di 4,9 °C con variazioni nel corso dell'anno inferiori al grado centigrado. Il pH medio di 7,68, la conducibilità media, pari a 1564 µS, e l'elevata concentrazione in solfati (circa 900 mg/l) sono congruenti con la composizione chimica delle rocce serbatoio e soprattutto con la base impermeabile caratterizzata da una elevata quantità di gesso (Formazione di San Giovanni Bianco). La portata media di 11,57 l/sec, con un picco primaverile di portata associato allo scioglimento delle nevi.
- la sorgente Fontana Alta ha temperature medie di 5,3°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio basico 8,03, la conducibilità, pari a 338 µS, e il contenuto in solfati pari a circa 30 mg/l confermano la natura carbonatica delle rocce

serbatoio e lo scarso contenuto in solfati del letto impermeabile (transizione dai livelli gessosi e/o siltitici della Formazione di San Giovanni Bianco ai livelli calcareo-marnosi). La portata media è di 8,53 l/sec con un aumento nel periodo invernale e primaverile in relazione alle piovosità ed allo scioglimento delle nevi, con ritardi variabili da qualche giorno a qualche settimana.

- la sorgente Vandullo ha temperature medie di 5,0°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio è basico (8,02) e conferma la natura carbonatica delle rocce serbatoio. La portata media è di 0,25 l/s.
- la sorgente Felli ha temperature medie di 5,0°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio è basico (8,05) e conferma la natura carbonatica delle rocce serbatoio. La portata media è di 0,65 l/s.

SORGENTE	PORTATA MEDIA (L/S)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PH MEDIO	CONDUCIBILITÀ MEDIA (µS)	SOLFATI (MG/L)	DUREZZA (°FRANCESI)
Ronco	8,99	6,7	7,92	432	46	22
Tezza	3,74	6,0	7,82	477	62	25
Drago	11,57	4,9	7,68	1564	900	108
Fontana Alta	8,03	5,3	8,03	338	30	17,4
Valle Grassa	9,23	5,4	8,19	242	6	13,8
Vandullo	0,25	5,0	8,02	256	--	--
Felli	0,65	5,0	8,05	262		
CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLE SORGENTI DELLA ZONA DEL MONTE ALBEN						

Tabella 79- Parametri idrochimici delle sorgenti del Monte Alben (Fonte Asl).

Le analisi chimiche eseguite sulle acque delle sorgenti Ronco e Tezza confermano la provenienza delle acque dalla base del sovrascorrimento dell'Alben; indicativo di questo è l'elevato contenuto in solfati, attribuibile alla presenza di lenti di gesso nella formazione del San Giovanni Bianco.

Le differenze di composizione chimico fisica tra le sorgenti Drago, Fontana Alta e Valle Grassa e le altre sorgenti captate dal comune di Oltre il Colle sul versante Nord del massiccio dell'Alben (Ronco e Tezza) confermano le differenze tra l'acquifero occidentale del monte Alben e di Cima della Spada (maggior contenuto in solfati e gesso e maggior durezza) e quello orientale (minor contenuto in solfati e minor durezza). Questa differenziazione mette ancora una volta in evidenza

l'importanza non solo delle rocce serbatoio (dolomie e calcari in questo caso), ma soprattutto del letto impermeabile che come sottolineato nelle osservazioni litologiche è caratterizzato da siltiti con calcari marnosi e gessi ad Ovest e da calcari marnosi e marne ad Est.

Le sorgenti della alta Val Parina

Nella porzione della Val Parina tra le quote comprese tra 1160m s.l.m. e 1300m s.l.m. sono posizionate le sorgenti Plassa, Tagliate Alta, Prà dell'isola e Acquada. Si tratta di sorgenti con portate di qualche litro al secondo (dato medio di Tagliate/Plassa = 1.5 l/s, dati annuale UNIACQUE).



Figura 203 - Posizione delle sorgenti in alta Val Parina.

Le sorgenti sono ubicate, dal punto di vista geologico, sulla formazione di Gorno al contatto con le Arenarie di Val Sabbia, che formano dunque il livello di tamponamento rispetto alla formazione calcarea marnosa di Gorno, permettendone la venuta a giorno. Lo schema idrogeologico della Figura 204 evidenzia la posizione quasi sommitale di queste emergenze che, data la posizione altimetrica, non hanno un elevato bacino di ricarica. Inoltre, la presenza della faglia del Grem isola le porzioni di Calcarea di Esino, poste più a monte, che non contribuiscono al bacino di alimentazione di queste sorgenti. I dati messi a disposizione da UNIACQUE indicano per Tagliate/Plassa un carico ionico modesto, con valori pari a 238 ms/cm, 50 mg/l di Ca^{++} e 3.2 mg/l di Mg^{++} e solfati a 5 mg/l, valori che confermano la scarsa profondità del circuito idrico sotterraneo.

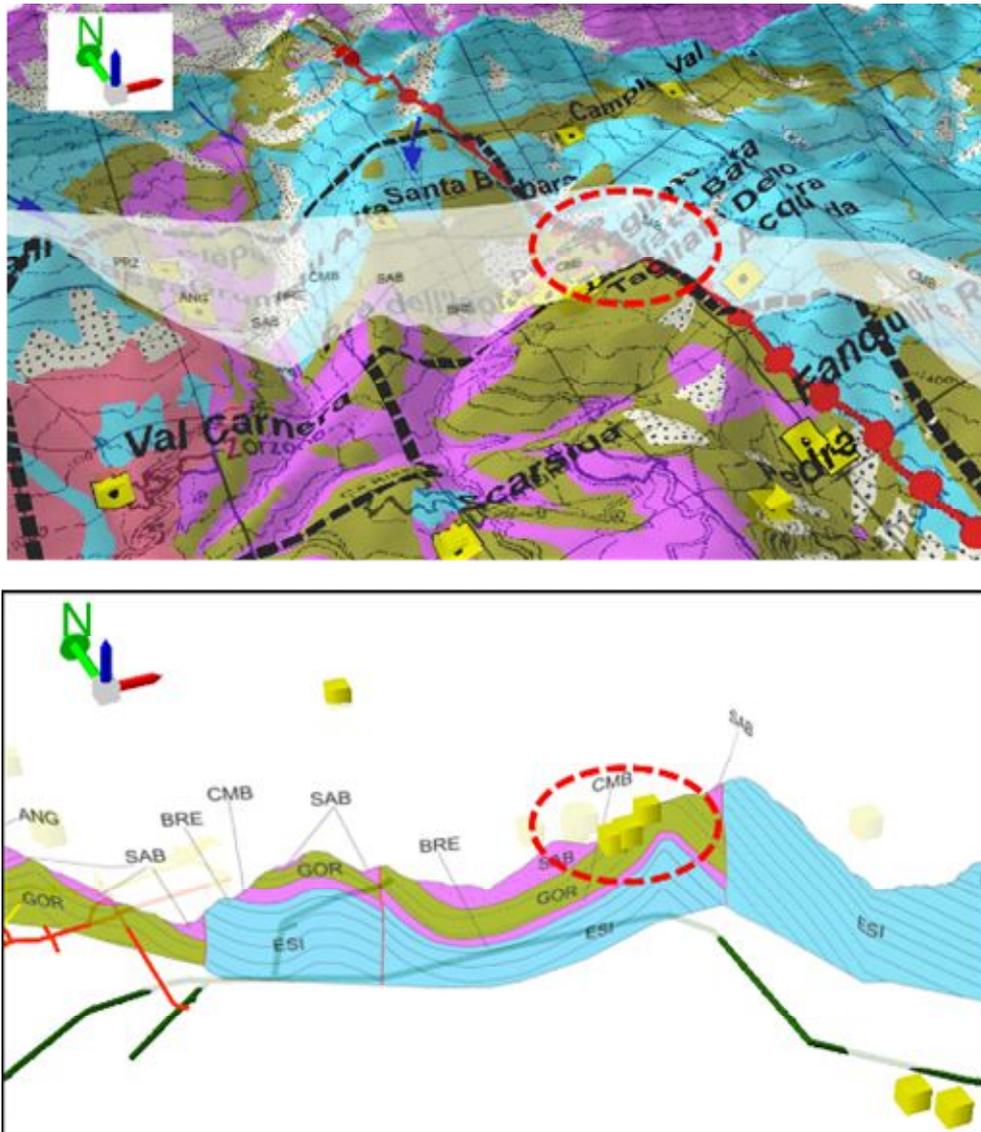


Figura 204 - Schema idrogeologico delle sorgenti in alta Val Parina.

Le sorgenti della zona meridionale del Monte Menna

Tali sorgenti sono le più prossime all'area della concessione Monica e trovano ubicazione lungo gli impluvi che scendono dal versante orientale e meridionale del Pizzo di Menna, circa a monte del centro abitato di Zorzone.

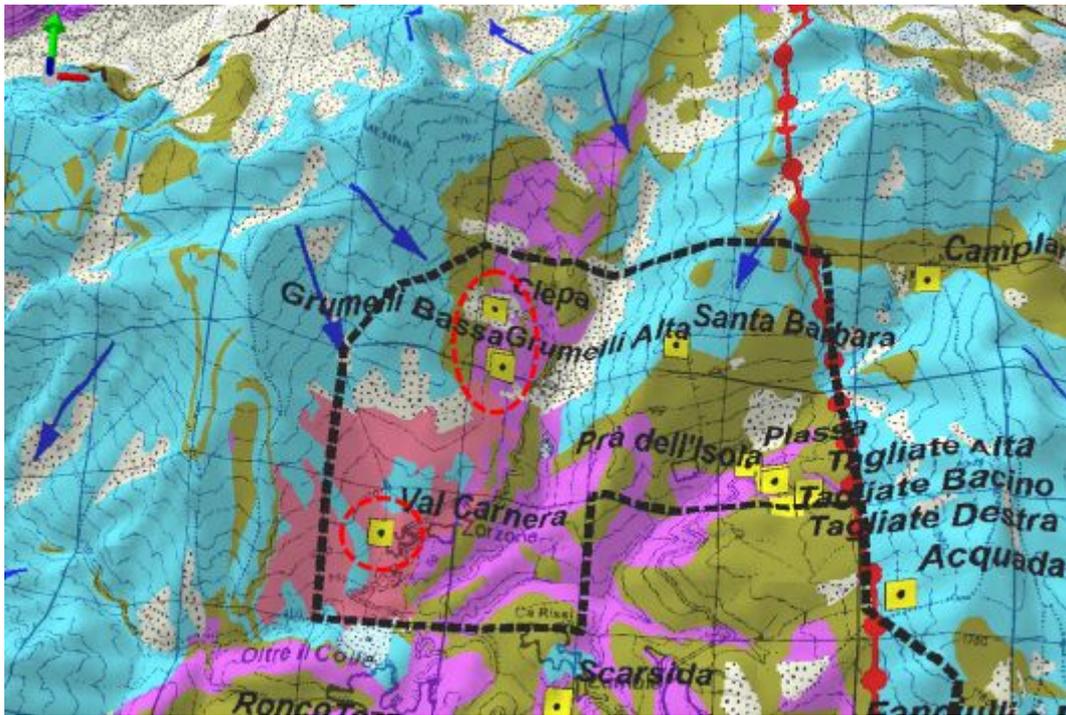


Figura 205 - Posizione delle sorgenti sul versante meridionale del Monte Menna.

L'ambito di interesse per tali sorgenti, considerando la probabile area di alimentazione, si estende verso Nord sino alla cima del Pizzo di Menna, verso Est alla Val Vedra, verso Sud a parte della Val Parina e verso Ovest allo spartiacque con la piccola valle di cascina delle Casare, al confine con il territorio di Serina.

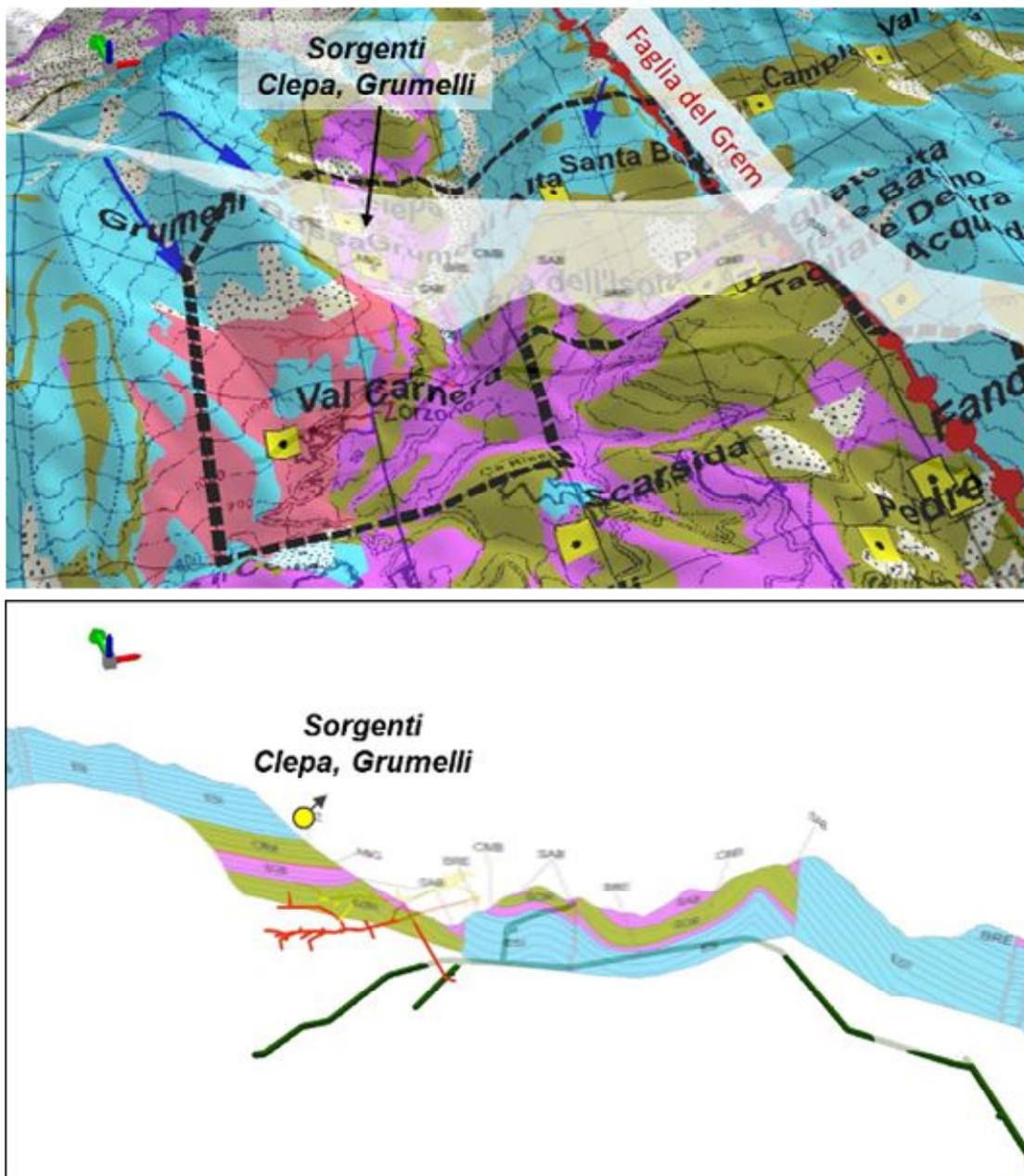


Figura 206 - Posizione delle sorgenti sul versante meridionale del monte Menna e profilo idrogeologico schematico.

La sorgente Clepa è ubicata nella valle omonima, alcune centinaia di metri a Nord delle sorgenti Grumelli, sul versante orientale del Pizzo di Menna ed è accessibile attraverso una strada sterrata di recente costruzione, che si stacca da quella della Val Vedra.

Le sorgenti Grumelli Bassa e Grumelli Alta si trovano poco sotto la strada rurale che sale da Zorzone lungo il versante occidentale della Val Vedra, presso la cascina Grumelli. Si tratta di due emergenze distinte, poste a qualche decina di metri di distanza, con due bottini di presa separati;

La sorgente Val Carnera scaturisce immediatamente ad Ovest di Zorzone, sulla sponda sinistra dell'omonima valle lungo un impluvio.

Come evidenziato dal profilo idrogeologico della Figura 206, la Formazione di San Giovanni Bianco e la sottostante Formazione delle Arenaria di Val Sabbia rappresentano un livello impermeabile, in corrispondenza del quale vengono a giorno le maggiori sorgenti della zona.

In questo settore l'acquifero principale è costituito quasi interamente da rocce del Calcarea di Esino, fortemente carsificate e fessurate e del Calcarea di Angolo. La sua base è costituita dal sovrascorrimento del Menna, che attraversa il medio versante della Val Vedra ponendo in contatto il massiccio calcareo con le sottostanti formazioni calcareo marnose, dolomitiche ed argillitiche.

La zona di alimentazione è costituita da tutto il massiccio calcareo ed in particolare dalle aree di maggior infiltrazione, che si trovano alla testata della valle di Sorisole ad occidente della cima di Menna. La direzione dei flussi idrici sotterranei principali è verso Sud. I numerosi punti di emergenza sono ubicati lungo il piano di sovrascorrimento, frammentato da faglie, ed alla base della fascia di detriti cementati che ricopre gran parte del medio versante compreso tra la val Vedra e la Val Carnera.

Nel dettaglio tali sorgenti emergono nei punti in cui le faglie orientate NNW-SSE intersecano il sovrascorrimento. Tutte le sorgenti di questo settore, alimentate da circolazione in roccia, emergono però dalla copertura detritica del versante. Si evidenzia che la sorgente Val Carnera è ubicata in una porzione di versante caratterizzata dalla presenza di un deposito miocenico cementato (conglomerato di Zorzone) di modesto spessore ma di buone caratteristiche idrogeologiche in grado di intercettare le acque di precipitazione meteorica.

Sono disponibili dati bibliografici che evidenziano i seguenti caratteri chimico-fisici:

- la sorgente Clepa ha una temperatura medie di 5,2°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio basico 8,20, la conducibilità, pari a 235 μ S, confermano la natura carbonatica delle rocce serbatoio e la congruenza con quello che alimenta la sorgente Val Carnera. In particolare, il valore di conducibilità (basso) può essere correlato al fatto che l'opera di presa non ha raggiunto il substrato geologico impermeabile. La portata media è di 1,02 l/sec, con un aumento nel periodo primaverile in relazione alle piovosità ed allo scioglimento delle nevi; altri picchi si registrano a maggio a settembre e a novembre indicando una forte variazione in funzione della piovosità. I ritardi tra precipitazioni e incremento della sorgente sono variabili da qualche giorno a due settimane
- la sorgente Grumelli Alta ha una temperatura media di 5,8°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio basico 8,11, la conducibilità, pari a 294 μ S, e il contenuto in solfati pari a circa 65 mg/l, confermano la natura carbonatica dell'acquifero e la sua coincidenza con quello che alimenta la sorgente Val Carnera. La portata media è di 0,70 l/sec, con un aumento nel periodo invernale e primaverile in relazione alle piovosità e

allo scioglimento delle nevi; altri picchi si registrano a luglio e novembre indicando una forte variazione in funzione della piovosità. I ritardi tra precipitazioni e incremento della sorgente sono variabili da alcuni giorni a due settimane circa

- la sorgente Grumelli Bassa ha una temperatura media di 6,2°C, con variazioni di inferiori al grado centigrado nel corso dell'anno; il pH medio basico 8,11, la conducibilità, pari a 407 µS, e il contenuto in solfati pari a circa 65 mg/l confermano la natura carbonatica delle rocce serbatoio e il modesto contenuto in solfati del letto impermeabile (formaz. San Giovanni Bianco). La portata media è di 2,96 l/sec con aumenti nel periodo autunnale e all'inizio dell'inverno in relazione alle piovosità, con ritardi variabili da alcuni giorni ad alcune settimane. La realizzazione di quest'opera è stata resa necessaria dalla non completa captazione delle acque sorgive della sorgente Grumelli Alta; anche questo bottino di presa non raggiunge però il substrato roccioso e non capta quindi completamente le acque del gruppo di sorgenti.
- la sorgente Val Carnera è ubicata nell'alveo della Val Carnera e ha una temperatura media dell'acqua di 7,5°C, con variazioni nel corso dell'anno inferiori al grado centigrado. Il pH medio di 8,04, la conducibilità media, pari a 294 µS, e la media concentrazione in solfati (circa 40 mg/l) sono congruenti con la composizione chimica delle rocce serbatoio, prevalentemente calcaree, e con la base impermeabile caratterizzata da una elevata quantità di gesso (Formazione di San Giovanni Bianco). La portata media è pari a 11,48 l/sec. La sorgente presenta un regime quasi costante. Tuttavia, si osserva un picco primaverile di portata associato allo scioglimento delle nevi ed un altro incremento nei mesi autunnali con un ritardo di 1-2 settimane tra gli eventi piovosi e i conseguenti incrementi di portata. Questo comportamento è indicativo di circolazione sotterranea in fessure, in un bacino di una certa ampiezza, con un tempo di permanenza delle acque nel sottosuolo non inferiore alle due settimane. Come evidenziato in precedenza, la sorgente è posta in un'area dove affiora il conglomerato di Zorzone, formazione localmente fratturata e con scarsa cementazione e indice dei vuoti elevato, caratterizzata da una buona permeabilità e capacità di infiltrazione.

SORGENTE	PORTATA MEDIA (L/S)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PH MEDIO	CONDUCIBILITÀ MEDIA (µS)	SOLFATI (MG/L)	DUREZZA (°FRANCESE)
Clepa	1,02	5,2	8,20	235	--	--
Grumelli Alta	0,70	5,8	8,11	294	65	17,4
Grumelli Bassa	2,96	6,2	8,11	407	65	19,2
Val Carnera	11,48	7,5	8,04	294	36	13,6
Ponte Parina	8,20	8,2	7,94	308	33	15
CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLE SORGENTI DELLA ZONA DEL MONTE MENNA						

Tabella 80 - Parametri idrochimici delle sorgenti del Monte Menna (Fonte Asl).



Figura 207 - La sorgente Clepa.

Dalle misurazioni si ricava anche che in totale la portata media complessiva per le sorgenti principali (Val Carnera, Grumelli Alta, Grumelli Bassa e Clepa) è di circa 15 l/sec. Tali valori non sono in accordo con l'estensione del bacino idrogeologico da esse sotteso e con la piovosità media annua del sito, pur considerando che la maggior parte del deflusso sotterraneo scorre in direzione Sud. La presenza, a valle di queste sorgenti, di una venuta d'acqua piuttosto consistente (sorgente Ponte Parina), indica che le opere di presa non raccolgono tutta l'acqua disponibile; pertanto la portata complessiva captata non rappresenta l'effettiva potenzialità del bacino idrogeologico.



Figura 208 - Sorgente Grumelli Alta e Bassa.



Figura 209 - Emergenze idriche a valle della Sorgente Clepa.



Figura 210 - Sorgente Val Carnera.

L'area di imbocco della galleria Riso Parina denominata "ex Laveria"

La caratterizzazione dell'area di imbocco della galleria Riso Parina è legata alla scelta progettuale di collocare in quest'area denominata "ex-Laveria" l'impianto di trattamento del materiale proveniente dalla miniera. L'area di concessione si sviluppa sul versante destro orografico del torrente Riso che, da un punto di vista geologico, è caratterizzato dalla presenza della Formazione di Gorno e, nelle porzioni più elevate del versante dalla Formazione di San Giovanni Bianco di natura arenaceo siltitica. Al di sotto della Formazione di Gorno (la cui potenza è ipotizzabile in un centinaio di metri) si dovrebbe rinvenire il Calcere Metallifero e successivamente, a maggior profondità, la Formazione di Breno ed il Calcere di Esino.

Il quadro idrogeologico vede dunque l'area dell'impianto di trattamento localizzato su una formazione a medio-bassa permeabilità (Formazione di Gorno).



Figura 211 – Inquadramento idrogeologico dell'area "ex-Laveria".

Le sorgenti presenti nell'area sono:

- sorgenti Spino e Segardi-Viseretta: posizionate sul versante settentrionale (in sinistra orografica) a quote più elevate, probabilmente legate a circolazioni della porzione corticale dell'ammasso
- sorgenti Nosedà, Musso e Laxolo: posizionate sul versante meridionale e legate alla circolazione nelle rocce dolomitiche del massiccio dell'Alben, limitato inferiormente dal

sovrascorrimento impostato su rocce argillitiche (Formazione di San Giovanni Bianco), dolomitiche e calcareo marnose. I meccanismi di venuta a giorno di tali emergenze idriche sono simili a quelle descritte in precedenza per le sorgenti del Monte Alben.

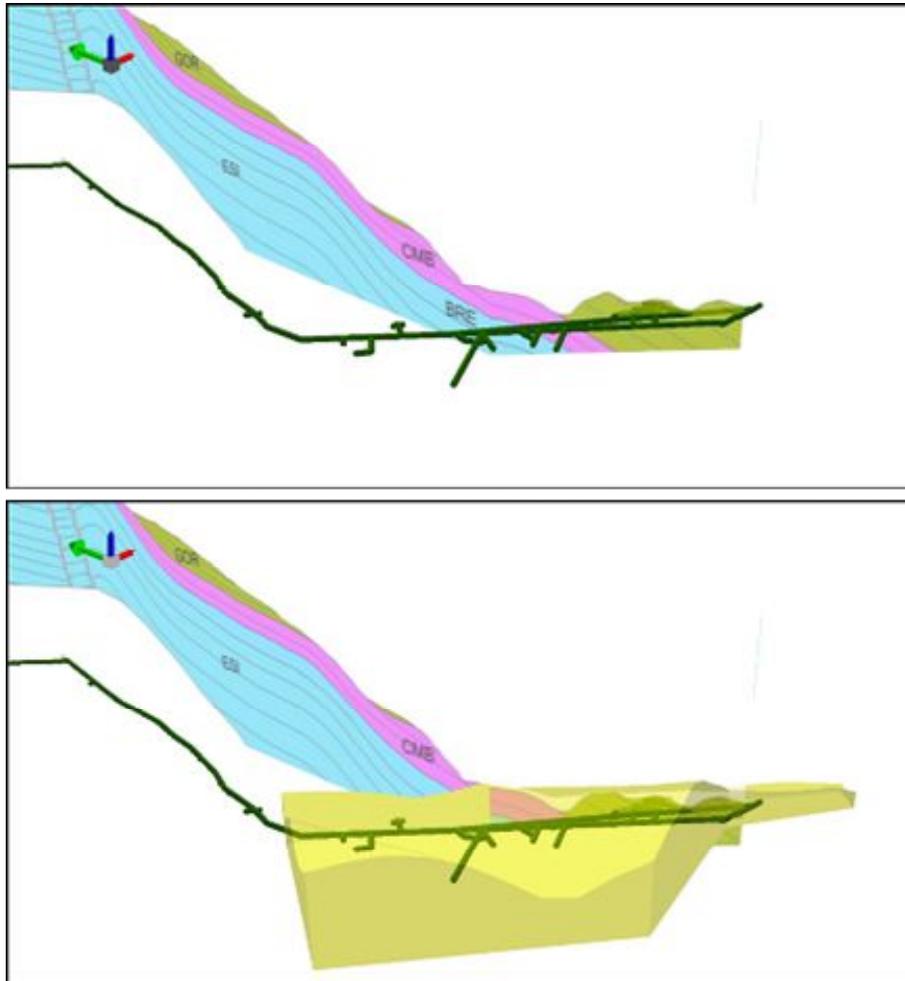


Figura 212 – Profilo idrogeologico lungo il versante settentrionale (sinistra orografica torrente Riso). In giallo l'area di concessione "ex-Laveria" approfondita dal piano campagna per una prof di circa 30 m.

Monitoraggio delle acque per l'inquadramento idrogeologico di progetto

Metodologia

Allo scopo di raccogliere dati per l'inquadramento idrogeologico di progetto gli scriventi, coadiuvati dai tecnici della committenza, a partire dal dicembre 2015 con frequenza trimestrale, hanno implementato una rete di monitoraggio delle acque, sia sotterranee che superficiali, nei due ambiti quello rispetto dell'area di concessione allo scopo di capire l'interazione delle acque con il futuro progetto e quello nell'ambito allargato per comprendere l'eventuale interazione tra le unità geologiche interraste dal progetto con quelle limitrofe.

Ad oggi la rete di monitoraggio è costituita da 54 punti di misura così suddivisi: 15 punti di monitoraggio delle acque superficiali in corrispondenza delle principali aste fluviali; Torrente Riso, Torrente Vedra e Torrente Parina e 39 punti di misura delle acque sotterranee realizzati in corrispondenza sia di sorgenti che scaturiscono dalla superficie sia che scaturiscono dalle pareti delle gallerie esistenti (Galleria Riso Parina e suoi diversi livelli in particolare).

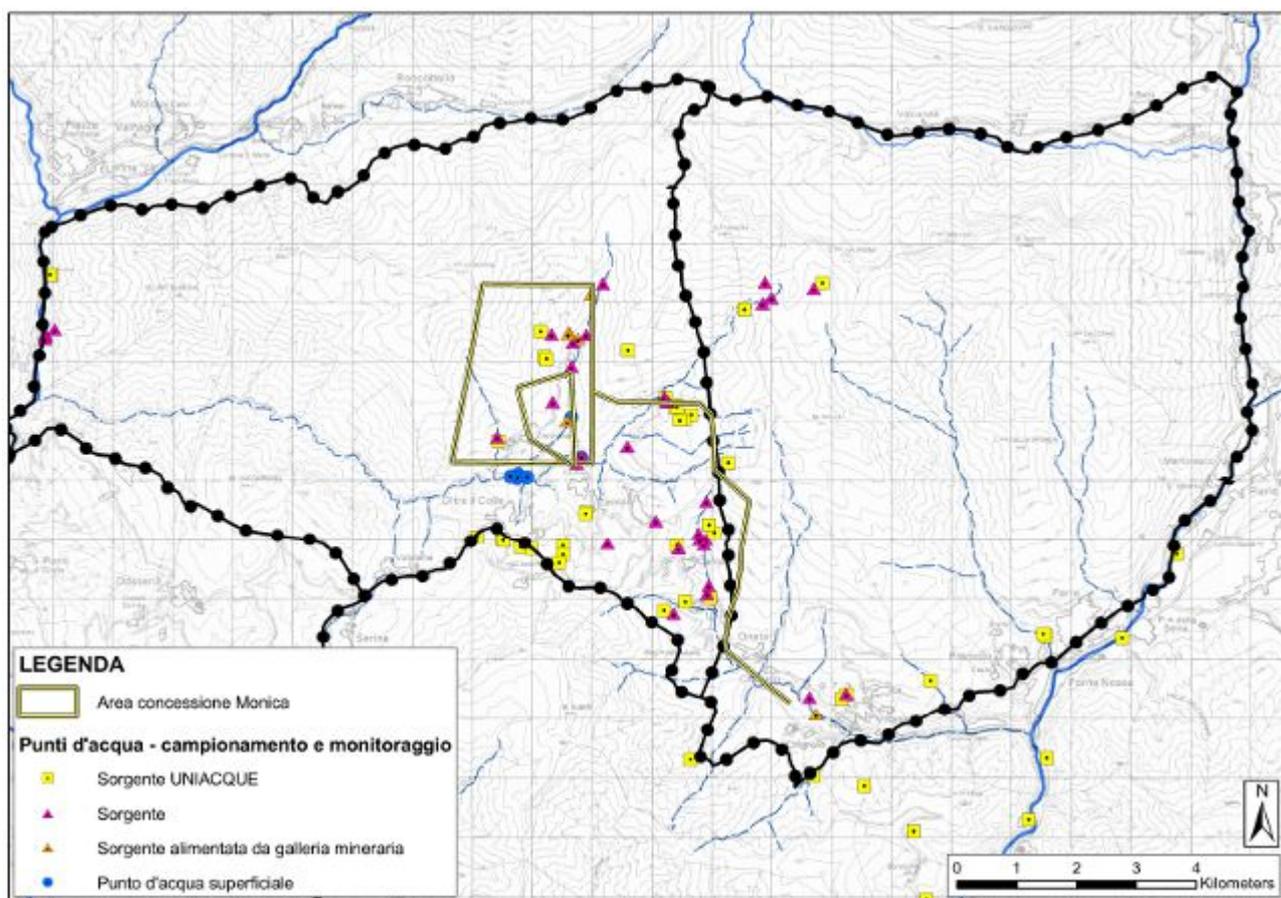


Figura 213 - Rete di monitoraggio delle acque sia superficiali che sotterranee per l'inquadramento idrogeologico di progetto – Ambito allargato.

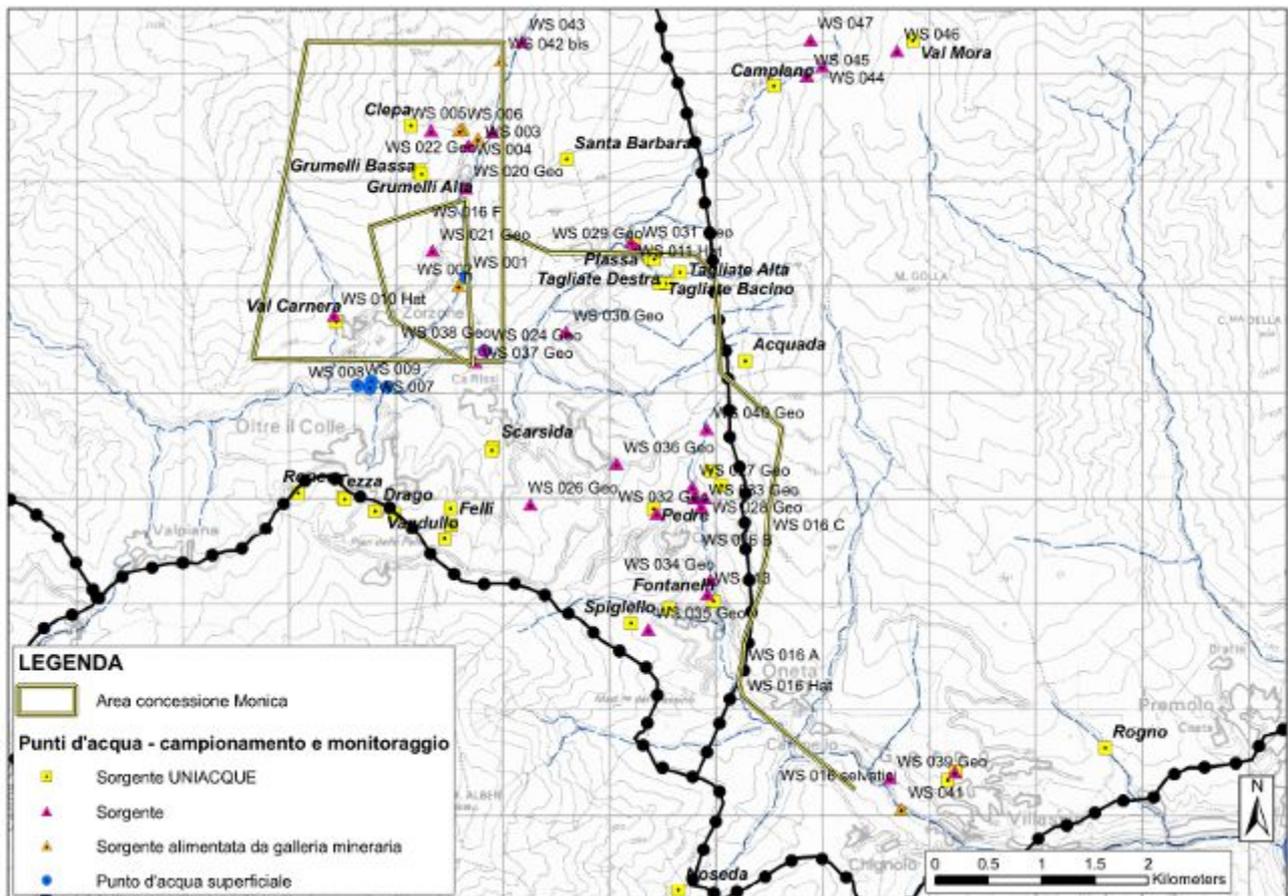


Figura 214 - Rete di monitoraggio delle acque sia superficiali che sotterranee per l'inquadramento idrogeologico di progetto – Ambito ristretto all'area di concessione.



Figura 215 - Misura dei parametri fisici delle sorgenti nella zona Camplano (Arera).



Figura 216 - Misura dei parametri fisici delle risorgive all'interno della galleria Riso Parina (Pk 11+000).



Figura 217 - Campionamento delle acque all'interno della galleria Riso Parina (Pk 11+000) su cui eseguire le analisi geochimiche in laboratorio.

Per ognuno dei punti di monitoraggio, la maggior parte dei quali sono stati ubicati nei pressi di sorgenti Unigue per un confronto dei dati in loro possesso, sono state realizzate misure direttamente in sito dei parametri fisici (temperatura, pH, conducibilità e ossigeno disciolto).

Per alcuni punti di monitoraggio, ritenuti più strategici, le acque sono state campionate e su di esse sono state svolte prove di laboratorio per la determinazione di parametri geochimici, microbiologici e ove ritenuto necessario è stata ricercata la presenza di eventuali inquinanti.



Figura 218 - Campionamento delle acque del torrente Riso a valle della Laveria esistente.

Nella tabella seguente sono riportati, in linea generale, i parametri geochimici determinati in laboratorio su ognuno dei campioni di acqua prelevati di punti della rete di monitoraggio.

PARAMETRI GEOCHIMICI DETERMINARE SUI CAMPIONI DI ACQUA PRELEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO
1,1,1-tricloroetano µg/L
1,2-dibromoetano µg/L
Alifatici Clorurati Cancerogeni µg/L
(Clorometano) µg/L
(Triclorometano) µg/L
(Cloruro di vinile) µg/L
(1,2-dicloroetano) µg/L
(1,1-dicloroetilene) µg/L
(Tricloroetilene) µg/L
(Tetracloroetilene) µg/L
(Esaclorobutadiene) µg/L
(Alifatici Clorurati Cancerogeni Totali) µg/L
Alifatici Clorurati Non Cancerogeni µg/L
(1,1-dicloroetano) µg/L
(1,2-dicloroetilene) µg/L
(1,2-dicloropropano) µg/L
(1,1,2-tricloroetano) µg/L
(1,2,3-tricloropropano) µg/L
(1,1,2,2-tetracloroetano) µg/L
Alluminio µg/L
Ammoniaca (come NH ₄) mg/L
Antimonio µg/L
Arsenico µg/L
Berillio µg/L
Bicarbonati (come HCO ₃) mg/L
Bilancio ionico NESSUNA
Boro µg/L
Bromodichlorometano µg/L
Bromoformio µg/L
BTEX µg/L
(Benzene) µg/L
(Etilbenzene) µg/L
(Toluene) µg/L
((m,p)-xilene) µg/L
((o)-xilene) µg/L
Cadmio µg/L
Calcio mg/L
Carbonati (come CaCO ₃) mg/L
Cesio µg/L
cis-1,2-dicloroetilene µg/L
Cloroformio µg/L
Cloruri mg/L
Conducibilità µS/cm
Conta Escherichia coli UFC/100 mL
Cromo µg/L
Dibromoclorometano µg/L
Ferro µg/L
Fluoruri µg/L
Idrocarburi totali µg/L

PARAMETRI GEOCHIMICI DETERMINARE SUI CAMPIONI DI ACQUA PRELEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO
Litio mg/L
Magnesio mg/L
Manganese µg/L
Mercurio µg/L
Metiltertbutiletere µg/L
Nichel µg/L
Nitrati mg/L
Nitriti µg/L
Ossidabilità al permanganato (metodo Kubel) mg/L O ₂
pH Unità pH
Piombo µg/L
Potassio mg/L
Rame µg/L
Rubidio µg/L
Selenio µg/L
Sodio mg/L
Solfati mg/L
Stirene µg/L
Stronzio µg/L
Tallio µg/L
Tetracloroetilene + Tricloroetilene µg/L
trans-1,2-dicloroetilene µg/L
Triometani totali µg/L
Zinco µg/L
dato in rosso valore inferiore
Anioni
Bicarbonati (come HCO ₃) mg/L
Carbonati
Cloruri mg/L
Fluoruri µg/L
Nitrati mg/L
Solfati mg/L
Cationi
Calcio mg/L
Litio mg/L
Magnesio mg/L
Potassio mg/L
Sodio mg/L
Stronzio µg/L
variazione %le bilancio ionico
cifre significativa
variazione %le bilancio ionico dati inferiori

Risultati preliminari dell'indagine geochimica

I dati raccolti insieme alle informazioni bibliografiche hanno permesso di definire il modello idrogeologico di riferimento progettuale descritto in modo particolareggiato nei capitoli precedenti.

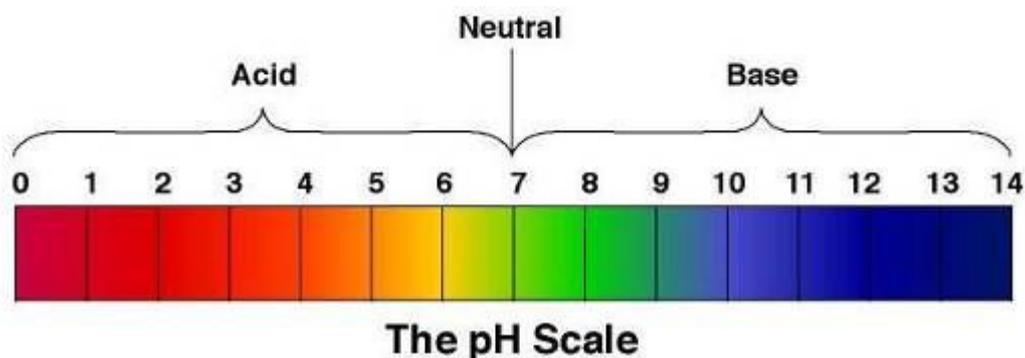
Di seguito sono riportati i dati relativi a 17 campioni d'acqua raccolti nell'area di indagine (per l'ubicazione si vedano le planimetrie riportate precedentemente relative ai punti d'acqua, campionamento e monitoraggio) a partire da Dicembre 2015 aggiornati fino ad Aprile 2016. Contestualmente sono presentate le interpretazioni preliminari che, sulla base delle analogie e delle differenze tra i vari campioni, hanno messo in luce l'esistenza di almeno tre gruppi di acque. Le informazioni raccolte sono illustrate nei paragrafi seguenti distinte in due categorie: da una parte si hanno i costituenti inorganici (pH, temperatura, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto e TDS) e dall'altra quelli organici (elementi maggiori, elementi minori e in traccia, parametri microbiologici).

Costituenti inorganici

Parametro pH

Un parametro di base che va sempre determinato quando si effettua l'analisi chimica di un'acqua è il pH. Questo può essere definito come una scala di misura (con valori che vanno da 0 a 14 unità) dell'acidità o della basicità di una soluzione acquosa. Ci consente quindi di capire se un corpo idrico è inquinato da acidi o basi forti.

I campionamenti e le analisi effettuati nei mesi di Dicembre 2015, Marzo 2016 e Aprile 2016 hanno restituito i seguenti risultati per quanto riguarda il pH:



Campione	pH (12/2015)	pH (03/2016)	pH (04/2016)
Lenna	ND	7,6	ND
WS001	8,2	7,83	6,8
WS002	8,01	8,07	6,9
WS003	8	7,94	-
WS004	7,95	7,92	6,65
WS005	8,36	8,16	6,78
WS006	8,06	8,04	7,21
WS007	8,41	8,11	ND
WS008	8,3	8,18	ND
WS009	8,28	8,39	6,71
WS0010	ND	8,21	6,6
WS0011	ND	7,35	-
WS0013	ND	7,28	ND
WS0015	ND	7,47	ND
WS0017	ND	7,61	-
WS0018	ND	7,66	ND

Tabella 81 - Tabella riassuntiva dei valori di pH registrati nei mesi di dicembre 2015, Marzo 2016 e Aprile 2016.

Nei mesi di Dicembre e di Marzo, per tutti i campioni, si sono registrati valori non molto superiori alla neutralità, compresi tra 7,2 e 8,4; come si può notare, inoltre, i dati relativi al mese di Marzo non si discostano molto da quelli di Dicembre.

Una sostanziale differenza si riscontra invece tra le misure effettuate ad Aprile e quelle dei mesi precedenti: per gli stessi punti di campionamento, infatti, i valori di pH sono risultati notevolmente più bassi.

Ciò è imputabile alle abbondanti precipitazioni cadute nella giornata precedente al campionamento, che hanno determinato una “diluizione” delle acque sotterranee e un conseguente abbassamento del pH.

Tenendo conto, oltre che dei dati di pH, anche della stratigrafia dell’area investigata si può ragionevolmente supporre una circolazione idrica in matrici rocciose carbonatiche.

Conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Un altro parametro di base registrato durante la fase di campionamento è la *Conducibilità elettrica* (espressa in $\mu\text{S}/\text{cm}$). Questa, misurata direttamente in situ, fornisce indicazioni sul contenuto salino dell'acqua. Si parla, infatti, di conducibilità elettrica poiché i sali disciolti sono presenti come ioni carichi e in quanto tali consentono il passaggio di corrente nell'acqua stessa. Nella tabella che segue (Tab.2) sono riportati i valori di conducibilità ottenuti per i diciassette campioni nel corso delle tre sessioni di campionamento (nei mesi di Dicembre 2015, Marzo 2016 e Aprile 2016).

Campione	Conducibilità (12/2015)	Conducibilità (03/2016)	Conducibilità (04/2016)
Lenna	174	ND	ND
WS001	400	284	180
WS002	330	192	190
WS003	244	214	120
WS004	241	250	130
WS005	257	242	120
WS006	254	243	120
WS007	428	383	ND
WS008	660	338	ND
WS009	660	351	440
WS0010	ND	256	140
WS0011	ND	210	110
WS0013	ND	476	ND
WS0015	ND	316	ND
WS0016	ND	ND	1500
WS0017	ND	251	100
WS0018	ND	293	ND

Tabella 82 - Tabella riassuntiva dei valori di conducibilità registrati nei mesi di dicembre 2015, Marzo 2016 e Aprile 2016.

Mettendo a confronto le conducibilità dei 16 campioni ottenute dalle tre sessioni di campionamento si osserva un abbattimento dei valori, analogamente a quelli del pH, passando da Dicembre ad Aprile; le ragioni vanno ricercate, anche in questo caso, nelle piogge del 3 Aprile che hanno prodotto una riduzione del residuo fisso e quindi della conducibilità.

Indipendentemente dalle variazioni mensili, risulta comunque evidente una certa disomogeneità tra i vari campioni; nel mese di Dicembre si passa, ad esempio, dai 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dell'acqua di Lenna ai 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dei campioni WS008 e WS009. Tale discordanza persiste anche nei mesi successivi suggerendo l'esistenza di almeno due gruppi di acque:

- WS001- WS003 - WS004 - WS005 - WS006 - WS010 - WS011 - WS017 - WS018: conducibilità inferiore a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- WS002 - WS007 - WS008 - WS009 - WS013 - WS015: conducibilità superiore a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$;

Particolarmente elevata, rispetto all'andamento generale, risulta la conducibilità dell'acqua WS013, giustificata però dal fatto che si tratta di acque da scarico (in cui le singole specie disciolte sono più abbondanti rispetto agli altri campioni).

Confrontando invece i valori registrati ad Aprile spicca il campione WS016 con una conducibilità che arriva fino a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si tratta di un campione prelevato all'imbocco della Galleria Riso-Parina, dove confluiscono e si mescolano acque provenienti da diversi cunicoli della galleria stessa. Oltre che per i valori di conducibilità, l'acqua WS016 si discosta dagli altri campioni anche per il tenore di alcuni analiti, compresi gli elementi maggiori (la cui trattazione viene rimandata ai paragrafi successivi): ciò suggerisce una storia ed una circolazione differente rispetto a quella degli altri corpi idrici presi in considerazione.

Poiché, come già detto, tale campione è rappresentativo di una miscela di acque e non di un unico corpo idrico, i valori ottenuti (sia per i costituenti inorganici che per quelli organici) sono in realtà dei valori medi. Si è reso necessario, pertanto, un ulteriore approfondimento che discriminasse le varie acque circolanti nelle cavità della Galleria Riso-Parina e permettesse di ricostruire la circolazione idrica sotterranea in questa porzione dell'area di indagine. Sono state quindi programmate altre due giornate di campionamento, nelle date del 16/05/2016 e del 19/05/2016, che hanno portato alla raccolta di altri 10 campioni restituendo i seguenti risultati per quanto riguarda pH, Conducibilità, Temperatura e Ossigeno disciolto:

	WS016 A	WS016 B	WS016 C	WS016 D	WS016 E	WS016 F	WS016 G	WS016 H	WS016 I	WS016 L
pH	7,45	7,13	7,3	7,5	8,06	7,2	7	7,5	7,85	8,27
Conduc.	1420	2440	1860	2100	705	1750	920	1180	200	200
T °C	10,2	10,5	10,7	10,1	8,7	9,8	10	8,8	7,7	7,7
Ossigeno	4,87	1,8	4,04	8,25	10,74	9,88	9,99	9,6	11,5	11,2

Tabella 83 - Tabella riassuntiva dei valori di pH, conducibilità, temperatura e ossigeno disciolto registrati il 16/05/2016 e il 19/05/2016.

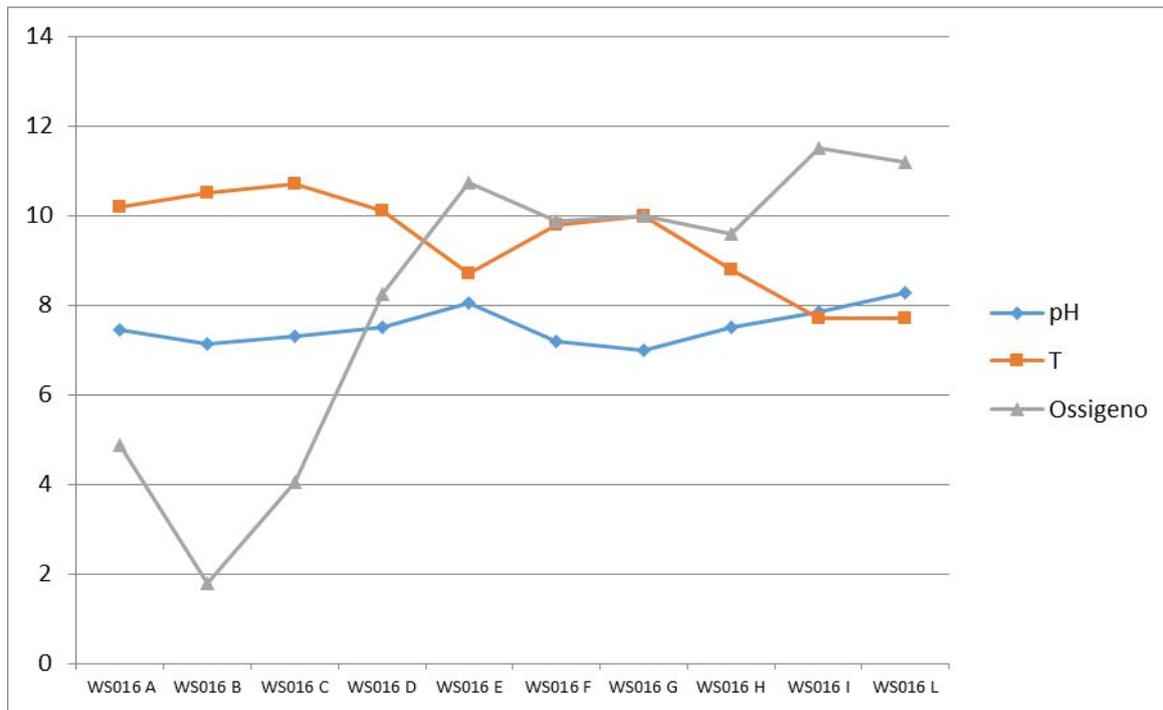


Figura 219 - Diagramma riassuntivo dei valori di pH, Temperatura e Ossigeno disciolto per i 10 campioni WS016 (A-L).

Il grafico precedente mostra l'andamento di tre dei quattro parametri geochimici misurati per i dieci campioni WS016 (A-L): pH, T (°C) e Ossigeno disciolto (mg/L).

Normalmente all'aumentare della Temperatura corrisponde un parallelo aumento della cinetica delle reazioni chimiche e biochimiche; si assiste invece ad una diminuzione della solubilità dei gas. Temperature più basse in linea di principio tendono a limitare la proliferazione degli organismi ed ad incrementare l'ossigenazione. Come si può notare, infatti, un incremento di T (°C) viene accompagnato da una riduzione del tenore di ossigeno disciolto; viceversa, quando la Temperatura è più bassa l'Ossigeno disciolto è più abbondante.

Una relazione analoga si osserva anche per T (°C) e pH: tra i due esiste infatti un rapporto inversamente proporzionale che porta all'aumento di uno dei due parametri al diminuire dell'altro e viceversa.

Nel diagramma seguente viene riprodotto, infine, l'andamento della Conducibilità: questa oscilla tra un valore minimo di 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (campioni WS016I e WS016L) ed un valore massimo di 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (campione WS016D).

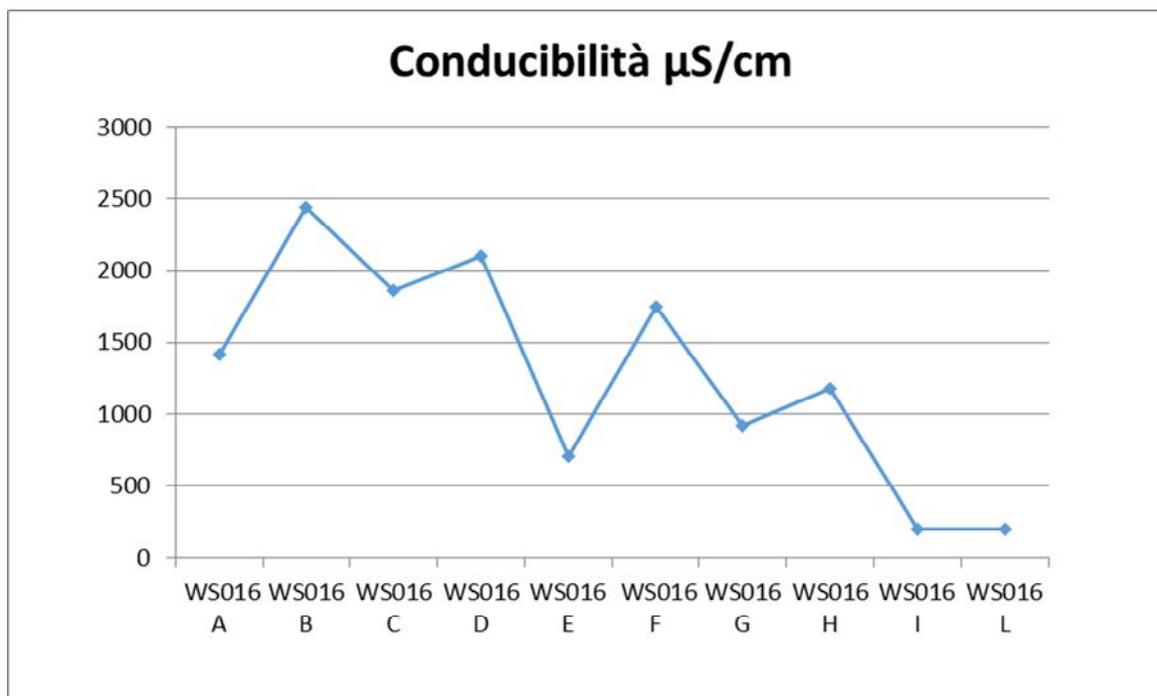


Figura 220 - Valori di conducibilità per i 10 campioni WS016 (A-L).

Totale dei Sali disciolti (TDS)

A partire dalla conducibilità è stato calcolato anche il Totale dei Sali Disciolti (TDS), che esprime il grado di mineralizzazione dell'acqua. La conversione da un parametro all'altro avviene moltiplicando la conducibilità per un fattore di correlazione, il quale varia in relazione alla conducibilità stessa:

- Fattore = 0,64 fino a conducibilità di 150 µS/cm;
- Fattore = 0,67 per valori di conducibilità compresi tra 166 e 333 µS/cm;
- Fattore = 0,72 per valori di conducibilità compresi tra 333 e 833 µS/cm;
- Fattore = 0,76 per valori di conducibilità superiori a 833 µS/cm;

Nel caso specifico si sono ottenuti, per tutti i campioni e per tutte le sessioni di campionamento, valori di TDS compresi tra 50 mg/L e 500 mg/L: si ha quindi a che fare prevalentemente con acque oligominerali. L'unica eccezione è rappresentata dai campioni WS016 (A-H) in cui si arriva fino a 1596 mg/L (acqua WS016D): si tratta pertanto di acque minerali.

Costituenti organici

Elementi maggiori

Nelle tabelle che seguono sono riportate le concentrazioni (espresse in mg/L) dei principali cationi e anioni, per i 16 campioni raccolti in data 29/03/2016.

	Lenna	WS001	WS002	WS003	WS004	WS005	WS006	WS007
Ca ⁺⁺	41	52	38,5	40	48	44,5	44,6	75
Mg ⁺⁺	1,87	9,1	2,85	6,93	7,17	9,36	9,24	9,69
Na ⁺ K ⁺	0,83	2,06	10,4	1,63	2,32	1,01	0,94	5
Cl ⁻	0,9	1	6	0,9	0,9	0,9	0,9	7
SO ₄ ⁻	4	30	17	8	9	7	7	59
NO ₃ ⁻	6,9	7,1	2,2	6,9	4,6	7,1	7,2	8,4
HCO ₃ ⁻	122	183	98	153	177	183	171	189

	WS008	WS009	WS010	WS011	WS013	WS015	WS017	WS018
Ca ⁺⁺	62,5	65	44	50	83	77	54	43
Mg ⁺⁺	8,84	8,89	10	1,95	17	3	7,82	21,5
Na ⁺ K ⁺	5,16	5,7	0,8	1,26	6,75	3,3	0,64	0,44
Cl ⁻	8	9	0,9	0,9	16	4	0,9	0,9
SO ₄ ⁻	46	49	29	9	100	8	3	10
NO ₃ ⁻	6,6	6,8	7,8	5,5	4	5,8	5	6,5
HCO ₃ ⁻	177	177	165	140	189	165	189	207

Tabella 84 - Concentrazioni (in mg/L) dei principali anioni e cationi dei 16 campioni d'acqua raccolti in data 29 Marzo 2016.

Tra i cationi quello più abbondante risulta il Calcio (Ca⁺⁺), con valori che vanno da 38,5 mg/L a 83 mg/L; tra gli anioni predomina invece il Bicarbonato (HCO₃⁻) con concentrazioni che non scendono mai al di sotto dei 98 mg/L. Tenori così elevati di Calcio e Bicarbonato sono tipici di acque circolanti in calcari, in accordo con quanto già precedentemente ipotizzato.

Un discorso a parte va fatto invece per il campione WS016, prelevato in data 12/04/2016.

	WS0016
Ca ⁺⁺	380
Mg ⁺⁺	45
Na ⁺ K ⁺	9,9
Cl ⁻	8
SO ₄ ⁻	873
NO ₃ ⁻	<1
HCO ₃ ⁻	220

Tabella 85 - Concentrazioni (in mg/L) dei principali anioni e cationi del campione d'acqua WS016.

Nelle tre tabelle precedenti si possono osservare le concentrazioni dei sette elementi maggiori. Mettendo a confronto tali valori con quelli delle altre 16 acque si nota un tenore decisamente più elevato per il Calcio, il Magnesio e i Solfati mentre risultano meno abbondanti i Nitrati.

Per una più rapida ed intuitiva caratterizzazione delle acque si è provveduto a graficare l'andamento dei principali analiti. I diagrammi utilizzati per la comparazione dei campioni, nella fattispecie, sono quello di Piper e quello semilogaritmico di Shoeller. Nella figura seguente è riportato il diagramma di Piper ottenuto per le acque analizzate: tale grafico, mettendo a confronto le concentrazioni degli elementi maggiori, consente una prima classificazione geochimica dei campioni. Osservando il diagramma rombico si può notare come sedici dei diciassette campioni vadano a collocarsi in corrispondenza del vertice sinistro. Si tratta quindi, nella quasi totalità, di acque Bicarbonato - calciche. L'unica nota di discordanza è rappresentata del campione WS016 che, andando a posizionarsi in prossimità del vertice superiore, può essere classificato come un'acqua solfato-calcica.

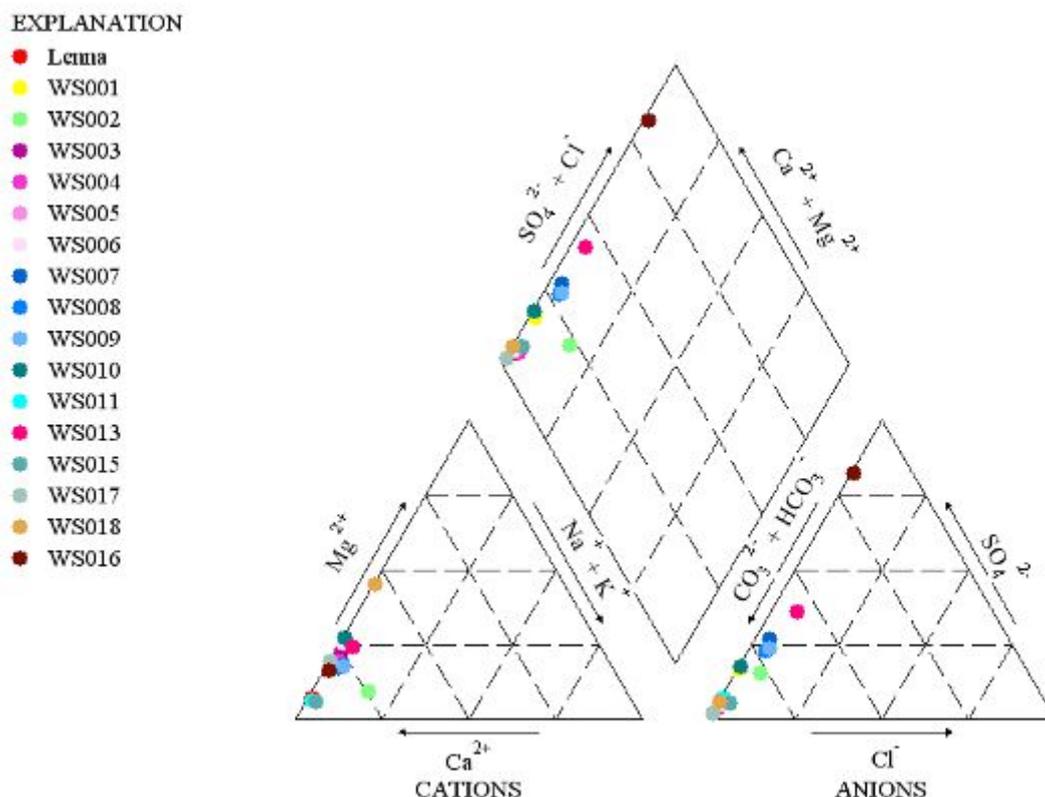


Figura 221- Diagramma di Piper ottenuto per le diciotto acque analizzate.

I due diagrammi ternari (cationici e anionici) evidenziano invece una certa eterogeneità in termini di ione solfato, cloro e magnesio.

Di particolare interesse risulta la variabilità del Cloro, che potrebbe essere legata ai diversi percorsi (e quindi ai diversi tempi di residenza) delle acque all'interno dell'acquifero. La concentrazione dello ione Cloro infatti, essendo poco condizionata da fenomeni di scambio ionico e di riduzione, rende questo elemento un ottimo tracciante naturale. Tipicamente tenori di Cl^- modesti sono sintomatici di acque che circolano velocemente e/o per tempi brevi; viceversa, valori elevati sono indicativi di una circolazione più lunga.

In virtù di ciò è stato realizzato un secondo grafico che, mettendo in relazione il tenore di ione Cl^- con il parametro Conducibilità per ogni singolo campione, ha consentito la distinzione delle acque in due macro-categorie.

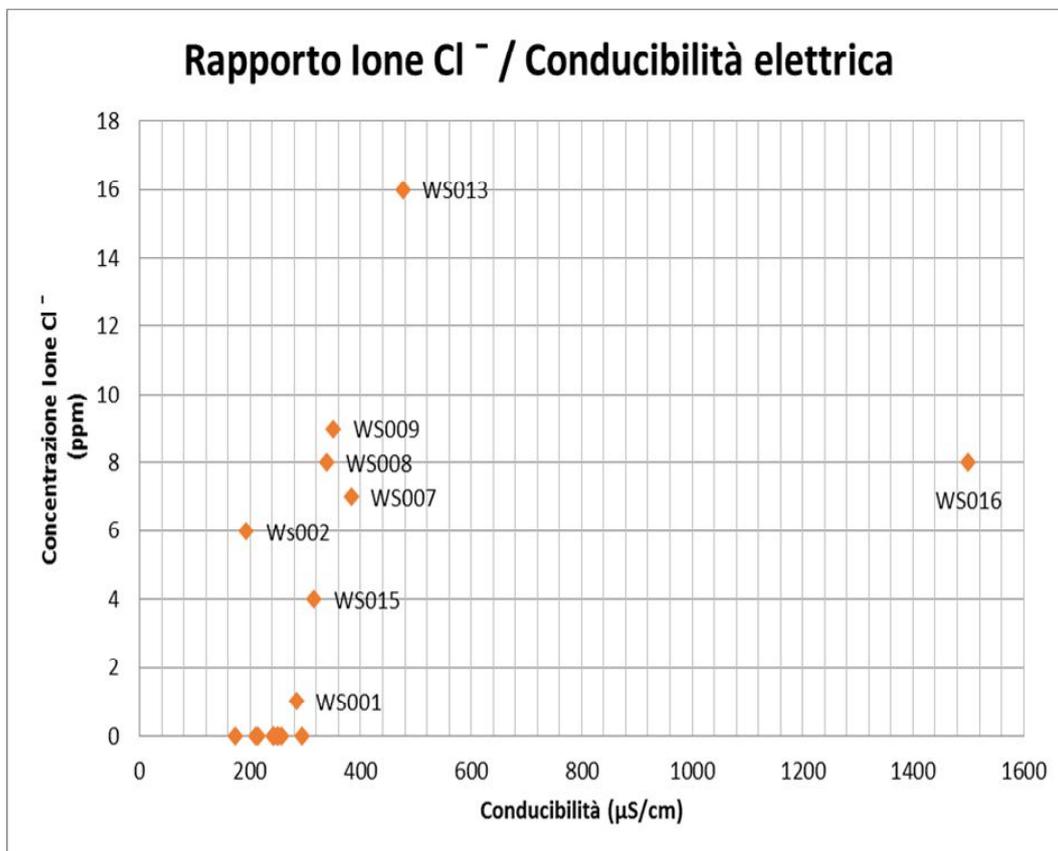


Figura 222- Diagramma del rapporto tra i valori di conducibilità e i tenori di Cloro misurati per i diciassette campioni.

- WS001 - WS003 - WS004 - WS005 - WS006 - WS010 - WS011 - WS017 - WS018: concentrazione di ione Cl^- minore o uguale a 1 ppm;

- WS002 - WS007 - WS008 - WS009 - WS013 - WS015 – WS016: concentrazione di ione Cl⁻ maggiore di 1 ppm.

Questa suddivisione, seppur grossolana, è in linea con quanto era emerso dall'analisi della conducibilità ed evidenzia ancor più chiaramente la differenza esistente tra il campione WS016 e le altre acque prese in considerazione. Consente inoltre di ipotizzare una circolazione rapida e/o percorsi brevi per il primo gruppo di acque ed uno scorrimento più lento e prolungato per il secondo.

In un secondo momento, sfruttando i dati di Conducibilità e concentrazione di ione Cloro ricavati per i campioni WS016 (A-I), è stato elaborato un altro grafico “Ione Cloro – Conducibilità”:

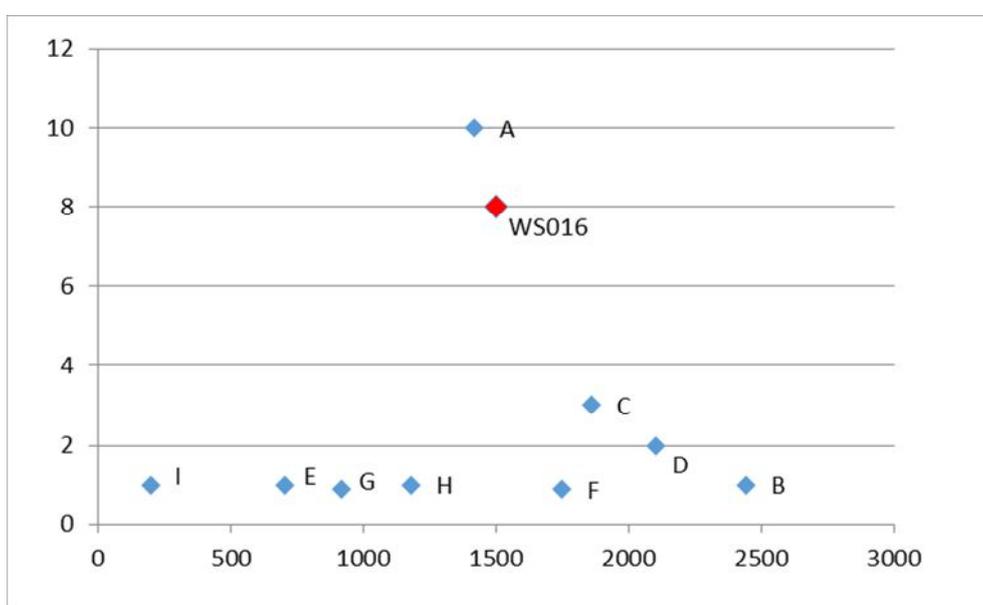


Figura 223- Diagramma del rapporto tra i valori di conducibilità e i tenori di Cloro misurati per i campioni WS016 (A-I).

In rosso è riportato il campione generico WS016 che, come già detto, è stato prelevato quasi all'imbocco della Galleria Riso-Parina ed è rappresentativo di una miscela di acque. Accostando quest'ultimo con i “sottocampioni” WS016A-I si può notare una certa somiglianza con il WS016A sia per tenore di cloruri sia per valore di conducibilità; ciò potrebbe essere spiegato col fatto che l'acqua WS016A è quella campionata più a ridosso dell'imbocco della galleria. Si discostano, invece, tutti gli altri campioni: questi, pur essendo accumulati dallo stesso tenore di cloro presentano una certa eterogeneità in termini di Conducibilità. Rimane ancora da capire, però, quali sono le origini e i percorsi seguiti da queste acque.

Terminata questa fase preliminare di interpretazione dei dati idrochimici si è reso necessario un approfondimento per discriminare ulteriormente le acque. Si è deciso, quindi, di rappresentare i medesimi dati nel diagramma semi-logaritmico di Shoeller.

Quest'ultimo, contrariamente al diagramma di Piper, conserva i valori assoluti delle concentrazioni dei singoli ioni; ciò permette di distinguere acque poco mineralizzate da quelle più mineralizzate.

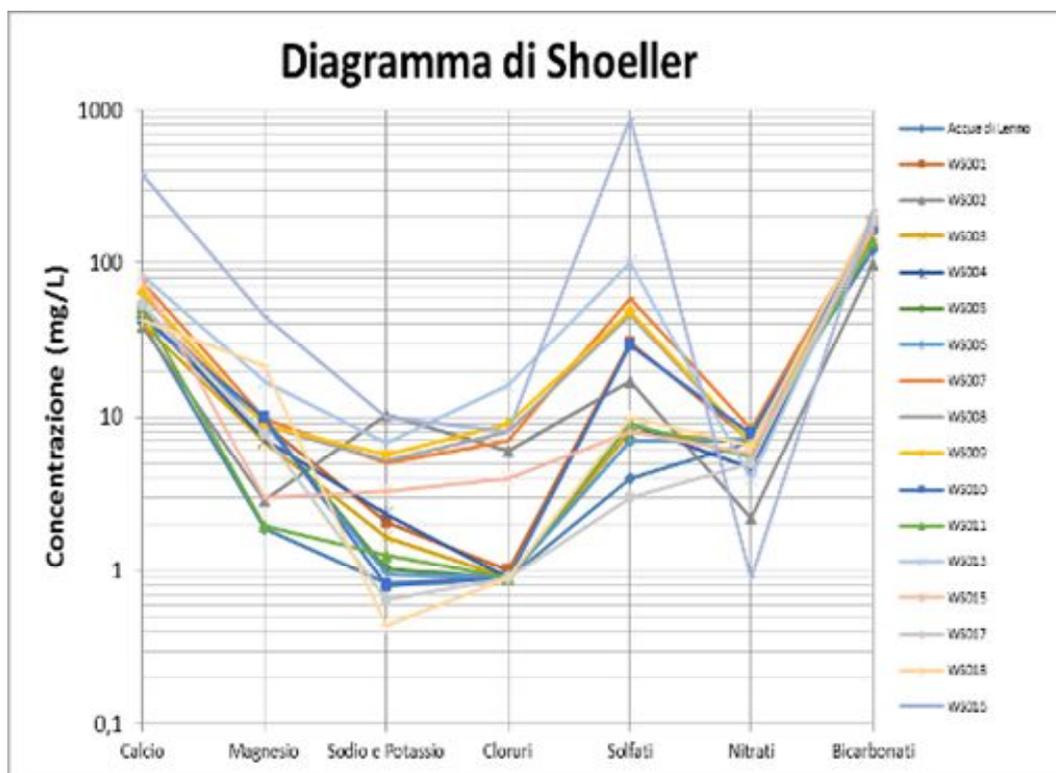


Figura 224 - Diagramma di Shoeller relativo a tutti i 16 campioni.

Nel diagramma di Shoeller riportato nella figura precedente viene mostrato l'andamento di tutti i campioni contemporaneamente. Dal confronto simultaneo delle varie composizioni (ciascuna rappresentata da una spezzata) appare innanzitutto evidente come tutti i campioni, con la sola eccezione del WS016, presentino un andamento "a catino", con i due vertici esterni (Calcio e Bicarbonato) più alti degli altri ciò conferma la composizione bicarbonato-calcica.

Confrontando, inoltre, le pendenze dei segmenti che congiungono due punti, rappresentativi di due differenti ioni (es. Ca-Mg), è possibile fare considerazioni sul rapporto caratteristico tra gli ioni stessi.

Comparando poi i segmenti delle varie acque si andranno ad evidenziare le eventuali analogie o differenze. Proprio sulla base di questo principio è stata messa in luce l'esistenza di almeno tre categorie di acque, come si può notare dalla figura successiva.

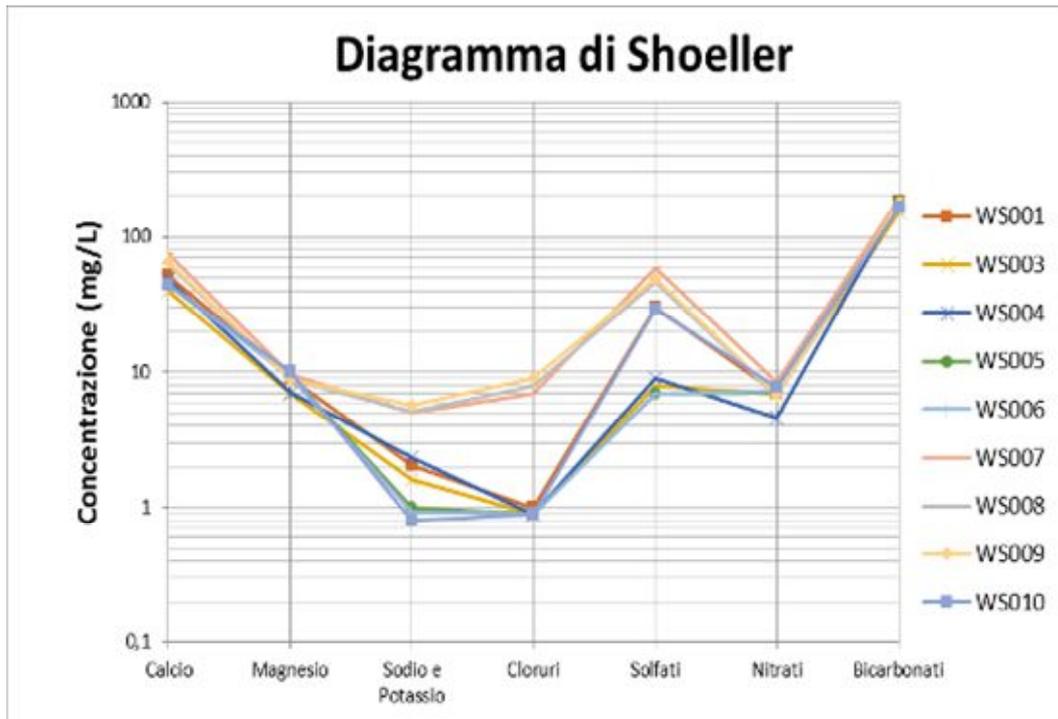


Figura 225 - Diagramma di Shoeller relativo ai campioni WS001-WS003-WS004-WS005-WS006-WS007-WS008-WS009- WS010.

Nella parte superiore del diagramma si posiziona il gruppo costituito dai campioni WS007-WS008-WS009, i quali si presentano decisamente omogenei per tutti i rapporti ionici; si tratta infatti di acque prelevate dallo stesso torrente a poca distanza l'uno dall'altro.

Più in basso si ritrova invece il gruppo delle acque WS003-WS004-WS005-WS006 che, pur mostrando nel complesso un trend uniforme, si discostano leggermente le une dalle altre per il tenore di Sodio e Potassio.

Si tratta di campioni raccolti nella stessa area e pressoché alla stessa quota, ma da fonti diverse: WS003 e WS006 sono rappresentativi di acque da scarico, WS004 è un'acqua di fontana e WS005 acqua di torrente.

A metà strada tra i due gruppi si collocano infine i campioni WS001 e WS010 (rispettivamente acqua da torrente e acqua da sorgente): questi sono caratterizzati da tenori praticamente identici per tutti gli elementi maggiori, con la sola eccezione del Sodio + Potassio (Si veda figura successiva). Si potrebbe ipotizzare, pertanto, l'appartenenza ad uno stesso corpo idrico.



Figura 226 - Diagramma di Shoeller relativo ai campioni WS001-WS0010.

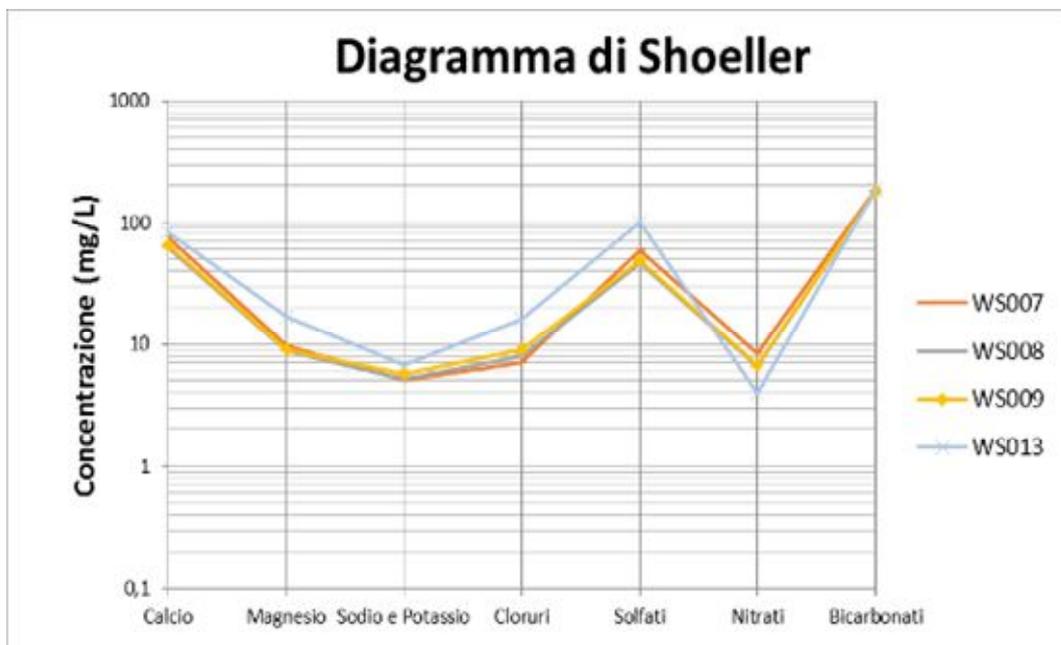


Figura 227 - Diagramma di Shoeller relativo ai campioni WS007-WS008- WS009-WS013.

Una certa similitudine si nota anche tra il gruppo WS007-WS008-WS009 e il campione WS013, proveniente da acque di scarico in zona Oneta.

Rimangono tuttavia da stabilire quali sono i rapporti tra i 10 campioni appena analizzati e quelli riportati nel diagramma seguente (Fig.10); come si può vedere, infatti, le acque WS002 –WS011 – WS015 – WS016 – WS017 – WS018 ed il campione raccolto a Lenna presentano concentrazioni dei singoli elementi maggiori diverse rispetto a quelle dei tre gruppi finora definiti. Anche il trend generale delle spezzate appare discordante rispetto a quelli visti in precedenza; un'analisi di questo tipo, pertanto, non consente di ottenere ulteriori informazioni.

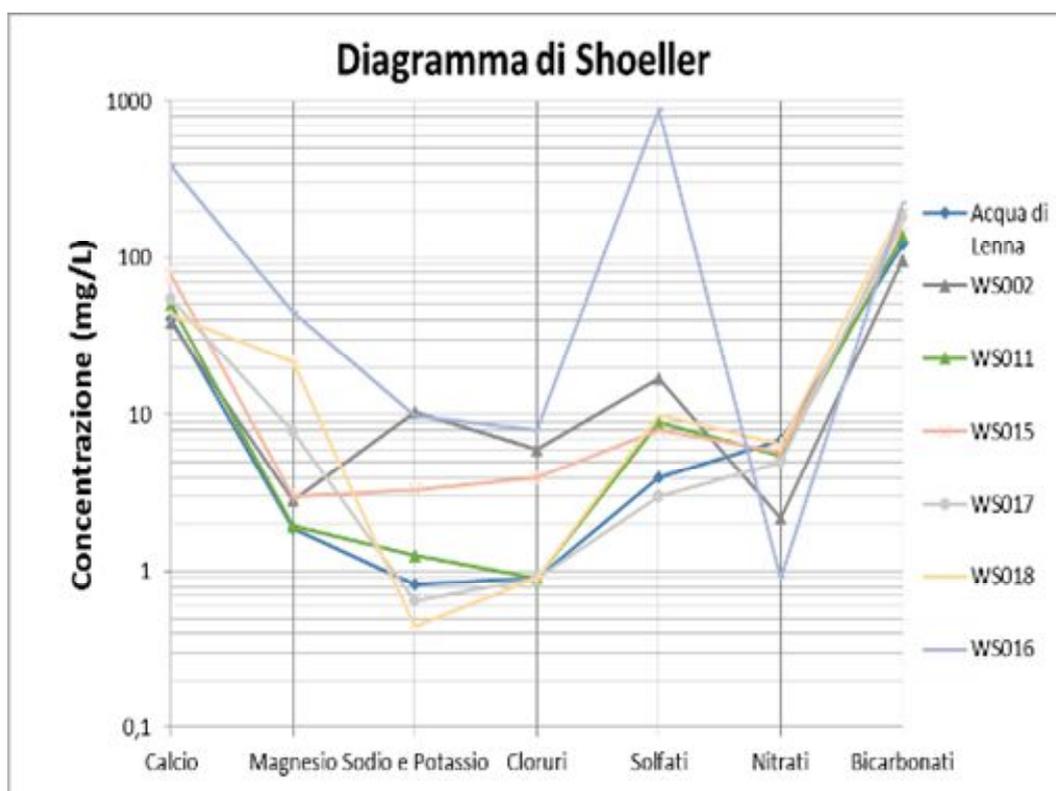


Figura 228 - Diagramma di Shoeller relativo ai campioni WS002-WS011-WS015-WS016-WS017-WS018-Acqua di Lenna.

Il chimismo delle acque sotterranee può essere investigato anche per mezzo dei rapporti caratteristici tra alcuni elementi; le relazioni stechiometriche fra i vari soluti, infatti, risultano importanti per definire la loro origine.

Di seguito vengono riportati, per le acque campionate, i diagrammi relativi alle seguenti coppie ioniche: Bicarbonato-Calcio; Solfato-Cloro; Sodio-Cloro; Calcio-Cloro; Bicarbonato-Cloro; Potassio-Cloro; Magnesio-Cloro.

La variabile di riferimento rispetto alla quale viene fatto il confronto, come si può notare, è in genere il Cloro poiché questo viene poco influenzato dai processi di interazione acqua-roccia e risulta quindi un ottimo tracciante naturale. Un'analisi di questo tipo è utile anche nel caso in cui si volesse effettuare un confronto tra acque di precipitazione meteorica, acque di sorgente e di deflusso fluviale.

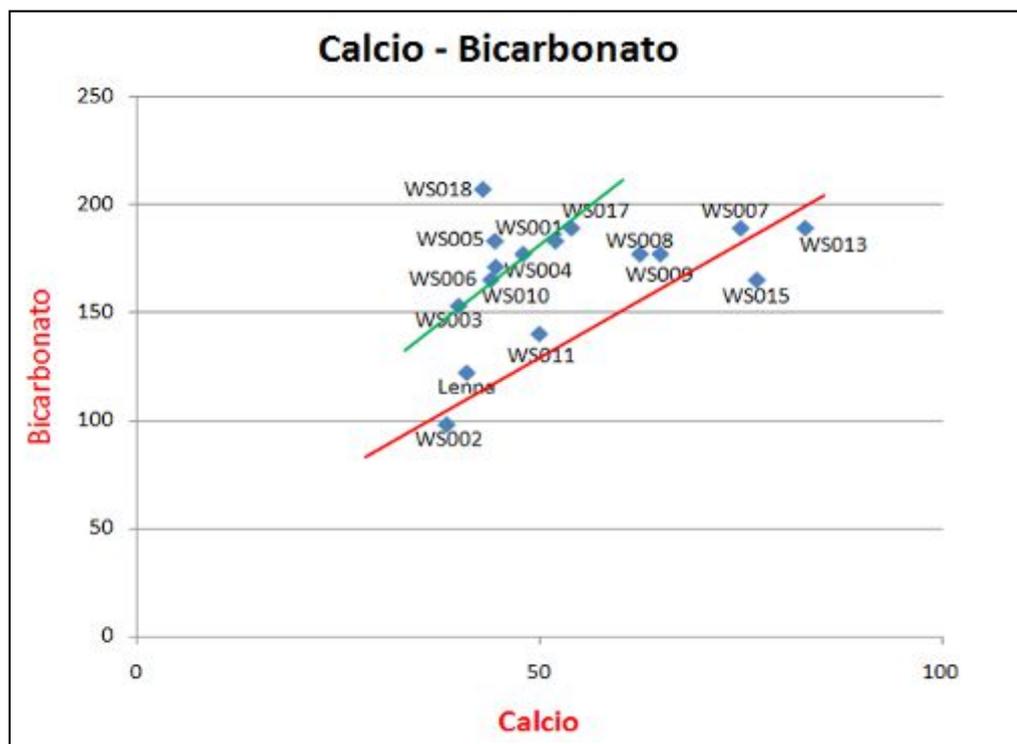


Figura 229 - Diagramma di correlazione Calcio-Bicarbonato (espressi in mg/L).

Nel diagramma di correlazione Ca-HCO₃ i 16 campioni presi in considerazione si dispongono lungo due rette con pendenza simile ed elevato coefficiente di correlazione ($r_1=0,91$ per la retta rossa e $r_2=0,85$ per la retta verde). Non è stato riportato, invece, il campione WS016 avendo questo un rapporto Calcio-Bicarbonato sensibilmente diverso rispetto a quello degli altri. Ciò suggerisce un chimismo controllato da reazioni di idrolisi che interessano fasi mineralogiche di tipo carbonatico. A parità di contenuto in Calcio, tuttavia, i campioni che giacciono lungo la retta verde presentano un maggior tenore di Bicarbonato rispetto a quelli collocati in corrispondenza della retta rossa.

Sfugge a questi due trend di correlazione soltanto il campione WS018, prelevato da una fontana in via Prealpina inferiore e caratterizzato da un chimismo anomalo (come già evidenziato nei diagrammi precedenti).

Proprio in virtù di tale comportamento anomalo si è preferito escluderlo dal calcolo del coefficiente di correlazione. (Il comportamento del campione WS018 potrebbe essere causato da meccanismi di reazione più complessi che vanno al di là del semplice equilibrio del sistema carbonatico).

Un altro rapporto ionico significativo è quello Solfato/Cloro. Quando il deflusso è sufficientemente lento il suo valore diminuisce gradualmente da monte verso valle perché la solubilità dei cloruri è maggiore di quella dei solfati alcalino-terrosi. Il fenomeno si inverte quando l'acquifero è ricco di solfati e relativamente povero di cloruri (Shoeller, 1948).

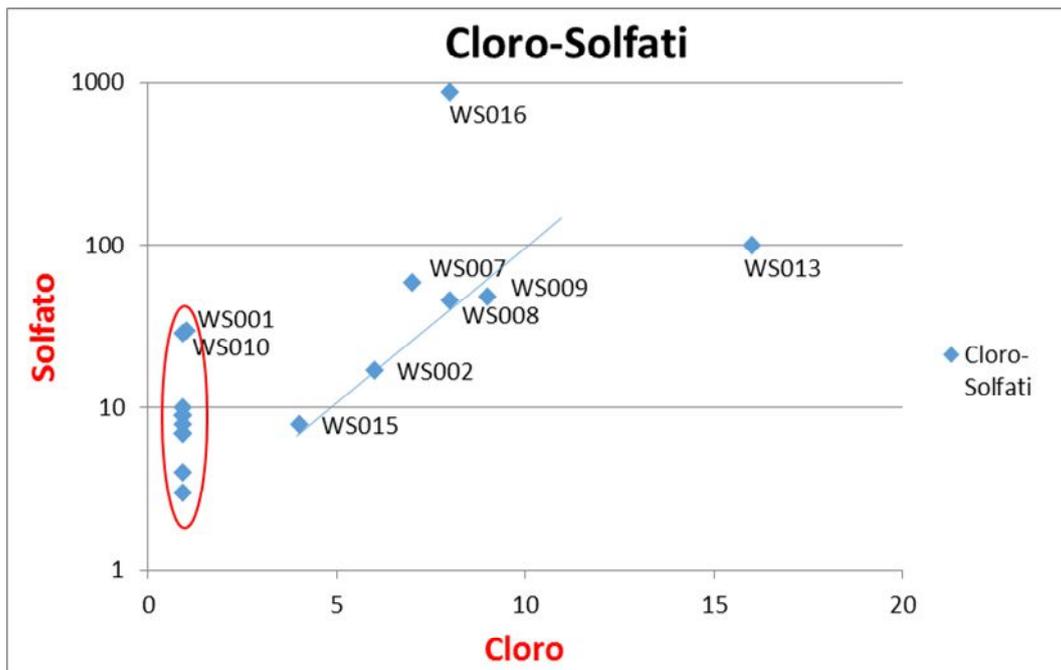


Figura 230- Diagramma di correlazione Solfato-Cloro.

Ricalcando la distinzione vista nel diagramma Ca-HCO₃, si nota anche in questo caso una certa discordanza tra le varie acque: in prossimità dell'origine del sistema cartesiano si posizionano quei campioni che non presentano nessuna corrispondenza tra tenore di Cloro e contenuto di Solfato.

Lungo la linea di tendenza si ritrovano invece le acque per le quali i contenuti di Cloro e Solfato sono direttamente proporzionali. I campioni WS013 e WS016 rappresentano i punti più estremi, con i tenori più elevati di Solfato, mentre le acque WS002 e WS015 tendono a discostarsi leggermente dalla suddetta linea.

Una situazione analoga si ripresenta nei diagrammi Sodio-Cloro, Calcio-Cloro e Bicarbonato-Cloro come illustrato nei grafici seguenti.

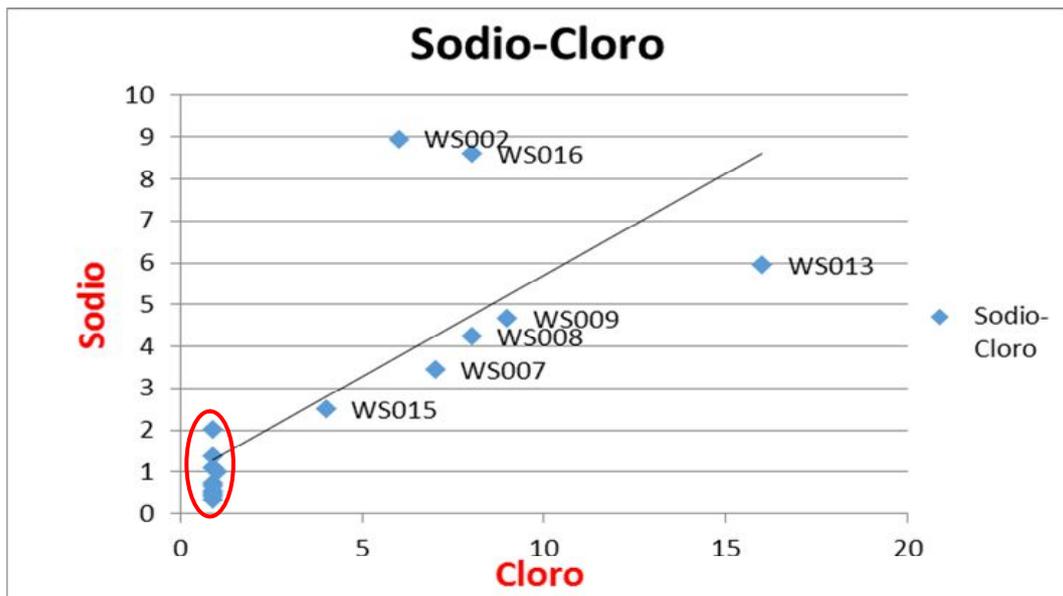


Figura 231 - Diagramma di correlazione Sodio-Cloro.

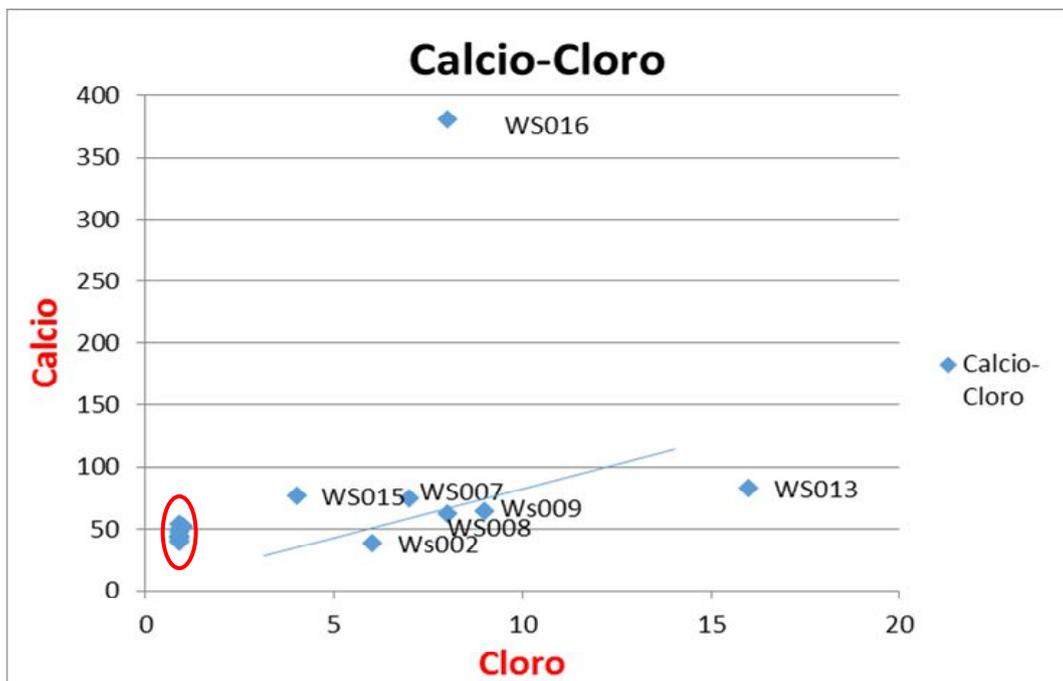


Figura 232 - Diagramma di correlazione Calcio-Cloro.

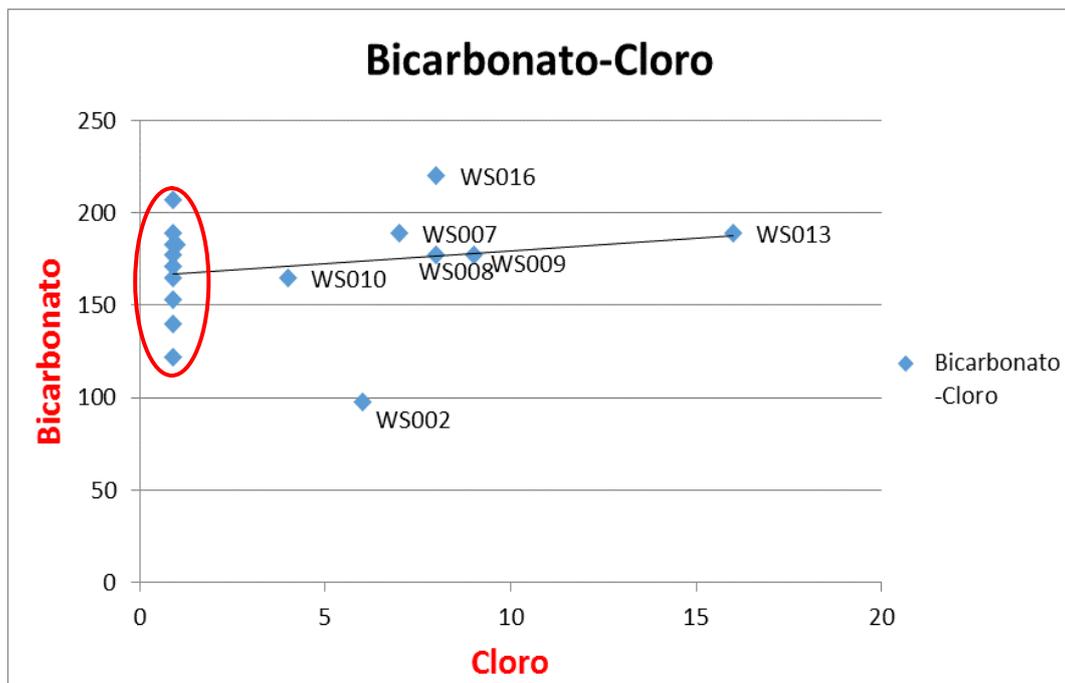


Figura 233 - Diagramma di correlazione Bicarbonato-Cloro.

Altri due analiti messi in relazione con il Cloro sono stati il Potassio e il Magnesio. Tuttavia la notevole variabilità nella concentrazione dei componenti ha determinato una sensibile dispersione dei dati analitici. Ne risultano, quindi, grafici scarsamente informativi.

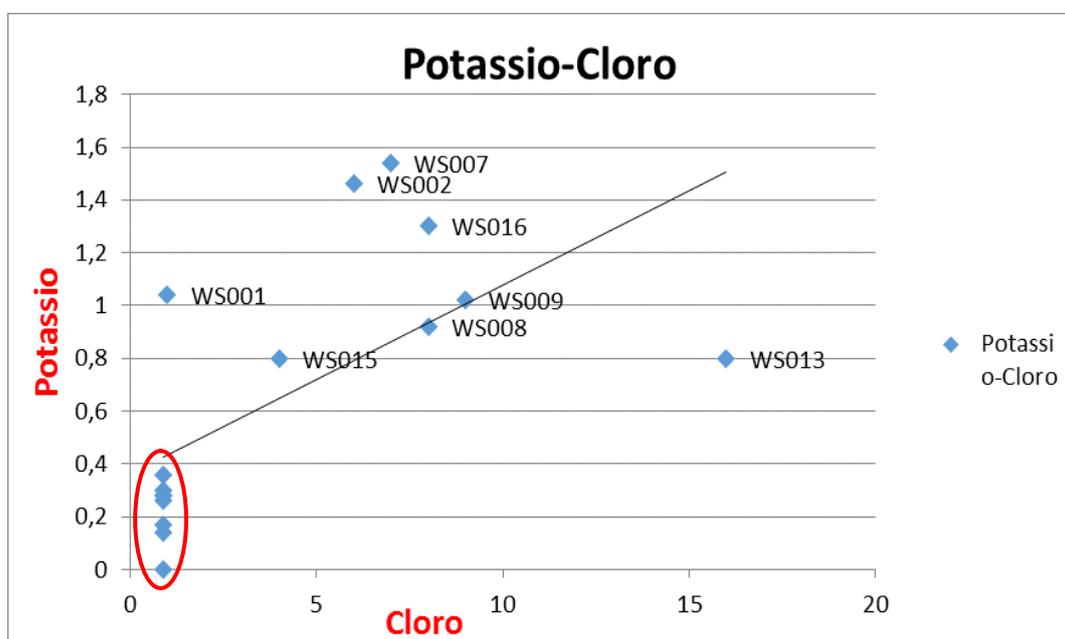


Figura 234 - Diagramma di correlazione Potassio-Cloro.

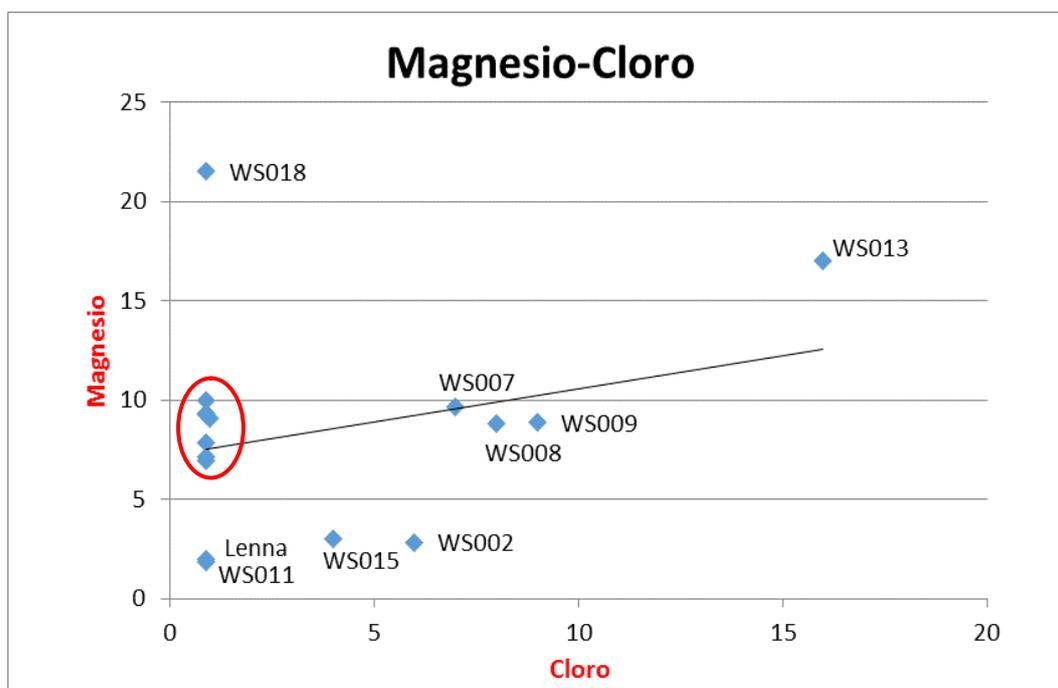


Figura 235 - Diagramma di correlazione Magnesio-Cloro.

Parametri microbiologici

Un altro dato fornito dalle analisi chimiche è il contenuto batterico, espresso come UFC (unità formanti colonie) per 100 ml, riferito agli *Escherichia coli*. Si tratta di batteri presenti nell'intestino degli animali: la loro presenza nelle acque indica quindi un possibile inquinamento di origine fecale che potrebbe provenire dal sistema fognario o dal contatto delle acque di falda con bacini inquinati (canali, fiumi, ecc) oppure derivare dalla rete idrica interna.

Considerando che alcuni ceppi di *Escherichia coli* possono essere molto virulenti la legge (D.Lgs 31/2001) in modo precauzionale stabilisce che la presenza anche di un solo batterio in 100 ml di acqua la rende "non idonea al consumo umano". Nel caso in questione 7 dei 17 campioni d'acqua sono risultati affetti dal suddetto batterio, con tenori che vanno da 3 a 200 unità per 100 ml.

Nei campioni WS001-WS007-WS008-WS009-WS015, essendo questi provenienti da torrenti, la presenza di batteri non dovrebbe stupire; rimane invece da definire l'origine del contenuto batterico delle acque WS013 e WS016.

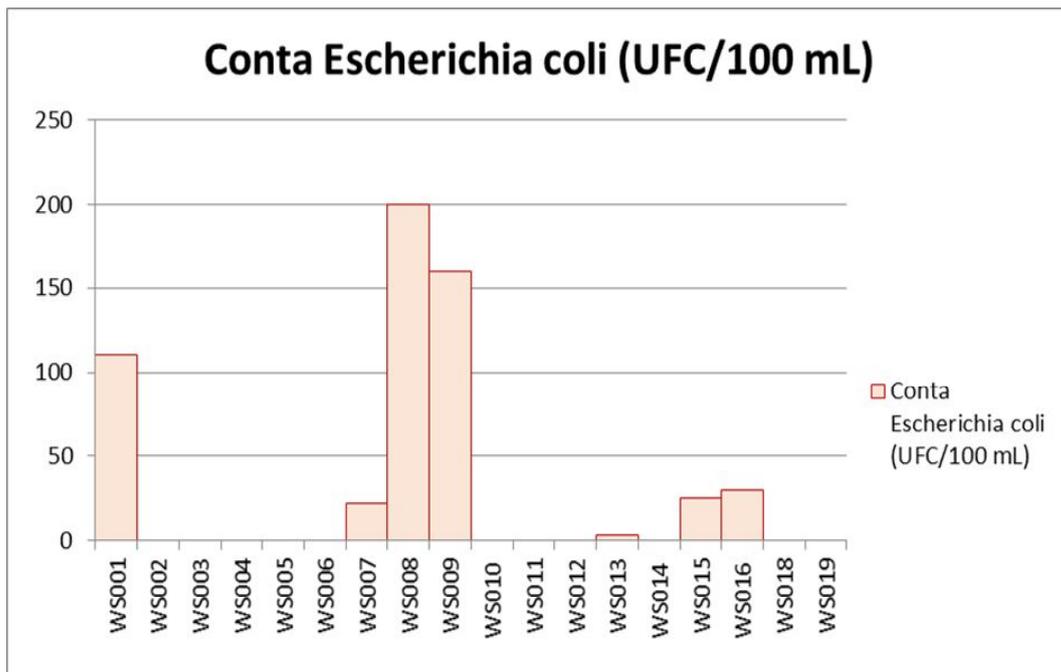


Figura 236 - Contenuto batterico nei diciassette campioni analizzati.

La galleria Riso Parina

La galleria Riso Parina è una galleria di oltre 11 km di lunghezza che dal comune di Gorno (fraz. Villasio) raggiunge l'area della Concessione Monica. La quota iniziale è posta a circa 550 m s.l.m. e nella parte terminale raggiunge quota 609 m s.l.m. circa. La galleria è parte della richiesta di concessione e dunque dal punto di vista dello studio SIA deve essere analizzata per definire l'impatto attuale e potenzialmente futuro che nell'ambito della richiesta di concessione e dello sviluppo del progetto potrà causare sul quadro della circolazione idrica sotterranea.



Figura 237 - Ingresso della Riso Parina, la freccia evidenzia lo scarico delle acque drenate nel torrente Riso.

Dal punto di vista strettamente idrogeologico la galleria di carreggio Riso Parina si può configurare come una sorta di asse drenante artificiale, che nel complesso modello concettuale della circolazione delle acque sotterranee costituisce una sorta di unità idrogeologica artificiale, che drena lungo il suo sviluppo totale le acque dell'ammasso roccioso lungo la canaletta fino allo sbocco terminale del portale di Riso immettendosi direttamente nel torrente Riso.

Per l'analisi delle portate e del regime idrico della galleria Riso Parina, sono stati eseguiti numerosi rilievi e ricognizioni e per la raccolta dati sono state definite alcune sezioni di riferimento. A livello generale la portata idrica, almeno per il tratto terminale della galleria tra la progressiva pk 3000 e il portale in uscita, risente fortemente degli eventi meteorici esterni con tempi di ricarica piuttosto brevi, in cui l'aumento della portata si realizza in maniera assai repentina durante eventi meteorici brevi intensi. A questo contributo si somma una portata di fondo, proveniente dalle porzioni di

galleria oltre tale progressiva, che ha tempi di corrivazione decisamente più elevati e che garantisce, in parte, un'aliquota di portata costante nel tempo ed utilizzabile.

Attualmente la portata idrica scorre nel contesto della canaletta di raccolta collocata sul fianco destro del cavo di galleria e solo in occasione di particolari eventi meteorici si assiste ad un notevole quanto repentino incremento della circolazione idrica tanto che la stessa invade la sede dei binari.

È stata dunque installata una centralina di acquisizione "Datalogger D200" alla progressiva pk 1900, unico punto che a partire dal Portale di Riso non subisce commistioni o perdite di portata e che raccoglie direttamente le numerose venute idriche, ubicate in corrispondenza delle svariate nicchie realizzate in fase di scavo della galleria. Il sistema di lettura è collegato ad un datalogger che registra in automatico il livello che viene memorizzato su apposita scheda.



Figura 238 - Controllo dei dati in corrispondenza della PK 1900 e dettaglio del dispositivo di misurazione del livello.

Il periodo di monitoraggio è iniziato a fine maggio 2016 ed è tuttora incorso. Di seguito sono riportati la tabella riassuntiva e il grafico delle portate, con un'analisi per evidenziare i dati di riferimento validi allo scopo progettuale.

Valore	Portata (l/s)	Portata (m3/h)
Portata media	40	145
Portata di picco	85	310
Portata di morbida o esercizio	15-20	54-72

Tabella 86 - Tabella riassuntiva con valori medi di picco e morbida o esercizio delle portate.

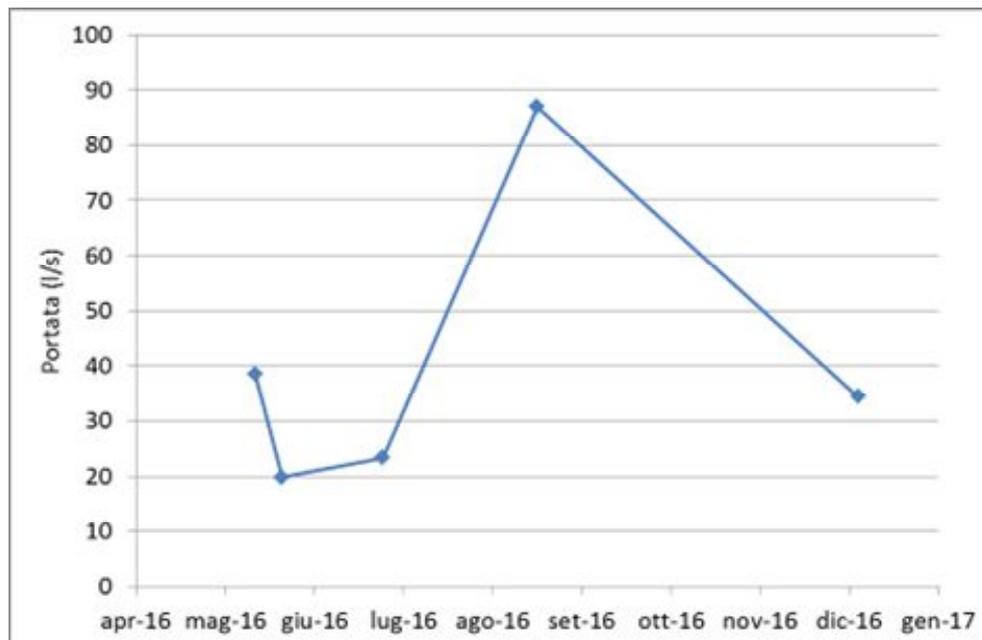


Figura 239 - Grafico dei dati di portata monitorati.

Oltre al dato quantitativo delle portate, utile a definire lo stato del drenaggio oramai stabilizzato nel tempo che la Riso Parina esercita sull'ammasso roccioso, sono stati prelevati n.10 campioni di acqua per una successiva analisi chimica completa. La tabella seguente riassume le progressive di campionamento delle acque.

Codice	Rif. progressiva (m)
WS16 Hat	1900
WS16 A	2200
WS16 B	3300
WS16 C	3570
WS16 D	4000
WS16 E	4550
WS16 F	9000
WS16 G	10500
WS16 H	10900
WS16 I	11000

Tabella 87 - Tabella riassuntiva delle analisi chimiche eseguite nella Riso Parina.

Il range di ioni misurati ha compreso elementi maggiori e minori. I risultati sono riassunti nel grafico di Schoeller della figura seguente.

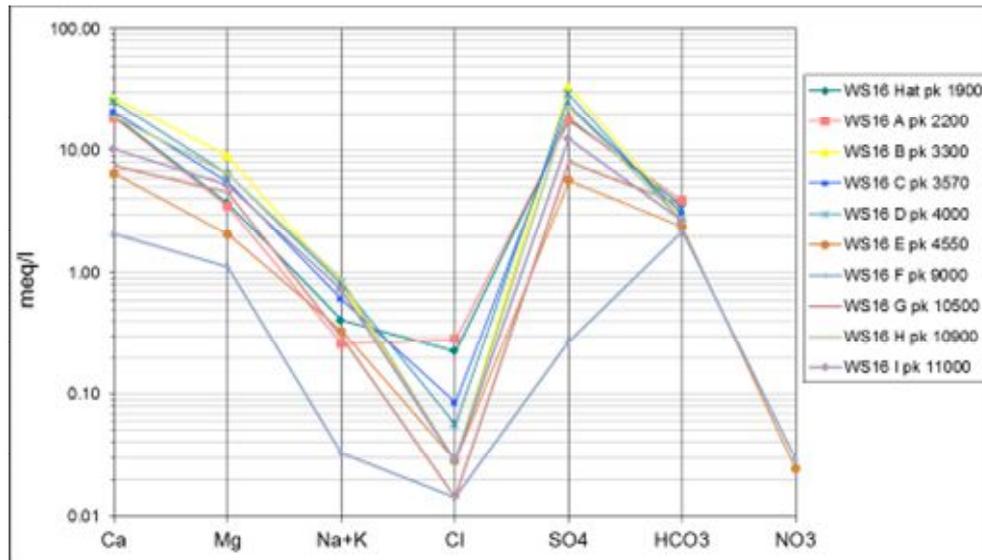


Figura 240 - Diagramma di Schoeller dei risultati delle analisi chimiche eseguite nella Riso Parina.

Dal grafico si possono evidenziare che le specie ioniche di maggior variazione sono legate ai cloruri e ai solfati. Calcio, Magnesio e ione bicarbonato mantengono relativamente gli stessi rapporti a conferma che la matrice calcarea è la predominante nel quadro della circolazione nell'ammasso, anche quando la componente marnosa si somma ai calcari. La variazione di solfati e cloruri è invece fortemente legata alla contaminazione da parte di livelli di rocce evaporitiche presenti nell'ammasso attraversato dalla Riso Parina.

Per analizzare più a fondo tale influenza, al fine di meglio comprendere la circolazione in profondità, sono stati incrociati i dati dei rilievi eseguiti dalla società SIAL.TEC incaricata dalla EMI nel 2015 per uno studio sulla stabilità del Riso Parina.

La relazione prodotta, esaminando lo stato del rivestimento lungo la galleria ha inoltre rilevato i cambi litologici lungo tutto lo sviluppo planimetrico. Tali dati sono stati incrociati con la concentrazione di solfati (mg/l di SO_4^{2-}) e posti in un grafico.

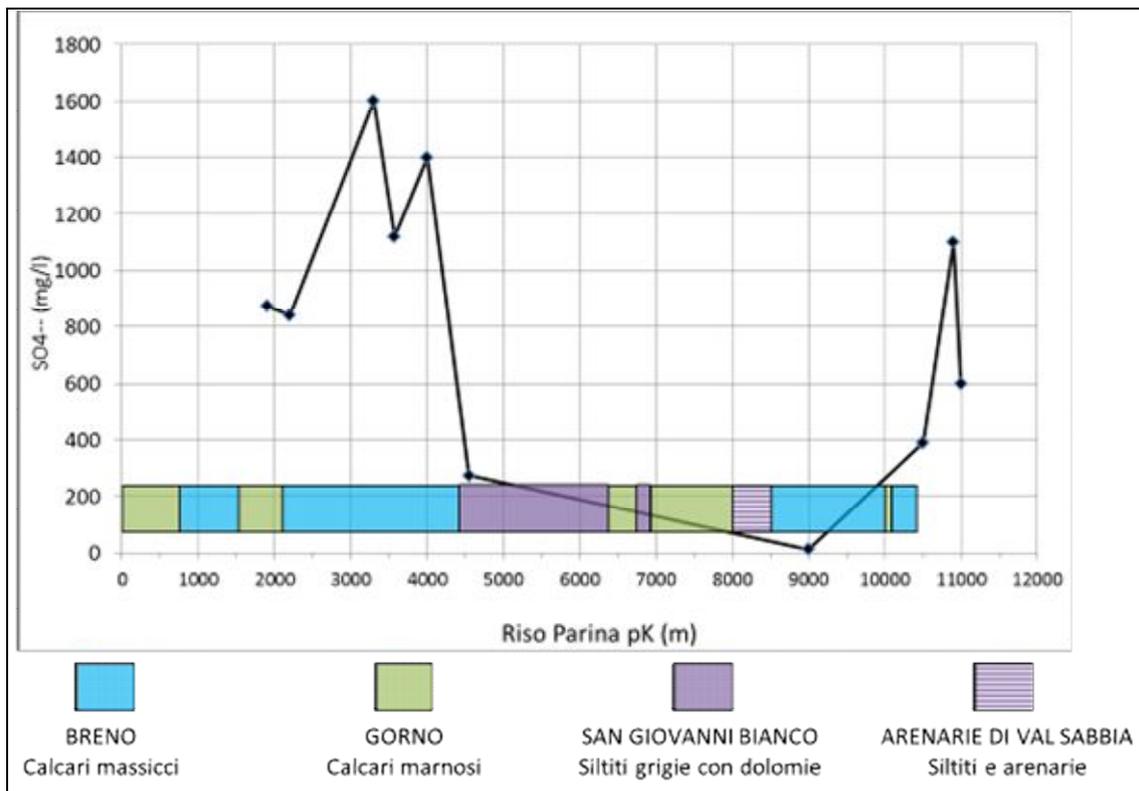


Figura 241- Valori di solfati analizzati lungo la Riso Parina e suddivisione delle litologie (dati SIAL.TEC Engineering).

Dall'analisi si evidenzia che le maggiori concentrazioni di solfati sono in coincidenza con l'attraversamento dei calcari di Breno. I rilievi della SIAL.TEC. in coincidenza di tali tratte (es. pk 3597) evidenziano un ammasso calcareo grigio chiaro, tettonizzato e alterato con presenza di cristalli aciculari di gesso. Questo dato è, ad una prima analisi, in contrasto con i dati bibliografici (quadro geologico CARG, ...) che non evidenziano evaporiti nella formazione di Breno. Tuttavia occorre tenere in conto che:

- i prelievi sono stati fatti solo in coincidenza delle venute più rilevanti (i calcari di Breno sono, in via generale, più permeabili delle altre formazioni). È ragionevole attendersi valori di solfati elevati anche nella formazione di San Giovanni Bianco, ma l'assenza di circolazione (solo qualche stillicidio) ha impedito il campionamento;
- nelle tratte a maggior infiltrazione, dove sono stati prelevati i campioni, la complessa tettonica (la faglia del Grem corre circa parallela alla Riso Parina dalla pk 2+000 alla pk 4+200) mette a contatto scaglie di diversi litotipi per cui è probabile che i cristalli di gesso siano legati alle acque di percolazione che attraversano litotipi ricchi in evaporiti. Le acque di infiltrazione, arricchendosi in solfati e cloruri successivamente ricristallizzano lungo le fasce fratturate, in altre formazioni geologiche.

Le zone a maggior infiltrazione possono essere identificate con le tratte tra le pk 2+000 e pk 4+200 e intorno alla pk 8+000 (contatto Gorno con Arenarie di Val Sabbia).

In definitiva, il drenaggio delle acque sotterranee attuato della galleria Riso Parina ha raggiunto, nel corso dei decenni, uno stato di totale stabilizzazione e risente solo delle variazioni di ricarica meteorica o laterale che, con tempi diversi, causano aumenti della portata in uscita dal portale.

7.1.3 Suolo e sottosuolo

In questo capitolo verranno illustrati gli aspetti geologici, strutturali e geomorfologici dell'area di progetto relativi sia al suolo e che al sottosuolo interessato dalle opere che verranno realizzate sia all'aperto che in sotterraneo.

Per gli elaborati grafici, planimetrie e profili, oltre che alle immagini inserite in questo paragrafo si rimanda agli allegati del presente documento.

Gli elaborati grafici, redatti dagli scriventi, sono stati redatti utilizzando principalmente, come base di partenza, i dati e le informazioni contenute nella "Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000 – Progetto CARG - Foglio 077 "Clusone" e le note illustrative ad essa allegate.

7.1.3.1 Inquadramento geologico-strutturale

Le Alpi Bergamasche fanno parte delle Alpi Meridionali o Sudalpino che, da un punto di vista paleogeografico, vengono considerate un frammento di un continente (paleo-Africa), originariamente situato a Sud dell'Oceano Ligure- Piemontese. Tale porzione di catena è formata da un basamento cristallino con impronta metamorfica varisica e da una copertura sedimentaria di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Cretacico. L'evoluzione strutturale della catena è caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi; in particolare sono state riconosciute: due o più fasi deformative prealpine da cui deriva il metamorfismo del basamento cristallino; una tettonica distensiva iniziata nel Permiano e protrattasi fino al Giurassico medio, culminata con l'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese (durante tale periodo il Sudalpino ricoprì il ruolo di margine continentale passivo); una tettonica compressiva iniziata nel Cretacico superiore e perdurata, anche successivamente alla collisione continentale, sino al Neogene.

L'attuale configurazione strutturale della catena è il risultato della tettonica compressiva di età alpina, che ha dato luogo ad una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti pellicolari (fold-thrust chain).

L'edificio strutturale che ne è derivato risulta particolarmente complesso e può essere schematicamente suddiviso, da Nord a Sud, in tre settori:

1. basamento cristallino (zona orobica) ed anticlinale orobica s.s. La zona orobica costituisce la più settentrionale delle zone nelle quali viene tradizionalmente suddivisa la catena. Essa è costituita dalle rocce del basamento metamorfico accavallate sulle loro coperture permotriassiche lungo un fascio di linee in parte vicarianti, talora en échelon, orientate E-W, che in letteratura sono conosciute come Linea Orobica. A Sud di questa è presente una stretta

- fascia costituita da strutture anticlinali, con disposizione en échelon destra, che coinvolgono sia il basamento cristallino che la copertura sedimentaria permo-triassica;
2. un settore centrale comprendente la successione triassica: il settore centrale corrisponde in gran parte con la porzione di catena sudalpina nota come Prealpi Bergamasche. L'assetto strutturale di questa zona è particolarmente complesso nella fascia settentrionale dove, a ridosso delle anticlinali orobiche, si sviluppa un sistema di faglie WSW-ENE e E-W, noto in letteratura come Valtorta-Valcanale. A Sud di tale sistema si sviluppa un edificio strutturale alloctono formato dalla successione triassica ("Parautoctono ed unità alloctone");
 3. un settore frontale comprendente le unità giurassico-cretaciche. Sul fronte della catena è presente un'ampia fascia costituita da unità giurassico-cretaciche e caratterizzata da un fascio di pieghe associate a thrust con assi orientati E-W ("Zona a pieghe e pieghe faglie").

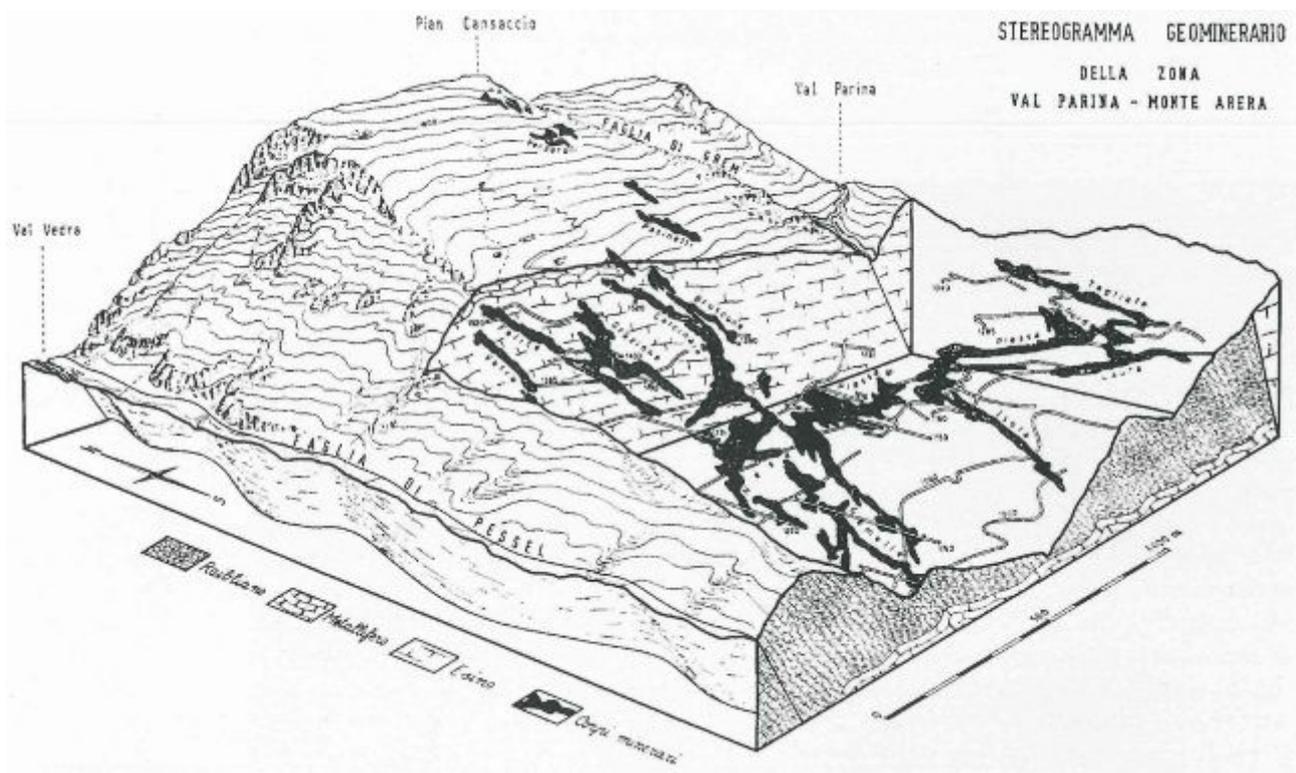


Figura 242 - Stereogramma geominerario della Val Parina
(fonte: P. Omenetto, G. Vailati, 1977, in "Le Miniere di piombo e zinco della Bergamasca", L. Furia, 2012).

Il territorio oggetto di studio e interessato dall'estensione della concessione ricade nel settore centrale costituito dalle unità triassiche (250-210 Milioni di anni). Queste formano un edificio alloctono, localmente caratterizzato dalla duplice o triplice ripetizione delle unità strutturali, prevalentemente inclinate verso Sud ed impostate lungo gli orizzonti evaporitici e le carniole delle Formazioni di San Giovanni Bianco e della Carniola di Bovegno, accavallatesi tra loro lungo superfici di scorrimento. A grande scala l'edificio che ne deriva può essere schematizzato come un

insieme di embrici immergenti verso la pianura. L'immersione verso meridione, legata al basculamento prodotto a scala regionale dalla deformazione della fascia delle Anticlinali Orobiche, comporta l'emergenza del solo margine settentrionale delle unità alloctone in posizione inferiore. I fronti meridionali di tali unità sono infatti ricoperti dalle unità alloctone sovrastanti. Nel territorio in esame le unità triassiche affioranti comprendono le formazioni che dall'Anisico inferiore e medio (Calcere di Angolo) giungono sino al Norico inferiore (Dolomia Principale).

SCHEMA TETTONICO

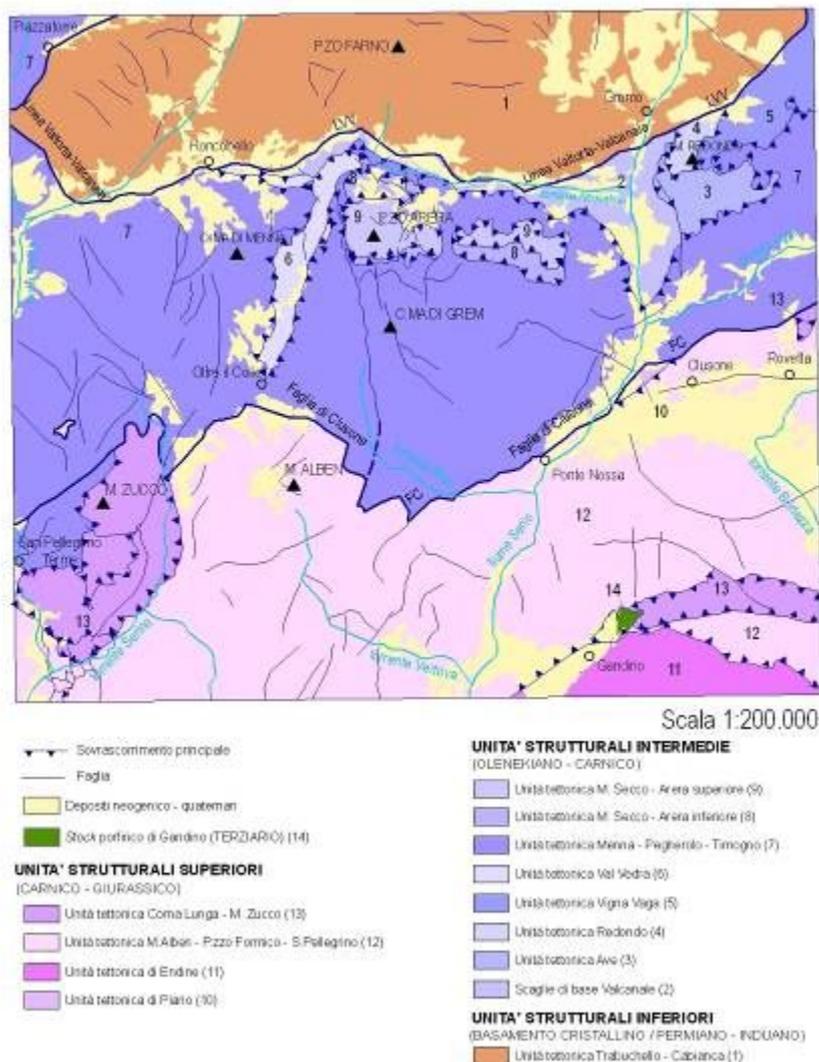


Figura 243 - Schema tettonico generale dell'area oggetto di studio tratto dalla Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000 – Progetto Carg - Foglio 077 "Clusone".

L'attuale configurazione morfologia del territorio in esame è il risultato della combinazione di fattori strutturali, dell'azione modellatrice di diversi agenti morfogenetici e delle condizioni climatiche. La litologia, l'assetto strutturale e la tettonica hanno sensibilmente condizionato e

guidato il modellamento operato dagli agenti esogeni. Questi ultimi, nel tempo hanno dato luogo a molteplici processi morfogenetici, alcuni dei quali (ad esempio il glacialismo) hanno lasciato poche forme attualmente ancora riconoscibili. La loro azione è stata inoltre notevolmente influenzata dalle condizioni climatiche (temperatura, precipitazioni), le cui variazioni hanno favorito alcuni tipi di processi rispetto ad altri.

Da un punto di vista geomorfologico l'area in esame risulta quindi fortemente condizionata dall'andamento e dalla tipologia delle formazioni geologiche che ne costituiscono l'ossatura. In generale essa è caratterizzata da ampie superfici prative, interrotte da fasce boscate localizzate in corrispondenza dei numerosi impluvi che la solcano. Le pendenze del terreno si accentuano, con una media intorno ai 35°, sui versanti della Val Riso, laddove l'orografia risulta impostata su rocce dolomitiche massicce, che formano scarpate e pareti anche molto ripide e talora quasi verticali.

La struttura a pieghe delle formazioni carniche di Gorno e S. Giovanni Bianco crea, infatti, un susseguirsi di ondulazioni dolci dei versanti nella porzione settentrionale dell'area indagata, mentre muovendoci verso Sud, dove il substrato è rappresentato dalla Dolomia Principale, si osservano scarpate scoscese e di pendenza notevole. Gli ampi versanti del settore centro-settentrionale non presentano elementi che concorrano a definirli instabili; diversamente, in coincidenza delle dolomie massicce noriche affioranti nel settore meridionale, è possibile il verificarsi di distacchi di blocchi dalle pendici rocciose più pendenti. I substrati calcareo marnosi ed argillitici delle predette formazioni sono affioranti all'interno di numerose vallecole che solcano il pendio meridionale delle Cime di Belloro, mentre in genere sono coperti da un orizzonte piuttosto continuo di suolo residuale o colluviale di tipo argilloso sabbioso, il cui spessore non supera mai il metro di potenza. I blandi pendii insistenti sulle formazioni tenere settentrionali sono stati fortemente antropizzati a costituire l'abitato di Gorno. Tali aree, anche in relazione alla presenza di strutture geologiche quali la faglia di "Riso-S. Antonio-Ranica", sono soggette a fenomeni di smottamento che interessano anche strutture abitative. Dal settore ubicato in sponda idrografica sinistra del T. Riso a Est dell'abitato di Gorno, degradando verso la piana alluvionale del Torrente Riso, la presenza di substrati dolomitici dà luogo a morfologie rupestri con coperture eluviali più sottili e discontinue. Il versante destro della Valle Riso presenta tratti morfologici ancor più aspri a causa soprattutto dell'assetto strutturale della dolomia, percorsa inoltre da un fitto intreccio di fratture. Orli di dissesto di modesta entità, associati a erosioni lineari, si osservano lungo gli impluvi tributari della Valle Riso, molti dei quali interessati da ruscellamenti attivi solo dopo eventi piovosi di una certa entità; si ha in genere la rimozione delle porzioni più fini del detrito eluvio-colluviale o, localmente il denudamento del substrato (erosione lineare accelerata). Tuttavia i fenomeni geomorfologici collegati allo scorrimento delle acque superficiali esercitano un'azione più blanda sul versante sinistro della Val

Riso per la minore acclività, dovuta alle generali condizioni di giacitura delle formazioni e alla presenza di una notevole copertura vegetale, favorita dai terreni di copertura originati dalle rocce carniche.



Figura 244 - Schema geologico – strutturale traversale dell’area Grem-Vedra che include l’area di progetto (Zanchi et Al., 2012).

Sul versante destro della Val Riso le condizioni litologiche e morfologiche permettono ai brevi corsi torrentizi condizioni di elevata energia, con trasporti solidi molto consistenti e forte erosione. Forme superficiali dissoluzione carsica, seppur esigue, sono rilevabili alla scala dell’affioramento e sono

costituite da campi solcati, docce di dissoluzione e piccoli inghiottitoi che interessano soprattutto la zona settentrionale, dove affiorano il Calcarea di Esino e la Formazione di Breno. Il fondovalle del Torrente Riso è fortemente antropizzato con la presenza, in pratica, di una spianata artificiale costituita da materiali di riporto sui quali trovano sede numerosi edifici.



Figura 245 - Piano di faglia della linea tettonica "Grem" che corre parallelamente all'asse della galleria Riso Parina tra pk 2000 e 4000 – Piedritto sinistro.

Con riferimento ai caratteri geografici - geomorfologici, l'ambito territoriale preso in esame può essere descritto, in senso assolutamente generale, riprendendo le note relative all'Unità di Paesaggio n. 13 "Val Secca e Val Vedra" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale: "L'unità ambientale appartiene alla fascia prealpina per i paesaggi montani e delle dorsali della Val secca, della Val Vedra e della Valle Nossana, ed alla fascia prealpina delle energie di rilievo caratterizzata da un complesso sistema continuo di creste a diversa morfologia (...), il sistema di versante è a morfologia calcarea, più complesso e notevolmente accidentato e inciso con sistemi di creste articolate su una sequenza che, senza soluzione di continuità, tocca i monti: Valbona, Menna, Vetro; culmina nel massiccio dell'Arera e prosegue verso est con la cima di Leten ed il monte Secco (...). Il sistema di cresta altresì costituisce elemento di scenario per vasti ambiti della media Val Brembana e risultano chiaramente riconoscibili da grandi distanze in diversi periodi dell'anno in funzione del precoce innevamento o del disgelo tardivo, costituendo importante punto di riferimento per la pianura bergamasca".²

² Provincia di Bergamo, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Relazione Tecnica - A. Appendice 1, Unità di Paesaggio (a cura di Margherita Fiorina)

La forte energia di rilievo, i dislivelli significativi ed improvvisi, la verticalità delle pareti rocciose, sono particolarmente evidenti nel settore di cresta tra il monte Menna, il monte Arera e il monte Secco, segnato “da una serie di creste e culminazioni che si alzano ampiamente al di sopra dei 2000 m di quota, in un ambiente caratterizzato da una tipica morfologia rupestre d’alta montagna, con ripidi versanti, ghiaioni e suggestive conche di origine glaciale”.³

7.1.3.2 Geologia

Le unità affioranti nell'area in esame ricomprese tra il Triassico Medio e Triassico Superiore sono rappresentate nel seguente spaccato.

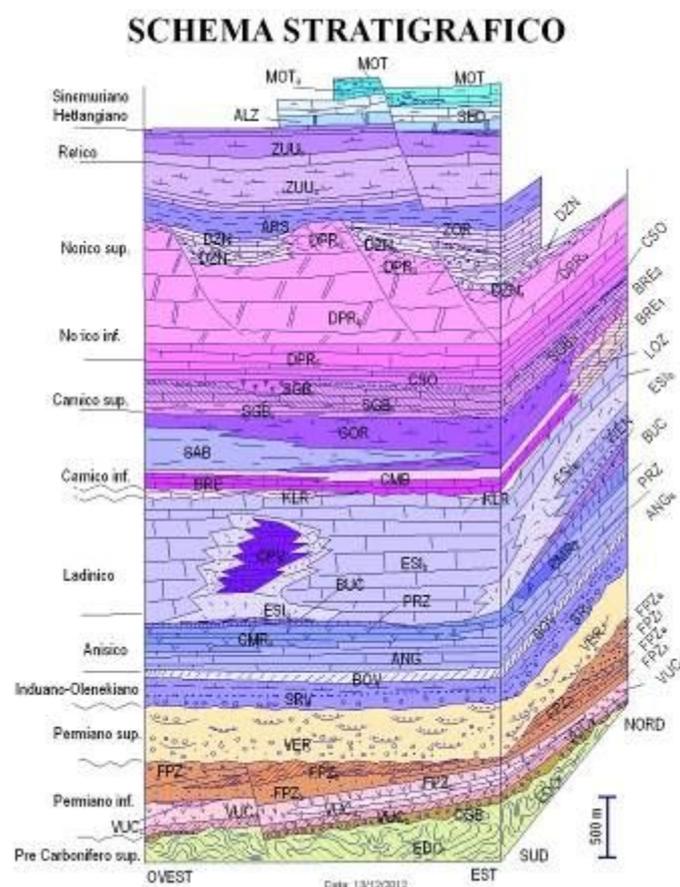


Figura 246 - Schema dei rapporti stratigrafici tratto dalla Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000 – Progetto Carg - Foglio 077 “Clusone”.

Le descrizioni delle unità geologiche, riportate nel seguito, sono state estratte dalle note illustrative allegate alla Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000 – Progetto Carg - Foglio 077 “Clusone”.

³ Provincia di Bergamo, “Caratteri del paesaggio in Provincia di Bergamo”, a cura di M. Lorenzi (parte geologica a cura di F. Plebani), 2004

La carta geologica di inquadramento progettuale elaborata dagli scriventi con ArcGis 9.3 (Esri) sulla base dei dati riportati sulla “Carta Geologica D’Italia alla scala 1:50000 – Progetto Carg - Foglio 077 “Clusone”, il cui stralcio è riportato nella figura seguente, è allegata al presente studio.

In linea generale, come si evince dai profili geologici redatti dagli scriventi le opere in sotterraneo, oggetto di progetto, verranno realizzate principalmente in corrispondenza delle seguenti unità geologiche:

- Formazione di Esino (ESI);
- Formazione di Breno (BRE);
- Formazione del Calcare Metallifero Bergamasco (CMB);
- Formazione delle Arenarie di Val Sabbia (SAB);
- Formazione di Gorno (GOR);
- Formazione di San Giovanni Bianco (SBG).

In corrispondenza delle opere all’aperto il substrato roccioso sedimentario è ricoperto dai depositi quaternari di varia natura (eluvio-colluvio, depositi di versante, alluvioni etc) di spessore variabile, da luogo a luogo, da metrico a plurimetrico.

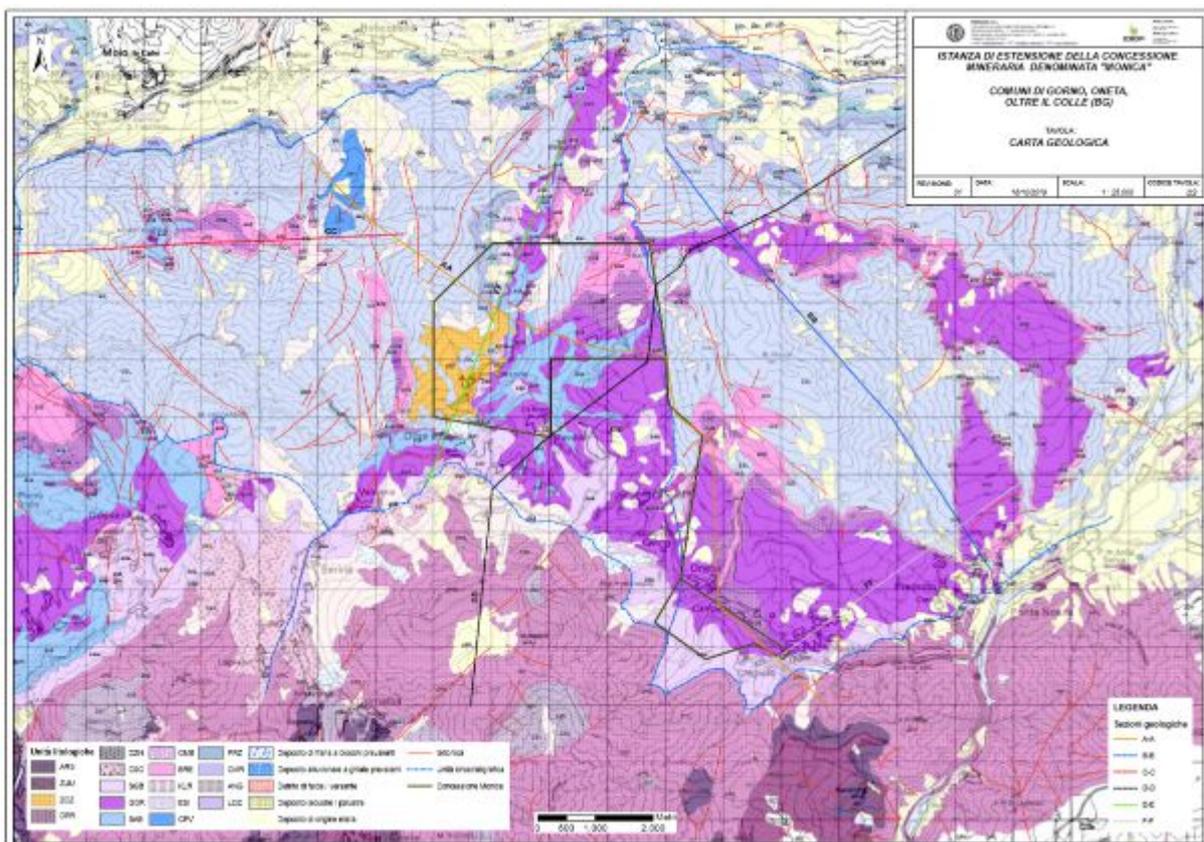


Figura 247 - Carta geologica di inquadramento progettuale (Hattusas, 2019) su cui sono riportati i limiti areali del rinnovo della concessione mineraria e la traccia delle sezioni geologiche redatte dagli scriventi.

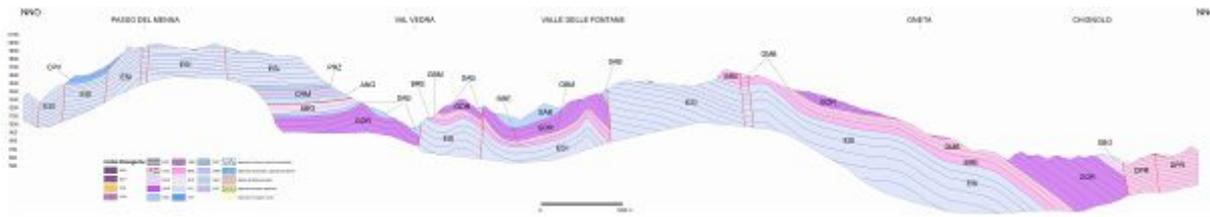


Figura 248- Profili geologici di inquadramento dell'area di rinnovo della concessione – Sezione A-A (Hattusas, 2017).

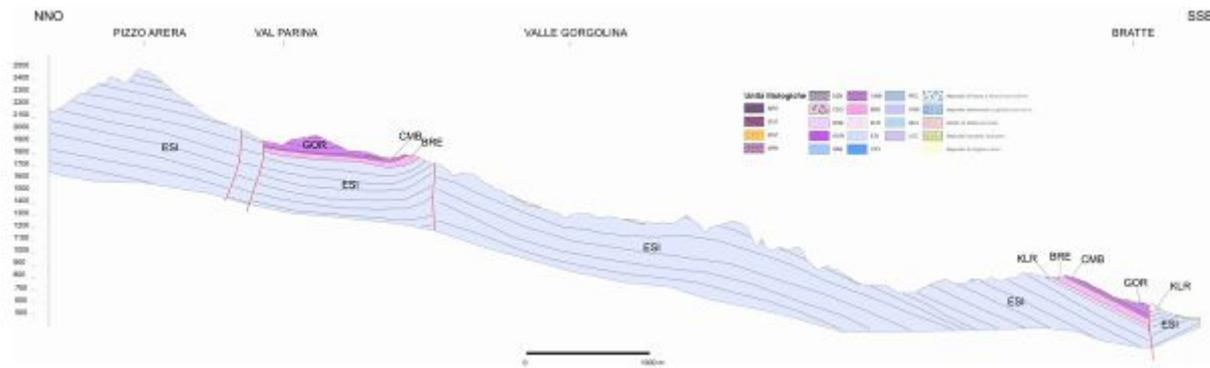


Figura 249 - Profili geologici di inquadramento dell'area di rinnovo della concessione – Sezione B-B (Hattusas, 2019).

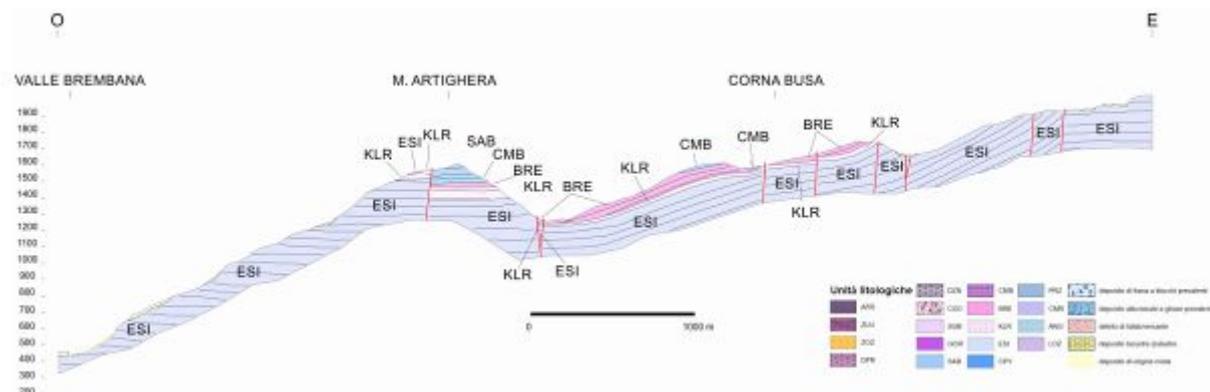


Figura 250 - Profili geologici di inquadramento dell'area di rinnovo della concessione – Sezione C-C (Hattusas, 2019).

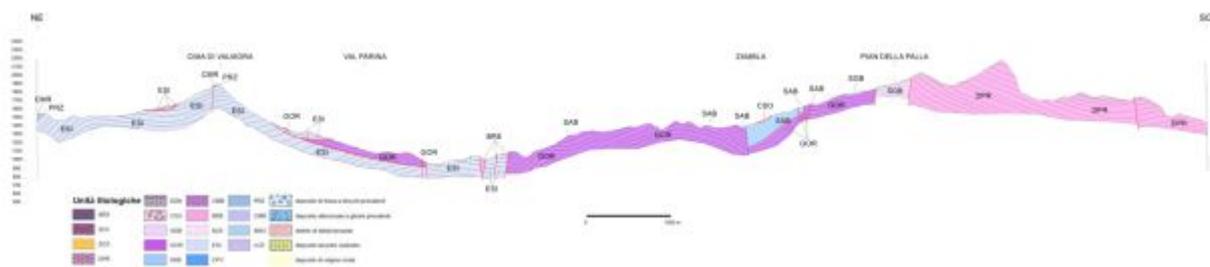


Figura 251 - Profili geologici di inquadramento dell'area di rinnovo della concessione – Sezione D-D (Hattusas, 2019).

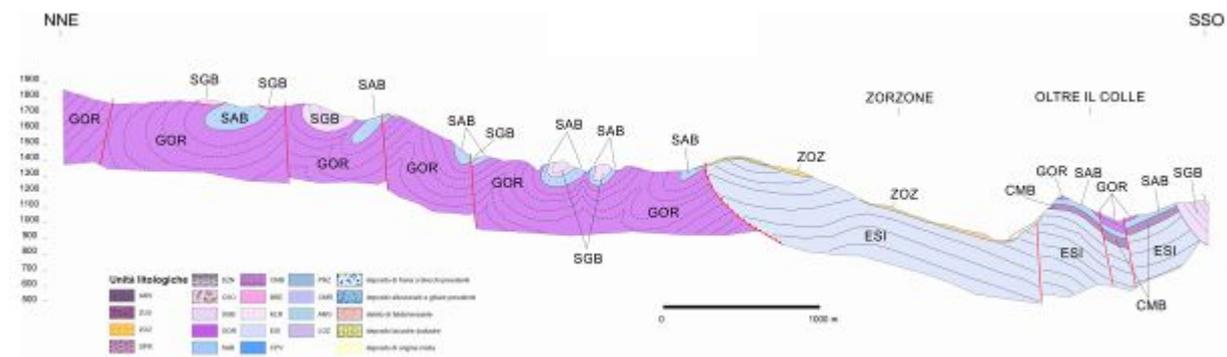


Figura 252 - Profili geologici di inquadramento dell'area di rinnovo della concessione – Sezione E-E (Hattusas, 2019).

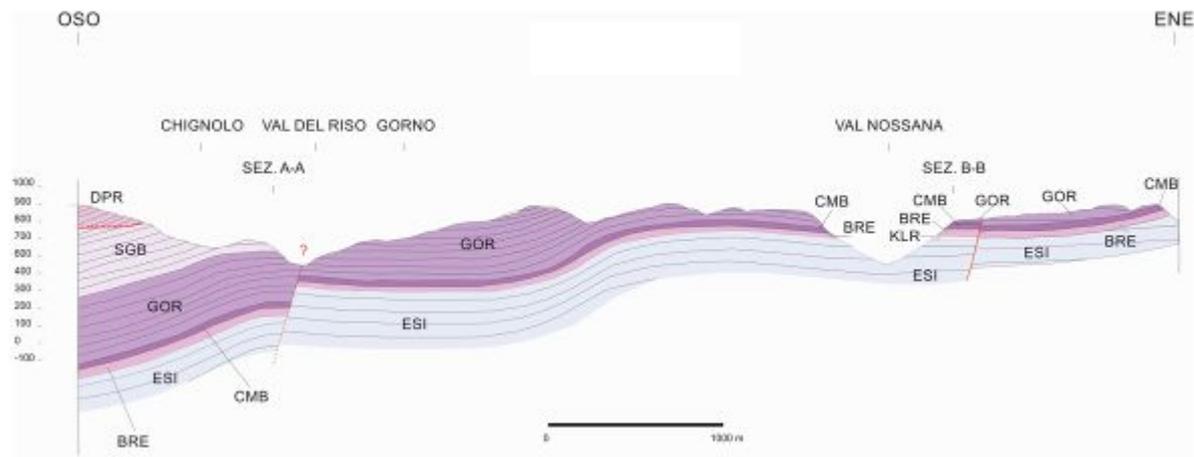


Figura 253 - Profili geologici di inquadramento dell'area di rinnovo della concessione – Sezione F-F (Hattusas, 2019).

Coperture quaternarie – unità post-glaciali

All'interno di questa unità sono raggruppati tutti i depositi, di varia natura, che ricoprono il substrato roccioso.

Tale unità è costituita da un Diamicton massivi e stratificati con ciottoli e blocchi spigolosi, matrice sabbiosa o limoso argillosa da assente a molto abbondante massivi o rozzamente stratificati; clasti derivanti dalle formazioni locali: depositi di versante.

Diamicton ghiaie e sabbie in corpi lenticolari clinostatificati, sia a supporto di matrice che clastico, clasti da subarrotondato a spigolosi: depositi di conoide.

Ghiaie da fini a grossolane con matrice sabbiosa, a supporto clastico, in prevalenti strati planari: sabbie e limi da massivi a laminati; argille: depositi alluvionali.

Limi e argille; limi organici scuri; torbe: depositi lacustri, lacustri e di torba.

Diamicton sia a supporto clastico che di matrice: depositi glaciali.

I depositi dell'Unità Postglaciale di settore montano, come l'area oggetto di studio, hanno le seguenti caratteristiche:

- Depositi di versante: Diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, arrotondati solo se provenienti da precedenti depositi glaciali o alluvionali, a sia supporto clastico che di matrice; la

matrice, ove presente, va da sabbioso siltosa ad argillosa, se derivante da prodotti pedogenetici rimaneggiati. Sono assenti strutture significative, ma si riconoscono frequentemente letti paralleli al pendio.

- Depositi di Frana; Diamicton e depositi a supporto di matrice di matrice a clasti spigolosi e blocchi, con matrice fine sempre molto abbondante. Talora i blocchi misurano svariati metri cubi. I clasti riconoscibili in questa matrice sono riferibili, dal punto di vista petrografico, ai litotipi affioranti sui versanti che alimentano il deposito.
- Depositi di conoide alluvionale: sono localizzati allo sbocco di corso d'acqua, anche di carattere temporaneo, nei solchi vallivi. Per le loro caratteristiche peculiari questi depositi sono di entità alquanto ridotta nei bacini del Brembo e del Serio. Sono costituiti da ghiaie anche ben selezionate con matrice sabbiosa abbondante, a supporto sia clastico che di matrice, grossolanamente stratificate; più raramente si osservano sabbie e ghiaie ben lavate. Frequentemente i clasti sono arrotondati, specie se provenienti dalla demolizione di depositi precedenti ma l'arrotondamento può essere da scarso a nullo, in funzione del trasporto subito. Questi sedimenti sono solitamente organizzati in corpi lenticolari clinostratificati, spesso massivi, o con ciottoli isoorientati a gradazione inversa (fenomeni di disposizione di massa), o con strutture minori quali laminazioni oblique a basso angolo e lenti a ciottoli embricati; si osservano quindi caratteristiche tipiche dei reticoli idrografici di tipo braided. I clasti sono litologicamente riferibili ai litotipi dei bacini di alimentazione locali.
- Depositi Alluvionali: sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, a carattere sia effimero che perenne, e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e nelle aree di alimentazione la maturità tessiturale del sedimento è minore. In questi depositi, organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, si osservano strutture sedimentarie dovute all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo, laminazione incrociata. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte.
- Depositi lacustri e di torbiera: sono presenti piccoli bacini lacustri localizzati in alta quota, talora in fase avanzata di interrimento e nei bacini artificiali. Nei piccoli bacini montani sono presenti limi ricchi in matrice organica, con rari elementi più grossolani (sabbie e ciottoli) se vi sono apporti dovuto al ruscellamento o a torrente. Sulle sponde e nei bacini in fase di interrimento si osservano depositi torbosi, caratterizzati da morfologie a cuscini erbosi tipiche delle zone umide di alta quota. Depositi lacustri di una certa estensione si trovano anche nel fondo valle, in corrispondenza di bacini lacustri attuali o di recente

interrimento: sono di questo tipo i depositi costituenti la piana a monde del lago di Endine, estesi verso est fino oltre il lago di Gaiano, nonché i depositi presenti nella piana di località lama, in comune di Clusone.

- Depositi glaciali: depositi glaciali oligocenici sono presenti alle quote più alte esclusivamente nel settore nord-orientale. Si presentano come Diamicton a supporto di matrice con ciottoli e blocchi costituiti da litotipi del basamento cristallino e della successione permiano affioranti nei circhi a monte.

Successioni sedimentarie continentali neogenico- quaternarie – Bacino del Brembo

Conglomerati di Zorzone (ZOZ)

I depositi di questa Unità fanno parte del così detto Complesso del Pizzo Menna. Il Complesso del Pizzo Menna è costituito da depositi di versante (conglomerati a clasti eterometrici, da spigolosi a subarrotondati, a supporto clastico, in letti prevalentemente lenticolari, massivi, clinostratificati; porosità da elevata a scarsa, cementazione molto buona) e da subordinati depositi di conoide.



Figura 254 - Affioramento Unità di Zorzone in Loc. Sorrale Val Vedra.

I clasti derivano sempre dai versanti soprastanti. Più in dettaglio l'Unità di Zorzone, che costituisce un'ampia falda di detrito poggiante direttamente sul substrato roccioso, caratterizzata da forte cementazione e presenza di strutture carsiche localizzate, è costituita da depositi di versante rappresentati da: conglomerati a supporto clastico, con clasti spigolosi da 2 a 15 cm moderatamente selezionati, matrice siltosa assente o scarsissima; in questo caso l'unità è organizzata in letti lenticolari spessi da 15 a 200 cm paralleli al versante, con limiti prevalentemente transizionali per variazione di granulometria e selezione, raramente netti non erosivi; conglomerati a supporto clastico o di matrice, con ciottoli da spigolosi ad arrotondati, abbondante matrice siltosa, localmente arenacea; ciottoli iso orientati, rarissimi livelli a gradazione inversa; in questo caso l'unità è

organizzata in orizzonti lenticolari da 30 a 90 cm, a base netta, frequentemente erosionale. I clasti sono totalmente carbonatici e derivano dal Calcarea di Esino e dalla Formazione di Gorno. L'Unità di Zorzone costituisce un'ampia falda di detrito, caratterizzata da un buon raccordo morfologico con il versante soprastante ed una discontinuità morfologica di oltre 180 m con il fondovalle attuale in media Val Vedra e di 190 m a Zambla Bassa. Gli affioramenti sono a tratti discontinui, con interruzioni locali in corrispondenza delle incisioni vallive, dove emergono a tratti affioramenti del substrato roccioso. Il conglomerato su cui sorge l'abitato di Zorzone arriva attualmente a circa 20 m dall'alveo del Torrente Parina, poco meno di quello che costituisce il terrazzo erosionale a valle di Oltre il Colle.

Successione permo-mesozoica – unità del substrato

Calcarea di Angolo (ANG)

L'area di riferimento interessa tutta la bassa Val Camonica, in particolare la confluenza con la Val di Scalve. Il Calcarea di Angolo affiora lungo una fascia ristretta ma continua nella porzione settentrionale del Foglio 077-Clusone, dalla Val Brembana sino al margine orientale del foglio.

Il Calcarea di Angolo è rappresentato da calcari grigio-scuri localmente in strati pluridecimetrici planari, localmente con intercalazioni di orizzonti costituiti da strati più sottili, amalgamati, debolmente nodulari, bioturbati e con interstrati millimetrico-centimetrici marnosi (litofacies calcarea). La facies siltosa non affiora nell'area di progetto. I calcari sono in prevalenza fini, con locali intercalazioni calcarenitiche con dispersi crinoidi e laminazioni parallele. Lo spessore di questa litozona, in genere non ben affiorante, varia da 60 m a circa 120 m nel settore a occidente della Val Seriana, mentre a oriente questa facies costituisce interamente l'unità, raggiungendo uno spessore di circa 400 metri. Nella porzione più occidentale del Foglio 077-Clusone questa litofacies contiene una piccola porzione terrigena fine, sottolineata dalla presenza di lamelle di muscovite. Alla base dell'unità sono anche intercalati dei livelli di spessore da decimetrico a plurimetrico di dolomie calcaree vacuolari, simili a quelle della carniola di Bovegno.

Il limite inferiore con la carniola di Bovegno è transizionale; il limite superiore è con il Calcarea di Camorelli nel settore occidentale del foglio (limite transizionale) o con il calcarea di Prezzo nel settore a oriente della Val Seriana (limite netto). Il contenuto paleontologico del Calcarea di Angolo è piuttosto ricco e variato. Sono stati segnalati infatti bivalvi e gasteropodi non determinabili, ammoniti, crinoidi fra cui *Dadocrinus gracilis* (Buch) e *Encrinus liliiformis* (Lamarck) e foraminiferi. In base al contenuto paleontologico e alla posizione stratigrafica, sottostante al ben datato calcarea di Prezzo, l'età del Calcarea di Angolo è attribuita all'Anisico inferiore-medio; le

faune presenti nel “Banco a Brachiopodi” (unità riferita al calcare di Prezzo) documentano un’età Pelsonico terminale. Dove è presente il Calcare di Camorelli, l’unità interrompe il suo sviluppo a partire dal Bitinico (BERRA et alii, 2005).

Il Calcare di Angolo rappresenta un articolato ambiente deposizionale a sedimentazione prevalentemente carbonatica di baia subtidale, caratterizzato da fondali sufficientemente ossigenati per consentire lo sviluppo di una ricca fauna di organismi molli responsabili della bioturbazione che caratterizza l’unità.

Età: Anisico inferiore – medio.

Calcare di Camorelli (CMR)

Nel settore del Foglio 077-Clusone questa unità è per la prima volta distinta cartograficamente dal Calcare di Angolo. Il Calcare di Camorelli raccoglie le successioni di mare prevalentemente basso che caratterizzano la successione anisica del Bacino Lombardo. Il Calcare di Camorelli è stato formalizzato in DELFRATI et alii (2000). All’interno del Calcare di Camorelli sono distinte, nel Foglio 077-Clusone, le facies con rari coralli (membro prevalentemente dolomitiche e le facies “Dolomie peritidali” di JADOUL & ROSSI (1982). L’unità affiora nel settore a occidente della Val Seriana, raggiungendo in Val Brembana spessori superiori ai 200 m; non è invece presente a oriente della Val Seriana. La parte inferiore della facies dolomitica è costituita da calcareniti bio-intraclastiche, localmente oolitiche o ricche in crinoidi che passano superiormente a calcari con cicli da subtidali a peritidali con diffuse alghe dasycladaceae e laminazioni stromatolitiche planari. Un’intercalazione metrica di calcari neri micritici, sottilmente stratificati, nodulari e bioturbati, con intercalazioni di marne argillose nere evidenzia localmente (gruppo della Cima di Menna) l’inizio della successione calcareo-dolomitica più ricca in cicli peritidali che caratterizza l’unità.

Litologicamente la facies dolomitica è costituita prevalentemente da carbonati peritidali in strati planari di pluricentimetrico-metrico che presentano dolomitizzazioni precoci degli intervalli inter-sopratidali. La dolomitizzazione diventa più pervasiva in prossimità del tetto dell’unità. I carbonati subtidali contengono alghe dasycladacee e sono spesso bioturbati; quelli inter-sopratidali presentano laminazioni stromatolitiche e brecciole a clasti piatti dolomitizzati precocemente.

Il Calcare di Camorelli può raggiungere i 200-220 m nel settore centro- occidentale, mentre passa lateralmente al Calcare di Angolo in maniera piuttosto rapida in direzione orientale, a causa della transizione ai calcari subtidali sottilmente stratificati del Calcare di Angolo superiore (“Facies Camuna” di ASSERETO corrispondenza della Val Seriana, dove sono presenti facies bioclastiche con organismi di margine (BERRA et alii, 2005). Verso occidente, nel Foglio et e CASATI, 1965). Il passaggio avviene in alii 076-Lecco, (Valsassina-Grigne, GAETANI superiore del Calcare di

Angolo passa a facies miste più costiere e dolomitizzate. Il limite superiore con il calcare di Prezzo è ovunque netto, evidenziato dalla comparsa di calcari e calcari marnosi neri bioclastici con crinoidi, brachiopodi e ammonoidi (“Banco a Brachiopodi” Auct.) che ricoprono le litofacies dolomie e i calcari stratificati del Calcare di Camorelli. Al tetto del Calcare di Camorelli sono spesso presenti evidenze di emersione (brecciole, livelli argillosi transizionale, posto in corrispondenza delle prime intercalazioni di calcari dolomitici con laminazioni stromatolitiche e fenestrae).

Nel Calcare di Camorelli si osservano variazioni laterali di facies nel settore brembano a seguito dei frequenti cambiamenti nella percentuale tra le facies subtidali rispetto alle intertidali, all'intensità dei processi di dolomitizzazione selettiva di alcuni orizzonti e alle intercalazioni silicoclastiche (siltiti e litareniti quarzoso-micacee).

Le facies dolomitiche peritidali sono in genere povere di fossili, tuttavia la presenza di ricche faune a foraminiferi nel settore marginale (Monte Corrà, BERRA et alii, 2005) consentono di attribuire un'età bitinico-pelsonica a questa unità. Il limite con il soprastante “Banco a Brachiopodi” indica come l'unità non superi il limite Pelsonico-Illirico.

Il Calcare tidale di Camorelli documenta lo sviluppo di estese piane carbonatiche tidali e, più raramente, di piccoli edifici estese carbonatici biocostruiti che delimitano i settori occidentali, meno subsidenti, da quelli orientali caratterizzati da successioni più potenti e di mare più profondo. Verso occidente iniziano a essere presenti anche ambienti carbonatici lagunari e di piana tidale maggiormente costieri.

Età: Anisico medio - superiore (Bitinico-Pelsonico).

Calcare di Prezzo (PRZ)

Questa successione calcareo-marnosa ben stratificata, nota per il contenuto fossilifero, è stata oggetto sin dal XIX secolo di molte indagini paleontologiche e biostratigrafiche. Essa è stata istituita come unità litostratigrafica da ASSERETO & CASATI (1965). L'area di riferimento sono le Valli Giudicarie.

Il calcare di Prezzo affiora in modo discontinuo a causa del ridotto spessore e delle caratteristiche litologiche. La sua presenza è evidenziata morfologicamente da una piccola cengia tra il Calcare di Angolo e il calcare di Esino. Gli affioramenti costituiscono una ristretta fascia, presente in Val Brembana tra i massicci dell'Ortighera e della Cima di Menna; in valle dell'Acqualina affiora solo nelle successioni alloctone del Pizzo Arera - Cima del Fop, non è presente invece nella sottostante successione medio-triassica parautoctona. Verso oriente affiora nella successione medio-triassica alloctona dell'unità tettonica Timogno (valle dell'Ogna), dove presenta gli spessori massimi.

Nel Foglio 077-Clusone le sezioni più rappresentative (VENZO & PELOSIO, 1968; ASSERETO et alii, 1977, BALINI, 1992) si trovano:

- presso Lenna, alla base del versante settentrionale dell'Ortighera, tra le quote 500-550 m;
- in Val Pizzadelle (versante orientale della Cima di Menna) a quote comprese tra 1680 e 1720 m.

A E della Val Seriana il calcare di Prezzo è caratterizzato dall'alternanza ritmica, con spessori decimetrici, di calcilutiti nere spesso marnose e bioturbate, in strati da 10 a 40 cm da piano-paralleli a leggermente nodulari, marne e argilliti nere con mica (GAETANI et alii, 1987; BALINI, 1992). A W la successione è ridotta e molto più ricca in carbonati.

In Val Brembana sono presenti nella parte sommitale, di transizione al calcare di Esino o alla Formazione di Buchenstein, sottili intercalazioni tufacee e packstone bio-intraclastici. Nelle successioni più orientali della valle dell'Ogna il calcare di Prezzo presenta una prevalenza delle marne e dei calcari marnosi; i calcari sono prevalenti solo nella parte superiore dell'unità.

L'analisi in sezione sottile di vari campioni rappresentativi provenienti dalle sezioni stratigrafiche della Val Brembana ha evidenziato la presenza di prevalenti microspariti a volte argillose, wackestone bioturbati con dispersi bioclasti di bivalvi pelagici, ammonoidi, crinoidi, brachiopodi, echinodermi, ostracodi e localmente frammenti di sostanza organica e fosfati. Nella parte superiore, nei settori di passaggio alla soprastante piattaforma carbonatica del calcare di Esino, sono presenti packstone intra-bioclastici tra cui rare dasycladacee e ooliti rimaneggiate. La compattazione diagenetica è evidenziata da stiloliti.

Lo spessore complessivo dell'unità si mantiene in quasi tutto il settore occidentale del Foglio 077-Clusone su valori compresi tra i 7-10 m (versante N della Cima di Menna) e 26 m (Valle Pizzadelle). Nella valle dell'Acqualina l'unità presenta spessori compresi tra 10 e 20 m e localmente si azzerà perché sostituita da facies carbonatiche del calcare di Esino basale (successione parautoctona della valle dell'Acqualina, settore del Passo Branchino). Nella valle dell'Ogna il calcare di Prezzo presenta spessori superiori, non sempre ben determinabili, ma che localmente possono raggiungere uno spessore di circa 100 metri.

Il limite superiore del calcare di Prezzo, nelle successioni più potenti e con trend bacinale, è con la Formazione di Buchenstein; nelle successioni rimaneggiate. La compattazione diagenetica è meno potente e con maggiore sviluppo delle piattaforme anisico-ladiniche, è con il calcare di Esino (Fig. 12), oppure tramite una facies di transizione Formazione di Buchenstein - calcare di Esino. Il limite con la F. di Buchenstein è ovunque abbastanza netto, evidenziato dalla comparsa di calcari grigio-scuro generalmente in strati planari con noduli, liste di selce nera e intercalazioni di tufiti, e vulcanoclastiti siltoso-arenacee (Val Parina inferiore). Il limite con il calcare di Esino basale (serie parautoctona della valle dell'Acqualina, serie di Ghegna allo sbocco della Val Secca di Roncobello)

o con le sue facies di transizione alla F. di Buchenstein (Valle Pizzadelle; Lenna) è in genere transizionale anche se rapido, e si realizza in corrispondenza della comparsa di calcareniti in strati alla base nodulari e con scarsi interstati marnosi, sovrastati da banchi amalgamati con trend thickening e coarsening upward e con colorazione che passa dal grigio scuro al grigio.

Il calcare di Prezzo della Val Brembana è ricco di fossili, in particolare ammonoidi (ASSERETO, 1969; BALINI, 1992); fra queste ricordiamo: *Paraceratites brembanus*, *P. trinodosus*, *Ptychites oppeli*, *Beyrichites benekey*, *aviticus*, *Discoptychites megalodiscus*, *Lardoceras n. sp.*, *Asseretoceras camunum*. Abbondanti sono i bivalvi pelagici, fra cui *Daonella sturi* *Judicrites meneghini*, *Flexoptychites gibbus*, *Semiornites Benecke*. L'unità è caratterizzata dalla presenza di brachiopodi, fra cui *Tetractinella trigonella*, *Koeveskallina koeveskallensis*, *Mentzelia mentzelii*, *Coenothyris vulgaris*, *Piarorhynchia trinodosi* (ASSERETO & CASATI, 1965; CASATI & GNACCOLINI, 1967), soprattutto nel settore centro-occidentale brembano (GAETANI et alii, 1987; JADOUL et alii, 1992d; JADOUL, 1994; "Calcare a Brachiopodi" della Val Trompia, ASSERETO & CASATI, 1965).

Sulla base del contenuto paleontologico (ammonoidi e conodonti), il calcare di Prezzo può essere riferito alla parte superiore dell'Anisico, zona a *Trinodosus* (ASSERETO, 1969, BALINI, 1992, MONNET et alii, 2008).

Le lito- e biofacies uniformi estese su vaste aree e le loro graduali variazioni di spessore evidenziano un sistema deposizionale bacinale con condizioni di mare aperto ma non eccessivamente profondo, con sedimentazione mista e circolazione al fondo ristretta.

I bacini in parte erano delimitati dalle facies carbonatiche di pendio delle prime biocostruzioni I bacini in parte erano delimitati dalle facies carbonatiche di pendio delle prime biocostruzioni carbonatiche d'età anisico superiore - ladinica che rappresentavano i nuclei di sviluppo delle progradazioni delle piattaforme ladiniche (calcare di Esino). Gli apporti terrigeni fini provenivano da aree emerse situate verosimilmente a NW. Il rapporto fra organismi bentonici e forme necto-planctoniche mostra una prevalenza delle seconde verso oriente, e questo indicherebbe diminuzione delle condizioni di ossigenazione al fondo piuttosto che incremento di profondità del bacino verso E (GAETANI et alii, 1987).

In questo settore la base dell'unità è caratterizzata dalla presenza di un noto orizzonte marker, dello spessore di 0,5-4 m, costituito da calcari grigio-scuri, bioturbati alla base, e calcareniti bioclastiche ricche in crinoidi e localmente in brachiopodi (*Tetractinella trigonella*) (Calcare di Cimego o "Banco a Brachiopodi" Auct., ASSERETO et alii, 1977). Il contatto inferiore tra questo orizzonte e la sottostante successione carbonatica peritidale è netto, marcato da una discontinuità (paraconcordanza) che evidenzia l'inizio della trasgressione marina che si svilupperà durante la

deposizione del calcare di Prezzo. In alcuni settori (versante orientale e settentrionale della Cima di Menna) al tetto delle facies peritidali è presente una superficie di erosione sottolineata da sottili livelli di brecciole e, localmente, da veli di argille rossastre. Dal punto di vista litologico, dell'evoluzione paleoambientale e della stratigrafia sequenziale, il "Banco a Brachiopodi" trova una migliore ubicazione stratigrafica nel soprastante calcare di Prezzo. Pertanto, pur essendo stato riferito in precedenza al Calcare di Angolo, si ritiene corretto considerarlo una facies all'interno del calcare di Prezzo piuttosto che del Calcare di Camorelli (in precedenza non distinto dal Calcare di Angolo in questo settore del Sudalpino). Il "Banco Brachiopodi" è caratterizzato da packstone e rudstone in prevalenza a bioclastici con prevalenti crinoidi, valve di bivalvi, brachiopodi; la matrice contiene sovente peloidi, piccoli foraminiferi bentonici (*Pilamina* sp.) e rare dasycladacee. In corrispondenza del contatto inferiore con le dolomie peritidali del Calcare di Camorelli della Valle Pizzadelle sono state caratterizzate Brachiopodi" costituite da wackestone con intraclasti, peloidi associati a molti bivalvi pelagici e crinoidi.

Età: Anisico superiore (Illirico p.p.).

Calcari di Perledo-Varenna (CPV)

L'unità, proposta nel Gruppo delle Grigne da TRÜMPY (1930), è stata successivamente studiata da PASQUARÈ & ROSSI (1969) e GAETANI et alii (1992) che propongono anche l'istituzione di due membri: Calcare di Varenna e Membro di Perledo. Nell'area del Foglio 077-Clusone il calcare di Perledo-Varenna, in passato cartografato come successione anisica (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1954), è stato riconosciuto in JADOUL & ROSSI (1982) e JADOUL et alii (1992d) e cartografato con l'attuale nome in JADOUL et alii (2000). Il calcare di Perledo-Varenna presenta molte analogie di associazioni di litofacies e aspetti sedimentologici con il Calcare di Meride della Lombardia occidentale e con il calcare di Pratotondo del settore occidentale della Val di Scalve e della valle di Lozio (ROSSETTI, 1967; BERRA, 2007).

Nel Foglio 077-Clusone questa unità affiora esclusivamente in alta Val Brembana in corrispondenza del versante N della Cima di Menna, alla testata della conca di Baita dei Muffi. L'unica sezione particolarmente potente e rappresentativa della parte medio-superiore della formazione affiora da Baita dei Muffi sino al crinale che collega il Passo del Menna con il Passo dell'Orso a quote comprese tra 1600 e 1900 m. Nel vallone laterale a Baita dei Muffi, tra le quote 1230 e 1500 m affiora in modo discontinuo la porzione inferiore di questa successione caratterizzata da calcari micritici neri, fetidi, in strati di 10-15 cm, con frammenti di crinoidi, interstrati calcareo marnosi bioturbati e, superiormente, anche intercalazioni di calcareniti laminate e localmente granoclassate.

La porzione mediana si caratterizza per la comparsa nei calcari fini, parzialmente dolomitizzati, di selce nera in noduli o liste. Sono in essa intercalate calcareniti intra- bioclastiche ricche di dasycladacee, calcari marnosi, marne argillose associate a tufiti di spessore sino a pluridecimetrico con laminazioni parallele e granoclassazione e al tetto calcari dolomitici con piccoli slump e calcareniti fini laminate o bioturbate. Un orizzonte tufaceo-argilloso, lenticolare, potente sino oltre 5 m con intercalazioni tufacee arenaceo-siltose granoclassate, di colore grigio chiaro, ricco di pirite e colore di alterazione ocalmente rugginoso è tipico della parte centrale del calcare di Perledo-Varenna di Baita dei Muffi. La parte sommitale di questa unità (litozona superiore, non distinta in carta) è costituita da prevalenti calcareniti grigio scure, localmente con intercalazioni ruditiche intraformazionali, supporto di matrice e geometrie spesso lenticolari (debris flow). A esse si associano calciluti con selce stratoide, dolomie e calcari dolomitici e marnosi in strati sottili (2-30 cm) e tufiti fini e grossolane in strati lenticolari da 1 a 200 cm, alcuni localmente rugginoso è tipico della parte centrale del calcare di Perledo- Varenna di Baita dei Muffi. La parte sommitale di questa unità (litozona superiore, non distinta in carta) è costituita da prevalenti calcareniti grigio scure, localmente con intercalazioni ruditiche intraformazionali, supporto di matrice e geometrie spesso lenticolari (debris flow). A esse si associano calciluti con selce stratoide, dolomie e calcari dolomitici e marnosi in strati sottili (2-30 cm) e tufiti fini e grossolane in strati lenticolari da 1 a 200 cm, alcuni contenenti lapilli accrezionari. In prossimità del tetto della successione si intercala un orizzonte lenticolare (spessore sino a 3 m) caratterizzato da intercalazioni pluridecimetriche di litareniti vulcanoclastiche medio-grossolane ricche di frammenti vulcanici e quarzo.

La litozona superiore del calcare di Perledo-Varenna della sezione stratigrafica di Baita dei Muffi presenta spettacolari variazioni laterali delle facies e dello spessore degli strati, in relazione a un'evidente interdigitazione con i calcari clinostratificati del soprastante e laterale calcare di Esino del Passo del Menna.

Questa associazione di facies ricorda le arenarie vulcanoclastiche della F. di Wengen affiorante nei settori N- orientali della Val Seriana. Le microfacies provenienti dalla sezione stratigrafica di Baita dei Muffi evidenziano, nella parte inferiore e media del calcare di Perledo-Varenna, prevalenti wackestone pack stone fini microspartitici, con intraclasti, peloidi, bioturbazioni e bioclasti di bivalvi pelagici, gasteropodi, crinoidi e echinoidi. Nella litozona superiore sono frequenti anche i floatstone e rudstone litoclastici con locali addensamenti di bivalvi a guscio sottile, ostracodi, bioclasti di dasycladacee (*Diplopora annulata*, *D. cf. annulatissima*) e frammenti di Tubiphytes sp., bindstone microbialitici e extraclasti di quarzo subangolosi. Le facies tufitiche e vulcanoclastiche sono spesso caratterizzate da granuli di quarzo con accrescimenti sintassiali, K-feldspato idiomorfo, raro plagioclasio, sferuliti carbonatate, rara muscovite e zirconio come minerale accessorio. La

composizione mineralogica permette di classificare queste vulcanoclastiti nell'ambito delle rioliti (SCIUNNACH, com. pers.). Lo spessore massimo rilevato nella sezione stratigrafica di Baita Muffi è superiore a 300 m ma lateralmente questa unità si chiude rapidamente, anche per la presenza di discontinuità tettoniche, che delimitano a N e S la successione bacinale.

Il limite stratigrafico inferiore non è ben affiorante; esso viene posto in corrispondenza della rapida transizione ai calcari grigio chiari o scuri massivi con accumuli bioclastici (addensamenti a prevalenti bivalvi del calcare di Esino, membro basale della "Lumachella di Ghegna"). Il limite superiore con il calcare di Esino sommitale è rapido, ma lateralmente evidenzia una marcata eteropia tra le due formazioni. Esso è evidenziato dalla comparsa di calcareniti grigio-nocciola e calcari bioclastici in grossi banchi clinostratificati (calcare di Esino) che si sfrangiano lateralmente nei calcari stratificati del calcare di Perledo-Varenna.

Le caratteristiche geometriche di questo limite mostrano un'evidente eteropia tra le litofacies di queste due unità. Verso meridione, oriente e occidente il calcare di Perledo-Varenna passa rapidamente ai carbonati della piattaforma ladinica affiorante sui versanti della Val Parina (JADOUL et alii, 1992d).

È molto probabile che la potente successione del calcare di Perledo-Varenna di Baita dei Muffi si sviluppasse più a settentrione e si collegasse con gli affioramenti della stessa formazione riconosciuti in alta Val Brembana (M. Valgussera e versante N del Pegherolo, Foglio 076-Lecco).

Nella successione del calcare di Perledo-Varenna di Baita dei Muffi non sono stati rinvenuti fossili significativi; nella litozona centrale alcune calcareniti (*Diplopora annulata*, ? *D. cf. annulatissima*) e gasteropodi, mentre nelle sono particolarmente ricche in accumuli di *dasycladacee* litozone media e superiore alcuni campioni per conodonti hanno fornito un'associazione del Ladinico superiore (*Budurovignatus mungoensis*, NICORA, com. pers.). Il calcare di Perledo-Varenna, sulla base della sua posizione stratigrafica al di sopra delle facies basali del calcare di Esino ("Lumachella di Ghegna" attribuita all'Anisico sommitale o in prossimità del limite Anisico-Ladinico, JADOUL et alii, 1992d) viene attribuita al Ladinico. In particolare le litozone medio-superiori sono datate Ladinico superiore per il loro contenuto in conodonti (NICORA, com. pers.). Questa datazione è in accordo con la datazione biostratigrafia di questa unità nell'area delle Grigne (GAETANI et alii, 1992). L'ambiente deposizionale del calcare di Perledo-Varenna di Baita dei Muffi è un ristretto solco intrapiattaforma che rappresenta un'insenatura meridionale di un più articolato sistema di bacini intrapiattaforma sviluppati in alta Val Brembana e connessi verosimilmente con analoghi bacini situati più a NW (GAETANI et alii, 1992; JADOUL, 1994). I processi sedimentari che caratterizzano questa unità sono in prevalenza connessi a torbide e debris flow alimentati dai

marginii della coeva piattaforma carbonatica ladinica; anche le tufiti-vulcanoclastiti intercalate sono risedimentate.

Età: Ladinico superiore.

Formazione del Calcarea di Esino (ESI)

Il calcarea di Esino costituisce l'unità con gli affioramenti più estesi e continui del Foglio 077-Clusone; esso costituisce la maggior parte dei massicci carbonatici settentrionali (Ortighera - Cima di Menna, Pizzo Arera - M. Secco, M. Redondo - Vigna Vaga e il fondovalle I) che attraversano in senso E-W la parte centro-settentrionale del foglio.

Le sezioni più potenti e complete (700-900 m di spessore) di questa formazione sono presenti nel settore brebano (massiccio del Menna-Ortighera) e sono state descritte sinteticamente da ASSERETO et alii (1977); JADOUL et alii (1992d).

Gli impervi versanti impostati su questa unità e la copertura vegetale rendono queste sezioni stratigrafiche pericolose, incomplete e poco percorribili.



Figura 255 - Affioramento Formazione di Esino lungo le pendici meridionali del M. Menna.

Una sezione stratigrafica rappresentativa delle porzioni inferiore e media del calcarea di Esino si trova in Val Pizzadelle (Cima di Menna), con inizio della sezione a 1730 m e in corrispondenza del crinale che sale alla vetta (circa 2100 m). Le litofacies superiori stratificate

tipiche della piattaforma interna affiorano bene lungo la strada comunale che sale da Zorzzone al Cascinetto di Menna (da 1250 a 1390 m). Le associazioni di litofacies massive più tipiche del pendio e del margine di piattaforma affiorano nell'impluvio della Val Parina inferiore e sul suo versante meridionale. Nel settore del Pizzo Arera - Monte Secco l'unità è preservata parzialmente in diverse unità tettoniche sovrapposte.

Il calcare di Esino di piattaforma marginale - pendio (ESI_a) presenta colorazione grigio-chiara/nocciola passante a grigio scuro e è caratterizzato dalla presenza di calcari compatti, sovente bioclastici, localmente con biocostruzioni (prevalenti croste microbialitiche e Tubiphytes, coralli e alghe) e/o intercalazioni calcarenitico-ruditiche, interessati da numerose cavità dai contorni mammellonari e riempite da cementi calcitici e microbialiti, sovente di colore grigio scuro, in croste isopache (evinosponge medio-piccole e grandi; JADOUL & FRISIA, 1988; FRISIA et alii, 1989). Localmente si associano e diventano prevalenti le calcareniti grossolane granoclassate e laminate, intercalate a calciruditi intraclastiche e bioclastiche spesso ricche in bivalvi e a breccie-megabreccie caotiche amalgamate, con clasti intraformazionali di dimensioni sino a metriche, cementate e permeate da un esteso e irregolare reticolato di cavità, fratture tensionali subverticali con croste isopache del tipo evinosponge e locali iloni sedimentari con cementi e anche localmente sedimenti interni argillosi.

Gli spessori del calcare di Esino sono variabili. Nel settore occidentale del Foglio 077-Clusone, caratterizzato da una successione medio-triassica prevalentemente di piattaforma carbonatica, la potenza si mantiene tra 700 e 1000 m; nelle aree orientali, a evoluzione più bacinale, dove sono presenti le eteropiche unità di Buchenstein, Wengen e/o Perledo-Varenna, il calcare di Esino presenta spessori compresi tra 400 e 500 m. In particolare le facies di pendio (ESI_a) raggiungono in bassa Val Parina il maggiore sviluppo e spessore (circa 600 m) e costituiscono la maggior parte della successione del calcare di Esino.

Il calcare di Esino presenta un limite stratigrafico inferiore con varie unità: C. di Angolo, calcare di Prezzo, F. di Buchenstein e F. di Wengen; in tutti questi casi il limite, da netto a transizionale, viene posto in corrispondenza della prevalenza delle facies calcarenitiche e calciruditiche grigio-nocciola stratificate o massive che caratterizzano la base di questa formazione. Il limite superiore con i carbonati peritidali del calcare rosso in genere è netto, evidenziato dalla presenza di una discontinuità stratigrafica localmente evidenziata anche da un livello a "terra rossa" e/o tasche con diverse tipologie di breccie, localmente pedogenizzate, permeate da argille e con clasti carbonatici e argillosi policromi. Nei casi in cui la discontinuità non è evidente (settore orientale della valle dell'Ogna) il limite viene posto in corrispondenza della comparsa di calcari meglio stratificati. Si segnala che il calcare di Esino poggia direttamente sul calcare di Prezzo, e talora sul Calcare di

Angolo, nel settore a occidente della Val Seriana, mentre verso oriente sono più diffuse alla base le facies bacinali eteropiche della Formazione di Wengen e della Formazione di Buchenstein.

L'età delle successioni più potenti del calcare di Esino comprende la parte sommitale dell'Anisico e tutto il Ladinico.

Età: Anisico sommitale – Carnico inferiore?

Calcare Rosso (KLR)

L'unità è stata istituita da ASSERETO et alii (1977) come membro sommitale del calcare di Esino e è stata cartografata nella carta geologica della Provincia di Bergamo (JADOUL et alii, 2000). Per le sue buone caratteristiche litologiche e le inconfondibili forti variazioni cromatiche è stata nel recente passato intensamente coltivata come pietra ornamentale ("marmo arabescato orobico" coltivato in molte cave dislocate a monte di Camerata Cornello; Foglio 076–Lecco).

Gli affioramenti del calcare rosso costituiscono una sottile e irregolare fascia compresa tra il calcare di Esino e la Formazione di Breno presente dalla Val Brembana sino alla media Val Seriana. Più a oriente (valle dell'Ogna) questa unità non sembra essere presente. Le sezioni stratigrafiche più rappresentative e potenti affiorano alla confluenza della Val Parina con la Val Brembana; in particolare la sezione della cava Remuzzi (quota 920 m, ASSERETO et alii, 1977) può essere ritenuta la sezione di riferimento di questa unità; un'altra sezione significativa affiora sul fondovalle seriano presso Ardesio. In molti settori settentrionali e orientali del Foglio 077- Clusone questa unità presenta differenti associazioni di litofacies carbonatiche, meno policrome, potenti, caratterizzate dalla presenza di paleosuoli e breccie carbonatiche paleocarsiche, che non sono state distinte nella cartografia geologica dalla facies tipica.

In tutte le microfacies del calcare rosso è diffuso il quarzo e, più raramente, i feldspati autigeni. Gli spessori massimi della facies tipica - circa 55 m - si riscontrano nella ex cava Cadei e presso Camerata Cornello (Foglio 076-Lecco); verso N e E l'unità rapidamente si riduce di spessore (ASSERETO et alii, 1977). In Val Seriana la facies tipica del calcare rosso non supera i 15-20 m di spessore. Sul versante N della Val Parina, al M. Vaccaregio, al M. Vetro e a Parre l'unità è sostituita da corpi lenticolari di spessore 2-6 m di breccie carbonatiche con intercalazioni marnoso-argilloso-tufacee da grigio-ocracee a rossovinate (facies residuale). Il limite inferiore con il calcare di Esino è netto, evidenziato da una discontinuità stratigrafica con presenza di un paleosuolo o tasche di breccie carbonatiche; il limite superiore con la Formazione di Breno è anch'esso netto, ubicato in corrispondenza delle ultime intercalazioni di argilliti verdi e rosse e per comparsa di calcari grigio chiari, ben stratificati, con cicli peritidali. Lateralmente la facies tipica di questa unità viene sostituita da un'unica superficie di discontinuità con associate tasche di breccie e paleosuoli a "terra

rossa" (facies residuale), che nelle Prealpi Bergamasche documenta un'emersione prolungata alla fine del Ladinico.

I fossili significativi in questa unità sono rari, in prevalenza dasycladacee (*Teutloporella echinata* e *Clypeina besici*) e gasteropodi. L'età del calcare rosso, sulla base degli scarsi fossili rinvenuti (MUTTI, 1992) e per la sua posizione stratigrafica, corrisponde al Ladinico sommitale.

La deposizione dell'unità è avvenuta in ambiente di piattaforma carbonatica peritidale con periodiche e lunghe parentesi sopratidali, delimitata - soprattutto verso oriente e settentrione - da aree carbonatiche emerse. Età: Ladinico sommitale?- Carnico inferiore?

Formazione di Breno (BRE)

Nelle Prealpi Bergamasche affiora pressochè unicamente la facies calcarea dell'unità (Membro dell'Annunciata); il Membro di Campolungo, con facies dolomitiche, è presente solo limitatamente nel settore più orientale presso il Colle di Varena. Il limite inferiore è con il Calcare di Esino o con il Calcare Rosso. Il limite superiore è, generalmente, con il Calcare Metallifero Bergamasco. Lo spessore massimo di questa formazione in Val Brembana raggiunge 140 m; verso nord ed est esso si riduce a qualche decina di metri. Questa unità è ovunque caratterizzata da una successione di calcari grigio chiari, in banchi di spessore sino a metrico, caratterizzati da cicli regressivi peritidali di spessore decimetrico-metrico.



Figura 256 – Galleria Riso-Parina – Nicchia di allargo scavata nella formazione di Breno (pk 3700 circa).

Nella porzione subtidale sono presenti (*Clypeina besici*), Gasteropodi e Foraminiferi bentonici (*Trocholina procera*, *Involutina* sp., *Glomospira* sp.). La porzione intertidale si caratterizza per la

parziale dolomitizzazione e la presenza di stromatoliti e fenestrae. In Val Brembana e Seriana, nei lavori minerari del distretto piombo zincifero di packstones e wackstones intra-bioclastici con Dasycladacee Gorno, sono stati descritti e correlati vari livelli biancastri di spessore sino a decimetrico di argilliti tufacee. In questo settore l'unità risulta inoltre localmente deposizionale della Formazione di Breno è una piattaforma carbonatici interna, con ambienti lagunari e di piana tidale. L'età di questa unità in Val Brembana corrisponde al Carnico inferiore in base al contenuto algale, mineralizzata a fluorite, sfalerite e galena.



Figura 257 – Galleria Riso-Parina – Contatto verticale in calotta tra la formazione di Breno (Sx) e quella di Gorno (Dx).

Argillite di Lozio (LOZ)

L'unità, introdotta da ROSSETTI (1967) e formalizzata da ASSERETO & CASATI (1968), presenta la sua area tipo nel settore immediatamente a S del massiccio della Concarena (Foglio 057-Malonno). Nel Foglio 077-Clusone l'Argillite di Lozio affiora nel settore orientale (Ave), dove è costituita da argille e siltiti micacee estremamente povere in carbonato di calcio, con uno spessore massimo attorno ai 10-15 m. Sono spesso presenti laminazioni parallele e più raramente incrociate. Il limite inferiore dell'unità con il Membro di Campolungo della Formazione di Breno, è netto. L'unità evolve superiormente verso facies calcaree spesso bioclastiche della formazione di San Giovanni Bianco. Nel settore studiato non sono stati osservati fossili. Sulla base della posizione stratigrafica e delle datazioni disponibili nei settori limitrofi, l'Argillite di Lozio viene considerata di età Carnico inferiore. La posizione stratigrafica dell'Argillite di Lozio nel Foglio 077-Clusone è più giovane rispetto all'area tipo e si ritiene che ciò sia dovuto al graduale colmamento del bacino di Lozio e alla successiva distribuzione delle facies argillose nei settori adiacenti dove si

depositavano le facies carbonatiche di mare basso della Formazione di Breno (BERRA & JADOUL, 2002). L'unità registra un importante evento di input di materiale terrigeno fine nel settore settentrionale del Bacino Lombardo, depositosi su fondali scarsamente ossigenati (fenomeni di bioturbazione piuttosto rari). I settori di provenienza del materiale argilloso erano probabilmente posizionati verso N (BERRA & JADOUL, 2002). Età: Carnico inferiore.

Calcare Metallifero Bergamasco (CMB)

Quest'unità è presente in tutte le Prealpi Bergamasche dove forma una sottile fascia di affioramenti al tetto del Calcere di Esino o della Formazione di Breno. La denominazione deriva dal fatto che questa unità, unitamente alla sottostante Formazione di Breno, contiene mineralizzazioni a Pb-Zn, fluorite e barite. Il termine minerario di "Metallifero", utilizzato in passato negli studi giacimentologici, è più estensivo in quanto comprende questa unità e la sottostante Formazione di Breno. Il limite inferiore è con la Formazione di Breno e si realizza con passaggio da calcari grigio chiari a calcari scuri ben stratificati con stromatoliti e localmente liste di selce nera. Superiormente l'unità passa a marne scure della Lingua basale della Formazione di Gorno o ad arenarie a clasti vulcanici e siltiti verdine dell'Arenaria di Val Sabbia. Gli spessori di questa unità in Val Brembana variano da pochi metri a circa 20 m; più a oriente la potenza media si mantiene sui 40-50 m. Il Calcere Metallifero Bergamasco è costituito da calcari grigio scuri ben stratificati con cicli peritidali di spessore decimetrico, ricchi in livelletti stromatolitici planari e fenestrae. Tra le microfacies sono diffusi i packstones bio-intraclastici bioturbati, fenestrati e localmente grainstones oolitici. Nella parte sommitale dell'unità sono più frequenti le sottili intercalazioni marnose e i fenomeni di silicizzazione con liste di selce nera soprattutto in corrispondenza della media Val Brembana. Nelle zone dove il Calcere Metallifero Bergamasco risulta mineralizzato sono presenti grandi cavità paleocarsiche alla sua sommità.

I fossili sono scarsi e limitati a rare Dasycladacee (*Clypeina besici*), piccoli Gasteropodi e Lamellibranchi e Foraminiferi bentonici. L'ambiente deposizionale del Calcere Metallifero Bergamasco è una piana tidale ristretta prospiciente il sistema deposizionale lagunare-deltizio dell'Arenaria di Val Sabbia - Formazione di Gorno.

Nel settore occidentale prealpino l'Arenaria di Val Sabbia costituisce una fascia a decorso meridiano lungo il versante destro della Val Brembana da Averara a Camerata Cornello, estendendosi da qui verso est sino a Dossena; è presente inoltre in alta Val Parina fra Oltre il Colle e il Pizzo Arera. L'unità poggia su marne e calcari marnosi del Membro basale della Formazione di Gorno oppure direttamente sul Calcere Metallifero Bergamasco. Il limite è generalmente posto in corrispondenza della comparsa di arenarie con clasti di vulcaniti e siltiti verdastre ben stratificate al

di sopra di marne e/o calcari marnosi grigio scuri. Nei dintorni di Dossena le arenarie verdastre fanno da transizione verso il basso ai calcari marnosi e marne siltose nere della “Lingua inferiore” della Formazione di Gorno. Superiormente l’unità passa gradualmente ai calcari marnosi neri ed arenacei della Formazione di Gorno, con cui presenta evidenti rapporti di eteropia.



Figura 258 – Ribasso Forcella – Affioramento del Calcare Metallifero Bergamasco che ospita la mineralizzazione di zinco.

L’ Arenaria di Val Sabbia raggiunge in media Val Brembana uno spessore massimo di 520 m, verso nord si riduce a 250-150 m e poi si chiude rapidamente verso Nord ed Est. L’unità è caratterizzata da siltiti e litareniti vulcaniche plagioclastiche, arenarie immature o submature; esse si presentano molto compatte e ben stratificate in banchi sino a plurimetrici. Nel settore occidentale dal basso verso l’alto si può distinguere una porzione di colore grigio-verdastro (Arenaria di Val Sabbia inferiore), seguita da arenarie di colore rosso cupo (Arenaria di Val Sabbia centrale), ed infine un secondo intervallo di arenarie verdi (Arenaria di Val Sabbia superiore).

La successione è organizzata in sequenze cicliche di spessore decametrico, con base spesso erosionale, irregolarmente ondulata. Alla base di ciascun ciclo possono essere presenti conglomerati intraformazionali a clasti pelitici rosso cupo o grigio-nerastri; seguono litareniti feldspatiche da fini a medie, con laminazioni oblique a festoni e localmente laminazioni piano-parallele, passanti verso l’alto a siltiti massive, spesso contenenti noduli calcareo- cloritici di origine pedogenetica, cristalli di pirite ed intercalati livelli di litareniti finissime. Il rapporto tra litareniti e siltiti è molto variabile; complessivamente la granulometria aumenta verso l’alto nella parte inferiore dell’unità. All’interno degli intervalli arenitici la selezione è moderata; i granuli di quarzo si presentano da subangolosi ad

angolosi, più arrotondati risultano i litici vulcanici; la matrice è in genere presente in proporzioni variabili. Si tratta di arenarie immature o submature.

L' Arenaria di Val Sabbia non contiene fossili; solo localmente nelle arenite verdi dei settori più settentrionali sono stati rinvenute concrezioni contenenti piccoli lamellibranchi.

Questa unità è attribuita al Carnico, sulla base dell'eteropia con la porzione medio-inferiore della Formazione di Gorno. Le caratteristiche sedimentologiche ed i rapporti laterali dell'Arenaria di Val Sabbia indicano una deposizione in ambiente di transizione da continentale a lagunare, in corrispondenza di due distinti edifici deltizi, uno occidentale esteso dalla Valsassina alla Val Brembana, e uno orientale sviluppato essenzialmente nel Bresciano. Nell'ambito dell'edificio deltizio brembano si può distinguere una prima fase di progradazione con deposizione in ambiente deltizio marino (arenarie verdi), a cui seguono i red-beds fluvio deltaici tipici di ambienti di piana deltizia.

Nella parte superiore dell'unità, la riduzione graduale degli apporti evidenzia il ritorno a condizioni di piana deltizia inferiore e fronte del delta. I depositi grossolani alla base di ciascuna sequenza sono interpretati in questo quadro come depositi di riempimento di canale, seguiti da depositi più fini di inondazione. La direzione in cui decrescono gli spessori, le strutture sedimentarie e la petrografia dei clasti indicano una provenienza dall'erosione di una cintura vulcanica posta a sud e non nota in affioramento. Il chimismo andesitico dei litici vulcanici, in particolare, porta ad ipotizzare una deposizione entro un bacino di retroarco ensialico. I clasti di vulcaniti alterate deriverebbero da apparati vulcanici del Carnico inferiore; è tuttavia possibile che buona parte degli stessi possa costituire l'erosione di successioni terrigene con vulcanoclastiti ladiniche (Formazione di Wengen).

Arenarie di Val Sabbia (SAB)

Questa formazione è stata istituita nel 1965 da ASSERETO & CASATI; in SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA arenacea" del Carnico.

Questa formazione affiora estesamente nel settore occidentale tra Camerata Cornello (Foglio 076-Lecco) e Oltre il Colle; più a oriente gli affioramenti diventano discontinui e lenticolari, per la progressiva chiusura dell'unità nell'eteropica formazione di Gorno.

Le sezioni stratigrafiche più rappresentative e studiate affiorano lungo il fondovalle della Val Brembana, lungo la strada statale dismessa a valle di Camerata Cornello (Foglio 076- Lecco; GNACCOLINI, 1983) e lungo la strada che da Dossena sale a Valpiana (ASSERETO et alii,1977; GNACCOLINI, 1983).

L'unità è caratterizzata da siltiti e arenarie grigie, verdi o rossovinate, molto compatte e ben stratificate in banchi di spessore anche plurimetrico (Val Brembana) e con geometrie localmente lenticolari. Nel settore occidentale dal basso verso l'alto si può distinguere una porzione basale di colore grigio-verdastro, seguita da arenarie di colore rosso cupo e infine un secondo intervallo di arenarie verdi (GARZANTI, 1988).

La successione è organizzata in sequenze cicliche di tipo fining-upward di spessore decametrico, con base spesso erosionale, irregolarmente ondulata. Alla base di ciascun ciclo possono essere presenti conglomerati intraformazionali a clasti pelitici rosso cupo o grigio-nerastri; seguono areniti con laminazioni oblique a festoni e localmente laminazioni piano-parallele, passanti verso l'alto a siltiti massive spesso contenenti noduli calcareo-cloritici di origine pedogenetica (CASATI & PACE, 1968), cristalli di pirite (Camerata Cornello; Foglio 076-Lecco) e intercalati livelli di areniti fini (GNACCOLINI, 1983, 1986).

Il rapporto tra litareniti e siltiti è molto variabile; complessivamente la granulometria aumenta verso l'alto nella parte inferiore dell'unità (GARZANTI, 1988). Nel sondaggio presso S. Gallo, a N di S. Pellegrino, sono stati rinvenuti sottili intercalazioni di gessi nella parte inferiore dell'unità (GARZANTI & JADOUL, 1985). Nel settore orientale (settore di Gorno) l'unità è caratterizzata da arenarie fini e siltiti in prevalenza grigio-verdi, intercalate con calcari marnosi e siltosi, calcari arenacei e calcareniti bioclastiche (facies di transizione alla f. di Gorno).

Lo studio petrografico ha evidenziato la prevalenza di liareniti vulcaniche plagioclastiche con scarsissimo quarzo (Q /F /L immature o submature (CASATI & PACE, 1968; GARZANTI, 1985a, b; GARZANTI & JADOUL, 1985) e da litareniti feldspatiche da fini a medie. Le litoareniti presentano una moderata selezione, i granuli di quarzo si presentano da subangolosi a angolosi, più arrotondati risultano i litici vulcanici; la matrice è in genere presente in proporzioni variabili (arenarie immature o submature, GARZANTI, 1985a, b). Il chimismo dei litici vulcanici è di tipo andesitico. Localmente sono abbondanti cristalli di pirite.

L'arenaria di Val Sabbia raggiunge in media Val Brembana uno spessore massimo di circa 500 m (sondaggio S. Gallo, GARZANTI & JADOUL, 1985); presso Camerata Cornello (Foglio 076-Lecco) si riduce a 250-150 m e tende a chiudersi progressivamente verso N e E. Infatti da Oltre il Colle verso la valle del Riso lo spessore si riduce progressivamente da 120 m a qualche decina di metri e tende a azzerarsi verso Ardesio in quanto totalmente sostituita dall'eteropica f. di Gorno.

In Val Brembana l'unità poggia su marne argillose e calcari marnosi neri della "lingua inferiore" della f. di Gorno (ASSERETO et alii, 1977). Superiormente l'unità passa in modo più graduale e eterocrono ai calcari micritici, marnoso-siltosi grigio-scuri e facies miste calcarenitico-arenacee della f. di Gorno. Negli affioramenti di Oltre il Colle - valle del Riso, i limiti inferiore e superiore

sono sempre con i calcari e calcari marnosi della f. di Gorno, con cui presenta rapporti di eteropia per le evidenti interdigitazioni tra le facies carbonatico-marnose e quelle silicoclastiche.



Figura 259 – Galleria Riso-Parina – Affioramento dell'unità di Val Sabbia molto fratturato (pk 8000 circa).

L'arenaria di Val Sabbia non contiene fossili; solo localmente nella areniti verdi dei settori più settentrionali sono state rinvenute concrezioni contenenti al nucleo piccoli bivalvi. Questa unità è attribuita al Carnico, e in particolare al Cordevolico, sulla base dell'eteropia con la porzione medio-inferiore della f. di Gorno.

L'arenaria di Val Sabbia affiorante nel Foglio 077-Clusone rappresenta la porzione orientale di un esteso e potente cuneo clastico, con ambienti prevalentemente fluviale e di piana alluvionale a meridione e deltizio- marino verso settentrione e oriente, delimitato da lagune costiere a sul Calcare Metallifero Bergamasco. Questo limite è sedimentazione carbonatico-pelitica della f. di Gorno (GNACCOLINI, 1983). I sedimenti silicoclastici di questa formazione derivano prevalentemente dallo smantellamento di effimeri e coevi edifici vulcanici posti a meridione (bassa Val Brembana, Lecchese, “Fascia Mobile Meridionale” di BRUSCA et alii, 1981, GARZANTI, 1985a, b) e possibilmente anche dalle sottostanti unità vulcanoclastiche (F. di Wengen) (GARZANTI & JADOUL, 1985). Il chimismo andesitico dei litici vulcanici, in particolare, porta a ipotizzare una deposizione entro un bacino di retroarco ensialico (GARZANTI, 1985b, 1986).

Formazione di Gorno (GOR)

Affiora ampiamente sul versante sinistro della media Val Brembana, da Camera Cornello a Dossena, e con continuità si estende dall'alta Val Parina – conca di Oltre il Colle alla valle del Riso, sino alla media Val Seriana (Ardesio – Villa d'Ogna). La sezione tipo è stata proposta da ALLASINAZ (1968b) nella valle del Riso: questa sezione è attualmente poco affiorante e priva dei limiti di tetto e di letto, per cui si propone la sezione lungo la strada tra Dossena e Valpiana come nuova sezione di riferimento (GNACCOLINI, 1986). Areniti e calcareniti ibride, con laminazioni parallele, ripple da onda e da corrente e bioturbazioni, sono localmente intercalate nella parte inferiore presso S. Giovanni Bianco, Dossena e in Val Vedra (GNACCOLINI, 1986) e al tetto dell'unità (Valle Asnera inferiore). Nella successione di Dossena l'unità è caratterizzata da una litozona mediana prevalentemente carbonatica, di spessore decametrico, in strati e banchi amalgamati con dispersi noduli di selce nera (GNACCOLINI & JADOUL, 1988). Nelle successioni alloctone più settentrionali (Pizzo Arera, crinale di Cima Blum) sono presenti alcune intercalazioni metriche di calcari grigio-chiari di piattaforma carbonatica (F. di Breno). Nella valle del Riso, la locale successione della f. di Gorno presenta anche intercalazioni di argilliti verdi, calcari dolomitici grigi e dolomie marnose vacuolari di colore ocraceo (litofacies simili a quelle della f. di S. Giovanni Bianco).

Nel settore occidentale (Camerata Cornello - Oltre il Colle) la facies tipica della “lingua inferiore” è costituita da black shale, marne e siltiti grigio-scure laminate, con intercalazioni di calcari dolomitici marnosi (ASSERETO & CASATI, 1965; ASSERETO et alii, 1977). Lo spessore di questa facies è di 6-10 m, ma raggiunge i 22 m nel sondaggio San Gallo (GARZANTI & JADOUL, 1985).

Lo spessore della formazione di Gorno è estremamente variabile, anche a causa delle eteropie presenti; varia da 70 a 140 m tra S. Giovanni Bianco e Lenna, raggiunge valori medi di 140-180 m nel settore Dossena - Oltre il Colle e supera i 250 m nella valle del Riso e presso Ardesio.



Figura 260 - Affioramento Formazione di Gorno Loc. Pian Bracca di Zorzone.

L'unità poggia in genere sul Calcarea Metallifero Bergamasco nel settore orientale, o sull'arenaria di Val Sabbia nel settore occidentale. Il limite inferiore con il Calcarea Metallifero Bergamasco è generalmente netto, posto in corrispondenza dalla comparsa di marne e/o calcari marnosi grigio scuri. Nel settore meridionale (Val Brembana) la Formazione di Gorno sovrasta l'arenaria di Val Sabbia e il relativo limite è più graduale, evidenziato dal progressivo incremento di calcareniti ibride e calcari marnoso-siltosi di colore grigio scuro. Superiormente l'unità passa gradualmente alle arenarie e peliti verdastre della Formazione di San Giovanni Bianco.

Nelle successioni alloctone del settore nord-orientale (valle del Riso, Cima di Blum) l'unità è invece limitata a tetto da una zona di transizione ai calcari chiari stratificati della soprastante e, lateralmente (Cima di Campo: Foglio 078-Breno) eteropica, F. di Breno. La f. di Gorno risulta eteropica con l'arenaria di Val Sabbia (Val Brembana) e in parte con la F. di Breno nei settori più settentrionali e orientali. La f. di Gorno è nota nella letteratura geologica sin dal secolo scorso per l'abbondante contenuto faunistico. Nella porzione sommitale dell'unità sono state rinvenuti resti vegetali nella zona di Zambla (PAGANONI, com. pers.). L'associazione di facies della parte inferiore della f. di Gorno evidenzia un ambiente deposizionale di ampia laguna-baia a sedimentazione mista carbonatico-terrigena ine (ASSERETO & CASATI, 1965; GNACCOLINI, 1986). I silicoclasti intercalati rappresentano le porzioni distali del sistema luvio-deltizio dell'arenaria di Val Sabbia, mentre i grainstone oolitici vengono interpretati come aree marginali

della laguna, più protette dagli apporti terrigeni (GNACCOLINI, 1986, 1988). Le strutture sedimentarie presenti indicano ambienti relativamente poco profondi soggetti a correnti trattive e localmente all'azione del moto ondoso, con condizioni di buona ossigenazione al fondo (livelli bioturbati); localmente potevano instaurarsi condizioni di circolazione ristretta, testimoniate dallo sviluppo di faune oligotipiche. Verso settentrione e oriente la laguna faceva transizione alla piattaforma carbonatica tidale della F. di Breno.

Età: sulla base delle faune a bivalvi e agli ammonoidi della Presolana l'unità è stata attribuita al Carnico inferiore (Cordevolico e Julico, ALLASINAZ, 1968 a,b).

Formazione di San Giovanni Bianco (SGB)

L'unità si sovrappone alla Formazione di Gorno mediante una fascia di transizione, caratterizzata da intercalazioni, entro le marne ed i calcari neri, di strati arenacei verdi via via più frequenti. Si tratta di litotipi ricchi di frustoli vegetali e con strutture sedimentarie tipiche dei depositi di correnti di torbida (Assereto 1965): essi rappresentano verosimilmente la parte esterna di una conoide deltizia che si affacciava sulla baia del Gorno. La serie continua verso l'alto con depositi evaporitici costituiti da dolomie e calcari dolomitici vacuolari, terrosi di color bruno giallastro e da banchi di breccie di collasso. Questi sedimenti si alternano a potenti pacchi di argilliti verdi e rosse, localmente con concrezioni carbonatico-silicee di dimensioni sino a decimetriche (Casati, Ganccolini 1967).



Figura 261 - Affioramento della Formazione di S. Giovanni Bianco lungo il fianco orografico destro della Val Vedra.

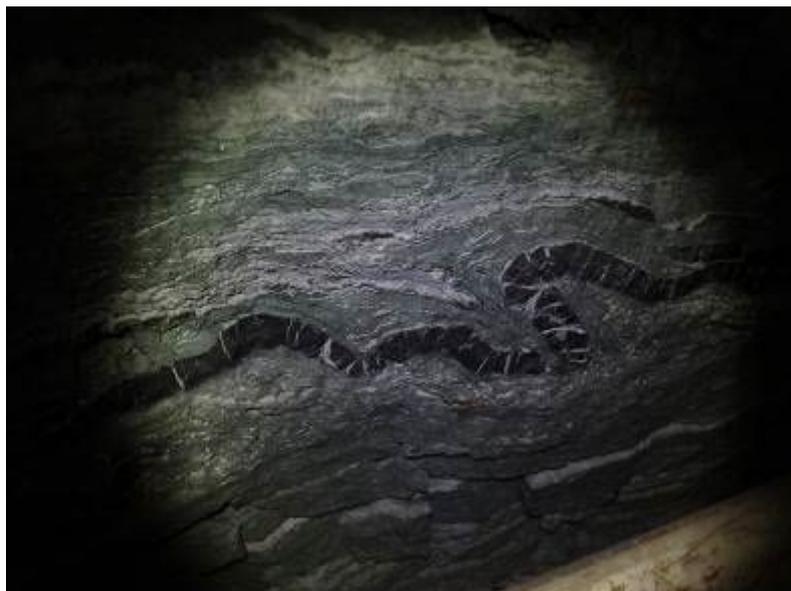


Figura 262 – Galleria Riso-Parina – Pieghe all'interno della formazione di San Giovanni Bianco (pk 5600).



Figura 263 – Galleria Riso-Parina – Galleria scavata nella formazione di San Giovanni Bianco (pk 5600).

Formazione di Castro Sebino (CSO)

Unità proposta da JADOUL et alii (1992a) con area tipo compresa tra il Lago d'Iseo e il Passo della Presolana, in passato considerata parte integrante della Dolomia Principale e da alcuni autori denominata come "Brecce Basali della Dolomia Principale" (POLLINI, 1958; ASSERETO & CASATI, 1965; JADOUL & ROSSI, 1982). L'unità è stata formalizzata in DELFRATI et alii (2000).

La F. di Castro Sebino affiora limitatamente e in modo discontinuo alla base della Dolomia Principale nell'alta valle di Dossena-Corone, nel settore di Lepreno - Val Serina, a monte di Clusone e, più estesamente, in alta Valle Piana sino al crinale della Corna Lunga. Nel Foglio 077-Clusone è presente una delle sezioni di riferimento dell'unità, affiorante in modo discontinuo lungo la strada che risale la Valle Piana, dove è esposta soprattutto la parte inferiore (Membro inferiore, JADOUL et alii, 1992a).

Le litofacies sono costituite in prevalenza da breccie calcaree, irregolarmente stratificate o in banchi massivi amalgamati, con clasti da grigio nocciola a grigio scuri spigolosi mediamente centimetrici, intraformazionali di calcari grigio chiari e scuri ricristallizzati, molto compattati, con numerose fratture tensionali primarie e tardo-diagenetiche.

Sono presenti locali intercalazioni di calcari grigio chiari e scuri in prevalenza micritici e, alla base, orizzonti di carnirole, banchi di breccie a clasti calcarei e dolomitici, calcari dolomitici con qualche sottile intercalazione marnosa (transizione alla f. di S. Giovanni B. e membro basale della F. di Castro Sebino, JADOUL et alii, 1992a). In questa successione sono inoltre diffuse breccie tettoniche connesse alle deformazioni che hanno interessato preferenzialmente questa successione per la sua posizione stratigrafica immediatamente al di sopra di uno dei principali orizzonti di scollamento tettonico delle Prealpi Lombarde (tetto della f. di S. Giovanni Bianco).

L'analisi delle microfacies delle breccie ha evidenziato la prevalenza di clasti microsparitici e pseudosparitici contenenti molte fratture tensionali di varie generazioni e contatti intergranulari stilolittizzati. Alcuni clasti contengono addensamenti di ostracodi e laminazioni microbialitiche o algali. I carbonati più fini sono packstone e wackestone intraclastici e microspariti argilloso-ferriferi.

Lo spessore dell'unità è di difficile valutazione a causa delle coperture e delle deformazioni tettoniche; mediamente è quantificabile in 50-100 m presso Corone (Serina) con massimi attorno ai 150 metri (Val Seriana). Il limite inferiore è di difficile ubicazione, presso Corone si osserva un graduale passaggio dalle facies evaporitiche e soprastanti carbonati grigi stratificati (SGBc) a breccie carbonatiche intraformazionali grigio-nocciola in banchi amalgamati localmente con intercalati calcari o calcari dolomitici. Anche il limite superiore è raramente osservabile e di tipo transizionale, posto in corrispondenza della comparsa di dolomie e calcari dolomitici grigio scuri, ben stratificati (membro basale della Dolomia Principale). Localmente (Val Borlezza) al passaggio tra Formazione di Castro Sebino e Membro Basale della Dolomia Principale sono presenti alcuni metri di calcari scuri in strati parzialmente amalgamati di spessore medio attorno ai 20 cm.

In questa formazione sono stati riscontrati solamente rari ostracodi. La ricostruzione paleoambientale della F. di Castro Sebino appare problematica tettonizzazione alpina subita da

questa unità. JADOUL et alii (1992a), dopo sia per le particolari litofacies e sia per l'intensa aver preso in considerazione varie ipotesi genetiche, propendono per un ambiente marino transizionale, privo di apporti terrigeni, in un contesto tettonicamente attivo di rifting e con possibili interferenze a opera di modificazioni diagenetiche precoci e tardive (compresa la dedolomitizzazione) iniziate nei sottostanti gessi-anidriti della f. di S. Giovanni Bianco.

L'età dell'unità, unicamente sulla base della sua posizione stratigrafica, è attribuita al Carnico superiore.

Dolomia Principale (DPR)

Questa storica formazione ha sempre mantenuto la denominazione introdotta nel Sudalpino da LEPSIUS (1876) equivalente alla Hauptdolomit della letteratura tedesca. E' riportata tra le Unità tradizionali formalizzate nel fascicolo VI Quaderno 7 del SGN-APAT (BERRA et alii, 2007). Gli affioramenti della Dolomia Principale caratterizzano il settore meridionale del foglio e rappresentano la successione più potente e estesa che costituisce i gruppi montuosi del M. Zucco, dell'Alben e del Pizzo Formico. La sezione stratigrafica più completa affiora sul versante E dell'Alben, lungo il vallone da quota 1000 m sino al crinale di vetta. Una sezione di riferimento per il membro inferiore (DPR5) affiora presso la confluenza della valle del Riso con la Val Seriana; una sezione per le facies sommitali di transizione al gruppo dell'Aralalta affiora sul crinale SW del Pizzo Formico. Gli spessori maggiori della Dolomia Principale, oltre 1100 m, vengono raggiunti nella successione dell'Alben. Il presenta spessori variabili da 100 a 250 m, quelli massimi si raggiungono in Val Seriana. Le associazioni di litofacies della piattaforma carbonatica interna raggiungono i 500-700 m sul versante N del Pizzo Formico, quelli della piattaforma marginale - pendio variano da 100 a un massimo di 350 m (Val Seriana e versante E dell'Alben). Il limite inferiore con la F. di Castro Sebino è raramente osservabile (sondaggi geognostici dell'ANAS eseguiti presso S. Pellegrino Terme); esso risulta transizionale, evidenziato dalla comparsa di dolomie scure, ben stratificate, entro le breccie calcaree dell'unità sottostante. Il limite superiore è transizionale con le dolomie zonate, evidenziato dalla comparsa di calcareniti e calcisiltiti dolomitizzate grigio scure stratificate e netto con membro inferiore l'Argillite di Riva di Solto (Cima di Cavlera, Bondo, Casinò di S. Pellegrino Terme), localmente con hard ground fosfatici. La Dolomia Principale è eteropica, nella sua parte superiore, con il gruppo dell'Aralalta (JADOUL, 1986) che caratterizza le successioni dei solchi intrapiattaforma di S. Pellegrino Terme e delle valli Seriana, Borlezza e Cavallina.

L'unità è dolomitizzata pervasivamente: le microfacies risultano spesso ricristallizzate, ma la dolomitizzazione precoce preserva le strutture primarie.

La Dolomia Principale, in base alla posizione stratigrafica e alle faune a bivalvi e dasycladacee, è ritenuta di età Norico inferiore e medio (JADOUL et alii, 1994); il suo membro basale potrebbe però essere attribuito al Carnico superiore (presenza di *Clypeina besici*). L'ambiente deposizionale della Dolomia Principale è una vasta piattaforma carbonatica, dolomitizzata precocemente (FRISIA, 1991) con prevalenti facies lagunari e di piana tidale nella porzione medio-inferiore. La parte superiore evidenzia ambienti differenziati in connessione all'individuazione di solchi intrapiattaforma e sviluppo di margini con peculiari biocostruzioni (microbialiti, serpulidi) (BERRA & JADOUL, 1996; ZAMPARELLI et alii, 1999). L'unità è stata cartografata distinguendo un membro e due associazioni di litofacies principali (JADOUL, 1986; JADOUL et alii, 1992a, b) che presentano spesso rapporti eteropici: a) dolomie scure stratificate basali (DPR5), b) dolomie grigie in banchi spessi di piattaforma interna (DPRb), c) breccie dolomitiche massive di piattaforma marginale-pendio associate a dolomie con biocostruzioni a serpulidi e microbialiti (DPRa). DPR5: corrisponde al "membro Basale della Dolomia Principale" distinto in JADOUL & ROSSI (1982) e parzialmente al membro della Val Vestino cartografato nel Foglio 080-Riva del Garda; è costituito da calcareniti fini e calcisiltiti dolomitizzate di colore scuro generalmente ben stratificate, laminate, con clasti pelitici, lenti di breccie intraformazionali e sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche. Localmente, a valle di Ponte Nossa, sono intercalate dolomie con laminazioni microbialitiche, dolareniti con dasycladacee, grandi megalodontidi e slump. La deposizione di questa litofacies è avvenuta in laguna poco profonda - rampa prossimale con occasionale sedimentazione da trasporto in massa

DPRb: raggruppa tutte le facies tipiche della Dolomia Principale rappresentate da dolomie grigie subtidali in banchi sino a metrici e dolomie in spessi cicli peritidali shallowing upward, a prevalenti facies subtidali. Comprende facies doloarenitiche bioclastiche corrispondenti al membro di Bondo del Foglio 080-Riva del Garda. La base dei cicli presenta localmente brecciole intraformazionali mentre la sommità è caratterizzata da stromatoliti planari con fenestrae o da livelli con grossi pisoidi-oncoidi di dimensioni sino a decimetriche e da brecciole loferitiche con cavità e filoncelli con sedimenti interni neri (massiccio dell'Alben). Negli intervalli subtidali sono frequenti gli accumuli di alghe dasycladacee, bivalvi (*Isognomon exilis*) e gasteropodi (*Worthenia* sp.). Le microfacies subtidali sono costituite da packstone con intraclasti, peloidi, oncoidi e bioclasti di dasycladacee (*Heteroporella* supratrassica, nella pozione basale anche *Clypeina besici*), *Porostromata* (*Cayeuxia* sp.), *Problematica* (*Thaumatoporella parvovesiculifera*), bivalvi, gasteropodi; bindstone zankli, *Giroporella Uragella* c. f. sp., microbialitici ostracodi; più raramente grainstone totalmente ricristallizzati con fantasmi e microspatizzati con dispersi di ooidi, intraclasti e bioclasti. Le microfacies intertidali sono costituite da prevalenti packstone-bindstone

ricristallizzati, con intraclasti e cavità di dissoluzione (fenestrate). Le associazioni di macro e microfacies indicano un ambiente di piattaforma interna soggetta a correnti tidali e periodicamente con locali emersioni. DPRa: questa litofacies affiora in diversi settori della media Val Brembana (San Pellegrino Terme), della Val Serina, del Pizzo Formico e dell'Alben. Le litologie sono brecce-megabrecce massive, caotiche, di spessore da metrico a plurimetrico, con clasti eterometrici di Dolomia Principale (dimensioni da pochi centimetri a oltre mezzo metro). Le microfacies dei clasti riflettono quelle delle unità di provenienza (Dolomia Principale, sia in facies di piattaforma interna, sia in facies marginale e dolomie zonate); la matrice delle brecce è generalmente costituita da packstone grossolani o da wackestone fangosi. Le brecce sono associate nei settori subtidali adiacenti alla piattaforma interna a patch reef con serpulidi e mound microbialitici a grandi oncoidi, laminazioni planari e ondulate (JADOUL et alii, 1994; BERRA & JADOUL, 1996, ZAMPARELLI et alii, 1999), associati a lenti bioclastiche (bivalvi, gasteropodi e dasycladacee). Le facies biocostruite presenti in questa unità sono comparabili con il membro del Monte Zenone del Foglio 080-Riva del Garda. Le microfacies sono costituite da packstone-rudstone litoclastici e bioclastici, ricristallizzati; packstone- rudstone, boundstone con microbialiti, colonie di serpulidi, alghe blu-verdi, Problematica, foraminiferi sessili e sedimenti interni laminati. La litofacies DPR si è deposta nella zona di margine e pendio superiore, di raccordo tra piattaforma interna e bacino. La parte prossimale è caratterizzata dalle biocostruzioni a serpulidi, che compaiono come clasti nelle facies di pendio più profonde.

Questa unità passa a facies di piattaforma interna della Dolomia a Principale con un limite che in genere è graduale. Dal punto di vista paleontologico, i fossili presenti sono gli stessi osservabili nella Dolomia Principale, dal cui smantellamento l'unità deriva. Sulla base della posizione stratigrafica questa litofacies è riferita al Norico. L'unità si è deposta a ridosso su pendio e scarpate in prevalenza legate alla fase tettonica distensiva norica (JADOUL, 1986; JADOUL et alii, 1992b) e è alimentata dal franamento di materiale dai settori di alto (Dolomia Principale), localmente in grado di coinvolgere anche depositi di pendio più fini parzialmente litificati.

Età: Carnico superiore – Norico.

Dolomie Zonate (DZN)

L'unità comprende le facies carbonatiche noriche, ben stratificate e di bacino intrapiattaforma eteropiche alla Dolomia Principale. L'unità è stata introdotta da Desio e Venzo, (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1954) ed è stata istituita da JADOUL (1986). In Val Brembana le dolomie zonate affiorano estesamente nelle successioni parautoctone e alloctone di S. Pellegrino Terme, Spettino - M. Zucco, nella valle dell'Ambria e sul versante occidentale dell'Alben sino a

Selvino. Nel settore orientale l'unità affiora nel gruppo montuoso del Pizzo Formico - M. Grione, in Val Gandino e in Val Rossa. Le sezioni stratigrafiche più caratteristiche e accessibili, anche se non complete, affiorano lungo la strada che sale a Spettino e lungo la strada che collega Aviatico con Costa Serina. Le dolomie zonate sono costituite da alternanze di calciruditi e calcareniti-calcisiltiti pluridecimetrici piano-paralleli, ma anche con geometrie lenticolari, con clasti millimetrici chiari e scuri, con clasti pelitici (clay chip). Le facies dolomitizzate grigio scure, in strati sino a medio-grossolane parallele, oblique, ripple di corrente e superfici erosive. Sono intercalate possono presentare granoclassazione, laminazioni anche ritmiti grigio nerastre di spessore centimetrico caratterizzate da alternanze di laminazioni parallele chiare e scure (da cui il nome dell'unità) in cui possono essere presenti intercalazioni, sino a 10 cm di spessore, di marne dolomitiche scure finemente laminate, con ossidi di Fe e colore di alterazione bruno-rossastro. Nelle litofacies più fini sono localmente presenti piccoli noduli e liste di selce nera, livelletti parzialmente silicizzati e fratture-cavità geodiche (Selvino, Valle Bracca) con cristalli di quarzo autigeno e, più raramente, di fluorite e celestina (JADOUL et alii, 1992c). Localmente sono intercalate lenti e lingue di spessore anche plurimetrico di paraconglomerati e megabrecce a clasti intraformazionali e della Dolomia Principale. (corrispondono alle "brecce sommitali della Dolomia Principale", JADOUL, 1986). Queste associazioni di litofacies si sono deposte sul pendio-scarpata tra la piattaforma della Dolomia Principale e i bacini intrapiattaforma del Calcere di Zorzino. Le microfacies delle dolareniti sono caratterizzate da prevalenti packstone intraclastici a volte granoclassati; i processi di dolomitizzazione sono pervasivi e distruttivi delle strutture microscopiche. Le microfacies fini degli interstrati sono costituite da microspartiti dolomitiche laminate e debolmente argillose. Le breccie sono costituite da rudstone e floatstone con prevalenti clasti intrformazionali semiconsolidati e subordinati litoclasti ricristallizzati della Dolomia Principale.

Lo spessore delle dolomie zonate è estremamente variabile: nullo in alcuni settori della Val Brembana (S. Pellegrino Terme), aumentarapidamente verso E raggiungendo oltre 150 m sul versante occidentale dell'Alben e. in Val Seriana (Valle Rossa, Val Vertova).

Inferiormente le dolomie zonate sono in contatto transizionale con la Dolomia Principale, con la quale risultano eteropiche e localmenteintercalate (versante E dell'Alben, Val Vertova). Questo limite viene ubicato in corrispondenza della prevalenza delle dolomie grigie o grigio scure stratificate sulle dolomie grigie della Dolomia Principale. Superiormente e lateralmente l'unità passa, con limite transizionale, ai calcari neri ben stratificati del soprastante e eteropico Calcere di Zorzino e, più raramente, è in contatto netto con l'Argillite di Riva di Solto (fondovalle presso S. Pellegrino Terme).

Il contenuto paleontologico di questa unità è scarso, rappresentato essenzialmente rimaneggiati. *Saurichthys* sp. e denti di rettili (BINI et alii, 1991). Le dolomie zonate settori della Val Brembana (S. Pellegrino Terme), aumenta da Sul bioclasti massiccio dell'Alben (gasteropodi, sono bivalvi, stati dasycladacee) segnalati resti di vengono datate al Norico medio esclusivamente sulla base della loro posizione stratigrafica e della datazione con palinomorfi dell'eteropico Calcare di Zorzino (JADOUL et alii, 1994).

Le associazioni di litofacies delle dolomie zonate sono interpretate come prevalenti processi di risedimentazione a opera di torbiditi e debris flow carbonatici. Le strutture e le geometrie individuate testimoniano l'esistenza di blandi pendii che raccordavano la piattaforma carbonatica della Dolomia Principale a ristretti bacini intrapiattaforma con fondali prevalentemente anossici. I corpi di brecce e megabrecce, preferenzialmente distribuite sui margini occidentali dei solchi intrapiattaforma (semigraben), documentano l'esistenza di tettonica sinsedimentaria e di fluttuazioni tettono-eustatiche in un contesto distensivo-transtensivo (JADOUL et alii, 1992b). Età: Norico medio.

Argilliti di Riva di Solto (ARS)

L'unità è stata istituita da GNACCOLINI (1965) e formalizzata dallo stesso nel 1968 con area e sezione di riferimento sul versante occidentale del Lago d'Iseo; in precedenza è stata cartografata come "scisti marnosi neri con calcari marnosi" (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1954) e descritta come "Retico inferiore" o "facies sveva" (DESIO, 1929). L'unità affiora presso S. Pellegrino Terme. e, più estesamente, nelle valli dei torrenti Ambria e Ambriola, in Val Vertova e sulle pendici del Cima di Cavlera. La sezione più completa e accessibile affiora lungo il fondovalle della Valle Ambra a monte della Fonte Bracca; serie molto più condensate sono osservabili sul versante destro della Val Seriana (Pizzo Frol). L'Argillite di Riva di Solto è stata distinta in due unità informali (JADOUL, 1986; JADOUL et alii, 1994), non cartografate separatamente nel presente lavoro: l'inferiore è prevalentemente argilloso-marnosa, la superiore è costituita da alternanze argilliti-marne e calcilutiti nerastre.

La litozona inferiore è caratterizzata da argilliti e argilliti marnose nere, molto compatte, fogliettate, organizzate in banchi planari di spessore plurimetrico. A esse si intercalano orizzonti marnoso-calcarei, fetidi, a volte con laminazioni parallele, slumping, ritmiti e patina d'alterazione ocracea, in singoli strati decimetrici a superficie ondulata, spesso lenticolari, per compattazione. La litozona inferiore è sviluppata solo nelle aree di massimo spessore dell'unità, in corrispondenza dei depocentri dei bacini (JADOUL et alii, 1994; BERRA et alii, 2010). La litozona superiore è caratterizzata da una evidente ciclicità delle litofacies (cicli asimmetrici, MASETTI et alii, 1989).

Ciascun ciclo è caratterizzato da una porzione inferiore argillitico-marnosa, una porzione mediana meglio stratificata con intercalazioni di carbonati e una superiore quasi completamente costituita da calcilutiti ben stratificate (localmente con trend thickening upward). La sommità dei cicli asimmetrici può presentare spesso impregnazioni di ossidi di Fe; alla base prevalgono le lumachelle a piccoli bivalvi di spessore sino a decimetrico (associazioni oligotipiche interpretate come tempestiti da MASETTI et alii, 1989, JADOUL et alii, 1994)

Le successioni di S. Pellegrino Terme e della media Val Serina presentano alla base alcuni orizzonti lenticolari con slumping che passano a breccie intraformazionali. Presso S. Pellegrino Terme (Casinò) alla base di questa unità affiora una lente di spessore plurimetrico di calcari neri con bioclasti di dasycladacee e colonie di serpulidi con laminazioni microbialitiche (“membro d'Artavaggio” di JADOUL et alii, 1994). Nella valle dell'Ambria è presente barite e celestina in fratture (JADOUL et alii, 1992c).

Le microfacies carbonatiche sono costituite da prevalenti mudstone microspartitici e, più wackestone-packstone fini a peloidi, intraclasti e bioclasti di bivalvi e rari raramente nelle parti superiori dell'unità, da echinodermi. Le argilliti presentano minuti clasti di quarzo e mica bianca. Un sondaggio geognostico effettuato per la galleria stradale di S. Pellegrino Terme ha evidenziato la presenza nelle argilliti basali di un hard ground con pirite, bioclasti fosfatizzati, pseudomorfi d'evaporiti e cristalli di barite e blenda. Il contenuto organico di quest'unità (TOC) è compreso tra 0,5 e 1,5%.

Lo spessore dell'Argillite di Riva di Solto è difficilmente valutabile a causa delle frequenti deformazioni tettoniche, ma presenta consistenti variazioni areali; gli spessori massimi, circa 320 m, si trovano nella sezione di Fonte Bracca; in altri settori della Val Brembana e della Val Seriana gli spessori variano da 80-100 m (N e W del Cima di Cavlera) a oltre 200 m. Gli spessori massimi della litozona argillosa basale raggiungono i 95 m (Fonte Bracca) e localmente possono ridursi a una decina di metri (Cima Cavlera) In tutto il settore centro-occidentale il limite inferiore è sempre netto e evidenziato dalla comparsa di argilliti e argilliti marnose nere sopra le dolomie zonate; solo in ristrette aree (Casinò di S. Pellegrino e presso Cima di Cavlera) si ha un contatto diretto con la Dolomia Principale. In alcuni settori (S. Pellegrino T., Pizzo Formico - Pizzo di Casnigo), al limite inferiore sono presenti croste nere e/o filoncelli con fosfato di calcio (hard ground, et alii JADOUL transizionalmente individuazione per la presenza della copertura vegetale e per le associazioni di litofacies di transizione potenti sino a 50 m. Dove è osservabile esso viene caratterizzato dalla comparsa di cicli con carbonati (anche packstone) prevalenti sulle marne-argillose e da un maggiore contenuto fossilifero nei calcari. Le facies sommitali dell'Argillite di Riva di Solto sono verosimilmente eteropiche con la parte basale del Calcare di Zu.

Il contenuto faunistico dell'Argillite di Riva di Solto varia in funzione del contenuto in carbonato. Gli intervalli argillosi di base si presentano in genere sterili, ma in quelli della litozona superiore sono presenti lumachelle a piccoli bivalvi e alcuni strati fossiliferi con bivalvi endobionti nelle marne e forme epibionti nei carbonati: *Miophoriopsis isoscele* (Stoppani), *Corbula azzarolae* (Stoppani), *Laternula rhaetica* (Gumbel), *Promathildia hemes Rhaetavicula contorta* *Modiolus* (Stoppani). Livelli marnosi con coproliti (*Bactrillium* sp.) sono noti sin dal *ervensis* (D'Orbigny), (Portlock), secolo scorso. Queste specie sono state descritte in vari lavori stratigrafici degli anni '50-'60 (VECCHIA, 1950; BELLONI, 1960; GNACCOLINI, 1965) e attribuite al Retico inferiore; più recentemente studi sui vertebrati (WILD, 1989, TINTORI & RENESTO, com. pers.) e la biostratigrafia a palinomorfi (CIRILLI in JADOUL et alii, 1994) hanno attribuito questa unità al Norico superiore. Il sistema deposizionale è rappresentato da solchi bacinali ereditati dal gruppo dell'Aralalta, ancora subsidenti, ma relativamente poco profondi, con elevato tasso di sedimentazione e fondali in prevalenza anossici. L'evoluzione stratigrafico-paleogeografica dell'Argillite di Riva di Solto evidenzia sedimentazione mista argilloso-carbonatica (facies di rampa distale). La variabilità laterale dello spessore riflette la persistenza di zone d'alto strutturale (JADOUL et alii, 1994). La sedimentazione ciclica argille-marne-calcarei potrebbe risentire delle pulsazioni a alta frequenza, correlabili a variazioni climatico-eustatiche che avrebbero condizionato gli apporti terrigeni finiti da terre emerse (cicli a alta frequenza di V e IV ordine sino al III ordine, MASETTI et alii, 1989; BURCHELL et alii, 1990; JADOUL et alii, 1994).

Età: Norico superiore

Calcari di Zu (ZUU)

Anche quest'unità è stata formalizzata da GNACCOLINI (1968a), in precedenza è stata cartografata nel Foglio 33 Bergamo a scala 1:100.000 come "calcari madreporici grigio-azzurri con coralli e intercalazioni di marne" del Retico indistinto (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1954). Le sezioni stratigrafiche più complete di questa unità affiorano sul versante N del M. Castello (Valle Sparta) e da Cornalta (q. 570 m) sino a Miragolo (q. 1050 m). L'unità affiora estesamente sulla Cima di Cavlera, a Bondo e presso Gazzaniga-Orezzo. Questa formazione è stata suddivisa in tre (LAKEW, 1990; GALLI et alii, 2007) o quattro unità (JADOUL et alii, 1994); nel presente lavoro queste unità di rango inferiore sono state accorpate e semplificate per la cartografia geologica in due litozone cartografate separatamente: Calcari di Zu - litozona inferiore (ZUUa) e Calcari di Zu - litozona superiore (ZUUb) (rispettivamente corrispondenti a Zu1+Zu2 e Zu3+Zu4 di JADOUL et alii, 1994). Si precisa che lo Zu 4 è stato nel 2008 elevato a rango formazionale da GALLI et alii, 2007 (formazione di Malanotte), tuttavia nel presente lavoro di cartografia geologica

questa formazione è rimasta accorpata con lo Zu superiore (ZUUb) a causa dello suo limitato spessore. Queste litozone non sono facilmente correlabili con i membri distinti nella successione retica dei Fogli 042-Malè, 080-Riva del Garda, 059-Tione di Trento dove spessori e contesto paleogeografico sono differenti.

Litozona inferiore (ZUUa) – È costituita alla base da cicli asimmetrici ad alta frequenza thickening upward e localmente coarsening upward spessi da 3 m a 10 m, costituiti da prevalenti calcari micritici grigio scuri, raramente bioclastici e calcarenitici e da calcari marnosi da grigi a nerastri, in strati decimetrici piano-paralleli o in banchi plurimetrici costituiti da strati amalgamati; alla base dei cicli vi sono intercalazioni, di spessore metrico, di marne e calcari marnosi localmente fossiliferi e, più raramente, argilliti caratterizzata da un orizzonte pluridecametrico prevalentemente carbonatico costituito da intercalazioni di calcareniti grigie e grigio scure, bioclastiche, raramente megalodontidi, crinoidi) e piccole biocostruzioni a coralli (Zu2 o “Primo Banco a Coralli”, LAKEW, 1990; JADOUL et alii, 1994) associate a marnose nerastre. La sommità della litozona inferiore è oolitiche, calcari fossiliferi (coralli, brachiopodi, bivalvi, localmente dominanti calcilutiti spesso bioturbate.

Litozona superiore (ZUUb) – La litozona superiore presenta ancora cicli asimmetrici costituiti da alternanze di marne grigio ocracee associate superiormente con calcari marnosi e poi da prevalenti calcari micritici e calcisiltiti, spesso con laminazioni parallele, ondulate, oblique a basso angolo e con brecciole intraformazionali. La sommità dei cicli è sovente evidenziata da una sottile crosta d’ossidi di Fe. Al M. Castello sono intercalati alcuni orizzonti di calcari vacuolari e calcari marnosi ocracei di possibile origine evaporitica. La sommità della litozona superiore ritorna prevalentemente calcarea e molto fossilifera, caratterizzata da calcari micritici (prevalenti a Cima di Cavlera) con intercalazioni calcarenitiche grigie, laminazioni oblique, associate a calcari con coralli, spugne calcaree, oncoidi e megalodonti (M. Castello, “Il banco a Coralli”, litozona Zu3c di JADOUL et alii, 1994). In corrispondenza del limite con la formazione dell’Albenza oolitiche e/o bioclastiche con granoclassazioni, hummocky e sono presenti 15-25 m di calcilutiti grigio scure, sottilmente stratificate e con rari noduletti di selce nera alla sommità e frequenti piccoli slumping. Questi deposizionale maggiormente bacinale e costituiscono la Formazione di calcari sottilmente stratificati documentano un ambiente Malanotte datata all’Hettangiano basale per la associazione di palinomorfi, bivalvi e correlazioni chemostratigrafiche (GALLI et alii, 2007). Nella presente cartografia geologica questa unità rimane accorpata con il Calcarea di Zu. Le microfacies del Calcarea di Zu sono differenziate: nella litozona inferiore prevalgono mudstone-wackestone sovente bioturbati con sparsi bioclasti di bivalvi, echinodermi, crinoidi, ostracodi e peloidi. I banchi a coralli (al tetto della litozona inferiore e superiore) sono costituiti da packstone in prevalenza bioclastici

con coralli, spugne calcaree, in porostromata, idrozoi e molti foraminiferi bentonici (*Triasina hantkeni*, *Auloconus* sp. e vari generi d'aulotortidi, LAKEW, 1990). Sono molto frequenti anche gli oncoidi e i grani micritizzati, rivestiti. Le biocostruzioni di dimensioni metriche (patch reef e mound) sono costituite da boundstone a prevalenti coralli e organismi incrostanti sessili e rudstone bioclastici. Le facies (*Parafavreina* sp.). Alla sommità del Calcarea di Zu superiore sono diffusi anche grainstone oolitici e oolitico-bioclastici frequentemente micritizzati. I calcari della f. di Malanotte sono costituiti da prevalenti mudstone fini sono wackestone packstone e con peloidi e coproliti microspartici più o meno bioturbati con piccoli bioclasti di bivalvi, echinodermi e localmente spicole di spugne al tetto. Lo spessore del C. di Zu nel Foglio 077-Clusone tende a ridursi da W a E: 500 m al M. Castello, 350 m a Cima di Cavlera - Val Vertova, sino a circa 250 m sul Poieto. A E della Val Seriana lo spessore aumenta sino a 750 m in Valle Cavallina. Gli spessori delle due litozone cartografate del Calcarea di Zu sono rispettivamente di 300-200 m l'inferiore, e 150-200 m la superiore. L'unità passa inferiormente all'Argillite di Riva di Solto con limite graduale posto dove i banchi carbonatici divengono potenti, più fossiliferi e prevalgono Superiormente l'unità passa, con limite netto, a calcari micritici sottilmente stratificati della f. di Malanotte. Le due litozone cartografate all'interno del C. di Zu (unitamente alla più dettagliata suddivisione nei tre membri proposti da JADOUL et alii, 1994 e rivisitati da GALLI et alii, 2007) presentano una distribuzione areale estesa a sulle intercalazioni marnose (GNACCOLINI, 1965). tutte le Prealpi Bergamasche e non sembrano subire evidenti variazioni laterali di facies nel Foglio 077-Clusone. Il Calcarea di Zu è in genere molto fossilifero, in particolare le facies carbonatiche medio-superiori e quelle marnose immediatamente sottostanti presentano diversificate associazioni a bivalvi - *Rhaetavicula contorta* (Portlock), *Cardita austriaca* Hauer, *Chlamis aviculoides* (Stoppani), *Protocardia rhaetica* (Merian) - nonché brachiopodi (*Rhaetina gregaria* (Suess) (VECCHIA, 1950, ALLASINAZ, 1962), Porostromata, Problematica, coralli coloniali e solitari (*Thecosmilia* sp., *Retiophylla* sp. e *Astreomorpha* sp.; LAKEW, 1990, FANTINI SESTINI, 1990), spugne calcaree, foraminiferi bentonici (LAKEW, 1990) e coproliti. Alla base dello Zu inferiore (Valle Sparsa) è presente un orizzonte marnoso con grandi bivalvi (*Gervillia* sp.). Sulla base del ricco contenuto macro e micro paleontologico (recentemente anche conodonti, RIGO et alii, 2009) il Calcarea di Zu è stato attribuito al Retico. Le analisi biostratigrafiche con palinomorfi (CIRILLI in JADOUL et alii, 1994) hanno ubicato il limite Norico-Retico entro lo Zu Inferiore, poco al di sotto del primo orizzonte carbonatico a coralli. I recenti rinvenimenti di conodonti - *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock, *Misikella hernsteini* (Mostler) and *Misikella* n. sp. (RIGO et alii, 2009) - in diversi orizzonti del C. di Zu della Valle Imagna ha permesso di attribuire interamente al Retico tutta recentemente

riposizionato in corrispondenza del limite C. di Zu - f. di Malanotte (CIRILLI et alii, 2000, GALLI et alii 2005, 2007). questa unità. Il limite Retico-Hettangiano è stato anch'esso L'associazione deposizionale di profondità generalmente medio-bassa, a sedimentazione mista carbonatica-marnosa, inquadrabile in un sistema deposizionale di rampa carbonatica (LAKEW,1990; JADOUL et alii, 1994, GALLI et alii 2007) delle macro-microfacies evidenzia un ambiente caratterizzato dalla sedimentazione ciclica di facies da bassa a alta energia (ambienti progradazione regionale (carbonati di rampa prossimale al tetto dello Zu di rampa da intermedia a prossimale). I due episodi di Inferiore e Superiore) sono stati interpretati come connessi a variazioni relative del livello del mare e permettono di identificare all'interno del Calcarea di Zu due sequenze deposizionali (LAKEW,1990; JADOUL et alii, 1994; GAETANI et alii, 1996; GALLI et alii, 2007).

7.1.3.3 Quadro geomorfologico

Con riferimento ai caratteri geografici - geomorfologici, l'ambito territoriale preso in esame può essere descritto, in senso assolutamente generale, riprendendo le note relative all'Unità di Paesaggio n. 13 "Val Secca e Val Vedra" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale: "L'unità ambientale appartiene alla fascia prealpina per i paesaggi montani e delle dorsali della Val secca, della Val Vedra e della Valle Nossana, ed alla fascia prealpina delle energie di rilievo caratterizzata da un complesso sistema continuo di creste a diversa morfologia (...), il sistema di versante è a morfologia calcarea, più complesso e notevolmente accidentato e inciso con sistemi di creste articolate su una sequenza che, senza soluzione di continuità, tocca i monti: Valbona, Menna, Vetro; culmina nel massiccio dell'Arera e prosegue verso est con la cima di Leten ed il monte Secco (...). Il sistema di cresta altresì costituisce elemento di scenario per vasti ambiti della media Val Brembana e risultano chiaramente riconoscibili da grandi distanze in diversi periodi dell'anno in funzione del precoce innevamento o del disgelo tardivo, costituendo importante punto di riferimento per la pianura bergamasca".⁴

La forte energia di rilievo, i dislivelli significativi ed improvvisi, la verticalità delle pareti rocciose, sono particolarmente evidenti nel settore di cresta tra il monte Menna, il monte Arera e il monte Secco, segnato "da una serie di creste e culminazioni che si alzano ampiamente al di sopra dei 2000

⁴ Provincia di Bergamo, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Relazione Tecnica - A. Appendice 1, Unità di Paesaggio (a cura di Margherita Fiorina)

m di quota, in un ambiente caratterizzato da una tipica morfologia rupestre d'alta montagna, con ripidi versanti, ghiaioni e suggestive conche di origine glaciale".⁵

7.1.3.4 Carsismo e grotte

Decenni di indagini, studi geologici ed esplorazioni speleologiche, hanno portato al riconoscimento - nell'area di riferimento - di due importanti aree carsiche, facenti riferimento rispettivamente ai massicci della Cima di Menna e del Monte Arera - Monte Grem. L'ubicazione e l'estensione indicativa di tali aree sono ben rappresentate nell' "Atlante del fenomeno carsico lombardo"⁶, del quale si riporta uno stralcio significativo - con indicata l'area di maggiore dettaglio sulla nuova discenderia - e sul quale vengono cartografate le principali grotte e sorgenti, il grado di carsificabilità degli ammassi rocciosi e, in qualche caso, le linee di drenaggio, accertate o presunte.

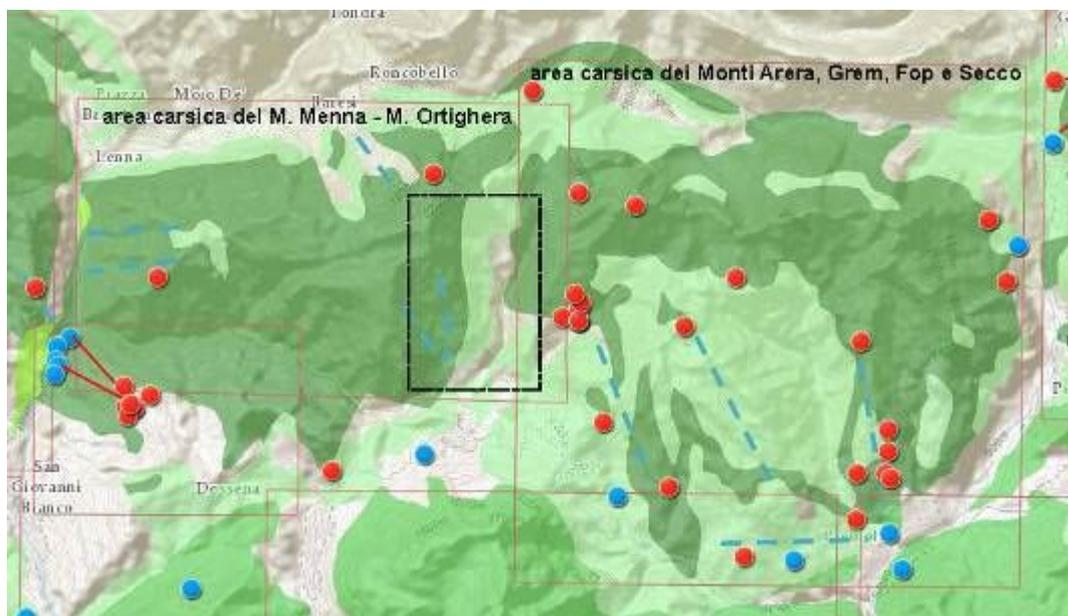


Figura 264 - Rappresentazione delle aree carsiche "del M. Menna - M. Ortighera" e "dei monti Arera, Grem, Fop e Secco", tratta dall' Atlante del Fenomeno Carsico Lombardo (www.speleolombardia.it). È indicata con tratteggio l'area di riferimento. N.B. il riquadro tratteggiato non rappresenta il confine della concessione, ma l'ambito indicativo di approfondimento oggetto delle presenti considerazioni.

Le due aree carsiche "del Monte Menna - M. Ortighera" e "dei monti Arera, Grem, Fop e Secco", ben distinte geograficamente, si sovrappongono in corrispondenza del solco della Val Vedra, che viene descritta come "l'unità strutturale inferiore delle Prealpi ed è interessata da faglie e pieghe

⁵ Provincia di Bergamo, "Caratteri del paesaggio in Provincia di Bergamo", a cura di M. Lorenzi (parte geologica a cura di F. Plebani), 2004

⁶ <http://www.arcgis.com> - Speleologia in Lombardia - Atlante del Fenomeno Carsico Lombardo - Paola Tognini, Damiano Montrasio. Osservatorio sulle Aree carsiche lombarde a cura della FSLo (Federazione Speleologica Lombarda) www.speleolombardia.it

precedenti la messa in posto delle unità superiori”⁷, rappresentate esemplificativamente dai massicci carbonatici della Cima di Menna e del Monte Arera - Monte Grem.

La posizione, l'estensione e il ruolo dell'unità tettonica della Val Vedra, variamente rappresentata e denominata negli studi più recenti, sono state complessivamente riconosciute e confermate negli studi più recenti e nelle cartografie geologiche più aggiornate.⁸

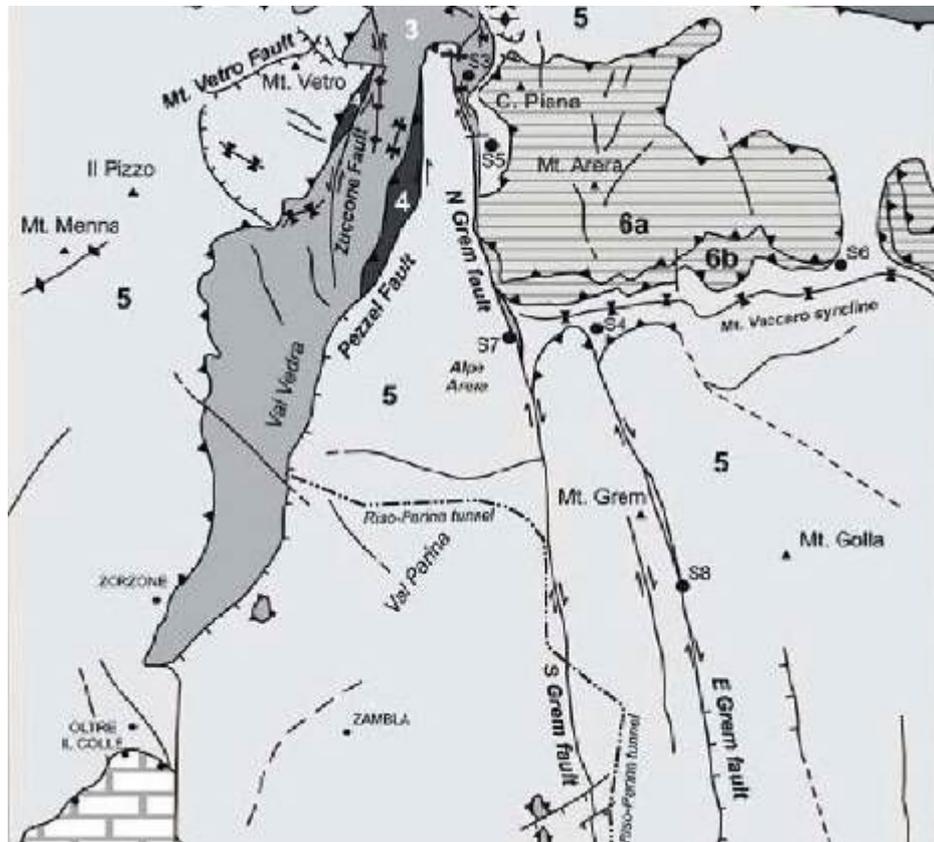


Figura 265 - Quadro strutturale dell'area M. Menna - M. Arera - M. Grem con le unità tettoniche del Branchino (3) e della Val Vedra (4), più antiche, che separano la più recente unità tettonica del Menna - Nossana (5), tratto da A. Zanchi ed al., cit.

Maggiori e più dettagliate informazioni sull'assetto geologico generale dell'area sono presenti nella relativa sezione del presente studio; si sono qui richiamate le linee generali per sottolineare l'effettiva distinzione delle due aree carsiche sopra richiamate.

⁷ F. Baio, A. Bini, A. Paganoni, I. Ferrari, G. Peretti, "Il Carsismo di alta montagna in Lombardia", Riv. Mus. Sc. Nat. BG, vol. 6, 1983

⁸ A titolo di esempio si citano: Carta Geologica della Provincia di Bergamo e Note Illustrative (anno 2000), Carta Geologica d'Italia, scala 1:50000, Foglio 077 "Clusone" e Note Illustrative (anno 2012), A. Zanchi, P. D'Adda, S. Zanchetta, F. Berra, "Syn-thrust deformation across a transverse zone: the Grem-Vedra fault system (center Southern Alps - N Italy)", Swiss J Geosci, 2012

Il catalogo delle grotte del settore bergamasco e le attuali conoscenze

Il Museo Civico di Scienze Naturali “E. Caffi” di Bergamo, ha pubblicato sulla propria rivista, nel 1981, il Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco, a cura di Anna Paganoni e Rocco Zambelli, nel quale vengono sistematicamente numerate (da Lo 1000 a Lo 1499 e da Lo 3500 a Lo 3695), descritte e rappresentate con planimetrie e disegni di rilievo, tutte le grotte allora conosciute nell’ambito del territorio bergamasco.⁹

Il Catalogo vero e proprio è preceduto da interessanti e - si ritiene - ancora in gran parte condivisibili pur nella loro sinteticità, considerazioni sulla geomorfologia del territorio bergamasco e sulla stratigrafia, con particolare riferimento alla propensione alla carsificabilità delle unità litologiche.

Dalla sezione dedicata alla Stratigrafia nel Catalogo citato, dunque, si riprendono alcune indicazioni che si ritengono utili per caratterizzare, in funzione della presenza o meno di grotte e cavità carsiche, le formazioni geologiche maggiormente rappresentate nel settore territoriale di riferimento, soprattutto alle falde dei monti Menna ed Arera, più o meno direttamente riconducibili all’area ove verrà realizzata la nuova discenderia.

Così, alla categoria delle “arenarie, argilliti scure, gessi”, riferibili alle formazioni di S. Giovanni Bianco e all’Arenaria di Val Sabbia, entrambe presenti in Val Vedra, non viene riconosciuta particolare attitudine al carsismo, e nemmeno in esse sono state rilevate “cavità catastabili”. Nei calcari e marne scure, bene stratificate, della Formazione di Gorno, vengono segnalati modesti fenomeni carsici superficiali e un numero apprezzabile di cavità carsiche, sebbene con sviluppo ridotto, spesso a sviluppo verticale o impostate sugli interstrati. I calcari stratificati delle formazioni del Calcare Metallifero Bergamasco e di Breno presentano “importanti fenomeni carsici (solchi profondi, allargati dalla corrosione in coincidenza delle diaclasi; importanti cavità sotterranee in forma di galleria e di pozzo”; le due formazioni citate affiorano soprattutto all’interno dell’area carsica “dei monti Arera, Grem. Fop e Secco”. Il Calcare di Esino, principale rappresentante delle rocce calcaree non stratificate, che affiora estesamente in entrambe le aree carsiche di riferimento, è interessato da “importante carsismo superficiale. (...) Alla base sgorgano sorgenti numerose e con notevole portata, da fessure che presentano morfologia giovanile. (...) Nel sottosuolo ci sono cavità molto importanti, impostate su diaclasi, sempre di origine prevalentemente carsica”. Infine, all’interno dei calcari stratificati nerastri, tra i quali sono annoverate le formazioni del Calcare di Angolo e del Calcare di Prezzo, “si riconoscono poche cavità sotterranee carsiche, strette, da

A. ⁹Paganoni, R. Zambelli, “Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco”, relazione e tavole allegate, Riv. Mus. Sc. Nat. BG, vol. 3, 1981

interstrato, a sezione rettangolare”. La formazione del “Calcere di Esino costituisce una delle formazioni più carsificabili della Lombardia, con carsificabilità elevatissima, sia superficiale che profonda”¹⁰. L’attitudine alla carsificabilità è peraltro comune, in misura variabile, a gran parte delle formazioni triassiche che affiorano nel comparto territoriale di riferimento; tra queste, tuttavia, la Formazione di Gorno (poco o nulla carsificabile) e, soprattutto, “le Arenarie di Valsabbia (Carnico medio – inf.) costituiscono un orizzonte impermeabile e non carsificabile, che spesso ha la funzione di separare tra loro le diverse idrostrutture carbonatiche”¹¹

Anche da queste semplici note, appare evidente come il fondovalle della Val Vedra, che distingue geograficamente e separa geologicamente le due aree carsiche del Monte Menna e del Monte Arera - Monte Grem, rappresenti anche una barriera idrogeologica a scarsa o nulla attitudine alla carsificabilità, essendo in gran parte costituita dalle formazioni di S. Giovanni Bianco, delle Arenarie di Val Sabbia e di Gorno, formazioni che “impediscono un’ulteriore infiltrazione verso il basso delle acque dell’intero massiccio”.¹²

In ogni caso, le considerazioni e il censimento delle grotte descritte nel Catalogo citato sono stati ulteriormente e sostanziosamente aggiornati ed implementati in seguito alle numerose indagini speleologiche “sul campo” delle quali dà conto sia il recente “Atlante del fenomeno carsico lombardo”, anch’esso citato, sia i dettagliatissimi resoconti dei gruppi speleologici riportati negli annuari e nelle riviste specializzate.¹³

Un significativo resoconto, riassuntivo delle conoscenze con particolare riferimento anche al territorio bergamasco, è contenuto nella comunicazione avente per tema il carsismo in Lombardia e nella Provincia di Bergamo, presentata da Paola Tognini al Convegno sul territorio di Bergamo nella nuova cartografia geologica¹⁴, dal quale è tratto il grafico allegato, rappresentante il numero di grotte per kmq riscontrato nelle singole formazioni geologiche: da esso risulta chiaramente come - rimanendo nell’areale di riferimento - le formazioni rocciose più carsificate e più carsificabili sono il Calcere di Esino e il Calcere Metallifero Bergamasco, mentre decisamente meno rappresentata risulta la Formazione di Gorno e ancora meno il Calcere di Angolo, di Prezzo e la formazione di S. Giovanni Bianco; l’Arenaria di Val Sabbia non compare tra le formazioni con grotte segnalate.

¹⁰ P. Tognini, “Il carsismo in Lombardia”, 4.2.5 “Alpi Meridionali”, in AA.VV., “Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)”, a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, pag. 95

¹¹ Ibid., pag. 97

¹² C. Ferliga in “Note geologiche, note geomorfologiche ed idrologiche”, Il Nottolario, n. 7, Febbraio 1996.

¹³ si ricordano, tra gli altri, “Il Nottolario”, Notiziario del gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole, “Ol Bus”, Rivista dello Speleo Club Orobico - C.A.I. Bergamo, “Speleologia”, Rivista della Società Speleologica Italiana, tutti consultati per la redazione delle presenti note.

¹⁴ Il Territorio di Bergamo nella nuova cartografia geologica, “Il carsismo in Lombardia e nella Provincia di Bergamo”, a cura di Paola Tognini, Bergamo, 30 maggio 2014.

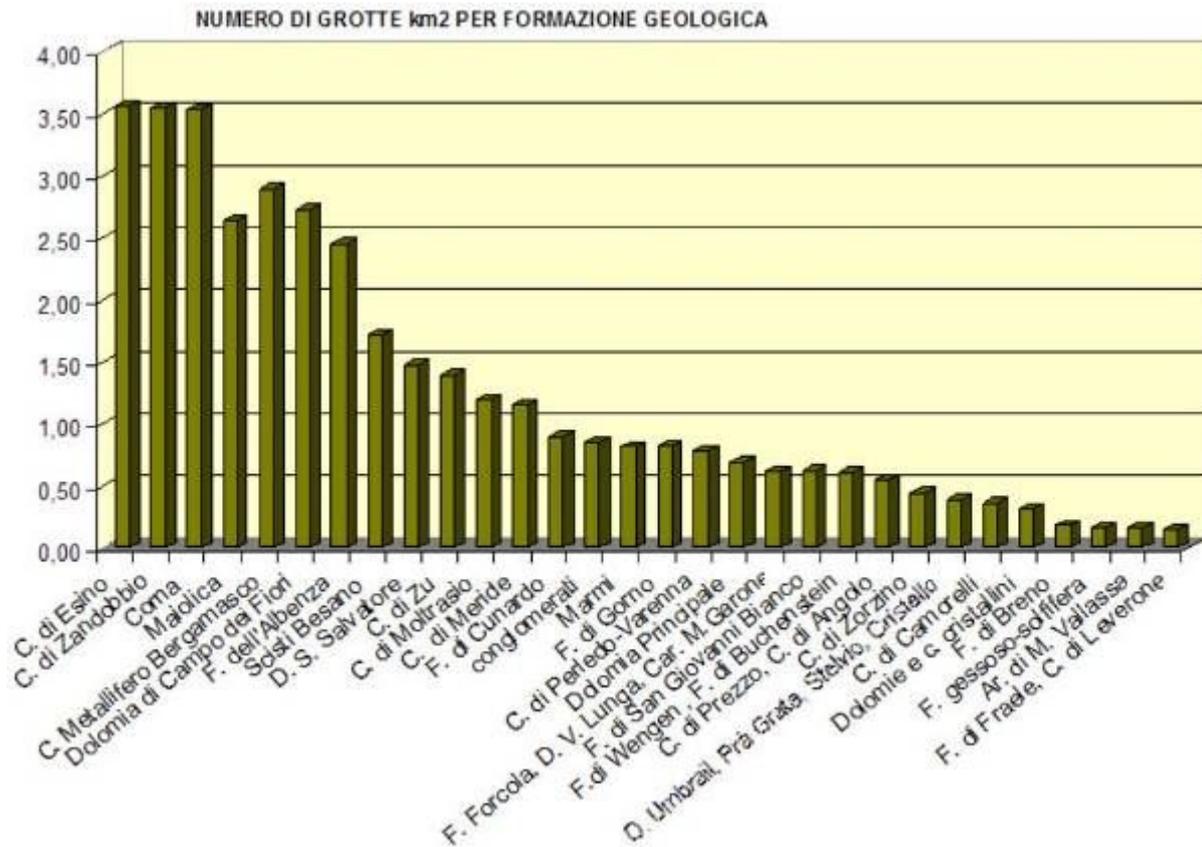


Figura 266 - Grafico riassuntivo del numero di grotte per kmq distinto per formazione rocciosa (Fonte: "Il carsismo in Lombardia e nella Provincia di Bergamo", a cura di Paola Tognini, Bergamo, 30 maggio 2014).

Nell'ambito del presente studio, come in parte accennato in precedenza, sono state raccolte informazioni e dati relativi alla ubicazione delle grotte, sia quelle segnalate nel Catalogo citato sia - nei limiti del possibile - quelle descritte negli annuari e nelle riviste dei gruppi speleologici, rappresentandole in cartografia, con maggiore dettaglio per il settore monte Menna - monte Arera ed ulteriore verifica nell'ambito più ristretto a monte di Zorzone, dove sono state verificate ed aggiornate le ubicazioni delle grotte segnalate nel Catalogo citato e di quelle esplorate successivamente ad esso. Nell'area vasta, vengono segnalate e cartografate le aree a maggiore densità di fenomeni carsici superficiali e sottosuperficiali, con particolare attenzione alle principali cavità e ai sistemi carsici prossimi all'area oggetto della richiesta di concessione, concentrati in modo particolare in loc. Plassa, alle pendici meridionali dell'Arera e solo limitatamente nell'area circostante la Cima di Menna e l'Alta Val Vedra.

Il catasto speleologico lombardo – progetto Tu.Pa.Ca.

In data 3 maggio 2016 sul sito della Federazione Speleologica Lombarda¹⁵ viene ufficialmente annunciata, nell'anniversario della scomparsa del Prof. Alfredo Bini, in occasione di un Seminario dedicato alle sue attività e alla sua eredità scientifica ed umana, la “pubblicazione on line del Progetto Tu.Pa.Ca. (Tutela del Patrimonio Carsico)”, dovuto, nelle sue linee programmatiche e, successivamente, al pieno sviluppo operativo, all'azione costante e lungimirante di Andrea Ferrario, Presidente della Federazione Speleologica Lombarda, e di Paola Tognini, grazie anche al finanziamento economico concesso dalla Fondazione Cariplo nel Gennaio 2015¹⁶.

Con il Progetto Tu.Pa.Ca. il vasto mondo della speleologia lombarda mette a disposizione di un'utenza anche “non tecnica” le attuali conoscenze, oggetto di continua implementazione, relative alla segnalazione, identificazione, collocazione e descrizione delle cavità carsiche in ambito lombardo, mediante la predisposizione e la libera offerta delle informazioni al pubblico in un apposito portale web (il “Catasto Speleologico Lombardo”), garantendo nel contempo la paternità dei dati presentati¹⁷.

Le informazioni raccolte nell'arco della lunga storia della speleologia lombarda, verificate, aggiornate ed ordinate, sono raccolte in un vero e proprio catasto liberamente fruibile “in cui vengono archiviati tutti quei dati che permettono di identificare in modo inequivocabile una data cavità e tutti gli elaborati (testi, grafica, cartografia) che illustrano lo stato dell'arte per quanto riguarda esplorazioni e ricerche in quella cavità”¹⁸.

Come bene descritto nel sito della Federazione Speleologica Lombarda, la finalità del Progetto è “la condivisione della conoscenza garantendo la paternità del dato. La Speleologia che vogliamo deve essere riconosciuta come disciplina scientifica a tutto tondo e come tale deve comunicare le proprie conoscenze al pubblico e alla società civile, che le deve utilizzare a fini della tutela del territorio, del patrimonio carsico e dell'acque che lo attraversano. Oggi chiunque può consultare il sito <http://www.speleolombardia.it/catasto> e navigare in una mappa interattiva consultando le oltre 4.700 schede di tutti gli ingressi delle grotte lombarde, con alcune informazioni geografiche e speleo metriche”¹⁹.

E' vero peraltro che non tutto viene allo stesso modo condiviso: alcune informazioni “di maggior dettaglio e a carattere scientifico sono ad uso esclusivo degli speleologi e dei collaboratori della

¹⁵ www.speleolombardia.it

¹⁶ Vedi anche: AA.VV., “Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)”, a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, al quale si rimanda per una trattazione completa relativa al carsismo in Lombardia.

¹⁷ www.speleolombardia.it/catasto

¹⁸ <https://speleolombardia.wordpress.com/attivita/il-catasto-regionale-lombardo/>

¹⁹ <https://speleolombardia.wordpress.com/progetto-tutela-del-patrimonio-carsico-tu-pa-ca/>

FSLo” e che sono “ad oggi accessibili solo dietro esplicita autorizzazione” le sezioni dedicate ai “principali Complessi carsici lombardi” e al “Progetto Speleopaleo”²⁰, che potrebbero essere estremamente utili, anche solo per confronto, in approfondimenti tecnici e scientifici per ambiti progettuali e/o studi che vadano oltre la semplice informazione.

Nell’occasione del presente lavoro il Catasto è stato consultato per la localizzazione delle cavità carsiche all’interno dell’area oggetto della richiesta di concessione mineraria e in un intorno considerato sufficientemente cautelativo, sebbene non necessariamente in diretta connessione con essa, ma importanti per la descrizione dei caratteri complessivi del territorio per l’aspetto specificatamente considerato in questa sezione dello studio. Per quanto riguarda invece le descrizioni di maggiore dettaglio, in qualche caso anche qui sinteticamente riportate, ci si è avvalsi – quando disponibili - delle precise e puntuali osservazioni contenute nella bibliografia specializzata (v. in particolare le riviste sopra ricordate in nota e anche successivamente puntualmente indicate).

L’allegato stralcio cartografico, avente per base l’area ristretta (tra la Cima di Menna e il Monte Arera) ripresa dal Catasto, rappresenta l’insieme delle cavità carsiche ubicate e censite nel Catasto medesimo con l’indicazione di quelle ritenute più significative ai fini del presente lavoro, identificate con la relativa denominazione e il numero d’ordine, rapportate al confine dell’area oggetto della richiesta di concessione mineraria, all’interno della quale il numero delle cavità fino ad oggi riconosciute è complessivamente ridotto, così come gli sviluppi e le articolazioni di ciascuna di esse. Si vuole a questo proposito segnalare come, da quanto rilevato in sito e fatte salve ulteriori e più precise verifiche, anche con idonea strumentazione, sembri ai sottoscritti che l’ubicazione, riportata nel Catasto regionale, delle cavità carsiche denominate “Bus di Tri Fradei” e soprattutto “Bus del Motò” e “Busa del Conecc”, non corrisponda esattamente a quella riscontrata in loco.

Si rimanda naturalmente ad altre sezioni dello studio per approfondimenti e descrizioni relative agli aspetti più propriamente geologici ed idrogeologici, limitandosi a qualche osservazione e considerazione puntuale.

²⁰ <https://speleolombardia.wordpress.com/progetto-tutela-del-patrimonio-carsico-tu-pa-ca>

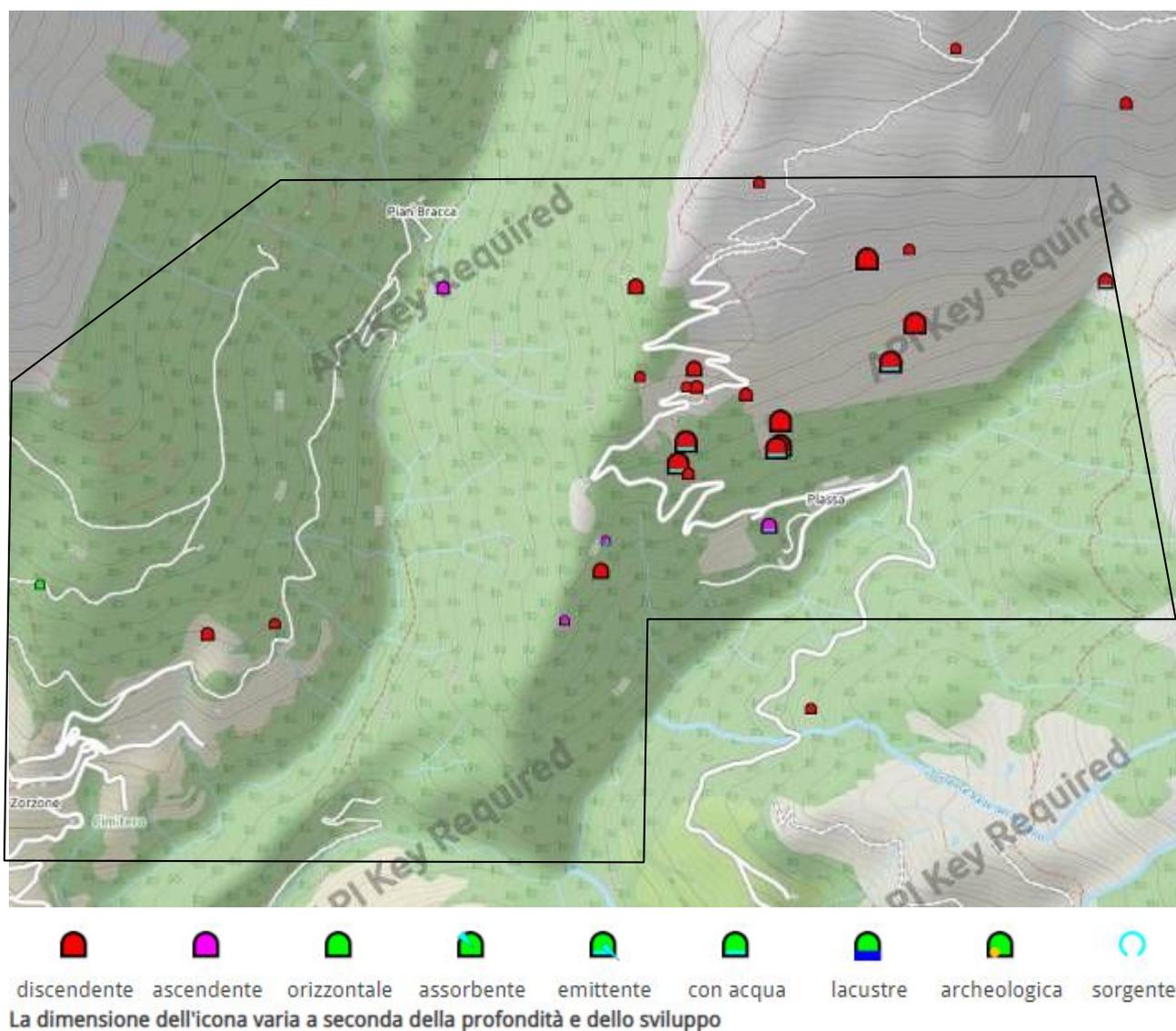


Figura 267 - Il poligono centrale a linea continua rappresenta indicativamente l'estensione dell'area per la quale si richiede la concessione mineraria. la base cartografica e la simbologia delle grotte è stata ripresa dal Catasto speleologico regionale (Progetto Tu.Pa.Ca.) al quale sono state sovrapposte le etichette con la denominazione delle principali cavità carsiche.

Area carsica dei monti Arera, Grem, Fop e Secco

L'immagine sopra riportata rappresenta sinteticamente la densità di grotte rilevate all'interno dell'area carsica "dei monti Arera, Grem, Fop e Secco", nel settore tra il Pizzo Arera e la Val Vedra.

Si cita solo marginalmente, sebbene comunque significativa nel contesto geomorfologico, la presenza di aree "glacio-carsiche" segnalate tuttavia esternamente al settore territoriale di riferimento. Queste ultime consistono sostanzialmente in altopiani in quota caratterizzati da evidenti morfologie condizionate dall'azione combinata del glacialismo e del carsismo, con doline, dossi montonati, avvallamenti e grotte concentrati in aree complessivamente limitate: si trovano soprattutto sui versanti ad est del crinale del Monte Grem - M. Golla e fino alla Cima di Valmora e

con minore estensione e diffusione alle pendici del M. Arera, nella zona del Mandrone e del Branchino.

Una trattazione completa ed esaustiva, ben più che divulgativa, dell'area carsica dei monti Arera, Grem, Fop e Secco è contenuta nel citato volume "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)", al quale naturalmente si rimanda per una lettura circostanziata e proficua²¹, dove si descrivono, all'interno del contesto geologico e geografico di riferimento, i principali caratteri geologici e tettonici dell'area che favoriscono e condizionano lo sviluppo e le caratteristiche del carsismo locale e dell'assetto idrogeologico che rimanda all'annosa questione dello studio per la delimitazione del bacino di alimentazione della sorgente Nossana, oggetto di molteplici attenzioni negli ultimi anni sia in ambito scientifico che speleologico: "L'ambizione degli speleologi sarebbe quella di riuscire a seguire, almeno in parte, lo stesso incredibile percorso sotterraneo. Questo ipotetico risultato, di notevole prestigio, presuppone anni di fatica ed impegno, oltre ad una serie di fortunate condizioni geostrutturali"²². Ambizione peraltro non facilmente e a breve esaudibile, infatti sebbene "Le poche ipotesi credibili sull'idrologia, basate sull'analisi dell'assetto strutturale e stratigrafico dell'area, ben conosciuto a causa delle ricerche minerarie, propendono per l'appartenenza dell'Arera e, ovviamente, del Grem al bacino della Nossana (...), non ci sono notizie di eventuali colorazioni" e si rimane "in attesa di raccogliere elementi oggettivi sufficienti a sostenere un quadro completo ed attendibile"²³.

Nel contributo citato nel volume sul Catasto Speleologico lombardo si riconosce che per quanto riguarda la sorgente Nossana, "L'effettivo bacino di alimentazione non è ancora noto con precisione e non sono mai stati effettuati test di tracciamento diretto delle acque delle grotte soprastanti, tuttavia, ipotesi basate sull'assetto geostrutturale (ben noto anche in profondità grazie all'accesso diretto tramite le gallerie di ricerca ad uso minerario) farebbero ritenere che al bacino della Nossana appartengano il versante S dell'Arera e il massiccio del Grem"²⁴

Altrove, in un recente articolo relativo alla Laca di Sponcc, nella descrizione del quadro geologico entro la quale si colloca, insieme alla sorgente Riso, esterno, ma non lontano dall'areale di riferimento del presente studio, si afferma che esse appartengono al "contesto di un'unità idrogeologica che ha a confine (poco a est, il grande e importantissimo bacino della sorgente

²¹ C. Ferliga, G. Pannuzzo, "Area carsica dei Monti Arera, Grem, Fop, Secco", in AA.VV., "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)", a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, pp. 349 – 362.

²² http://www.nottole.it/naturali_arera.html "Il sistema carsico dell'Arera"

²³ G.Pannuzzo (Gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole), "Monte Arera e aree limitrofe, una lunga indagine speleologica", in *Panta Rei*, Periodico di informazione Ambientale, promozione del Territorio e tutela del Paesaggio, n. 3, anno 1, settembre 2016.

²⁴ C. Ferliga, G. Pannuzzo, "Area carsica dei Monti Arera, Grem, Fop, Secco", in AA.VV., "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)", a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, pp. 358 – 359

Nossana (il cui limite potrebbe essere la già nominata Faglia del Grem) e verso ovest, con un limite non noto e di difficile collocazione, l'unità della Val Parina e del gruppo del M. Menna"²⁵.

Le maggiori concentrazioni di grotte sono segnalate nelle zone del M. Arera - Mandrone - Corna Piana, del M. Grem - M. Golla e della loc. Plassa, alla testata della Val Parina: molte di esse sono note da tempo e risultano comprese e descritte nel Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco, citato, fino al numero catastale LoBg3695, oltre a resoconti di esplorazioni da parte dei numerosi ed attivi gruppi speleologici bergamaschi e non solo, ai quali va il merito di aver fatto luce sulla complessità del sistema carsico locale, ricordando tuttavia che la "scoperta e l'esplorazione di alcune di questa cavità naturali è stata possibile solo grazie alla presenza delle numerose gallerie minerarie che attraversano il massiccio intercettando pozzi e cunicoli"²⁶.

Già nel 1995, in una nota descrittiva dell'area M. Leten e Cima del Fop, con particolare riguardo alla Sorgente Nossana, sulla rivista dello Speleo Club Orobico si legge che "al giorno d'oggi sono note all'incirca una settantina di grotte, distribuite in massima parte lungo le principali direttrici montuose", tra il M. Arera, la catena M. Leten - Cima del Fop - M. Secco e, verso sud, la Cima di Grem, il M. Golla e le Cime di Belloro, fino alla Cima della Sponda e il M. Trevasco; tra le principali grotte elencate si ricordano qui la Lacca del Mimouth (LoBg1405), con dislivello di - 131 m, in zona M. Arera, l'Abisso di M. Leten (LoBg3755) e dislivello di - 300 m, nel settore appunti del M. Leten, e la Laca del Betù (LoBg1408) con una profondità di 225 m, nel settore del M. Trevasco, tutte oggetto anche di successive esplorazioni.²⁷

Tuttavia, negli anni recenti, nuove indagini e nuove esplorazioni hanno permesso di approfondire le conoscenze in un settore considerato per la speleologia "senz'altro il più ricco della provincia", ubicato alle pendici del M. Arera, "in una zona del versante meridionale, posta tra quota 1200 e quota 1600, che si sovrappone grossolanamente ai corpi mineralizzati del gruppo Plassa-Parina (dai nomi dei due livelli più importanti del sistema di miniere)"²⁸

²⁵ F. Baio in "La Grotta dei Sifoni", *Panta Rei*, Periodico di informazione Ambientale, promozione del Territorio e tutela del Paesaggio, n. 2, anno 1, giugno 2016.

²⁶ C. Ferliga in "Note geologiche, note geomorfologiche ed idrologiche", *Il Nottolario*, n. 7, Febbraio 1996

²⁷ "Ol Bus", *Rivista dello Speleo Club Orobico - C.A.I. Bergamo* - n. 8, anno 1995, pagg. 56 e segg.

²⁸ "Il Nottolario", *Notiziario del gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole*, n. 9, dicembre 1997, pagg. 7-8. Nel medesimo contributo, a firma di G. Pannuzzo, si rende anche noto che nell'estate 1997 è stato effettuato "un campo che nelle intenzioni dovrebbe rappresentare l'inizio di una revisione sistematica delle zone alte del monte: Val d'Arera, Mandrone e Corna Piana. Sono state eseguite battute esterne nonché visita e riposizionamento delle grotte già a catasto in Val d'Arera, intorno a quota 1800. Giunge nel frattempo voce di un recentissimo ritrovamento in alta quota da parte del G.S. Valseriana, si tratterebbe di un abisso profondo circa 130 metri, posizionato vicinissimo alla cima della montagna." Vedi anche, sullo stesso tema, "Ol Bus", *Rivista dello Speleo Club Orobico - C.A.I. Bergamo* -n. 9, anno 1996, pagg. 56 e segg., e n. 10, anno 1997, pagg. 12 e segg.

In loc. Plassa, dunque, le più recenti esplorazioni hanno portato all'identificazione di numerose "grotte a prevalente sviluppo verticale, con dislivelli complessivi attualmente compresi tra i 30 e i 400 metri"; "(...) *Se a queste aggiungiamo alcune cavità già note e qualche grosso camino ancora da risalire arriviamo ad una insolita concentrazione di fenomeni carsici profondi, racchiusi in un cerchio di appena 700 metri di diametro (...)*"²⁹. Tra le altre, si ricordano qui le grotte principali in loc. Plassa: Abisso Frank Zappa (LoBg3831), con sviluppo superiore ai 400 m e profondità di -177 m, l'Abisso Demetrio Stratos (LoBg3832), con sviluppo di 210 m e dislivello di -158 m, e la Dolce Vita (LoBg3833), con sviluppo superiore a 800 m e dislivello di - 340 m, tutte ancora soggette a parziale esplorazione.³⁰

Le ricerche e le esplorazioni negli anni più recenti hanno portato ad ampliare le conoscenze relativamente alle grotte già note e a nuove scoperte particolarmente importanti, che fanno di quest'area quella a "maggiore concentrazione di abissi profondi della provincia di Bergamo. In particolare, i fenomeni a maggior sviluppo verticale si trovano nel versante S dell'Arera, in località Plassa-Cà di Caporai (Complesso A. dei Due Increduli – Muradei LO BG 7155-1409, dislivello 634 m; Crevazza Fruttari LO BG 3883, dislivello 520 m; Complesso della Plassa, dislivello 416 m; La Dolce Vita LO BG 3833, dislivello 484 m e numerosi altri)"³¹.

²⁹ "Il Nottolario", n. 9, dicembre 1997, cit.; "Ol Bus", n. 9, anno 1996, cit., pagg. 75

³⁰ "Il Nottolario", n. 9, dicembre 1997, cit., pag. 9

³¹ C. Ferliga, G. Pannuzzo, "Area carsica dei Monti Arera, Grem, Fop, Secco", in AA.VV., "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)", a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, p. 355. V. anche, per una descrizione più particolareggiata delle grotte e dei sistemi carsici in loc. Plassa - M. Arera, il sito web del Gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole: www.nottole.it/naturali

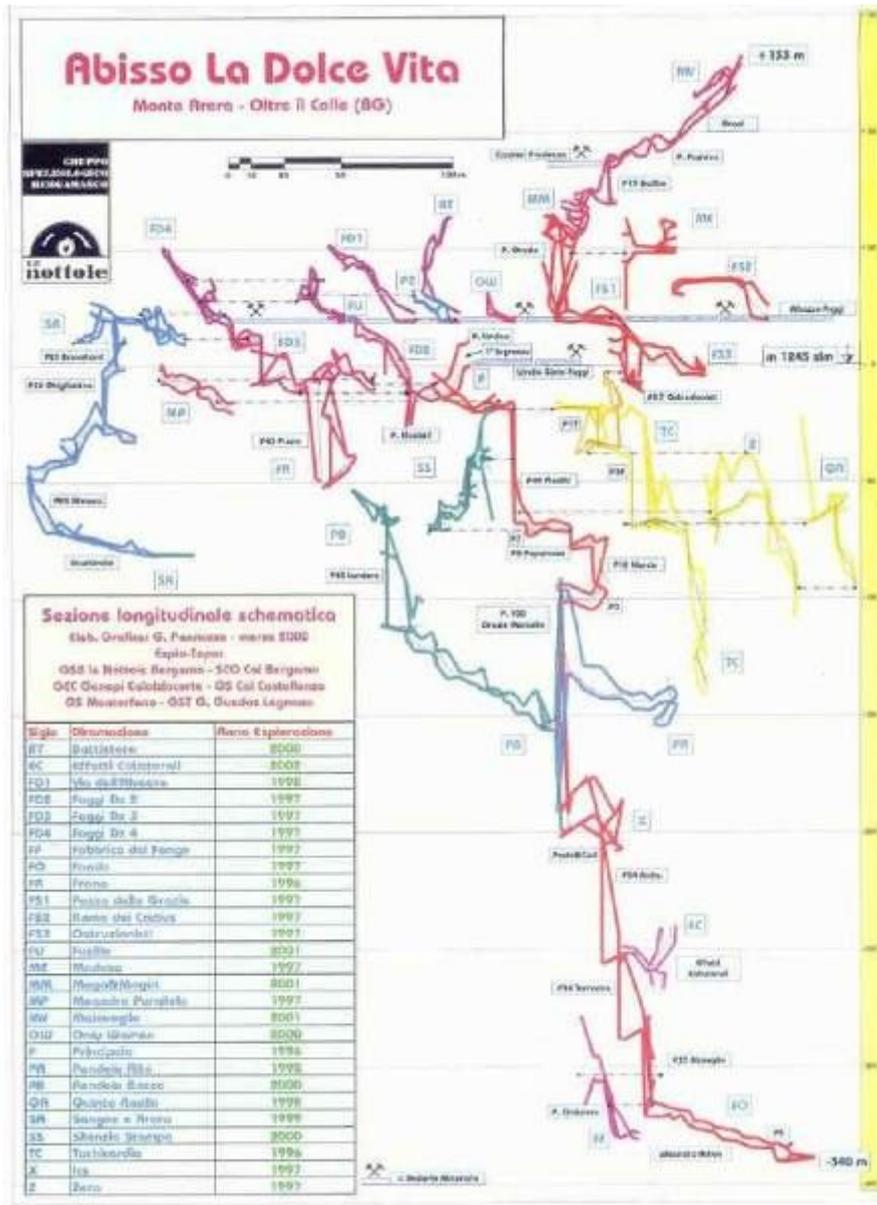


Figura 268 - Abisso La Dolce Vita, sezione longitudinale (da Il Nottolario, n. 12, 2005).

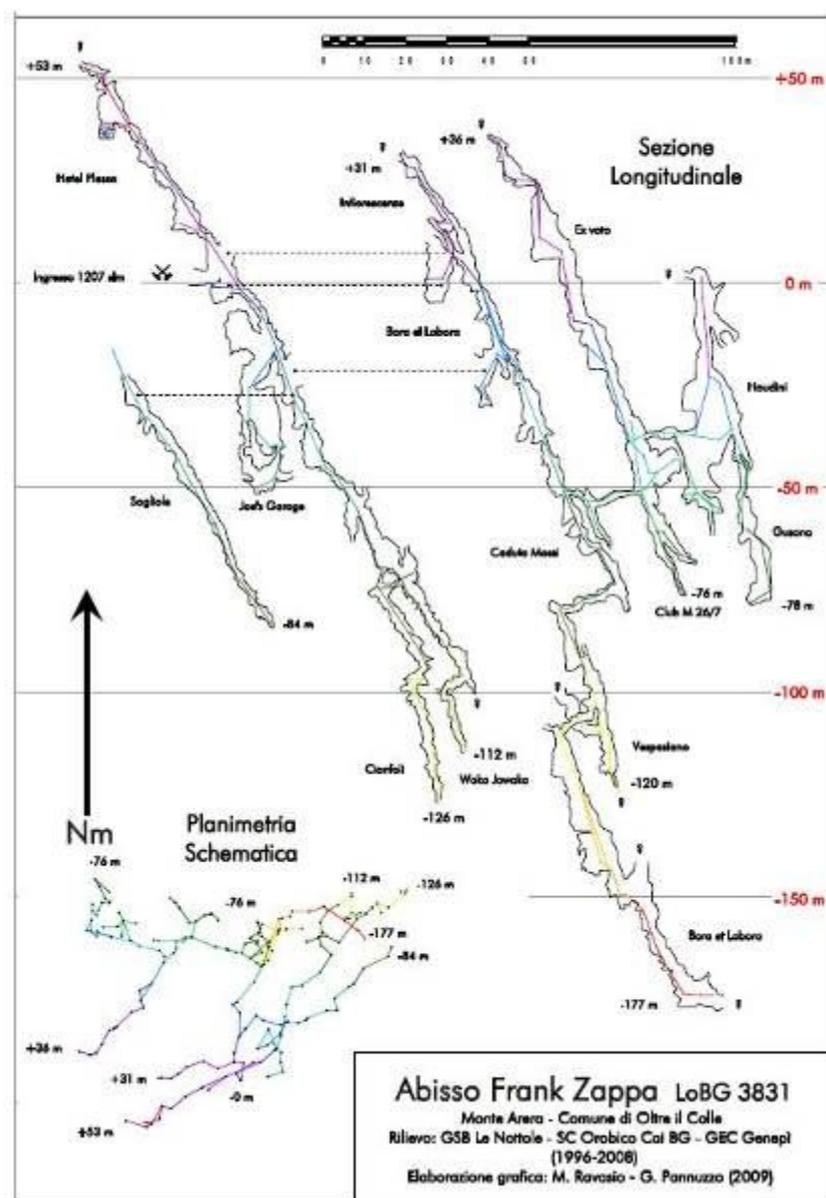


Figura 269 - Abisso Frank Zappa, sezione longitudinale (da *Il Nottolario*, n. 13, 2009).

Si segnala che, *soprattutto in questo settore in loc. Plassa*, dove più diffuse sono le evidenze delle passate attività minerarie, spesso le grotte descritte sono state intercettate all'interno delle gallerie di miniera, e in questo caso esse possono variamente svilupparsi in alto e in basso rispetto alla galleria d'ingresso; l'ubicazione delle grotte all'interno delle miniere non è certo agevole, pertanto in genere vengono fornite le coordinate dell'ingresso della miniera all'interno della quale il sistema carsico naturale si è sviluppato in grotte di maggiore o minore complessità³². D'altra parte, sebbene le

³² Non è infrequente trovare nel web la descrizione delle modalità di accesso alle cavità carsiche anche attraverso le gallerie minerarie: "Una volta parcheggiata l'auto ai residence dell'Arera proseguire per il sentiero dopo una 50 di metri entrare nel solito ingresso di miniera; percorrere la galleria principale seguendo il cavo del telefono, fare il primo passaggio volante in scala, al secondo passaggio volante sui binari indietro reggiare" (www.speleofantasy.it)

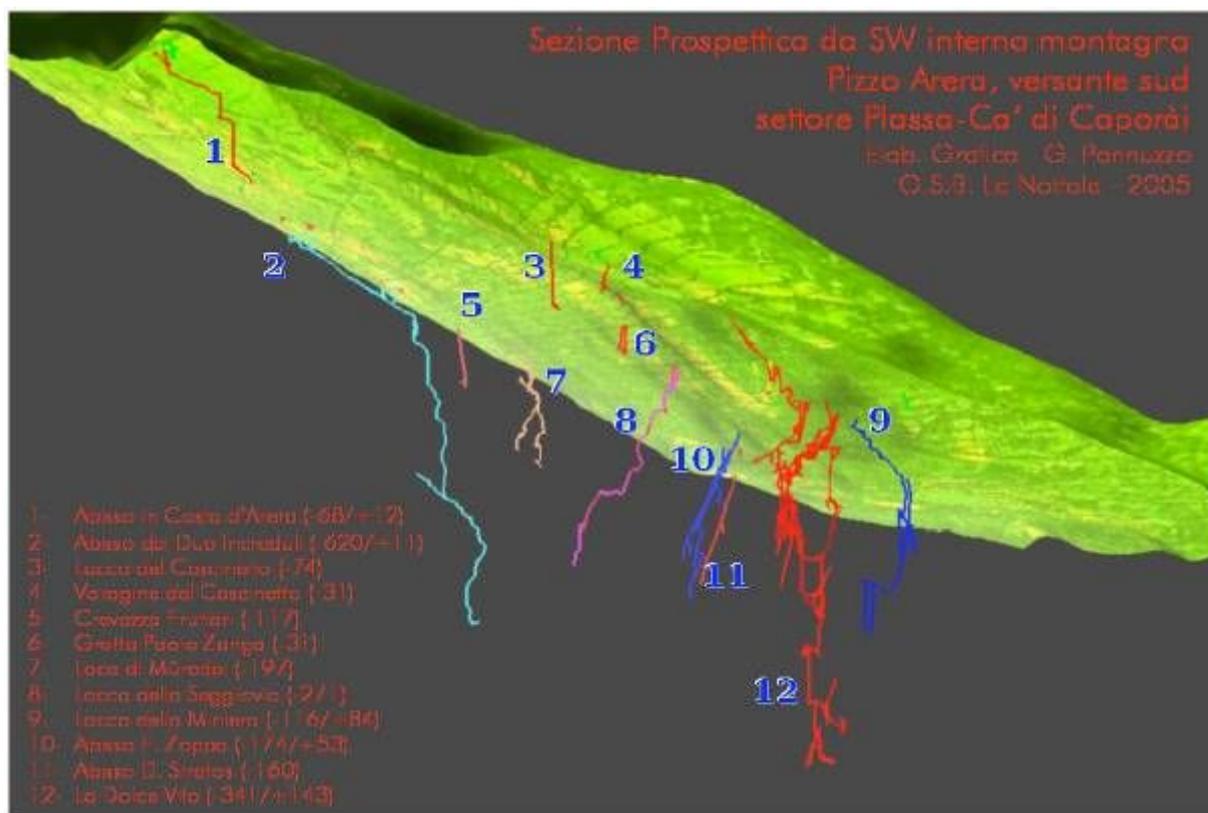


Figura 271 - Ubicazione delle grotte e delle cavità carsiche in loc. Plassa, visualizzazione in 3D (Fonte: "Il Nottolario", Notiziario del gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole, n. 12, ottobre 2005, pag. 32; elaborazioni a cura di G. Pannuzzo.

Da un punto di vista tettonico-stratigrafico è di notevole interesse la rappresentazione in sezione dell'area mineraria Arera-Parina, derivante dal più ampio studio sul comparto minerario. In dettaglio nella Figura 272, vengono riportati gli schemi stratigrafici del settore, nei quali (Sezione C-C') si può apprezzare la presenza del sovrascorrimento, che ha generato la "ripetizione" della Formazione del Calcere Metallifero Bergamasco, che si trova altimetricamente in superficie lungo le pendici dell'Arera meridionale e in profondità, separata dalla Formazione di Breno entro cui è impostato il carsismo locale. Nella medesima è evidenziato il Target Fontanone, che è separato al tetto dal citato sovrascorrimento e proprio la presenza di quest'ultimo in corrispondenza del cambio litologico, rende del tutto improbabile la continuità in profondità sulla verticale dei condotti carsici. Del resto, le gallerie minerarie che verranno utilizzate per indagare, mediante carotaggi, la continuità del Pannello Fontanone, sia nello sviluppo laterale che in profondità fino al livello 600, sono al livello Forcella 940, che si colloca ad oltre 1000 metri di profondità rispetto alla superficie topografica dell'Arera.

L'attività dei gruppi speleologici non si è comunque limitata ad esplorare le cavità principali. Nelle riviste si dà conto anche di attività di ricerca e di esplorazione nell'intorno dei monti Arera e Grem, senza tuttavia ritrovare grotte particolarmente significative o complesse, tranne forse il cosiddetto

“Abisso 5 Cascade” (LoBg7114), in Comune di Oneta (zona M. Grem), loc. Pozzo Zay, con dislivelli di + 86 m e - 50 m circa rispetto all’ingresso, nel 5° livello del ribasso “Fortuna” della miniera Riso-Parina.³⁴ Di esse non sono state indicate le coordinate per un’agevole collocazione cartografica, tuttavia vengono riportate nell’elenco delle grotte allegato alla presente relazione.

Un’annotazione particolare, sempre relativamente all’area carsica “dei monti Arera, Grem, Fop e Secco” merita la famosa grotta del Buco del Castello (LoBg1309), ubicata a nord del crinale M. Menna - M. Arera, nella Valle Secca di Roncobello, profonda fino a - 422 m, percorsa da una importante circolazione idrica profonda che secondo alcune ipotesi potrebbe conferire le acque verso la Sorgente Nossana.³⁵

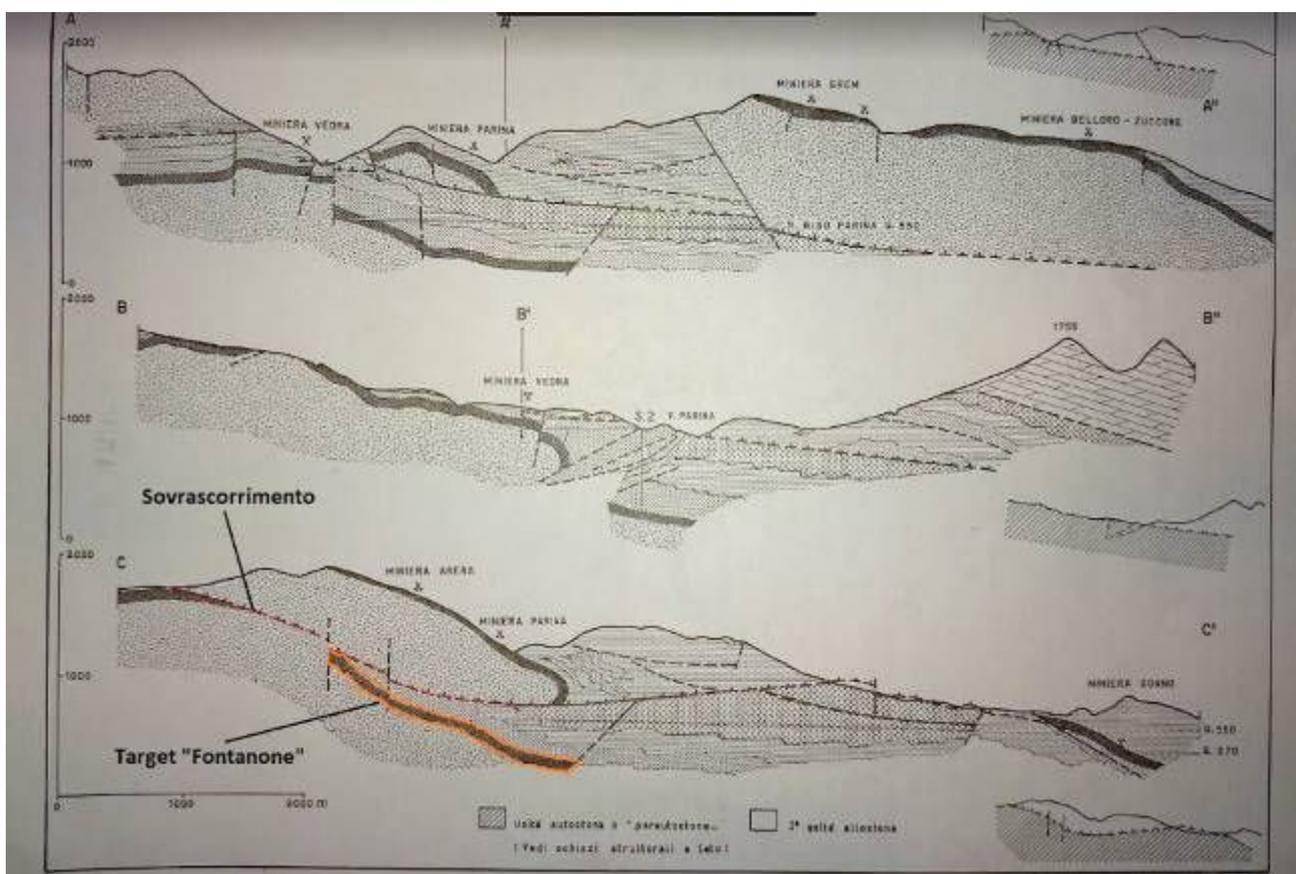


Figura 272- Estratto tavola 2 con sezioni (xxxxxxx)

Si segnala, e ciò vale anche per le successive considerazioni, che le precedenti annotazioni sulle grotte tengono conto delle informazioni desunte dal ricco materiale bibliografico e, sebbene

³⁴ “Il Nottolario”, Notiziario del gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole, n. 13, aprile 2009, pagg. 33 e segg.

³⁵ Per più dettagliate considerazioni sul Buco del Castello vedi anche: A. Vanin, “La morfologia del Buco del Castello - 1309 LoBg”, Atti XI Congr. Naz. Speleol., Genova, 1972; P. Forti, A. Bini, “Analisi statistica delle pisoliti del Buco del Castello (1309 LoBg)”, Atti del X Convegno di Speleologia Lombarda, Brescia, 1981; “Il Grottesco”, Notiziario del Gruppo Grotte Milano, n. 27, febbraio-maggio 1972 e n. 28-29, giugno 1972 - gennaio 1973.

sufficientemente complete, non si ritengono necessariamente esaustive in ragione della continua progressione nella esplorazione e nella ricerca delle grotte nei sistemi carsici di riferimento, che potrebbe aver portato anche recentemente ad un continuo aggiornamento del catasto regionale.

Infine, a conclusione della descrizione dell'area carsica "dei monti Arera, Grem, Fop e Secco", sulla base delle informazioni acquisite e ad oggi disponibili, è certamente da escludere qualsiasi interferenza diretta delle cavità descritte e presenti in tale ambito con l'ambito definito dalla richiesta di concessione mineraria.

Area carsica del M. Menna - M. Ortighera

A differenza dell'area carsica "dei monti Arera, Grem, Fop e Secco", precedentemente descritta, l'area carsica del M. Menna - M. Ortighera è complessivamente interessata da un numero minore di cavità carsiche riconosciute, esplorate e cartografate, sia nel Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco, citato, che nell'Atlante del Fenomeno Carsico Lombardo, anch'esso precedentemente citato, nel quale vengono ubicate le sole "Lacca sulla Cresta" (LoBg1293), sulla cresta a nord della Cima di Menna, in Comune di Roncobello, e la "Laca de la Saéta" (LoBg1102), alle pendici del M. Ortighera, in Comune di Lenna, esterna alla carta e all'area geografica qui considerata.

Lo stesso Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco riporta, nelle zone più elevate, due sole grotte: la Lacca della Mattuida (LoBg1288) e l'Abisso di Monte Vetro (LoBg3525); in basso, poco a monte di Zorzone, il Catalogo segnala la Busa del Conecc (LoBg3681) e il Bus del Moto (LoBg3680), descritte oltre.

Anche il citato volume "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)" conferma, al momento, la relativa scarsità di cavità carsiche nell'area del Monte Menna, almeno al confronto con la vicina area del Monte Arera, dalla quale la separa la cosiddetta Unità della Val Vedra, costituita da formazioni in gran parte poco o nulla carsificabili: "il carsismo profondo sino ad ora conosciuto si limita a sei abissi, oltre a una decina di altre cavità minori"; prossima all'area in esame è la sola "Lacca della Mattuida (LO BG 1288), pozzo unico della profondità di 97 m ubicato sul versante meridionale della Cima di Menna"³⁶.

³⁶ A. Frassoni, P.F. Micheli, "Area carsica Cima di Menna – Monte Ortighera", in AA.VV., "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)", a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, p. 365

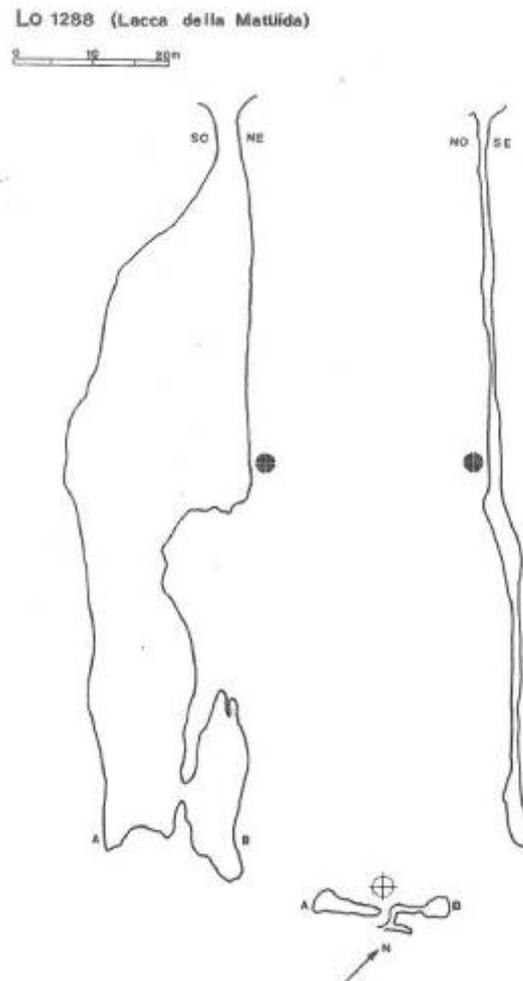


Figura 273 - Rilievo della Lacca della Mattiida (da “Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco”, Riv.Mus.Sc.Nat.BG, vol. 3°, 1981).

I fenomeni carsici superficiali, doline e in generale tutte le microforme di corrosione, sono presenti in preponderanza alle quote più elevate, nei circhi alti del Branchino e della Val Vedra, dove sono riconoscibili anche cordoni morenici riferibili alle ultime fasi glaciali, ma in generale nel massiccio del Menna “*il carsismo superficiale è molto limitato e è ridotto a qualche dolina, di modeste dimensioni (...). La morfologia è dominata da zone a pareti verticali e canaloni, poco favorevole all’instaurarsi di fenomeni carsici superficiali (...); più regolare è il versante S e la zona verso il passo del Branchino, dove si trovano alcuni pozzi e doline*”.³⁷

D’altra parte, anche per i gruppi speleologici il M. Menna “è un po’ una scommessa (...)”, privo di importanti cavità, se non “buchi di una decina di metri”.³⁸

³⁷ F. Baio, A. Bini, A. Paganoni, I. Ferrari, G. Peretti, “Il Carsismo di alta montagna in Lombardia”, Riv. Mus. Sc. Nat. BG, vol. 6, 1983, pag. 67-68.

³⁸ “Ol Bus”, Rivista dello Speleo Club Orobico - C.A.I. Bergamo - n. 15, anni 2002-2009, pagg. 12-13,

Una cavità carsica di qualche rilievo è stata però effettivamente reperita dagli speleologi, dopo accurate ricerche a tavolino e a studi delle vecchie mappe minerarie, in loc. Pian Bracca, nella Val Vedra, poco a monte di Zorzone: la grotta “(poi chiamata Fantasolaio) consiste in una risalita concrezionata in modo esagerato, vi si accede tramite una scala metallica che attraverso un buco sul soffitto della galleria conduce nella parte naturale” ³⁹. La grotta denominata “Fantasolaio” (LoBg3808), si chiude definitivamente dopo un dislivello in risalita di + 31 metri.

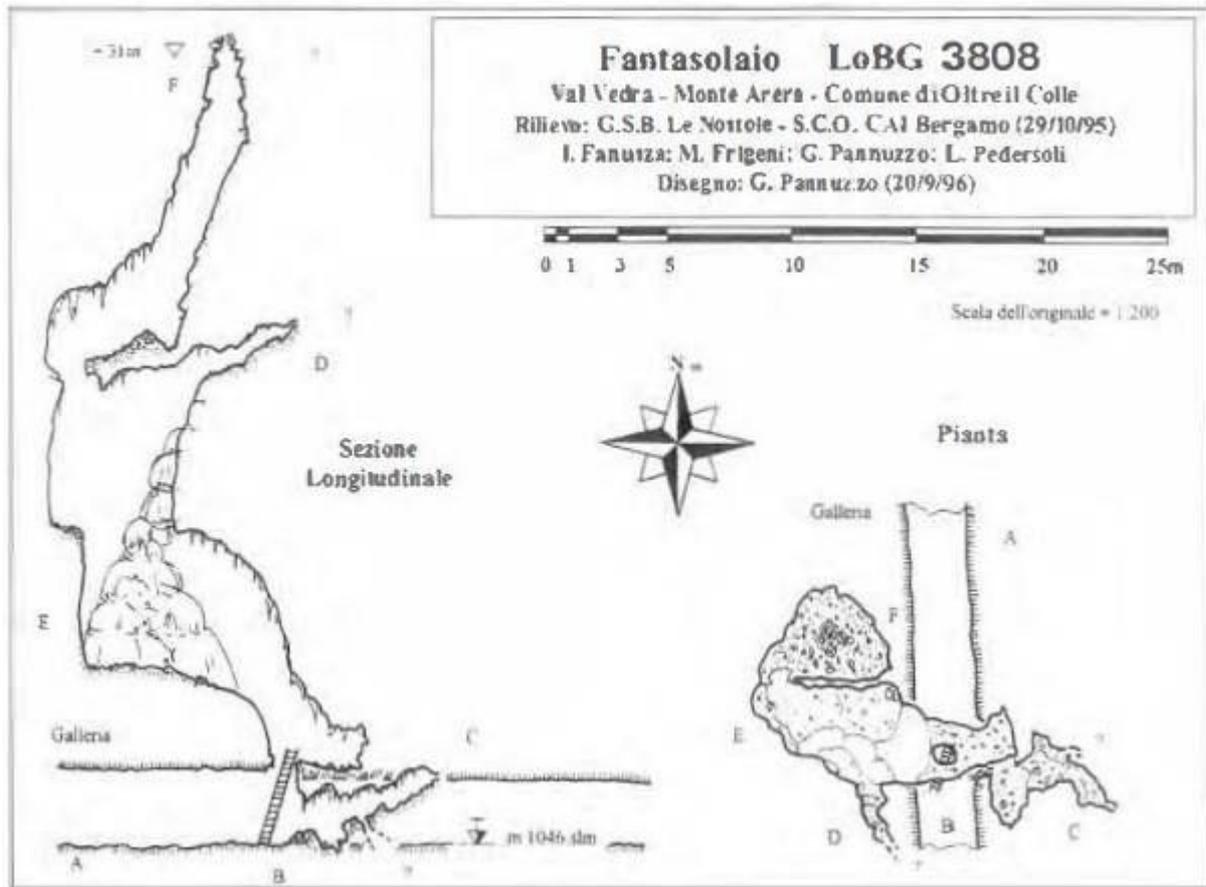


Figura 274 - Rilievo della cavità carsica denominata Fantasolaio, da “Ol bus”, cit. n. 9 anno 1996.

L'area carsica del M. Menna - M. Ortighera è l'area carsica di riferimento per il settore più direttamente interessato dall'area oggetto della richiesta di concessione mineraria, di seguito descritto nel dettaglio relativamente agli aspetti connessi al carsismo locale; le cavità citate, comunque, sia per la quota, per l'ubicazione e le caratteristiche, non hanno alcuna interferenza con le previsioni di progetto.

³⁹ “Il Nottolario”, Notiziario del gruppo Speleologico Bergamasco Le Nottole, n. 8, ottobre 1996, pagg. 10-11; “Ol Bus”, Rivista dello Speleo Club Orobico - C.A.I. Bergamo, n. 9, anno 1996, pag. 61.

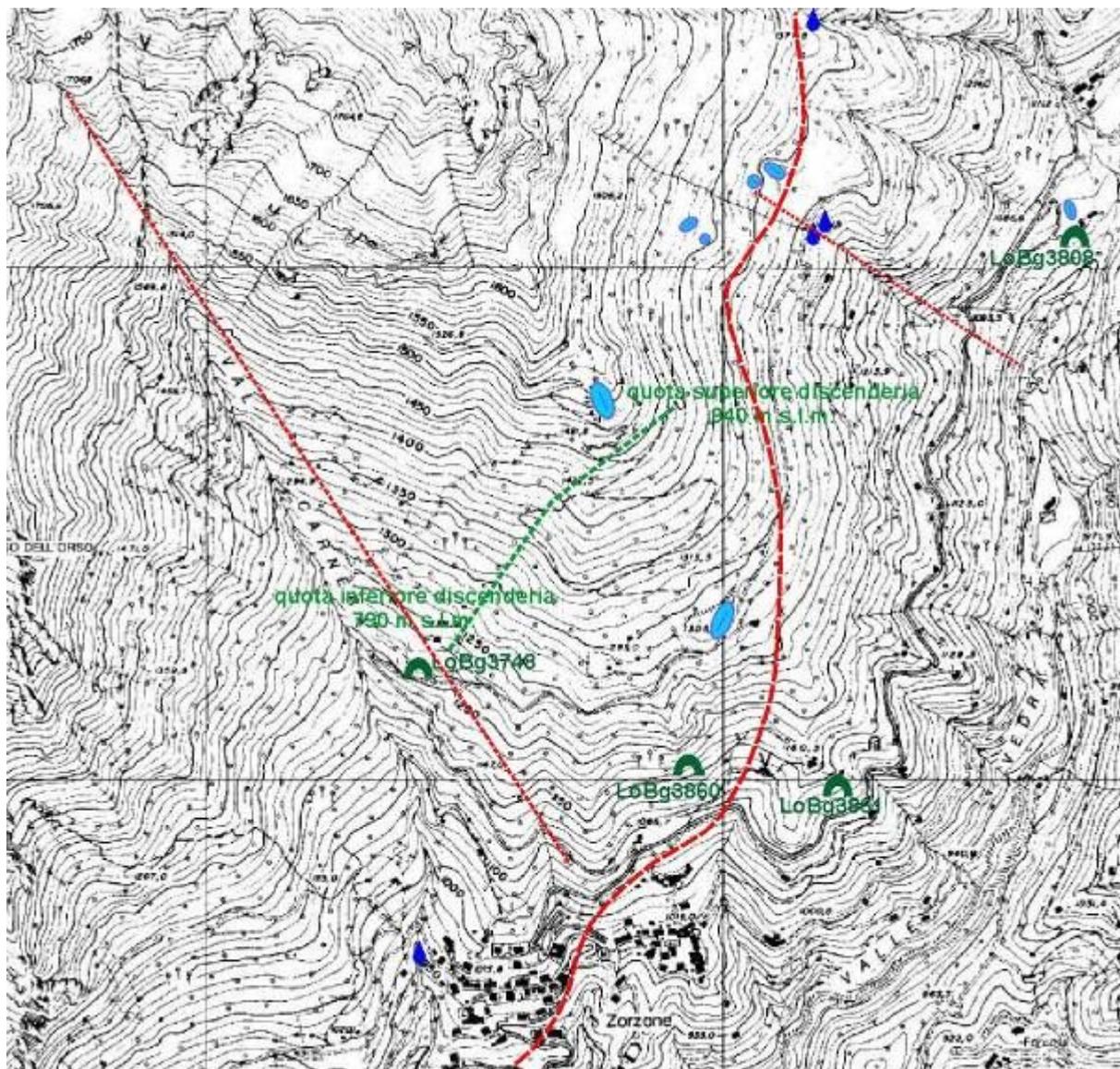


Figura 275 - Rappresentazione dei principali fenomeni carsici tra Zorzone e Pian Bracca (Rilievo di dettaglio). Vengono rappresentati anche i principali lineamenti tettonici ridisegnati dalla cartografia geologica di base e proposti in seguito ad osservazioni di terreno: linea tratteggiata lungo la Val Carnera.

Considerate le finalità del presente studio, si è ritenuto utile rappresentare con maggiore dettaglio i fenomeni carsici rilevati nell'area ristretta interessata - direttamente o indirettamente - dalla richiesta di concessione mineraria.

Sull'allegato stralcio della Carta Tecnica Regionale, dunque, sono state riportate, con simbologia opportuna, le grotte principali e le doline direttamente rilevate sul terreno, nonché le sorgenti captate ad uso idropotabile. Dall' "Atlante del Fenomeno Carsico Lombardo", precedentemente citato, si sono inoltre tratte informazioni, generali ed indicative, in merito alla carsificabilità del substrato litologico, dalle quali si deduce che le aree in corrispondenza al tracciato della nuova discenderia sarebbero da considerare da localmente ben carsificabili a molto carsificabili: l'elevato grado di carsificabilità corrisponde al potente affioramento del Calcere di Esino, mentre in

corrispondenza dei versanti più bassi lungo il fondovalle della Val Vedra, prevalgono piuttosto formazioni rocciose mediamente o poco carsificabili, come descritto in precedenza, e solo localmente - nell'intorno di Pian Bracca, per esempio - possono essere presenti formazioni con maggiore propensione alla carsificabilità.

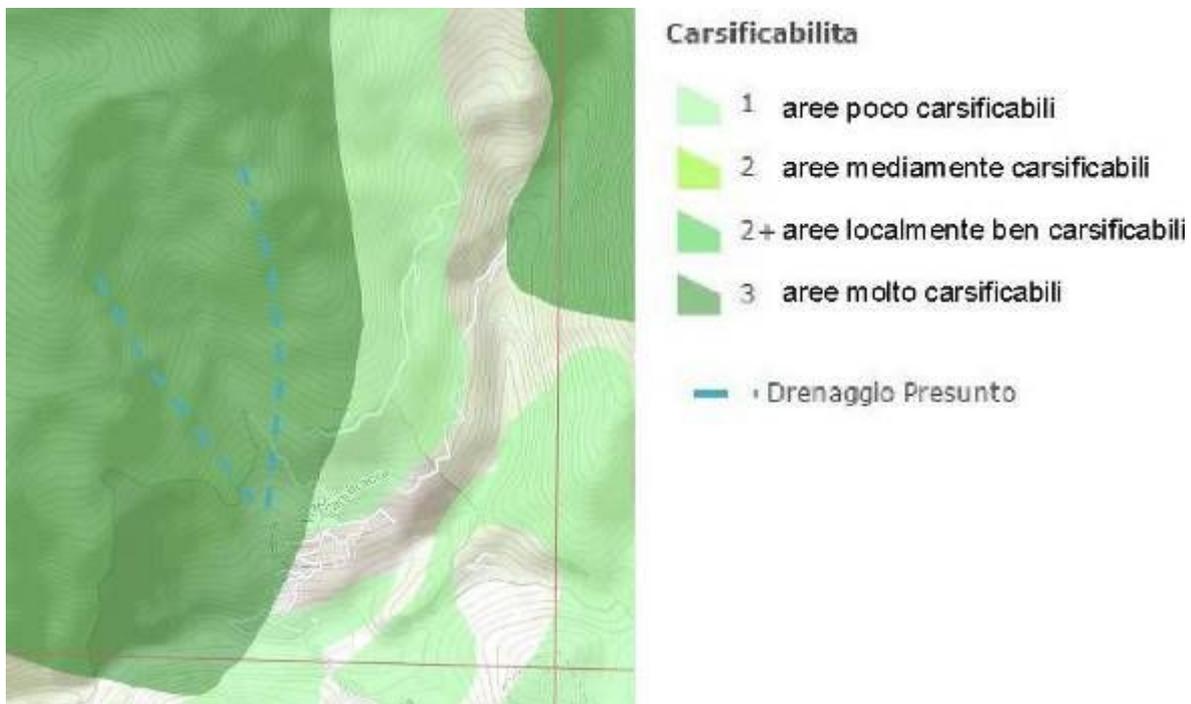


Figura 276 - Carsificabilità del substrato (tratto da "Atlante del Fenomeno Carsico Lombardo", www.speleolombardia.it).

Relativamente ai principali fenomeni carsici superficiali, essi si riferiscono soprattutto alle doline, che sono state rilevate in più località, sul versante destro della Val Vedra, e con particolare evidenza sul crinale a monte della loc. Cascinetto, circa a quota 1500, dov'è una bellissima e grande dolina, profonda alcune decine di metri, e poco a monte della strada forestale che giunge alle sorgenti Clep; di sicuro interesse anche il lungo e deciso avvallamento, delimitato da alte pareti rocciose che lo nascondono dalla vicina strada forestale, circa a quota 1305, in loc. M. Arale. Infine, un allineamento di piccoli avvallamenti, presumibilmente anch'essi di origine carsica, è visibile nel fondovalle in prossimità dell'ingresso delle miniere a Pian Bracca.

Tutte le forme carsiche superficiali segnalate sono riferite al substrato carbonatico della formazione del Calcarea di Esino; meno facilmente attribuibili ad una certa formazione geologica sono gli avvallamenti presso il fondovalle della Val Vedra, dove, nascosto dal materasso detritico/alluvionale, il substrato potrebbe essere riferito allo stesso Calcarea di Esino o al Calcarea Metallifero Bergamasco, entrambi presenti sugli opposti versanti.

Nell'areale stretto di riferimento, sul versante a monte di Zorzone, sono state segnalate in Catasto tre grotte, due delle quali già riportate nel più volte citato Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco (LoBg3860 e LoBg3861)⁴⁰ ed una (LoBg3748) oggetto di recente ritrovamento e studio; una quarta grotta, denominata Fantasolaio (LBg3808) è più lontana, in loc. Pian Bracca, ed è già stata precedentemente descritta.

La grotta identificata in Catasto con la sigla LoBg3860 e denominata "Bus del Motò" è ubicata a monte di Zorzone, alla base di pareti ripide con rocce affioranti, poco discosto dalla strada comunale per Pian Bracca, grosso modo in corrispondenza del serbatoio di Sottoarale, ad una quota di circa 1170 m: la cavità si sviluppa prevalentemente in verticale, per complessivi per 53 metri, con un dislivello di 22 metri ed una lunghezza di 31 metri; non è stato rilevato scorrimento d'acqua all'interno. La grotta viene descritta anche in un articolo pubblicato sulla Rivista del Museo Civico di Scienze Naturali di Bergamo, come "di difficile reperimento con piccolo ingresso nascosto da bassa vegetazione. Dal ramo iniziale orizzontale, uno stretto passaggio conduce con breve pozzo alle zone più interne della grotta costituita da vari rami e da una saletta concrezionata. (...)"⁴¹.

⁴⁰ A. Paganoni, R. Zambelli, "Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco", relazione e tavole allegate, Riv. Mus. Sc. Nat. BG, vol. 3, 1981: descrizione e caratteristiche in vol. Testo alle pagg. 106-107, rilievo e sezioni in vol. Tavole 2a parte.

⁴¹ G. Comotti, "Appunti sulla fauna di alcune cavità lombarde", Riv. Mus. civ. Sc. Nat. "E. Caffi" Bergamo, 10 (1986), pp. 67-68; nella stessa pubblicazione l'Autore segnala un'altra cavità, non presente in Catasto e non ubicata, circa 200 m più ad Ovest di LoBg3860 e più o meno alla stessa quota, descritta come pozzo-fessura e profondità del pozzo iniziale di 10 m.

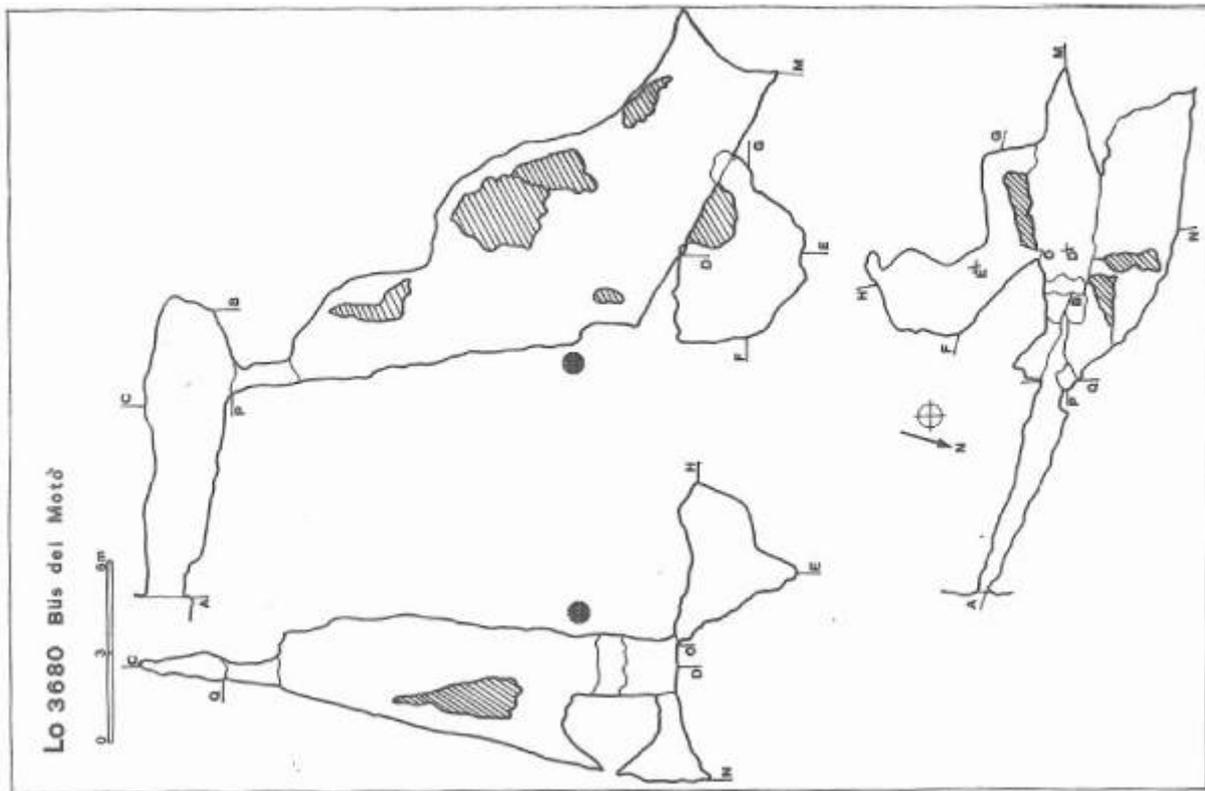


Figura 277 - Rilievo topografico del Bus del Motò (Fonte: Museo di Scienze Naturali di Bergamo).



Figura 278 - Ingresso Bus del Motò LoBg3860, 12.9.2015.

La grotta identificata in Catasto con la sigla LoBg3861 e denominata “Bus del Conecc” è ubicata poco a monte di Zorzone, sul ripido pendio con roccette affioranti, non lontana dalla strada comunale per Pian Bracca, ad una quota di circa 1140 m: l’imbocco è oggi parzialmente nascosto ed ostruito da ramaglie, foglie e lamiere, ma oltre l’ingresso la cavità si sviluppa prevalentemente in orizzontale per complessivi per 21 metri, con un dislivello di 7 metri ed una lunghezza di 19 metri; non è stato rilevato scorrimento d’acqua all’interno.

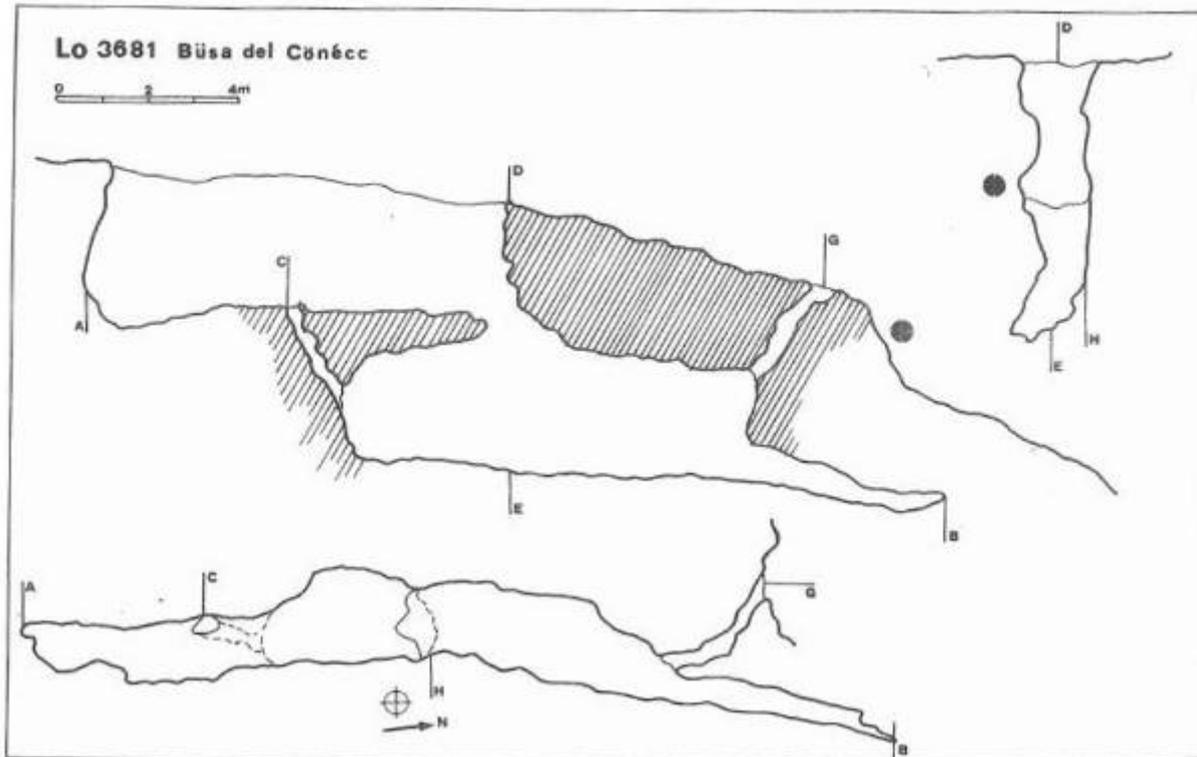


Figura 279 - Rilievo topografico del Bus del Conecc (Fonte: Museo di Scienze Naturali di Bergamo).

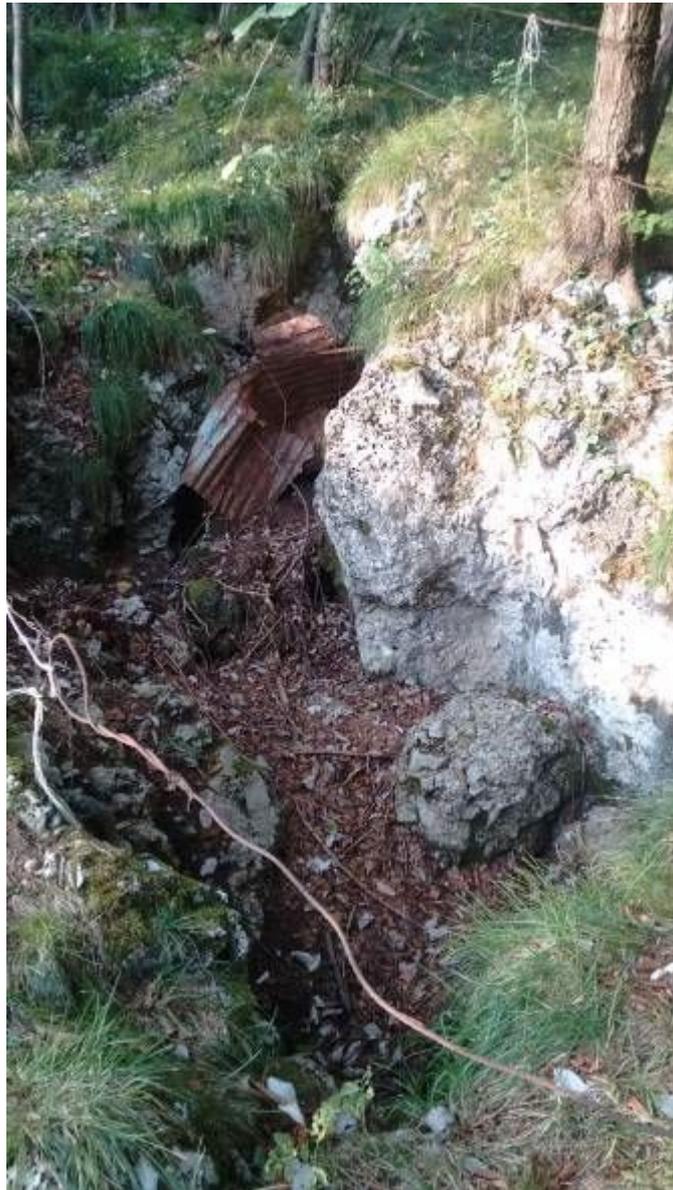


Figura 280 - Ingresso del Bus del Conecc LoBg3861, 12.9.2015.

Più recente è invece il ritrovamento della cavità oggi nota come “Bus di Tri Fradei” (LoBg3748), di grande rilevanza per gli aspetti paleontologici conseguenti al ritrovamento in essa dei “resti scheletrici di oltre 80 orsi delle caverne, frammenti scheletrici di altre specie e reperti archeologici”.⁴² La grotta “si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 22 metri ed è costituita da due salette. Il soffitto e le pareti laterali della grotta sono costituiti dal consolidamento di materiale detritico: grossi ciottoli carbonatici spigolosi cementati tra loro e frammenti di

⁴² da comunicazione Dott.ssa A. Paganoni, Museo Civico di Scienze Naturali “E. Caffi” - Istituto di Geologia e Paleontologia, in data 8.9.2015, indirizzata a Energia Minerals (Italia) s.r.l., a Dott. F. Baio e p.c. alla Soprintendenza Archeologica della Lombardia, avente per oggetto: “Oltre il Colle (BG), Bus di Tri Fradèi LoBg 3748 e Buco della Volpe - Scavo Galleria per ricerca mineraria.

concrezioni calcaree”⁴³. Gli studi sono ad oggi limitati alla ricerca e allo studio dei resti rinvenuti mediante lo scavo di una trincea all’interno della cavità, della quale non si è ancora a conoscenza del reale sviluppo e dell’appartenenza ad un sistema carsico definito, sebbene presumibilmente essa, oltrepassando lo spessore del deposito conglomeratico, possa infine attestarsi nel Calcarea di Esino⁴⁴. Oggi la grotta, a protezione dell’interno e di nuove future esplorazioni e ricerche paleontologiche, nonché di un più completo rilievo, anche topografico, è stata chiusa con cancello in metallo; l’ingresso è lambito dalla strada forestale del M. Menna, oggetto di una recente sistemazione ed allargamento.

Poco lontano dal Bus di Tri Fradèi viene segnalata anche la presenza di una seconda grotta, chiamata “Buco della Volpe”, non accatastata, anch’essa di interesse paleontologico e probabilmente collegata alla principale, il cui ingresso è stato occultato per prevenire eventuali danneggiamenti; di essa viene fatto cenno anche nel già citato articolo pubblicato sulla Rivista del Museo di Scienze Naturali di Bergamo, nel quale essa viene descritta come “formata da una bassa sala con alcuni diverticoli, interessati da tane di volpi e tassi”⁴⁵.

Le prescrizioni a tutela della cavità e del giacimento paleontologico fanno riferimento alla necessità di non danneggiare i giacimenti paleontologici, facendo attenzione e concordando con gli enti interessati le modalità di eventuali lavori di allargamento della strada o di scavi nel sottosuolo.

⁴³ intervista ad A. Gurian in articolo dal titolo “Zorzone: quanti ... orsi nelle caverne?”, tratto dal quotidiano Eco di Bergamo ed allegato a “Sulle tracce dell’Orso”, progetto di partecipazione del Parco delle Orobie Bergamasche ad Expo 2015, gennaio 2013, www.parcorobie.it

⁴⁴ informazioni da comunicazione Dott.ssa A. Paganoni, cit.

⁴⁵ G. Comotti, “Appunti sulla fauna di alcune cavità lombarde”, cit., p. 68.



Figura 281 - Ingresso del Bus di Tri Fradèi LoBg3748, 10.9.2015.



Figura 282 - Ingresso del Bus di Trè Fradèi LoBg3748, 1986 (tratto da <http://news.valbrembanaweb.com/index.php/zorzone-il-rifugio-delle-orse-resti-fossili-di-200-animati/>).

Infine, dalle informazioni acquisite e da sopralluoghi in sito e nelle gallerie minerarie esistenti, anche nel sistema di gallerie minerarie note come “Ribasso Forcella” e all’interno della cosiddetta “Galleria Forcella”, non sono state trovate tracce significative di fenomeni carsici e/o di grotte o cavità naturali; la circolazione idrica - nei pochi casi rilevati - è limitata a tracce di umidità o a stillicidio in genere appena accennato.

Da quanto detto, dunque, si ritiene, sulla base delle informazioni acquisite e delle osservazioni in sito, limitate all’area ristretta sia in superficie che nelle gallerie minerarie del “Ribasso Forcella”, che si possa ragionevolmente affermare che non vi siano significative interferenze tra le possibili attività minerarie e il sistema carsico naturale locale, limitato, almeno alle attuali conoscenze, a poche cavità di dimensioni e sviluppo limitati e molto superficiali.

7.1.4 Vegetazione ed aspetti ecosistemici

L'analisi della vegetazione presente nell'area interessata dal progetto è stata realizzata suddividendo il territorio in ambienti omogenei in base alle specie e agli strati (erbaceo, arbustivo, arboreo) dominanti. In questo modo sono state individuate tre grandi categorie:

- dominanza dello strato erbaceo: prati, pascoli e praterie;
- dominanza dello strato arbustivo: arbusteti e boscaglie;
- dominanza dello strato arboreo: boschi.

Le suddette categorie possono essere assimilate a ecosistemi costituiti dagli esseri viventi e dalle caratteristiche ambientali (acqua, suolo, aria) entro cui vivono e si muovono.

I diversi ambienti sono stati analizzati sulla base di rilievi di campo e della conoscenza del territorio in esame maturata nel tempo dai tecnici coinvolti nella ricerca. In questo modo si è giunti alla definizione di un quadro vegetazionale generale e di una lista di dettaglio delle specie più pregiate presenti nell'area di studio.

Ad una prima analisi macroscopica si osserva come l'ambiente sia fortemente influenzato dalle attività dell'uomo e in particolare dai lavori realizzati in passato per ottenere prati da sfalcio da cui ricavare foraggio per il bestiame, eliminando ampi tratti di aree boscate. Questi spazi sono di facile individuazione poiché hanno contorni ben precisi che definiscono prati di forma quadrata o rettangolare all'interno del bosco.



Figura 283 – Prati ricavati eliminando aree boscate.

Oggi si sta assistendo al fenomeno opposto, i prati stabili si stanno sempre più riducendo a causa dell'abbandono delle attività agricole. Confrontare vecchie fotografie con la situazione attuale può dare un'idea di questo processo.



Figura 284 – Valle del Riso a metà '900 e nei primi anni 2000.

La riduzione e la chiusura degli spazi aperti che stanno portando ad una situazione finale teoricamente più naturale (senza intervento dell'uomo queste valli sarebbero coperte da boschi fino a circa 1500 metri), allo stesso tempo causano la scomparsa di habitat molto pregiati dal punto di

vista naturalistico; infatti, sia le aree aperte (prati, chiarie, radure, ecc.), sia le fasce ecotonali, cioè le zone di transizione tra bosco e prato, sono ambienti fondamentali per la vita di molte specie vegetali come ad esempio diverse orchidee. Per evitare la scomparsa di ecosistemi ricchi e pregiati andrebbe quindi applicata una gestione che favorisca il recupero dei lavori tradizionali legati al bosco e alla gestione di prati e pascoli.

Dal punto di vista vegetazionale, la Valle del Riso e la Valle Parina, situate ad una quota compresa tra i 500 metri e i circa 2.500 metri dei rilievi più alti (Alben, Grem, Menna e Arera), si collocano nei piani altitudinali collinare, montano, subalpino e alpino.

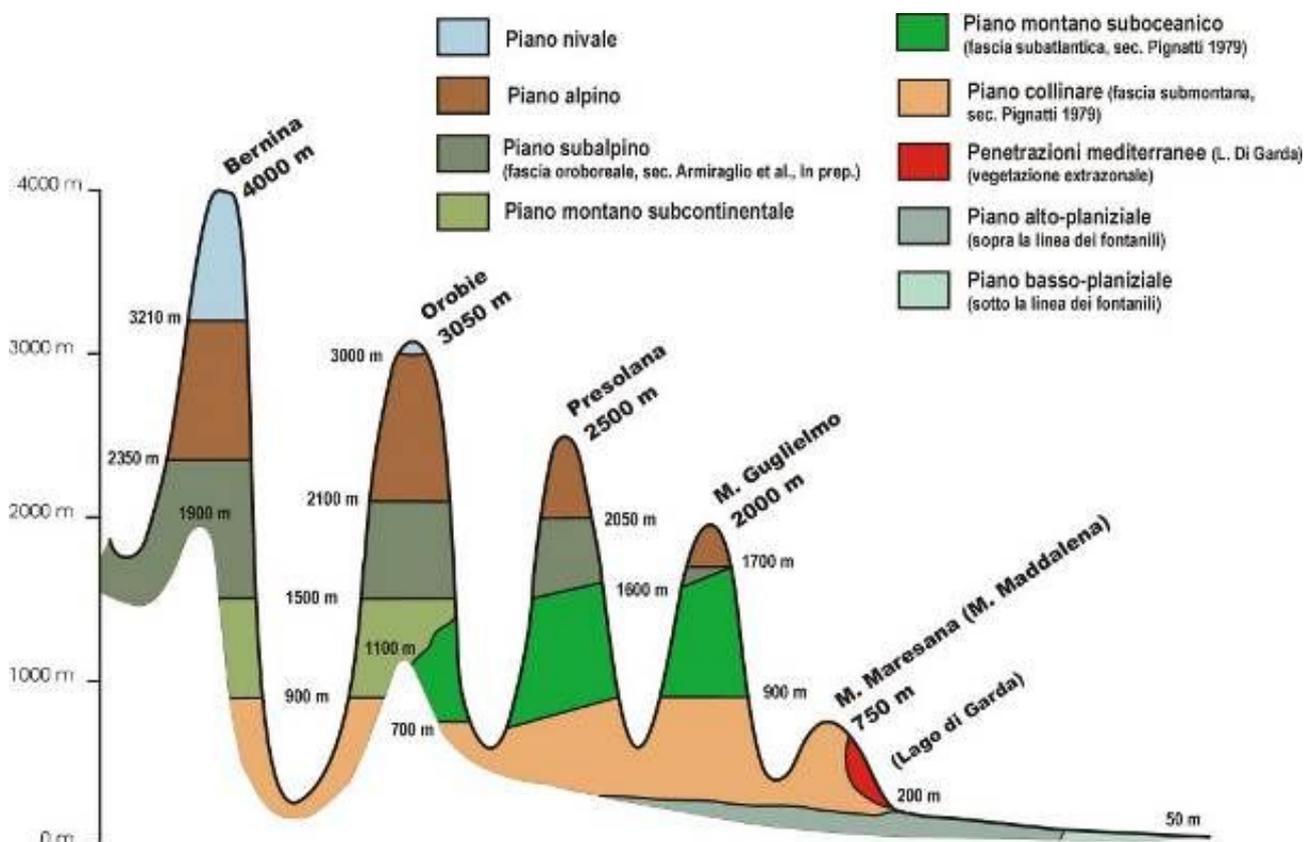


Figura 285 – Piani altitudinali di vegetazione.

Alle quote inferiori sono dominanti i boschi di latifoglie inframezzati da prati da sfalcio.

Nelle aree boscate, la componente arborea varia in relazione a diversi fattori tra cui esposizione, suolo e quota. Fino ai 1.000 metri circa le specie più diffuse sono frassino (*Fraxinus excelsior*), acero (*Acer pseudoplatanus*), ontano (*Alnus incana*), castagno (*Castanea sativa*), carpino bianco (*Carpinus betulus*), carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e diverse specie di salice, specialmente nelle aree limitrofe ai corsi d'acqua; più in alto diventano dominanti le faggete pure, cioè con la presenza di solo faggio (*Fagus sylvatica*) o miste con altre specie, soprattutto abete rosso (*Picea abies*). La

componente arbustiva è composta perlopiù da nocciolo (*Corylus vellana*) e maggiociondolo (*Laburnum anagyroides*) diffusi a tutte le quote. Analizzando la componente erbacea tipica dei boschi si ritrovano piante sciafile, cioè tipiche di aree poco illuminate tra cui sono molto diffuse il pungitopo (*Ruscus aculeatus*), il ciclamino (*Cyclamen purpurascens*), il dente di cane (*Erythronium dens-canis*) e il campanellino (*Leucojum vernum*) solo per citare alcune specie di interesse naturalistico.



Figura 286 – Limite del bosco a quota 1.600 metri con faggi di grosse dimensioni.

Salendo oltre il limite del bosco, che in queste valli si attesta a circa 1.600 metri (nella parte più a nord delle valli Seriana e Brembana si spinge fin quasi a 2.000 metri con la presenza soprattutto di larice (*Larix decidua*), si assiste ad una graduale diminuzione della componente arborea che lascia spazio agli arbusteti di rododendro (*Rhododendron hirsutum*) e pino mugo (*Pinus mugo*) alternati all'ontano verde (*Alnus viridis*) che cresce sui versanti più ripidi e interessati dallo scivolamento di masse nevose nel periodo tardo invernale.

Gli spazi aperti, non colonizzati dagli arbusti, sono caratterizzati dalla presenza di pascoli e praterie alpine che fanno da cornice alle rupi e ai macereti calcarei, ambienti che ospitano specie botaniche

di grandissimo interesse naturalistico e conservazionistico. Tra le principali si possono citare gli stenoendemiti *Linaria tonzigii*, *Primula albenensis*, *Saxifraga presolanensis*, *Galium montisarerae*, *Sanguisorba dodecandra* e alcune specie endemiche dell'area insubrica tra cui *Allium insubricum*, *Primula glaucescens* e *Silene elisabethae*.

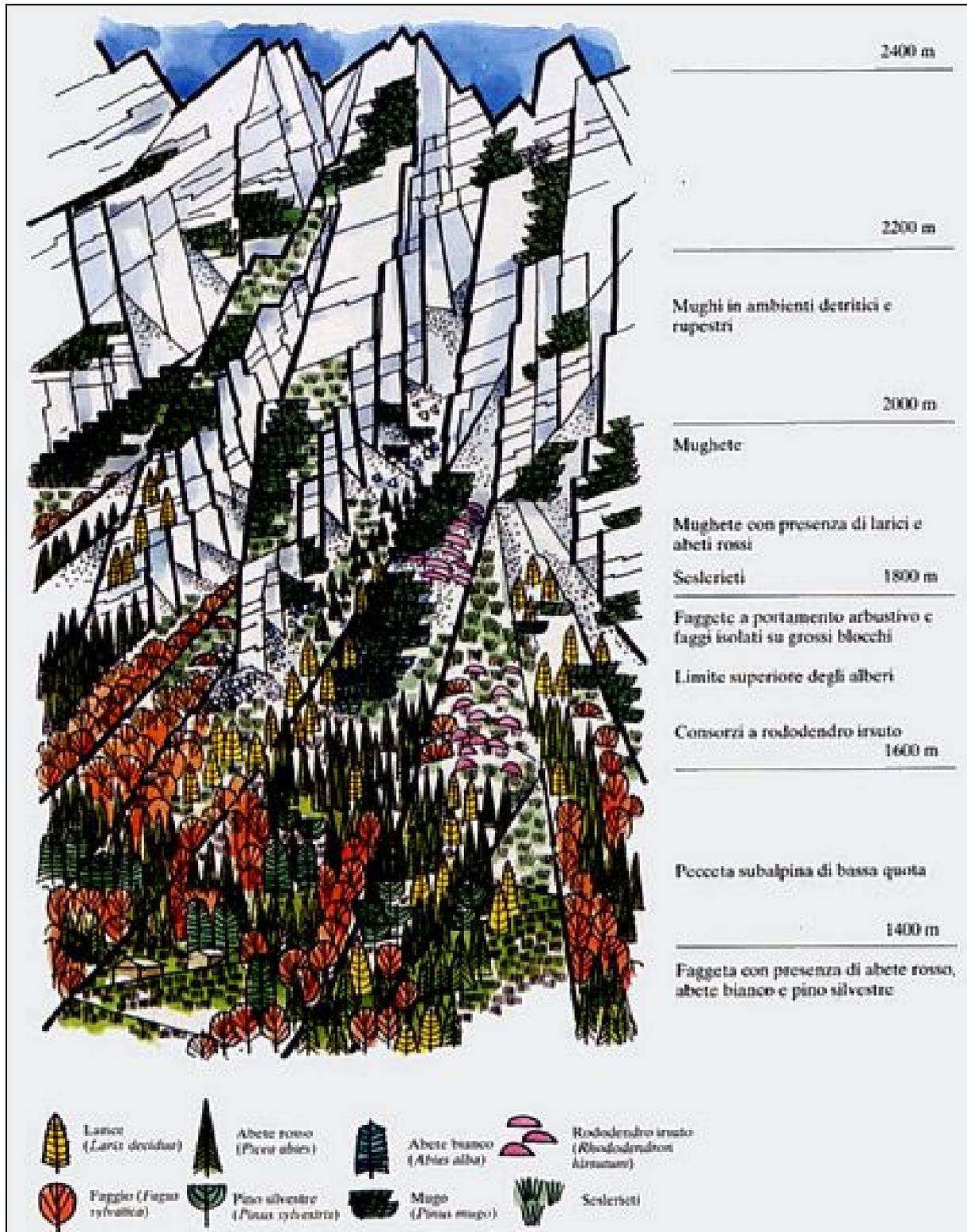


Figura 287 – Vegetazione tipica su substrato carbonatico in base alla quota.

La presenza di specie rare o addirittura endemiche è dovuta a fattori geografici e geologici che meritano di essere brevemente illustrati.

L'area di studio, situata tra la Valle del Riso e la Valle Parina, si colloca nella fascia prealpina della Provincia di Bergamo e in particolar modo nel settore definito esorobico, caratterizzato da substrato carbonatico e rilievi che non superano i 2.500 metri di quota, due fattori che influenzano notevolmente la flora di questi luoghi. Le quote non troppo elevate e la posizione dei rilievi montuosi, posti al limite della pianura e in vicinanza dei laghi, infatti, hanno favorito la sopravvivenza di alcune specie molto antiche che vi hanno trovato rifugio durante le glaciazioni quaternarie. Questo fatto, unitamente a processi di speciazione allopatrica, ha dato origine alle diverse specie endemiche e stenoendemiche, citate in precedenza, che sono tuttora presenti in questo territorio, in particolar modo al disopra dei 1.500 metri di altitudine.

Di seguito vengono elencate alcune specie rilevate durante i censimenti e protette in modo rigoroso a livello europeo (Direttiva Habitat) e/o regionale (LR n. 10/2008, all. C1). Va sottolineato che la maggior parte di esse crescono oltre i 1.800 metri e quindi al di fuori dell'area di intervento.

Specie	Tutela
<i>Linaria tonzigii</i>	all. 2 Dir. Habitat, all. C1 LR n. 10/2008
<i>Saxifraga presolanensis</i>	all. 4 Dir. Habitat, all. C1 LR n. 10/2008
<i>Galium motis-arerae</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Moehringia concarenae</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Silene elisabethae</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Campanula raineri</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Allium insubricum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Saxifraga hostii</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Viola dubyana</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Primula glaucescens</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Physoplexis comosa</i>	all. 4 Dir. Habitat, all. C1 LR n. 10/2008
<i>Anemone nemorosa</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Anemone ranunculoides</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Pulsatilla alpina</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Aquilegia alpina</i>	All.C1 L.R. 10
<i>Saxifraga aizoides</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Sanguisorba dodecandra</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Daphne mezereum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Daphne petrae</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Laserpitium nitidum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Primula vulgaris</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Primula veris</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Primula auricola</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Primula albenensis</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Gentiana clusii</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Pinguicula alpina</i>	all. C1 LR n. 10/2008

<i>Specie</i>	<i>Tutela</i>
<i>Pinguicula vulgaris</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Campanula latifolia</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Leontopodium alpinum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Rhaponticum scariosum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Colchicum alpinum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Gagea lutea</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Leucojum vernum</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Galanthus nivalis</i>	all. 5 Dir. Habitat, all. C1 LR n. 10/2008
<i>Carex baldensis</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Pseudorchis albida</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Gymnadenia conopsea</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Nigritella rhellicani</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Dactylorhiza maculate</i>	all. C1 LR n. 10/2008
<i>Neottia nidus-avis</i>	all. C1 LR n. 10/2008

Tabella 88 - Elenco delle specie rilevate e tutelate.

Oltre alle specie protette elencate in precedenza, va detto che nell'area di studio sono presenti anche piante esotiche (cioè non appartenenti alla flora autoctona) che si stanno diffondendo molto rapidamente andando a soppiantare la flora locale. La regione Lombardia nella LR n. 10/2008 ha inserito una lista nera delle specie aliene da combattere e alcune di queste sono state ritrovate durante i censimenti:

- *Buddleja davidii*: specie arbustiva di origine asiatica molto diffusa lungo i corsi d'acqua e nelle aree ruderali;
- *Robinia pseudoacacia*: arborea americana ormai praticamente naturalizzata.

7.1.5 Fauna

Scopo del presente lavoro è quello di mettere in evidenza la fauna terrestre e sotterranea (per lo più invertebrata), presente nel complesso delle miniere e nelle cavità naturali insistenti sul territorio dei comuni di Oltre il Colle, Oneta e Gorno interessati dalla concessione mineraria “Monica”.

Fauna vertebrata terrestre: raccolta dei dati

La pianificazione territoriale finalizzata alla conservazione ha bisogno di strumenti flessibili che siano in grado d’individuare in modo oggettivo le aree a naturalità e biodiversità più elevate perché possano essere adeguatamente protette e salvaguardate dall’impatto antropico. Queste aree possono subire nel tempo modificazioni della qualità ambientale e perciò devono essere attentamente monitorate per non vanificare gli interventi di protezione e conservazione.

Gli studi faunistici concernenti il territorio bergamasco hanno avuto carattere discontinuo nel corso del tempo; accanto ad una documentazione che conserva preziose testimonianze della situazione pregressa, rimangono anche lacune.

Il livello delle conoscenze faunistiche delle Prealpi bergamasche è notevolmente progredito in tempi recenti, grazie all’impegno profuso da numerosi appassionati, le indagini si sono maggiormente indirizzate verso tematiche più specifiche, studi approfonditi su aspetti eco-etologici di specie prioritarie sono stati oggetto sia di tesi di laurea sia di monitoraggi riguardanti le aree incluse nei Siti di Importanza Comunitaria.

Successivamente, grazie al lavoro intrapreso nel 2009 dal Parco delle Orobie Bergamasche attraverso la stesura del Piano Naturalistico, le Orobie bergamasche poterono disporre di un primo quadro dettagliato della situazione faunistica locale, attraverso analisi di tutte le specie fino ad allora segnalate nel territorio provinciale.

Nel complesso le ricerche compiute nel corso degli ultimi anni delineano un quadro generale sufficientemente dettagliato sulle specie presenti nel territorio e, in minor misura, anche sulla loro distribuzione.

Lo stato attuale delle conoscenze dell’area di studio è stato opportunamente approfondito con sopralluoghi in riferimento ad aspetti riguardanti il dettaglio della distribuzione locale delle specie in relazione a modifiche ambientali in atto.

Per ottenere informazioni affidabili sulla presenza e distribuzione delle specie faunistiche, è stata definita quale area di studio un quadrato di lato 3 Km il cui centro è l’area di intervento.

Nel corso dell’indagine, tutte le osservazioni, raccolte in campo e bibliografiche, sono state mappate mediante l’utilizzo di un GPS o direttamente sulla Carta Tecnica Regionale 10.000 attraverso il software ArcGis. Per ciascuna specie la raccolta dei dati ha permesso di elaborare mappe di

distribuzione di tipo qualitativo con le informazioni di tipo puntuale indicanti l'esatta ubicazione spaziale oltre una serie di variabili ambientali relative alla stazione di rilevamento.

L'indagine, finalizzata alla presenza e distribuzione delle specie appartenenti alle differenti Classi animali, è stata definita attraverso le seguenti metodologie di rilevamento (per i chiroterteri si rinvia all'apposita sezione):

Anfibi e rettili

Costituiscono due gruppi di vertebrati assai diversi tra loro dal punto di vista biologico. A causa della loro vulnerabilità (il 23 % degli anfibi e il 19% dei rettili sono inclusi nelle categorie di minaccia della Lista Rossa europea IUCN) molte delle specie italiane sono inserite negli allegati della Direttiva 92/43/CEE.

Anfibi e rettili italiani sono relativamente ben studiati, soprattutto dal punto di vista tassonomico, corologico ed ecologico, mentre i monitoraggi volti a stabilirne trend demografici e stato di conservazione delle singole specie sono per lo più limitati a poche popolazioni.

Anfibi

Al fine di contattare il maggior numero di specie possibili sono stati utilizzati differenti metodi di monitoraggio:

- ricerca di siti riproduttivi: si è provveduto a localizzare le raccolte d'acqua attraverso la lettura delle carte CTR 10.000, ricerca diretta e segnalazione di terzi;
 - o individuazione delle caratteristiche fisiche del sito;
 - o ricerca e conteggio di altre specie presenti nel sito (potenziali competitori e predatori);
- ricerca degli esemplari in stadi larvali, giovanili e adulti e riconoscimento specifico a vista;
- animali trovati morti su strade e sentieri;
- raccolta di segnalazioni d'avvistamento di terzi;
- raccolta dei dati bibliografici.

Risultati

Le specie di Anfibi presenti nell'area di studio sono Rana montana (*Rana temporaria*), Rospo comune (*Bufo bufo*), Salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), Tritone crestato (*Triturus cristatus*). Nell'area di studio sono stati individuati 3 siti riproduttivi di Anfibi, in particolare è bene sottolineare due sorgenti a bordo strada, importante sito riproduttivo di Salamandra pezzata (sono stati monitorati 11 individui nel primo sito e 33 nel secondo sito).



Figura 288 – Sito numero 1, sorgente a bordo strada con presenza di 11 Salamandre pezzate.



Figura 289 – Sito numero 2, sorgente a bordo strada con presenza di 33 Salamandre pezzate.



Figura 290 – Sito numero 3 con Rana montana.

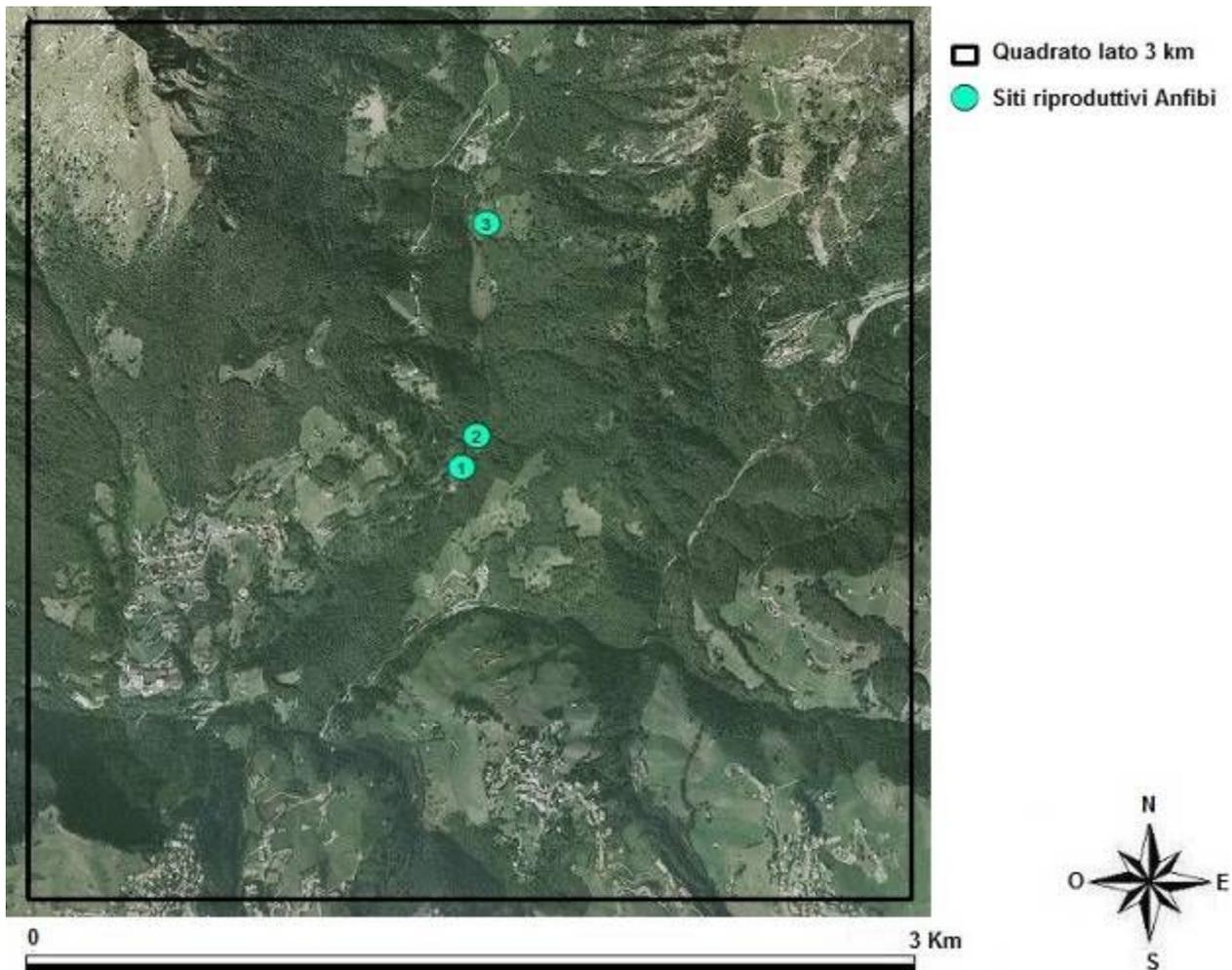


Figura 291 – Siti riproduttivi degli anfibi.

Rettili

Per il monitoraggio dei rettili si è deciso di effettuare esclusivamente il censimento a vista:

- ricerca degli individui su transetti con riconoscimento specifico a vista;
- raccolta dei dati bibliografici.

Risultati

Le specie di Rettili presenti nell'area di studio sono Orbettino (*Anguis fragilis*), Colubro liscio (*Coronella austriaca*), Natrice dal collare (*Natrix natrix*), Saettone (*Zamenis longissimus*), Lucertola muraiola (*Podarcis muralis*), Ramarro (*Lacerta bilineata*), Aspide (*Vipera aspis*).



Figura 292 – Muretto a secco presenti nell'area, importante habitat per i Rettili censiti.

Uccelli

Gli uccelli sono i tetrapodi più abbondanti, con circa diecimila specie nel mondo. Gli uccelli vivono e si stabiliscono nella maggior parte degli habitat terrestri, anche se le zone in cui si ritrova la maggiore diversità di volatili sono le regioni tropicali. Una grande quantità di specie si sono adattate per vivere sia sulla terra che sugli oceani. Al fine di contattare il maggior numero di specie possibili sono stati utilizzati differenti metodi di monitoraggio:

- censimento al canto e a vista su transetti percorsi a piedi, rilevando le specie presenti sui due lati del transetto;
- censimento al canto con play-back, stimolando la risposta tramite l'emissione di richiami registrati;
- ricerca di segni di presenza (penne e spiumate, resti e segni dell'attività di alimentazione, borre e boli alimentari, escrementi, nidi, ecc.);
- osservazioni dirette con l'ausilio del binocolo da punti di osservazione;
- raccolta dei dati bibliografici.

Risultati

I dati raccolti nell'ambito della ricerca presentano un quadro ritenuto rappresentativo della comunità avifaunistica che frequenta il territorio considerato. Nell'area è nota la presenza di 59 specie, di cui viene fornito l'elenco, con annotazioni sulla categoria di nidificazione nell'area.

Riguardo alla categoria di nidificazione, sono state individuate 3 categorie principali, così contrassegnate (categorie da Atlante degli uccelli nidificanti in provincia di Bergamo, 2016):

- Nidificazione POSSIBILE
 - Specie osservata nella stagione e nell'habitat riproduttivo idoneo
 - Maschio/i in canto o richiamo in stagione riproduttiva
- Nidificazione PROBABILE

- Coppia nell'habitat idoneo
- Territorio permanente
- Corteggiamento o parate nuziali
- Ricerca di un potenziale sito per il nido
- Comportamento agitato o richiami ansiosi degli adulti
- Placca incubatrice su adulto esaminato in mano
- Costruzione del nido, trasporto di materiale per il nido o scavo del tunnel
- Nidificazione CERTA
 - Parata di distrazione
 - Nido vuoto usato o ritrovamento di uova
 - Giovani recentemente involati
 - Adulti che entrano o escono da un sito per nido in circostanze che indicano nido occupato; adulti in cova
 - Trasporto di sacche fecali o imbeccata
 - Nido con uova
 - Nido con piccoli visti o uditi

Nome scientifico	Nome comune	Categoria di nidificazione
<i>Aquila chrysaetos</i>	Aquila reale	Nidificazione possibile
<i>Pernis apivorus</i>	Falco pecchiaiolo	Nidificazione probabile
<i>Milvus migrans</i>	Nibbio bruno	Nidificazione possibile
<i>Buteo buteo</i>	Poiana	Nidificazione certa
<i>Accipiter nisus</i>	Sparviere	Nidificazione possibile
<i>Apus apus</i>	Rondone	Nidificazione possibile
<i>Streptopelia decaocto</i>	Tortora dal collare	Nidificazione possibile
<i>Cuculus canorus</i>	Cuculo	Nidificazione certa
<i>Falco tinnunculus</i>	Gheppio	Nidificazione certa
<i>Tetrao tetrix</i>	Fagiano di monte	Nidificazione certa
<i>Alectoris graeca</i>	Coturnice	Nidificazione certa
<i>Coturnix coturnix</i>	Quaglia	Nidificazione possibile
<i>Strix aluco</i>	Allocco	Nidificazione certa
<i>Dryocopus martius</i>	Picchio nero	Nidificazione probabile
<i>Dendrocopos major</i>	Picchio rosso maggiore	Nidificazione possibile
<i>Aegithalos caudatus</i>	Codibugnolo	Nidificazione possibile
<i>Alauda arvensis</i>	Allodola	Nidificazione possibile
<i>Certhia familiaris</i>	Rampichino alpestre	Nidificazione possibile
<i>Corvus cornix</i>	Cornacchia grigia	Nidificazione possibile
<i>Corvus corax</i>	Corvo imperiale	Nidificazione certa

Nome scientifico	Nome comune	Categoria di nidificazione
<i>Pica pica</i>	Gazza	Nidificazione possibile
<i>Garrulus glandarius</i>	Ghiandaia	Nidificazione possibile
<i>Pyrrhocorax graculus</i>	Gracchio alpino	Nidificazione probabile
<i>Emberiza citrinella</i>	Zigolo giallo	Nidificazione probabile
<i>Carduelis carduelis</i>	Cardellino	Nidificazione probabile
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Ciuffolotto	Nidificazione probabile
<i>Carduelis cannabina</i>	Fanello	Nidificazione probabile
<i>Fringilla coelebs</i>	Fringuello	Nidificazione certa
<i>Carduelis chloris</i>	Verdone	Nidificazione possibile
<i>Serinus serinus</i>	Verzellino	Nidificazione probabile
<i>Delichon urbica</i>	Balestruccio	Nidificazione certa
<i>Hirundo rustica</i>	Rondine	Nidificazione possibile
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	Rondine montana	Nidificazione certa
<i>Motacilla cinerea</i>	Ballerina bianca	Nidificazione certa
<i>Anthus trivialis</i>	Prispolone	Nidificazione probabile
<i>Muscicapa striata</i>	Pigliamosche	Nidificazione probabile
<i>Saxicola rubetra</i>	Stiaccino	Nidificazione possibile
<i>Lophophanes cristatus</i>	Cincia dal ciuffo	Nidificazione possibile
<i>Periparus ater</i>	Cincia mora	Nidificazione certa
<i>Parus major</i>	Cinciallegra	Nidificazione certa
<i>Cyanistes caeruleus</i>	Cinciarella	Nidificazione certa
<i>Passer italiae</i>	Passera d'Italia	Nidificazione probabile
<i>Passer montanus</i>	Passera mattugia	Nidificazione possibile
<i>Prunella modularis</i>	Passera scopaiola	Nidificazione probabile
<i>Prunella collaris</i>	Sordone	Nidificazione possibile
<i>Regulus regulus</i>	Regolo	Nidificazione probabile
<i>Sylvia curruca</i>	Bigiarella	Nidificazione possibile
<i>Sylvia atricapilla</i>	Capinera	Nidificazione probabile
<i>Phylloscopus bonelli</i>	Lui bianco	Nidificazione probabile
<i>Phylloscopus collybita</i>	Lui piccolo	Nidificazione certa
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Scricciolo	Nidificazione probabile
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Codirosso	Nidificazione certa
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Codirosso spazzacamino	Nidificazione certa
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Culbianco	Nidificazione possibile
<i>Turdus merula</i>	Merlo	Nidificazione probabile
<i>Turdus torquatus</i>	Merlo dal collare	Nidificazione probabile
<i>Erithacus rubecula</i>	Pettirosso	Nidificazione probabile
<i>Turdus viscivorus</i>	Tordela	Nidificazione possibile
<i>Turdus philomelos</i>	Tordo bottaccio	Nidificazione possibile

Tabella 89 – Comunità avifaunistica che frequenta il territorio considerato.

Mammiferi

I mammiferi sono tra le specie più minacciate al mondo, oggetto di caccia indiscriminata nel passato e oggi minacciate soprattutto dalla distruzione dei loro habitat naturali.

Attualmente in Italia sono presenti 156 specie di mammiferi (134 terrestri e 22 marine), di cui 137 indigene e 19 introdotte accidentalmente o intenzionalmente dall'uomo. Il gruppo più numeroso è rappresentato dai pipistrelli, con ben 33 specie presenti stabilmente in Italia, tutte minacciate di estinzione e incluse nella lista delle specie protette dalla Direttiva Habitat (92/43/CEE). Oltre ai pipistrelli, il 53% delle specie di mammiferi italiani rischia di scomparire in un futuro non lontano se non verranno adottate adeguate misure di conservazione.

Nel corso dell'indagine sono stati utilizzati differenti metodi di campionamento rispetto alle caratteristiche ecologiche e comportamentali delle diverse specie:

- conteggio di tracce e segni di presenza su transetto;
- osservazioni dirette con l'ausilio del binocolo;
- segnalazione di terzi;
- raccolta dei dati bibliografici.

Relativamente alla chiroterofauna, si riporta a seguire, in una sezione dedicata, lo stato delle conoscenze acquisite su questo gruppo animale.

Risultati

L'area oggetto di studio ha evidenziato la presenza di Capriolo (*Capreolus capreolus*), tipico animale di ecotono, Camoscio (*Rupicapra rupicapra*) presente solo ad altitudini maggiori dell'area di studio. Durante l'indagine non è stata riscontrata la presenza di Cervo (*Cervus elaphus*), frequentatore di una vasta gamma di habitat in particolare boschi aperti. Lo Stambecco (*Capra ibex*) non è presente nell'area.

I Carnivori, Lagomorfi e Roditori hanno abitudini notturne ed elusive, l'osservazione di tali gruppi animali è un evento raro e casuale. La ricerca di tracce (impronte, feci, resti di alimentazione, tane e nidi ecc.) è stata la fonte primaria di dati di presenza. L'indagine ha evidenziato la presenza di Lepre europea (*Lepus europaeus*), Volpe (*Vulpes vulpes*), Faina (*Martes foina*), Donnola (*Mustela nivalis*), Ermellino (*Mustela erminea*) (solo ad altitudini più elevate), Arvicola rossastra (*Myodes glareolus*), Topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*), Topo a collo giallo (*Apodemus flavicollis*), Arvicola di Fatio (*Microtus multiplex*), Ghiro (*Glis Glis*), Talpa Europea (*Talpa europaea*).



Figura 293 – Ghiri (12 individui) che frequentano la struttura posta all'entrata delle miniere.



Figura 294 – Alcuni segni di presenza rinvenuti nell'area di studio (feci di Faina e tana di Arvicola rossastra).

Di seguito si delinea lo status delle specie presenti nell'area di studio.

Legenda:

DGR 20/4/01 n. 7/4345: Deliberazione della Giunta Regionale 20 aprile 2001 n° 7/4345: consiste in una scala di priorità complessiva derivante da un livello di priorità generale e regionale; la scala dei valori varia tra 1 e 14, le specie prioritarie di vertebrati presentano valori superiori o uguali a 8.

Red List Italia: per gli Uccelli “Peronace V., Cecere J.G., Gustin M., Rondininin C. 2012. Lista Rossa 2011 degli Uccelli Nidificanti in Italia. Avocetta 36:11-58 (2012)”. “Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli F., Petretti F., Sarrocco S. (Eds), 1998. Libro Rosso degli Animali d’Italia - Vertebrati. WWF Italia, Roma, pp 210”.

Red List Europea: per gli Anfibi “Temple, H.J. and Cox, N.A. 2009. European Red List of Amphibians. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities”, per i Rettili “Cox, N.A. and Temple, H.J. 2009. European Red List of Reptiles. Luxembourg: Office for Official. Publications of the European Communities.”, per i Mammiferi “Temple, H.J. and Terry, A. (Compilers). 2007. The Status and Distribution of European Mammals. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities”.

Red List IUCN lo *status* di minaccia secondo le liste rosse corrisponde alle seguenti categorie: EX (specie estinta), CR (gravemente minacciata), EN (minacciata), VU (vulnerabile), NT (quasi a rischio), LC (rischio minimo), DD (dati insufficienti), NE (non valutata).

Direttiva Habitat 92/43/CEE: vengono indicati gli allegati II, IV e V in cui la specie è inclusa.

Direttiva Uccelli 2009/147/CE: vengono indicati gli allegati I e II in cui la specie è inclusa.

Ordine	Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	DGR 20/4/01 n. 7/4345	Red List Italia	Red List Europa	Direttiva Habitat	Direttiva Uccelli
ANURA	BUFONIDAE	<i>Bufo bufo</i>	Rospo comune	8	-	LC		
	RANIDAE	<i>Rana temporaria</i>	Rana montana o temporaria	8	LC	LC	All. V	
CAUDATA	SALAMANDRIDAE	<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandra pezzata	8	-	LC		
		<i>Triturus carnifex</i>	Tritone crestato	10	-	LC	All. II e IV	
SQUAMATA	ANGUIDAE	<i>Anguis fragilis</i>	Orbettino	8	-	LC		
	COLUBRIDAE	<i>Coronella austriaca</i>	Colubro liscio	9	-	LC	All. IV	
		<i>Natrix natrix</i>	Biscia dal collare	8	-	LC		
		<i>Zamenis longissimus</i>	Saettone	10	-	LC	All. IV	
	LACERTIDAE	<i>Lacerta bilineata</i>	Ramarro occidentale	8	-	LC	All. IV	
		<i>Podarcis muralis</i>	Lucertola muraiola	4	-	LC	All. IV	
	VIPERIDAE	<i>Vipera aspis</i>	Aspide	9	-	LC		
ACCIPITRIFORMES	ACCIPITRIDAE	<i>Aquila chrysaetos</i>	Aquila reale	11	NT	-		All. I
		<i>Pernis apivorus</i>	Falco pecchiaiolo	11	LC	-		All. I
		<i>Milvus migrans</i>	Nibbio bruno	10	NT	-		All. I
		<i>Buteo buteo</i>	Poiana	8	LC	-		
		<i>Accipiter nisus</i>	Sparviere	9	LC	-		
APODIFORMES	APODIDAE	<i>Apus apus</i>	Rondone	4	LC	-		
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	<i>Streptopelia decaocto</i>	Tortora dal collare	3	LC	-		All. II parte B
CUCULIFORMES	CUCULIDAE	<i>Cuculus canorus</i>	Cuculo	4	LC	-		
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	<i>Falco tinnunculus</i>	Gheppio	5	LC	-		
GALLIFORMES	TETRAONIDAE	<i>Tetrao tetrix</i>	Fagiano di monte	12	LC	-		All. II parte B
	PHASANIDAE	<i>Alectoris graeca</i>	Coturnice	11	VU	-		All. I
		<i>Coturnix coturnix</i>	Quaglia	5	DD	-		All. II parte B
STRIGIFORMES	STRIGIDAE	<i>Strix aluco</i>	Allocco	9	LC	-		

Ordine	Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	DGR 20/4/01 n. 7/4345	Red List Italia	Red List Europa	Direttiva Habitat	Direttiva Uccelli
PICIFORMES	PICIDAE	<i>Dryocopus martius</i>	Picchio nero	10	LC	-		All. I
		<i>Dendrocopus major</i>	Picchio rosso maggiore	8	LC	-		
PASSERIFORMES	AEGITHALIDAE	<i>Aegithalos caudatus</i>	Codibugnolo	2	LC	-		
	ALAUDIDAE	<i>Alauda arvensis</i>	Allodola	5	VU	-		All. II parte B
	CERTHIDAE	<i>Certhia familiaris</i>	Rampichino alpestre	10	LC	-		
	CORVIDAE	<i>Corvus cornix</i>	Cornacchia grigia	1	LC	-		
		<i>Corvus corax</i>	Corvo imperiale	4	LC	-		
		<i>Pica pica</i>	Gazza	3	LC	-		All. II parte B
		<i>Garrulus glandarius</i>	Ghiandaia	7	LC	-		All. II parte B
		<i>Pyrrhocorax graculus</i>	Gracchio alpino	9	LC	-		
	EMBERIZIDAE	<i>Emberiza citrinella</i>	Zigolo giallo	8	LC	-		
	FRINGILLIDAE	<i>Carduelis carduelis</i>	Cardellino	1	NT	-		
		<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Ciuffolotto	6	VU	-		
		<i>Carduelis cannabina</i>	Fanello	4	NT	-		
		<i>Fringilla coelebs</i>	Fringuello	2	LC	-		
		<i>Carduelis chloris</i>	Verdone	2	NT	-		
		<i>Serinus serinus</i>	Verzellino	4	LC	-		
	HIRUNDINIDAE	<i>Delichon urbica</i>	Balestruccio	1	NT	-		
		<i>Hirundo rustica</i>	Rondine	3	NT	-		
		<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	Rondine montana	9	LC	-		
	MOTACILLIDAE	<i>Motacilla cinerea</i>	Ballerina gialla	4	LC	-		
		<i>Anthus trivialis</i>	Prispolone	6	VU	-		
	MUSCICAPIDAE	<i>Muscicapa striata</i>	Pigliamosche	4	LC	-		
		<i>Saxicola rubetra</i>	Stiaccino	8	LC	-		
	PARIDAE	<i>Lophophanes cristatus</i>	Cincia dal ciuffo	8	LC	-		
<i>Periparus ater</i>		Cincia mora	3	LC	-			

Ordine	Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	DGR 20/4/01 n. 7/4345	Red List Italia	Red List Europa	Direttiva Habitat	Direttiva Uccelli
		<i>Parus major</i>	Cinciallegra	1	LC	-		
		<i>Cyanistes caeruleus</i>	Cinciarella	6	LC	-		
	PASSERIDAE	<i>Passer italiae</i>	Passera d'Italia	4	VU	-		
		<i>Passer montanus</i>	Passera mattugia	1	VU	-		
	PRUNELLIDAE	<i>Prunella modularis</i>	Passera scopaiola	7	LC	-		
		<i>Prunella collaris</i>	Sordone	10	LC	-		
	SYLVIIDAE	<i>Regulus regulus</i>	Regolo	7	NT	-		
	SYLVIIDAE	<i>Sylvia curruca</i>	Bigiarella	8	LC	-		
		<i>Sylvia atricapilla</i>	Capinera	2	LC	-		
		<i>Phylloscopus bonelli</i>	Lui bianco	8	LC	-		
		<i>Phylloscopus collybita</i>	Lui' piccolo	3	LC	-		
	TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Scricciolo	2	LC	-		
	TURDIDAE	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Codiroso	8	LC	-		
		<i>Phoenicurus ochruros</i>	Codiroso spazzacamino	4	LC	-		
		<i>Oenanthe oenanthe</i>	Culbianco	5	NT	-		
		<i>Turdus merula</i>	Merlo	2	LC	-		All. II parte B
		<i>Turdus torquatus</i>	Merlo dal collare	9	LC	-		
		<i>Erithacus rubecula</i>	Pettiroso	4	LC	-		
<i>Turdus viscivorus</i>		Tordela	8	LC	-		All. II parte B	
<i>Turdus philomelos</i>		Tordo bottaccio	6	LC	-		All. II parte B	
ARTIODACTYLA	BOVIDAE	<i>Rupicapra rupicapra</i>	Camoscio	9	-	LC	All. V	
	CERVIDAE	<i>Capreolus capreolus</i>	Capriolo	6	-	LC		
CARNIVORA	CANIDAE	<i>Vulpes vulpes</i>	Volpe	3	-	LC		
	MUSTELIDAE	<i>Martes foina</i>	Faina	6	-	LC		
		<i>Meles meles</i>	Tasso	6	-	LC		

Ordine	Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	DGR 20/4/01 n. 7/4345	Red List Italia	Red List Europa	Direttiva Habitat	Direttiva Uccelli
		<i>Mustela erminea</i>	Ermellino	7	-	LC		
		<i>Mustela nivalis</i>	Donnola	7	-	LC		
RODENTIA	CRICETIDAE	<i>Myodes glareolus</i>	Arvicola rossa	5	-	LC		
		<i>Microtus multiplex</i>	Arvicola di Fatio	7	-	LC		
	GLIRIDAE	<i>Glis glis</i>	Ghiro	8	-	LC		
	MURIDAE	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Topo selvatico	3	-	LC		
		<i>Apodemus flavicollis</i>	Topo collo giallo	4	-	LC		
SORICOMORPHA	TALPIDAE	<i>Talpa europaea</i>	Talpa europaea	7	-	LC		

Tabella 90 – Status delle specie presenti nell’area di studio.

Chiroterofauna

Per l'area oggetto di studio si richiede l'inquadramento chiroterologico, il rilievo di possibili incidenze sulle popolazioni di pipistrelli presenti nell'area e l'indicazione delle misure di tutela da adottare per le popolazioni a fronte di una ripresa delle attività di sfruttamento minerario di un'area mineraria in disuso da decenni.

Come ricordano le linee di indirizzo comunitarie va garantita l'osservanza di determinate condizioni durante le fasi di costruzione, realizzazione o conclusione del progetto estrattivo per rimuovere i probabili effetti negativi o ridurli a un livello tale che non pregiudichino l'integrità di flora e fauna selvatica del sito.

Tutte le specie di chiroteri appartenenti alla fauna italiana sono tutelate dalla normativa nazionale e comunitaria:

- Regio Decreto 5 giugno 1939 n. 1016 "Testo unico delle norme per la protezione della selvaggina e per l'esercizio della caccia", che ne vieta l'uccisione e la cattura.
- Legge nazionale 157/92 "Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio".
- Direttiva comunitaria 92/43/CEE del Consiglio del 21/05/92 "relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche" (Direttiva Habitat), attuata in via regolamentare col DPR 8 settembre 1997, n. 357, integrato e modificato dal DPR 12 marzo 2003, n. 120.
- "Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa" (Convenzione di Berna) resa esecutiva in Italia dalla L. 5 agosto 1981, n. 503.
- "Convenzione sulla conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica" (Convenzione di Bonn), resa esecutiva in Italia dalla L. 25 gennaio 1983, n. 42.
- Accordo Eurobats tra i cui obiettivi prioritari sono la tutela degli esemplari e dei rifugi riproduttivi, di svernamento o temporanei. L'Italia ha recepito tale "Accordo sulla conservazione delle popolazioni di pipistrelli europei" (Bat Agreement), rendendolo esecutivo con L. 27 maggio 2005, n. 104.
- Direttiva 2004/35/CE "sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale", attuata col Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Parte VI.

I chiroteri sono riconosciuti quale elemento di estrema sensibilità che va tutelato e favorito e, per interventi o progetti con probabilità di effetti, va analizzata la composizione in specie e relative esigenze per evitare danneggiamento delle popolazioni.

La caratterizzazione chiropterologica si basa su tecniche di indagine diverse e tra loro complementari si intende dunque procedere per fasi, legate alla stagionalità ed al ciclo vitale annuale dei chiroteri.

Per l'area in oggetto il periodo a disposizione per i rilevamenti è andato da maggio 2016 a settembre 2016, dunque la sola stagione riproduttiva 2016. L'indagine è stata condotta nell'area indicata quale di interesse dalla committenza e sono stati raccolti dati anche per aree in vicinanza date le simili caratteristiche ambientali.

La prima fase di indagine si è svolta raccogliendo informazioni faunistiche presso gli uffici territoriali del Parco Regionale delle Orobie Bergamasche (8 ZSC e 1 ZPS) in cui l'area di concessione mineraria ricade parzialmente. I dati più aggiornati disponibili per l'intera area sono quelli riportati nei piani di gestione e la zona più ricca di cavità naturali per la quale è riconosciuto l'Habitat 8310 è inquadrata per la ZSC IT206009 (Val Nossana - Cima di Grem), per lo più esterna all'area mineraria.

Per la ZPS IT2060401 (Parco Regionale Orobie Bergamasche) risultano segnalate le seguenti specie:

- *Rhinolophus ferrumequinum*
- *Rhinolophus hipposideros*
- *Myotis blythii*
- *Myotis daubentonii*
- *Myotis myotis*
- *Myotis mystacinus*
- *Myotis nattereri*
- *Pipistrellus kuhli*
- *Pipistrellus nathusii*
- *Pipistrellus pipistrellus*
- *Nyctalus leislerii*
- *Nyctalus noctula*
- *Hypsugo savii*
- *Eptesicus nilssonii*
- *Eptesicus serotinus*
- *Plecotus austriacus*

- *Plecotus auritus*
- *Plecotus macrobullaris*
- *Miniopterus schreibersii*
- *Tadarida teniotis*

Nei piani di gestione delle ZSC IT206008 “Valle Parina” e IT206009 “Val Nossana e Cima di Grem” sono segnalati: *Eptesicus serotinus*, *Plecotus macrobullaris* e *Plecotus auritus*.

Sono stati reperiti i dati derivanti da sessioni di cattura eseguite nel luglio 2004 dai ricercatori dell’Università dell’Insubria in loc. Cima di Grem che segnalano la presenza di *Eptesicus serotinus* e *Plecotus sp.*

Dati storici sull’entomofauna ipogea all’interno delle miniere risalgono a 20 anni fa, sebbene condotti non nella specifica ricerca di chiroteri, non hanno rilevato la presenza di esemplari nelle gallerie, stessa cosa per osservazioni aggiornate all’agosto 2016 dall’esperto locale Gianni Comotti. Soltanto in una cavità naturale denominata Bùs dei Lòcc (LoBG 3643), è stata rilevata la presenza di guano e resti alimentari riconducibili a *Rhinolophum ferrumequinum* (Schreber, 1774).

Sono stati sentiti gli speleologi del Gruppo “Le Nottole” che hanno fornito i dati di presenza di chiroteri accertati nell’area ampia della Valle del Riso, Valle Parina, Monte Arera e Cima Grem. I dati pur non arrivando alla determinazione del *taxon* cui gli esemplari appartengono sono rilevanti in quanto indicano la chiara presenza di chiroteri nei siti ipogei naturali durante quasi tutti i mesi dell’anno, con una prevalenza di segnalazioni nei mesi invernali, per un periodo che va dal 1998 al 2015. Sono indicati individui per le grotte: Dolce Vita (LoBG 3833), Lacca di Muradèi (LoBG 1409), Abisso in Vosta d’Arera (LoBG 8313), Lacca della Miniera (LoBG 1406), Abisso F. Zappa (LoBG 3831), Crevazza Fruttari (LoBG 3883), Abisso D. Stratos (LoBG 3832), Abisso dei due Increduli (LoBG 7155). La Grotta Fantasolaio (LoBG 3808) si trova attraversata dalle gallerie ormai in disuso, ma non vi sono dati di presenza di chiroteri.

Non vi sono segnalazioni di presenza di chiroteri nel 2015 per le gallerie minerarie ispezionate dal team di esperti per il precedente Studio di Incidenza per i lavori presso la galleria Ribasso Forcella.

In data 30 aprile 2016 è stato eseguito un sopralluogo di inquadramento dei luoghi. La vegetazione a latifoglie caratterizza larga parte dell’area di interesse, le zone maggiormente interessanti per il rifugio dei chiroteri sono quelle con alberi maturi e alberi decadenti che offrono rifugi in cavità, scortecciamenti e fessurazioni.

Sono stati visionati accessi alle gallerie oggi chiusi, ostruiti dai detriti di crollo o chiusi da cancellate di per sé non limitanti per l'accesso dei pipistrelli.



Figura 295 – A sinistra, galleria con ingresso ostruito da detriti. A destra, galleria loc. Malanotte.

Si ritiene improbabile la presenza attuale di chiroteri in questa parte dell'area mineraria (gallerie artificiali); tali gallerie sono tra l'altro poco idonee all'appiglio di specie fessuricole.

Potrebbe essere plausibile l'utilizzo di accessi situati a quote maggiori attraverso le prese d'aria delle gallerie situate a circa 1.800 m di quota ma non raggiungibili.

L'indagine speleo-topografica non ha rilevato connessioni tra i rami esistenti del complesso minerario e grotte naturali né presenze di chiroteri nelle gallerie.

Va ricordato che fino agli anni '80 l'area era sottoposta ad intenso sfruttamento minerario che ha portato allo scavo di 230 km di gallerie.

La non osservazione diretta di esemplari durante le ispezioni precedenti questo studio non è correlabile alla totale assenza degli stessi in quanto i chiroteri sono tipicamente specie che trovano rifugio in anfratti, fenditure, fori e, durante il riposo invernale non lasciano particolari tracce visive di presenza. Il periodo disponibile per i sopralluoghi del caso è stato coincidente con la stagione riproduttiva e non si hanno dunque riscontri per un possibile utilizzo invernale quale quello invece accertato per alcune cavità naturali limitrofe.

Il periodo che va da metà giugno a fine luglio è caratterizzato dai parti e dall'allevamento dei cuccioli che vede le femmine impegnate in una intensa attività di foraggiamento nelle serate idonee per condizioni meteorologiche e temperatura.

La temperatura media delle giornate nel mese di giugno si è attestata sui 18 °C e temperature minime registrate nelle ore serali e notturne attorno ai 14 °C-16 °C. Su 20 giornate disponibili per i sopralluoghi 18 hanno visto precipitazioni piovose anche a carattere temporalesco che non hanno consentito lo svolgimento di sopralluoghi notturni utili al rilevamento dei chirotteri. Se le temperature serali sono basse l'attività dell'entomofauna è ridotta e ne deriva una scarsa attività dei chirotteri non corrispondente alla scarsa presenza di esemplari, ma ad una condizione temporanea non predittiva.

Sono stati condotti altri due sopralluoghi anche in data 8 e 19 luglio 2016. Le condizioni ambientali erano ideali con una temperatura rispettivamente di 26 °C e di 20 °C, assenza di vento e umidità più bassa registrata nel secondo rilievo pari al 66%.

All'imbrunire è stata notata attività di chirotteri provenienti dall'area boscata nei pressi dell'ingresso Ribasso Forcella e in spostamento in direzione sud-est verso le aree boscate e prative ed esemplari in foraggiamento sull'area prativa in Loc. Pian Bracca.

Per i rilevamenti bioacustici sono stati eseguiti punti di ascolto della durata di 15 minuti e transetti lungo il sentiero che percorre la Valle del Riso dall'ingresso del Ribasso Forcella alla loc. Malanotte.

È stato utilizzato un bat detector Pettersson Elektronik D240X collegato ad un registratore ZoomH2; le tracce acustiche sono state analizzate combinando le potenzialità di Software SonoBat v2.9 e BatSound v4 (Pettersson Elektronik AB, Uppsala) per ricavarne misurazioni di parametri utili alla determinazione (frequenze: iniziale, finale, al picco di energia e a metà segnale (KHz), durata del singolo segnale (ms) riferendosi a Zingg (Zigg, 1990) ed è stato esaminato l'andamento completo delle singole tracce per valutarne la presenza di segnali sociali.

Le registrazioni sono state disturbate dalla forte interferenza dell'acqua in scorrimento del torrente e dalle emissioni sonore dei Catididi nelle aree prative, ma è stato comunque possibile attribuire una determinazione certa al 99% delle tracce acustiche raccolte.

L'analisi ha permesso di determinare le seguenti specie:

- *Pipistrellus pipistrellus*
- *Hypsugo savii*
- *Eptesicus serotinus*
- *Myotis spp*

Complessivamente per l'area di studio sono dunque valutate come presenti le specie rilevate e come potenzialmente presenti le specie riportate per le aree limitrofe, come riassunto nella seguente tabella.

SPECIE	DIRETTIVA HABITAT	
	All. II	All. IV
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	x	x
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	x	x
<i>Myotis blythii</i> (Tomes, 1857)	x	x
<i>Myotis daubentonii</i> (Kuhl, 1817)		x
<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	x	x
<i>Myotis mystacinus</i> (Kuhl, 1819)		x
<i>Myotis nattereri</i> (Kuhl, 1817)		x
<i>Pipistrellus kuhli</i> (Kuhli, 1819)		x
<i>Pipistrellus nathusii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)		x
<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber, 1774)		x
<i>Nyctalus leislerii</i> (Kuhl, 1817)		x
<i>Nyctalus noctula</i> (Schreber, 1774)		x
<i>Hypsugo savii</i> (Bonaparte, 1837)		x
<i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)		x
<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber, 1774)		x
<i>Plecotus austriacus</i> (J.B. Fischer, 1829)		x
<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758)		x
<i>Plecotus macrobullaris</i> (Kuzyakin, 1965)		x
<i>Miniopterus schreibersii</i> (Kuhl, 1817)		x
<i>Tadarida teniotis</i> (Rafinesque, 1814)		x

Tabella 91 – Specie di chiroteri censite.

Nell'ottica di tali presenze, nei preposti paragrafi vengono date opportune indicazioni di mitigazione e compensazione degli interventi.

Le indicazioni proposte sono definite anche per evitare che le attività estrattive previste possano creare una zona inospitale per i chiroteri tale da non permetterne una possibile frequentazione futura al termine delle attività estrattive, ricordando che la prevenzione degli impatti che si possono avere durante il ciclo di vita di una attività estrattiva dipende in misura significativa dall'adozione di opportune misure che tutelino l'integrità del sito durante ogni fase di attività.

Fauna ipogea

Per quanto concerne la fauna sotterranea, i dati sinora rilevati e recuperati relativi alle grotte e miniere del comprensorio sopra indicato riguardano l'investigazione di 20 anni or sono.

Le stesse cavità sotterranee sono tuttora oggetto in questi mesi di nuova indagine faunistica con la catalogazione delle specie rinvenute e la comparazione con quelle trovate negli anni precedenti.

L'area compresa tra la Valle del Riso – Zambla - Oltre il Colle – Dossena, oltre a collegare strategicamente la Valle Seriana con la Valle Brembana è caratterizzata da un alto grado di biodiversità per il suo gradiente altitudinale, la natura geologica dei suoli, l'ambiente con i pascoli, i boschi, le grotte ed in questo ultimo secolo anche le miniere. Area interessata da tempo da studiosi e ricercatori di ogni settore; una vera “Reliquia Orobica”.

Quindi ambienti diversificati che permettono la vita e lo sviluppo ad una grande varietà di animali e vegetali.

Nella presente sezione verranno illustrate le cavità sotterranee, naturali ed artificiali, dell'area presa in esame e le specie animali (soprattutto invertebrate) che vivono in quei luoghi, dove come mondo sotterraneo sono state considerate anche le miniere, pur interessate da intensa attività estrattiva ma che in alcuni casi hanno offerto un nuovo ambiente di vita per le specie cavernicole.

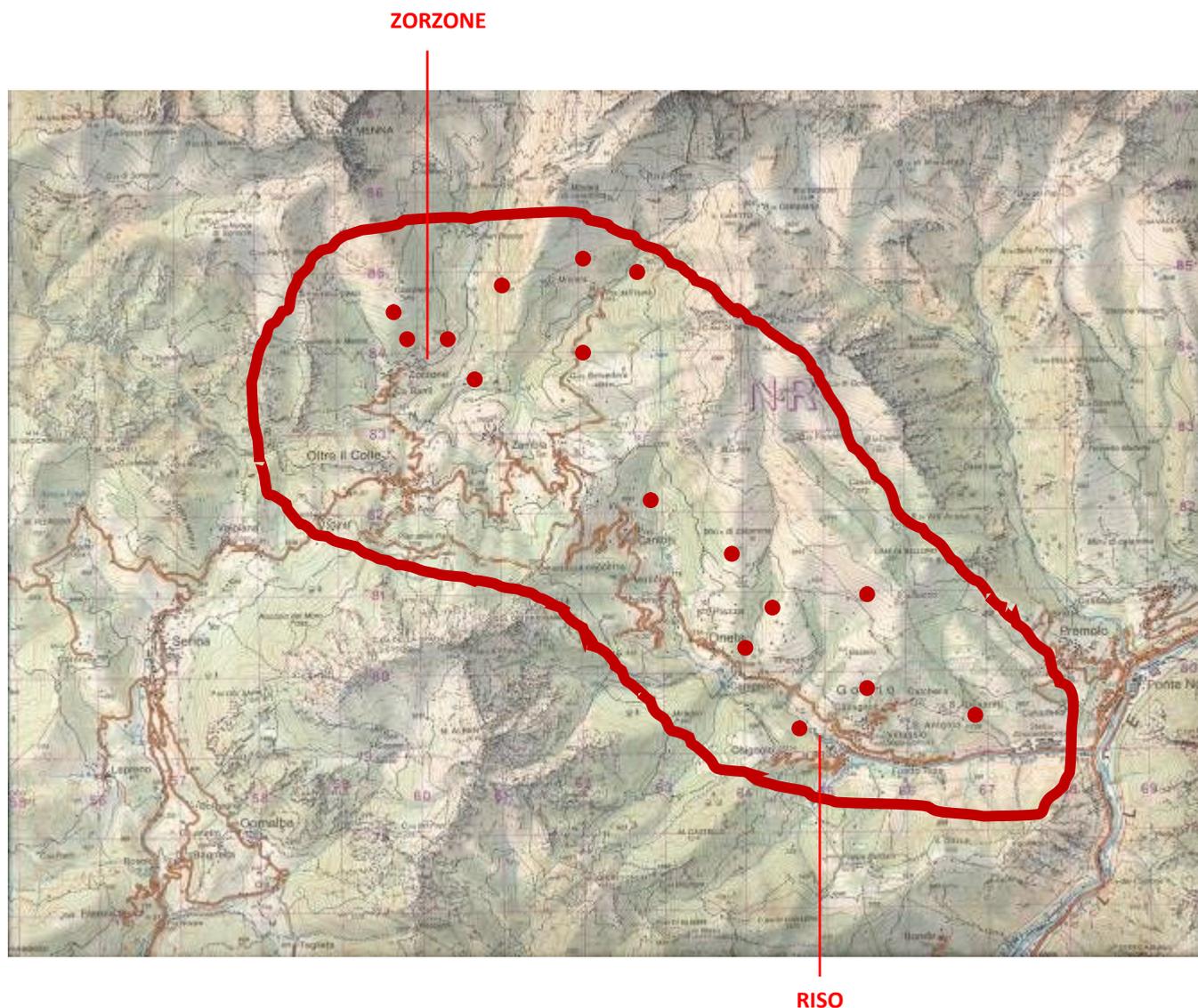


Figura 296 – Cavit  naturali, paranaturali ed artificiali indagate nell’area di studio delimitata.

Va poi ricordato che le forme animali, che troviamo nelle grotte, sono continuamente alla ricerca di spazi da colonizzare, e come le miniere possono essere favorevoli al loro insediamento, anche i conigli di detrito posti a nord ed il sottosuolo di natura calcarea, in particolar modo nelle aree occupate dalle faggete.

In effetti i riferimenti bibliografici dei primi invertebrati raccolti nei dintorni di Oltre il Colle sono relativi a specie campionate sotto pietre o con breve lavoro di scavo, ambienti evidenziati anche da alcuni autori negli studi pi  recenti; lavori che hanno portato alla conoscenza di numerose specie endemiche legate a questo territorio.

I documenti riportati sono per la maggior parte frutto di ricerche personali (Gianni Comotti); alcuni risalgono addirittura ad oltre 30 anni fa, a cui fanno seguito i controlli recenti di questi ultimi mesi.

Molti dei riferimenti faunistici sono inediti e così pure le mappe di distribuzione dei vari taxa, che riguardano per lo più coleotteri Trechini e Bathyscini, alcuni Opilioni, ed un accenno alla Malacofauna.

Il presente contributo è da considerarsi come lavoro *in fieri*; lo studio e il raggruppamento dei dati faunistici nuovi o noti nella letteratura, richiederebbero anni di lavoro. Non sono ad esempio citate le segnalazioni relative ai ragni dell'ambiente sotterraneo (gen. *Troglohyphantes*) raccolti in questi ultimi anni dal Museo di Scienze Naturali Caffi di Bergamo, così come altro materiale della collezione privata che aspetta di essere smistato ed inviato agli specialisti per la determinazione.

Cavità artificiali (miniere)

GRANDE RIBASSO RISO-PARINA (quota ingresso 550 m s.l.m.)

Galleria artificiale e orizzontale di 11/12 km, che dalla località Riso, arriva nell'area di Zorzone, 300 m più in basso rispetto al piano d'ingresso del Ribasso Forcella.

La galleria principale è percorsa da una lieve corrente d'aria per il fatto che nella parte terminale esiste un fornellone (un foro artificiale nella roccia di un paio di metri di diametro) che collega il Ribasso Riso-Parina con il Ribasso Forcella.

Sopralluoghi del 16 -19-30 maggio 2016: la fauna sembra scarsa o quasi assente lungo il troncone principale. Presso i legni marcescenti delle armature o delle traversine non sono stati trovati i classici elementi degli ambienti sotterranei, quali Isopodi e Miriapodi.

Sulle pareti qualche Dittero di provenienza esterna, trascinato all'interno probabilmente dalle correnti d'aria.

In corrispondenza del tratto interessato dalla faglia del Grem è stato rinvenuto il coleottero Carabide *Duvalius winklerianus* e Stafilinidi del genere *Leptusa* che vivono di solito sotto le pietre qualche centinaia di metri più in superficie e penetrati vivi nella galleria attraverso la stessa frattura.

Resti di coleotteri delle specie sopra indicate e sempre provenienti dalla faglia, si possono poi notare sulle pareti della galleria, inglobati nel velo di calcare in corrispondenza di lievi percolazioni d'acqua (parete di destra entrando).

Nelle raccolte d'acqua non sono stati osservati Crostacei Anfipodi e neppure l'isopode *Monolista*.

In corrispondenza del "Fornellone", quindi nella parte più interna, è stata raccolta, presso legni marcescenti *Boldoriella carminatii-bucciarellii*, proveniente probabilmente dal soprastante livello "Ribasso Forcella".

In una sorgente a 300 m dall'ingresso, Enrico Pezzoli ha raccolto nel 1997 e nel 2005 *Iglica concii* e *Graziana alpestris* molluschi stegobionti e crenobionti delle acque sotterranee.

Invece l'esame di campioni di fango e sabbia prelevati in corrispondenza di arrivi d'acqua, a progressiva 2.200, 3.300, 3.570, 4.000, 9.000 e nel ramo laterale terminale, non hanno rilevato allo stereoscopio presenza di Malacofauna.

Sono state posizionate all'interno delle trappole a caduta per una analisi più approfondita della composizione faunistica del sito.

RIBASSO MALANOTTE OVEST (quota ingresso 1.159 m s.l.m.)

Sopralluogo del 12 agosto 2016: l'ingresso è situato circa 200 m Nord a monte delle malghe di Pian Bracca, sulla destra idrografica della Valle Malanotte.

Ingresso chiuso da cancello; parte iniziale allagata da una ventina di cm d'acqua dal troppo pieno di captazione da un ramo della galleria. Un ramo porta invece sulla parte terminale alta della discenderia detta "Scala Santa" dove è posizionato l'argano; discenderia che conduce al piano d'ingresso del Ribasso Forcella.

In questi rami si avverte odore di fumi di gasolio, i cui residui si notano sulla volta delle gallerie.

Per quanto concerne la fauna, il prelievo di fanghiglia presso la captazione d'acqua non ha rilevato presenza di Malacofauna, ma qualche astuccio di Tricottero. Astucci di Tricotteri anche nell'acqua poco oltre il cancello d'ingresso dove sono presenti anche larve di Plecotteri. Scendendo una ventina di metri dalla "Scala Santa" presso legno marcescente in zona molto umida è stata raccolto un *Duvalius winklerianus* immaturo, Isopodi e Chilopodi.



Figura 297 – A sinistra, ingresso Ribasso Malanotte W dall'interno; nell'acqua sono presenti astucci di Tricotteri e larve di Plecotteri. A destra, astuccio di Tricottero con larva.

RIBASSO MALANOTTE EST (quota ingresso 1.159 m s.l.m. di fronte al Ribasso W)

Sopralluogo del 12 agosto 2016: odore di gasolio all'interno.

Presso il cancello d'ingresso *Oxychilus sp.*

RIBASSO FORCELLA (quota ingresso 937 m s.l.m. loc. Ca' Pasi)

Questo complesso è stato visitato nel 1991 e 1992.

In quelle occasioni era stato indagato il livello d'ingresso e altri rami più prossimi alla superficie.

Per la fauna: *Boldoriella carminatii-bucciarellii*, Isopodi, Ragni.

Sopralluogo del 12 agosto 2016: visita al cantiere su permesso EMI per rilevare impronte di mammifero all'interno che risultano appartenere ad un Ghiro (*Glis glis*).

MINIERE DI GORNO/ONETA (quota 800 – 900 m s.l.m)

Diverse visite negli anni 1983 - 1991.

Fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, *Boldoriella carminatii-bucciarelli*, *Pseudoboldoria gratiae*, *Triphosa sp.*, Isopodi.

MINIERE PRESSO RIFUGIO GREM (da quota 1.100 a quota 1.600 m s.l.m.)

Anno 1982, fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, *Pseudoboldoria gratiae*, *Boldoriella carminatii-bucciarelli*, *Duvalius*, *Trechus*, *Niphargus* (Crosteo Anfipode presso piccole raccolte d'acqua), Isopodi, Araneidi, *Chthonius comottii* (Pseudoscorpione), *Oxychius*.

MINIERE PRESSO ALPE ARERA (quota 1.350 m s.l.m. Loc. Plassa)

Anno 1983, fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, Ragni.

MINIERE RISO/PIAZZA ROSSA (quota 550 m s.l.m. e rimonte interne a quote superiori)

Galleria mineraria che collega la Laveria di Riso con la Val Nossana intercettando cavità naturali e importanti sorgenti interne.

Anno 1979 – 1982 – 1991 – 1992, fauna: *Boldoriella carminatii-bucciarelli* varie stazioni di raccolta (presso accumulo di legni marcescenti, numerose larve dei vari stadi e 1 ninfa di questo trechino), *Allegrettia pavani-orobiensis* leg. A. Valle, settembre 1974; Ditteri, Collemboli, Isopodi, *Monolistra*, *Niphargus*, *Iglica concii (Paladilhiopsis concii, Gastropoda, Pezzoli 1978)* leg. E. Pezzoli, controllo 2005.

Cavità naturali e paranaturali (grotte), sorgenti

GROTTA DELL'ORSO o di Tri Fradei - 3808 LoBG (quota 1.200 m s.l.m., pos. 45.908922, 9.764624 - Val Carnera, sopra l'abitato di Zorzona, lungo la strada per il Menn)

Nell'agosto 1986, in occasione di un sopralluogo alla grotta con i soci dello SCO CAI Bergamo venivano recuperati alcuni reperti di *Ursus spelaeus*, poiché l'esplorazione in corso ne compromettevano l'integrità. I reperti verranno poi consegnati al Museo di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo.

Fauna: in quell'occasione venivano notati sul soffitto alcuni esemplari di *Troglophilus cavicola* (cavalletta di grotta) e Isopodi.

La grotta verrà in seguito chiusa e l'accesso regolamentato per scavi paleontologici.



Figura 298 – A sinistra, ingresso Grotta dell'Orso - 3808 LoBG oggi.
A destra, uno dei crani di *Ursus spelaeus* rinvenuti (foto: G. Comotti).

BUCO DELLA VOLPE n.c. (quota 1.205 m s.l.m.)

Situata ad una ventina di metri dalla Grotta dell'Orso, sul bordo sinistro della strada per il Menna.

Nel 1986 vi si accedeva attraverso uno stretto passaggio. All'interno si notavano dei piccoli vani con diversi buchi di tana del Tasso. Anche qui sono stati rinvenuti denti dell'Orso.

Fauna (anno 1986): *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, *Araneidi*, *Meta sp.*, Isopodi.



Figura 299 – Nella visita del 13 giugno 2016 il pertugio d'ingresso risultava chiuso da terra e pietre. Si potevano però osservare dei nuovi buchi di passaggio del selvatico (indicati dalle frecce).

BÜS DEL MOTÒ - 3680 LoBG (quota 1.150 m s.l.m., pos. 45.907055, 9.772130)

Visite: anno 1984 e 2016.

Situata poco sopra l'abitato di Zorzone, con piccolo ingresso celato dalla vegetazione.

Si sviluppa in un deposito di versante cementato.

Primo ramo obliquo a cui fa seguito un pozzetto profondo una dozzina di metri con saletta finale concrezionata.

Nel sopralluogo del giugno 2016 erano presenti nel ramo obliquo iniziale bottiglie in vetro e diverse ossa di bovino. È questa una brutta abitudine di alcuni valligiani, di buttare le carcasse degli animali morti nelle grotte, ignari dell'aspetto carsico dell'area dove pascolano e che l'azione possa portare ad inquinare le captazioni d'acqua poste più a valle.

Fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, Ragni, *Nesticus*, Scorpioni, Chilopodi, Diplopodi, Isopodi, *Oxychilus*, *Salamandra salamandra*.



Figura 300 – Da sinistra a destra: ingresso Büs del Motò - 3680 LoBG, carcassa di bovino nel ramo iniziale e Sul bordo del pozzo di 12 metri (foto: G. Comotti).

BÜSA DEL CÖNÈCC - 3681 LoBG (Comune di Oltre il Colle, quota 1.168 m s.l.m., circa 200 m a Ovest del 3680 LoBG)

Si tratta sicuramente della cavità citata nel lavoro del 1986 come “GROTTA SOPRA ZORZONE” (G. Comotti).

Visitata nell'anno 1984.

A detta dei locali sembra sia stata utilizzata dai partigiani come rifugio. In occasione della prima visita del 1984 sul fondo del breve pozzo si potevano notare i resti di una scala realizzata con cavi d'acciaio ed elementi in legno, lamiere arrugginite, pali in legno e rifiuti che rendono difficoltoso il passaggio nelle zone più profonde.

Fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, *Pseudoboldoria kruegeri-orobica*, *Troglorhynchus sp.* (resti su pareti), Diplopodi, Isopodi, Araneidi, Pseudoscorpioni.

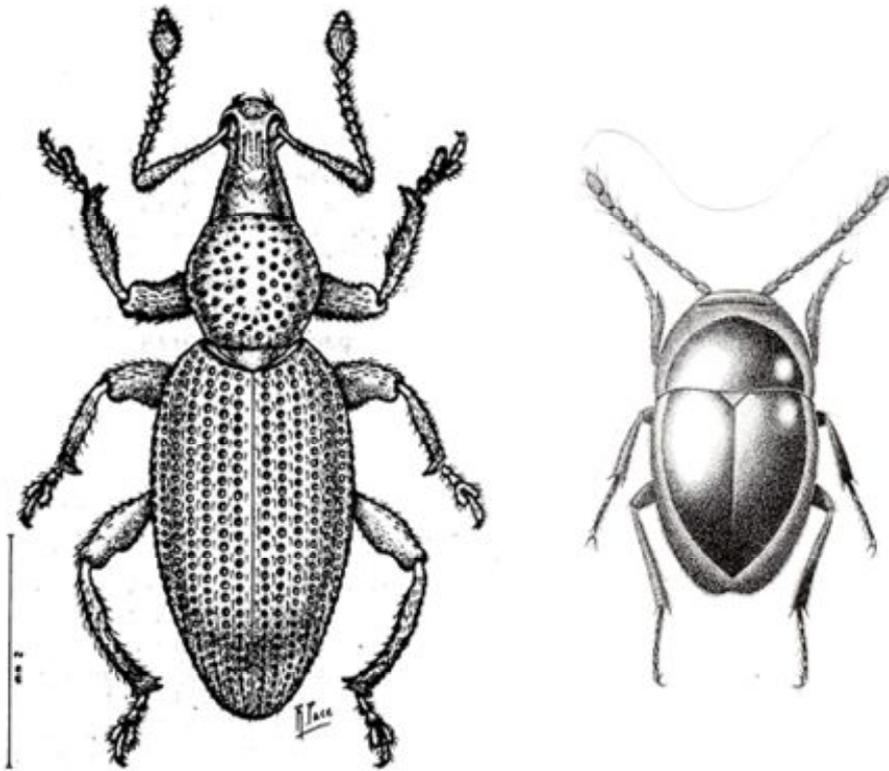


Figura 301 – *Troglorhynchus* sp. L= 5mm (a sinistra) e *Pseudoboldoria kruegeri-orobica*, L = 2,5mm (a destra).

BÜS DI LÒK - 3643 LoBG (quota 1.280 m s.l.m., pos. GPS 45.909015, 9.790160, Ca' di Caporai, a S-E della Cattedrale Vegetale)

Sopralluoghi del 25 maggio 2016 e del 22 agosto 2016: posizionata sul lato idrografico destro della Vall'Acqua presenta un ingresso abbastanza ampio in zona boscata. La cavità ha andamento orizzontale con un ramo parallelo più alto; la sezione interna dei cunicoli è decisamente più piccola del portale d'ingresso.

Zona terminale concrezionata (alcune purtroppo rovinate o asportate dall'uomo) con piccole raccolte d'acqua. In occasione della visita di maggio la grotta era abbastanza umida, ma le forme animali osservate a vista non erano molte. Ragni troglodili nella parte iniziale; non sono stati notati *Niphargus* né *Monolistra* nelle vaschette con l'acqua. Nella parte iniziale della grotta si notano delle piccole buche con le fatte dal Tasso; all'interno sparsi un po' ovunque escrementi di Ghio e altro mammifero di taglia superiore.

Sono presenti piccoli depositi di guano di chiroterro e si notano anche resti di pasti, costituiti dall'esoscheletro chitinizzato di Scarabei Geotrupini. Dalla bibliografia si deduce che le abitudini di cacciare coleotteri al volo di una certa dimensione sono legate ai Rinolofidi, in particolare al *Rhinolophus ferrum equinum*.

Sotto una crosta di calcite è stata rinvenuta una mandibola di Cinghiale (*Sus scrofa*), consegnata nei giorni successivi al Museo di Scienze Naturali “E. Caffi” di Bergamo.

Fauna: *Boldoriella carminatii-bucciarellii*, *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, *Araneae esterni*, *Meta*, *Tegenaria*, *Troglohyphantes*.



Figura 302 – A sinistra, particolare del guano di pipistrello rinvenuto nella grotta con tracce dell’esoscheletro di scarabeidi, quali resti dei loro pasti. A destra, la mandibola di cinghiale fossile rinvenuta sotto una crosta di calcite.



Figura 303 – A sinistra, ingresso del Buis di Lök; a destra, la zona interna concrezionata (foto: G. Comotti).

SORGENTE VALL’ACQUA (quota 1.294 m s.l.m., pos. GPS 45.909207, 9.790315, pochi metri a monte di Ca’ di Caporai, a SE della Cattedrale Vegetale)

Sopralluogo del 25 maggio 2016: come si vede dal rilievo del Gruppo Speleologico “Le Nottole” si tratta di una piccola cavità che si apre alla base di una parete rocciosa. Al momento della visita non mandava acqua, ma questa compariva qualche metro più in basso, raccolta in un bidoncino ormai sfondato ed in disuso sul lato posteriore della casa.

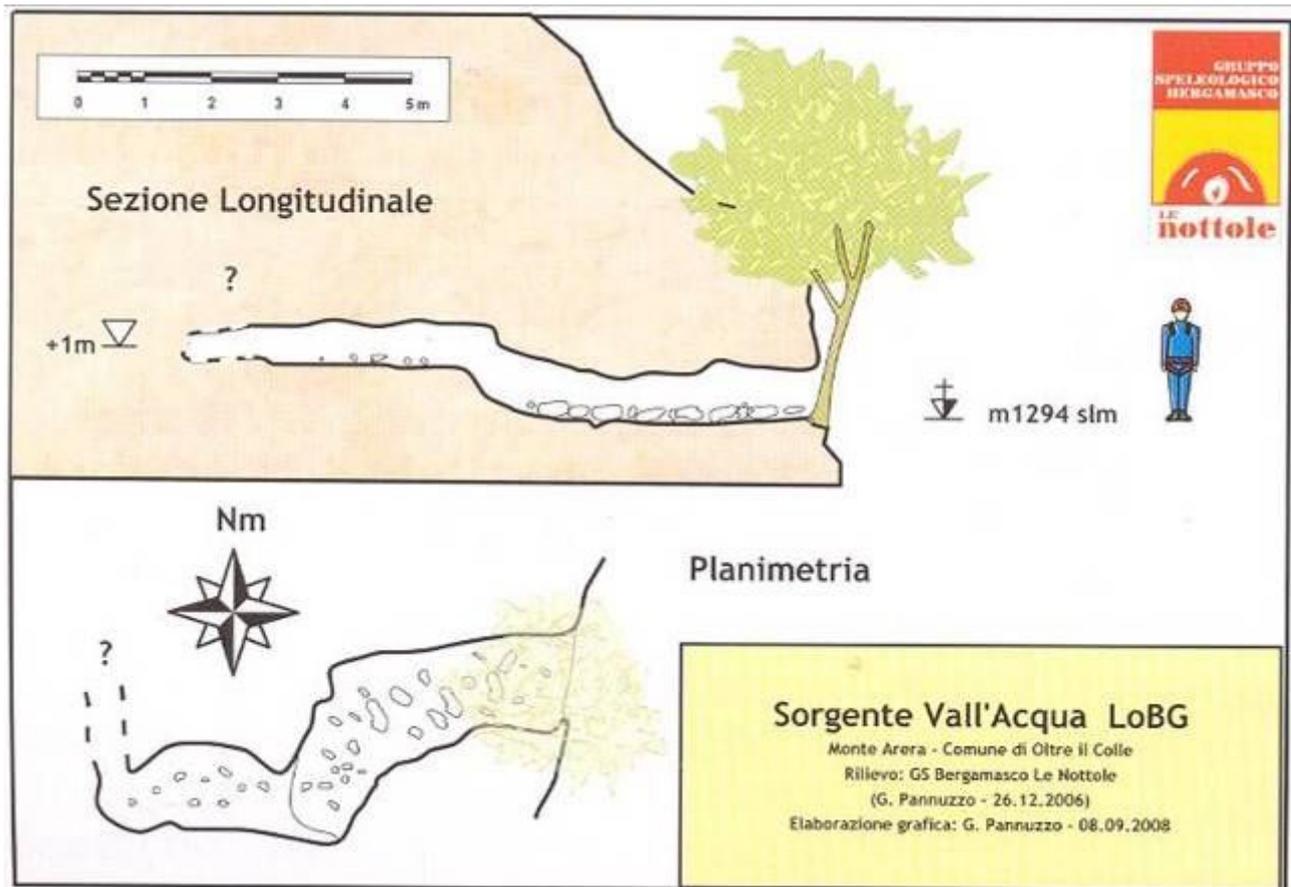


Figura 304 – Rilievo della Sorgente Vall'Acqua su rilievo di G. Pannuzzo del gruppo “Le Nottole”.

È molto probabile che la grotticella venga utilizzata da qualche mammifero come tana visto che la parte più interna è foderata con foglie e fieno: l'inquilino potrebbe essere il Tasso, stante la presenza delle fatte del carnivoro nella parte iniziale del Bùs di Lòk situata ad un centinaio di metri da questa.

Fauna: nei primi metri d'ingresso grossi Ragni trogllosseni su soffitto e pareti. L'esame di limo raccolto presso l'arrivo d'acqua non ha rilevato la presenza di Malacofauna.



Figura 305 – Ingresso della Sorgente Vall'Acqua (foto: G. Comotti).

A circa 50 e 100 metri a NE dalla Sorgente Vall'Acqua, ci sono due piccoli rivoli d'acqua; i prelievi di fango in queste acque, sottoposti ad esame con lo stereoscopio non hanno rilevato alcuna traccia di Malacofauna.

LACA DEL MERLÀS – 1284 LoBG (quota 1.425 m s.l.m., pos. 45.912711, 9.805011)

Visite anno 1983. La cavità è situata nell'alta Val Parina e si apre con un primo pozzo verticale di 45 metri a cui fa seguito un secondo pozzo più breve. Sistema idrico assente, se non acqua di stillicidio; in alcuni periodi la grotta si presenta piuttosto asciutta.

Fauna: *Boldoriella carminatii-bucciarellii*, *Stomis sp.*, *Viallia cappai*, *Pholeuonidius sp.*, *Pseudoboldoria sp.*, Carabidi troglosseni, Diplopodi Polidesmidi, Araneidi, Pseudoscorpioni, *Ischyropsalis lithoclasica* ed alcuni esemplari di *Rana sp.* alla base del pozzo di 45 metri.



Figura 306 – A sinistra, primo pozzo di 45 m della Laca del Merlàs. A destra: in alto, *Ischyropsalis lithoclasica* – Opilione; in basso, base pozzo di 45 m (foto: G. Comotti).

BÜS DE LA RASGA - 3529 LoBG (quota 1.252 m s.l.m., pos. GPS 45.907657, 9.801688)

Visitata negli anni 1984 – 1987 e il 25 maggio 2016.

Si apre su di un ripido pendio coperto da faggeta lungo la strada che da Zambla conduce alla località Plassa. Ingresso stretto a cui fa seguito breve pozzo e saletta terminale. Detriti vegetali alla base del pozzo che coprono il fondo pietroso. La zona interna si presenta concrezionata e si notano su pareti le esuvie ammuffite di grossi ragni (già osservate nelle visite del 1984 e anche nell'ultimo sopralluogo).

Numerosi escrementi anche freschi di roditore, quasi sicuramente di ghiri, sparsi in tutta la grotta. Negli anni precedenti (06.11.1987) furono osservati 4 esemplari di questo roditore che giravano per la grotta; nel sopralluogo del maggio 2016, sono stati percepiti rumori della loro presenza.



Figura 307 – A sinistra: in alto, il piccolo ingresso a pozzo del 3259 LoBG; in basso, saletta terminale del Büs de la Rasga. A destra: in alto, *Troglophilus cavicola* (ortottero di grotta); in basso, esuvia di ragno con muffa (foto: G. Comotti).

Fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, *Boldoriella carminatii-bucciarellii*, *Pseudoboldoria gratiae*, *Pseudoboldoria kruegeri-orobica*, *Viallia cappai*, *Pholeuonidius sp.*, *Catops sp.*, *Troglorhynchus sp.*, *Troglophilus cavicola*, *Tricotteri*, *Araneae*, *Meta*, *Troglohyphantes*, *Peltonychia lepreuri*, Pseudoscorpioni, Isopodi, Diplopodi, Chilopodi, *Oxychilus*.

LACA DI SPONCC – 3515 LoBG (quota 1.135 m s.l.m., pos. GPS 45.892451, 9.809005)

Visite del 1983, 1987, 1989.

Cavità orizzontale con regime idrico interno che si apre in località Cantoni nel Comune di Oneta. Non percorribile nei periodi piovosi per la presenza di un sifone iniziale, e per altri rami interni sommersi, è visitabile in situazione di stabilità meteo e solo dopo che vengono svuotati gli stessi sifoni con un certosino lavoro di inneschi ad opera degli speleologi locali.

Il ramo principale e tutta la rete di rami secondari hanno portato la Laca di Sponcc ad avere uno sviluppo spaziale di quasi 3.500 metri, interessando anche l'area idrografica della Val Parina.

Dal punto di vista faunistico merita sicuramente un'indagine più accurata, non sempre possibile per le caratteristiche della grotta sopra accennate.

Fauna: *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus* (adulti e larve), *Boldoriella carminatii-bucciarellii*, Diplopodi Polidesmidi, Opilioni, Ragni, Pseudoscorpioni, *Niphargus*.



Figura 308 – *Niphargus sp.*
Crosteaceo anfipode, L = 8-12
mm (foto: G. Comotti).



Figura 309 – A sinistra, passaggio nel terzo sifone del 315 LoBG solitamente occupato dall'acqua (si noti il livello al soffitto). A destra, navigazione nel secondo sifone (detto "la quarta") a 200 metri dall'ingresso (foto: G. Comotti, 1987).

Coleotterofauna, Opilioni e Malacofauna

FAUNA di DOSSENA-SERINA	FAUNA del complesso RISO-PARINA	FAUNA di PARRE-PREMOLO
<i>Laemostenes (Antisphodrus) insubricus</i>	<i>Laemostenes (Antisphodrus) insubricus</i>	<i>Laemostenes (Antisphodrus) insubricus</i>
<i>Boldoriella carminatii-bucciarelli</i>	<i>Boldoriella carminatii-bucciarelli</i>	<i>Boldoriella carminatii-bucciarelli</i>
<i>Boldoriella concii-folinii</i>	---	---
<i>Allegrettia pavani-orobiensis</i>	<i>Allegrettia pavani-orobiensis</i>	<i>Allegrettia pavani-orobiensis</i>
---	---	<i>Allegrettia comottii</i>
<i>Viallia grottoloj</i>	---	---
---	<i>Viallia cappai</i>	<i>Viallia cappai</i>
<i>Pseudoboldoria comottiana</i>	---	---
---	<i>Pseudoboldoria gratiae</i>	<i>Pseudoboldoria gratiae</i>
<i>Pseudoboldoria schatzmayri</i>	---	---
<i>Pseudoboldoria comottiana</i>	---	---
<i>Pseudoboldoria barii</i>	<i>Pseudoboldoria barii</i>	---
---	<i>Pseudoboldoria kruegeri orobica</i>	---

Figura 310 – Composizione della coleotterofauna sotterranea delle aree Riso-Parina e limitrofe (Sfodrini, Trechini, Bathiscini).

Come si può notare nell'immagine sopra riportata, l'unico elemento presente solo nell'area Riso-Parina è il Bathiscino *Pseudoboldoria Kruegeri orobica*, che sembra non sia stato finora trovato nelle aree limitrofe. Questa specie è comunque presente in altre località della media Valle Seriana e della Valle Brembana.



Figura 311 – Da sinistra: *Allegrettia comottii* (*), L = 10 mm, *Boldoriella carminatii-bucciarellii* (*), L = 6 mm, *Duvalius winklerianus*, L = 6 mm, *Laemostenes (Antisphodrus) insubricus*, L = 14 mm (*) endemiti della bergamasca.

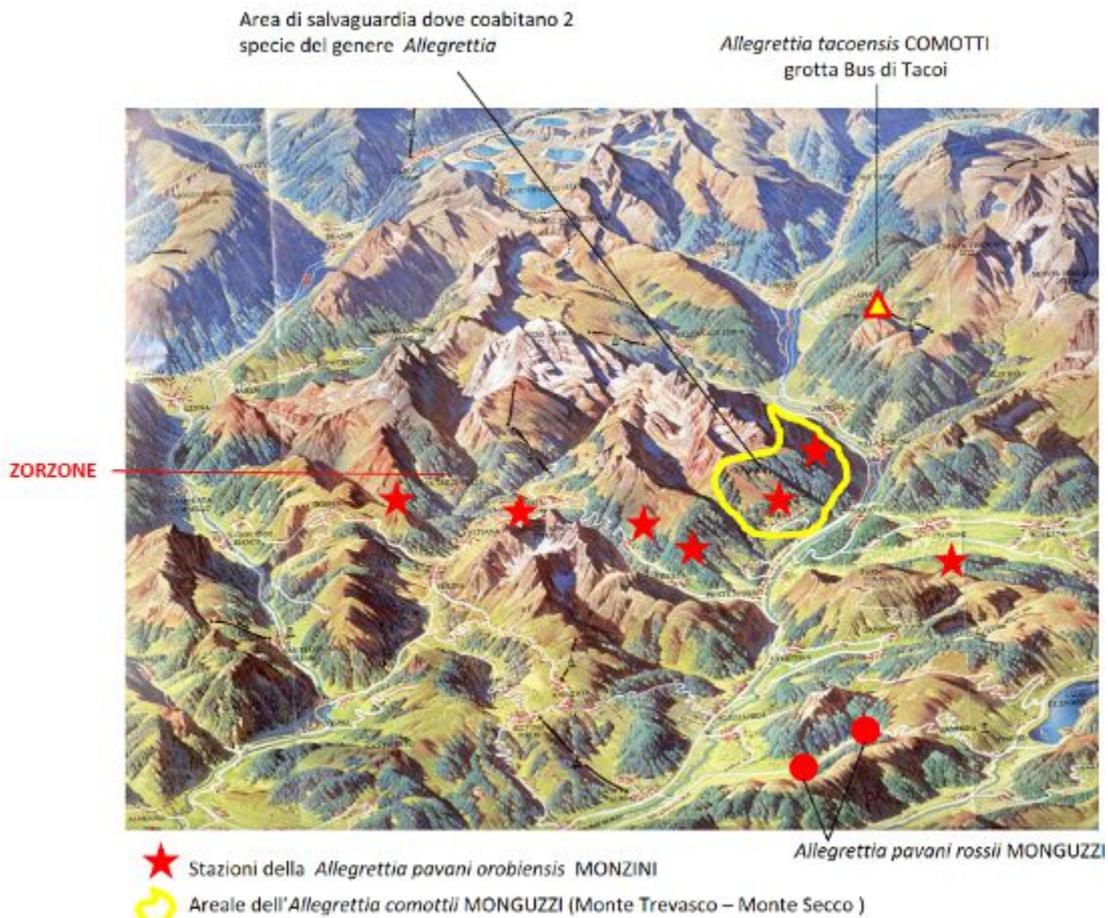


Figura 312 – Distribuzione delle specie del genere *Allegrettia* in Valle Seriana (endemismi locali).



Figura 313 – Distribuzione del Trechino Anoftalmo *Boldoriella carminatii-bucciarellii* (endemita bergamasco).



Figura 314 – Distribuzione della *Boldoriella concii-folinii* MONGUZZI (Coleoptera Trechinae) endemita bergamasco).

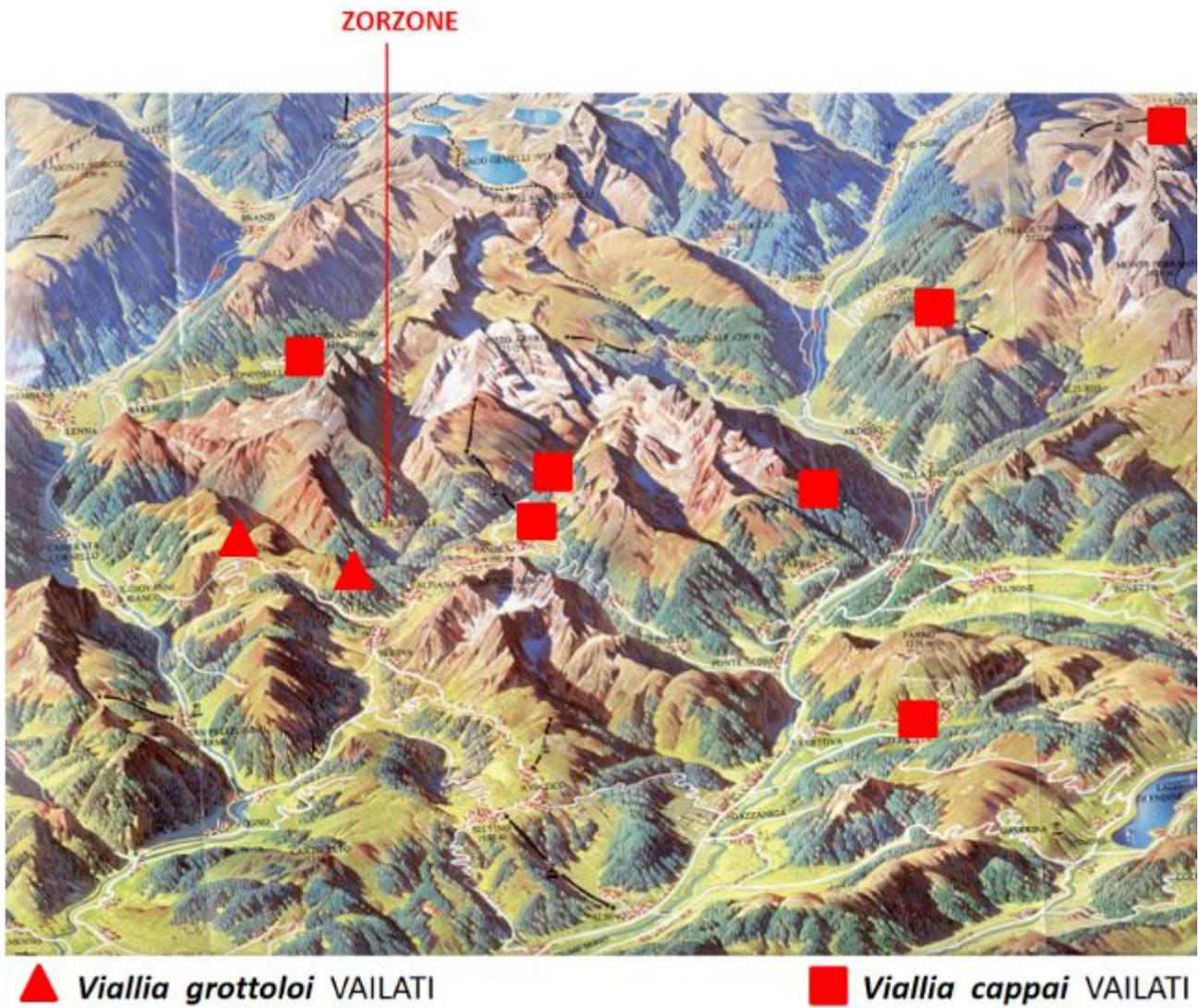


Figura 315 – Specie del genere *Viallia* nel comprensorio Riso-Parina e dintorni (endemismi locali).

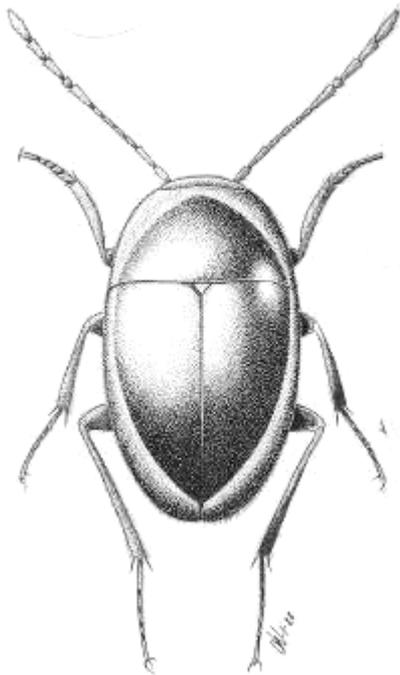
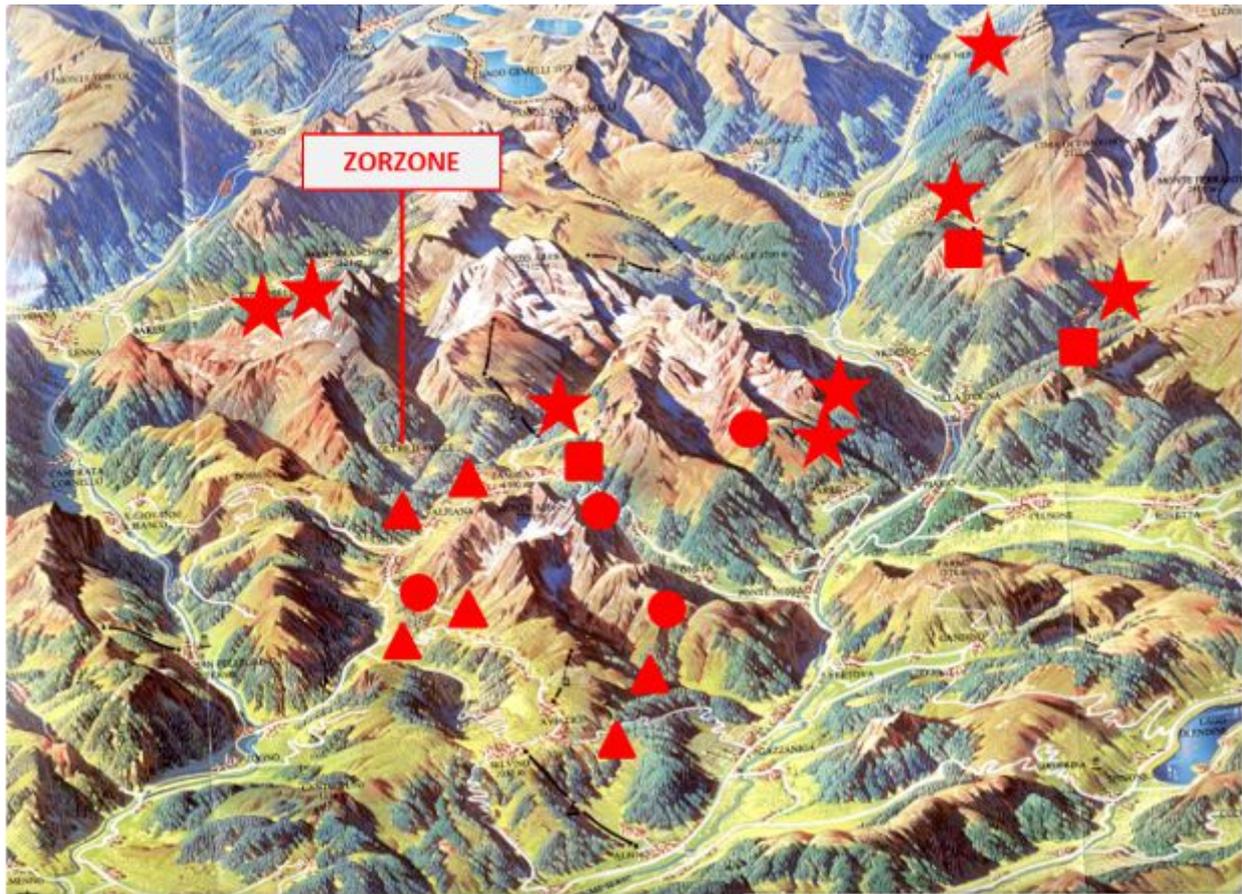


Figura 316 – *Viallia cappai VAILATI* (Coleoptera Bathyscinae), L = 3 mm.



■ *Peltonychia leprieuri*
grotta Bùs de la RASGA, Zambla

★ *Ischyropsalis lithoclasica*
grotta Laca del Merlàs, Plassa

● *Siro valleurum*
esterno epigeo (ENDEMITA BERGAMASCO)



▲ *Holoscotolemon franzinii*
Miniere di Dossena/Pedrozzo
Oltre il Colle, esterno epigeo

Figura 317 – Opilioni: distribuzione di alcune specie significative.

Nell'area Arera/Menna vivono all'esterno ed in ambienti freschi due Opilioni endemici di quel complesso montuoso: *Mitostoma orobicum* e *Megabunus bergomas*.



Oxychilus sp. (scala 8 mm)

Terrestre: ingresso delle grotte presso detriti;

Esterno aree fresche, sotto pietre

- Bùs del Motò 3680 LoBG
- Bùs de la Rasga 3529 LoBG
- Ingresso Ribasso Malanotte Est (q. 1.159 m)



Euconulus fulvus (scala 3 mm)

Elemento terrestre esterno, delle aree fredde

- Velo d'acqua del troppo pieno acquedotto sopra Zorzzone (q. 1.090 m, pos. GPS 45.906075, 9.772503)



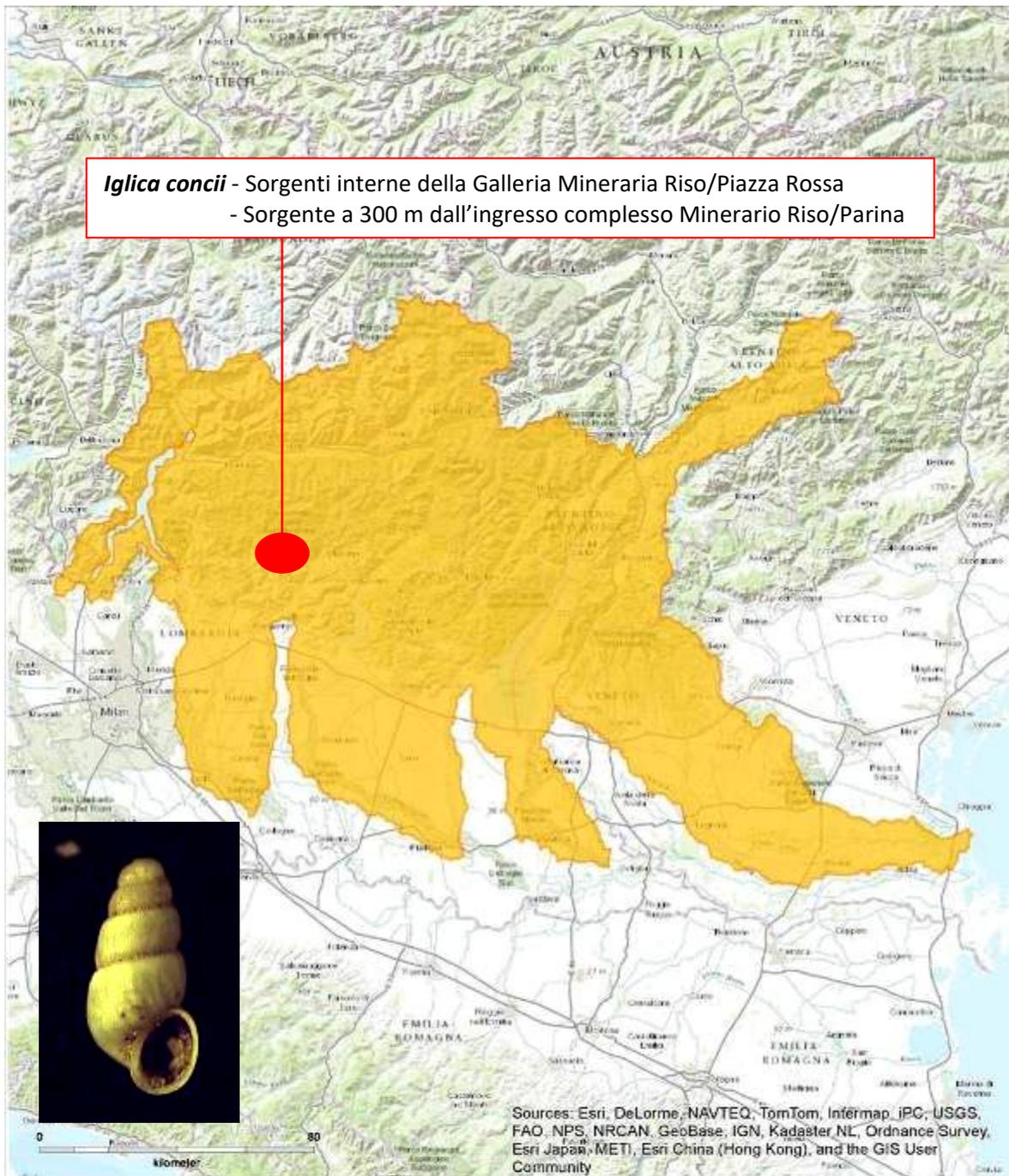
Bythinella opaca opaca (scala 2 mm)

Elemento delle acque sotterranee

- Sorgenti presso Ribasso Forcella, sx idr. Val Vedra (q. 939 m, pos. GPS 45.906882, 9.780626)
- Sorgente sopra Piazzola, Val Vedra (q. 990 m, pos. GPS 45.913094, 9.780384)

(stazioni non ancora censite, Pezzoli in litt.)

Figura 318 – Malacofauna significativa esterna e delle acque sotterranee dell'areale di studio.



Iglica concii

Range

Extant

Compiled by:
 ESA 2008

NE DO LC > NT VU EN CR EW EX
LEAST CONCERN



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply any official endorsement, acceptance or opinion by IUCN

Figura 319 – *Iglica concii* secondo la IUCN Red List of Threatened Species IUCN2008 – T155468A4780996.

Sorgenti interne ed esterne: riepilogo

Nel corso del presente lavoro, sono state indagate alcune sorgenti per rilevare presenza di Malacofauna ed altri elementi indicatori.

Molti di questi prelievi sono stati fatti in concomitanza con il rilevamento dei valori sul campo e successiva analisi dell'acqua da campioni prelevati dai geologi dello Studio Associato Hattusas. Il raffronto con le forme di vita presenti ed il risultato delle analisi potrebbe portare a delle conclusioni concordanti sullo stato di fatto e sulla qualità delle sorgenti.

GRANDE RIBASSO PARINA (quota ingresso 550 m s.l.m., Valle del Riso)

I prelievi presso arrivi d'acqua a progressiva 2.200, 3.300, 3.570, 4.000, 9.000 e ramo laterale terminale, non hanno dato risultati sulla presenza di Malacofauna. Pezzoli (1974 e 2005) aveva raccolto a progr. 300 in una pozza d'acqua, Malacofauna, tra cui *Iglica concii*; specie e località inserite in una Lista Rossa di Conservazione (si veda l'immagine di pagina precedente).

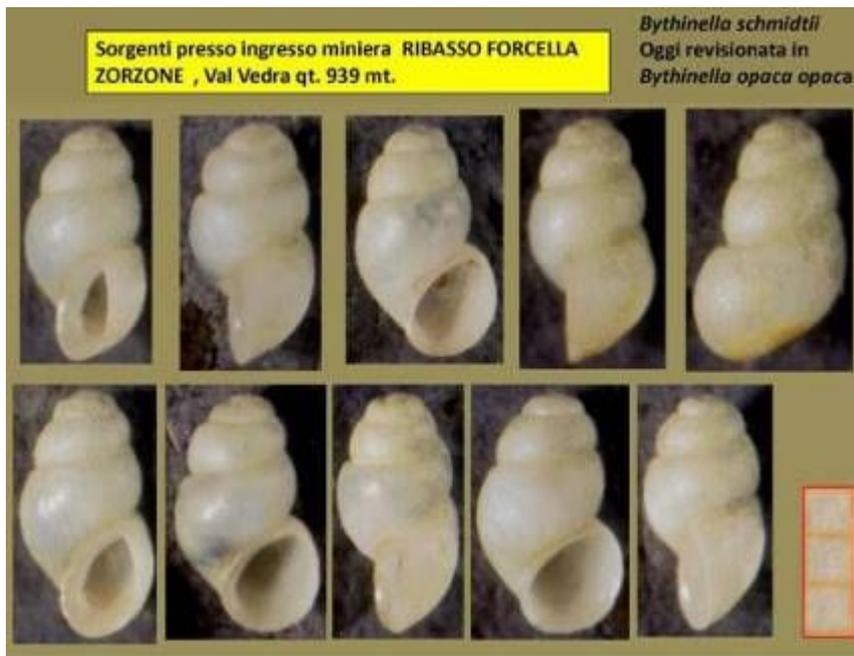
GALLERIA RISO/PIAZZA ROSSA (quota ingresso 550 m s.l.m., Valle del Riso)

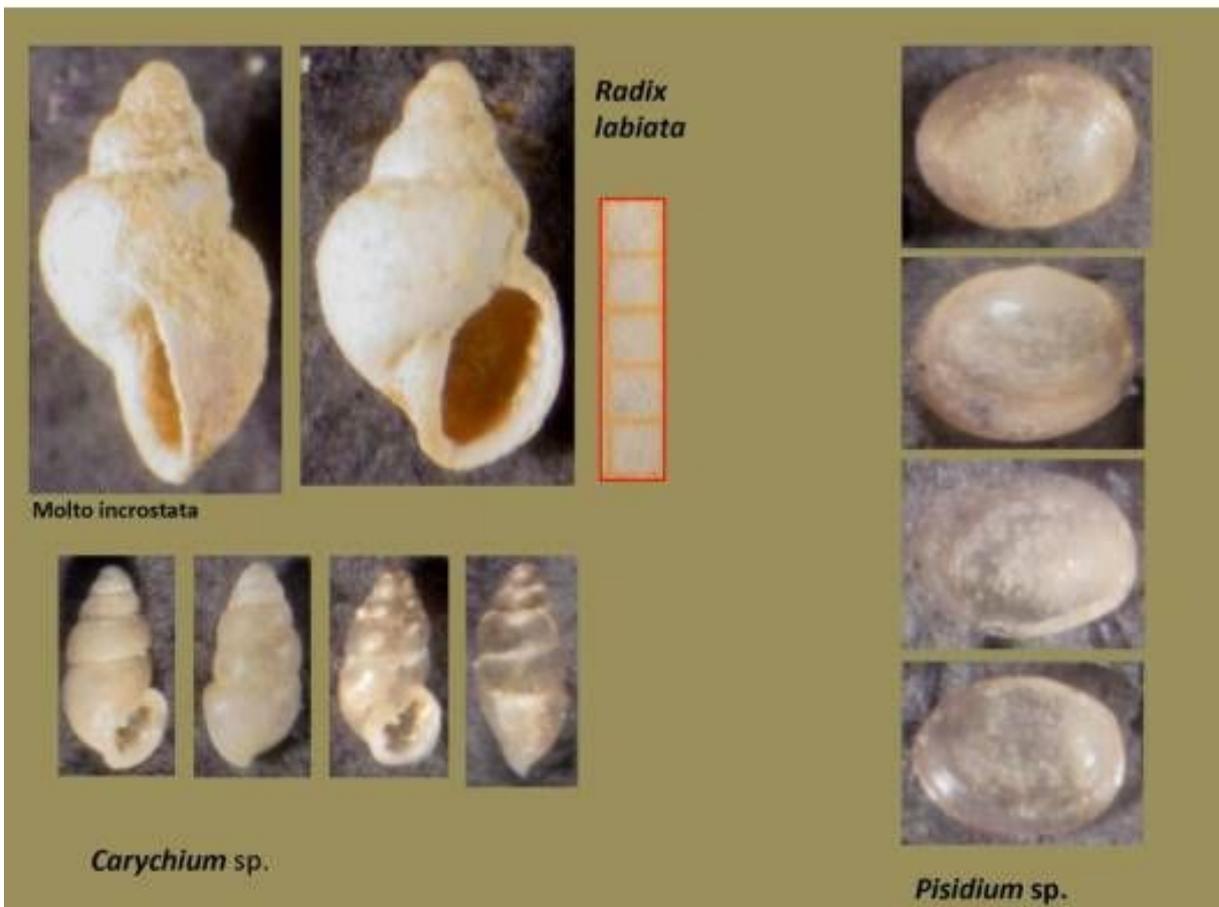
Malacofauna specializzata (*Iglica concii*) in sorgenti presenti all'interno della galleria (Pezzoli, 1974).

SORGENTI esterne presso INGRESSO RIBASSO FORCELLA (quota 937 m s.l.m., sinistra idrografica Val Vedra)

Una scaturigine con alto tenore di calcio: l'altra in parte captata; Malacofauna presente con *Graziana alpestris*, *Bythinella schmidtii*; altro: *Radix labiata*, *Carychium sp.*, *Pisidium sp.* Inoltre Ostracodi (Crostacei) e astucci di Tricotteri con larve.

-	-	-	-
Coord. Top. U.T.M.	32 TNR 60 84	Conducibilità	-
Coord. Top. sessagesimali	2°40'16" 45°54'20"	Alcalinità totale	-
Tavoletta F°	33 I° SO, SERINA (1971)	Durezza totale °Fr.	-
Quota m slm	937	Cloruri	-
Temperatura aria °C	-	Solfati	-
Temperatura acqua °C	-	-	-
Portata l/m'	-	CaCO3	-
pH	-	CaSO4	-
-	-	MgSO4	-





SORGENTE in VAL PARINA (quota 850 m s.l.m., destra idrografica)

Nessuna traccia di Malacofauna, larve di Tricotteri.

RIBASSO PIAZZOLA (quota ingresso 910 m s.l.m., sinistra idrografica Val Vedra)

L'acqua fuoriesce dalle macerie dell'ingresso crollato: niente Malacofauna, rari nicchi di Trecotteri.

SORGENTE sopra PIAZZOLA (quota ingresso 990 m s.l.m., destra idrografica Val Vedra, pos. GPS 45.913094, 9.780384)

Acqua ricca di calcare con abbondante Malacofauna (*Graziana alpestris* ricca popolazione, *Bythinella schmidtii* rara. Un esemplare di *Bythinella* dal nicchio sinistrorso; altro: *Carychium sp.*). Inoltre astucci di Tricotteri, Ostracodi, larve di Efemerotteri e Plecotteri (indicatori della buona qualità delle acque).

-	-	-	-
Coord. Top. U.T.M.	32 TNR 60 84	Conducibilità	510
Coord. Top. sessagesimali	2°40'18" 45°54'44"	Alcalinità totale	2,2
Tavoletta F°	33 I° SO, SERINA (1971)	Durezza totale °Fr.	30,0
Quota m slm	990	Cloruri	Tracce
Temperatura aria °C	-	Solfati	+++
Temperatura acqua °C	-	-	-
Portata l/m'	-	CaCO3	0,110 gr/litro
pH	8	CaSO4	0,184 " "
-	-	MgSO4	0,080



STUDII
SU TALUNE VARIAZIONI
OFFERTE
DA MOLLUSCHI FLUVIATILI E TERRESTRI
A CONCHIGLIA UNIVALVE
DI
CARLO PORRO

« C'est en cherchant avec soin dans l'organisation les parties les moins variables que le Zoologiste pourra tracer des divisions qui, bien qu'artificielles pour le naturel, sont cependant utiles, nécessaire même pour l'étude de ses conclusions générales ».

Dessiné, Esc. Méth. P. II. T. II. Art. Mollusques, § De la Mollus.

Ciaschedun essere considerato nella propria individualità non è che un complesso di circostanze reciprocamente influenti, e delle quali alcuna più, altra meno direttamente legata all'esistenza dell'essere stesso. Il Naturalista-Storico del quale è ufficio il disporre gli esseri nell'ordine de' loro rapporti limita l'imposizione dell'essere stesso al tempo in cui trovasi in piena integrità. Esso non può allora considerarlo che nella sua superficie; egli deve scegliere fra le circostanze che l'essere gli esibisce in tale stato quelle dietro le quali stabilire i rapporti, o col

N.° XIX.
ANOMALIA D'ETEROTAXIA
PER GENERALE INVERSIONE DE' VISCERI.
ESEMPLII

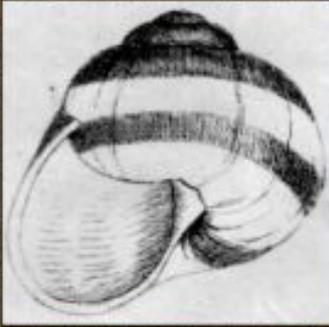



Esemplare giovanile di *Bythinella* normale

Esemplare sinistrorso

una Memoria dell'Accademia Delle Scienze di Torino (1839) che dei Molluschi gasteropodi riguarda le teratologie o varie anomalie in cui può incorrere la conchiglia





87. *Helix pomatia*, L. — V. fig. 13.
Cet. DC. e Jan. n. 6-7. F. a).
Duar., Hist. Nat. p. 87. n. 15. F. 7).
Deshayes, Enc. Méth. P. II. T. II. p. 243.

Unico esemplare "sinistrorso" riscontrato su di un gran numero di esemplari di C. Canestrinii



Bendotti M. legit

N.° XIX.
ANOMALIA D'ETEROTAXIA
PER GENERALE INVERSIONE DE' VISCERI.
ESEMPLII



SORGENTE RIBASSO MALANOTTE W (quota ingresso 1.159 m s.l.m., destra idrografica Valle Malanotte, destra idrografica Val Vedra)

Assenza di Malacofauna; presenti astucci di Tricotteri e larve di Efemerotteri e Plecotteri; adulti di questi ultimi sul pelo dell'acqua, morti.

SORGENTE VALL'ACQUA e le altre due vicine (quota 1.284 m s.l.m., tributaria della Val Parina, pos. GPS 45.909207, 9.790315)

Malacofauna assente; larve di efemerotteri.

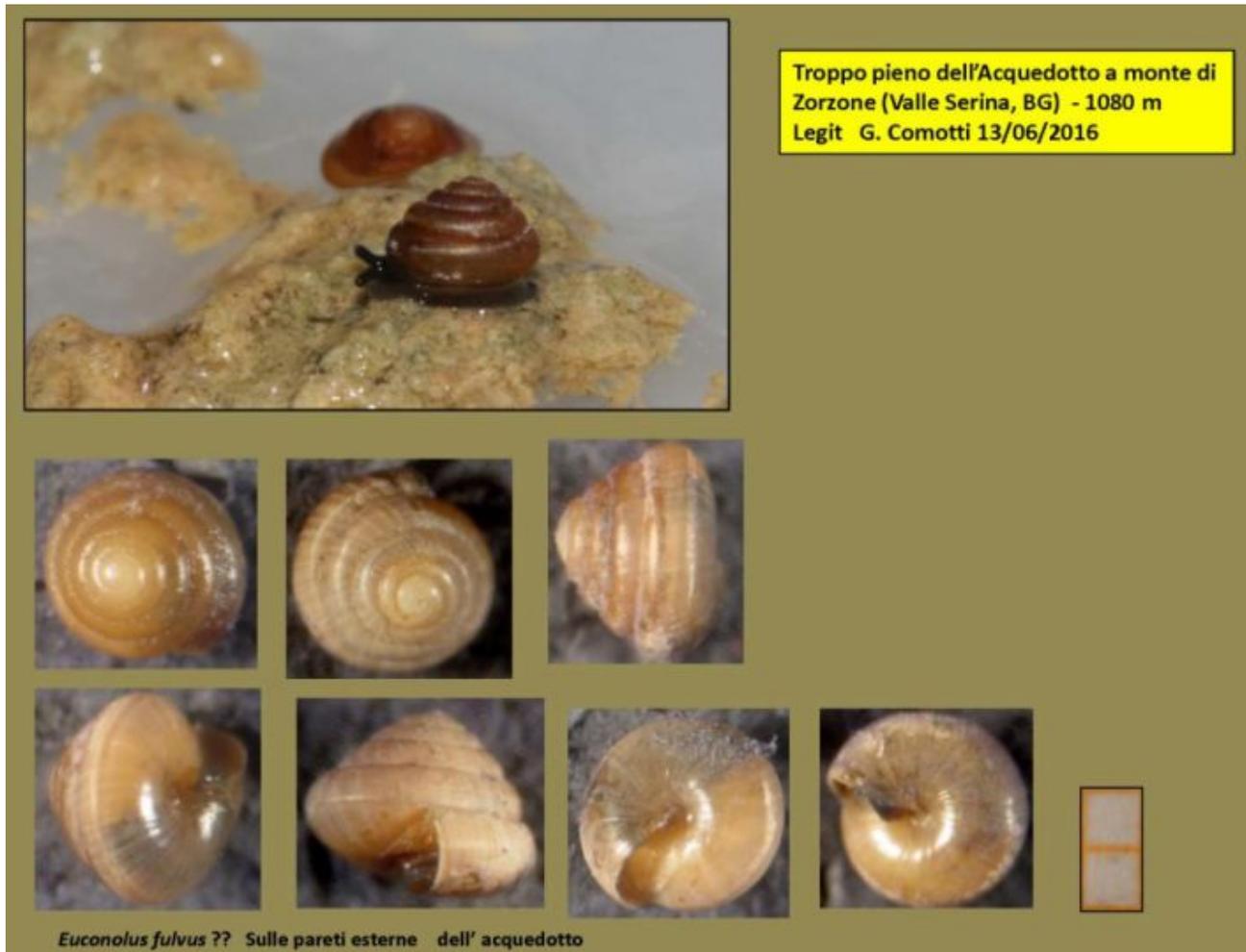


Figura 320 – A sinistra, sorgente sopra Piazzola - Val Vedra. A destra, Malacofauna della sorgente sopra Piazzola (foto: G. Comotti).

ACQUEDOTTO A MONTE DI ZORZONE (quota 1.090 m s.l.m., Val Vedra)

Malacofauna: *Euconolus fulvus* ?

-	-	-	-
Coord. Top. U.T.M.	32 TNR 60 84	Conducibilità	-
Coord. Top. sessagesimali	2°40'50" 45°54'18"	Alcalinità totale	-
Tavoletta F°	33 I° SO, SERINA (1971)	Durezza totale °Fr.	-
Quota m slm	1090	Cloruri	-
Temperatura aria °C	-	Solfati	-
Temperatura acqua °C	-	-	-
Portata l/m'	-	CaCO3	-
pH	-	CaSO4	-
-	-	MgSO4	-



Considerazioni conclusive sulla fauna ipogea

Come si può dedurre dai dati faunistici contenuti in questa nota, sia delle grotte naturali che delle cavità artificiali e dalle mappe di distribuzione, l'area che circonda l'abitato di Zorzone non presenta una fauna sotterranea strettamente endemica e specifica di quel settore. Gli stessi elementi si trovano, infatti, anche nei territori limitrofi considerati nel presente studio, ossia nelle aree di Serina/Zorzone e Premolo/Parre.

La riapertura e l'ampliamento del complesso minerario, può potenzialmente intercettare delle grotte, e tutta quella serie di microfessure dove vivono e transitano quegli esseri definiti "cavernicoli"; ma, per la natura del terreno, gli stessi possono riguadagnare spazi meno disturbati e continuare i loro processi di vita.

Maggiori attenzioni invece vanno rivolte quando vengono intersecate sorgenti, piccoli rivoli e percolazioni d'acqua, perché possono essere collegate a tutto quel sistema di reticoli idrici sotterranei locali, ma anche con le captazioni del fondovalle. Veri ecosistemi, abitati da quelle

specie “cavernicole” che hanno eletto questi ambienti per la loro vita e riproduzione e che difficilmente possono sottrarsi dalle forme di inquinamento.

Attenzioni vanno rivolte altresì ai riempimenti dei vuoti di miniera, nel caso lo smarino venga stabilizzato da cementi chimici. In tal caso, vanno eseguiti test di cessione con analisi di eventuali rilasci di inquinanti, in particolar modo in quei tratti interessati da circolazione d’acqua.

Infine, un particolare riguardo alle strutture in legno marcescente, traversine e armature, presenti in diverse miniere, che non andrebbero portate all’esterno, ma eventualmente riposte in una galleria in disuso, perché rappresentano un importante ambiente di sviluppo e di risorsa alimentare di molti invertebrati del mondo sotterraneo, come peraltro direttamente confermato anche nei sopralluoghi recenti.

7.1.6 Aspetti paesaggistici

Sia nella ricerca accademica, che nella prassi amministrativa, non esistono oggi dei metodi unanimemente riconosciuti per *identificare, studiare e descrivere* i paesaggi; lo stesso accade per i sistemi di *valutazione*, tema ancora più difficile e controverso che, nell'attuale articolazione delle culture, delle politiche e degli strumenti operativi che caratterizzano i diversi Paesi, anche al loro interno, non trova un consenso generale.

Attualmente, si sta costruendo e diffondendo la maggiore chiarezza concettuale per cui il *paesaggio* non è *l'ambiente*, né il *territorio* e richiede, come gli altri due concetti, finalità e strumenti specifici che non escludono gli altri approcci, ma che vanno, piuttosto, ad integrarsi reciprocamente. Sta emergendo un'attenzione per il paesaggio come archivio delle tracce della storia degli uomini e della natura, come bene culturale e patrimonio storico, al punto che, ormai risulta più pertinente parlare di paesaggi "culturali" piuttosto che "naturali".

La pluralità di significati assunta dal concetto di paesaggio nel tempo, conseguente all'identificazione delle sue componenti, ha fatto sì che potesse essere considerato come *panorama* da un punto di vista estetico-visuale, *palinsesto* da un punto di vista storico-culturale e *insieme di ecosistemi* da un punto di vista ecologico-naturalistico.

La Convenzione Europea del Paesaggio, cui si deve l'elaborazione di un documento strategico che definisce il ruolo del paesaggio in una moderna società evoluta che vede in questa componente territoriale un fattore determinante per la qualità della vita, l'ha definito come quella "*determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni*". Tale definizione tiene conto dell'idea che i paesaggi si evolvono col tempo, per l'effetto di forze naturali e per l'azione degli esseri umani. Non vengono, quindi, operate distinzioni, né concettuali, né operative, tra ciò che è considerato naturale e ciò che è considerato artificiale.

Da ciò consegue che l'attribuzione di valore alle tipologie di paesaggio e la tutela delle stesse devono essere adeguate alle caratteristiche evolutive del paesaggio stesso, e che pertanto non possono limitarsi a misure vincolistiche e di limitazione, ma devono scegliere in positivo le migliori opportunità per una conservazione e/o sviluppo sostenibile, anche in riferimento all'interesse socio-economico (sviluppo) del territorio e dei suoi abitanti, mediante adeguati processi di piano.

Le moderne concezioni del paesaggio mirano, quindi, ad uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto di tutte quelle stratificazioni culturali che lo definiscono morfologicamente.



Figura 321 – Relazione concettuale tra “Paesaggio” e “Progetto”.

Quanto sopra esposto si applica anche all’ambito territoriale oggetto della presente relazione: si tratta, infatti, di un contesto che possiede una prevalente vocazione naturalistica alla vasta scala di firerimento, ma che nel tempo è stato già oggetto, nello specifico, di attività estrattiva mineraria, e che ha subito trasformazioni indotte dalla presenza antropica, sia con finalità di sussistenza delle popolazioni locali (pastorizia, pascoli, coltivi, ecc.), sia con propositi urbanistici che, negli ultimi decenni, sono soprattutto correlati a intenti ricreativi e di svago legate al turismo montano.

Volendo ulteriormente articolare in maniera dettagliata cosa si deve intendere per paesaggio, è senz’altro corretto sostenere che tutti gli aspetti e gli elementi che caratterizzano un territorio: rilievi, idrografia, vegetazione, fauna, attività umane (intese come complesso delle manifestazioni culturali, economiche, sociali, ecc.), e le loro interferenze, concorrono alla costituzione delle diverse forme del paesaggio. In relazione a questa definizione, le elaborazioni e le analisi cognitive indirizzate alla descrizione del paesaggio, devono essenzialmente partire tenendo in considerazione il comune denominatore costituito dal complesso insieme degli elementi che, visibilmente, possono essere percepiti nel territorio. Infatti, è in conformità a un attento studio di questi elementi che l’analisi paesaggistica può coerentemente spiegare l’origine e il significato dei “segni” che caratterizzano il territorio (in senso spaziale ed evolutivo), come espressione concreta, sia delle dinamiche naturali, sia dell’attività umana e dei suoi modi di rapportarsi e di fruire l’ambiente. Con ciò, naturalmente, non si intende che il paesaggio sia da interpretare come il semplice risultato della visualizzazione, concezione superata con l’affermazione che la visualizzazione stessa, deve essere

intesa come la sintesi organica ed oggettiva di un complesso di indagini indirizzate all'evidenziazione del sistema di relazioni che genera il paesaggio. È evidente il superamento della concezione estetica che ha caratterizzato i primordi dell'analisi paesaggistica, e che considerava il paesaggio esclusivamente nei suoi aspetti fisionomici.

Alla luce dei passati e dei recenti studi non sembra inopportuno paragonare il paesaggio ad un lunghissimo film di cui oggi vediamo solo un singolo fotogramma, il fotogramma di una sterminata pellicola che scorre da milioni di anni e che racconta la somma stratificata di tutti gli assetti che il paesaggio ha assunto dai millenni passati, le cui testimonianze, laddove non sono state cancellate, nel raccontare il passato spiegano il presente come ultima e più recente scrittura. Dall'andamento di ogni fenomeno trascorso si può dedurre la tendenza dinamica del paesaggio attuale, e siccome il paesaggio contiene le risorse vitali necessarie alla sopravvivenza diviene necessario conoscerne la disponibilità per poter attuare programmi finalizzati al potenziamento del paesaggio come risorsa primaria. Il giusto atteggiamento nei confronti del paesaggio non è quindi la conservazione museale degli elementi che lo costituiscono quanto invece la conservazione delle condizioni che ne permettono il suo perenne rinnovarsi secondo "leggi di natura", inteso come equilibrio tra conservazione di stati semistazionari e conservazione dei dinamismi essenziali, che solo i principi delle trasformazioni compatibili riescono a permettere. Il concetto di paesaggio non più legato all'eccezionalità di ambiti circoscritti si estende alla generalità del territorio. In tale senso il paesaggio è considerato il sistema integrato degli elementi naturali ed antropici che genera il valore culturale di una determinata realtà territoriale, nonché i processi in costante mutamento che lo caratterizzano. In tale senso anche le pratiche di gestione da parte delle amministrazioni pubbliche sono passate da interventi di limitazione delle azioni di dequalificazione del territorio alla promozione di interventi di ri-qualificazione del territorio. La tutela del paesaggio riguarda il governo delle sue trasformazioni dovute all'intervento dell'uomo o agli eventi naturali, ivi incluse le trasformazioni derivate dal progressivo decadimento delle componenti antropiche o biotiche causate sia dal trascorrere del tempo sia dall'abbandono di pratiche e/o usi che le avevano determinate.

Anche la Legge Regionale n. 12 dell'11 marzo 2005 – Legge per il Governo del Territorio – introduce il concetto dirompente di "paesaggio" nella prassi urbanistica. I tre livelli della pianificazione territoriale contemplati, quello regionale, quello provinciale e quello locale, corrispondono ad una precisa gerarchia nella quale l'ultimo, quello locale, con le autorizzazioni in ambiti assoggettati a tutela di legge e l'esame paesistico dei progetti nel resto del territorio si configura come strumento operativo della pianificazione paesaggistica. Secondo le "modalità per pianificazione comunale", emanate successivamente all'approvazione della Legge, il Piano di

Governo del Territorio deve individuare le proprie strategie dello sviluppo urbanistico sulla base dei contenuti paesaggistici del territorio comunale, coerentemente con le indicazioni elaborate dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e, prima ancora, dal Piano Territoriale Paesistico Regionale.

Il paesaggio è presente verticalmente in tutte le determinazioni di PGT, nelle scelte localizzative, nelle indicazioni progettuali, nelle disposizioni normative, nei programmi d'intervento, nulla di ciò che produce il Piano è estraneo alla dimensione paesistica. Il nuovo approccio alla pianificazione territoriale previsto dalla Legge n. 12/2005 impone la più ampia condivisione, poiché il paesaggio è un bene comune, fruibile dalla collettività intera, è necessario rendere comprensibile a chiunque la sua codificazione ed evitare di produrre analisi anche molto approfondite ma incapaci di giungere ad una sintesi operativa ed efficace. La complessità paesistica richiede adeguati strumenti conoscitivi ed articolate competenze disciplinari in grado di individuare le componenti costitutive ed i meccanismi evolutivi.

I caratteri salienti del paesaggio sono già stati anticipati nella disamina del PTR e del PTCP. Nel prosieguo, si vogliono fornire altri spunti descrittivi desunti dai tre Piani di Governo del Territorio dei comuni di Oltre il Colle, Oneta e Gorno.

Il PGT del Comune di **Oltre il Colle**, nel Quadro strutturale - Unità tipologiche di paesaggio del proprio PGT, descrive le grandi categorie di articolazione del paesaggio del proprio territorio, osservato prestando attenzione alla presenza di alcune categorie di elementi fisici, di origine naturale o antropica, e alle loro relazioni reciproche. È una chiave di lettura che può consentire di comprendere:

- le ragioni per cui gli stessi elementi costitutivi organizzati secondo modalità differenti possano dare luogo a differenti declinazioni di uno stesso paesaggio;
- le regole secondo cui uno specifico paesaggio si è evoluto.

In particolare, la riconoscibilità delle regole di organizzazione degli elementi territoriali è la condizione che permette di definire politiche di tutela del paesaggio che non siano la mera salvaguardia, pur irrinunciabile in determinati contesti, ma che consentano di definire per le trasformazioni territoriali le condizioni di coerenza con i caratteri paesistici. La verifica, l'interpretazione e la successiva articolazione degli strumenti sovraordinati riconduce il paesaggio di Oltre il Colle a tre tipologie:

- il paesaggio della montagna e delle dorsali prealpine;
- il paesaggio delle valli prealpine;
- il paesaggio degli ambiti urbanizzati.

Paesaggi della montagna e delle dorsali: le aree poste alle quote più elevate della montagna prealpina si differenziano da quelle della fascia alpina per diversi motivi. Anzitutto vi predominano le rocce carbonatiche, da cui derivano specifiche morfologie dovute all'erosione carsica; altro motivo di specificità è poi che le morfologie legate al glacialismo hanno carattere relitto, mancandovi attualmente ogni formazione glaciale a causa delle quote non elevate. Un altro motivo ancora è dato dalla presenza di una flora dissimile da quella alpina, anche a motivo della differente composizione dei suoli. Ulteriori motivi di specificità derivano dal fatto che valli e culture valligiane sono qui più aperte verso la pianura, ed infine dalla funzione propria della montagna prealpina di essere una sorta di balconata verso i sottostanti laghi o verso la pianura. Anche l'alta montagna prealpina rappresenta una delle non molte porzioni del territorio lombardo ad alto grado di naturalità, benché anch'essa oggi sia molto fruita dalle popolazioni urbane che trovano qui il più ravvicinato ambito ricreativo. Il limite inferiore di questo ambito non è facilmente determinabile se ci riferiamo semplicemente a delle isoipse; esso si individua sulla base della vegetazione, nel passaggio fra le formazioni arboree controllate dall'uomo e i mugheti striscianti, poi all'arbusteto e alle praterie d'alta quota. Molte delle famiglie e degli elementi costitutivi di questa tipologia sono gli stessi che si ritrovano nei paesaggi della montagna alpina. Le differenze sono sfumate e attengono a caratteri specifici di determinate aree.

Anche i paesaggi della montagna prealpina, caratterizzati da un elevato grado di naturalità, vanno tutelati con una difesa rigida delle loro particolarità morfologiche, idrografiche, floristiche e faunistiche. Il principio di tutela deve basarsi sulla difesa della naturalità come condizione necessaria per la fruizione caratteristica di questi ambiti vocati all'escursionismo, all'alpinismo, al turismo, oltre che per la loro importanza nel quadro ecologico regionale. Il rispetto della naturalità è il rispetto per il valore stesso, oggi impagabile, di tali ambiti in una regione densamente popolata e antropizzata. Importanti elementi di connotazione sono quelli legati alle eredità glaciali, al carsismo, alle associazioni floristiche particolari. Anche la panoramicità della montagna prealpina verso i laghi e la pianura è un valore eccezionale che va rispettato. Ogni edificazione o intervento antropico deve essere assoggettata a una scrupolosa verifica di compatibilità.

Le grandi manifestazioni del rilievo prealpino innalzano le loro vette verso i 2.500 metri d'altitudine nelle parti più interne, ma anche in prossimità della pianura raramente scendono al di sotto dei 1.000-1.200 metri. In questo modo la loro emergenza è sempre alta e netta con forti dislivelli, elemento visivo di forte attrazione dalla pianura, grande bastionata che segna il principio del grande anfiteatro alpino. Molto spesso, a differenza delle vette alpine, la sommità dei rilievi qui si presenta in ampie groppe ondulate, prative, di grande respiro. Ma la grande varietà degli aspetti geologici rende talvolta il paesaggio estremamente differenziato: è il caso delle torri, delle creste e

delle guglie dolomitiche della Grigna e del Resegone, della Presolana; è il caso dei ripidi versanti solcati da canaloni e rigati trasversalmente o obliquamente da lunghe balze e cornici rocciose; è il caso delle vaste aree soggette a carsismi. Il limite del bosco è in genere più basso rispetto alla zona alpina, non superando i 1.600-1.800 metri.

Le Prealpi, per la natura calcarea che per grandi parti le interessa, presentano un nutrito e variato ventaglio di manifestazioni dovute all'azione erosiva delle acque: marmitte glaciali, cascate (Troggia in Valsassina, del Serio a Valbondione), orridi e "Vie Mala" (Valle del Dezzo, Valle dell'Enna), piramidi di terra (Zone), pinnacoli ("bottiglione" di Val Parina, guglia di San Giovanni sopra Lovere). Notevoli anche alcuni fenomeni di glacialismo residuale, in particolare quelli che hanno formato altipiani o terrazzi (Caglio-Sormano in Vallassina, Cainallo sopra Esino Lario, piano del Tivano), ma anche gli isolati massi erratici, o "trovanti". Infine i fenomeni carsici quali solchi, campi solcati, vasche e canali, ponti naturali, cellette di erosione, lacche, doline, grotte, pozzi, ecc.

Per la loro felice esposizione le Prealpi possiedono i migliori belvedere panoramici della Lombardia, facilmente accessibili e tradizionalmente celebrati dalla frequentazione popolare. Si tratta di cime, terrazzi, balconate aperte sui laghi o sulla pianura, dove l'occhio si perde all'infinito fra quinte montuose e larghi orizzonti di pianura. La loro eccezionalità va salvaguardata da un eccessivo affollamento di impianti e di insediamenti.

Paesaggi delle valli prealpine: le valli della fascia prealpina hanno in generale un andamento trasversale; incidono il versante da nord a sud, trovando i loro sbocchi nella pianura. Alcuni di questi solchi vallivi - i maggiori come la Valcamonica - hanno origine nella fascia alpina più interna e sono occupati, nella loro sezione meridionale, da laghi, i cui bacini sono un ambito paesaggistico di netta specificazione. In generale le valli prealpine sono molto ramificate, comprendendo valli secondarie e laterali che inducono frammentazioni territoriali spesso assai pronunciate. Valli e recessi vallivi sono dominati da massicci, pareti calcaree o da altipiani; attraversano fasce geolitologiche di varia natura, connotando il paesaggio con i loro cromatismi. La Val Brembana ne è un esempio tipico: forre e gole dove il fiume attraversa rocce compatte (dolomie, porfidi), quindi conche e pianori, cosparsi di villaggi, dove i versanti sono composti di marne e calcari teneri ma anche ripiani soleggiati di mezzacosta dove si radunano i nuclei più antichi. Le vallate maggiori (Seriana, Cavallina, Sabbia, Trompia...) hanno un fondo piatto ma rinserrato, alluvionale (la morfologia glaciale è ovunque meno conservata che nelle valli alpine), mentre le loro diramazioni si presentano spesso intagliate a "V", ma frequenti sono anche i casi di valli maggiori con questa forma (Val Brembana, Valle Imagna), con versanti ripidi. Le valli prealpine sono di antichissima occupazione umana. La presenza delle acque ne fece importanti fulcri di attività paleoindustriali e poi industriali. Questo ha intensificato il popolamento tanto che oggi i fondivalle, fino alla loro

porzione mediana, si saldano senza soluzione di continuità con la fascia di urbanizzazione altopadana, apparendo come ingolfature di questa. I versanti vallivi presentano ancora un'organizzazione di tipo alpino, con i maggenghi e gli alpeggi sulle aree elevate e sugli altipiani. Estese si presentano le superfici di latifoglie forestali. Tuttavia si rilevano sensibili differenze nel paesaggio passando dalle sezioni superiori a quelle inferiori: nelle seconde ci si avvicina ormai al paesaggio delle colline, in cui è esigua l'incidenza altitudinale dei versanti e il clima più influenzato dalla pianura, nelle prime il paesaggio e l'organizzazione che lo sottende si avvicina a quello alpino. Le differenze sono anche nelle coltivazioni e nei modi storici dell'insediamento umano.

Le valli prealpine sono state soggette all'azione antropica in modi più intensi di quelli della fascia alpina. Nelle sezioni prossime agli sbocchi le ingolfature urbane e industriali altopadane hanno malamente obliterato l'organizzazione valliva tradizionale. Si impongono interventi di ricucitura del paesaggio (si pensi al tratto inferiore della Val Seriana fra Bergamo e Albino). Si deve limitare la progressiva saturazione edilizia dei fondivalle. La costruzione di grandi infrastrutture viarie deve essere resa compatibile con la tutela degli alvei e delle aree residuali. Ogni segno della presenza boschiva nei fondivalle deve essere preservato. Si devono ridurre o rendere compatibili impianti e equipaggiamenti (aree industriali, commerciali) che propongano una scala dimensionale non rapportata con i limitati spazi a disposizione. Va tutelata l'agricoltura di fondovalle. Vanno riabilitati i tracciati e i percorsi delle vecchie ferrovie e tramvie, anche come canali preferenziali di fruizione turistica e paesaggistica (Val Seriana, Val Brembana).. Particolare attenzione va rivolta al restauro e alla "ripulitura" urbanistica e edilizia dei vecchi centri e nuclei storici. Altrove va salvaguardato tutto ciò che testimonia di una cultura valligiana e di una storia dell'insediamento umano che inizia già nella preistoria prima sui crinali e poi man mano verso il fondovalle. Gli indirizzi di tutela vanno esercitati sui singoli elementi e sui contesti in cui essi si organizzano in senso verticale, appoggiandosi ai versanti (dall'insediamento permanente di fondovalle, ai maggenghi, agli alpeggi); rispettando e valorizzando la trama dei sentieri e delle mulattiere (si pensi a noti percorsi storici commerciali come la Priula in Val Brembana e la Via dei Trafficanti in Val Serina), i coltivi, gli edifici d'uso collettivo, gli edifici religiosi, ecc. Le testimonianze dell'archeologia industriale così come quelle dell'attività agricola (campi terrazzati, ronchi, ecc.) vanno salvaguardate nel rispetto stesso degli equilibri ambientali. Questi invocano un'attenzione particolare alle situazioni morfologiche e idrografiche, nonché al tessuto vegetazionale, con le sue diverse associazioni altitudinali. Le colture agricole (vigneti, frutteti, castagneti) vanno considerate come elementi inscindibili del paesaggio e dell'economia della valle. Una tutela importante è quella che deve assicurare la fruizione visiva dei versanti e delle cime sovrastanti, in particolare degli scenari di più consolidata fama. Si devono mantenere sgombre da fastidiose presenze le dorsali, i

prati d'altitudine, i crinali in genere e i punti di valico (si constati l'affollamento edilizio realizzato dopo la costruzione della rotabile che sale al Colle di Zambla nelle Prealpi bergamasche o al Colle del Gallo, sopra Gaverina Terme).

Anche i grandi quadri paesistici che preludono e concludono il percorso di una valle vanno protetti. Si è già accennato alle testate vallive nelle valli secondarie. Bisogna completare il discorso con un accenno all'importanza dei fronti e dei versanti, specie quando questi, come è comune nella Lombardia, spiccano all'improvviso dal morbido accavallarsi delle ondulazioni collinari. All'inizio della Valle Imagna due montagne che si innalzano a cono (il Monte Ubione e il Monte Castra), oltre a ricordarci nei loro nomi antiche presenze militari, si rivelano anche, nella loro quasi perfetta simmetria, i due grandiosi stipiti della 'porta' d'accesso alla valle (uno dei quali purtroppo sgretolato da una vistosa cava). Ma anche i versanti che compongono lo sfondo di lunghe porzioni di valle (come, ad esempio, il versante e i terrazzi di Cevo che, in Valcamonica sono visibili fin da Breno) sono meritevoli di attenzione e conservazione. Occorre pertanto adottare particolari cautele affinché ogni intervento in tali luoghi, anche se di limitate dimensioni, sia mimetizzato e opportunamente inserito nel paesaggio. Ma le uscite dalle valli sono anche luoghi paradigmatici per il sistema idrografico, quando un torrente scava una gola o dirompe improvviso nel fondovalle principale, quando un fiume mette le sue acque in un lago. È fin troppo nota l'importanza naturalistica, storica e paesaggistica del Pian di Spagna, forse il più emblematico di tali particolari contesti e sono pur conosciute le attuali pressioni e i progetti destinati a trasformare tale zona in un enorme 'città' commerciale. In realtà questi sono eminenti luoghi di paesaggio, la cui scomparsa o alterazione provoca una perdita di fisionomia caratteristica dell'unità tipologica di cui stiamo trattando. In questo senso invece una nota positiva è l'attenta azione di protezione e conservazione dell'assetto naturale che si sta esercitando, previo il coinvolgimento dei Comuni locali, attorno allo splendido bacino del lago d'Endine, in Val Cavallina.

Il paesaggio urbano interessa una piccola parte del territorio comunale; è dato dall'insieme degli insediamenti urbani e dalle loro relazioni. Gli insediamenti urbani consolidati si possono fare coincidere con il capoluogo e le frazioni.

Dalle strade il paesaggio viene percepito in movimento, l'interazione fra i diversi livelli di scala è quindi dinamica: la qualità del paesaggio, pertanto, non dipende soltanto dalla coerenza delle relazioni che si presentano fra i diversi livelli in un dato luogo, ma soprattutto dalla coerenza complessiva nella transizione da un luogo ad un altro. Il paesaggio urbano ha, nel quadro paesistico d'insieme, un significato univoco: se le tipologie di paesaggio viste prima rappresentano il "contesto" della città, è però principalmente attraverso la città, ossia attraverso le condizioni che lo spazio urbano offre alla percezione, che quegli ambiti vengono percepiti, vengono posti in relazione

fra loro e quindi assumono la loro specifica valenza paesistica. Nel determinare la qualità del paesaggio urbano hanno quindi un ruolo le altre tipologie di paesaggio ma allo stesso tempo, la qualità dello spazio urbano determina il modo in cui tali tipologie possono integrarsi nel quadro paesistico d'insieme.

La tutela si esplica nella salvaguardia delle componenti storicizzate della città: tessuti urbani, edifici e spazi aperti, nella salvaguardia delle relazioni percettive dagli spazi pubblici verso il paesaggio dei capisaldi del sistema paesistico, e nell'evitare nuovo consumo di suolo non urbanizzato.



Figura 322 – Oltre il Colle ai piedi della conca dell'Alben.

Le valutazioni paesaggistiche operate dal PGT di Oneta sono finalizzate a descrivere le condizioni e le qualità dei luoghi, a definire le soglie cui debbono opportunamente riferirsi le scelte del PGT e a predisporre documenti di riferimento per la valutazione dell'impatto e dell'incidenza paesistica dei progetti che sottendono modificazioni dei luoghi. L'applicazione ha considerato tutto il territorio comunale tenendo conto anche delle qualità dell'intorno e prendendo le mosse dalle indicazioni di natura paesistica del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Bergamo. Ad esso si affiancano le applicazioni relative agli usi del suolo, agli aspetti geomorfologici e alle considerazioni degli aspetti strutturali, vedutistici e testimoniali di cui si rende conto nelle

indicazioni del PGT “Componente paesaggistica del PGT”. Per la valutazione dell’esame paesistico, il PGT propone un approccio risultante tra il livello di incidenza e la sensibilità dei luoghi che viene valutata secondo tre distinti approcci. Un primo modo di valutazione della sensibilità è quello “morfologico- strutturale” che valuta l’appartenenza del sito a eventuali “sistemi”, che determinano l’organizzazione di quel territorio attraverso la presenza e l’uso di regole, per la sua trasformazione e la realizzazione di opere che sono tacitamente e storicamente assunte dal sistema sociale locale. Un secondo aspetto rilevante è quello della “visibilità o di covisibilità” tra il luogo e l’intorno, essendo evidente come sia diverso il caso in cui le qualità morfologico-strutturali siano riconoscibili attraverso la cartografia (o la visione di particolare dettaglio) oppure percepibili direttamente nella vista panoramica ad ampio raggio. Per ultimi, ma altrettanto importanti nel riconoscimento paesaggistico di un luogo, sono gli aspetti soggettivi, cioè il significato che, nell’immaginario collettivo, viene attribuito a quel luogo in relazione a “valori simbolici” che ad esso vengono associati. In altri termini, il giudizio complessivo circa la sensibilità paesistica dei luoghi viene formulato sulla base di una serie di analisi e valutazioni che attengono appunto agli aspetti “morfologico- strutturali”, “vedutistici-percettivi” e “simbolici”.

Il PGT fa propri i principi affermati dai diversi strumenti di pianificazione sovraordinata (PTPR; PTCP) relativi alla valutazione dei progetti di trasformazione del territorio, che sottolineano come:

- la qualità paesistica rappresenti un primario valore territoriale e come, pertanto, dette finalità vadano perseguite ovunque, su ogni parte del territorio;
- la tutela e la valorizzazione del paesaggio non possano attuarsi solo tramite politiche e strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale e come, pertanto, un ruolo determinante sia svolto dai progetti di trasformazione del territorio;
- il miglioramento della qualità paesistica delle trasformazioni non sia definibile a priori tramite regolamenti e norme generali e passi, necessariamente, attraverso la profonda conoscenza dei luoghi in cui si opera;
- ogni intervento che operi una trasformazione del territorio sia potenzialmente un intervento di trasformazione del paesaggio;
- l’aspetto di un intervento e il conseguente esito paesistico siano sostanzialmente valutabili solo a seguito della sua completa definizione progettuale relazionata al contesto.

A tale proposito, giova ricordare come la peculiarità dei diversi paesaggi del passato si ritrova nella ripetitività degli elementi antropici, in senso stilistico e funzionale, siano essi architetture, trame viarie, uso dello spazio coltivabile, utilizzazione della vegetazione, ecc.

Ripetitività od omogeneità a livello locale, che sono il frutto, nell’ambito di economie e culture chiuse, di elaborazioni stilistiche particolari, di gusti ed esperienze tecniche proprie, di

valorizzazioni degli spazi e delle risorse locali in forme adeguate alle condizioni economiche e ai rapporti di produzione consolidati, per cui solo quel tipo di casa, quel tipo d'insediamento, quel tipo di intervento nelle campagne, quel dato rapporto tra insediamento e dintorno coltivato avevano funzionalità. Da ciò la peculiarità, la diversità, l'originalità e l'identità di questi paesaggi. Questa identità dei paesaggi, determinata dalla loro riconoscibilità e leggibilità come sistemi strutturali sia naturalistici che antropici, definisce anche il loro grado di sensibilità che varia a seconda che tali sistemi siano più o meno conservati nella loro integrità o, al contrario, modificati da recenti trasformazioni.



Figura 323 – Oneta.

Alla scala regionale, il Comune di **Gorno** si colloca tra la fascia alpina e quella prealpina del sistema territoriale della montagna, complesse dal punto di vista insediativo e morfologico e quindi ricche di risorse naturali ed economiche. In queste aree il PTR individua numerosi punti di forza, tra i quali un paesaggio connotato dalla forte permanenza di caratteri naturali, una varietà del paesaggio agrario improntato dall'uso agroforestale del territorio ed un'alta qualità storica e culturale, ma anche altrettanti punti di debolezza, quali una forte pressione insediativa e ambientale su territori

altamente sensibili, nonché un'alta fragilità idrogeologica. Geograficamente l'ambito è limitato a nord dalla testata della Valle Seriana superiore e sui lati da rilievi intermedi che interrompono i sistemi di versante. Il paesaggio di questo tratto di valle si presenta diversificato in ragione delle quote altimetriche e delle componenti naturalistiche, dando vita a definiti ambienti dalle connotazioni distinte. Per la disamina paesaggistica alla scala provinciale, il PGT si rifà alla descrizione dell'unità paesistico-territoriale di riferimento approntata dal PTCP, descrivendone in particolare l'ambito della Valle del Riso. La valle è una diramazione occidentale della Val Seriana. Inizia dal Colle di Zambla, che la divide dalla Val Serina, in un suggestivo scenario montuoso incastonato tra il Monte Alben ed il Monte Arera. Scendendo a valle si incontrano i nuclei abitativi di Cantoni, Scullera e Chignolo, tutte frazioni di Oneta, per poi imbattersi in Gorno e sfociare nella Val Seriana appena a sud dell'abitato di Ponte Nossa.

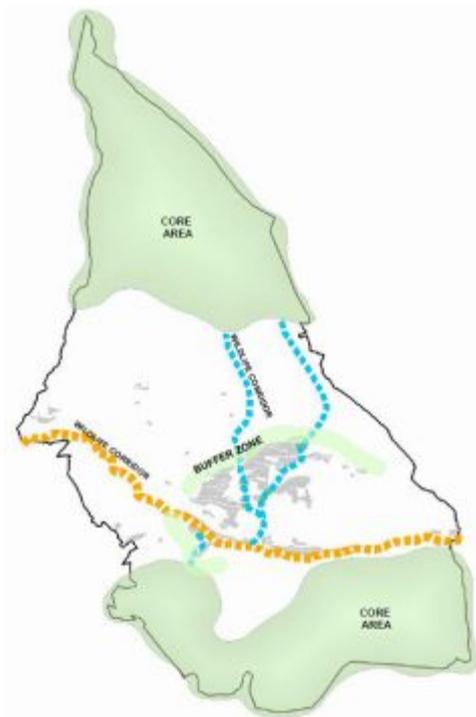


Figura 324 – Schema della Rete Ecologica Comunale di Gorno.

Per dare forma ad una rete ecologica nel Comune di Gorno, sono state recepite le componenti della rete ecologica di livello regionale e provinciale e sono state messe a sistema con le aree verdi nel comune non appartenenti alle reti sovra locali; tutte le aree sono state classificate secondo la matrice strutturale teorica della rete ecologica: *core areas* (le principali due core areas coincidono con i territori interessati dai siti della Rete Natura 2000, dal Parco Regionale delle Orobie Bergamasche nonché con le aree boscate situate a sud del Torrente Riso), *buffer zones* (le zone cuscinetto, ove sia necessario attenuare le cause derivate dalle antropizzazioni, costituite dalla fascia di terreni agricoli compresi tra le aree urbanizzate o sedi di nuove infrastrutture e le aree agricole, finalizzate a

mitigare il contatto tra le zone a vocazione agricola ed in possesso di un grado di naturalità e il territorio edificato), *stepping stones* (soprattutto corrispondenti alle aree verdi presenti all'interno del territorio urbanizzato, che costituiscono punti d'appoggio per il passaggio della fauna attraverso i corridoi ecologici), *wildlife corridors* (il corridoio più rilevante presente sul territorio di Gorno coincide con il Torrente Riso, la principale asta fluviale della valle. Da questo è possibile individuare altri corridoi minori, in grado di agevolare il passaggio della fauna dal fiume alla core areas posta a nord del confine comunale, rappresentati da corridoi aerei insistenti su punti d'appoggio presenti sul territorio (*stepping stones*). La determinazione della frammentazione, nonché delle connessioni esistenti e delle discontinuità, è stata possibile attraverso una stratificazione delle naturalità tramite la creazione di un database naturalistico, che non si è basato soltanto sulla mera individuazione cartografica degli elementi, ma si è spinto verso la ricerca di una continuità ambientale funzionale agli obiettivi di conservazione.



Figura 325 – Gorno.

Per la disamina degli effetti sul paesaggio si rimanda ai relativi Paragrafi contenuti nel prosieguo del presente SIA.

7.1.7 Aspetti archeologici

In merito all'istanza di ampliamento della concessione mineraria "Monica" si è ampliato il lavoro iniziato nel 2015 con il sopralluogo alla Galleria Forcella. La coltivazione della concessione "Monica" si svolgerà prevalentemente in galleria con pochi interventi in superficie; tuttavia prima di iniziare questa attività sia i responsabili della miniera che le autorità preposte alla salvaguardia e tutela del patrimonio naturalistico e storico- archeologico hanno ritenuto opportuno effettuare una ricerca per verificare la potenzialità di impatto sul territorio.

L'area in cui si trovano i giacimenti minerari, presenta un delicato ecosistema e si trova all'interno di un territorio compreso nella Zona di Protezione Speciale "Parco Orobie Bergamasche" e nella Zona Speciale di Conservazione "Val Nossana – Cima di Grem", con la contermine ZSC "Valle Parina" ad ovest del torrente Carnera.

I lavori, potenzialmente, potrebbero coinvolgere gallerie di miniere o cavità naturali utilizzate dall'uomo nel passato. A tale proposito nei mesi di Settembre, Ottobre e inizio Novembre 2016 si sono svolti una serie di sopralluoghi nell'area del Comune di Oltre il Colle (BG) tra i torrenti Carnera e Vedra, allo scopo di individuare tracce di antropizzazione antiche, per la ricerca di archeologia preventiva.

I lavori di scavo minerario si svolgeranno nell'area già perimetrata del pannello minerario n° 7, denominato "Pannello Zorzone", posto ad una profondità tale che difficilmente andrà ad interferire con l'eventuale presenza di manufatti d'interesse archeologico. Gli scavi delle antiche miniere difficilmente penetravano nella montagna a quote profonde come quelle odierne, ma gli interventi ai tunnel già esistenti che portano all'interno della miniera dovranno essere chiusi per esigenze di sicurezza e tali lavori potrebbero andare ad interferire con eventuali depositi stratigrafici d'interesse archeologico a tale proposito si sono monitorate anche le aree limitrofe agli imbocchi delle gallerie.

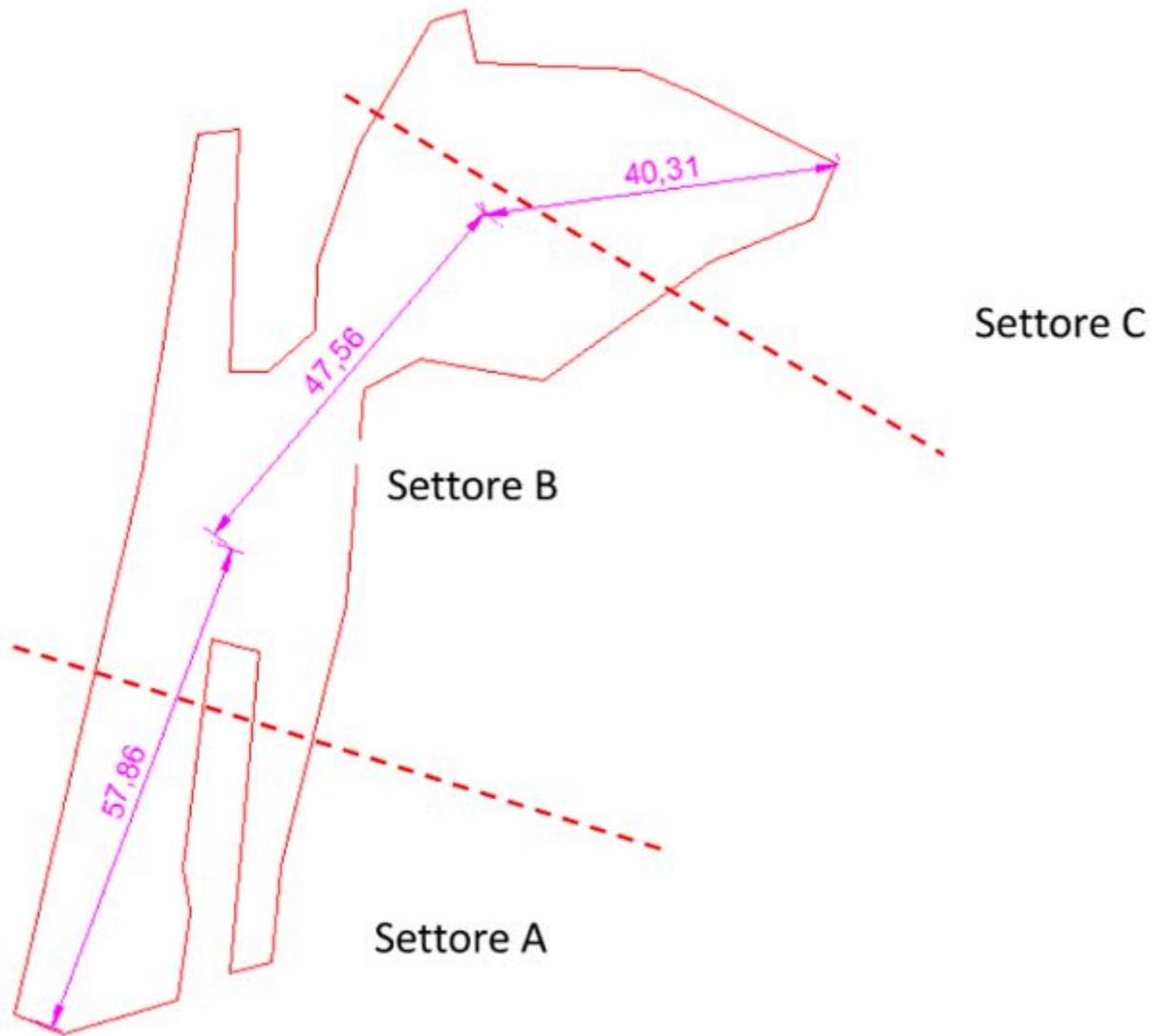


Figura 326 – Area di ricerca archeologica. In rosso il perimetro del pannello Zorzone; i tratteggi dividono le aree dei tre settori presi in esame.

Rimandando alla relazione specialistica per maggiori approfondimenti (curato dalla Società di Ricerche Archeologiche “Archeo Studi Bergamo s.r.l.”), ciò che è emerso che dai sopralluoghi svolti dagli archeologi incaricati, all’interno dell’area presa in esame, non sono emerse evidenze d’interesse archeologico presenti in superficie che vadano a impattare con i lavori d’estrazione mineraria e di messa in sicurezza del sedime. Anche se la ricognizione di superficie ha evidenziato una serie di strutture di potenziale valenza archeologica, dislocate sia nell’area dell’intervento minerario, sia nelle sue adiacenze. Le strutture potrebbero essere riferibili a differenti orizzonti cronologici, forse dall’età pre-protostorica all’età recente. La Soprintendenza dovrà a questo punto valutare i possibili o necessari approfondimenti di valutazione stratigrafica, funzionale e cronologica delle strutture che riterrà opportuno.

7.1.8 Rumore

Le emissioni sonore sono uno degli aspetti ambientali caratteristici del tipo di attività in progetto, in relazione a tre elementi:

- Attività estrattiva vera e propria (presumibilmente poco significativa poiché svolta in sottosuolo)
- Traffico indotto dall'attività estrattiva
- Attività di trattamento materiale estratto (laveria)

La valutazione dello stato di fatto attuale è indispensabile per caratterizzare l'area potenzialmente influenzata dai tre elementi citati e definire una base rispetto alla quale valutare l'impatto dell'opera in termini acustici.

A tale scopo è stata eseguita una campagna di rilievo strumentale finalizzata a definire in modo esaustivo il clima acustico esistente nell'area. Il presente capitolo illustra le caratteristiche acustiche dell'area emerse da tale campagna, in relazione al quadro normativo vigente in termini di immissioni acustiche.

Tali risultati serviranno da punto di partenza per la valutazione previsionale di impatto acustico dell'attività.

Riferimenti normativi

Normativa statale

- DPCM 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", G.U. 8 marzo 1991, serie g. n. 57.
- Legge 26 ott. 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico", G.U. 30 ottobre 1995, serie g. n. 254.
- DPCM 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", G.U. 1 dicembre 1997, serie g. n. 280.
- DM 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", G.U. 1 aprile 1998, serie g. n. 76.
- DPR 30 marzo 2004, n. 142, dal titolo "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare".

Normativa Regione Lombardia

- Legge regionale 10 agosto 2001 n.13 "Norme in materia di inquinamento acustico", B.U.R.L. 13 agosto 2001, 1° Suppl. Ord. al n. 33.
- Regolamento regionale 21 gennaio 2000 n. 1 "Regolamento per l'applicazione dell'articolo 2, commi 6 e 7, della legge 26 ottobre 1995, n. 447 - Legge quadro sull'inquinamento acustico", pubbl. B.U.R.L. 1° suppl. Ordinario al n. 4 del 25 gennaio 2000.
- DGR 8 marzo 2002 n.VII/8313, Approvazione del documento "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico", pubbl. B.U.R.L. serie ordinaria n. 12 del 18 marzo 2002.

La legge 447/1995 stabilisce il rispetto dei limiti assoluti e del criterio differenziale, sulla base della suddivisione dei territori comunali in zone acustiche stabilite dai Piani di Classificazione Acustica (PCA) adottati o approvati dai comuni stessi.

Le tipologie di limite previste sono 3:

1. Limite assoluto di immissione, stabilito dalla classe del PCA e riferito all'insieme delle sorgenti che insistono sul punto di misura. Va verificato presso i ricevitori, ove presenti, o comunque in spazi usati da persone e comunità.
2. Limite assoluto di emissione, stabilito dalla classe del PCA e riferito a una sorgente specifica che insiste sul punto di misura. Va verificato in prossimità della sorgente in spazi fruibili da persone e comunità.
3. Criterio differenziale in base al quale, indipendentemente dalle classi di Piano, la differenza tra rumore ambientale (= con le sorgenti disturbanti attive) e il rumore residuo (= con le sorgenti disturbanti non attive) non deve superare i 5 dB di giorno e 3 dB di notte.

Il criterio differenziale NON si applica nelle seguenti situazioni:

1. (art.4, comma 1 D.P.C.M 14/11/97) nelle aree classificate nella Classe VI (aree esclusivamente industriali);
2. (art.3. D.M. 11/12/96) agli impianti a ciclo produttivo continuo, antecedenti al 1997 e che rispettano i valori assoluti di immissione;
3. (art.4, comma 2 D.P.C.M 14/11/97) quando, all'interno degli ambienti abitativi, il livello di rumore sia inferiore a:

CONDIZIONE DI MISURA	Tempo di riferimento DIURNO (06.00-22.00)	Tempo di riferimento NOTTURNO (22.00-06.00)
Finestre aperte	Leq < 50	Leq < 40
Finestre chiuse	Leq < 35	Leq < 25

Tabella 92 - Applicabilità criterio differenziale (art.4 co.2 DPCM 14/11/1997).

Di seguito si riporta una tabella che illustra limiti imposti per ogni classe acustica.

Zonizzazione	Immissione		Emissione	
	Lim. diurno dB(A)	Lim. notturno dB(A)	Lim. diurno dB(A)	Lim. notturno dB(A)
Classe I	50	40	45	35
Classe II	55	45	50	40
Classe III	60	50	55	45
Classe IV	65	55	60	50
Classe V	70	60	65	55
Classe VI	70	70	65	65

Tabella 93 - Limiti di piano (art.2 e 3 DPCM 14/11/1997).

Con l'entrata in vigore del D.P.R. n. 142 del 30/03/2004 (Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art.11 L.447/95), in attuazione dell'articolo 11 della legge 447/1995, sono infine definiti specifici limiti di immissione di rumore derivante da **traffico veicolare**. Il decreto fasce di pertinenza dipendenti dal tipo di infrastruttura:

- autostrade
- strade extraurbane principali
- strade extraurbane secondarie
- strade urbane di scorrimento
- strade urbane di quartiere
- strade locali

All'interno delle fasce di pertinenza, sono stabiliti limiti di immissione in funzione di:

- Tipo di infrastruttura
- Infrastruttura già esistente
- Infrastruttura di nuova realizzazione
- Tipo di ricettore (scuole, ospedali, case di cura e case di riposo, residenze, ecc...)
- Periodo di riferimento (Diurno – Notturno)

Al di fuori della fascia di pertinenza, anche per le infrastrutture dovranno essere rispettati i limiti stabiliti dal Piano di Classificazione Acustica Comunale.

Nelle tabelle che seguono vengono individuate le fasce di pertinenza in funzione dell'infrastruttura e i rispettivi limiti di immissione.

LIMITI DI IMMISSIONE PER STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI (DPR 30 MARZO 2004, N. 142)*						
Tipo di strada	Sottotipi a fini acustici (secondo Norme CNR '80 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
		(m)				
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 80)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				
Per le scuole vale il solo limite diurno						

LIMITI DI IMMISSIONE PER STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE (DPR 30 MARZO 2004, N. 142)*						
Tipo di strada	Sottotipi a fini acustici (secondo Dm 5.11.01)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
		(m)				
A - autostrada		250	50	40	65	55
B – extraurbana principale		250	50	40	65	55
C – extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				
Per le scuole vale il solo limite diurno						

Tabella 94- Limiti di immissione in presenza di traffico veicolare

Le fasce di pertinenza stradali di cui alle tabelle precedenti sono pertanto caratterizzate da un regime di limiti che distingue il traffico stradale dalle restanti sorgenti che insistono sul territorio. Infatti l'art. 3 co.2 del D.P.C.M. 14/11/97 prevede che per le infrastrutture stradali i limiti assoluti di immissione non siano applicabili all'interno di tali fasce. All'esterno delle stesse le infrastrutture stradali concorrono al raggiungimento dei suddetti limiti. Al traffico stradale si applicano invece i limiti di cui alle tabelle precedenti. Peraltro la procedura tecnica per la determinazione del rumore da traffico stradale è definita dal D.M. 16/03/98 (All.C, punto 2) che dispone che il monitoraggio dello stesso, data la sua casualità, debba eseguirsi con un tempo di misura non inferiore a una settimana, rilevando il Leq(A) per ogni ora su tutto l'arco delle 24 h, per poi calcolare i dati diurni e notturni riferiti ad ogni giorno della settimana e quelli relativi alla media settimanale, sempre diurna e notturna.

Inquadramento del territorio e limiti acustici

Le aree potenzialmente impattate dall'attività in studio saranno le seguenti:

- Comune di Oltre il Colle, loc. Cà Pasi, presso Zorzone.

Tale sito sarà utilizzato nelle fasi iniziali di sfruttamento del bacino minerario come area di estrazione del minerale (in attesa del completamento della messa in sicurezza e funzionalità della galleria Riso-Parina).

- Comune di Gorno, località Riso.

A completamento della galleria Riso- Parina il materiale estratto sarà trasportato, tramite la stessa, in Comune di Gorno località Riso. Da qui l'area potrà subire un impatto acustico sia in relazione alla movimentazione del materiale e al trasporto dello stesso tramite mezzi pesanti, sia con riferimento all'attività di Laveria prevista in via Lungo Riso.



Figura 327 – Inquadramento generale aree potenzialmente impattate da un punto di vista acustico

Il Comune di Oltre il Colle ha approvato il Piano di Classificazione Acustica con dcc n° 11 del 04/03/2008. La località Cà Pasi è inserita interamente in classe I.

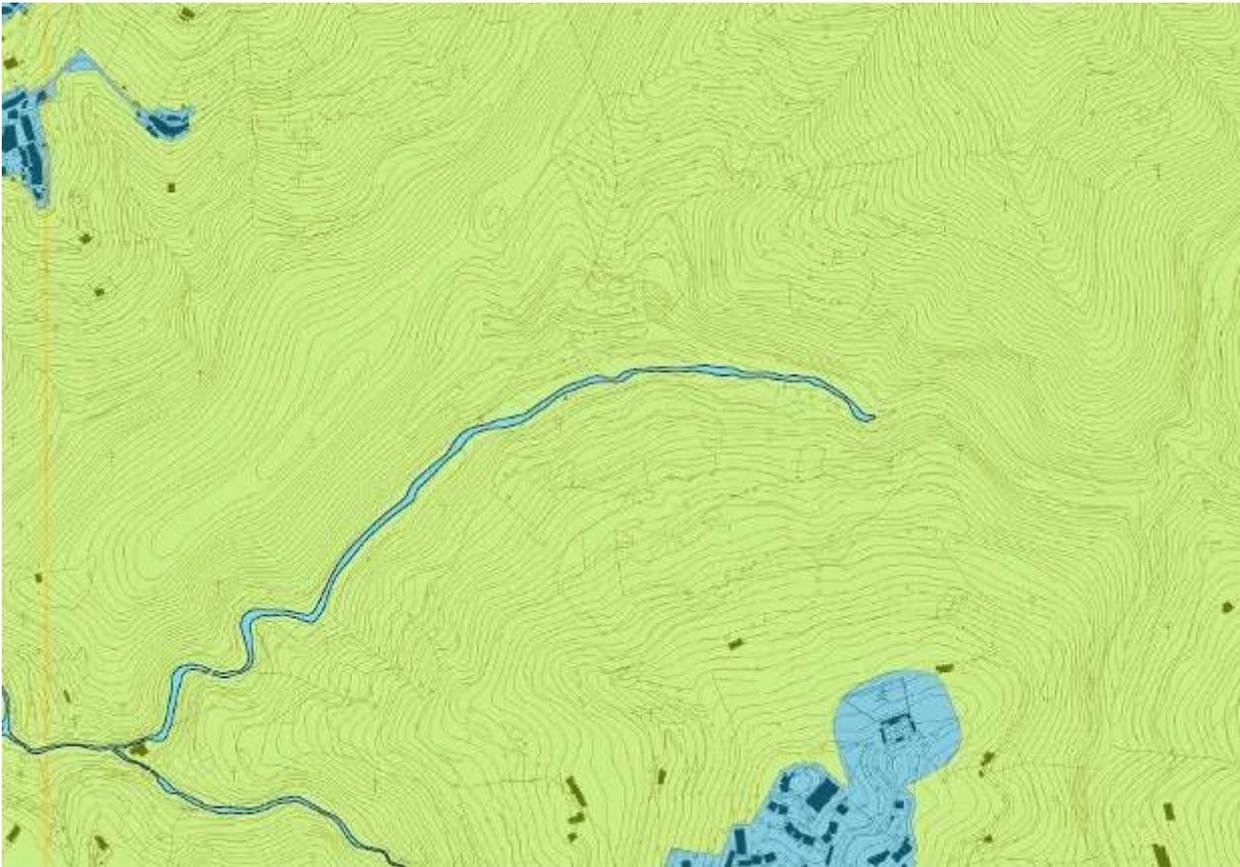


Figura 328 - Estratto Piano di Classificazione acustica Oltre il Colle Località Zorzone

Il Comune di Gorno ha approvato il Piano di Classificazione Acustica con dcc n° 17 del 20/09/2004. Le aree direttamente interessate dall'attività produttiva sono già classificate in V con opportuna fascia cuscinetto in III. La stessa via Lungo Riso è classificata in IV. Le aree strettamente residenziali sono inserite in classe II. Il resto del territorio è classificato in III.



LEGENDA

Valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalenti (LEQ A)
relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio

LIMITI MASSIMI dB (A)

CLASSE		EMISSIONE		IMMISSIONE	
		TEMPO DI RIFERIMENTO			
		diurno	notturno	diurno	notturno
	I Area particolarmente protetta	45	35	50	40
	II Aree prevalentemente residenziali	50	40	55	45
	III Aree di tipo misto	55	45	60	50
	IV Aree di intensa attività	60	50	65	55
	V Aree prevalentemente industriali	65	55	70	60
	VI Aree esclusivamente industriali	65	65	70	70

Figura 329 - Estratto Piano di Classificazione acustica Gorno Località Riso

Gli assi viabilistici interessati dall'attività saranno:

- Via Valle del Riso (classificazione strada di tipo F – fonte PGT Gorno)
- SP46 (classificazione strada di tipo F – fonte PGT Gorno)

Poiché classificati in categoria F per entrambi valgono i limiti stabiliti dalla classe di zonizzazione acustica.

Sorgenti di rumore attuale e recettori

Le aree, allo stato attuale, sono caratterizzate acusticamente come segue:

Oltre il Colle – Località Cà Pasi – Zorzone

Il clima acustico dell'area è riferibile ad un'area montana, naturale, priva di elementi sonori di origine antropica, salvo la presenza attuale delle attività associate ai permessi di ricerca "Parina", "Zambla W", "Vedra" e "Zambla" (approvati dalla regione Lombardia con i Decreti n.3280, 3276, 3702 e 3699).

I lavori riguardano la realizzazione di una discenderia esplorativa e lo svolgimento delle relative attività di ricerca e hanno luogo in sotterraneo, nella miniera denominata "Forcella". L'impatto acustico attuale è pertanto limitato alla movimentazione degli operatori e dei mezzi nel piazzale antistante l'ingresso della Miniera.

I ricevitori nell'area si limitano ad alcuni edifici abitativi/cascine isolate in un intorno di 200/300 metri. I nuclei abitativi prossimi sono ubicati a distanza significativa da un punto di vista acustico e separati rispetto all'area produttiva dalla conformazione morfologica dell'area.

Gli edifici potenzialmente interessati dalle immissioni acustiche sono attualmente classificati in classe I.

Gorno – Località Riso

Attualmente il clima acustico della Località Riso non è influenzato da attività di tipo produttivo. Il livello di pressione sonora misurabile è determinato da:

- Traffico stradale su via Lungo Riso
- Attività antropiche quotidiane in strada e nelle abitazioni
- Rumori naturali di fondo (Torrente Riso, fauna avicola)

L'area è caratterizzata dalla presenza di insediamenti residenziali, dislocati principalmente lungo la via Lungo Riso e la sovrastante SP46. La maggior parte dei ricevitori più esposti alle future attività produttive sono ubicati in classe III di zonizzazione acustica.

Per quel che riguarda l'intorno acustico preso in considerazione in entrambe le località e potenzialmente influenzato dalle eventuali emissioni sonore, non sono presenti recettori sensibili quali scuole, asili, ospedali e case di cura.

Nelle immagini seguenti sono visualizzati i punti ricevitori scelti, in entrambe le località, per la campagna di misura ante operam che serviranno da base di confronto per valutare le modifiche al clima acustico attese dall'attività produttiva in progetto.



Figura 330 – Localizzazione su ortofoto satellitare punti ricevitori Gorno Località Riso



Figura 331 – Localizzazione su ortofoto satellitare punti ricevitori Oltre il Colle Località Cà Pasi

ID PUNTO	Indirizzo	Coordinate	Classe acustica	Limite immissione diurno dBA	Limite immissione notturno dBA	Durata misura
RUMO 01	Via Lungo Riso 39 Gorno	565063.00 m E, 5078911.00 m N	III	60	50	7 gg
RUMO 02	Via Ceruti 2 Gorno	564895.00 m E, 5079154.00 m N	III	60	50	7 gg
RUMO 03	Località Ca Pasi	560526.00 m E, 5083412.00 m N	I	50	40	7gg

Tabella 95 - Punti di monitoraggio rumore

È stata acquisita la disponibilità dei privati per l'alloggiamento dello strumento di misura.

DA VALUTARE L'INTEGRAZIONE CON UN ULTERIORE PUNTO DI MISURA RUMO 04 IN VIA FONDO RIPA, NALL'AREA DESTINATA AL "CONCENTRATE HANDLING AND FILTER PLANT"



Figura 332 – Localizzazione postazione RUMO 01 c/o civico n. 39 di Via Lungo Riso in Comune di Gorno.

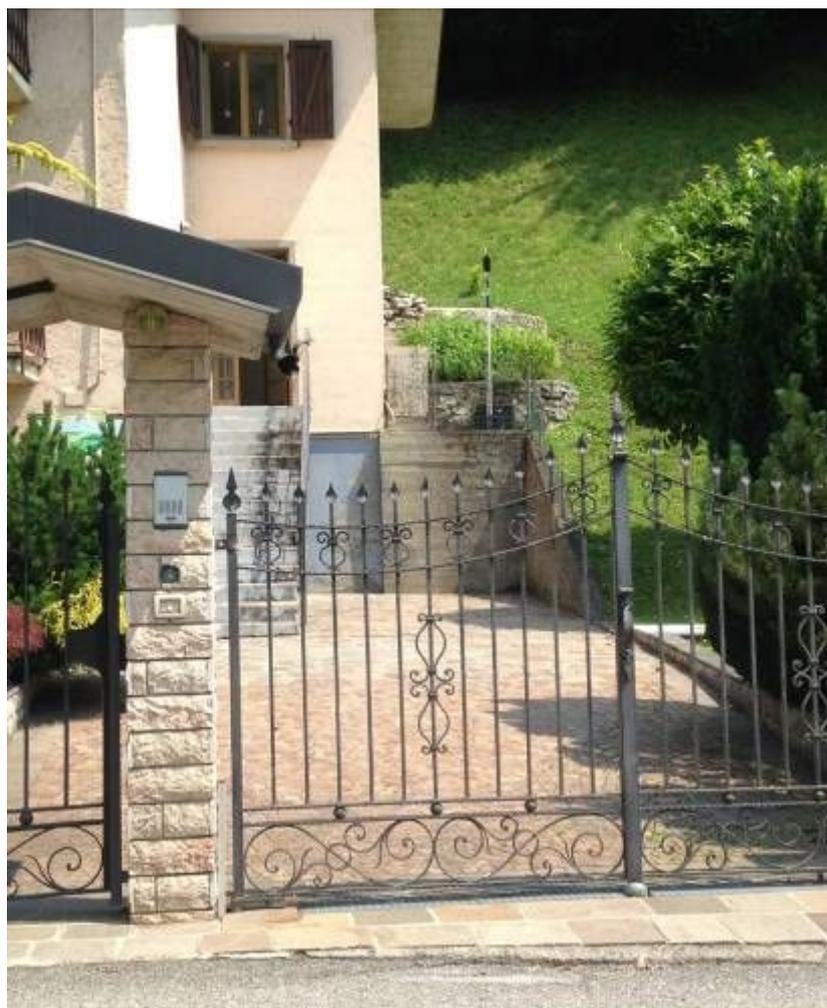


Figura 333 – Dettaglio postazione RUMO 01 c/o civico n. 39 di Via Lungo Riso in Comune di Gorno.



Figura 334 – Localizzazione postazione RUMO 02 c/o civico n. 2 di Via Ceruti in Comune di Gorno.

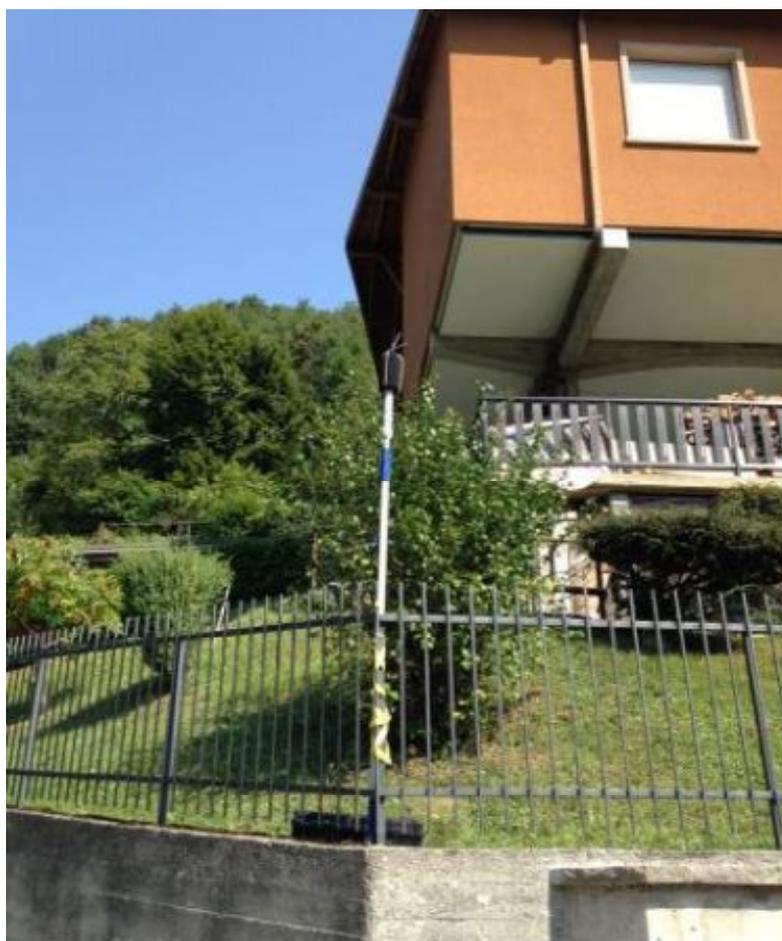


Figura 335 – Dettaglio postazione RUMO 02 c/o civico n. 2 di Via Ceruti in Comune di Gorno.



Figura 336 – Localizzazione postazione RUMO 03 Località Ca Pasi in Comune di Oltre il Colle.

Campagne di misura

Tutte le campagne di misura sono state effettuate in accordo con i criteri stabiliti dal DM 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" e condotte da Tecnico Competente in Acustica riconosciuto dalla Regione Lombardia ai sensi dell'art.2, commi 6 e 7 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

In ogni punto è stato effettuato un rilievo di durata pari ad almeno 7 gg.

ID PUNTO	Comune	Date campagna misura
RUMO 01	Via Lungo Riso 39 Gorno	24.06.2016 - 01.07.2016
RUMO 02	Via Ceruti 2 Gorno	12.09.2016 – 19.09.2016
RUMO 03	Località Ca Pasi	19.09.2016 – 26.09.2016

Tabella 96- Date campagne di misura.

In ogni campagna sono stati rilevati i seguenti parametri:

- Leq su base oraria
- Time History
- Parametri statistici su base oraria (L1, L10, L50, L90, L99)

Catena strumentale

Fonometro integratore Larson Davis modello 824 n° serie 203

Microfono Larson Davis modello 2541 n° serie 5257

Preamplicatore Larson Davis modello PRM902 n° serie 1697

La strumentazione impiegata e il relativo grado di precisione sono conformi alle specifiche di cui alla Classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994, come richiesto dal Decreto Ministeriale del 16/03/1998, sulla base delle cui prescrizioni sono state condotte le misurazioni.

Prima e dopo la serie di misure, lo strumento è stato verificato e calibrato con apposito pistonofono. Il fonometro è stato inoltre sottoposto a taratura presso un centro appartenente al SIT (Servizio di Taratura in Italia).

Condizioni meteorologiche di misura e validazione dati

Le condizioni meteorologiche sono state mediamente favorevoli con assenza di pioggia e con velocità del vento inferiore a 5 m/s, tale da non influenzare i risultati delle misure condotte.

La validità dei dati in relazione alle condizioni meteo è stata verificata a partire dai dati di precipitazione e velocità del vento rilevati dalle centraline Meteo Arpa di Clusone e Zambla o dai laboratori mobili installati contestualmente nell'ambito della campagna di rilievo della qualità dell'aria. Si è provveduto a verificare sui grafici di misura se presenti effettivi innalzamenti del Leq imputabili alle condizioni meteo. In tal caso i dati viziati sono eliminati dal set tramite mascheratura.

Si è inoltre proceduto a invalidazione dei dati in presenza di eventi di natura straordinaria, riconoscibili sui grafici di misura.

I dati meteo, le mascherature dei dati non validi sono contenute nelle schede output allegate e sintetizzati nella tabella seguente:

Punto	Set dati meteo di riferimento	Dati non validati	Motivazione invalidazione
RUMO_01	Centraline Arpa Lombardia Clusone e Zambla	25/06 dalle 12:00 alle 13.00	Precipitazioni
		26/06 dalle 20.00 alle 7.00	Precipitazioni (in parte segnalate da centralina Clusone in parte riconoscibili da grafici)
		30/06 dalle 8.00 alle 19.00	Probabile accensione macchinario
RUMO_02	Laboratorio mobile ATMO 01	13/09 intorno delle ore 5.00	Precipitazioni
		15/09 dalle 9.00 alle 12.00	Precipitazioni
		16/09 h 17.00 – 17/09 h 4.00	Precipitazioni (in parte segnalate da lab mobile in parte riconoscibili da grafici)
		17/09 intorno delle ore 23.00	Precipitazioni
RUMO_03	Laboratorio mobile ATMO 02	nessuno	

Tabella 97- Validazione dati

Risultati

Di seguito si riportano i valori giornalieri e settimanali relativi a periodo di riferimento diurno e notturno in ciascun punto, confrontati con i limiti di legge. Tutti i valori sono arrotondati a 0.5 dB ai sensi del DM 16/03/1998.

Nella tabella dei Leq settimanali sono indicate le sorgenti sonore che insistono sui punti, desumibili dall'osservazione dell'area e dei grafici di misura.

DATA ORA INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
24/06/2016 11:00	50,5	-	60	
24/06/2016 22:00	-	47,5	-	50
25/06/2016 06:00	51,3	-	60	-
25/06/2016 22:00	-	47,5	-	50
26/06/2016 06:00	49,5	-	60	-
27/06/2016 08:49	51,5		60	-
27/06/2016 22:00	-	48,0	-	50
28/06/2016 06:00	50,0		60	-
28/06/2016 22:00	-	47,0	-	50
29/06/2016 06:00	49,5	-	60	-
29/06/2016 22:00	-	49,0	-	50
30/06/2016 06:00	50,5	-	60	-
30/06/2016 22:00	-	46,5	-	50
01/07/2016 06:00	50,0	-	60	-

Tabella 98 - RUMO_01 Leq giornalieri.

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)	TIPOLOGIA DI SORGENTI SONORE
DIURNO	50,5	60	Attività antropica nelle abitazioni, traffico stradale, Torrente Riso
NOTTURNO	47,5	50	Torrente Riso

Tabella 99 - RUMO_01 Leq settimanali.

DATA ORA INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
12/09/2016 12:00	49,0	-	60	
12/09/2016 22:00	-	48,5	-	50
13/09/2016 06:00	51,5	-	60	-
13/09/2016 22:00	-	48,0	-	50
14/09/2016 06:00	51,0	-	60	-
14/09/2016 22:00	-	50,0	-	50
15/09/2016 06:00	50,5	-	60	-
15/09/2016 22:00	-	47,0	-	50
16/09/2016 06:00	53,0	-	60	-
17/09/2016 04:11	-	47,0	-	50
17/09/2016 06:00	53,0	-	60	-
17/09/2016 22:00	-	47,5	-	50
18/09/2016 06:00	52,5	-	60	-
18/09/2016 22:00	-	47,0	-	50
19/09/2016 06:00	49,0	-	60	-

Tabella 100 - RUMO_02 Leq giornalieri.

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)	TIPOLOGIA DI SORGENTI SONORE
DIURNO	51,5	60	Attività antropica nelle abitazioni, traffico stradale, Torrente Riso
NOTTURNO	48,0	50	Torrente Riso, animali notturni (grilli)

Tabella 101 - RUMO_02 Leq settimanali.

DATA ORA INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
20/09/2016 10:59	47,0	-	50	
20/09/2016 22:00	-	43,5	-	40
21/09/2016 06:00	51,0	-	50	-
21/09/2016 22:00	-	43,5	-	40
22/09/2016 06:00	49,5	-	50	-
22/09/2016 22:00	-	42,0	-	40
23/09/2016 06:00	51,5	-	50	-
23/09/2016 22:00	-	42,5	-	40
24/09/2016 06:00	56,5	-	50	-
24/09/2016 22:00	-	41,0	-	40
25/09/2016 06:00	50,0	-	50	-
25/09/2016 22:00	-	44,0	-	40
26/09/2016 06:00	53,0	-	50	-

Tabella 102 - RUMO_03 Leq giornalieri.

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)	TIPOLOGIA DI SORGENTI SONORE
DIURNO	52,5	50	Passaggio mezzi di cantiere Torrente Parina
NOTTURNO	43,0	40	Passaggio mezzi di cantiere Torrente Parina

Tabella 103 - RUMO_03 Leq settimanali.

7.1.9 Vibrazioni

Il tema vibrazioni è stato affrontato già prima della presentazione del Piano Lavori 2015, e di ogni altra documentazione inerente il progetto di scavo. In linea di massima, si riteneva che la profondità dell'intervento annullasse ogni eventuale impatto causato dall'uso dell'esplosivo. Per esserne certi, è stato però realizzato uno studio dettagliato, completato nel maggio 2015, atto a testare quanto supposto. L'effetto della propagazione dell'onda sismica indotta dall'esplosione, sulla massa rocciosa, nelle miniere, è la risultante di diversi parametri, tra cui: la distanza dal punto di fuoco, la quantità massima di carica esplosiva utilizzata simultaneamente e le caratteristiche fisiche e geometriche della roccia. Tali coefficienti non possono essere assunti come valori "universali", poiché vengono influenzati dalle caratteristiche della roccia locale e dalla direzione di propagazione. Ci sono diverse formule empiriche che correlano i parametri con la velocità di propagazione dell'onda. La formula di Langefors (U. Langefors e B. Kihlström, "Rock blasting", John Wiley and Sons, s, Inc., New York, 1963) è quella universalmente accettata ed è definita come segue:

$$V = K \sqrt{\frac{Q}{R^{3/2}}}$$

dove:

- V = velocità di propagazione dell'onda (mm/s);
- Q = quantità massima di carica esplosiva utilizzata simultaneamente (Kg);
- R = distanza dal punto di fuoco (m);
- K = coefficiente adimensionale, relativo alla roccia.

La norma tedesca DIN 4150 - Parte 3 (febbraio 1999), riconosciuta come particolarmente adatta a questo scopo da parte di tutti gli operatori del settore, fornisce la seguente tabella, con limiti di velocità delle vibrazioni verso le diverse classi di strutture o edifici, quali:

1. strutture industriali;
2. edifici residenziali;
3. edifici di particolare sensibilità o di monumenti storici.

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione			
		Frequenze alle fondazioni			Ultimo solaio orizzontale
		da 1 a 10 [Hz]	da 10 a 50 [Hz]	da 50 a 100 [Hz] *	tutte le frequenze
1	Costruzioni per attività commerciali, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari per struttura e utilizzo	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione e/o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (per esempio monumenti storici)	3	da 3 a 8	da 8 a 10	8

* per frequenze superiori a 100 [Hz] possono essere adottati come minimo i valori per 100 [Hz]

Tabella 104 - Tabella DIN 4150 dei valori indicativi relativi alla velocità di oscillazione per valutare l'effetto di vibrazioni di breve durata sulle strutture.

La velocità delle vibrazioni viene misurata in prossimità degli edifici.

Secondo la normativa sopra descritta, i valori limite per la velocità consentita (in questo caso relativa alla componente verticale) sono correlati all'attività esplosiva relativa allo sviluppo del tunnel di esplorazione. Utilizzando come riferimento i limiti delle normative più severe (classe 3), con il valore di frequenza più bassa di 10 Hz, in via prudenziale, la frequenza si riduce proporzionalmente a quanto la velocità delle particelle rallenta. Come riportato nella tabella soprastante, il limite massimo di velocità di vibrazione è pertanto 3 mm/s.

In riferimento alla sopra citata formula di Langefors, i valori considerati per il caso in argomento, sono i seguenti:

- V = velocità dell'onda: 3 mm/s;
- Q = quantità massima di carica esplosiva utilizzata simultaneamente: 22,8 Kg;
- K = coefficiente adimensionale relativo alla roccia: 30 (questo valore è stato ottenuto attraverso numerose prove sperimentali, geomeccaniche e strutturali, realizzate su diversi tipi di roccia simili).

Applicando la formula, e risolvendo rispetto a R , la distanza dal punto di scoppio, o il raggio di influenza di qualsiasi vibrazione sismica, risulta pari a 175 metri, fino a raggiungere una velocità di trasmissione inferiore a 3 mm/s. Risolvendo invece rispetto a V , e ponendo $R = 500$ metri, la velocità delle particelle, o di vibrazione, risulta pari a 1,35 mm/s.

Per ogni esplosione viene monitorata la velocità delle particelle di picco (vibrazione), come mostra a titolo di esempio la scheda di seguito riportata.

Questi dati sono regolarmente forniti alla Questura, come previsto dalla licenza per l'uso dell'esplosivo. Il punto di monitoraggio è vicino al portale, quindi soggetto ad una notevole esposizione alla fonte di rumore, ma l'attrezzatura misura anche l'ampiezza e la frequenza della vibrazione a terra in diverse direzioni.



Figura 337 – Esempio di scheda di monitoraggio della velocità delle vibrazioni.

Quanto raccolto fino ad oggi indica che la velocità di propagazione delle vibrazioni è ben al di sotto dei 3 mm/s; laddove analizzata, la soglia di rilevazione umana è di 0,5 mm/s a 240 m dalla sorgente dell'esplosione.

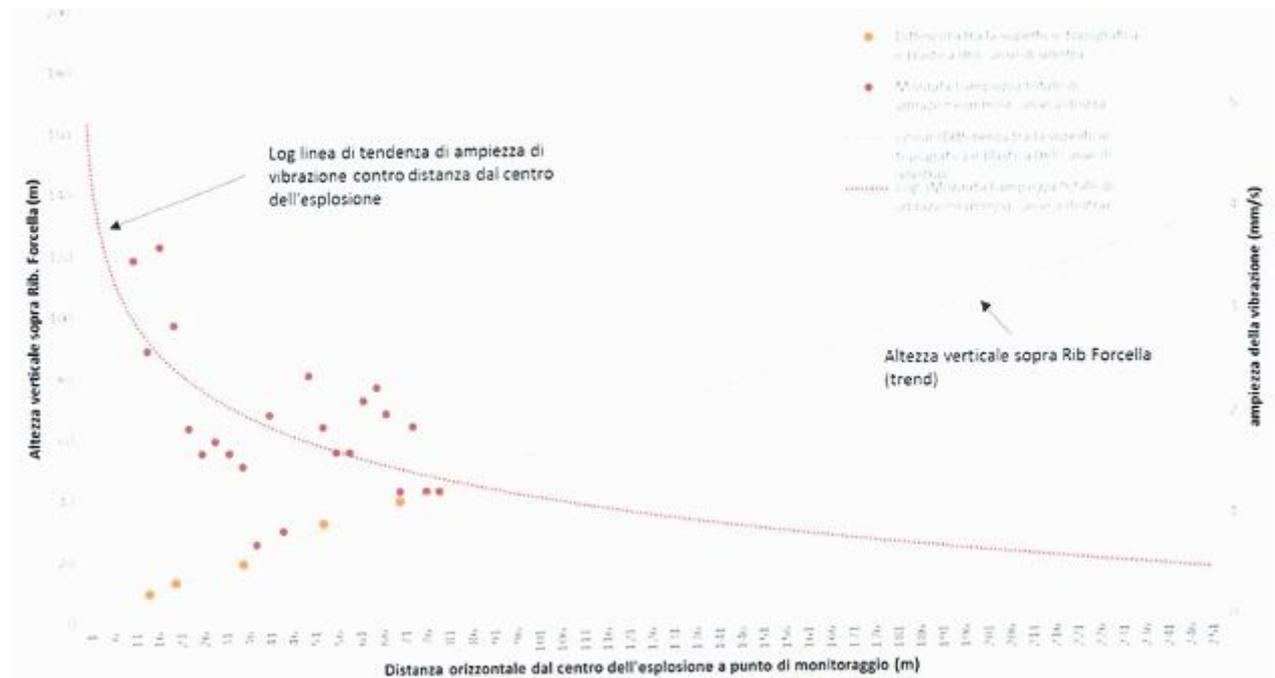


Figura 338 – Ampiezza delle vibrazioni causate dai brillamenti nel Ribasso Forcella (settembre 2015).

Quanto rilevato supporta ampiamente lo studio originale, svolto nel maggio 2015, che indicava i 175 m come riferimento. È probabile che la discrepanza tra questa proiezione basata su dati reali e lo studio teorico sia causata dagli effetti delle possibili faglie e dalla stratificazione delle rocce, che non poteva essere determinata dai test teorici.

Quali ulteriori osservazioni relative alla stabilità delle grotte, occorre sottolineare che questa zona è stata in passato una zona mineraria molto attiva, fino a primi anni 1980. Sono stati scavati circa 230 chilometri di tunnel e sono state estratte 800.000 tonnellate di roccia, soprattutto attraverso l'uso di esplosivi. All'interno di questa stessa area esistono una serie di grotte registrate; una di queste era attraversata dalle miniere (Lo BG 3808 "Fantasolaio", loc. Pian Bracca). La popolare "regola del pollice", relativa alla costruzione ingegneristica su una cava di calcare, recita che la grotta risulta essere stabile quando lo spessore della sua volta supera la sua larghezza. Questa regola è risultata estremamente cautelativa ed è stata modificata con l'indicazione che la grotta risulta essere stabile quando la sua volta supera il 70% della sua larghezza (T. Waltham & Z. Lu, "Natural and anthropogenic rock collapse over open caves", 2007).

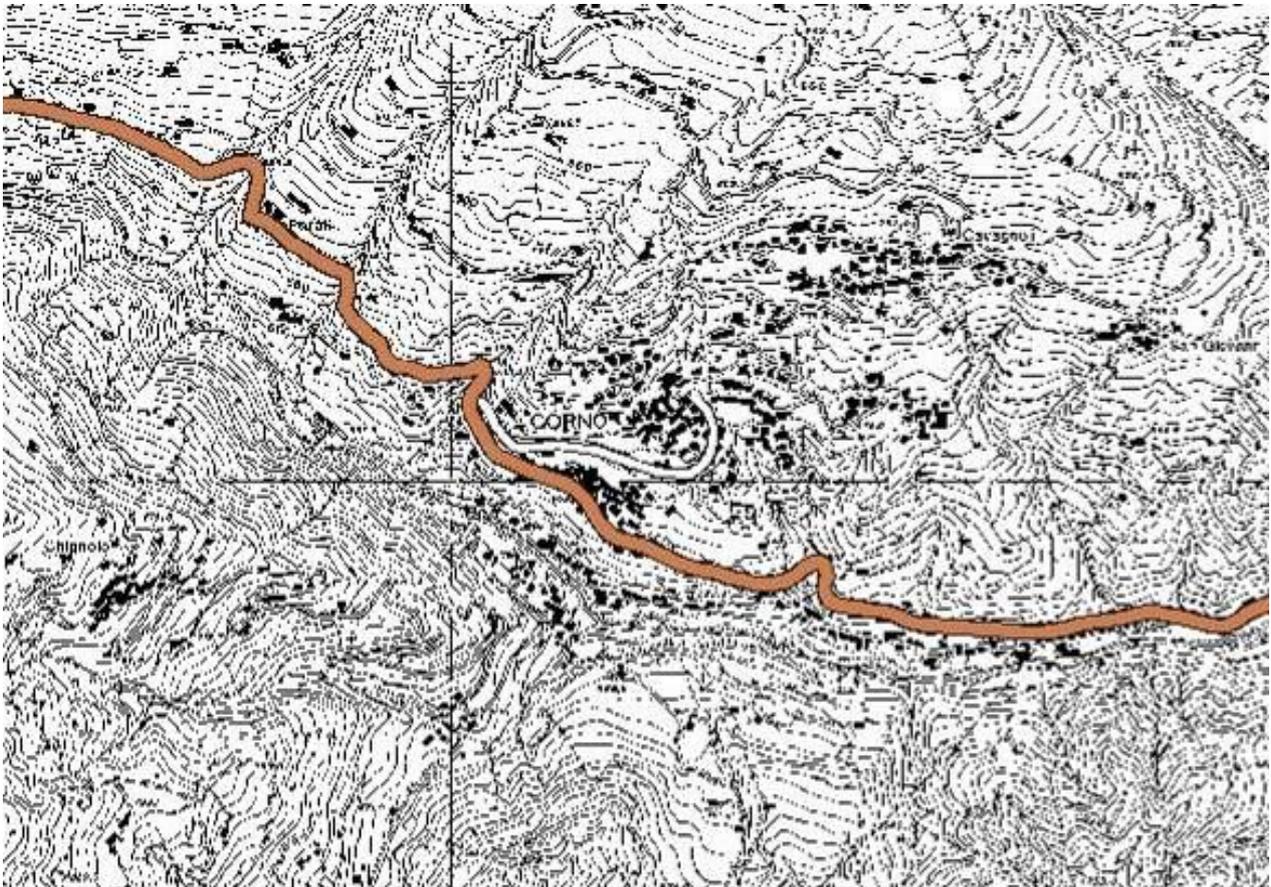
7.1.10 Viabilità e traffico

Inquadramento del territorio

Il territorio di Gorno è interessato dalla SP46, direttrice che mette in comunicazione la Val Seriana con la Valle Serina, vallata che interseca la Valle Brembana. Questa via di comunicazione è utilizzata tuttavia per raggiungere i centri abitati di Oneta e Zambla alta, e non risulta quindi essere un tracciato viabilistico a grande traffico. La rete comunale inoltre serve principalmente gli spostamenti all'interno del territorio comunale, e non è quindi soggetta a traffico di passaggio.

Gli assi viabilistici interessati dall'attività saranno:

- Via Valle del Riso (classificazione strada di tipo F – fonte PGT Gorno)
- SP46 (classificazione strada di tipo F – fonte PGT Gorno)



RETE VIARIA (Classificazione della rete stradale ai sensi del D.Lgs. 30/04/92 n. 285)

RETE AUTOSTRADALE (Categoria A)

-  Autostrade esistenti
-  Autostrade di previsione
-  Connessori autostradali
-  Svincoli

RETE PRINCIPALE (Categorie B, C)

-  Categoria B esistente
-  Categoria B di previsione
-  Categoria C esistente
-  Categoria C di previsione

RETE SECONDARIA (Categoria C)

-  esistente
-  di previsione

RETE LOCALE (Categoria F)

-  esistente
-  di previsione



Figura 339 – Viabilità provinciale estratto tavola E3_3f PTCP Bergamo.

SISTEMA DELLA VIABILITA' COMUNALE*Competenza e classificazione funzionale*

- comunale - categoria F
- provinciale - categoria F
- Tracciati viari storici - fonte PTCP
- - - Collegamenti stradali di progetto

Altre informazioni

- Perimetro del centro abitato
- Superficie edificata
- Confine comunale

Figura 340 - Estratto PGT Gorno Tav DP5 Il sistema infrastrutturale.

Campagne di misura

La delimitazione dell'area di studio è stata condotta considerando il percorso che sarà seguito dai mezzi di trasporto del materiale al fine di valutare l'incidenza dello stesso rispetto al traffico attuale. Sono state pertanto individuate due posizioni lungo le direttive sopra descritte e posizionata una stazione di rilevamento bidirezionale in ognuna delle stesse per una durata pari a 7 giorni ciascuna. Nelle immagini seguenti sono visualizzati i punti scelti per la campagna di misura ante operam che serviranno da base di confronto per valutare le modifiche alla viabilità attese dall'attività produttiva in progetto.



Figura 341 – Localizzazione su ortofoto satellitare punti ricevitori traffico Gorno.

ID PUNTO	Coordinate	Comune	Date campagna misura
TRAFF 01	566151.00 m E 5078640.00 m N	Gorno - via Fondo Ripa palo ad altezza capannone Ceramiche In	12.09.2016 – 19.09.2016
TRAFF 02	567057.00 m E 5078765.00 m N	Gorno - via Prealpina Inferiore (SP46) palo di fronte a civico 40	19.09.2016 – 26.09.2016

Tabella 105 - Punti di monitoraggio traffico stradale.

È stata acquisita la disponibilità del Comune di Gorno, proprietario dei pali in oggetto, per l'alloggiamento dello strumento di misura.



Figura 342 – Localizzazione postazione TRAFF01 via Fondo Ripa comune di Gorno.



Figura 343 – Dettaglio postazione TRAFF01 via Fondo Ripa comune di Gorno

Strumentazione di misura

D-TEC SMacs Doppler Traffic Electronic Classifier – La Semaforica Tecsen

Unità D2-sens User 15J1003 con unità di archiviazione dati su piattaforma ARM con Web-Server inside.

Caratteristiche tecniche:

- Rilevamento 2 corsie (1 corsia per senso di marcia)
- Capacità di archiviazione di oltre 100 Milioni di veicoli, vehicle by vehicle
- Registrazione di veicolo per veicolo

- Ciascuna misura comprende corsia, velocità, lunghezza headway e istante di rilevamento del veicolo
- Capacità di classificazione fino a 5+1 classi veicolari in base alla lunghezza del veicolo
- Range Velocità: da 3 km/h a 250 km/h
- Accuratezza: Velocità 98%, Conteggio 98%, Lungh. +/- 1m

Di seguito si riportano i risultati relativi al traffico rilevato nelle due postazioni:

1. Tabella di sintesi contenente, in totale e per ciascuna corsia di marcia: numero totale di veicoli rilevati, numero di veicoli/gg medio (veh/gg), velocità media rilevata (km/h), 15° percentile di velocità (km/h), 85° percentile di velocità (km/h)
2. Percentuale dei veicoli presenti suddivisi secondo lo schema 3 +1 : Motociclette, Auto , Veicoli pesanti + Non classificati
3. Percentuale dei veicoli presenti suddivisi secondo lo schema 8+1 : Motociclette (2.0 m), Auto (2.0 m – 5.0 m), Furgoni (5.0 m – 7.5 m), Furgoni pesanti (7.5 m - 10 m), Autobus (10 m – 12.5 m), Autoarticolati (12.5 m – 16.5 m), Camion (16.5 m – 19.0 m), Veicoli eccezionali (> 19.0 m) + Non classificati
4. Andamento tipico giornaliero del traffico
5. Andamento tipico settimanale del traffico

Risultati TRAFF 01

Corsie	Split	V media (km/h)	15° (km/h)	85° (km/h)	Totale veicoli	TGM (veh/gg)
Totale	100%	66.93	47.0	89.65	9069	1134
Arrivo	47,63%	60.1	43.47	78.19	4320	540
Partenza	52,37%	73.14	52.84	98.76	4749	594

Tabella 106 - TRAFF01 – Tabella di sintesi.

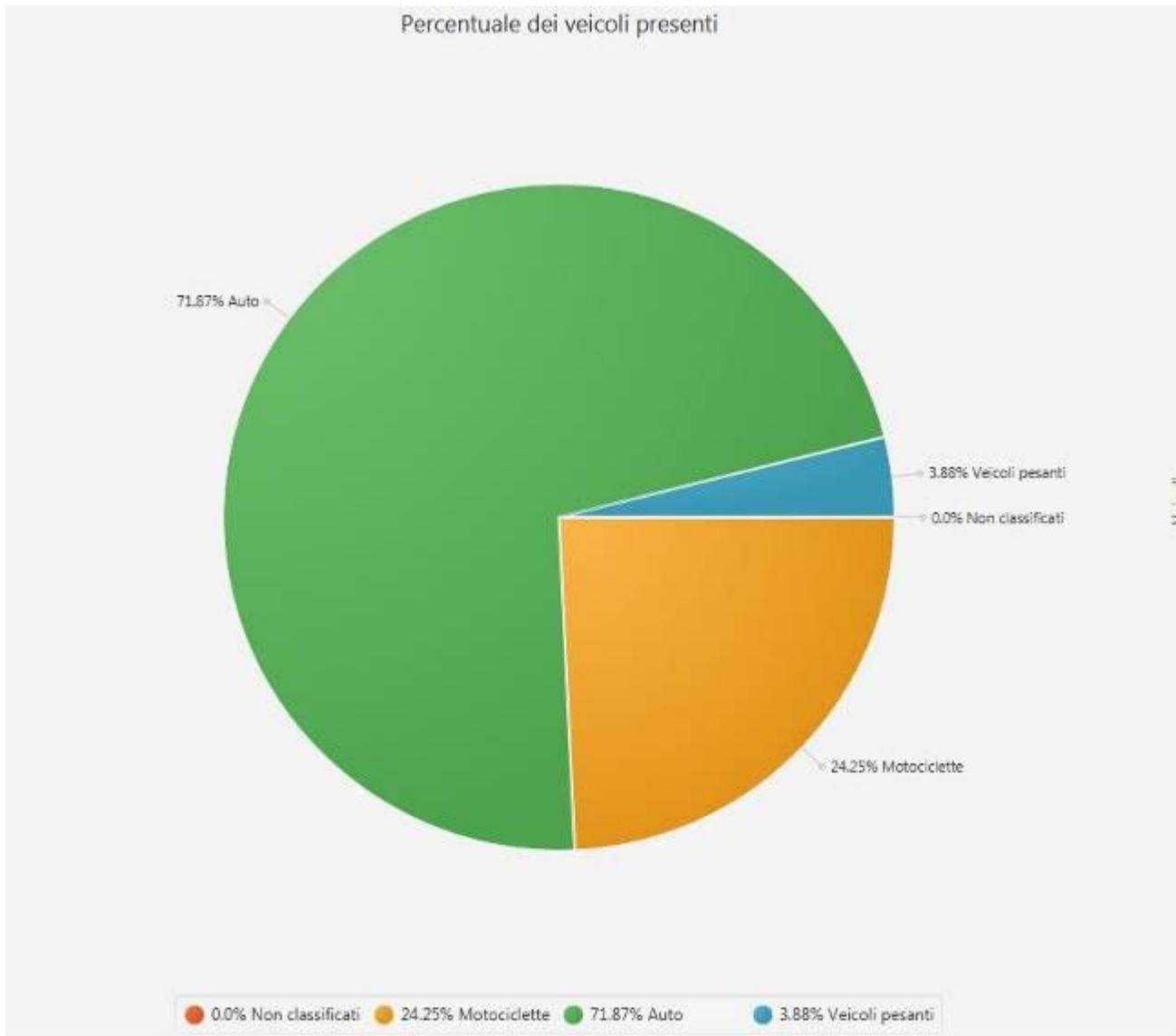


Figura 344 – Percentuale veicoli TRAFF01 – Schema 3+1.

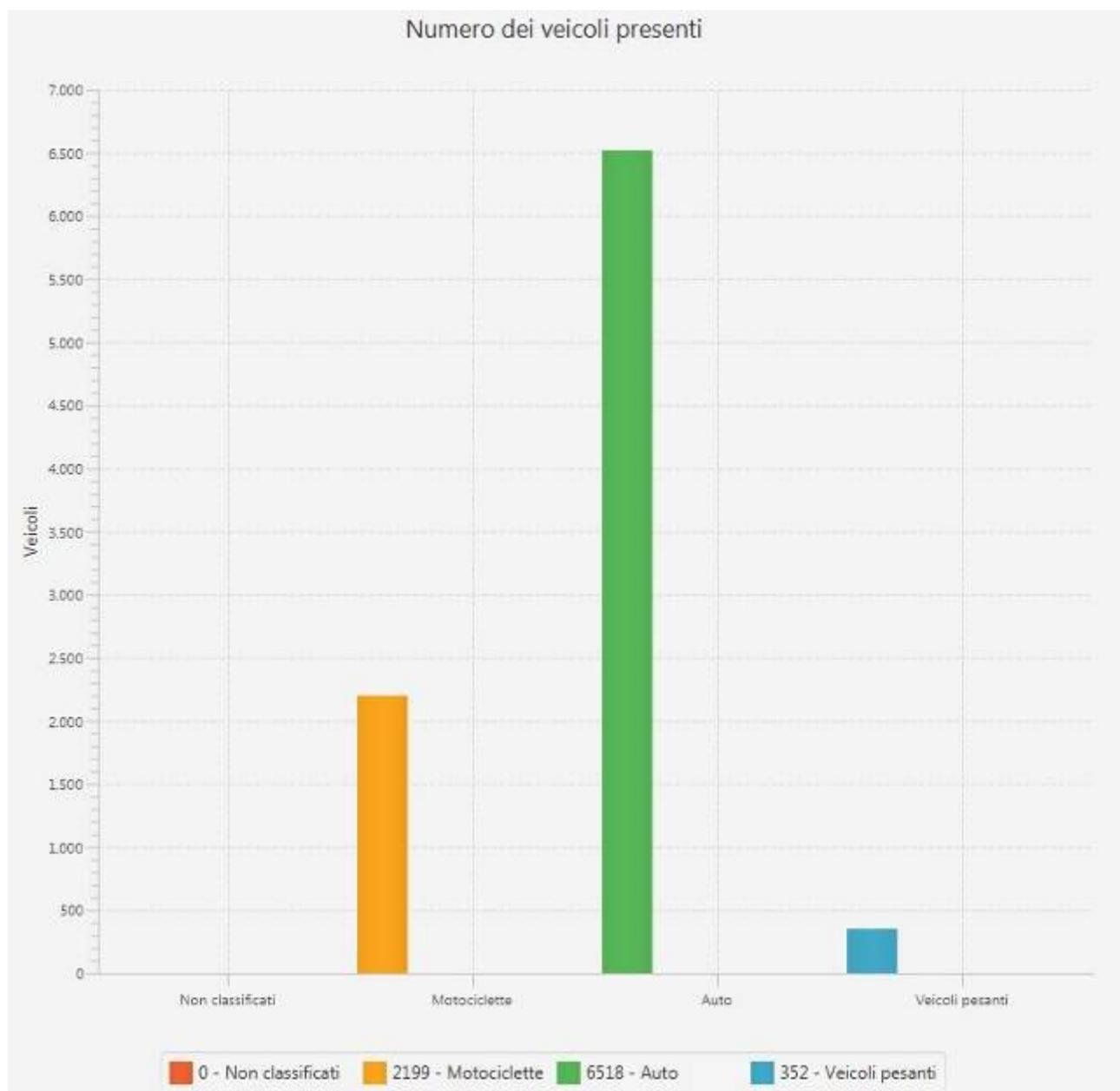


Figura 345 – Numero veicoli TRAFF01 – Schema 3+1.

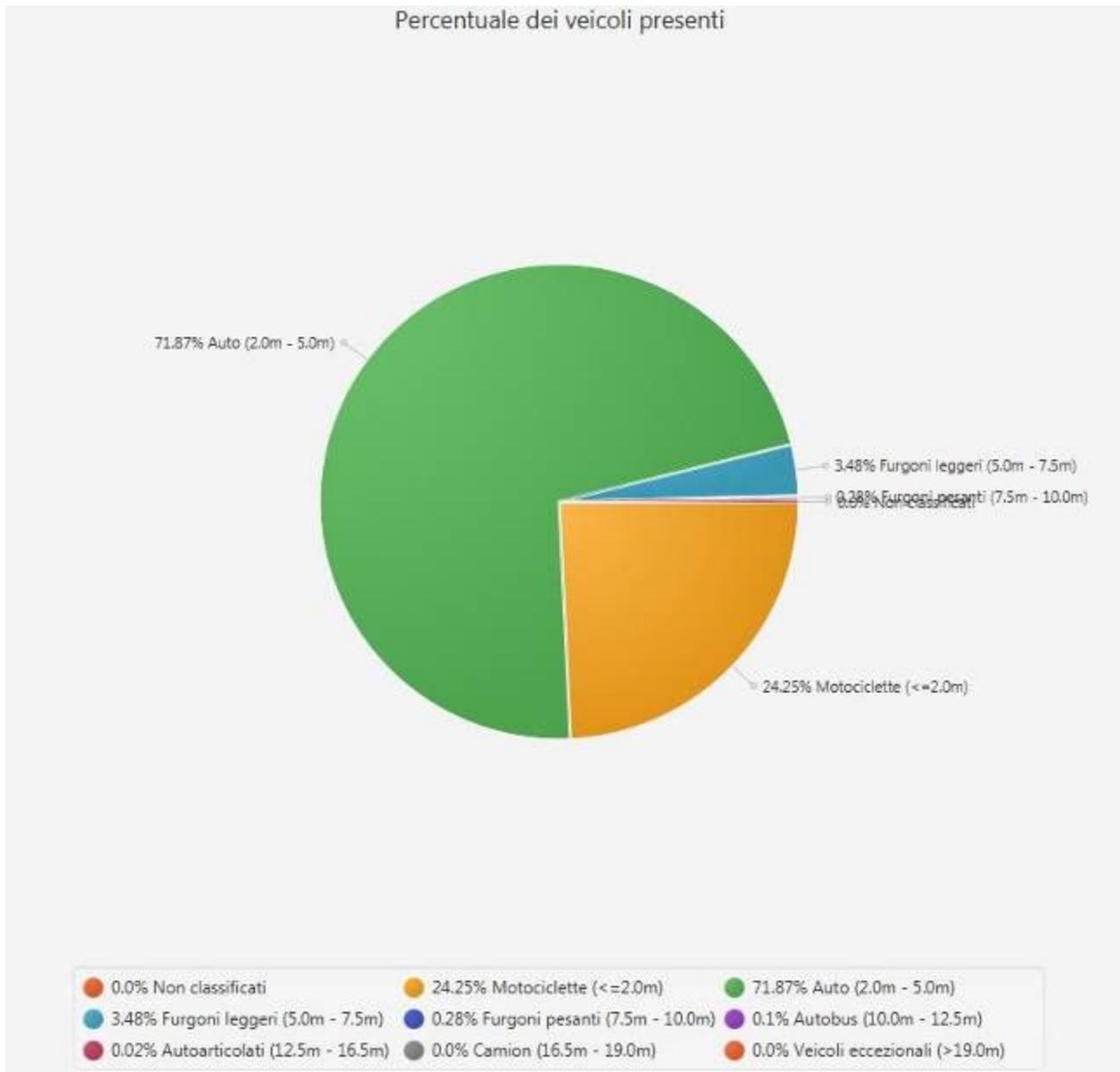


Figura 346 – Percentuale veicoli TRAFF01 – Schema 8+1.

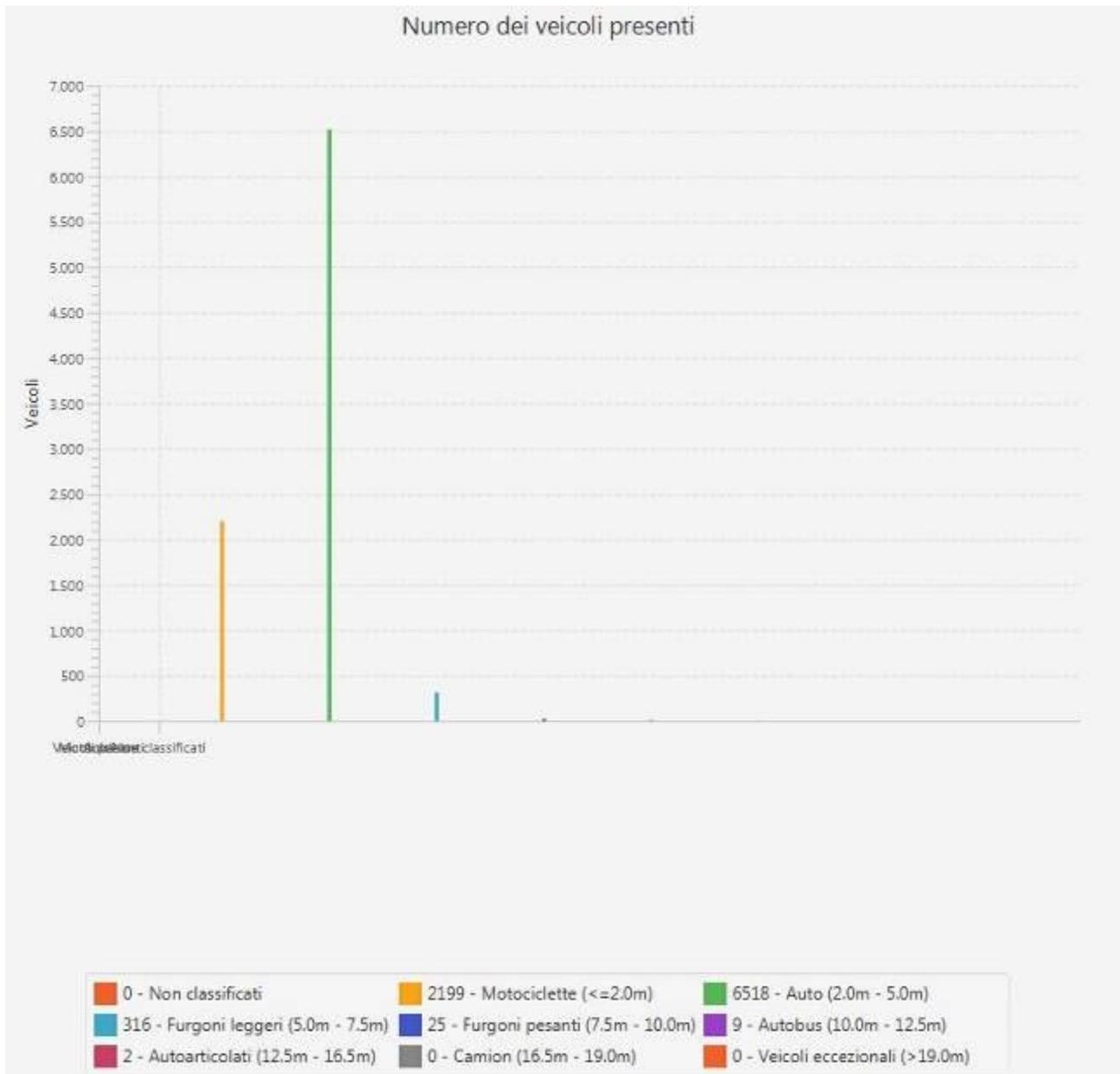


Figura 347 – Numero veicoli TRAFF01 – Schema 8 +I.

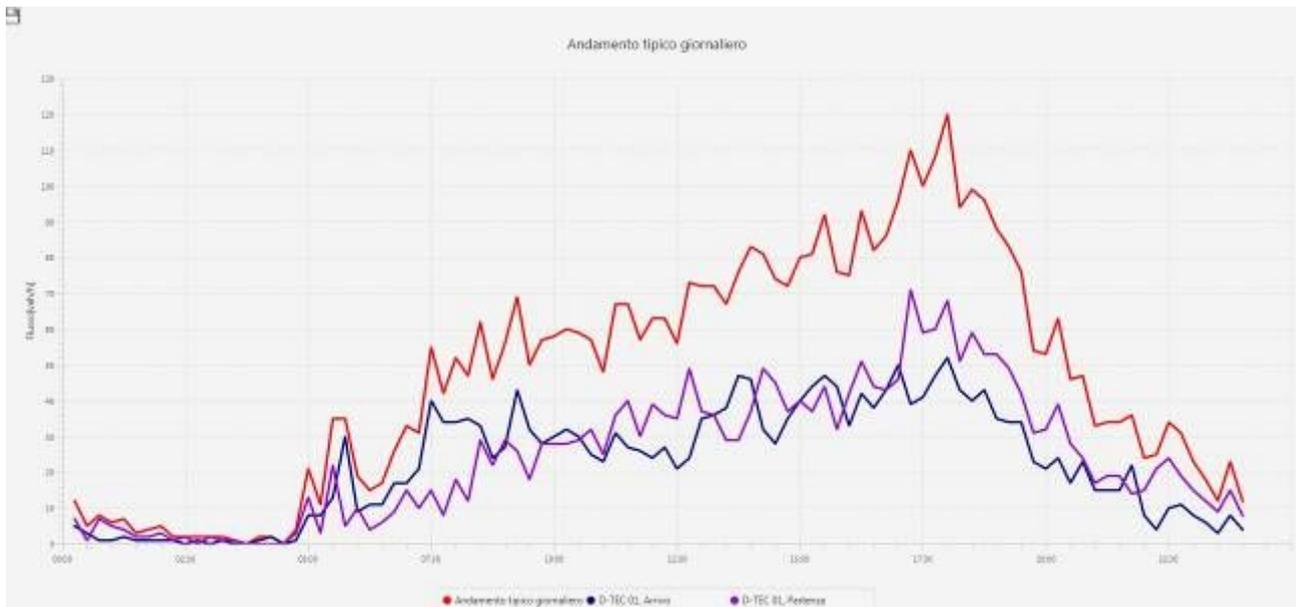


Figura 348 – TRAFF01 – Andamento tipico giornaliero.

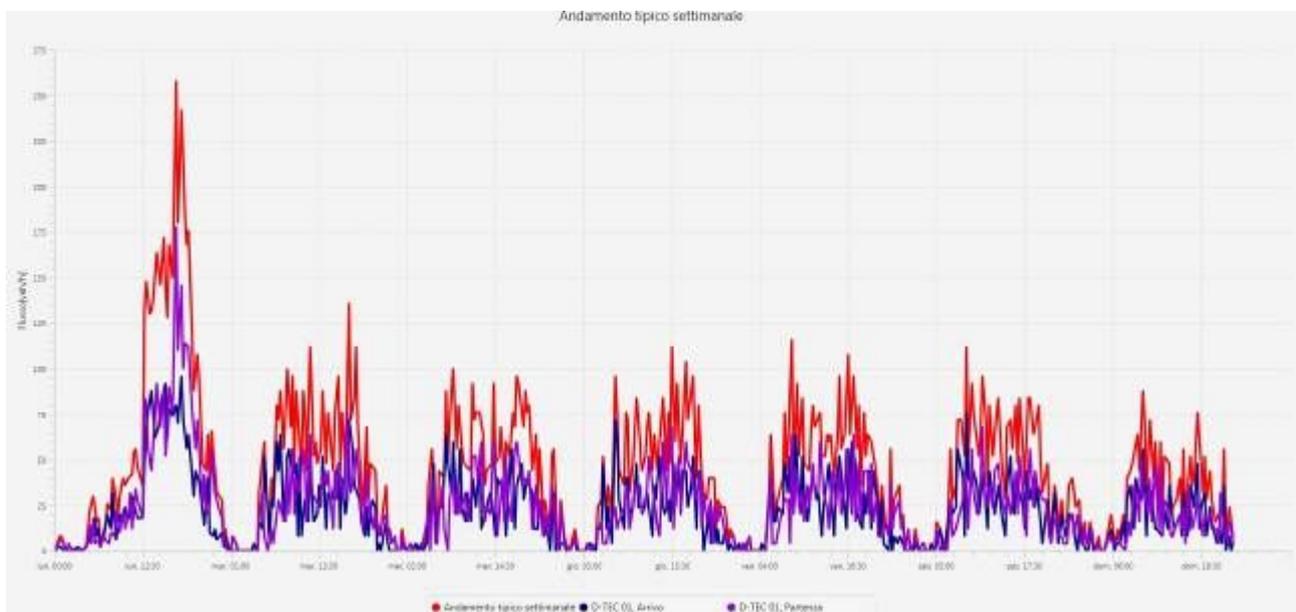


Figura 349 – TRAFF01 – Andamento tipico settimanale.

Dall'analisi dei grafici precedenti si deduce quanto segue.

Via Fondo Ripa si conferma una strada a bassa percorrenza (circa 500 veicoli/giorno per corsia) di carattere locale. È infatti caratterizzata prevalentemente dal passaggio di auto (72%) e motociclette (24 %). I veicoli pesanti costituiscono il 4% dei mezzi rilevati e, analizzando nel dettaglio la tipologia degli stessi, risultano in prevalenza furgoni leggeri (max 7,5 metri di lunghezza).

L'orario di punta si individua tra le 18 e le 19.

Risultati TRAFF 02

Corsie	Split	V media (km/h)	15° (km/h)	85° (km/h)	Totale veicoli	TGM (veh/gg)
Totale	100%	92.56	73.33	110.63	29222	3653
Arrivo	51,15%	84.81	68.42	100.19	14946	1868
Partenza	48,85%	100.66	83.66	117.12	14276	1785

Tabella 107 - TRAFF02 – Tabella di sintesi

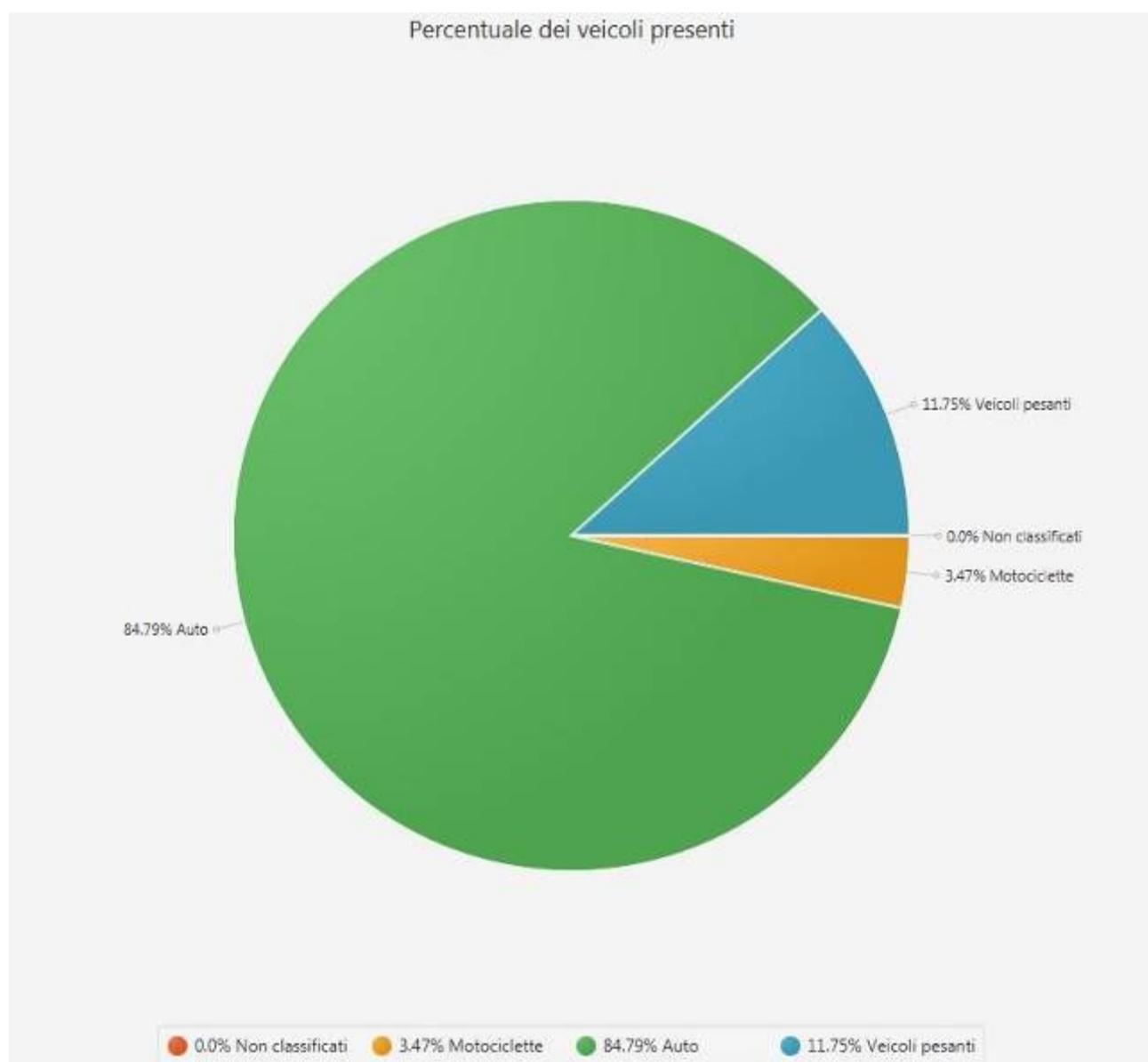


Figura 350 – Percentuale veicoli TRAFF02 – Schema 3+1.

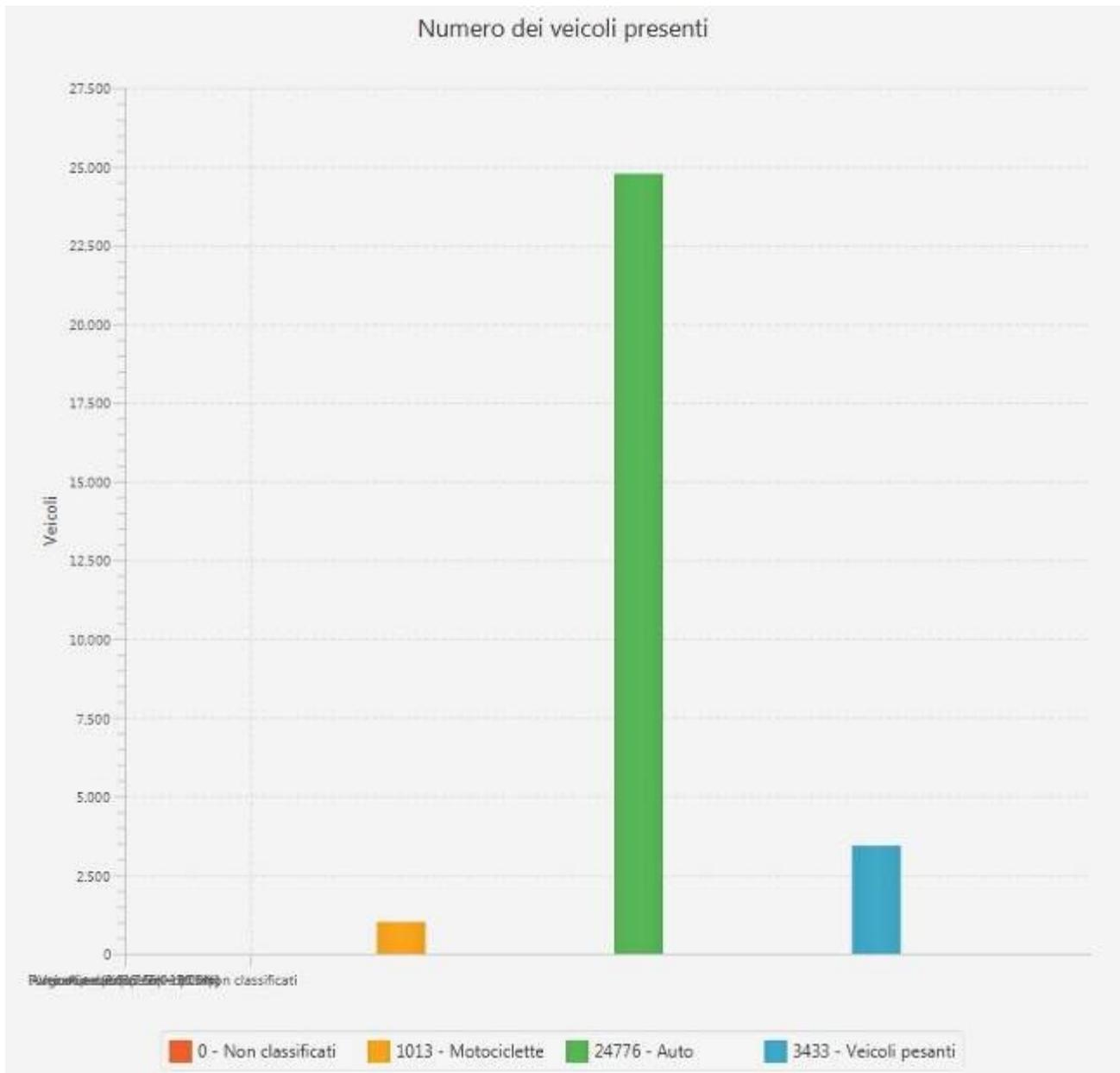


Figura 351 – Numero veicoli TRAFF02 – Schema 3+1.

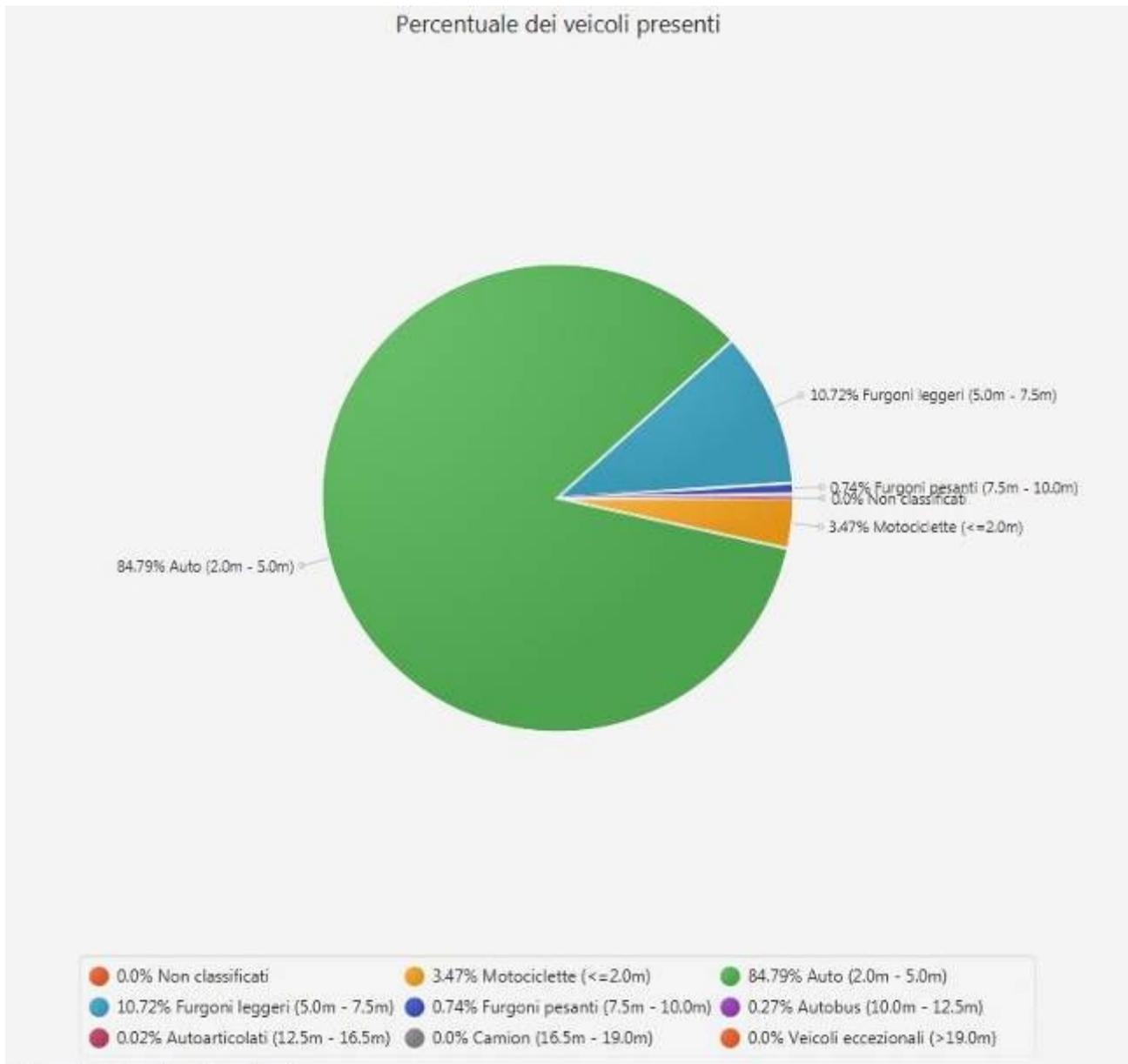


Figura 352 – Percentuale veicoli TRAFF02 – Schema 8+1.

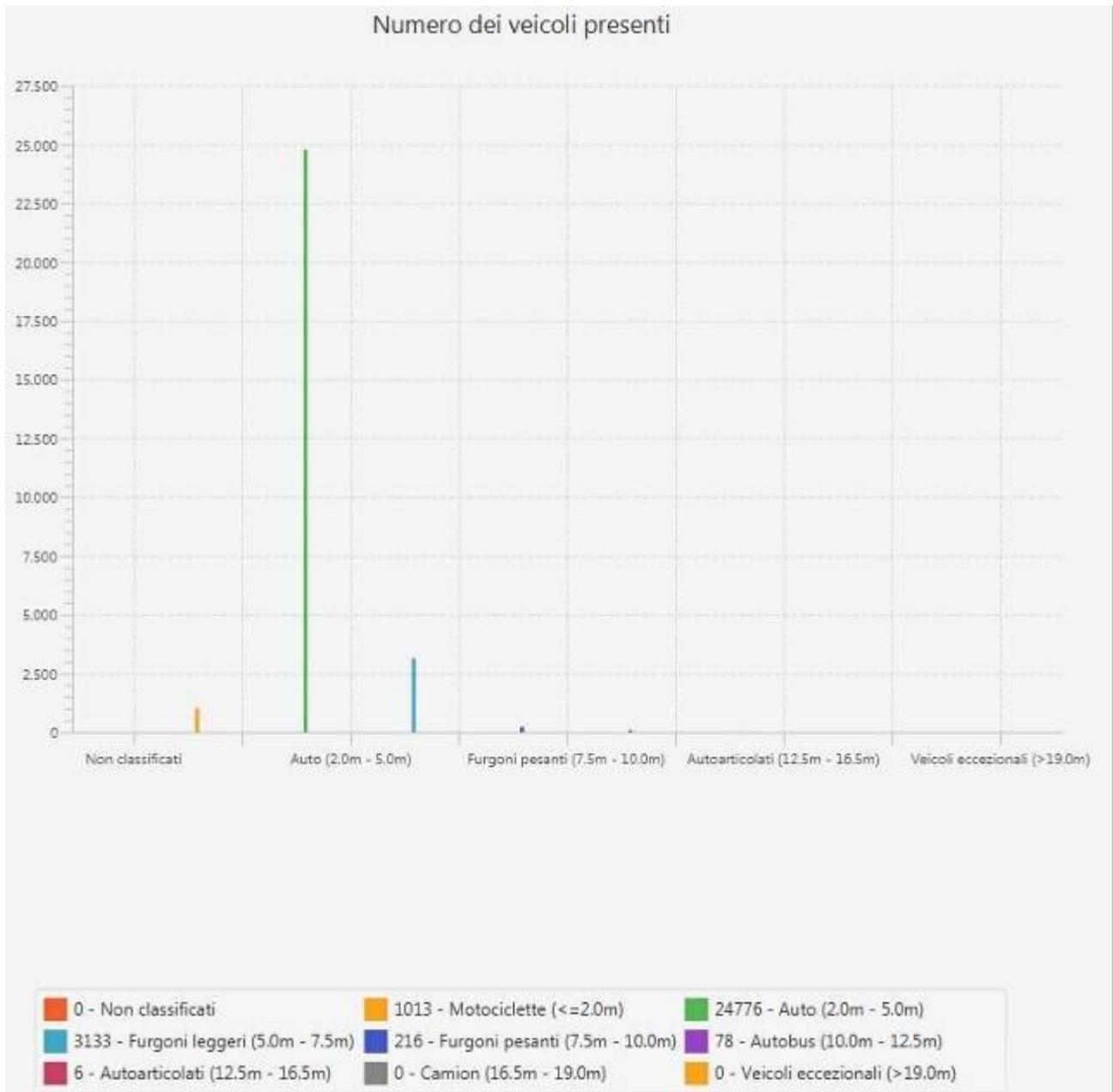


Figura 353 – Numero veicoli TRAFF02 – Schema 8 +1

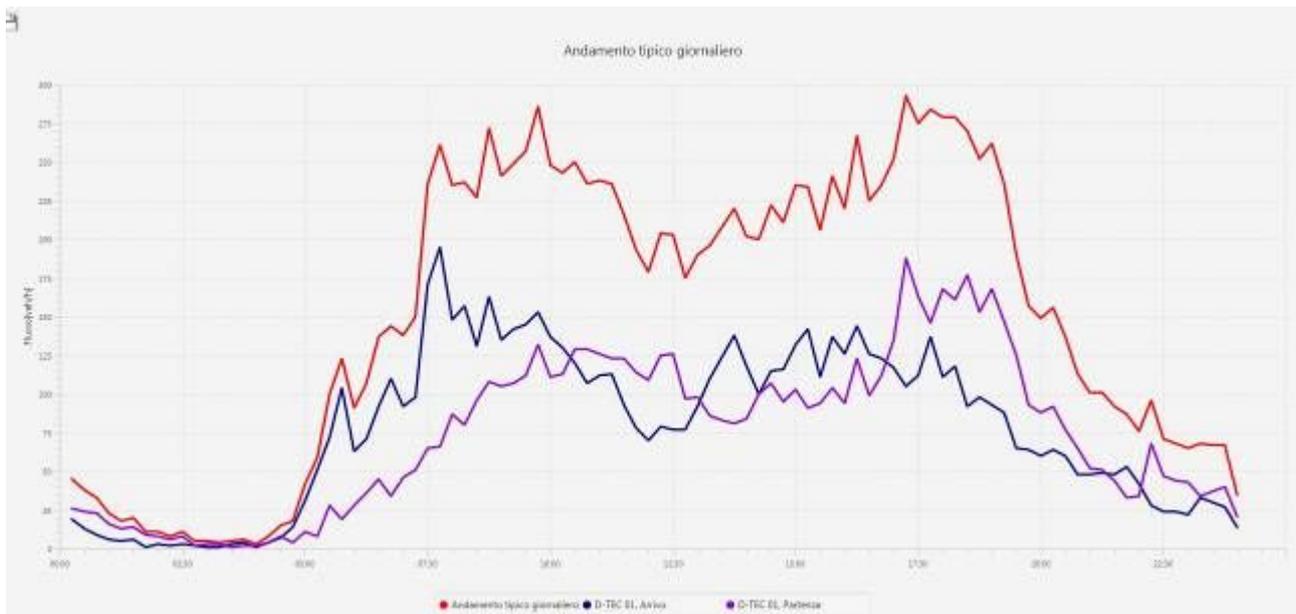


Figura 354 – TRAFF02– Andamento tipico giornaliero

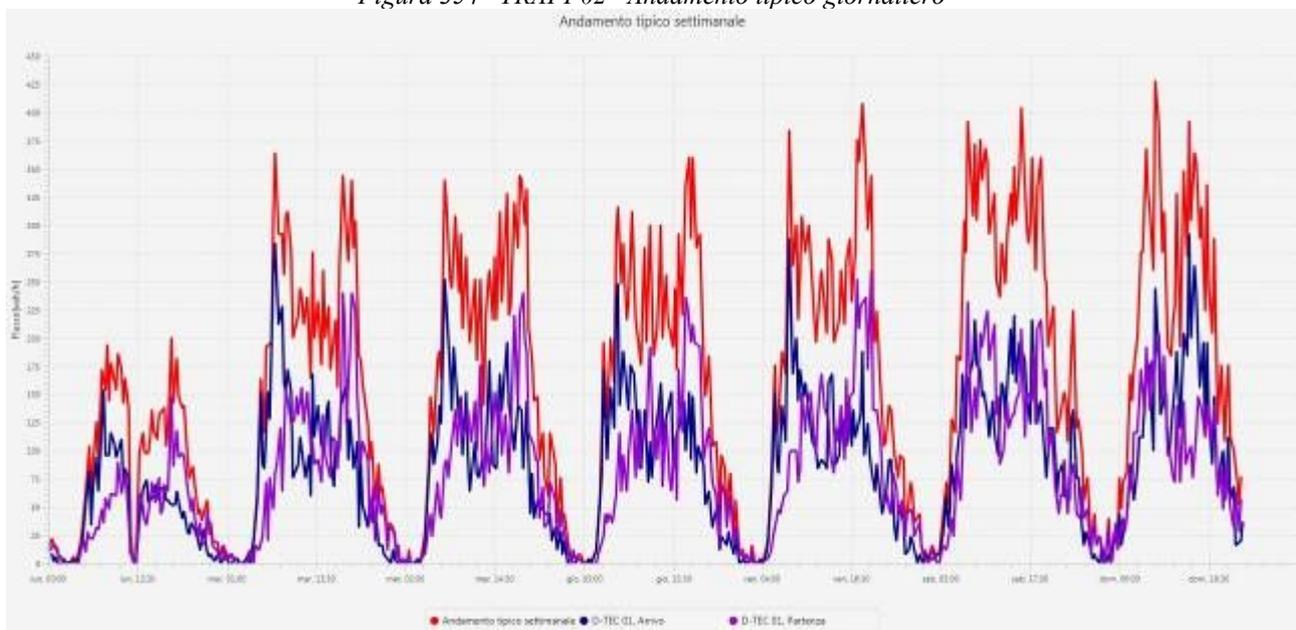


Figura 355 – TRAFF02– Andamento tipico settimanale

Dall'analisi dei grafici precedenti si deduce quanto segue.

La via Prealpina Inferiore (SP46) è caratterizzata da un traffico più sostenuto (poco meno di 2000 veicoli/gg per corsia). Anche in questo caso le auto risultano essere la componente dominante del traffico (85%), tuttavia aumenta la percentuale di mezzi pesanti (12%) a scapito delle motociclette (3.5%). Anche nel caso della SP46 i mezzi pesanti sono costituiti in prevalenza da furgoni leggeri (max 7,5 metri di lunghezza).

L'orario di punta si individua tra le 9 e le 10 del mattino e tra le 18 e le 19.

7.1.11 Quadro socio-economico

L'osservazione dei fenomeni a scala comunale tende a porre in ombra la dimensione economica, sulla scorta dell'ipotesi che questa assuma carattere sostanzialmente esogeno; ciò che è deciso ed è agito ad un livello superiore costituisce un vincolo per lo sviluppo locale. Esiste però un approccio economico ai problemi che affonda le proprie radici negli strumenti di analisi territoriale, dove il territorio è inteso come lo spazio convenzionale di vita della popolazione ed è definito per le variabili che lo attraversano.

La molteplicità ed eterogeneità degli elementi identificabili nel territorio ne rendono opportuna l'analisi. Solo attraverso una prima riduzione della complessità in singoli elementi, la definizione rigorosa di questi e il loro studio in termini dinamici, è possibile, infatti, favorire un processo più ampio di comprensione; tutto ciò attraverso la restituzione di un'immagine di sfondo della comunità.

Il termine «sfondo» rimanda implicitamente al suo complemento: immagine. Si vuole in pratica cogliere un'immagine - quella della popolazione che vive nei nostri Comuni - anche con l'aiuto di quello che si vede (intravede) su di un piano all'intorno, più profondo o semplicemente diverso. La complessa rete di significati e percezioni insiti nella dialettica tra immagine e sfondo è connotata da forti ambivalenze.

Risulterà opportuno dunque, partire da un «tratteggio» della morfologia sociale, poiché uno sfondo troppo nitido finirebbe per competere con l'individuazione degli elementi in primo piano, quelli che la Valutazione di Impatto Ambientale enuclea all'interno degli altri Capitoli.

La conoscenza del Comune attraverso gli aspetti demografici e socioeconomici costituisce in questo senso un elemento essenziale per l'osservazione del territorio. L'analisi che qui si propone parte dalla dimensione demografica, attraversa il lavoro - letto all'interno del sistema locale - e introduce l'approdo al tema del benessere, indagato come tenore di vita; quest'ultimo aspetto è solo accennato.

La mappa concettuale sottostante si affida all'idea che l'uomo produce modifiche incessanti nelle comunità e che osservarne le «tracce» possa fornire elementi interpretativi molto interessanti sul piano sociale, economico ed urbanistico.

Infine vogliamo proporre un approccio provocatorio: assumeremo i tre Comuni coinvolti nel progetto, Gorno, Oneta e Oltre il Colle, *come se* fossero un'unica municipalità; contravvenendo alla prassi che vede la valle l'aggregazione più logica. Insomma proponiamo un approccio intervallivo, di crinale, consone peraltro al progetto in questione.

- Demografia

Gorno, Oltre il Colle e Oneta hanno visto modificati i propri confini comunali più volte nel corso dei secoli. Gorno aggregava a fine Trecento una porzione settentrionale di Oneta, verso la cima del Grem; inoltre più volte lungo tutto l'Ottocento aggregava Bondo di Colzate e la stessa Oneta. Oltre il Colle a fine Trecento (come pure per un breve periodo a inizio Ottocento) risultava aggregato a Serina; risultava separato da Zambla e Zorzone, se pure per un breve periodo a fine Settecento. Oneta di riflesso vede mutare i propri confini rispetto a Gorno.

Queste annotazioni storiche confermano della utilità di un approccio di lettura “intervallivo”.

Attualmente si considerano compresi in questa area i tre Comuni, già sopra individuati e interessati al progetto di ripristino delle miniere.



Figura 356 – Gli ambiti comunali.

Nei 3 comuni risiedono al 1° gennaio 2016 3.258 abitanti, che rappresentano il 2,94 per mille della popolazione provinciale.

Più interessante il confronto dinamico dal dopoguerra ad oggi. Osserviamo i saggi di variazione demografica⁴⁶ nei diversi decenni dei singoli Comuni, riportati nel grafico che segue.

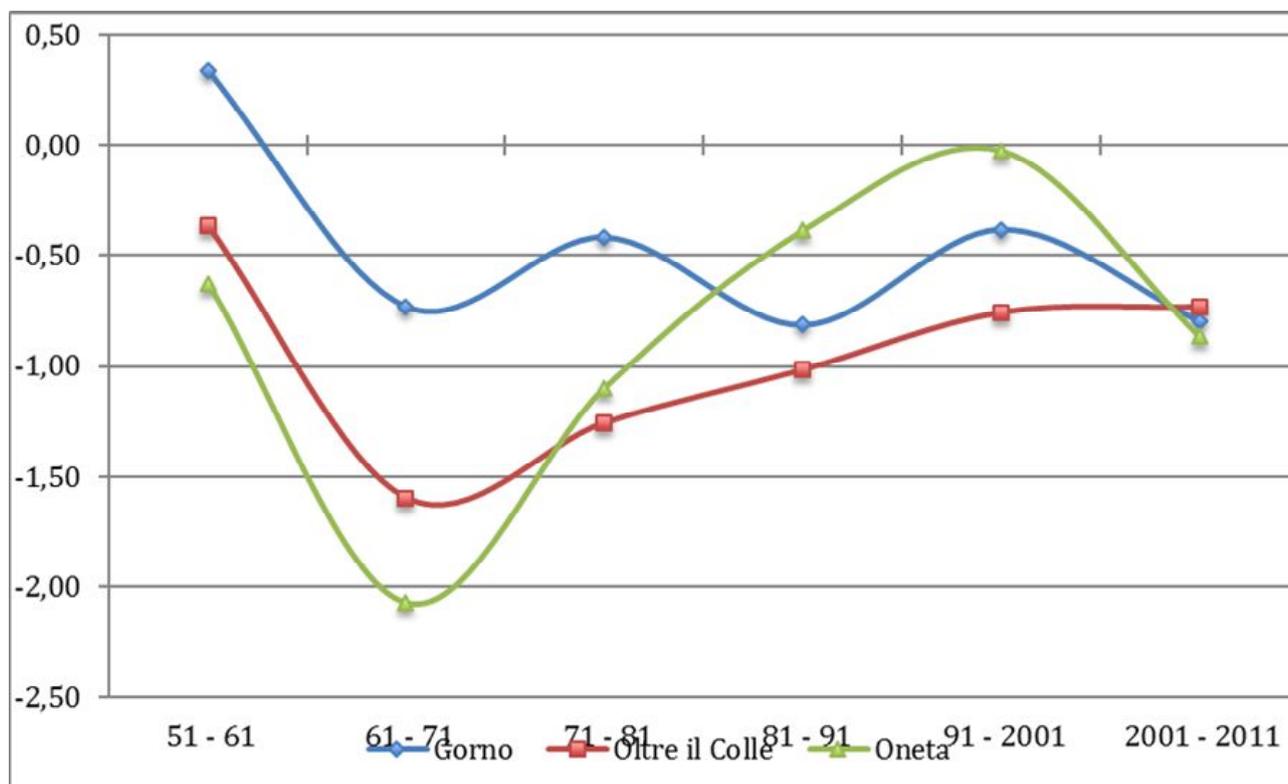


Figura 357 - Saggi di crescita demografica.

Se si esclude il saggio positivo di Gorno negli anni '60 tutti i comuni evidenziano nel periodo saggi di crescita negativi, in particolare durante gli anni '70 (Oneta 2% all'anno; ma soprattutto, durante l'inizio del nuovo secolo i livelli sono omogenei (tra 0,5 1% all'anno).

L'ammontare osservato della popolazione - il dato di stock - non restituisce l'idea della dinamica interna; se solo riflettiamo come l'insieme di una comunità sia in ogni istante modificato dai flussi di natimortalità e migratori che la coinvolgono, possiamo dedurre come la dinamica di questi ne definisca il livello di variazione.

⁴⁶ Il saggio di variazione è così calcolato: variazione percentuale nel decennio su popolazione a inizio periodo, divisa per il numero di anni dell'intervallo

Mentre i flussi naturali negli ultimi venti anni evidenziano una costante caduta della natalità a fronte di un incremento della mortalità, il ricambio migratorio che alla fine del secolo scorso si manteneva sotto il 20 per mille, nei primi anni di questo secolo oscilla tra il 20 e il 30 per mille.

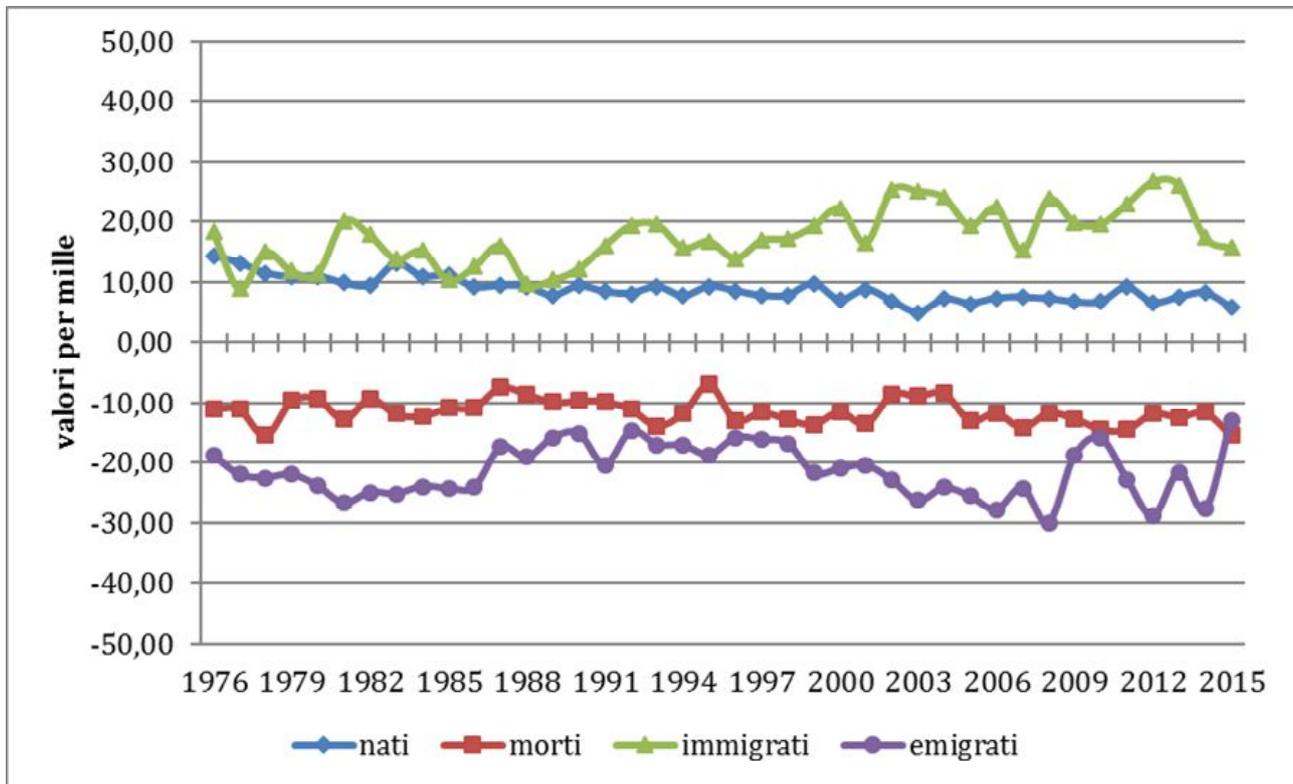


Figura 358 – I movimenti demografici negli ultimi quarant'anni.

L'altro aspetto demograficamente rilevante della popolazione è la sua struttura per età, che il demografo solitamente rappresenta attraverso questa figura.

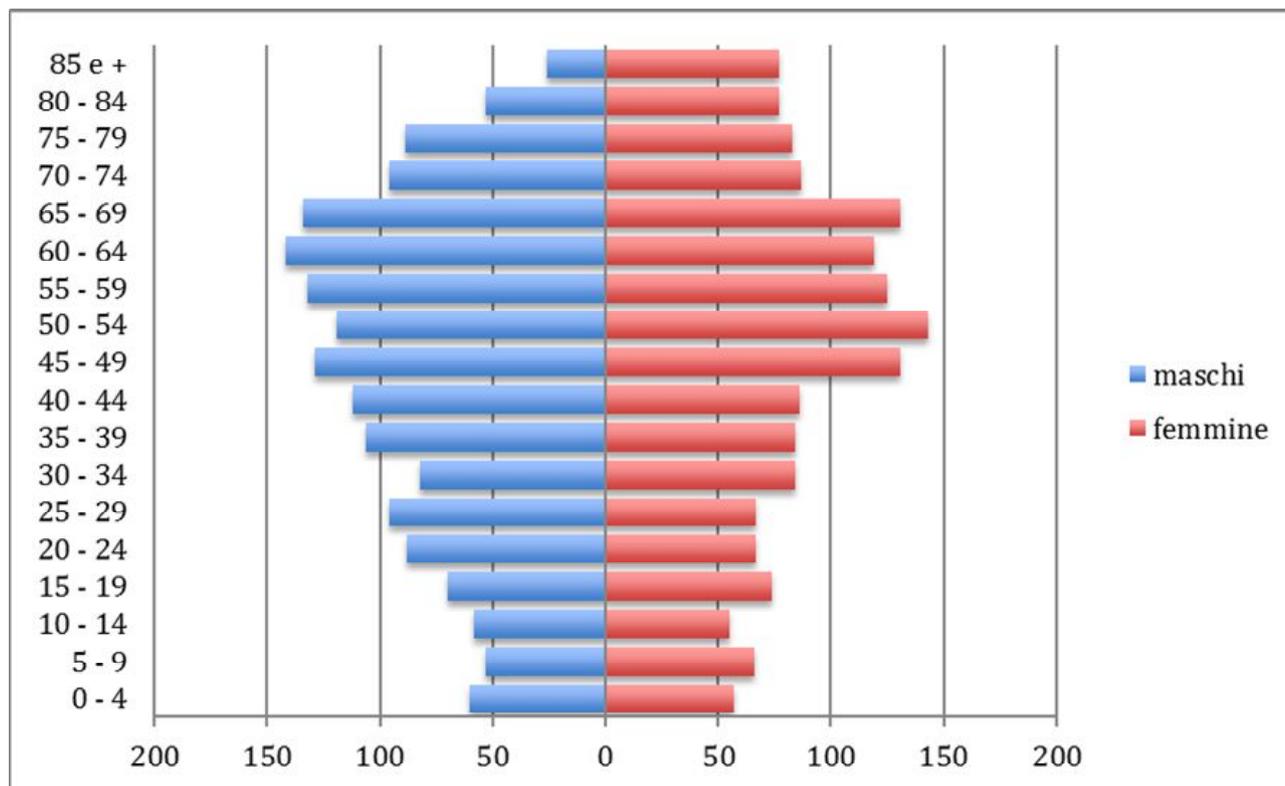


Figura 359 - La piramide delle età. Area mineraria.

Una specie di botte, azzurra e rosa, e le doghe sono di lunghezza diversa. Questa che si vede è una «piramide delle età» ed è usata dai demografi per rappresentare una comunità che, al crescere degli anni delle persone, è via via più contenuta; la morte tocca le persone proporzionalmente all'età; il fatto che non assomigli più ad una piramide è dovuto ad un drastico ridimensionamento delle comunità. L'utilità di una tale rappresentazione è data anche dal fatto che se noi facciamo slittare mentalmente verso l'alto ogni barra, possiamo immaginare come sarà la struttura per età della popolazione tra cinque, dieci, quindici anni e così via.

D'altra parte gli indici demografici non lasciano dubbi: L'area è molto più "anziana" rispetto alla provincia; vi nascono meno bambini, tra coloro che terminano la loro carriera lavorativa e coloro che la iniziano (indice di ricambio) ci sono 17,5 punti percentuali, mentre in provincia 11,9.

Indice di:		Area mineraria	Provincia	Delta	
vecchiaia	I_v	$P_{65 \text{ e oltre}} / P_{0-14} * 100$	348	127	220
dipendenza	I_d	$(P_{65 \text{ e oltre}} + P_{0-14}) / P_{15-64} * 100$	88	53	34
struttura	I_s	$P_{40-64} / P_{15-39} * 100$	161	130	31
ricambio	I_r	$P_{60-64} / P_{15-19} * 100$	175	119	56
carico	I_c	$P_{0-4} / P_{15-44} * 100$	39	27	12

Tabella 108 - Indici demografici.

Proiezione demografica

Capire le nostre origini è il miglior presupposto per guardare il futuro. Non per nulla il modello di proiezione demografica che abbiamo utilizzato per stimare i residenti dell'area nel prossimo futuro, si fonda su una ragionata osservazione dei fatti passati.

Il nostro doppio orizzonte temporale è al 2020 e 2025 e prende le mosse da un modello di proiezione demografica particolarmente adatto alla dimensione comunale.

È buona cosa, per far luce sul metodo adottato, introdurre questa nota con la distinzione - familiare per il demografo - tra previsioni e proiezioni. Potremmo dire che le prime esprimono tendenze probabili, a partire da osservazioni sistematiche sul passato e aspettative ragionevoli per il futuro; le seconde invece esprimono tendenze vincolate ad ipotesi di base, relativamente indipendenti dal loro grado specifico di plausibilità.

Accanto a questa premessa fondamentale, occorre poi ricordare come le proiezioni demografiche effettuate ad una scala territoriale contenuta, come nel nostro caso, contrariamente a ciò che intuitivamente si tende a supporre, hanno una maggiore probabilità di inesattezza, rispetto a quelle operate su aggregati territoriali vasti e intensivamente popolati.

Le variabili coinvolte nei modelli di previsione demografica non pretendono infatti di colmare la dimensione *erratica* dei fenomeni colti nella loro manifestazione locale. Così che la sostanziale stabilità - quasi inerzia - nel tempo, dei fenomeni demografici, pur alimentando una discreta attendibilità delle ipotesi, risente del fatto che un piccolo *errore di rotta*, se mantenuto per un certo tempo, provochi una crescita *esponenziale* degli errori di previsione, tanto più grave quanto più gli scarti saranno applicati su numeri il cui ordine di grandezza è dieci o al più cento. Se, ad esempio, prevediamo che la popolazione dei nostri comuni si dovesse accrescere ad un tasso medio annuo del 3 per cento e invece il suo incremento reale risultasse un poco inferiore (poniamo il 2,5 per cento), l'ammontare previsto oltrepasserebbe quello reale del 5 per cento dopo dieci anni, del 10,2 per cento dopo venti anni, del quasi 16 per cento dopo trent'anni, ... e così via.

Lo sviluppo della popolazione può essere raffigurato da una equazione:

$$\text{Pop}_{t+1} = \text{Pop}_t + N - M + I - E$$

Questa semplice equazione deriva dai complessi meccanismi che generano la capacità degli individui di sopravvivere, riprodursi e spostarsi. L'apparente semplicità contabile ci può far dimenticare che ciò che osserviamo riposa su fenomeni di grande rilevanza, poiché derivano da comportamenti che nascono nella struttura genetica delle persone e riguardano il bisogno di movimento degli uomini.

Per quanto riguarda le ipotesi di calcolo sulla natalità siamo ricorsi ai tassi specifici di fecondità per donna per singolo anno di età e ordine di nascita dei figli, così come si sono manifestati in Lombardia nel 2004.

La mortalità è stata ipotizzata a partire dalle “tavole di mortalità” provinciali del 2010, distinte per sesso e singolo anno di età.

I fenomeni migratori sono stimati sulla scorta degli andamenti osservati nel nostro comune negli ultimi 15 anni e definiti per classi quinquennali di età e genere secondo l’andamento osservato a livello regionale nel 2010.

Sia per quanto riguarda la fecondità, ma soprattutto per i movimenti migratori il modello introduce variazioni casuali, naturalmente intorno al dato stimato.

La proiezione contempla tre ipotesi: popolazione chiusa, popolazione aperta, popolazione aperta con introduzione di elementi casuali. Nel primo caso si ipotizza, in via del tutto teorica, assenza di natimortalità e di movimenti migratori; l’ipotesi è assolutamente non realistica ed ha un significato di riferimento e confronto rispetto alle altre due. Nel secondo caso la popolazione futura è desunta da una evoluzione dei comportamenti demografici rispetto al passato. Nel terzo caso si aggiunge una variabile casuale. Questa ultima proiezione viene assunta come quella più realistica.

La proiezione effettuata sulla scorta di questo modello ci porta a stimare una popolazione nell’area di 3.280 abitanti nel 2020 e 3.240 nel 2025.

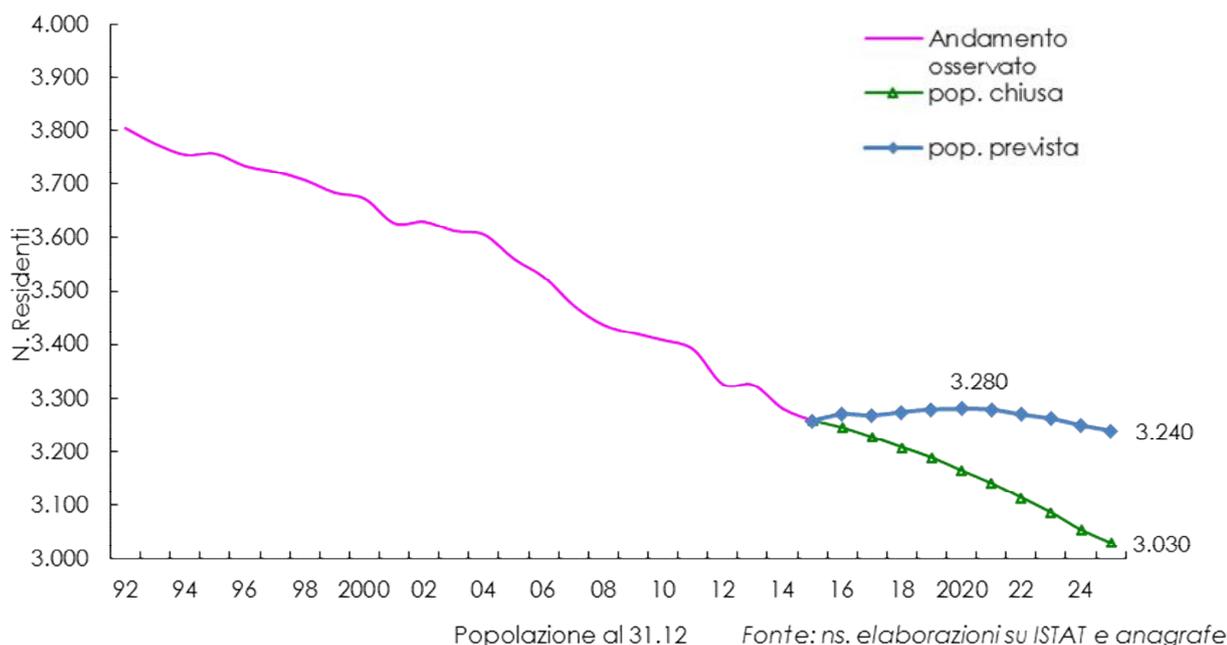


Figura 360 – Proiezione della popolazione residente. Area mineraria.

L'utilità di questa proiezione demografica trova maggior riscontro se decliniamo l'ammontare complessivo ipotizzato nelle diverse fasce d'età, così da intercettare i diversi gruppi di cittadini in relazione ai diversi bisogni: bambini in età scolare, giovani all'ingresso nel mercato del lavoro, adulti, anziani...

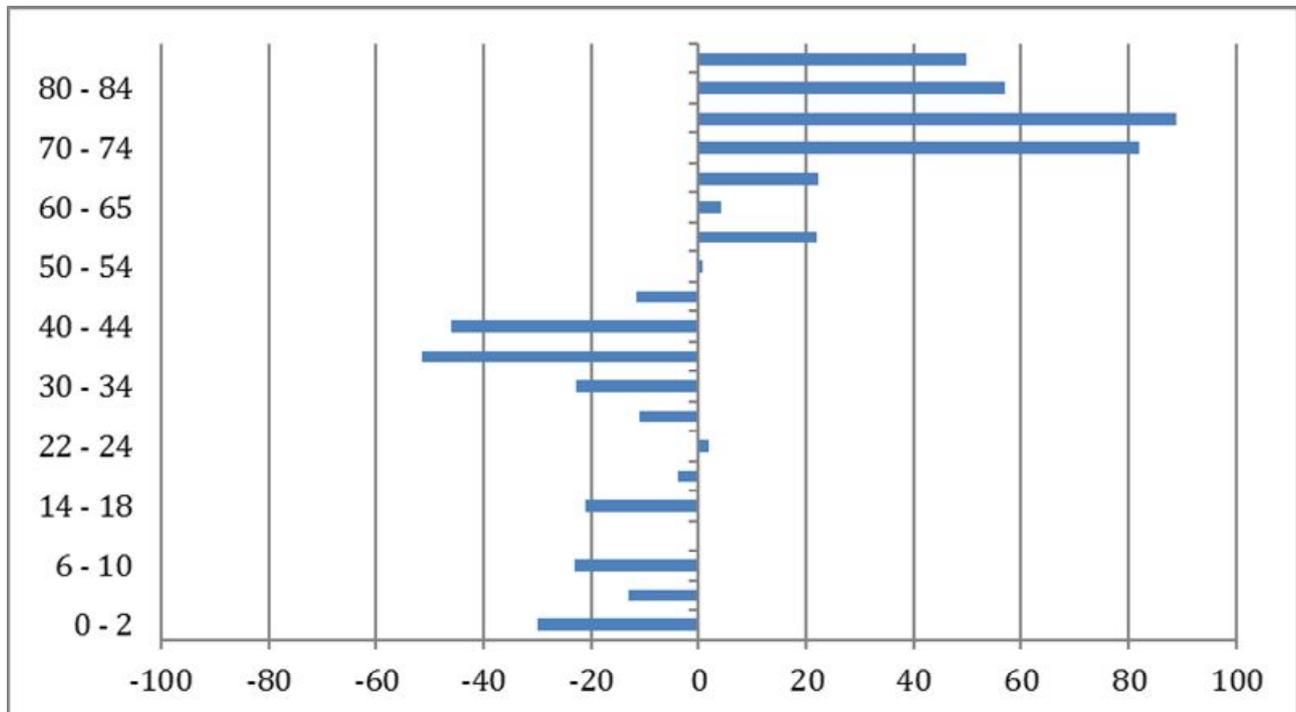


Figura 361 - Popolazione derivata al 2025. Scarti per classi quinquennali.

Le considerazioni fin qui svolte offrono lo spunto per un approfondimento della situazione demografica; lo faremo per un solo comune dell'area, Gorno, poiché qui è stato possibile attingere ai dati anagrafici comunali, molto utili nelle analisi conoscitive. Infatti, presso gli archivi informatizzati anagrafici è possibile rintracciare le informazioni di ciascun cittadino rispetto a:

- sesso;
- data, comune, provincia, nazione di nascita;
- se residente o no dalla nascita;
- stato civile;
- cittadinanza;
- codice famiglia e posizione in famiglia;
- convivenza (in istituti, caserme...);
- data, comune, provincia, nazione d'immigrazione;
- data, comune, provincia, nazione di emigrazione;
- data di morte;

Tali dati naturalmente sono stati messi a disposizione dal comune di Gorno, rispettando le regole della *privacy* e cioè omettendo i dati che rendano identificabile il singolo cittadino.

Un affondo analitico su uno dei Comuni: Gorno

Così come nella vita di un individuo possiamo scorgere degli elementi strutturanti la sua personalità, così all'interno una comunità possiamo individuare relazioni di interdipendenza complesse che nel loro agire ne determinano l'identità. Tali relazioni riguardano in particolare lo scambio quotidiano di prodotti, di servizi e di tempo di lavoro; le attività messe in campo stabiliscono una incessante trasformazione sull'organizzazione dello spazio di vita quotidiana, così che *abitare* Gorno risulta il precipitato instabile ma caratteristico delle persone che vi risiedono. Sotto questa luce risulta interessante calcolare l'intensità con cui si presentano i fattori d'identità; ciò è possibile a partire dall'enumerazione delle persone che sono nate e ancora risiedono a Gorno; tale persistenza definisce in una certa misura il *grado di radicamento* della comunità. Ebbene, come mostra la figura n° il 59 per cento dei residenti in comune vive in paese dalla nascita.

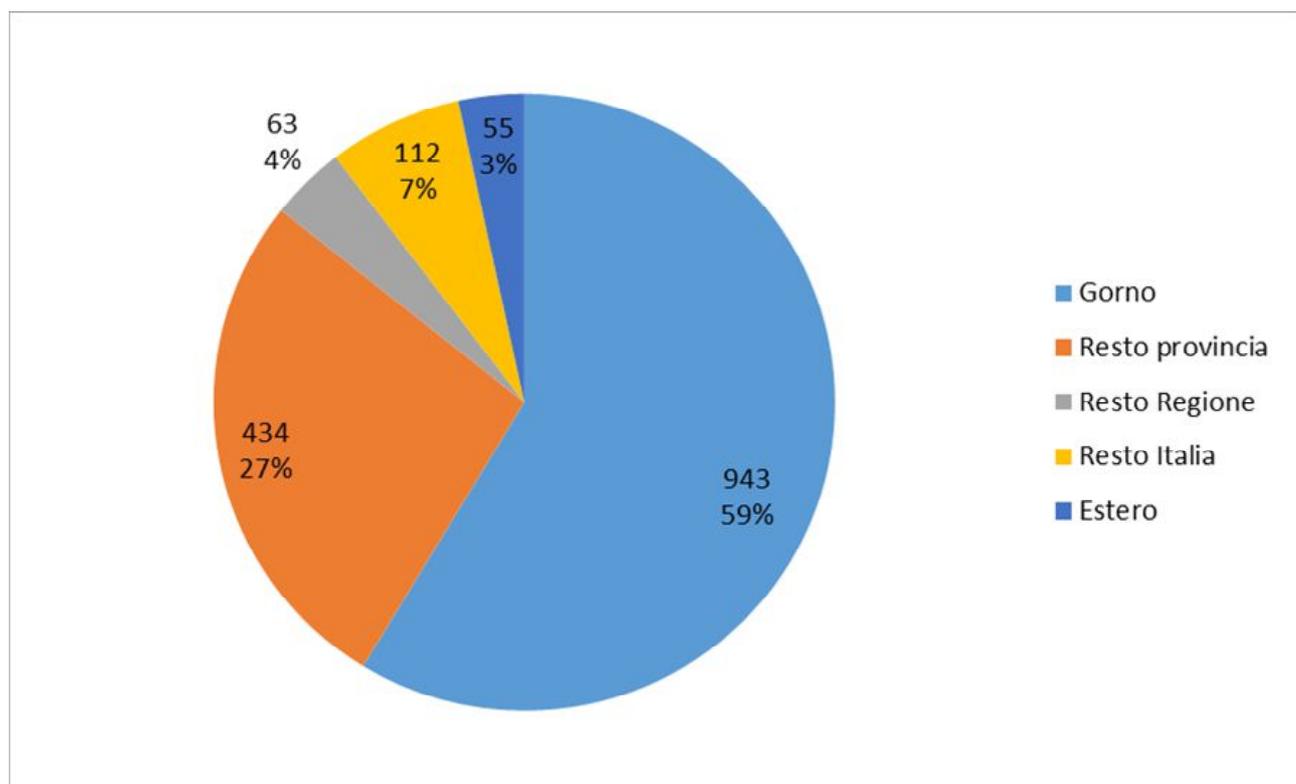


Figura 362 - Residenti per nascita.

La misura più significativa di ciò che abbiamo denominato *grado di radicamento*, va sicuramente ricercata nei rapporti tra generazioni. Si *mette su casa*, si curano proprietà, nella prospettiva

fondamentale di trasmettere questo patrimonio ai propri figli; tutto questo anche a dispetto di una manifesta inefficienza economica della scelta; quello che importa è la sicurezza della trasmissione ereditaria. Allora quanto più questa catena tra generazioni si allunga, tanto più sarà improbabile registrare discontinuità, con il risultato di ispessire i legami tra individui e ambiente di vita, habitat. Poter misurare ciò, richiede però un paziente lavoro longitudinale tra archivi storici con tutti i prevedibili problemi di tempo e di parziali insuccessi che finiscono per suggerire di soprassedere, almeno in questa sede, all'analisi.

L'altra possibilità, pur se meno robusta, è quella derivata dal misurare il numero di anni che una persona ha trascorso nel paese - numero di anni che va messo in relazione alla propria età - con particolare attenzione per quel gruppo prima rilevato che risulta risiedere in paese fin dalla nascita. L'immagine (figura 8) che ci restituisce l'accostamento tra numeri di residenti per classe d'età e la quota di vita trascorsa nel comune di ciascuna coorte risulta molto interessante.

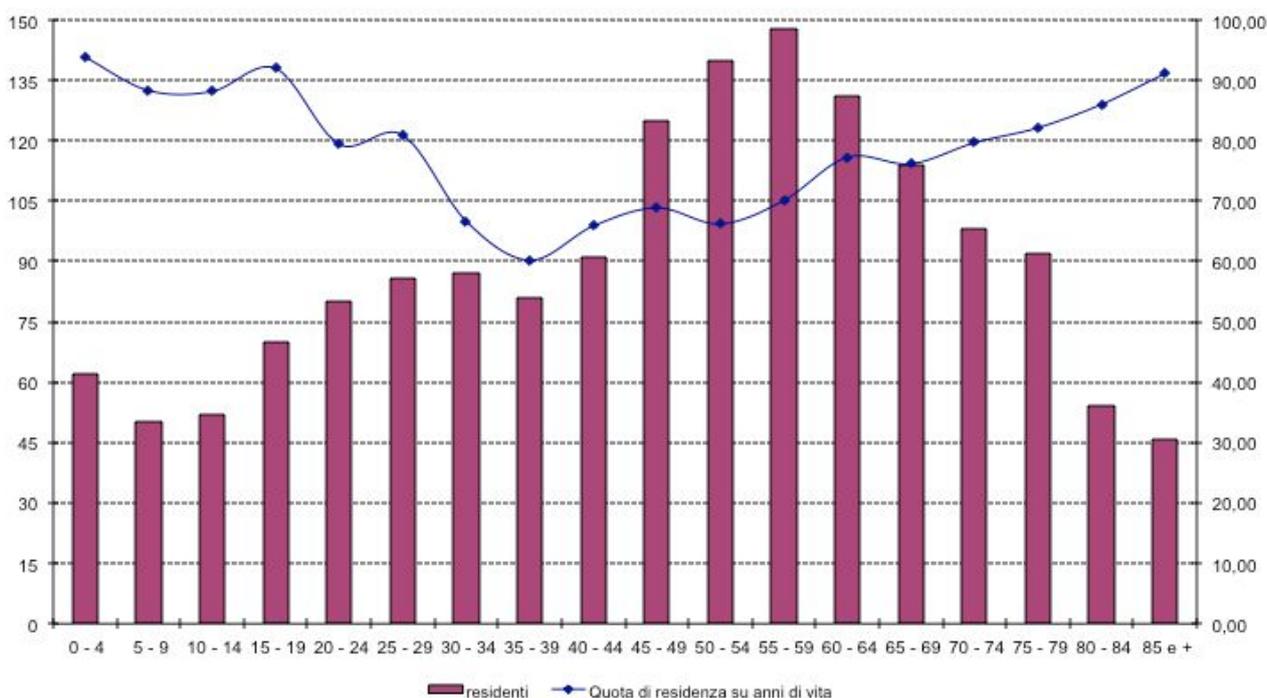


Figura 363 - Gornesi per classe d'età e quota di vita trascorsa nel Comune.

Gli 81 residenti in età compresa tra 35 e 39 anni mediamente annoverano il 60 per cento del proprio tempo di vita trascorso a Gorno. Un intervallo significativamente inferiore all' 80 % dei ventenni e all' 88-93 % dei bambini sotto i 10 anni. Dunque i 50 bambini in età compresa tra 5 e 9 anni e i 62 ancora più piccoli detengono il *record* di residenza relativa in paese; ciò significa che il loro vissuto ed il paesaggio interiore conseguente è segnato in maniera più significativa dai riferimenti

quotidiani: attraversare le strade, frequentare alcuni luoghi, la scuola, la passeggiata sul Riso, la chiesa, il campo di calcio, la palestra, le vecchie miniere...

Fino a questo momento abbiamo considerato gli abitanti del Comune singolarmente, ma risulta poco significativo analizzare la componente demografica di un territorio senza considerarne le aggregazioni che trasformano gli individui in comunità, la più importante delle quali risulta la famiglia. Non ci riferiamo qui ai suoi aspetti culturali, antropologici, ma più semplicemente agli aspetti anagrafici.

Anche in questo caso partiremo dai dati di movimento per cogliere i caratteri evolutivi del fenomeno.

Preso in esame l'arco temporale dal 1993 ad oggi, le famiglie passano da 725 a 755, con un lieve incremento ma di segno opposto rispetto all'andamento dei residenti, calati di oltre duecento unità.

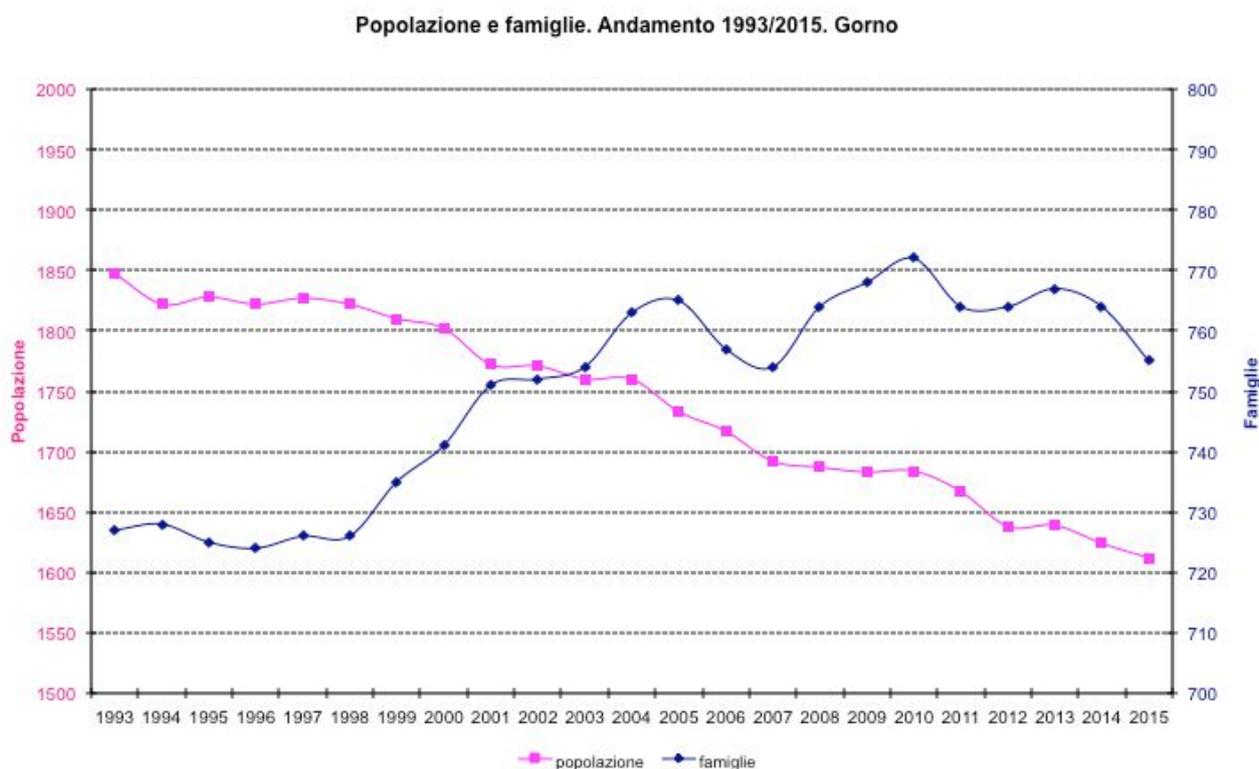


Figura 364 - Popolazione e famiglie. Andamento 1993/2015. Gorno.

Tipologia delle famiglie

Procederemo ora nell'analisi, assumendo come categorie di osservazione il numero dei componenti, la loro età, il genere, le relazioni generazionali e quanto necessario e sufficiente per individuarne delle tipologie che consentano di leggere e cercare di interpretare la domanda di servizi che da queste provengono: l'anziano può così diventare solo, la coppia potrebbe interrompere la sua

situazione e generare più persone che vivono sole o con uno o più figli singolarmente a carico, e così via. Le possibilità analitiche rispetto alla tipologia di nuclei familiari sono molto vaste.

Qui si privilegia una suddivisione in tre gruppi di età, giovani, adulti e anziani, attraverso le soglie anagrafiche di 35 e 64 anni; in altri termini considereremo giovani gli individui sotto i 35 anni e le famiglie il cui intestatario (maschio o femmina non fa differenza) risulta sotto tale soglia; in modo corrispettivo parleremo di anziani per le persone e gli intestatari di nuclei familiari che abbiano compiuto i 64 anni di età.

Le famiglie potranno essere unipersonali, pluripersonali o in altra condizione; queste seconde a loro volte vengono suddivise in coppie con figli, senza figli, padre solo con figli e madre sola con figli; le altre situazioni registrano famiglie la cui composizione non è nucleare, cioè aggregata intorno al rapporto genitori-figli, ma vede la compresenza di altre figure parentali (cugini, zii, conviventi...).

Queste classificazioni vengono poi incrociate in una matrice che considera il numero dei componenti (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 o più), restituendo così l'informazione sull'estensione delle famiglie.

L'elaborazione dei dati estratti direttamente dal *database* anagrafico del Comune nel novembre del 2016 consente una lettura dettagliata della situazione familiare che viene riassunta in due tabelle, la prima (tabella n. 2) riporta i dati in valore assoluto e la seconda (tabella n. 3) quelli in percentuale.

	Numero componenti							Totale	
	1	2	3	4	5	6	7 o +	famiglie	componenti
Unipersonale	310							310	310
uomo giovane (<35 anni)	12							12	12
adulto (35-64 anni)	79							79	79
anziano (65 anni e +)	55							55	55
donna giovane	8							8	8
adulta	45							45	45
anziana	111							111	111
Pluripersonale nucleare		176	104	105	10	5	4	404	1.200
coppia con figli			91	101	9	5	4	210	788
coppia giovane con figli (cf <35 anni)			5	6	1		1	13	54
coppia adulta con figli (cf 35-64 anni)			65	82	9	4	3	163	619
coppia anziana con figli (cf 65 anni e +)			21	13				34	115
coppia senza figli		124						124	248
coppia giovane senza figli		3						3	6
coppia adulta senza figli		40						40	80
coppia anziana senza figli		81						81	162
padre con figli		7		2				9	22
padre giovane con figli		1						1	2
padre adulto con figli		3		1				4	10
padre anziano con figli		3		1				4	10
madre con figli		45	13	2	1			61	142
madre giovane con figli		3	3					6	15
madre adulta con figli		19	8	1				28	66
madre anziana con figli		23	2	1	1			27	61
Altre situazioni		21	9	7				37	97
Famiglie in complesso	310	197	113	112	10	5	4	751	1.607

Tabella 109 - Residenti in famiglia per ampiezza e tipologia della famiglia. Valori assoluti.

In tal modo possiamo farci una immagine d'insieme dei 1.600 cittadini amministrati; questi vivono in 750 famiglie, 310 delle quali sono composte da una sola persona e 37 vivono in situazione non nucleare.

I dati riportati in forma percentuale risultano ancora più significativi. Ponendo attenzione al fatto che i valori percentuali si riferiscono alle famiglie mentre nell'ultima colonna ai componenti, possiamo così sottolineare come se le famiglie unipersonali rappresentano il 14,7 per cento del totale i suoi componenti ammontano solo al 6,9 per cento dei residenti; un secondo elemento di rilievo è dato dalle coppie con figli che pur rappresentando la situazione più diffusa tanto da riguardare il 49 per cento dei cittadini, risulta costituire un molto più contenuto 28 per cento degli aggregati familiari, a fronte di un 25 per cento di coppie senza figli e famiglie monoparentali. Inoltre è di gran rilievo il dato che le situazioni di donne sole con uno o più figli ammontano a oltre l'8 per cento.

	Numero componenti							Totale	
	1	2	3	4	5	6	7 o +	famiglie	componenti
Unipersonale	41,28							41,28	19,29
uomo giovane (<35 anni)	1,60							1,60	0,75
adulto (35-64 anni)	10,52							10,52	4,92
anziano (65 anni e +)	7,32							7,32	3,42
donna giovane	1,07							1,07	0,50
adulta	5,99							5,99	2,80
anziana	14,78							14,78	6,91
Pluripersonale nucleare		23,44	13,85	13,98	1,33	0,67	0,53	53,79	74,67
coppia con figli			12,12	13,45	1,20	0,67	0,53	27,96	49,04
coppia giovane con figli (cf <35 anni)			0,67	0,80		0,13	0,13	1,73	3,36
coppia adulta con figli (cf 35-64 anni)			8,66	10,92	1,20	0,53	0,40	21,70	38,52
coppia anziana con figli (cf 65 anni e +)				2,80	1,73			4,53	7,16
coppia senza figli		16,51						16,51	15,43
coppia giovane senza figli		0,40						0,40	0,37
coppia adulta senza figli		5,33						5,33	4,98
coppia anziana senza figli		10,79						10,79	10,08
padre con figli		0,93		0,27				1,20	1,37
padre giovane con figli		0,13						0,13	0,12
padre adulto con figli		0,40		0,13				0,53	0,62
padre anziano con figli		0,40		0,13				0,53	0,62
madre con figli		5,99	1,73	0,27	0,13			8,12	8,84
madre giovane con figli		0,40	0,40					0,80	0,93
madre adulta con figli		2,53	1,07	0,13				3,73	4,11
madre anziana con figli		3,06	0,27	0,13	0,13			3,60	3,80
Altre situazioni		2,80	1,20	0,93				4,93	6,04
Famiglie in complesso	41,28	26,23	15,05	14,91	1,33	0,67	0,53	100	100

Tabella 110 - Residenti in famiglia per ampiezza e tipologia della famiglia. Valori percentuali.

Il mercato del lavoro

I lineamenti economici di una comunità amministrata sono segnati per gran parte dalle caratteristiche individuali dei suoi abitanti, in rapporto al mercato del lavoro. Alcuni indicatori ci consentono di disegnarne un profilo. Così il rapporto tra popolazione attiva e non, stigmatizza il peso della presenza sul mercato; il titolo di studio approssima il grado di investimento che le famiglie mettono in atto; il settore economico e la posizione professionale sono la risultante del processo d'incontro tra domanda e offerta, misurata, si badi bene, attraverso quest'ultima.

Per quanto possa sembrare paradossale, elementi di questo tipo su di una popolazione a livello comunale e sovracomunale, sono un bene informativo scarso; infatti solo ogni dieci anni, in seguito alla rilevazione del Censimento della popolazione operata dall'ISTAT, possiamo avere un'analisi dettagliata della posizione di ciascun cittadino rispetto ad alcune variabili fondamentali, tra le quali appunto il lavoro. È anche in considerazione di questi limiti che siamo pertanto ricorsi ad una variabile, quella demografica, per la quale le informazioni sono più ricche e soprattutto puntuali. Inoltre occorre sottolineare come le trasformazioni demografiche stiano interessando le economie mature e che gli impatti socio-economici che esse determinano inducono riflessioni approfondite.

Prima di trattare dunque i dati raccolti, volevamo riportare una breve considerazione che nasce da alcuni aspetti legati a come una persona può vivere il lavoro.

Se solo provassimo a leggere tra le righe ciò che ci diciamo in occasioni informali e ne ricercassimo una storia che affiora per brevi cenni, troveremmo le svariate modulazioni che si danno, e non ce ne accorgiamo, tra una organizzazione e i propri componenti; il lavoro non è solo *ciò che* facciamo ma anche *come* lo facciamo. Lavorare ad esempio per mesi intorno a una macchina perché occorre che alla fine funzioni proprio come se lo aspetta chi l'ha commissionata, richiede una tecnica e una esperienza individuale particolare, ma anche un coordinamento sapiente di chi vi lavora intorno. Allora l'organizzazione che porta con sé una inevitabile carica coercitiva - bisogna - assume i contorni più morbidi di un obiettivo comune, finisce per proteggere il nostro lavoro. Non è difficile intravedere che ogni pezzo «finito» che esce dal cancello di un'azienda porta con sé una parte del proprio lavoro; tanto più che poi queste macchine vanno un po' ovunque, utili a costruire un mare di cose. Incorporerà, a ben pensarci, il progetto e quindi le idee di chi l'ha costruita; dalla corretta scelta dei materiali e dalla coerenza dell'assemblaggio delle parti dipenderà il buon funzionamento, ma la soddisfazione del cliente sarà anche frutto di quell'intreccio di domande e risposte intercorse tra fornitore e cliente nella fase di ideazione e progettazione. «Ho un problema...»; inizia quasi sempre così la telefonata tra di loro. La tecnologia allora esce dal campo fascinosa e oscura della scatola nera per assumere i caratteri familiari delle grane quotidiane, dei «colli di bottiglia».

Occupiamoci ora di esaminare i tratti caratteristici del mercato locale del lavoro a partire dalla contestualizzazione di quest'ultimo nell'area più vasta di appartenenza.

L'area indagata nel contesto più ampio

Il progresso incessante delle innovazioni tecnologiche e organizzative - che riguardano sia le attività industriali che quelle dei servizi - caratterizza ormai le aree più sviluppate dei Paesi industrializzati e comporta una contrazione dei cicli economici. La domanda di lavoro richiede nuove competenze e caratteristiche professionali dei lavoratori. Il sistema dell'istruzione è pressato da due esigenze diverse: fornire capacità e conoscenze generali che consentano agli individui di destreggiarsi sul mercato del lavoro; fornire competenze specifiche che rispondano alla domanda di breve termine del sistema produttivo. I caratteri innovativi di questa domanda sono indagati in modo frammentario; se a un livello generale manca una sintesi in tal senso, a livello locale non si trovano neppure le informazioni elementari di base. La nostra ricognizione cerca di dare un contributo in questa direzione, non senza avere prima collocato il territorio indagato nel contesto economico e territoriale più ampio.

Il mercato regionale del lavoro

Il mercato del lavoro in Lombardia riflette storicamente le condizioni di una regione che si colloca ancora al primo posto, in ambito nazionale, e fra i primi nel contesto delle regioni europee, quanto a livello di sviluppo economico.

Gli alti gradi di partecipazione al mercato del lavoro e, nonostante questi, il basso ammontare assoluto e relativo della disoccupazione (dimezzato rispetto alla media nazionale), derivano dalla capacità di crescita e di continua trasformazione del suo sistema produttivo.

Una condizione che viene "da lontano", anche se la crescita economica non è certo più quella degli anni '50 e '60 (sostenuta allora da forti flussi migratori dal Mezzogiorno e dalle regioni del Nord-Est). Pur se la Lombardia negli anni più recenti è stata sopravanzata, quanto a tassi di crescita, dalle regioni di più recente industrializzazione, soprattutto del Nord-Est, le stesse che fino agli anni '70 erano ancora economie agricole e terre di emigrazione.

Non si deve però dimenticare che lo sviluppo economico regionale si è accompagnato, nell'ultimo quarto di secolo, a un processo di profonda trasformazione, che ha investito imprese, settori e territori, modificandone progressivamente, ma in modo molto marcato, le caratteristiche originarie, basate sull'industrializzazione e in particolare sulla grande impresa industriale, su un'ampia presenza di settori di base, su una forte concentrazione di attività industriali nel territorio milanese e nel suo hinterland.

A partire dalla seconda metà degli anni '70 si è infatti avviato un ampio processo di ridimensionamento del settore industriale, compensato in larga parte da una vivace crescita di attività terziarie, soprattutto nei settori privati del terziario di mercato, tra i quali, in modo particolare, quelli dei servizi alle imprese. Grazie a questo, anche nel periodo più difficile del dopoguerra, la prima metà degli anni '80, quando alle ristrutturazioni industriali si è accompagnato un forte flusso di nuovi ingressi sul mercato del lavoro, dovuto alle ultime leve demografiche consistenti contemporanee all'esplosione del tasso di attività femminile, la disoccupazione ha raggiunto al massimo il 7,4 per cento.

Oltre a grandi trasformazioni intersettoriali (che hanno portato l'incidenza dell'occupazione nei servizi dal 43 per cento del 1980 al 69 per cento del 2011) si è profondamente modificato lo stesso settore industriale: le grandi imprese «storiche» sono letteralmente scomparse, le grandi imprese si sono snellite negli organici, tutte hanno accentuato, nonostante l'esternalizzazione di molti servizi, il grado di «terziarizzazione implicita», per effetto di una riorganizzazione che ha dato maggiore spazio alle funzioni tecniche, commerciali, finanziarie, direzionali.

Anche se l'occupazione industriale dall'inizio degli anni '80 al 2011 si è ridotta di 1.180mila unità e ha perso 34 punti di quota su totale (dal 64% al 30%), non per questo la Lombardia ha comunque perduto la propria caratterizzazione industriale; regione di snodo con i mercati internazionali, di principale operatore con l'estero anche per beni destinati al resto del paese; basti considerare che l'occupazione nell'industria supera ancora di quasi 4 punti la media nazionale, e che tra tutte le regioni la Lombardia, quanto a quota dell'occupazione industriale, figura in seconda posizione, appena dopo il Veneto.

Oltre a questi fenomeni vanno infine ricordati i processi di redistribuzione territoriale e di nuove specializzazioni: in particolare è la provincia di Milano che ha perso in larga misura i suoi caratteri storici di vera e propria capitale industriale del paese, sviluppando in grado elevato la presenza di attività terziarie avanzate (nei settori del credito, della finanza, delle comunicazioni, dei servizi alle imprese); le altre province, al contrario, e al loro interno i molti distretti con produzioni specialistiche, hanno rafforzato le proprie attività industriali, le quali, nonostante le specificità locali e l'avanzata dei servizi, continuano ancora a caratterizzare in forte misura quasi tutte le economie locali.

Le trasformazioni strutturali del sistema produttivo lombardo cui si è brevemente accennato, possono essere definite in estrema sintesi come un processo di *terziarizzazione senza deindustrializzazione*; ciò ha comportato cambiamenti radicali anche sul mercato del lavoro, da un lato determinando l'obsolescenza di molti «mestieri» e competenze tradizionali, dall'altro

trasformando i contenuti di molte professioni, infine provocando la nascita di molte professioni completamente nuove.

Il mercato provinciale del lavoro

Al riguardo ci affideremo alle considerazioni dell'ultimo rapporto OCSE, prodotto per la seconda volta nella nostra provincia.

“Storicamente la regione di Bergamo è sempre stata una zona ad elevate performance. Le piccole e medie imprese della regione beneficiano di un sistema di relazioni industriali basate su prossimità e interazioni locali (distretti industriali). Il PIL pro capite di Bergamo supera quello medio delle regioni TL3 dell'OCSE, e il suo tasso di disoccupazione è sempre stato molto basso. Il livello di produttività del lavoro di Bergamo supera quello della maggior parte dei suoi pari europei e di altre regioni OCSE con aree di specializzazione similari.

- L'economia industriale di Bergamo, tradizionalmente robusta, rimane un fattore chiave per il successo. Il settore manifatturiero continua a rappresentare più di un terzo dell'attività economica della provincia (35,1% del VAL e 34% dell'occupazione nel 2012). Questo settore è stato oggetto di importanti cambiamenti strutturali collegati alla crescente importanza delle esportazioni per la provincia, e di notevoli aggiornamenti tecnologici.

- Tuttavia, sin dai primi anni del 2000, Bergamo ha perso terreno rispetto ad altre regioni. Il PIL pro capite e la crescita della produttività sono stagnanti (soprattutto se confrontati con analoghe regioni TL3 dell'OCSE). La crisi ha accentuato questa scarsa performance economica, e ciò ha provocato da un lato un calo del PIL pro capite e della produttività, e dall'altro un forte aumento della disoccupazione. Nel 2000, la produttività del lavoro in Bergamo è stata del 33% al di sopra della media OCSE, nel 2011 il dato corrispondente è stato solo del 14%.

- La scarsa performance macroeconomica dell'economia italiana ha indebolito la dinamica di Bergamo. La stagnazione della crescita economica e della produttività è una questione nazionale. Aggravata dalla recente crisi economica globale, la stagnazione economica ha portato all'aumento della disoccupazione e al calo della domanda interna. Né le istituzioni né le normative, così come sono oggi, sono orientate a favorire le attività economiche. Le leggi fiscali e sul lavoro troppo complicate, affiancate da un sistema giudiziario inefficiente, rendono particolarmente difficile attirare capitali stranieri. La recente riforma dei livelli intermedi di governo ha aumentato l'incertezza istituzionale a livello provinciale, creando un potenziale vuoto di governo.

- La mancanza di competenze della popolazione adulta rappresenta un handicap per il passaggio ad una produzione a maggior valore aggiunto. Anche se vi è stato un graduale miglioramento delle competenze generali tra i giovani, il livello medio di competenze della popolazione adulta rimane basso. La provincia si situa al di sopra delle prestazioni medie OCSE nelle valutazioni internazionali degli studenti (PISA), ma per quanto riguarda la valutazione delle competenze generali tra la popolazione adulta (PIAAC), è ben al di sotto della media OCSE. Il retaggio industriale ha contribuito all'elevata percentuale di abbandono degli studi nelle scuole superiori con competenze lavorative specifiche - acquisite sul posto di lavoro - ma con poche competenze trasferibili.

- Le attività innovative di Bergamo sono incrementate rapidamente nel corso degli anni '80 e '90, ma si sono stabilizzate a partire dal 2000. Tra le 12 province della Lombardia, Bergamo è la seconda per quanto riguarda le performance nell'innovazione, ed è superata solo da Milano. Misurate in termini di brevetti, Bergamo ha registrato un

costante aumento delle attività innovative negli anni '80 e '90 e, tra le 1.708 regioni TL3 dell'OCSE Bergamo ha migliorato la propria posizione, passando dal 550° posto circa dei primi anni '90 al 350° posto alla fine degli anni '90. A partire dai primi anni 2000 però ha oscillato attorno al 275° posto, senza alcuna indicazione di un qualsiasi ulteriore slancio verso l'alto.”

È noto come il problema principale nell'analisi del mercato del lavoro sia quello di cogliere la domanda effettiva del sistema delle imprese, in particolare quella di prospettiva.

Popolazione e sistema di imprese

Iniziamo allora da uno dei dati più citati a proposito dell'economia bergamasca - la numerosità della sua «popolazione» di imprese e l'inevitabile costellazione degli indici statistici che discendono dall'onda lunga di questo fenomeno.

Il secondo trimestre 2016 si chiude con 85mila imprese attive registrate in provincia di Bergamo. All'indubbia densità del fenomeno imprenditoriale si possono associare alcuni spunti di analisi che possono risultare importanti per il nostro modo di guardare la *popolazione* delle imprese locali.

1) L'universo demografico delle imprese ha ripreso a crescere, ma i tassi di natalità netta si sono fatti meno intensi rispetto alla provincia e ad altre regioni italiane.

Nello stesso tempo, le piccole e medie imprese nate dall'emergere di nuovi mercati si sono irrobustite e alcune di esse hanno conosciuto una forte espansione nella provincia e anche fuori di essa e degli stessi confini nazionali.

Le indagini degli ultimi anni, scavando oltre le semplici identità giuridiche, hanno anche dimostrato l'esistenza nel comparto manifatturiero di gruppi di imprese e di relazioni incrociate di controllo e di partecipazione vaste e ramificate.

Oggi non sembra dunque più opportuno riproporre una visione particolaristica dell'offerta di professioni imprenditoriali. L'osservazione demografica deve lasciar posto ad un approccio focalizzato più che sugli spontanei processi di creazione di nuove imprese - caratterizzati tipicamente anche da un elevato tasso di mortalità - sulle loro strategie di localizzazione, di alleanza e di adattamento ai nuovi mercati. Lo stesso orizzonte locale e provinciale non è il più adeguato a rappresentare compiutamente i percorsi di crescita delle organizzazioni aziendali.

2) Se consideriamo l'intero bacino del capoluogo, giungendo fino alle estensioni padane verso Milano e Brescia possiamo parlare di un'area urbana manifatturiera sufficientemente coesa in cui si produce, si commercia e si esporta (quasi) di tutto e dove le relazioni intra ed intersettoriali sono

intensissime e tuttora in gran parte mediate dai contesti locali in termini di infrastrutture, capitale umano e istituzioni sociali.

La versatilità dell'apparato industriale e la propensione all'esportazione generano una pluralità di filiere produttive che collegano le produzioni di beni finali (soprattutto prodotti per la casa e per la persona) alle produzioni, in buona parte destinate all'export, di beni intermedi e d'investimento (macchine utensili e per l'industria, elettromeccanica, materiali edili, ecc.) passando per la fitta rete della subfornitura e dell'indotto delle medie e grandi imprese.

In presenza di vincoli sempre più stringenti sul versante dell'offerta di lavoro - e negli usi del suolo - e di una competizione più aspra sui mercati internazionali, il futuro richiede però un salto di qualità in termini di investimenti, innovazione e innalzamento del sapere messo in gioco nei processi produttivi. Comporta inoltre un esplicito ripensamento delle relazioni tra economia, territorio, istituzioni e comunità locali. L'eccessiva enfasi data al problema delle infrastrutture logistiche riflette, forse, anche l'esaurirsi di uno sviluppo spontaneo dei vantaggi delle economie esterne e la debolezza, culturale prima che politica, di un governo del territorio.

3) Negli ultimi anni il sistema integrato delle relazioni interindustriali si è allargato ben oltre l'ambito locale: la delocalizzazione di impianti produttivi verso paesi esteri e gli accresciuti flussi d'investimento fuori provincia non hanno intaccato la tenuta occupazionale del mercato del lavoro locale ma hanno piuttosto innalzato le soglie di efficienza di una parte del sistema imprenditoriale, la sua articolazione finanziaria e la sua competitività internazionale. L'internazionalizzazione dell'economia bergamasca è cresciuta ad un tasso considerevole negli ultimi 15 anni.

4) L'evoluzione della *popolazione* di imprese locali illustra chiaramente anche una virtù di sistema dell'economia locale. A un'industria manifatturiera che rimane forte, perde meno addetti che altrove e continua ad avere buone *performance* sui mercati esteri si è accompagnato uno sviluppo significativo del terziario avanzato e dei servizi alle imprese.

La presunta sottoterziarizzazione dell'economia locale risulta solo da una interpretazione statistica scorretta che enfatizza gli effetti di composizione derivanti da una forte presenza manifatturiera.

Dopo queste sintetiche ma necessarie considerazioni, quello che ora vogliamo indagare sono i fenomeni legati alla *dinamica* della struttura produttiva, anche in considerazione dei mutamenti sempre più veloci del paradigma economico che vedrà in futuro il prevalere di quelle aree territoriali in grado di conquistarsi posizioni di vantaggio competitivo.

Al proposito ci vengono ancora in soccorso i dati desunti dal registro delle imprese della camera di commercio, che utilizzeremo per le sole manifatture, cercando di ricostruire una serie storica significativa della variazione del numero di imprese per contenuto tecnologico delle stesse.

La classificazione delle imprese manifatturiere per contenuto tecnologico fa riferimento al fatto che tra gli studiosi e i *policy makers* è sempre più riconosciuto il ruolo ricoperto dalla produzione, la trasformazione e lo sfruttamento delle *conoscenze* nel determinare il successo economico, la competitività industriale e la crescita dell'occupazione. È la stessa Commissione Europea che ha posto il rafforzamento dell'innovazione tra i pilastri della propria strategia con l'obiettivo di far divenire l'Unione Europea l'economia fondata sulla conoscenza più competitiva e più dinamica del mondo entro la fine del decennio (Consiglio Europeo di Lisbona, marzo 2000). Tutto ciò avendo identificato proprio nel ritardo nell'innovazione la spiegazione degli insufficienti risultati delle economie europee in materia di produttività. L'evoluzione del concetto di innovazione implica però che le politiche dell'innovazione non debbano concentrarsi esclusivamente sulla relazione tra innovazione e ricerca. Oltre alla nozione di innovazione tecnologica, che designa l'innovazione derivata dalla ricerca, si può infatti parlare anche di innovazione organizzativa o relativa ai modelli commerciali, riconoscendo che nuovi modi di organizzare il lavoro in settori quali la gestione delle forze lavoro, la distribuzione, il finanziamento o la produzione possono avere un influsso positivo sulla competitività. Oppure anche di innovazione stilistica e commerciale, come espressione dell'innovazione in settori come il *design* e il *marketing*.

Con il termine innovazione solitamente si identificano congiuntamente la creazione e lo sfruttamento economico di nuovi prodotti destinati tanto a mercati di beni intermedi quanto a mercati di beni finali. L'innovazione si distingue dalla semplice attività inventiva nella quale lo scopo conoscitivo è prevalente rispetto all'obiettivo dell'utilizzazione economica. In termini generali si può parlare di innovazione sia con riguardo alla tecnologia, che all'organizzazione dell'impresa. Se la definizione di innovazione e di impresa innovativa non presenta particolari difficoltà dal punto di vista teorico, sicuramente più arduo è il compito di identificare quali sono le imprese effettivamente innovative nella realtà.

È utile ricordare brevemente la definizione e le più recenti tassonomie dell'attività innovativa per poi circoscrivere con maggiore precisione l'obiettivo di queste considerazioni. Innanzitutto l'innovazione può essere di prodotto o di processo, dove per innovazione di prodotto si intende la creazione di nuovi prodotti o servizi, mentre per innovazione di processo si intende l'introduzione di metodi di produzione più efficienti in grado di ridurre il costo di produzione di beni esistenti. La linea di demarcazione fra i due tipi di innovazione non sempre è tracciabile in modo chiaro; infatti un prodotto nuovo di un'impresa può rappresentare l'occasione di adozione di un nuovo processo

per un'altra impresa. La tassonomia più esaustiva delle forme di innovazione tecnologica distingue fra innovazione radicale, incrementale, architettonica e modulare.

L'offerta di lavoro

A proposito di qualità dell'offerta di lavoro, sono interessanti i dati sulla scolarità che vedono i Comuni dell'area sotto la media dei dati provinciali: al 2011 il 22,4 per cento dei cittadini sopra i 6 anni erano in possesso di laurea contro il 28 per cento a livello provinciale. È abbastanza ragionevole presupporre che questa situazione della scolarità rifletta la posizione territoriale del comune.

Comune	Licenza Elementare	Licenza Media	Diploma	Laurea	totale
Gorno	8,0	28,4	36,4	22,9	100,0
Oneta	6,0	28,6	41,0	20,7	100,0
Oltre il Colle	8,1	26,9	37,0	23,5	100,0
Provincia	7,9	21,4	32,8	28,0	100,0

Tabella 111 - Grado percentuale di istruzione. Su popolazione > 6 anni al 2011.

Competenze specifiche e generali

Misurare il grado di istruzione quale *proxy* della qualità dell'offerta di lavoro presuppone l'idea che la scolarità formale, il conseguimento di un titolo di studio a seguito della frequenza di un percorso scolastico, costituisca il prerequisito fondamentale per un buon ingresso nel mercato del lavoro. Agli estremi di questa considerazione si situa da una parte l'atteggiamento di coloro che considerano la scuola incapace di preparare i giovani al mondo del lavoro e dall'altra la constatazione che, uno scarso bagaglio culturale impedisca l'evoluzione progressiva delle persone e le *consegni* alla situazione lavorativa in condizione di rischio di impoverimento professionale nel tempo. È sintomatica al riguardo l'enfasi che si viene ponendo da parte del mondo produttivo sulle competenze cosiddette *trasversali*. Sembra allora opportuno tentare di ridefinire il rapporto di coerenza tra studio e lavoro, tra scuola e azienda, attraverso considerazioni di medio e lungo periodo. Inoltre probabilmente, perché il titolo di studio non svolga la funzione di semplice *segnale* sul mercato delle professioni, occorre ripensarlo all'interno di un percorso individuale - legato dunque ad attitudini e fatti peculiari - attento alle richieste del mercato e capace di «filtrare» tra dato contingente e di prospettiva. Esempificando, la scelta di iscriversi ad una determinata facoltà per un giovane, va interpretata alla luce di almeno tre variabili: la vicinanza territoriale, una considerazione positiva generalizzata, l'ipotesi di uno sbocco lavorativo possibile; contemporaneamente non potranno considerarsi in modo simmetrico coloro che si iscrivono in vista di una futura

corresponsabilità nell'azienda familiare - e non sono pochi - e coloro che prefigurano per sé altri percorsi.

D'altra parte la dimensione rispetto al mercato del lavoro conferma la situazione particolare dell'area. La tabella che segue, col consueto limite per questi dati non aggirabile, di riferirsi ad un tempo ormai lontano (Censimento 2011) risulta esplicita: un tasso di occupazione provinciale pari al 50,5 per cento a fronte del 45,5% nell'area.

I lineamenti economici di una comunità amministrata sono segnati per gran parte dalle caratteristiche individuali dei suoi abitanti in rapporto al mercato del lavoro. Alcuni indicatori ci consentono di disegnarne un profilo. Così il rapporto tra popolazione attiva e non, stigmatizza il peso della presenza sul mercato; il titolo di studio approssima il grado di investimento che le famiglie mettono in atto; il settore economico e la posizione professionale sono la risultante del processo d'incontro tra domanda e offerta, misurata attraverso quest'ultima. Per quanto possa sembrare paradossale, elementi di questo tipo su di una popolazione a livello comunale, sono un bene informativo scarso; infatti solo ogni dieci anni, in seguito alla rilevazione del Censimento della popolazione operata dall'ISTAT, possiamo avere un'analisi dettagliata della posizione di ciascun cittadino rispetto ad alcune variabili fondamentali, tra le quali appunto il lavoro.

Va anche ricordato come la distanza temporale del dato sia compensata dalla natura strutturale del fenomeno che lascia ad interpretazioni non congiunturali ma di medio periodo. Fatte queste dovute precisazioni possiamo osservare le tabelle che seguono.

Comune	Tasso di attività	Tasso di disoccupazione	Tasso di disoccupazione giovanile	Tasso di occupazione	totale
Gorno	49,7	8,3	22,5	45,8	100,0
Oneta	49,1	7,7	37,5	45,5	100,0
Oltre il Colle	47,9	5,5	27,6	45,3	100,0
Provincia	54,0	6,8	23,2	50,5	100,0

Tabella 112 - Caratteristiche dell'occupazione. Censimento percentuale relativo al 2011.

I tradizionali rapporti socioeconomici su realtà territoriali a livello comunale o di bacini contenuti, nell'affrontare le dimensioni del mercato del lavoro si preoccupavano di considerare il cosiddetto bilancio occupazionale; vale a dire il rapporto tra occupati e posti di lavoro presenti. Non sembra opportuno, all'inizio del terzo millennio, di fronte ai fenomeni di globalizzazione porsi l'obiettivo analitico un po' angusto di autocontenimento dell'occupazione; se mai va vista con attenzione positiva la formazione di un mercato del lavoro basato su «reti lunghe».

La domanda di lavoro

È noto come il problema principale nell'analisi del mercato del lavoro sia quello di cogliere la domanda effettiva del sistema delle imprese, in particolare quella di prospettiva. Partiremo pertanto, così come abbiamo fatto per l'offerta di lavoro, da una analisi evolutiva relativa al nostro comune. Attraverso la tavola 8 si vuole segnalare la dinamica di medio e lungo periodo, dal 1981 al 2011, nell'area e in provincia termini di occupazione: addetti alle unità locali secondo i censimenti, in complesso e nelle attività manifatturiere.

<i>Anno</i>	Comuni area mineraria				Provincia di Bergamo			
	<i>1981</i>	<i>1991</i>	<i>2001</i>	<i>2011</i>	<i>1981</i>	<i>1991</i>	<i>2001</i>	<i>2011</i>
Unità Locali	296	321	250	209	56.313	64.444	73.840	94.171
U.L. Manifatture	102	132	29	18	12.996	13.784	13.604	11.505
Popolazione	4.134	3.801	3.634	3.346	874.035	909.692	973.129	1.086.277
UL per 100 abitanti	7,16	8,45	6,88	6,25	6,44	7,08	7,59	8,67
KMQ	61	61	61	61	2.764	2.765	2.765	2.765
UL per KMQ	4,89	5,30	4,13	3,45	20,37	23,31	26,71	34,06
UL manif. per KMQ	1,68	2,18	0,48	0,30	4,70	4,99	4,92	4,16
UL manif. x 100 ab	2,47	3,47	0,80	0,54	1,49	1,52	1,40	1,06
Addetti totali	734	703	500	435	275.921	306.744	341.931	380.239
Addetti manifatture	344	312	109	61	160.262	159.902	160.237	134.301

Tabella 113 - La domanda di lavoro. Censimenti 1981-2011.

- Benessere e tenore di vita

Rimane il compito, al termine di questo rapporto, di riportare alcune considerazioni che potranno poi essere meglio sviluppate in seguito. Ci pare comunque significativo avviare una apertura del tema.

Compito dell'amministrazione pubblica, in particolare la municipalità, è quello di favorire il benessere dei cittadini; questo rimanda al tema essenziale dello stabilire un livello minimo di soddisfazione, che a sua volta potrebbe essere identificato attraverso il «tenore di vita» a cui il cittadino aspira. Il tenore di vita non attiene solamente al possesso di beni, ma riguarda ciò che siamo in grado di realizzare attraverso abilità e capacità. Il miglioramento del tenore di vita così concepito provoca, nei nostri Comuni come altrove, una crescita costante ed inesorabile nella domanda di servizi sociali. Ogni cittadino, infatti, mano a mano guadagna una situazione di progressivo benessere, aumenta il proprio livello di consapevolezza rispetto al grado di benessere sociale.

Il problema allora non è solo quello di disegnare un sistema di protezione sociale meno costoso e perciò più accettabile dai contribuenti. La vera sfida consiste nell'escogitare modelli di fornitura dei servizi che mostrino un grado elevato di solidarietà nei confronti di cittadini in stato di bisogno e, congiuntamente, siano dotati di sistemi di incentivi idonei a stimolare la loro autonomia; che stimolino la presenza di una pluralità di fornitori, così da consentire l'instaurarsi di meccanismi competitivi e garantire ragionevoli margini di scelta dei cittadini e, nel contempo, assicurino una elevata efficienza produttiva.

7.1.12 Salute pubblica

Premessa e definizioni

Le complessità e le difficoltà nel trattare questa componente si colgono analizzando il concetto stesso di “Salute pubblica”: dall’esame della principale letteratura in materia, emergono le linee generali di quello che può essere considerato l’attuale stato dell’arte per quanto riguarda il contenuto degli Studi di Impatto Ambientale con riferimento al capitolo “salute pubblica”. Si possono delineare due distinte concezioni dell’oggetto “salute”:

- il primo vede la salute come assenza di malattia, ed in questo caso sviluppa un percorso che mette l’accento sugli effetti più direttamente sanitari e biomedici. Viene considerata prevalentemente la salute fisica tentando di arrivare ad una quantificazione del rischio la più precisa possibile anche in termini quantitativi;
- il secondo vede la salute nel significato più ampio di qualità della vita, ed il percorso che viene sviluppato include nella valutazione degli effetti anche le modificazioni indotte sui determinanti della salute. Questo approccio produce un modello di valutazione che considera aspetti che vanno al di là della salute fisica e sconfinano in valutazioni sociologiche e di percezione del rischio da parte delle popolazioni, accontentandosi di quantificazioni del rischio più approssimate ed anche solo qualitative.

Si può sintetizzare rilevando da una parte la necessaria varietà degli approcci adottati e dall’altra la mancanza di un approccio condiviso e universalmente valido.

Il ruolo essenziale dell’epidemiologia nella Global Strategy for Health for All (Strategia Globale per la Salute per Tutti) è stato riconosciuto in una risoluzione della World Health Assembly (Assemblea Mondiale della Sanità) del maggio 1988, che spinse gli Stati Membri a fare più ampio uso dei dati epidemiologici, dei relativi concetti e dei metodi propri di questa disciplina sia nella preparazione sia nell’aggiornamento, nel controllo e nella valutazione del loro lavoro in questo campo, e incoraggiò l’addestramento nella moderna epidemiologia per valutare i vari approcci ai problemi sanitari che vengono utilizzati nei diversi paesi.

Meritano altresì di essere richiamate alcune definizioni di carattere generale, per chiarire gli elementi concettuali di maggiore rilievo.

- *Salute*: definita dall’Organizzazione Mondiale di Sanità, nel 1946, come “uno stato di completo benessere fisico, psichico, e sociale, e non semplicemente assenza di malattia”. Alla luce delle esperienze ad oggi disponibili ed in relazione alle dimensioni dell’opera, alle popolazioni coinvolte, al potenziale impatto sulla salute, è necessario considerare la salute come una risorsa che permette alle persone di condurre una vita produttiva sotto il profilo personale, sociale, ed

economico, e per tener conto, per quanto possibile, degli elementi quantitativi che abbiano a che fare con la qualità della vita (completo benessere).

- *Salute pubblica*: la qualificazione come “pubblico” dell’oggetto rappresentato dalla salute sottintende che ci si sta occupando di qualcosa che non appartiene ad un individuo ma che interessa una comunità di cittadini in relazione tra loro e con il mondo che li circonda.
- *Pericolo*: proprietà e qualità intrinseca di un determinato fattore/contesto che ha la potenzialità di causare danni per la salute.
- *Rischio*: probabilità del danno alla salute che consegue alla esposizione ad un fattore di pericolo.
- *Valutazione del rischio*: il percorso di valutazione del rischio è articolato in quattro fasi (identificazione del pericolo, determinazione della risposta alla dose (quale relazione esiste tra la dose e l’effetto sulla salute), valutazione del livello di esposizione al pericolo, caratterizzazione del rischio) e deve portare, per quanto possibile, ad una stima quantitativa degli effetti (negativi/positivi) attesi sulla salute della popolazione interessata dall’intervento proposto.
- *Esposizione*: il termine esposizione è qui utilizzato nella accezione generale (e pertanto generica) di indicare qualsiasi elemento (pericolo) che è causa (potenziale o reale) degli effetti attesi sulla salute che sono allo studio. Tra una esposizione ed un effetto esiste sempre una relazione (per quanto complessa, articolata, incerta...) che deve essere valutata.
- *Limite*: il concetto di limite viene utilizzato in varie articolazioni. Le sigle NOEL, NOAEL, LOAEL, RFD, e così via, rappresentano livelli di esposizione (di dose) cui può essere utile a volte fare riferimento per definire condizioni o situazioni in cui il rischio può essere tenuto sotto controllo.
- *Popolazione target*: popolazione potenzialmente interessata dall’opera e dalle sue ricadute sulla salute.
- *Effetto atteso sulla salute*: operazione di stima, soggetta a fenomeni di incertezza, che riguarda sia gli effetti negativi (es. patologie, condizioni di salute, fattori di rischio...) che gli effetti positivi (es. benessere, qualità della vita...) che un intervento può avere sulla popolazione target ed il suo stato di salute.
- *Fattori di confondimento/interazione*: fattori che, interagendo con l’esposizione, possono produrre un aumento (o una diminuzione) degli effetti attesi (ed in questo caso si parla di sinergia, o di fattori di interazione), o disturbare la relazione tra l’esposizione, originata dalla proponenda opera, e l’effetto/i atteso sulla salute della popolazione target (ed allora si parla di fattori di confondimento).
- *Principio di precauzione*: per affrontare situazioni caratterizzate da incertezza conoscitiva, per le quali non è possibile indicare con certezza quali siano gli effetti sulla salute conseguenti alla

esposizione ad un potenziale fattore di rischio, è importante far riferimento al principio di precauzione (o principio di cautela). Tale principio consente di giudicare se dalla sua applicazione possano emergere elementi utili alla valutazione di impatto sulla salute. L'applicazione del principio di precauzione, nei contesti nei quali risulta idoneo alla valutazione, svolge almeno il ruolo di rendere più esplicito e trasparente il percorso valutativo favorendo la adozione di decisioni fondate su evidenze scientificamente valide e condivise.

Approcci e metodologie

La normativa ambientale affronta generalmente il tema della protezione della salute umana utilizzando un approccio preventivo, che pone limiti ai fattori di pressione che possono determinare un impatto sulla salute. Non sono però note norme generali che impongono limiti espliciti agli effetti sulla salute. In questo contesto, utile riferimento è il principio di precauzione (si veda, ad esempio: Comunicazione della Commissione Europea sul principio di precauzione n. 52000DC0001 del 2/2/2000), inteso come scelta cautelativa da utilizzare nell'ambito di una analisi dei rischi (comprensiva delle fasi di valutazione, gestione e comunicazione dei rischi stessi). Si può fare anche riferimento alle indicazioni provenienti da diversi approcci e modelli di analisi di rischio (quale, ad esempio, quelli elaborati da ISPRA, nel 2010).

Gli approcci alla determinazione degli effetti attesi sulla salute si possono sostanzialmente ricondurre a due percorsi: il *percorso tossicologico* ed il *percorso epidemiologico*, come peraltro specificato nella recente DGR 8 febbraio 2016 - n. X/4792 “*Approvazione delle «Linee guida per la componente salute pubblica negli studi di impatto ambientale e negli studi preliminari ambientali» in revisione delle «Linee guida per la componente ambientale salute pubblica degli studi di impatto ambientale» di cui alla d.g.r. 20 gennaio 2014, n. X/1266*”. Di fatto, la revisione non ha apportato rilevanti modifiche ai contenuti del testo già esistente, ma ha superato le criticità applicative e consentito una applicazione omogenea da parte sia dei proponenti, sia delle autorità competenti alla Valutazione di Impatto Ambientale. È stato cioè operato un “restyling” del testo precedente delle Linee guida, rendendo più chiari i passaggi del percorso di valutazione che porta a definire il livello di approfondimento del capitolo dedicato alla componente Salute pubblica in rapporto al progetto di opera o impianto soggetto a valutazione ambientale.

L'*approccio tossicologico* segue tipicamente la procedura di Risk Assessment sanitario indicata in figura.

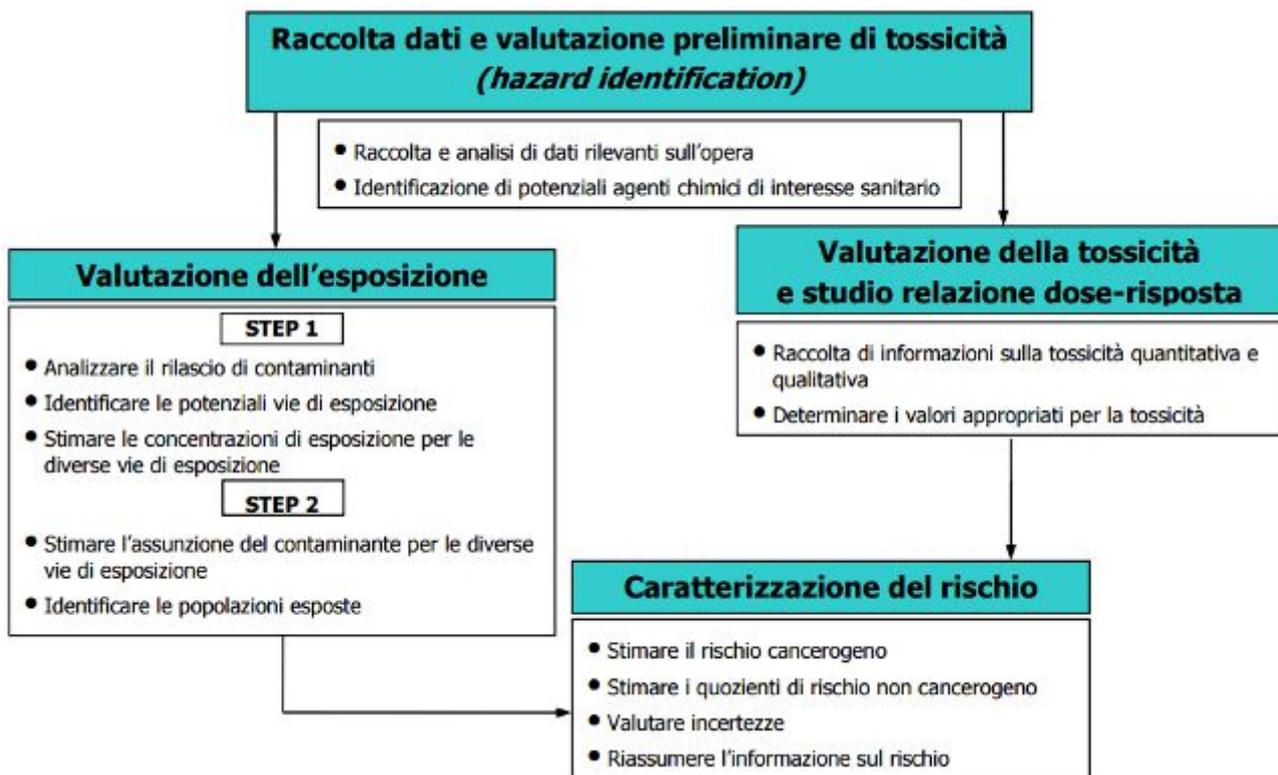


Figura 365 – Fasi del Risk Assessment (fonte DGR: n. X/4792/2016).

Per Risk Assessment, o valutazione del rischio sanitario, si intende un processo tecnico-scientifico che, correlando i dati tossicologici con il livello di esposizione, permette di stimare quantitativamente il rischio derivante dall'esposizione a sostanze tossiche o cancerogene. La metodologia correntemente utilizzata, come noto, si articola in quattro fasi: identificazione del pericolo (Hazard Identification), valutazione della relazione dose-risposta (Dose-Response Assessment), valutazione dell'esposizione (Exposure Assessment), e stima del rischio (Risk Characterization).

L'approccio epidemiologico (Calcolo del Rischio Attribuibile), si può impiegare in aggiunta all'approccio tossicologico (ed a volte in alternativa, soprattutto in quei contesti in cui si ritiene che esso non sia adeguato per via della elevata incertezza e perché alcune assunzioni caratteristiche del metodo non appaiono giustificate). L'approccio epidemiologico è tipicamente basato su studi di popolazioni reali, esposte all'effettivo mix di inquinanti dei quali il fattore/i di rischio studiato costituisce un appropriato indicatore, e si basa sull'uso di relazioni empiriche esposizione-risposta, risultando così meno vincolato alla misura (stima) specifica della dose rispetto ai modelli tossicologici. L'approccio epidemiologico normalmente esita nella stima del rischio attribuibile per la popolazione (in termini percentuali o come valore assoluto di numero di casi, in eccesso o in difetto). In genere sono il contesto e/o le informazioni disponibili a determinare quale sia

l'approccio da adottare (o da preferire), in quanto entrambi mostrano pregi e difetti spesso complementari.

Prima della trattazione del caso in esame, si riportano alcuni approfondimenti sulla materia.

Ambiente e salute

I potenziali effetti sulla salute dell'ambiente naturale e costruito sono riflesse nella serie di sfere dell'immagine che si muovono attraverso variabili sociali, economiche e ambientali. La salute e il benessere di tutti i settori della popolazione sono al centro e sono fortemente influenzate dallo stile di vita personale (attività fisica, dieta e stress). Il benessere mentale e la scelta dello stile di vita sono in parte regolati dalle relazioni e dalla cultura, dai social network e dalle comunità in cui gli individui vivono. Queste sfere sono influenzate a loro volta dalle opportunità economiche disponibili (il reddito è un fattore determinante per la salute) e, inoltre, dal modello delle attività urbane e dalla forma dell'ambiente costruito. Spesso è il rapporto tra le sfere che ha bisogno di attenzione in piani e programmi di sviluppo.

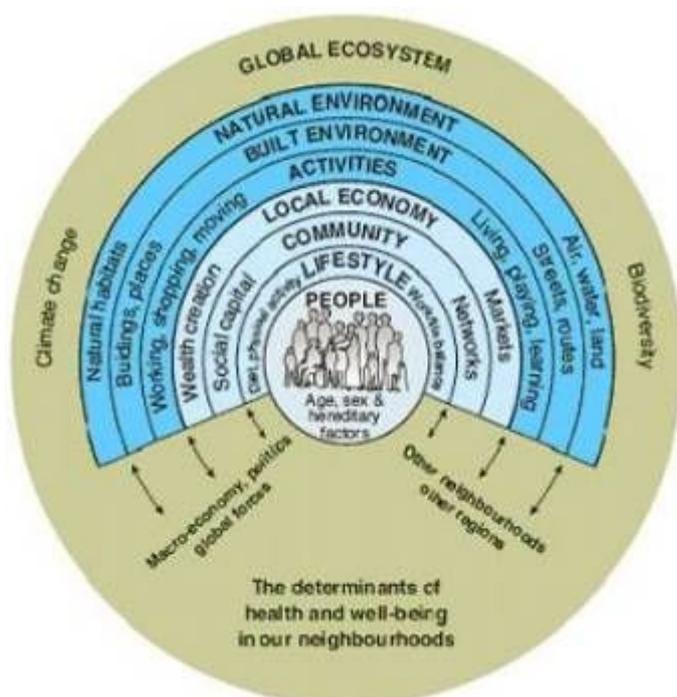


Figura 366 – Sfera concettuale dei potenziali effetti sulla salute dell'ambiente naturale e costruito.

Come premessa generale sull'epidemiologia ambientale, è bene ribadire come l'ambiente umano è costituito da alcuni elementi fondamentali: l'aria che respiriamo, l'acqua che beviamo, il cibo che mangiamo, il clima che circonda le nostre persone fisiche e lo spazio disponibile per i nostri movimenti. Oltre a ciò noi viviamo in un ambiente sociale e spirituale che è di grande importanza

per la nostra salute fisica e mentale. La maggior parte delle malattie è causata o influenzata da fattori ambientali. Comprendere le modalità con cui fattori ambientali specifici possano interferire con la salute è pertanto di importanza cruciale per i programmi di prevenzione. L'epidemiologia ambientale offre una base scientifica per lo studio e l'interpretazione dei rapporti tra ambiente e salute nelle popolazioni, mentre l'epidemiologia occupazionale tratta in modo specifico i fattori ambientali nel luogo di lavoro. I fattori ambientali che possono causare malattia o contribuire a essa sono classificati nella successiva figura.

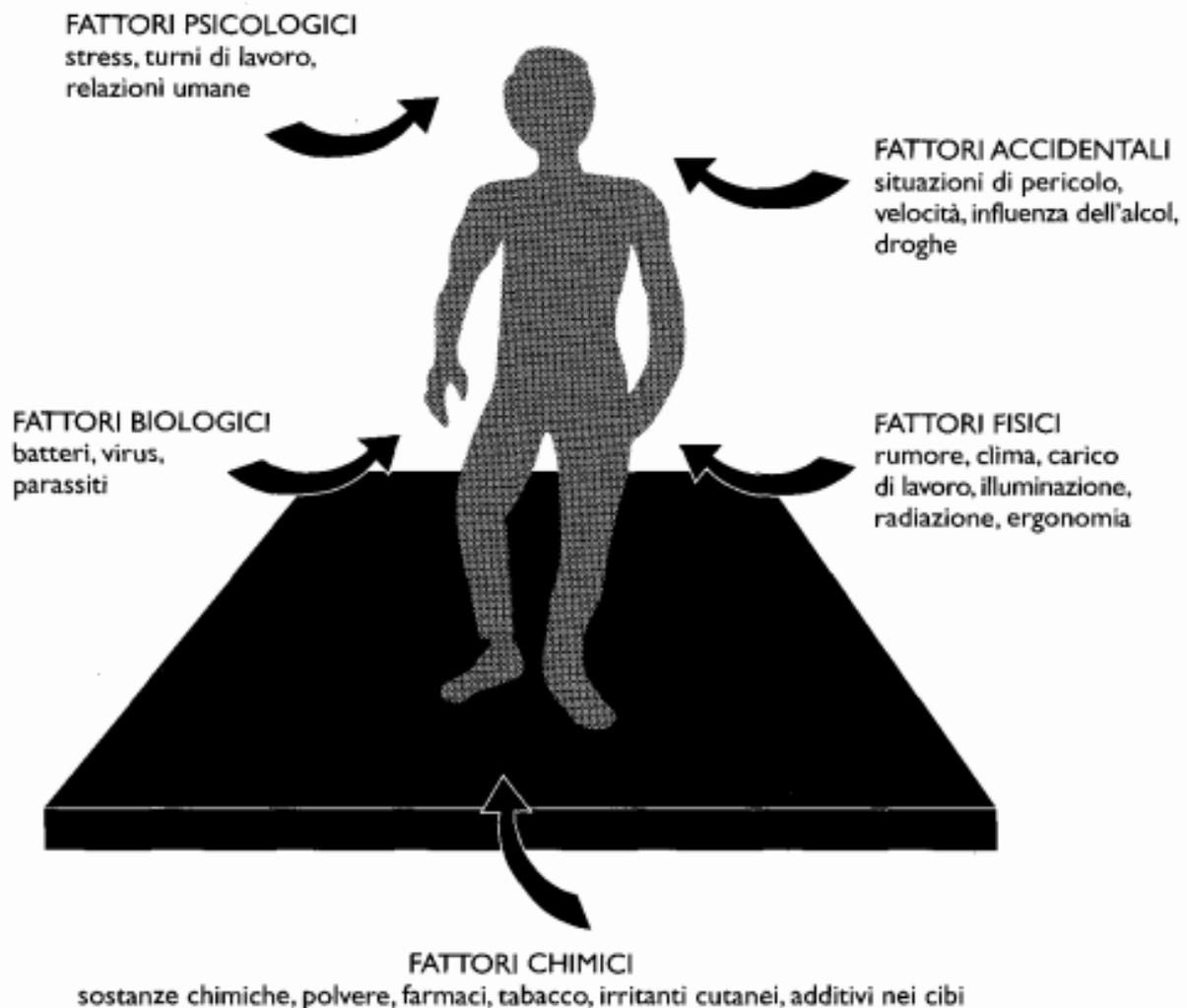


Figura 367 – Fattori ambientali che possono incidere sulla salute.

In senso lato ogni malattia è causata o da fattori ambientali o da fattori genetici: questi ultimi includono il processo naturale di deterioramento a cui va incontro il nostro corpo all'avanzare dell'età. I contributi di ognuno dei diversi fattori alla morbosità e alla mortalità complessive in una comunità sono difficili da misurare, poiché la maggior parte delle malattie ha una causalità multifattoriale. Sono state pubblicate varie stime per certi tipi di malattie e per certi fattori; si è calcolato, per esempio, che l'80% di tutti i tumori sia causato da fattori ambientali (incluso il fumo

di tabacco e la dieta). L'interpretazione di questi tipi di valutazione deve tener conto della distribuzione per età delle malattie in esame; un tumore che colpisce una persona di 85 anni non ha lo stesso impatto sulla comunità e sul suo stato di salute di quello che colpisce una persona di 35 anni.

Negli studi epidemiologici sui fattori ambientali accade spesso che ciascun fattore venga preso in considerazione singolarmente. Si dovrebbe tuttavia ricordare che i fattori ambientali possono influenzare gli effetti l'uno dell'altro in molti modi diversi. Questa constatazione può spiegare le differenze tra i risultati di studi epidemiologici di tipo osservazionale condotti in luoghi diversi. L'effetto di un fattore ambientale su di un individuo dipende molto anche dalle caratteristiche individuali come l'età, il sesso e le condizioni fisiche.

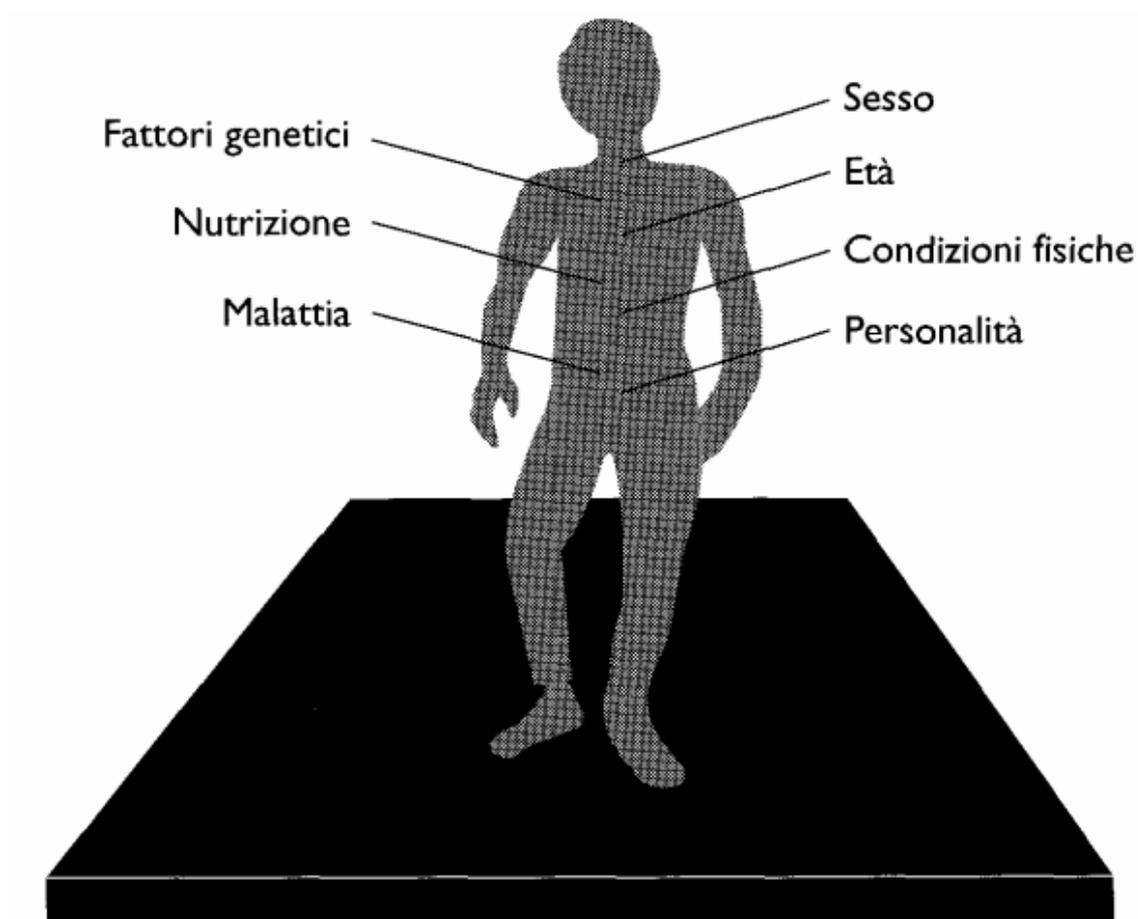


Figura 368 – Caratteristiche individuali che modificano l'effetto dei fattori ambientali.

I metodi utilizzati negli studi sui fattori occupazionali e ambientali in genere sono gli stessi usati in altri settori dell'epidemiologia. Tuttavia una caratteristica importante della maggior parte degli studi di epidemiologia occupazionale consiste nel fatto che normalmente essa si occupa di una popolazione adulta giovane o di mezza età, spesso prevalentemente di sesso maschile. Inoltre, nella epidemiologia occupazionale la maggior parte dei gruppi esposti comprende soggetti relativamente

sani, almeno quando iniziano a lavorare. Ciò ha dato origine al termine “effetto del lavoratore sano”, che indica che la popolazione attiva ha una morbosità e una mortalità totale più basse rispetto alla popolazione nel suo complesso.

Di contro, studi epidemiologici sui fattori appartenenti all’ambiente generale dovrebbero di norma includere bambini, persone anziane e persone ammalate. Ciò è di grande importanza quando i risultati degli studi di epidemiologia occupazionale vengono utilizzati per fissare livelli standard di sicurezza per specifici rischi ambientali. È probabile che i soggetti esposti nella popolazione generale siano più sensibili rispetto ai lavoratori delle industrie. Per esempio, gli effetti dell’esposizione al piombo si verificano a livelli più bassi nei bambini e nelle donne adulte rispetto agli uomini adulti. L’interesse principale dell’epidemiologia ambientale e occupazionale è stato rivolto agli studi sulle cause di malattia. Ora sta ricevendo sempre maggiore attenzione sia la valutazione di specifiche misure preventive volte a ridurre l’esposizione sia lo studio dell’impatto dei servizi sanitari occupazionali. Dato che l’esposizione a fattori di rischio ambientale è spesso il risultato di qualche attività industriale o agricola che porta beneficio economico alla comunità, potrebbe essere oneroso eliminare questi fattori. L’inquinamento ambientale, tuttavia, è spesso costoso in se stesso e potrebbe danneggiare sia l’attività agricola sia le imprese industriali, così come la salute delle persone. Le analisi epidemiologiche sono di supporto alle autorità sanitarie nella ricerca di un equilibrio accettabile tra i rischi per la salute e i costi economici della prevenzione.

Esposizione e dose

Gli studi epidemiologici sugli effetti di fattori ambientali si occupano spesso di fattori molto specifici che possono essere misurati quantitativamente. I concetti di esposizione e dose sono perciò particolarmente importanti nell’epidemiologia ambientale e occupazionale. L’esposizione ha due dimensioni: il livello e la durata. Per i fattori ambientali che causano effetti acuti più o meno immediatamente dopo l’inizio dell’esposizione, è il contemporaneo livello di esposizione che determina il verificarsi degli effetti. Molti fattori ambientali tuttavia producono effetti solo dopo un lungo periodo di esposizione. Questo è vero per le sostanze chimiche che si accumulano nell’organismo (per esempio il cadmio) e per i rischi che hanno un effetto cumulativo (per esempio le radiazioni o il rumore). Per questi rischi i livelli dell’esposizione precedente e la durata dell’esposizione stessa sono più importanti del livello di esposizione del momento.

Relazioni dose-effetto

Per molti fattori ambientali la gamma degli effetti varia da lievi modificazioni fisiologiche o biochimiche a malattia grave o morte. Di solito quanto più alta è la dose, tanto più grave o intenso è l'effetto. Questo rapporto tra dose e gravità dell'effetto è detto relazione dose-effetto, e può essere determinato su base individuale o di gruppo (la dose media alla quale ciascun effetto si verifica). Non tutti gli individui reagiscono nello stesso modo a una data esposizione ambientale, così che la relazione dose-effetto per un individuo differisce dal valore di gruppo. Alcuni effetti possono essere più facili da misurare di altri, e alcuni possono avere un particolare significato per la sanità pubblica. Anche nel processo di determinazione di standard di sicurezza la relazione dose-effetto fornisce utili informazioni sugli effetti che devono essere prevenuti e su quelli che possono essere utilizzati a scopo di screening. Se uno standard di sicurezza viene fissato a un livello al quale si prevenivano gli effetti meno gravi, è probabile che vengano prevenuti anche gli effetti più gravi, dato che questi ultimi si verificano a dosi più elevate.

Relazioni dose-risposta

In epidemiologia la risposta è definita come la proporzione di un gruppo esposto che sviluppa uno specifico effetto. Il grafico esemplificativo sotto riportato mostra la relazione dose-risposta più comunemente osservata negli studi epidemiologici. A basse dosi quasi nessuno va incontro a quel particolare effetto, mentre a un livello alto questo accade quasi a tutti. Questa situazione riflette la variabilità nella sensibilità individuale al fattore studiato.

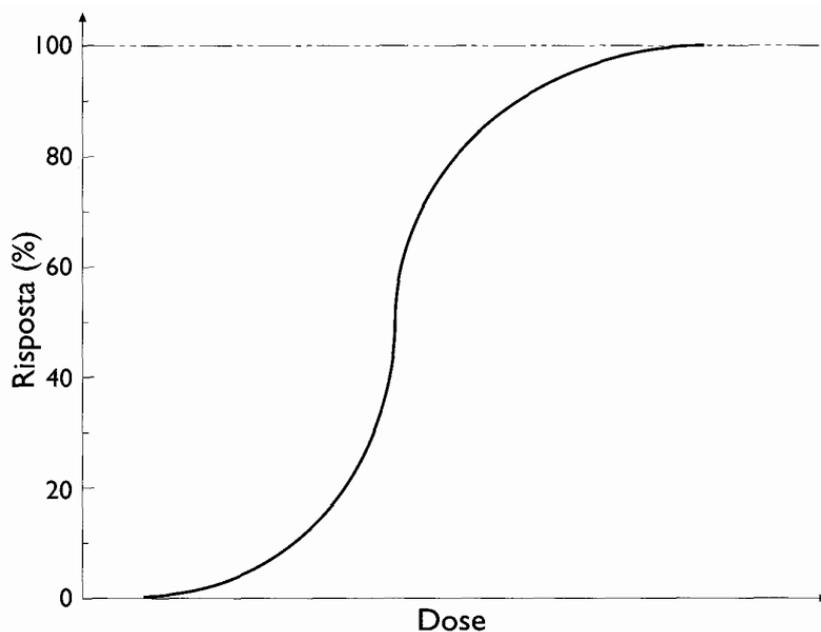


Figura 369 – Relazione dose-risposta.

La curva a forma di “S” della figura è del tipo che ci si attende se la sensibilità individuale segue una distribuzione normale. Negli studi epidemiologici ambientali e occupazionali sono stati messi in evidenza molti esempi di relazione dose-risposta con questa forma. Il fenomeno dose-risposta può in alcuni casi essere approssimato a una relazione lineare rettilinea, soprattutto quando è coinvolta solo una ristretta gamma di risposte tra loro molto vicine. La relazione dose-risposta può essere modificata da alcuni fattori quali l’età.

Valutazione del rischio (risk assesment) e gestione del rischio (risk management)

Il primo passo nella valutazione di un rischio è quello di identificare quale pericolo per la salute ambientale può essere prodotto dalla tecnologia o dal progetto che si sta esaminando. Esistono pericoli chimici? Se esistono, quali specifiche sostanze chimiche sono implicate? Esistono pericoli biologici? Il passo successivo comprende la conduzione di un’analisi sul tipo di effetto sulla salute che ogni situazione rischiosa può causare (valutazione del pericolo). Il terzo passo è quello di misurare o stimare i reali livelli di esposizione per le persone potenzialmente coinvolte, includendo la popolazione generale e la popolazione professionalmente esposta. Il quarto passo consiste nel combinare i dati di esposizione ottenuti su sottogruppi di popolazione esposta con le relazioni dose-effetto e dose-risposta per ciascuna situazione rischiosa, per calcolare così il più probabile rischio sulla salute in questa popolazione. Gli studi epidemiologici possono essere utilizzati anche per misurare direttamente il rischio sanitario.

La gestione del rischio comprende tre stadi principali. In primo luogo le stime del rischio sanitario devono essere valutate in relazione a un “rischio accettabile” predeterminato o in rapporto ad altri rischi sanitari nella stessa comunità. Limiti massimi di esposizione, obiettivi di salute pubblica, o altri strumenti di politica intesa a proteggere la salute vengono spesso utilizzati in questo processo. Se si decide che è necessaria un’azione preventiva, lo stadio successivo nella gestione del rischio è quello di ridurre l’esposizione. Questo può comportare modifiche del layout progettuale; la gestione del rischio implica anche eventuali monitoraggi dell’esposizione e dei rischi per la salute dopo che sono stati messi in atto i metodi di controllo scelti. È importante garantire che il livello di protezione previsto venga raggiunto e che ogni misura protettiva aggiuntiva sia attuata senza ritardo.

Caso in esame

La valutazione si basa esclusivamente su dati empirici. Pertanto, nel presente caso, essa trova inevitabili limiti nella carenza di dati epidemiologici e biostatistici specifici della zona d’interesse, di cui si dovrebbe disporre per definire compiutamente i rapporti causali tra inquinamento e salute,

in termini di ampiezza, gravità, frequenza e durata-persistenza degli effetti. La caratterizzazione del rischio tiene pertanto conto dei suddetti fattori di incertezza.

Sulla scorta di queste informazioni preliminari, in tema di Salute pubblica la valutazione del rischio sanitario (health risk assessment) e dei potenziali effetti sulla salute pubblica (health impact assessment) del caso in argomento ha seguito il seguente approccio:

- a) analisi epidemiologica a livello provinciale e indicatori sanitari locali (base bibliografica e documentale);
- b) identificazione dei processi/fattori di interesse tossicologico e sanitario presumibilmente associati all'esercizio dell'attività estrattiva in questione (concessione mineraria "Monica"), inclusi i fattori chimici (emissioni in atmosfera dall'attività estrattiva e dai mezzi per il trasporto del materiale) e quelli fisici (rumore), così come desunti dalle altre sezioni del SIA per quanto attiene scarichi/emissioni di sostanze generate e/o utilizzate;
- c) valutazione complessiva del rischio sanitario in oggetto (risk characterization) e sintesi delle evidenze sui potenziali effetti sulla Salute pubblica;
- d) elementi di mitigazione e di monitoraggio.

Se non sono attesi effetti significativi sulla salute della popolazione, le attività di studio e approfondimento terminano con le motivazioni del perché non si prevedono tali effetti.



Figura 370 – Schema sinottico di identificazione dei potenziali effetti sulla salute pubblica.

Sulla base dei risultati emersi, l'analisi non ha compreso approfondimenti più specifici dello stato di salute corrente e futuro riferito alla popolazione limitrofa all'insediamento minerario e potenzialmente esposta, fornibili da studi epidemiologici ad hoc sul profilo di salute di tale popolazione disaggregata per sesso, età e suscettibilità.

Il suddetto punto a) è presentato in questo Paragrafo. I punti b) e c) vengono trattati nel relativo Paragrafo del Capitolo 8, mentre il punto d) viene declinato nei Capitoli 9 e 10.

Analisi epidemiologica di sintesi della Provincia di Bergamo

Gli indicatori provinciali di tipo sanitario utilizzati sono stati tratti dagli archivi organizzati e istituzionalizzati, quali i Registri di mortalità e i Registri di patologia (es. Registro tumori), oltre che da fonti dati provenienti dal flusso regionale (es. registro delle schede di dimissioni ospedaliere SDO), così come sintetizzati nella Relazione sullo Stato dell'Ambiente e aspetti sanitari correlati della Provincia di Bergamo (aggiornamento anno 2009 - dati raccolti fino a novembre 2009, organizzati definitivamente a seguito del Forum per lo sviluppo sostenibile della Provincia di Bergamo del 10 dicembre 2009).

Mortalità generale

Complessivamente la popolazione bergamasca ha un rischio di morte superiore rispetto a quella Lombarda. Le piccole e significative differenze rilevate sono da attribuire al numero molto elevato di eventi considerati che consentono di mettere in evidenza differenze altrimenti non rilevabili. L'eccesso osservato nella provincia bergamasca può essere dovuto ad una maggiore esposizione ai più importanti fattori di rischio noti (fumo, dieta, alcol, esposizione professionale), e una minor ricorso a fattori di protezione (attività fisica, prevenzione primaria e secondaria), ma anche a differenze nell'accesso alle cure.

Malattie ischemiche del cuore

Comprendono i decessi per infarto miocardio acuto, l'angina pectoris e tutte le forme di ischemia cardiaca cronica. Tra i fattori di rischio vi sono valori di colesterolo superiori alla norma, l'ipertensione arteriosa, il fumo di sigaretta, il diabete, lo stress e la vita sedentaria. Sono la più frequente causa di morte nel gruppo delle malattie del sistema circolatorio. La mortalità in Provincia di Bergamo è significativamente superiore rispetto a quella della Regione Lombardia.

Disturbi circolatori dell'encefalo

La condizione morbosa più importante di questo gruppo nosologico è l'ictus cerebrale che è una delle principali cause di morte e una delle principali cause di disabilità a lungo termine. I fattori di rischio per l'ictus cerebrale sono il fumo, il consumo eccessivo di alcol, il diabete, l'ipercolesterolemia, l'ipertensione arteriosa e l'assunzione di contraccettivi orali. La mortalità in Provincia di Bergamo è inferiore rispetto a quella della Regione Lombardia.

Malattie del sistema circolatorio

Le malattie del sistema circolatorio sono la causa di morte più frequente in Provincia di Bergamo come in Italia e in tutti i paesi ricchi. Si è però verificato una diminuzione di mortalità in questi ultimi anni dovuta al miglioramento degli stili di vita con riduzione dell'esposizione ad una serie di fattori di rischio (riduzione dell'abitudine al fumo, miglioramento della dieta, incremento dell'attività fisica). La mortalità in Provincia di Bergamo è sovrapponibile a quella della Regione Lombardia.

Malattie del sistema respiratorio

A questo gruppo nosologico eterogeneo contribuiscono in maniera preponderante le broncopneumopatie croniche ostruttive (BPCO) e le patologie infettive polmonari (broncopolmoniti e polmoniti). La mortalità in Provincia di Bergamo è inferiore rispetto a quella lombarda.

Malattie respiratorie croniche

Le broncopneumopatie croniche ostruttive (BPCO) comprendono la bronchite cronica, l'asma e l'enfisema. Queste patologie si manifestano in età avanzata e rappresentano una delle principali cause di decesso e di ricovero. L'abitudine al fumo è uno dei determinanti principali. In Provincia di Bergamo la mortalità è significativamente superiore nei maschi e significativamente inferiore nelle femmine.

Malattie dell'apparato digerente

Comprendono una serie di patologie eterogenee di cui le più frequenti sono le epatopatie. La mortalità in Provincia di Bergamo è inferiore nei maschi, mentre significativamente superiori nelle femmine.

Incidenti stradali

Gli incidenti stradali sono la causa principale di morte nelle classi di età giovanile. In Provincia di Bergamo la mortalità è più elevata rispetto a quella della Regione Lombardia, in particolare nel genere femminile.

Traumatismi ed avvelenamenti

Le morti per cause violente sono dovute per lo più a decessi di tipo accidentale (es. incidenti stradali e fratture del femore negli anziani), ma possono essere anche suicidi, omicidi o morti sul lavoro. La mortalità in Provincia di Bergamo è rispetto alla Regione Lombardia significativamente superiore nei maschi.

Tutti i tumori

Risulta difficile fare una valutazione complessiva di tutte le patologie tumorali considerate insieme, sia per l'eterogeneità clinica sia per le differenze in termini di fattori di rischio. Comunque la Provincia di Bergamo presenta una mortalità più alta nei confronti della Regione Lombardia in entrambi i sessi.

Tumori delle vie aeree digerenti e respiratorie superiori

L'eziologia di questa tipologia tumorale è legata principalmente all'azione di due cancerogeni: fumo di tabacco e alcol. La Provincia di Bergamo presenta una mortalità superiore rispetto alla Regione Lombardia. Rimane comunque una patologia con pochi decessi, soprattutto nel sesso femminile.

Tumori dello stomaco

Come in tutti i paesi occidentali, anche in Provincia di Bergamo la mortalità per i tumori gastrici è in diminuzione. Viene però rilevato un eccesso di mortalità significativo nel confronto con la Regione Lombardia. Rappresenta una delle criticità della provincia bergamasca. L'eziologia di questo tumore è soprattutto legata al tipo di alimentazione (consumo di carni rosse), rimane però da valutare il ruolo dell'infezione dell'*Helicobacter pylori*.

Tumori del colon-retto

La mortalità per tumori del colon-retto in Provincia di Bergamo è in linea o in difetto con quella della regione. L'avvio dello screening dei tumori coloretali in Provincia di Bergamo dovrebbe portare una diminuzione della mortalità per questa patologia, anche se è necessario aspettare alcuni anni per apprezzare il beneficio prodotto dal programma di screening.

Tumori del fegato

La mortalità per tumore rappresenta una criticità sanitaria per la Provincia di Bergamo, considerando gli eccessi significativamente superiori rispetto alla Regione Lombardia. I fattori di rischio più importanti per questa patologia sono una precedente infezione da virus dell'epatite e il consumo di alcol. Quindi è necessario lavorare in questa direzione per una prevenzione di tipo primario (es. vaccino).

Tumori del pancreas

Il tumore del pancreas ha una prognosi infausta e in Provincia di Bergamo presenta un eccesso di mortalità significativamente più alto rispetto alla Regione Lombardia. L'eziologia di questa patologia è molto controversa, anche se la dieta sembra ricoprire un ruolo importante.

Tumori del polmone

Si tratta della patologia tumorale più frequente nella popolazione maschile sia in termini di mortalità che di incidenza in tutti i paesi occidentali. In Provincia di Bergamo si segnala un rischio significativamente più alto nella popolazione maschile. L'andamento dell'incidenza e della mortalità è in calo nei maschi, mentre è in aumento nelle femmine.

Tumori della pleura

Sono costituiti principalmente dal mesotelioma della pleura, un tumore rarissimo associato all'esposizione ad asbesto. Nei maschi e nelle femmine in Provincia di Bergamo si registra un eccesso di mortalità rispetto alla Regione Lombardia. Per la passata esposizione all'asbesto, la mortalità per questa patologia è in aumento.

Tumori della mammella

Si tratta della patologia tumorale più frequente nelle femmine sia in termini di incidenza che di mortalità. In Provincia di Bergamo si registra un difetto di mortalità rispetto alla Regione Lombardia ai limiti della significatività statistica. Si ipotizza che lo screening in atto nella Provincia di Bergamo stia portando e porterà ad un'ulteriore riduzione della mortalità per questa patologia.

Tumori della prostata

Si tratta di una patologia tumorale in forte incremento nei paesi occidentali, anche per un problema di sovradiagnosi (esame del PSA). Si registra un difetto di rischio rispetto alla Regione Lombardia. Si evidenzia inoltre un aumento dei decessi anche per l'invecchiamento della popolazione.

Tumori della vescica

Si tratta di una patologia tumorale associata al fumo e ad alcune esposizioni professionali. I rischi di mortalità in Provincia di Bergamo sono sovrapponibili con quelli lombardi. Questa patologia è associata con alcune esposizioni professionali, in particolari esposizioni relative all'industria della gomma.

Tumori del rene

Si tratta di una patologia tumorale che colpisce più frequentemente i maschi. In Provincia di Bergamo la mortalità è sovrapponibile a quella della Regione Lombardia. Esiste un problema di miss-classificazione, in quanto la scheda ISTAT può non rilevare la malignità di questa patologia. I fattori di rischio più importanti sono legati al fumo e alla dieta.

Tumori del sistema linfoemopoietico

Comprendono leucemie, linfomi, mielomi, mielodisplasie e istiocitomi. Per ovviare al problema di numerosità campionaria si è deciso di considerarli tutti insieme. Questo anche perché alcune forme di leucemie e alcuni linfomi sono in realtà la stessa patologia, e comunque con linfomi e leucemie costituiscono in realtà una varietà di tumori molto eterogenea, con differenti caratteristiche cliniche. La mortalità in Provincia di Bergamo è inferiore rispetto a quella della Lombardia.

Rischi ambientali e salute

I contributi dei diversi fattori di rischio per la salute umana in una comunità sono difficili da misurare, poiché la maggior parte delle malattie ha una causalità multifattoriale. Sono state ad esempio pubblicate varie stime per certi tipi di malattie e per certi fattori: si è calcolato per esempio che l'80% dei tumori sia causato da fattori quali abitudini di vita (es. il fumo di tabacco e la dieta), esposizioni professionali, fattori di rischio legati all'inquinamento.

Come peraltro già anticipato in precedenza, negli studi epidemiologici sui fattori accade spesso che ciascun fattore venga preso in considerazione singolarmente. Si dovrebbe tuttavia ricordare che i fattori di rischio possono influenzarsi l'uno con l'altro in molti modi diversi. Questa considerazione può spiegare le differenze tra i risultati di studi epidemiologici di tipo osservazionale condotti in luoghi diversi. L'effetto di un fattore rischio su di un individuo dipende inoltre anche dalle caratteristiche individuali come l'età, il sesso e le condizioni fisiche. In ambito di epidemiologia ambientale, per la valutazione dei vari fattori di rischio, risultano di fondamentale importanza le misure di impatto (es. rischio attribuibile, proporzione attribuibile, ecc.) che dipendono sia dal rischio relativo, e cioè dalla maggior probabilità di una popolazione esposta ad un fattore di rischio, di ammalarsi di una determinata patologia rispetto ad una popolazione non esposta allo stesso fattore, sia dal numero dei soggetti esposti. I fattori di rischi legati all'inquinamento ambientale generalmente comportano un basso rischio di sviluppare una malattia, tuttavia possono essere comunque importanti per la salute umana quando un gran numero di soggetti è esposto. Un esempio è proprio l'inquinamento atmosferico (PM₁₀) che di per sé comporta un basso rischio in termini di gravità per la salute umana, ma l'elevato numero di soggetti esposti potrebbe determinare l'insorgenza di un cospicuo numero di casi dovuti all'esposizione.

L'inquinamento ambientale propriamente detto risulta di difficile valutazione anche per il grosso numero di fattori confondenti.

Fattore di rischio	%
Fumo di tabacco	30
Alcol	4-6
Dieta	20-50
Fattori riproduttivi e sessuali	10-20
Occupazione	2-4
Infezioni (parassiti, batteri, virus)	10-20
Inquinanti ambientali (aria, acqua, alimenti)	1-5
Radiazioni elettromagnetiche (ionizzanti, luce UV, onde a bassa frequenza)	5-7
Inattività fisica	1-2
Prodotti farmaceutici	0,5-1

Tabella 114 – Stime delle cause del cancro individuate (Peto, 1999).

Le stime presentate nella tabella sono ricavabili proprio da queste misure di impatto e vogliono valutare la frazione eziologica, cioè la frazione attribuibile causata da un certo fattore di rischio nei riguardi di una determinata patologia o gruppi di patologie. A volte le stime possono variare entro intervalli elevati, proprio per le difficoltà nel valutare il ruolo di ogni singolo fattore nei confronti di determinate patologie.

Dalla tabella precedente si evidenzia come, per esempio, i tumori causati dall'inquinamento ambientale possono essere stimati complessivamente in una percentuale bassa rispetto al totale, all'incirca 1-5%. Per quanto riguarda i soli tumori polmonari, si stima una quota attribuibile dell'1-2% dovuta all'inquinamento atmosferico, mentre la quota attribuibile al Radon, gas naturale proveniente da sottosuolo, si stima intorno al 5-9%.

La tabella che segue mostra alcune stime di mortalità attribuibili ad alcuni fattori di rischio considerando i decessi medi annuali in Provincia di Bergamo.

Causa	Numero decessi attribuibili
tutte le cause fumo correlate	1.124
tutti i tumori fumo correlati	760
tumori polmonari fumo correlati	488
tumori professionali	118
tumori da radon	42
mesoteliomi	31

Tabella 115 – Stime annuali di mortalità attribuibile in Provincia di Bergamo.

In Provincia di Bergamo, le evidenze scientifiche, i dati di letteratura, i dati ambientali e sanitari locali (epidemiologici), la numerosità e vulnerabilità degli esposti ai fattori di rischio ambientale, invitano ad orientare gli sforzi delle azioni di prevenzione classificate come media o medio-alta priorità, sui fattori di rischio ambientale connessi:

- alla qualità dell'aria;
- alla contaminazione delle acque di rete e di falda da parte di inquinanti chimici;
- al rischio Radon;
- alle radiazioni ionizzanti ad uso industriale (sorgenti radioattive ad alta attività).

Epidemiologia e aspetti sanitari locali

Gli indicatori locali presentati a seguire sono principalmente tratti dall' "Atlante di Epidemiologia Geografica in Provincia di Bergamo", periodo 1999-2007, prodotto dall'Azienda Sanitaria Locale della Provincia di Bergamo - Osservatorio Epidemiologico - Dipartimento di Prevenzione Medico. L'attività di ricerca svolta dall'ASL è rivolta particolarmente ad analizzare le realtà locali in modo da mettere in pratica piani di prevenzione e di programmazione sanitaria.

Quadro demografico

I Comuni di Oltre il Colle, Oneta e Gorno hanno una superficie complessiva pari a circa 62 kmq, con densità abitativa di quasi 164 abitanti per kmq. Il Comune di Gorno ha la minore superficie e il più elevato numero di abitanti, per cui dà il maggior contributo in termini di densità abitativa.

La Provincia di Bergamo, al 1° gennaio 2016, fa registrare un numero di abitanti pari a 1.108.298, con densità abitativa pari a 403,61 ab/kmq.

<i>Comune</i>	<i>Superficie (kmq)</i>	<i>Abitanti al 01/01/2016 (ISTAT)</i>	<i>Densità abitativa (ab/kmq)</i>
Oltre il Colle	32,89	1.024	31,13
Oneta	18,66	622	33,33
Gorno	9,87	1.612	163,32
TOTALE	61,42	3.258	53,04

Tabella 116 – Quadro demografico dei Comuni di Oltre il Colle, Oneta e Gorno al 1° gennaio 2016 (fonte: dati ISTAT).

La densità abitativa media dei tre comuni è pertanto molto inferiore rispetto a quella dell'intera Provincia, ma anche a quella della Valle Seriana, che non differisce molto da quella provinciale.

Nei comuni interessati, i dati di bilancio demografico non evidenziano situazioni anomale per quanto riguarda età media, tassi di natalità e mortalità, distribuzione della popolazione per fasce di età, indice di invecchiamento.



Figura 371 – Comune di Oltre il Colle: struttura per età di popolazione (fonte: dati ISTAT).

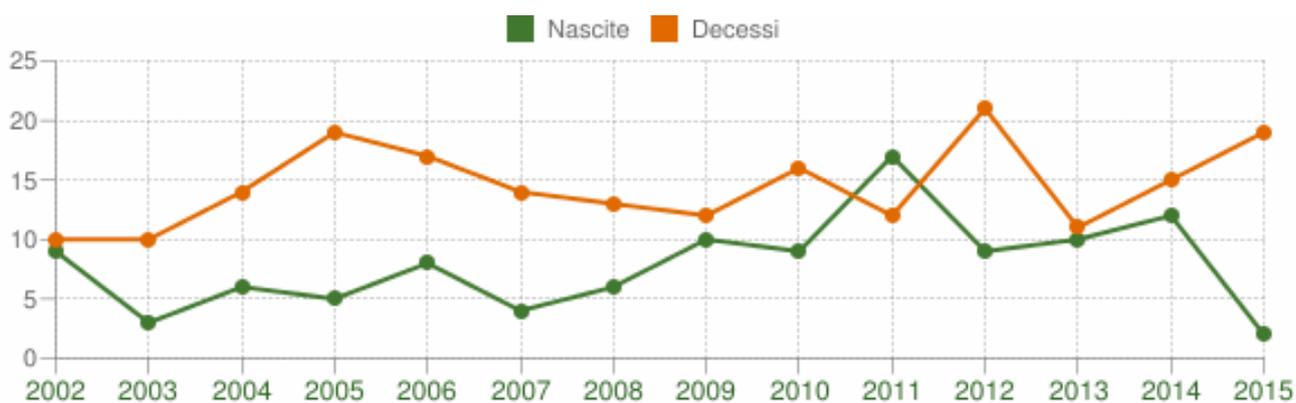


Figura 372 – Comune di Oltre il Colle: movimento naturale della popolazione (fonte: dati ISTAT).

Anno	Indice di vecchiaia	Indice di dipendenza strutturale	Indice di ricambio della popolazione attiva	Indice di struttura della popolazione attiva	Indice di carico di figli per donna feconda	Indice di natalità (x 1.000 ab.)	Indice di mortalità (x 1.000 ab.)
	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1 gen-31 dic	1 gen-31 dic
2002	153,2	53,8	149,0	112,6	20,6	7,9	8,8
2003	156,2	52,9	145,3	115,4	21,7	2,7	8,9
2004	170,5	54,2	137,3	118,3	21,9	5,4	12,5
2005	178,9	55,2	131,3	119,6	21,2	4,5	17,1
2006	173,4	54,2	119,2	119,8	23,2	7,3	15,4
2007	179,3	52,6	108,8	122,7	25,1	3,7	12,9
2008	190,6	51,8	124,1	126,0	26,5	5,6	12,1
2009	223,4	51,1	144,6	133,2	26,7	9,4	11,3
2010	207,5	52,6	162,5	138,8	27,5	8,4	15,0
2011	209,2	53,0	170,2	141,8	28,1	16,0	11,3
2012	204,8	56,1	186,5	142,5	26,5	8,5	19,9
2013	203,2	57,2	175,0	145,6	27,2	9,5	10,4
2014	207,9	58,6	183,3	140,8	25,5	11,5	14,4
2015	225,0	60,7	164,7	142,3	27,7	-	-

Tabella 117 – Comune di Oltre il Colle: principali indici demografici (fonte: dati ISTAT).



Figura 373 – Comune di Oneta: struttura per età di popolazione (fonte: dati ISTAT).

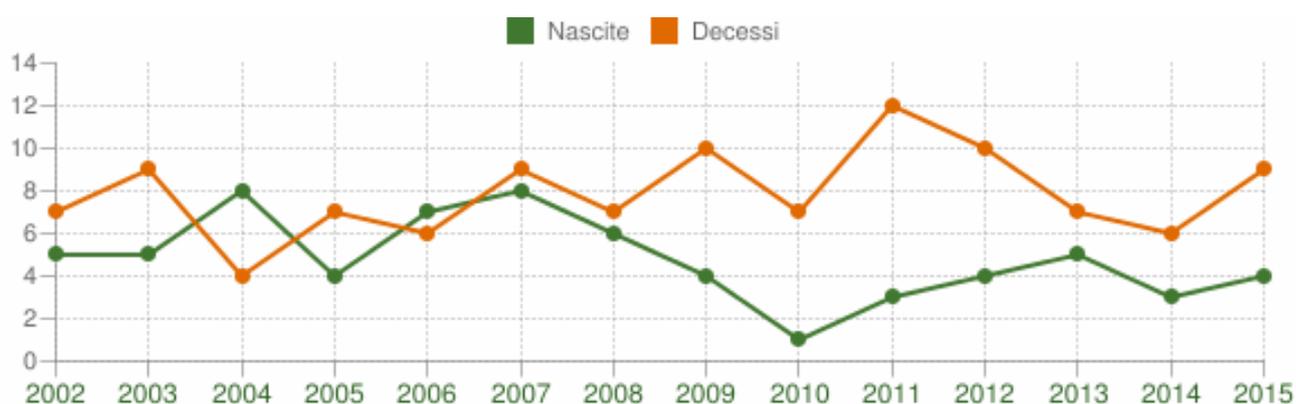


Figura 374 – Comune di Oneta: movimento naturale della popolazione (fonte: dati ISTAT).

Anno	Indice di vecchiaia	Indice di dipendenza strutturale	Indice di ricambio della popolazione attiva	Indice di struttura della popolazione attiva	Indice di carico di figli per donna feconda	Indice di natalità (x 1.000 ab.)	Indice di mortalità (x 1.000 ab.)
	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1 gen-31 dic	1 gen-31 dic
2002	138,4	40,5	89,1	100,0	32,7	7,0	9,7
2003	134,4	42,9	86,5	101,6	30,4	6,9	12,4
2004	133,7	43,9	122,0	105,7	24,0	11,0	-
2005	149,0	48,6	121,6	114,8	22,0	5,5	9,7
2006	179,5	48,0	150,0	122,6	19,1	9,8	8,4
2007	186,9	50,8	146,7	124,6	19,7	11,3	12,7
2008	185,5	51,3	156,7	126,5	20,0	8,7	10,1
2009	192,6	52,5	189,7	126,6	19,7	5,9	14,8
2010	206,7	52,8	179,3	130,7	20,4	1,5	10,6
2011	222,5	53,0	256,5	144,1	16,7	4,6	18,3
2012	216,4	55,0	290,5	147,1	17,2	6,2	15,5
2013	219,7	55,2	285,7	160,1	17,8	7,9	11,1
2014	242,6	59,0	226,1	159,9	19,7	4,8	9,6
2015	253,7	61,2	240,9	172,5	19,8	-	-

Tabella 118 – Comune di Oneta: principali indici demografici (fonte: dati ISTAT).



Figura 375 – Comune di Gorno: struttura per età di popolazione (fonte: dati ISTAT).

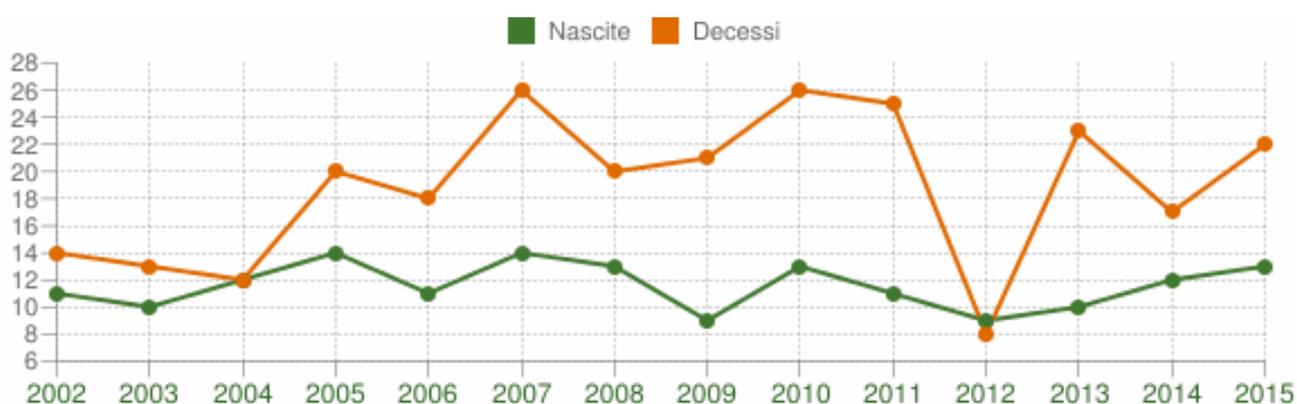


Figura 376 – Comune di Gorno: movimento naturale della popolazione (fonte: dati ISTAT).

Anno	Indice di vecchiaia	Indice di dipendenza strutturale	Indice di ricambio della popolazione attiva	Indice di struttura della popolazione attiva	Indice di carico di figli per donna feconda	Indice di natalità (x 1.000 ab.)	Indice di mortalità (x 1.000 ab.)
	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1° gennaio	1 gen-31 dic	1 gen-31 dic
2002	125,2	41,3	132,3	116,6	23,7	6,2	7,9
2003	138,9	42,5	127,0	116,2	24,4	5,7	7,4
2004	150,5	43,2	126,3	114,1	24,3	6,8	6,8
2005	158,9	42,3	135,0	120,5	25,1	8,0	11,5
2006	174,6	45,4	131,5	123,6	22,6	6,4	10,4
2007	178,6	46,6	142,7	130,5	22,9	8,2	15,3
2008	180,1	48,0	153,8	136,2	21,5	7,7	11,8
2009	188,0	48,8	162,2	140,8	21,1	5,3	12,5
2010	191,6	49,5	164,8	142,7	20,3	7,7	15,4
2011	191,6	49,0	177,1	143,0	20,0	6,6	15,1
2012	194,7	51,6	151,4	137,7	22,2	5,5	4,9
2013	202,7	51,5	148,8	136,5	24,9	6,1	14,0
2014	218,3	51,5	143,4	139,4	25,2	7,4	10,4
2015	235,3	52,6	162,0	149,8	25,3	-	-

Tabella 119 – Comune di Gorno: principali indici demografici (fonte: dati ISTAT).

I tassi di mortalità rilevati nell'anno 2014 sono 14,4/1000 abitanti (Oltre il Colle), 9,6/1000 abitanti (Oneta), e 10,4/1000 abitanti (Gorno), con una media di 11,5 ogni 1000 abitanti, e rientrano completamente nel valore dei dati rilevabili nel contesto urbano del capoluogo provinciale o per l'intera Provincia di Bergamo (pari a 8,3).

Nelle Valli Seriana Superiore e Brembana troviamo indicatori demografici analoghi a quelli rilevabili nel territorio dell'intera Provincia di Bergamo, ovvero diminuzione della popolazione giovane e di quella in età produttiva e aumento della popolazione anziana. L'indice di invecchiamento demografico è superiore a quello medio provinciale, così come l'indice di vecchiaia. Altri indici demografici, quali tasso di natalità, indice di dipendenza e indice di carico familiare si differenziano in senso negativo dal dato medio provinciale a conferma del fatto che si è di fronte ad una popolazione che invecchia sempre di più.

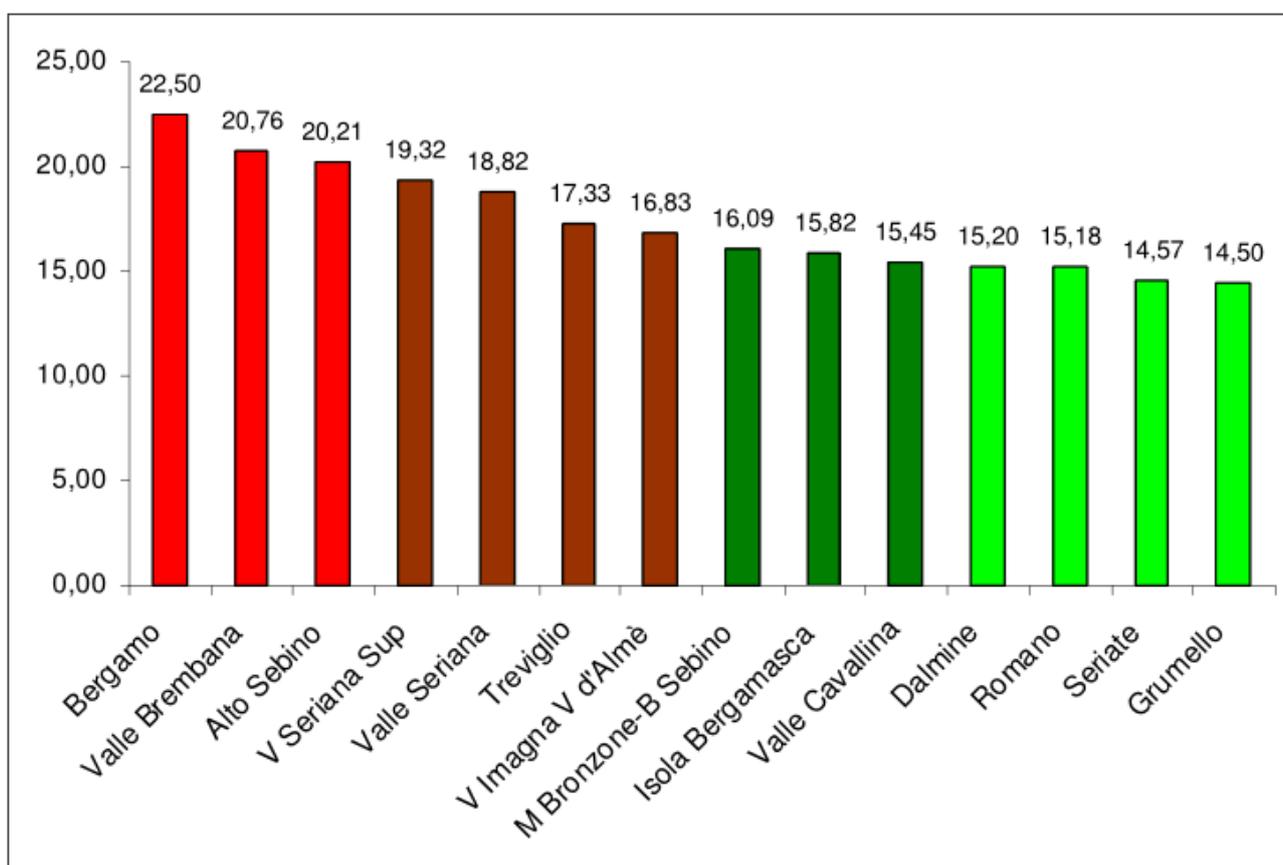


Figura 377 – Indice di invecchiamento per distretto sanitario rilevati dall'ASL di Bergamo.

Da una indagine condotta mediante interviste, risulta che l'85% degli anziani dichiara uno stato di salute almeno soddisfacente e, in ambito familiare, tre quarti degli anziani dichiara di svolgere attività di supporto ai figli e ai nipoti, e il 51% svolge attività di volontariato, a fronte di un dato nazionale del 20% (Documento ASL di Bergamo, AT Valle Seriana Superiore e Val di Scalve, PdZ 2012-2014, sito web, documento aggiornato al 12 aprile 2012).

In base ai dati ISTAT 2008, la percentuale dei soggetti con età > 80 anni residenti nella Valle Seriana Superiore è pari al 4,9%, contro un valore medio di 4,27% per la Provincia di Bergamo e di 5,0% della Regione Lombardia.

Il Quadro demografico locale, nel suo complesso, non fa rilevare nessuna situazione anomala.

Indici sanitari

L'ambito della concessione mineraria "Monica" si trova in un contesto territoriale dove esiste ed è attivo un efficace programma di sorveglianza sanitaria pubblica che offre dati relativamente aggiornati sullo stato di salute della popolazione residente. Gli indicatori sanitari locali non presentano criticità o anomalie, evidenziando un quadro coerente con quello rilevabile in aree urbane della realtà provinciale e regionale lombarda.

I tassi standardizzati di mortalità annui per tumori rilevati nella Valle Seriana, ma anche in Valle Brembana ove ricade il Comune di Oltre il Colle, rientrano nell'intervallo dei valori ritrovati negli altri distretti sanitari del territorio.

Ricordiamo che il Comune di Oltre il Colle rientra nel Distretto Sanitario n. 10 - Valle Brembana, mentre i comuni di Oneta e Gorno afferiscono al Distretto n. 09 Valle Seriana superiore e Valle di Scalve.

n	distretto	comuni
1	Bergamo	Bergamo, Orio al Serio, Gorle, Ponteranica, Sorisole, Torre Boldone
2	Dalmine	Azzano San Paolo, Boltiere, Ciserano, Comun Nuovo, Curno, Dalmine, Lallio, Levate, Mozzo, Osio Sopra, Osio Sotto, Stezzano, Treviolo, Urgnano, Verdellino, Verdello e Zanica
3	Seriate	Albano S.A., Bagnatica, Brusaporto, Cavemago, Costa di Mezzate, Grassobbio, Montello, Pedrengo, Scanzorosciate, Seriate, Torre de' Roveri
4	Grumello	Bolgare, Calcinato, Castelli Calepio, Chiuduno, Grumello del Monte, Mornico al Serio, Palosco, Telgate
5	Valle Cavallina	Berzo S. Fermo, Bianzano, Borgo di Terzo, Carobbio D.A., Casazza, Cenate Sopra, Cenate Sotto, Endine Gaiano, Entratico, Gaverina Terme, Gorlago, Grone, Luzzana, Monasterolo C., Ranzanico, S. Paolo d'Argon, Spinone al Lago, Trescore B., Vigano S.M., Zandobbio
6	Monte Bronzone - Basso Sebino	Adrara S.M., Adrara S.Rocco, Credaro, Foresto Sparso, Gandosso, Parzanica, Predore, Sarnico, Tavernola B., Viadanica, Vigolo, Villongo
7	Alto Sebino	Bossico, Castro, Costa Volpino, Fonteno, Lovere, Pianico, Riva di Solto, Rogno, SoltoCollina, Sovere
8	Valle Seriana	Albino, Alzano Lombardo, Avatico, Casnigo, Cazzano Sant'Andrea, Cene, Colzate, Fiorano al Serio, Gandino, Gazzaniga, Leffe, Nembro, Peia, Pradalunga, Ranica, Selvino, Vertova, Villa di Serio
9	Valle Seriana Superiore e Valle di Scalve	Ardesio, Azzone, Castione della Presolana, Cerete, Clusone, Colere, Fino del Monte, Gandellino, Gorno , Gromo, Oltressenda Alta, Oneta , Onore, Parre, Piario, Ponte Nossa, Premolo, Rovetta, Schilpario, Songavazzo, Valbondione, Valgoglio, Villa d'Ogna, Vilminore di Scalve
10	Valle Brembana	Algua, Averara, Biello, Bracca, Branzi, Camerata Comello, Carona, Cassiglio, Cornalba, Costa di Serina, Cusio, Dossena, Foppolo, Isola di Fondra, Lenna, Mezzoldo, Moio De' Calvi, Olmo al Brembo, Oltre il Colle , Ornica, Piazza Brembana, Piazzatorre, Piazzolo, Roncobello, San Giovanni Bianco, San Pellegrino Terme, Santa Brigida, Sedrina, Serina, Taleggio, Ubiale Clanezzo, Val Brembilla, Valleve, Valnegra, Valtorta, Vedeseta, Zogno
11	Valle Imagna e Villa d'Almè	Almè, Almenno S. Bartolomeo, Almenno S. Salvatore, Barzana, Bedulita, Berbenno, Brumano, Capizzone, Coma Imagna, Costa Valle Imagna, Fuiipiano Valle Imagna, Locatello, Paladina, Palazzago, Roncola, Rota Imagna, Sant'Omobono Terme, Strozza, Valbrembo, Villa D'Almè
12	Isola Bergamasca	Ambivere, Bonate Sopra, Bonate Sotto, Bottanuco, Brembate, Brembate Sopra, Calusco d'Adda, Capriate San Gervasio, Caprino B. sco, Carvico, Chignolo d'Isola, Cisano B.sco, Filago, Madone, Mapello, Medolago, Ponte San Pietro, Pontida, Presezzo, Solza, Sotto
13	Treviglio	Arcene, Arzago d'Adda, Brignano Gera d'Adda, Calvenzano, Canonica d'Adda, Caravaggio, Casirate d'Adda, Castel Rozzone, Fara Gera d'Adda, Fomovo S. Giovanni, Lurano, Misano Gera d'Adda, Mozzanica, Pagazzano, Pognano, Pontirolo Nuovo, Spirano, Treviglio
14	Romano di Lombardia	Antegnate, Barbata, Bariano, Calcio, Cividate al Piano, Cologno al Serio, Cortenuova, Covo, Fara Oliviana/Sola, Fontanella, Ghisalba, Isso, Martinengo, Morengo, Pumenengo, Romano di L.dia, Torre Pallavicina

Figura 378 – Distretti sanitari della Provincia di Bergamo.

Distretto	smr	LI_smr	LS_smr
D01-Bergamo	0,90	0,87	0,94
D02-Dalmine	1,05	1,01	1,05
D03-Seriate	1,01	0,95	1,08
D04-Grumello	1,05	0,97	1,13
D05-Valle Cavallina	0,94	0,87	1,01
D06-Monte Bronzone-Basso Sebino	1,12	1,02	1,22
D07-Alto Sebino	1,01	0,93	1,10
D08-Valle Seriana	1,00	0,95	1,05
D09-Valle Seriana Superiore e Valle di Scalv	1,08	1,01	1,15
D10-Valle Brembana	0,99	0,93	1,06
D11-Valle Imagna e Villa d'Almè	0,89	0,83	0,96
D12-Isola Bergamasca	1,07	1,02	1,12
D13-Treviglio	0,97	0,93	1,02
D14-Romano di Lombardia	1,08	1,02	1,14

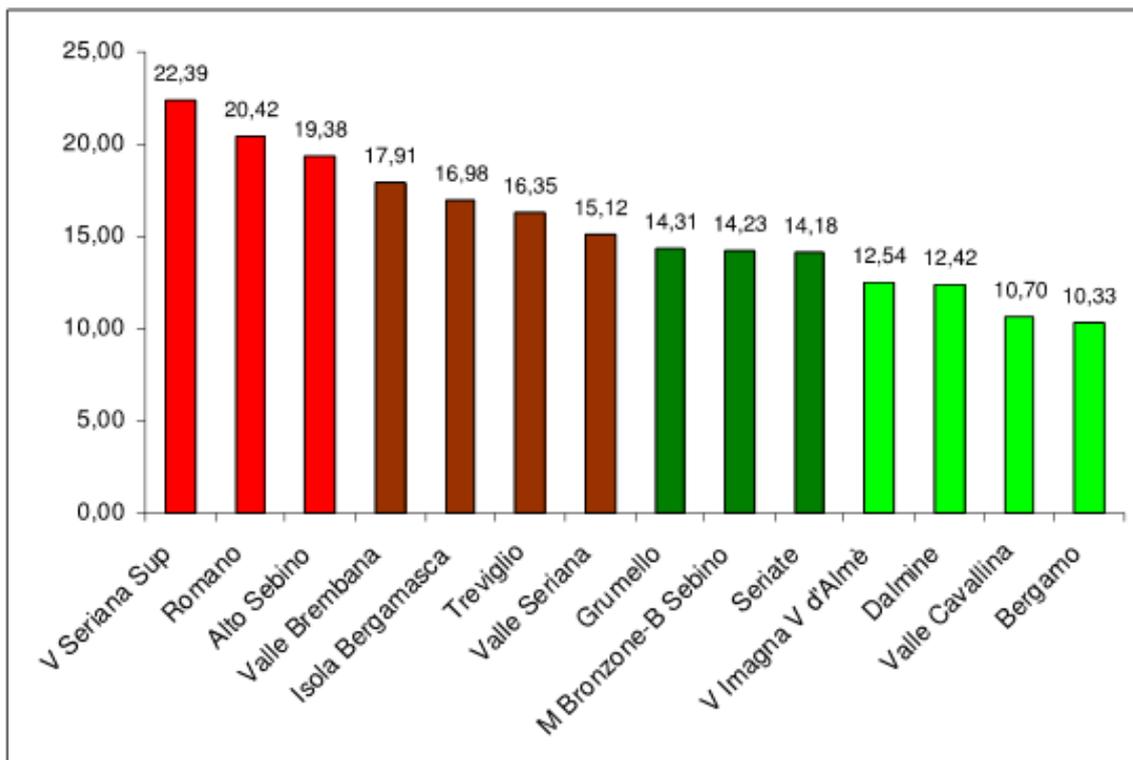
Tabella 120 – Maschi: rapporto standardizzato di mortalità per malattie neoplastiche nei distretti della Provincia di Bergamo (1999-2006).

Distretto	smr	LI_smr	LS_smr
D01-Bergamo	1,04	1,00	1,08
D02-Dalmine	1,06	1,00	1,06
D03-Seriate	0,99	0,92	1,07
D04-Grumello	0,93	0,84	1,02
D05-Valle Cavallina	1,02	0,93	1,10
D06-Monte Bronzone-Basso Sebino	1,03	0,92	1,14
D07-Alto Sebino	0,83	0,75	0,92
D08-Valle Seriana	1,09	1,03	1,15
D09-Valle Seriana Superiore e Valle di Scalv	1,06	0,98	1,14
D10-Valle Brembana	0,93	0,86	1,01
D11-Valle Imagna e Villa d'Almè	0,87	0,80	0,95
D12-Isola Bergamasca	0,96	0,91	1,01
D13-Treviglio	0,97	0,92	1,03
D14-Romano di Lombardia	0,99	0,93	1,06

Tabella 121 – Femmine: rapporto standardizzato di mortalità per malattie neoplastiche nei distretti della Provincia di Bergamo (1999-2006).

Le immagini successive fotografano la situazione dei principali tumori e malattie dei vari Distretti Sanitari della Provincia di Bergamo (ASL - 1999-2007).

Maschi



Femmine

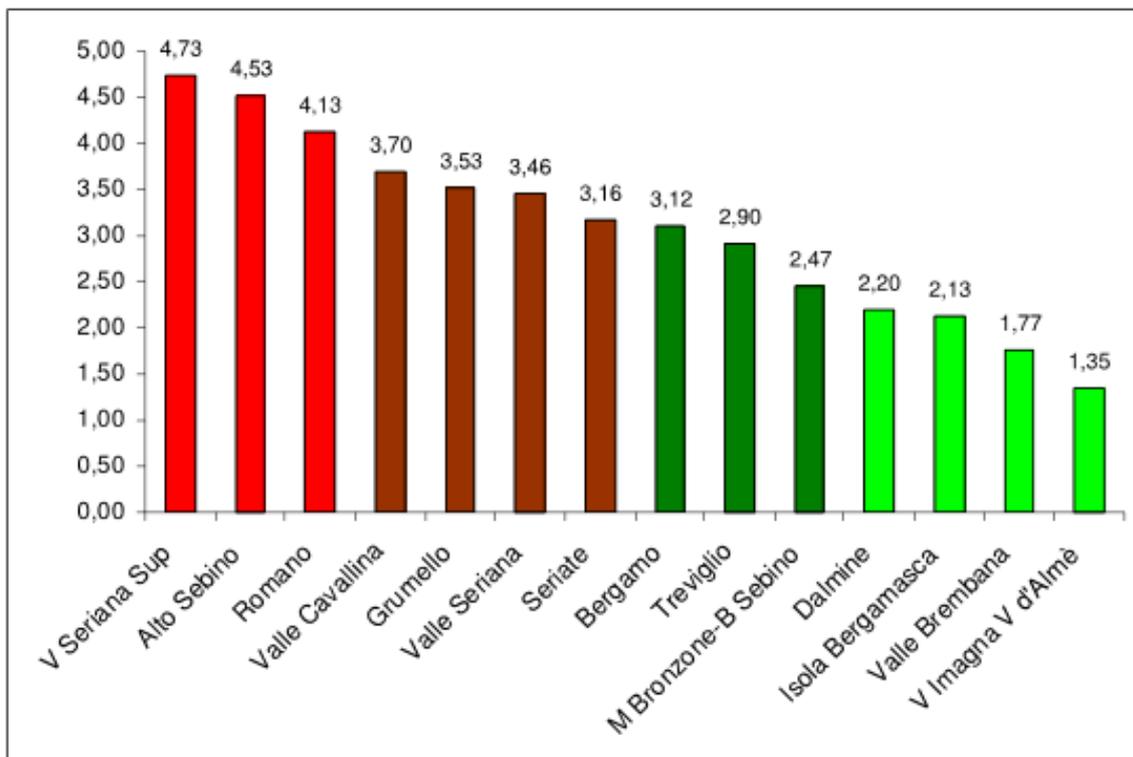
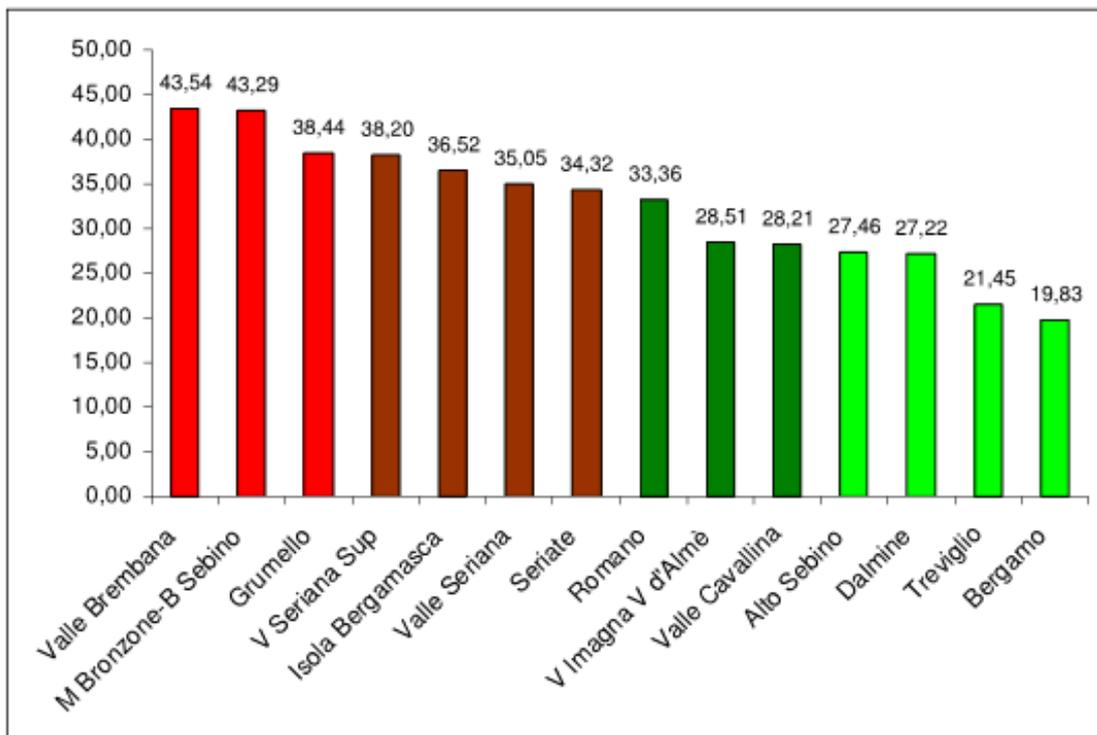


Figura 379 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori delle vie aereodigestive superiori (VADS) per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

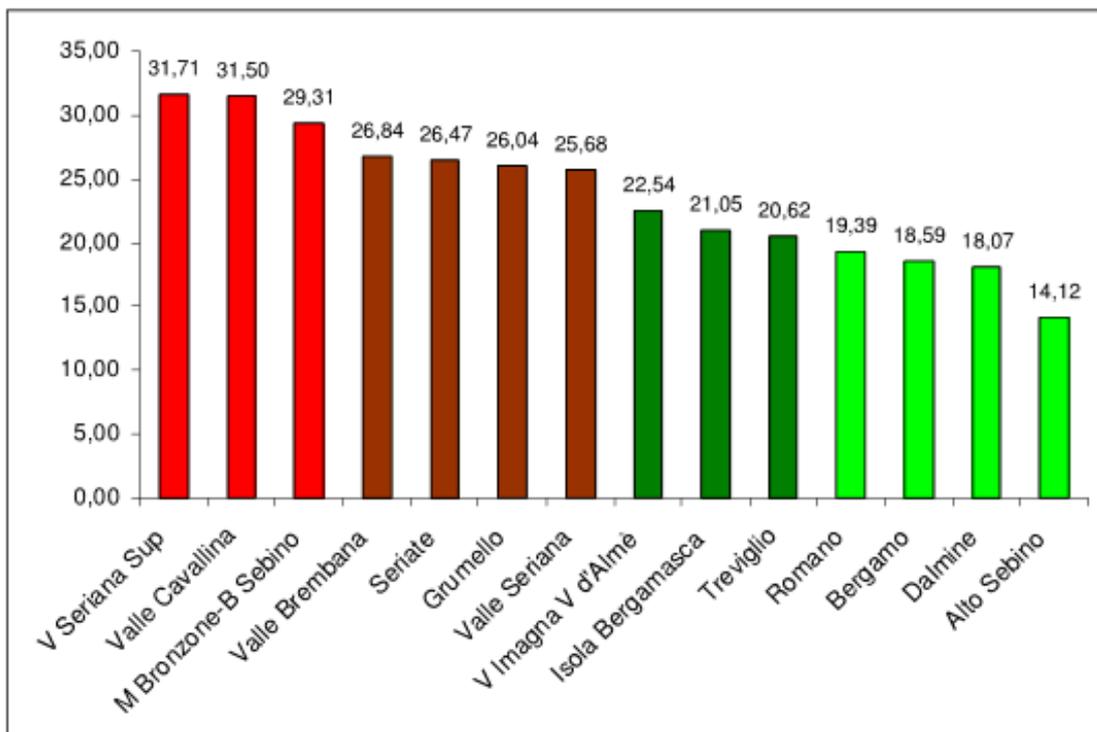
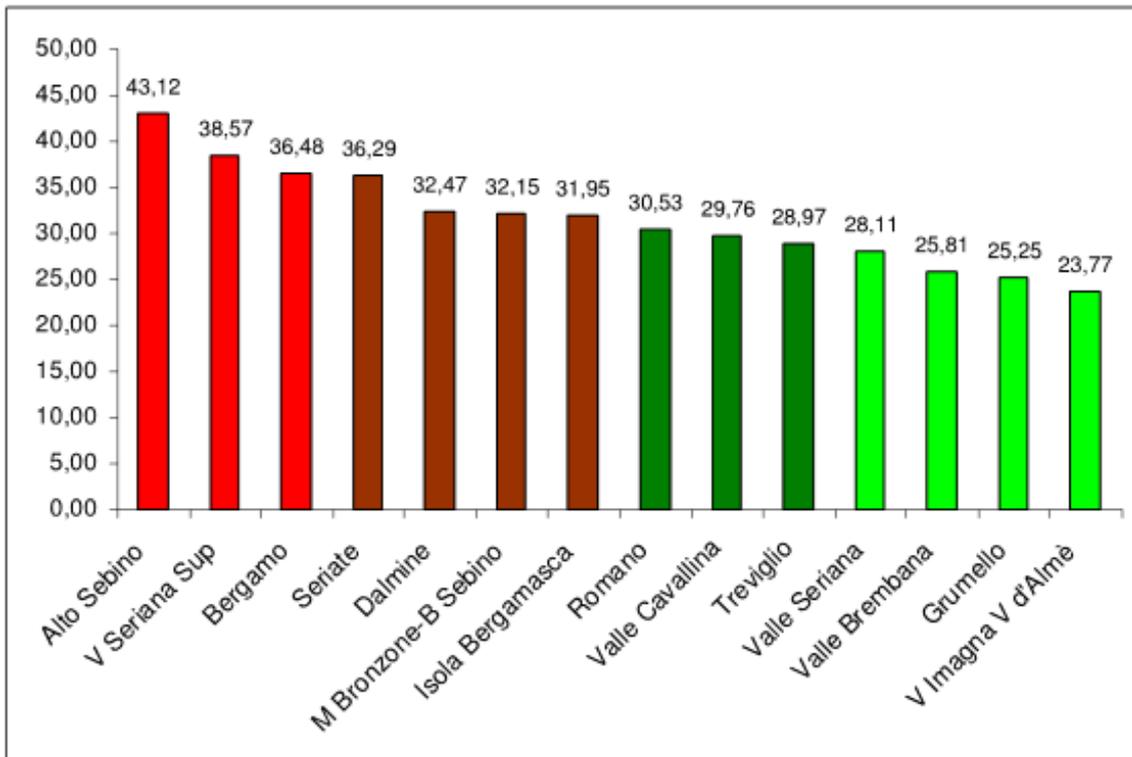


Figura 380 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori dello stomaco per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

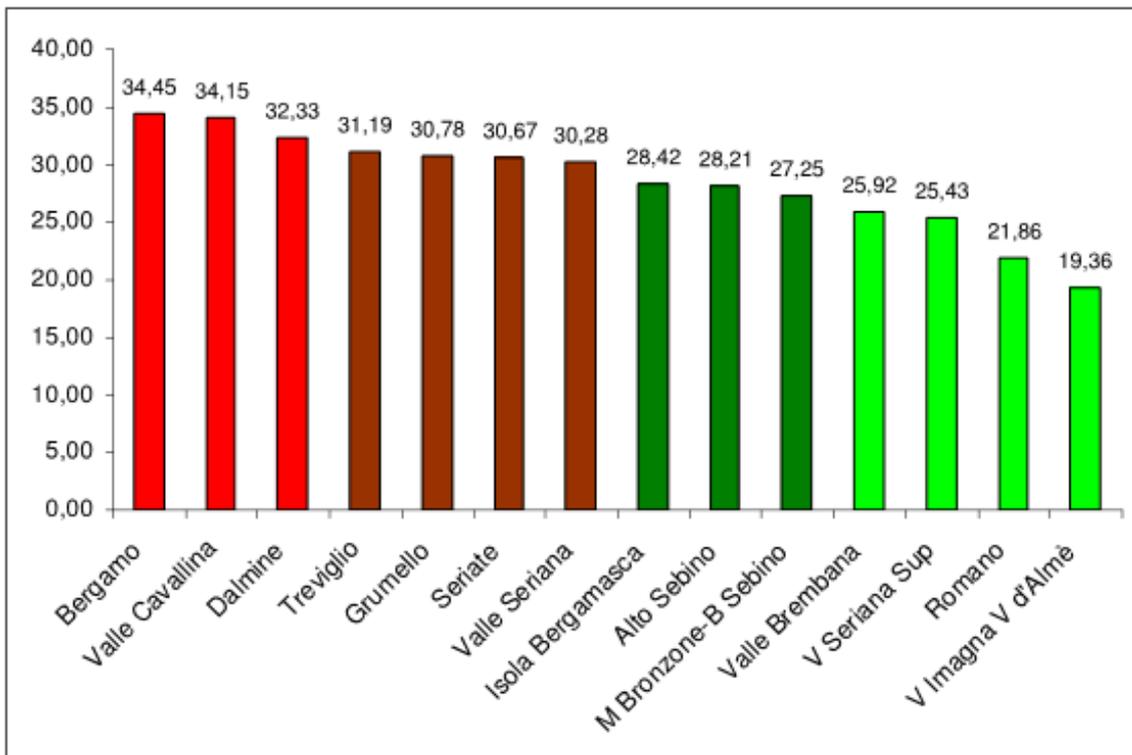
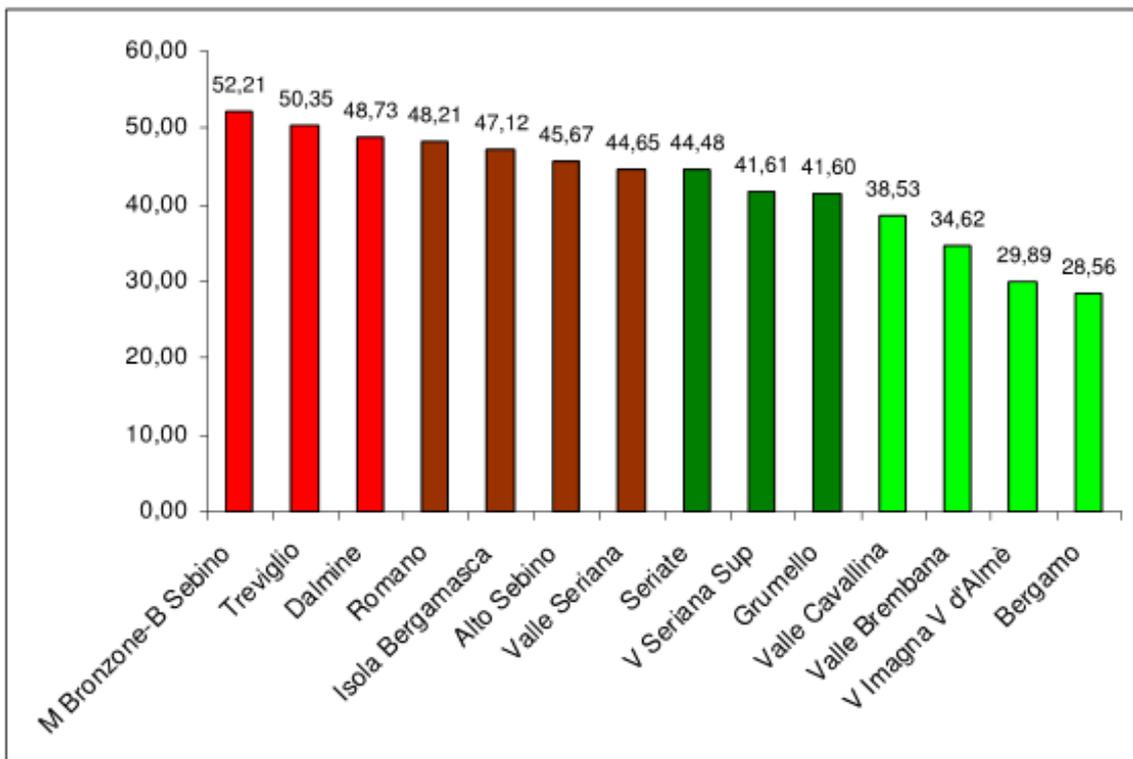


Figura 381 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori del colon-retto per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

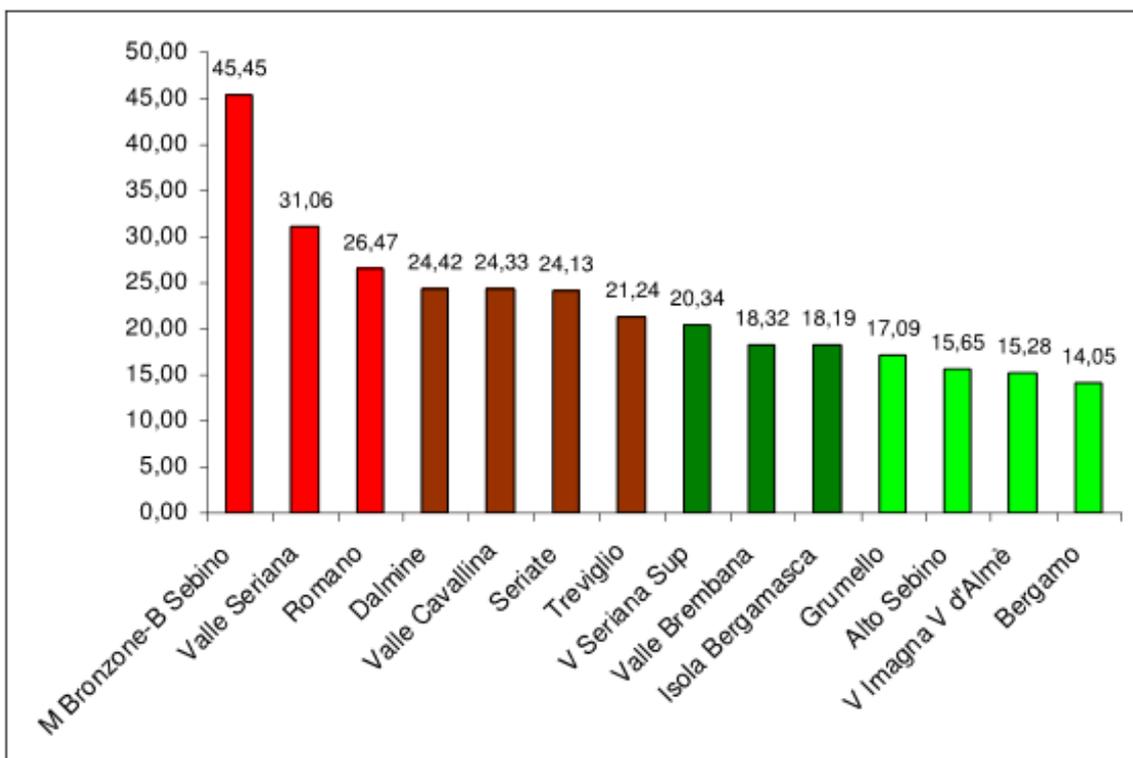
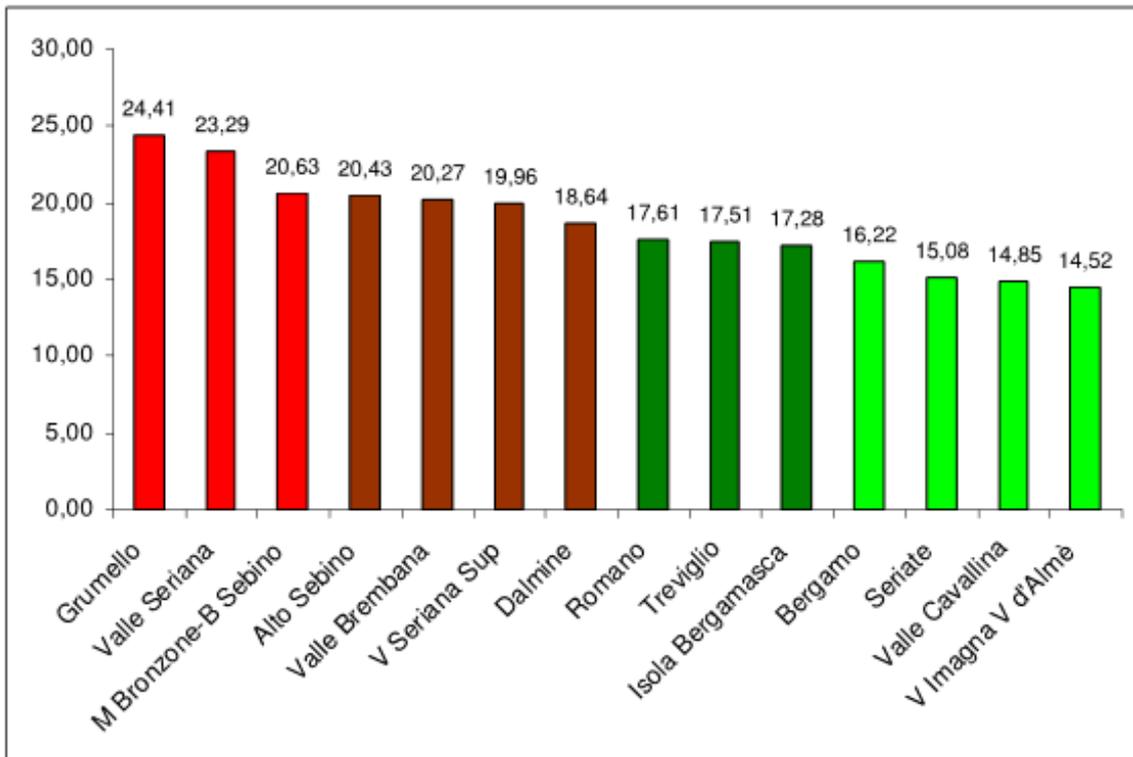


Figura 382 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori del fegato per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

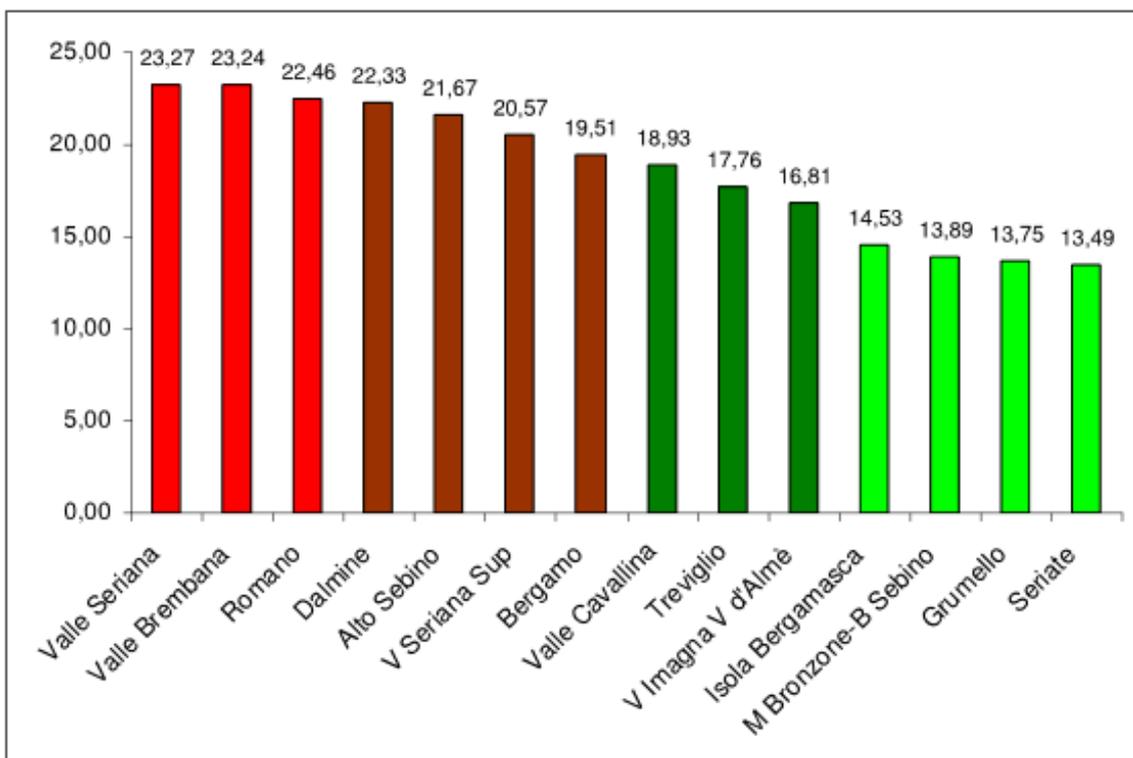
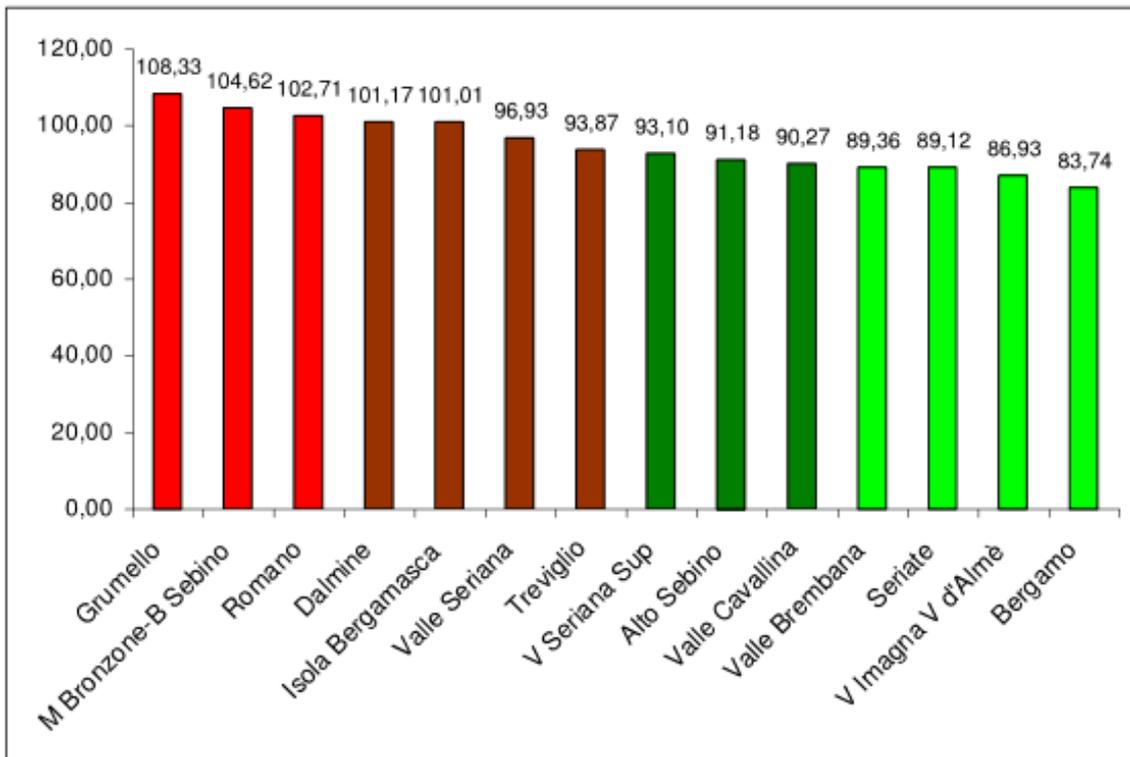


Figura 383 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori del pancreas per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

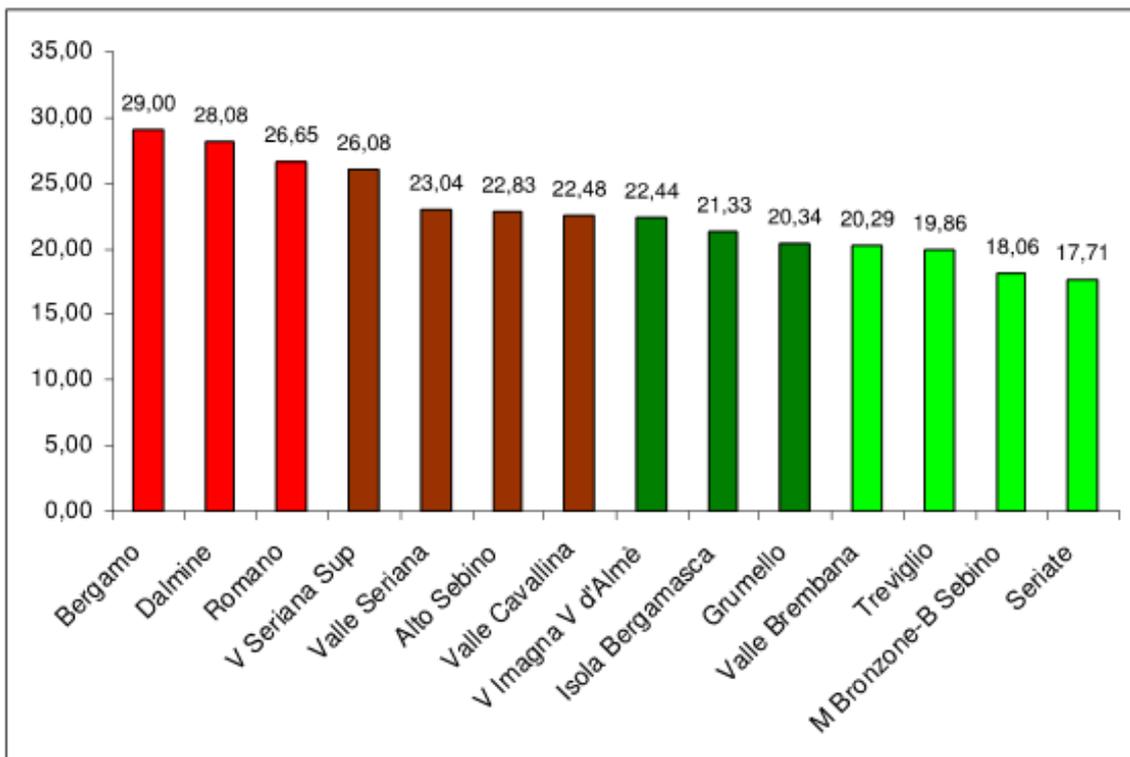
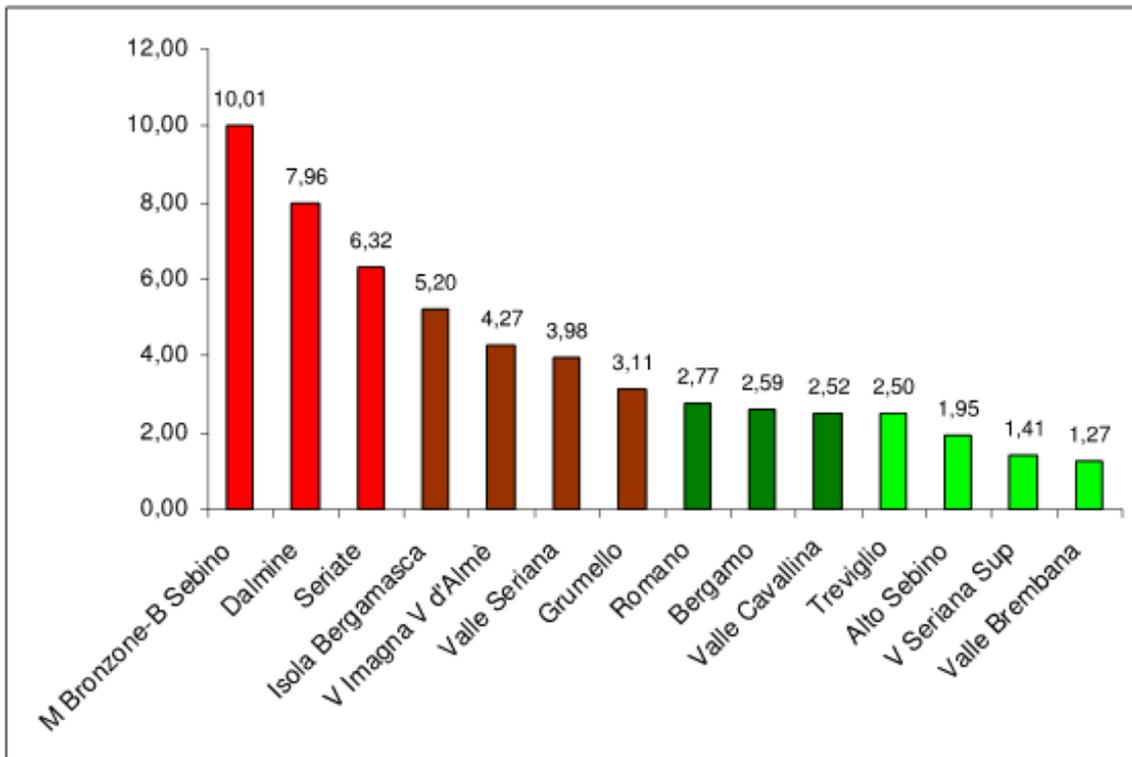


Figura 384 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori del polmone per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

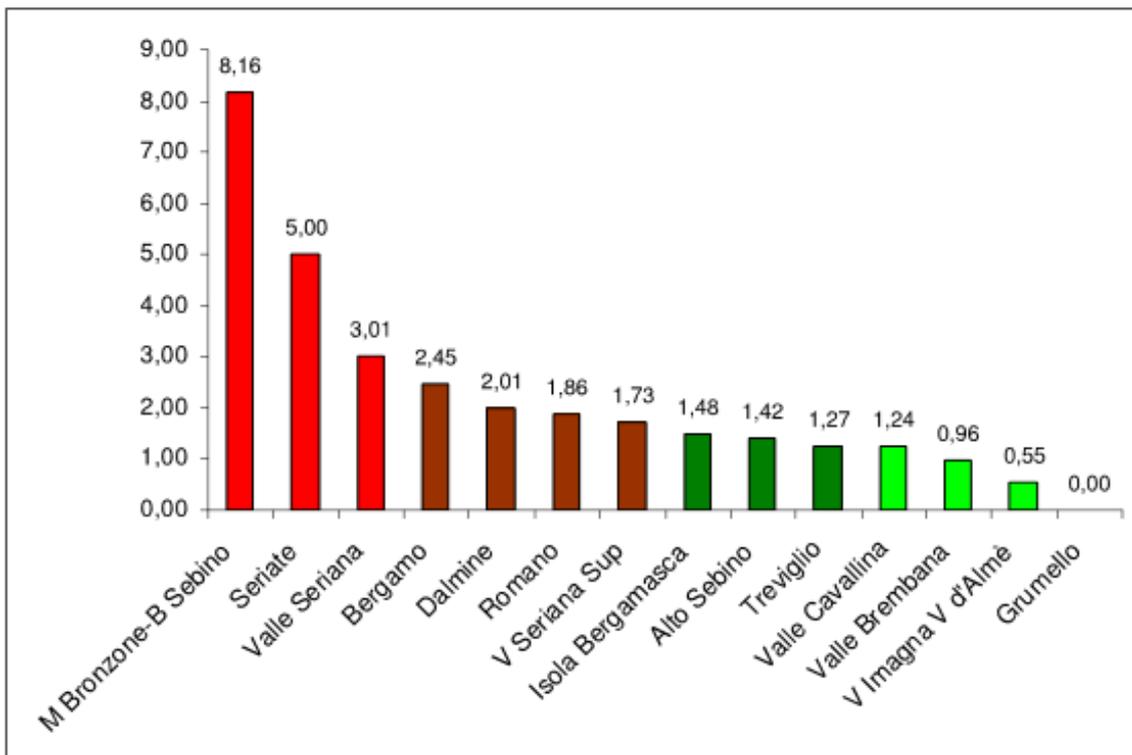
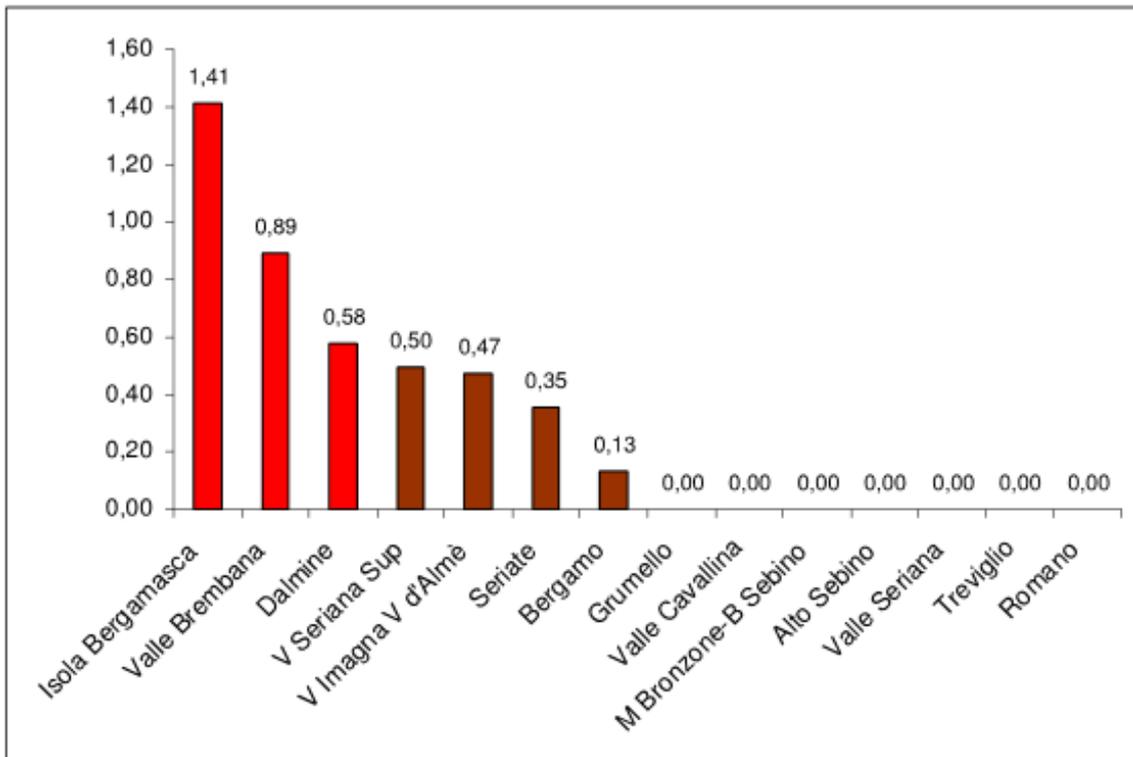


Figura 385 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori della pleura per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

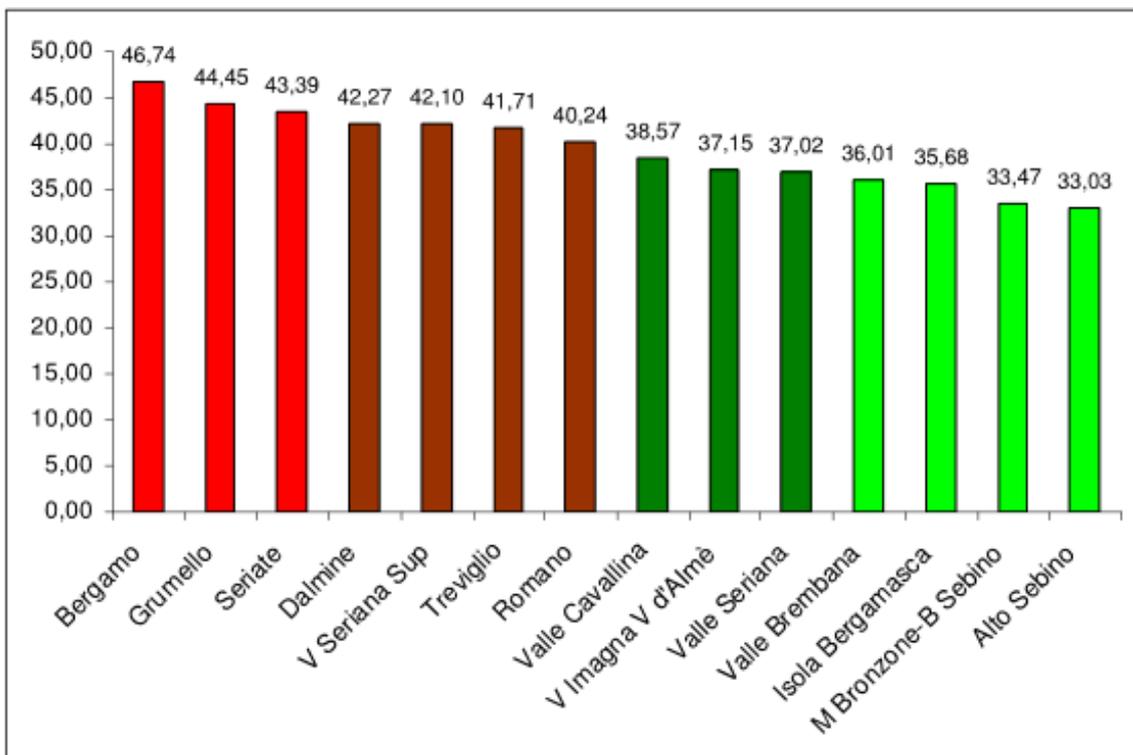


Figura 386 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori della mammella per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi

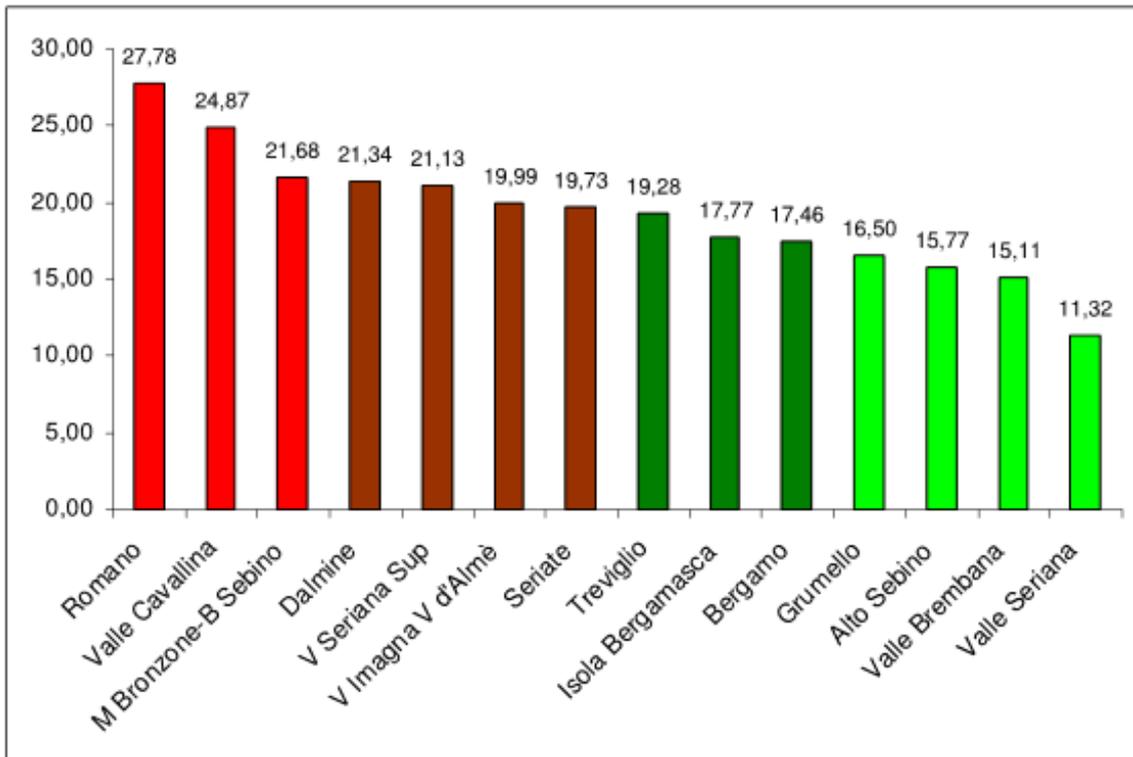
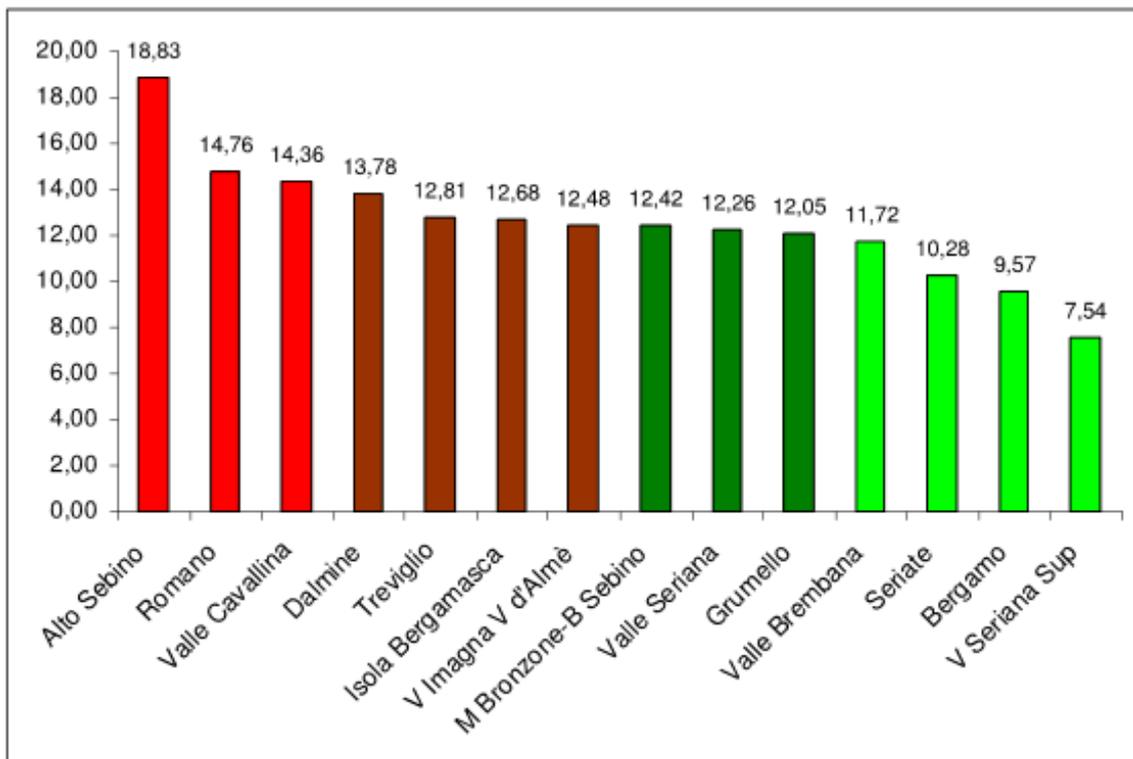


Figura 387 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori della prostata per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

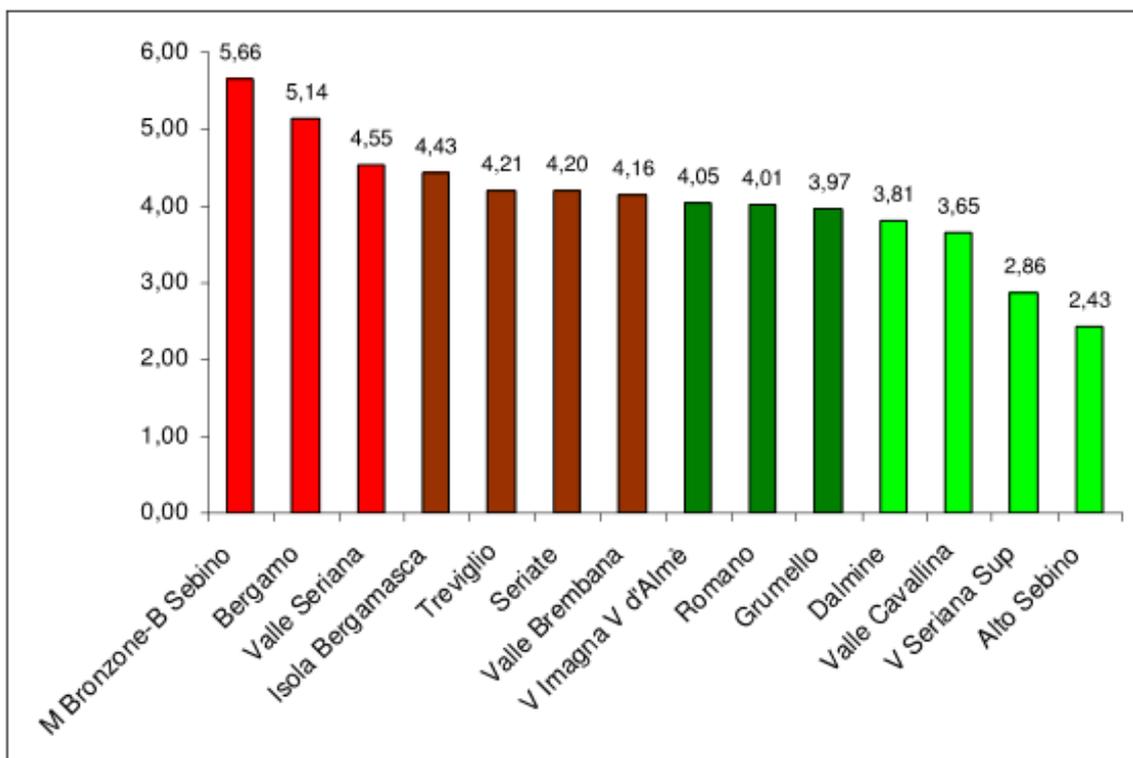
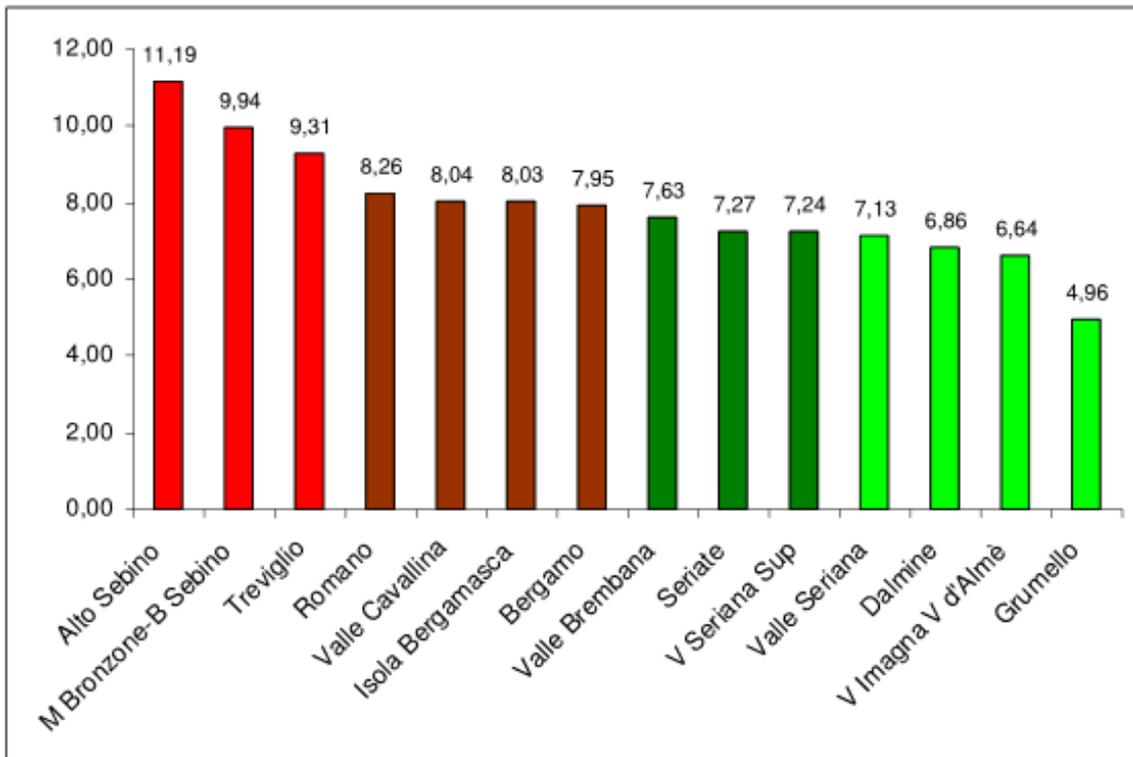


Figura 388 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori della vescica per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

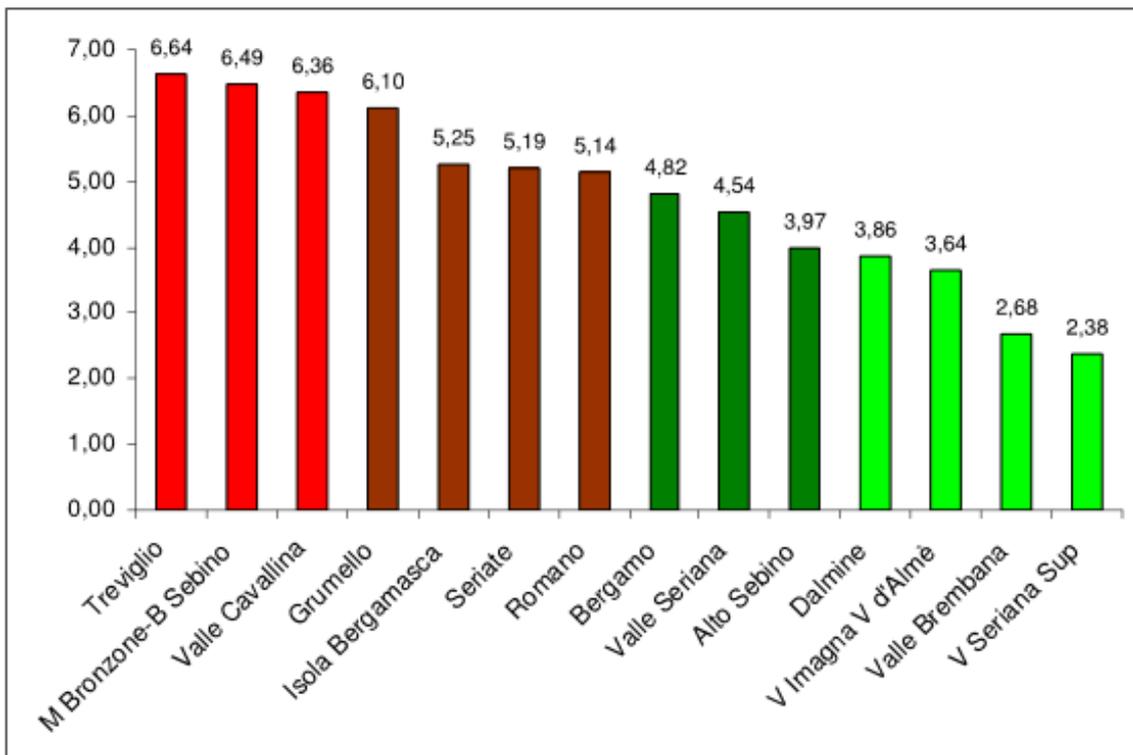
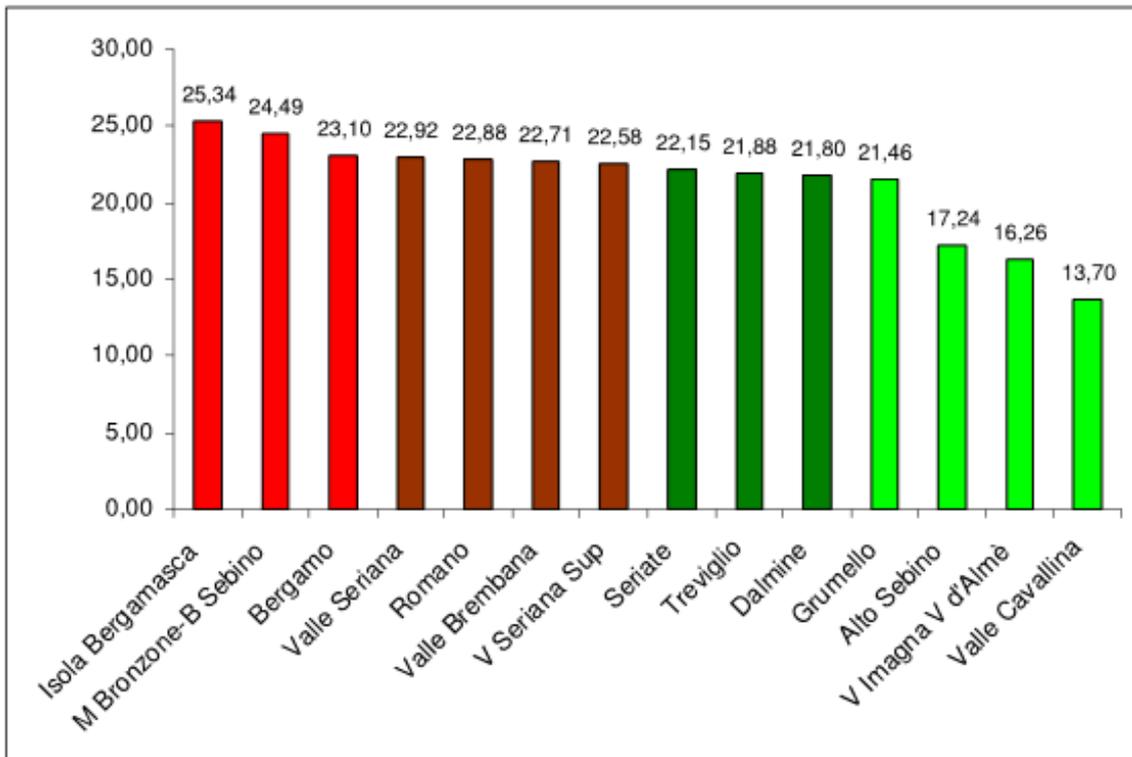


Figura 389 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori del rene per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

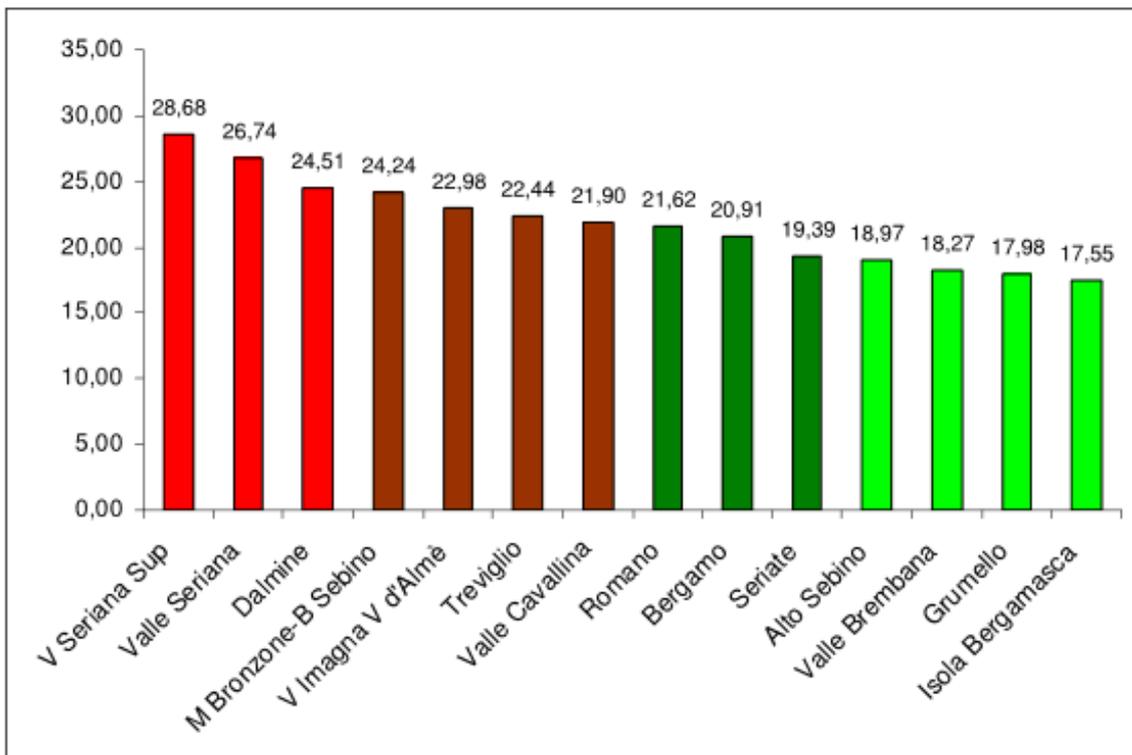
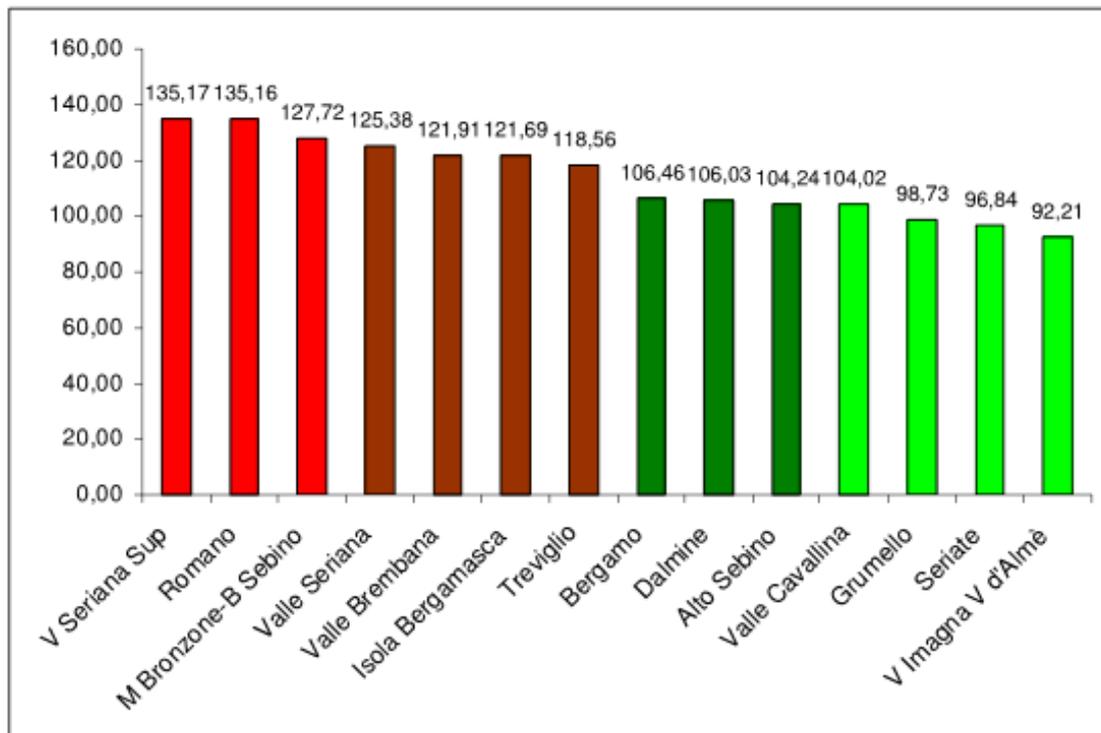


Figura 390 – Tassi standardizzati di mortalità annui per tumori del sistema linfoemopoietico per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

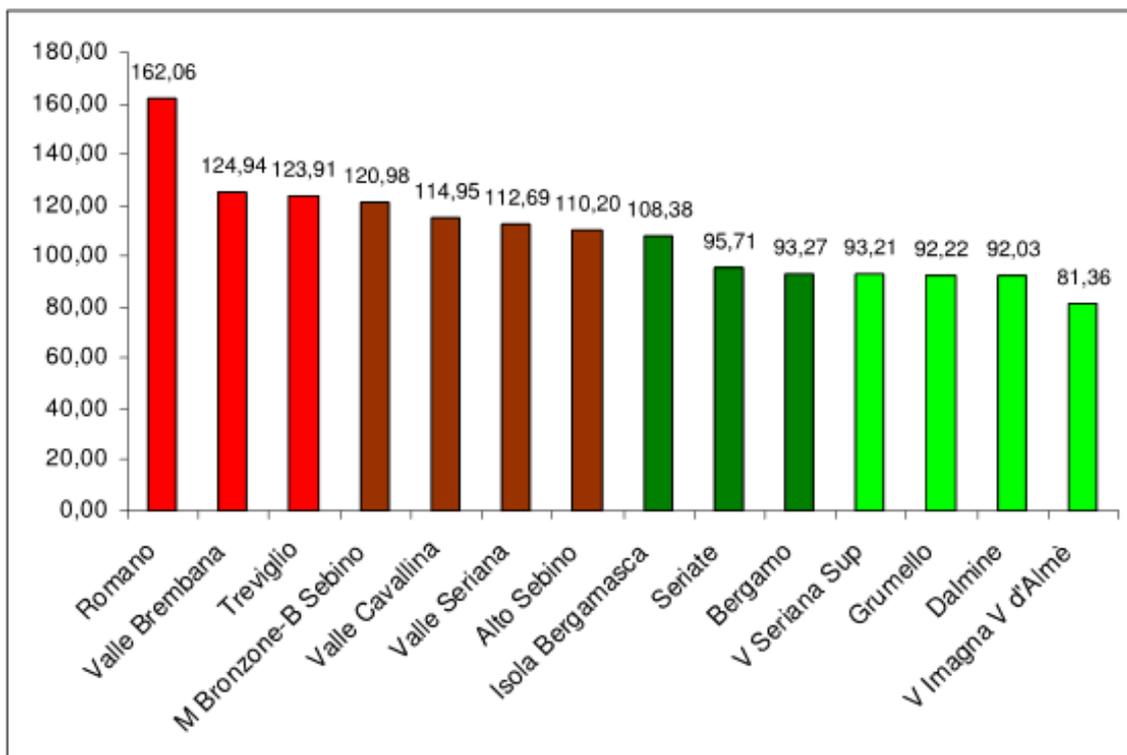
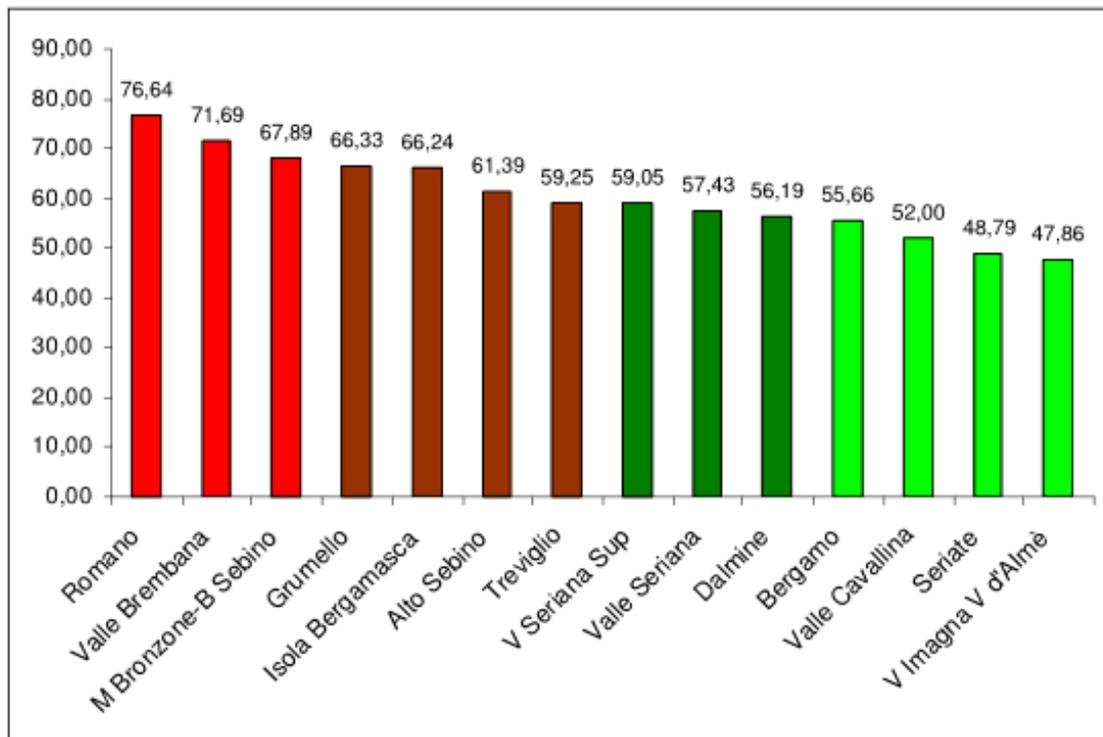


Figura 391 – Tassi standardizzati di mortalità annui per malattie ischemiche del cuore per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

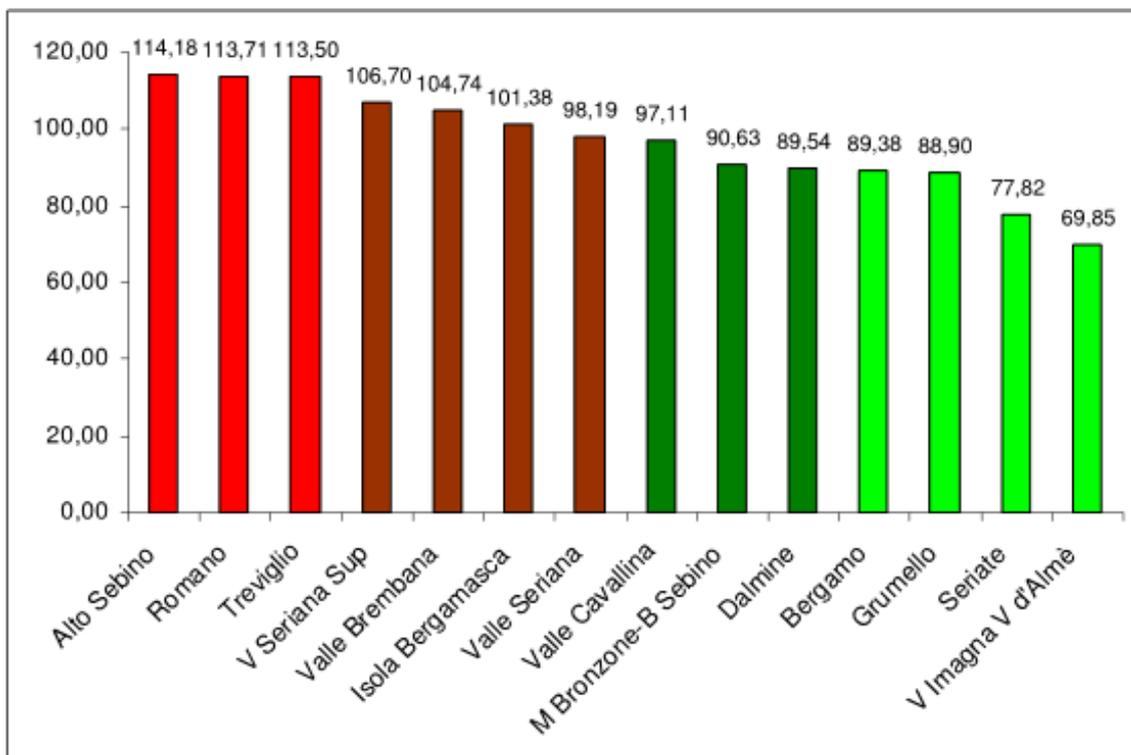
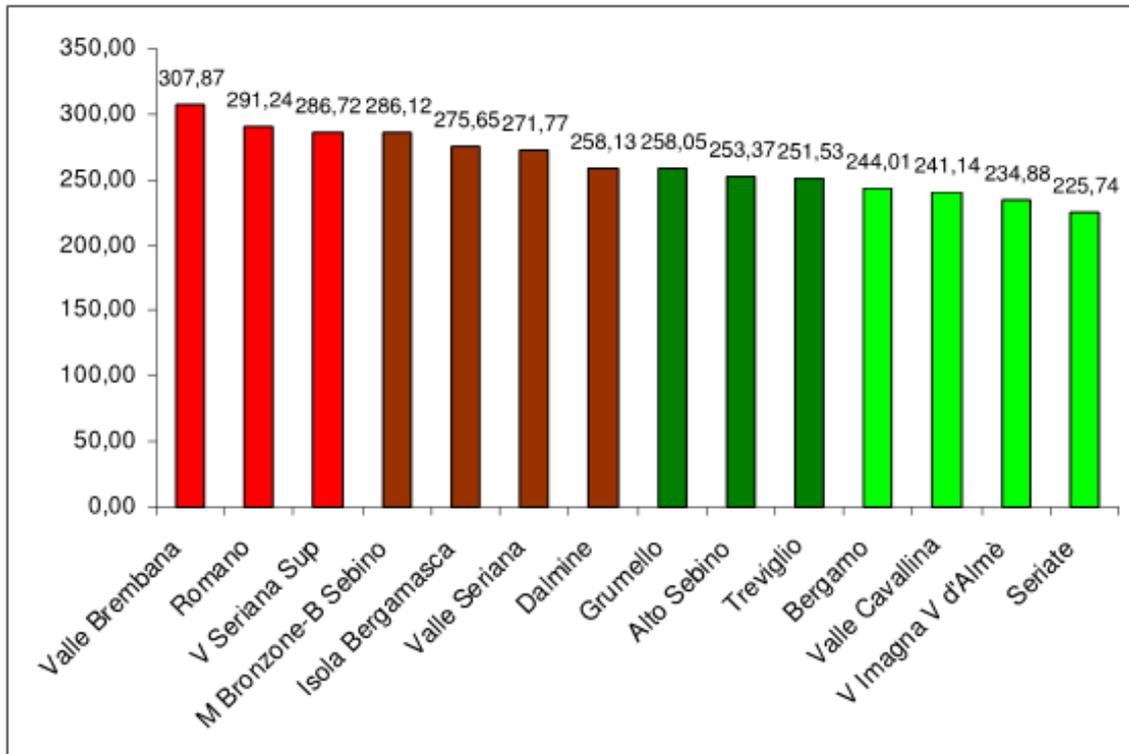


Figura 392 – Tassi standardizzati di mortalità annui per disturbi circolatori dell'encefalo per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

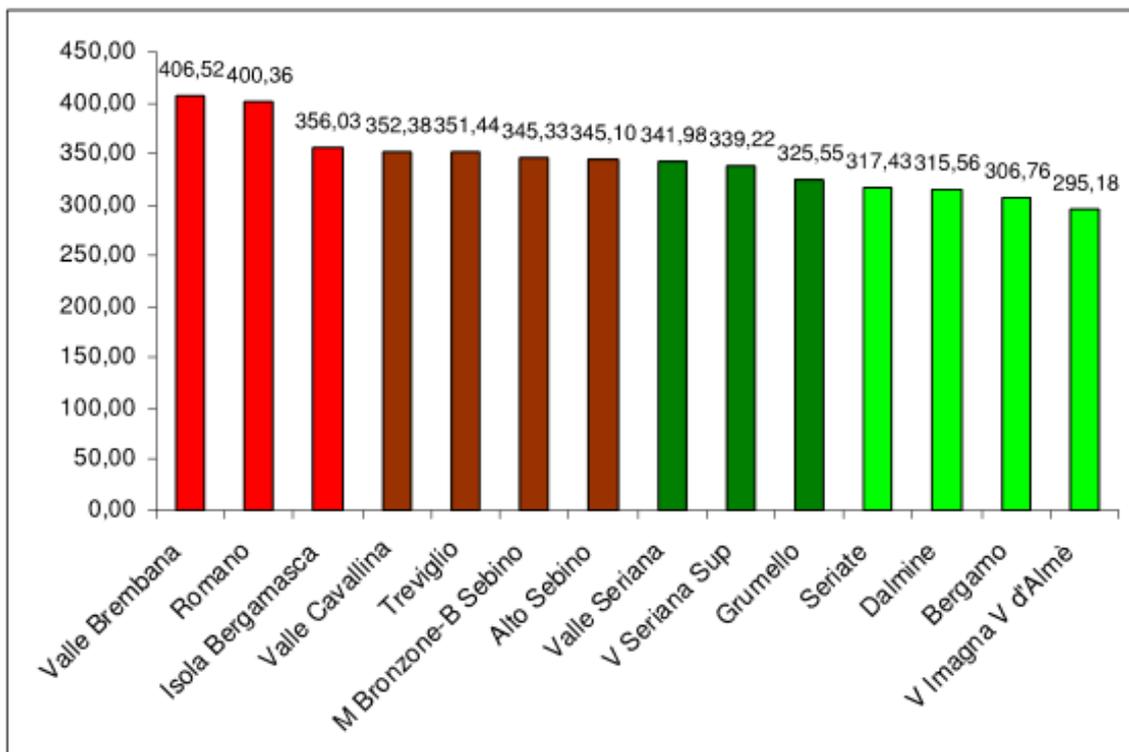
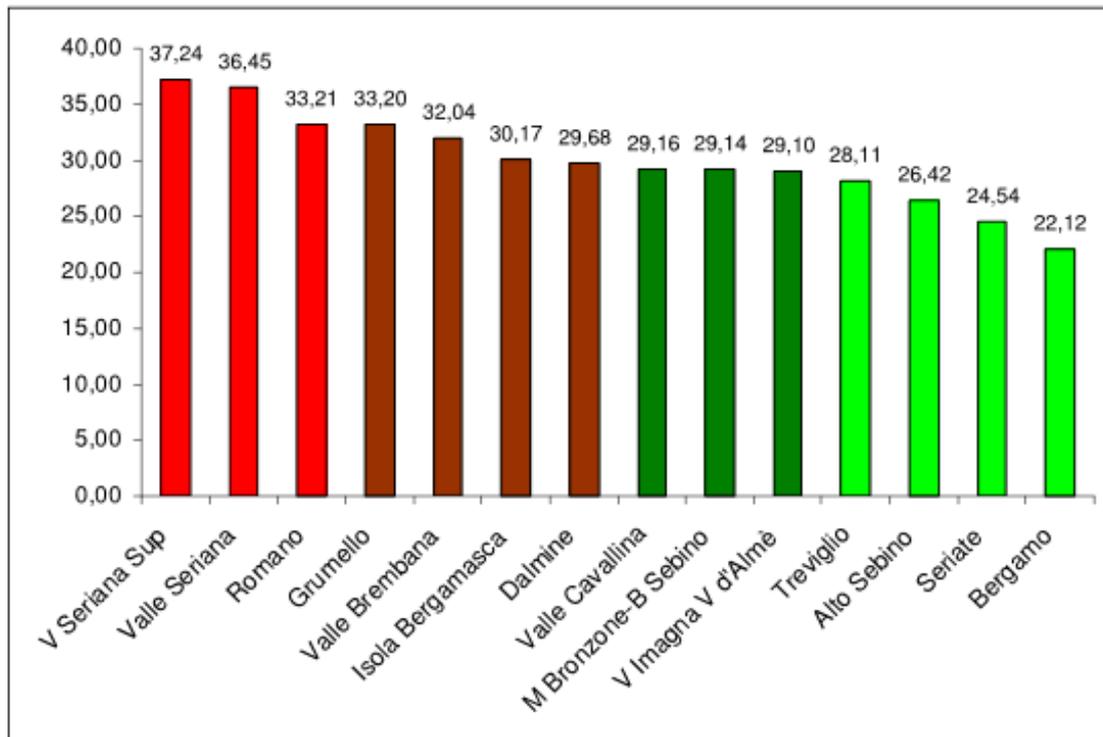


Figura 393 – Tassi standardizzati di mortalità annui per malattie del sistema circolatorio per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

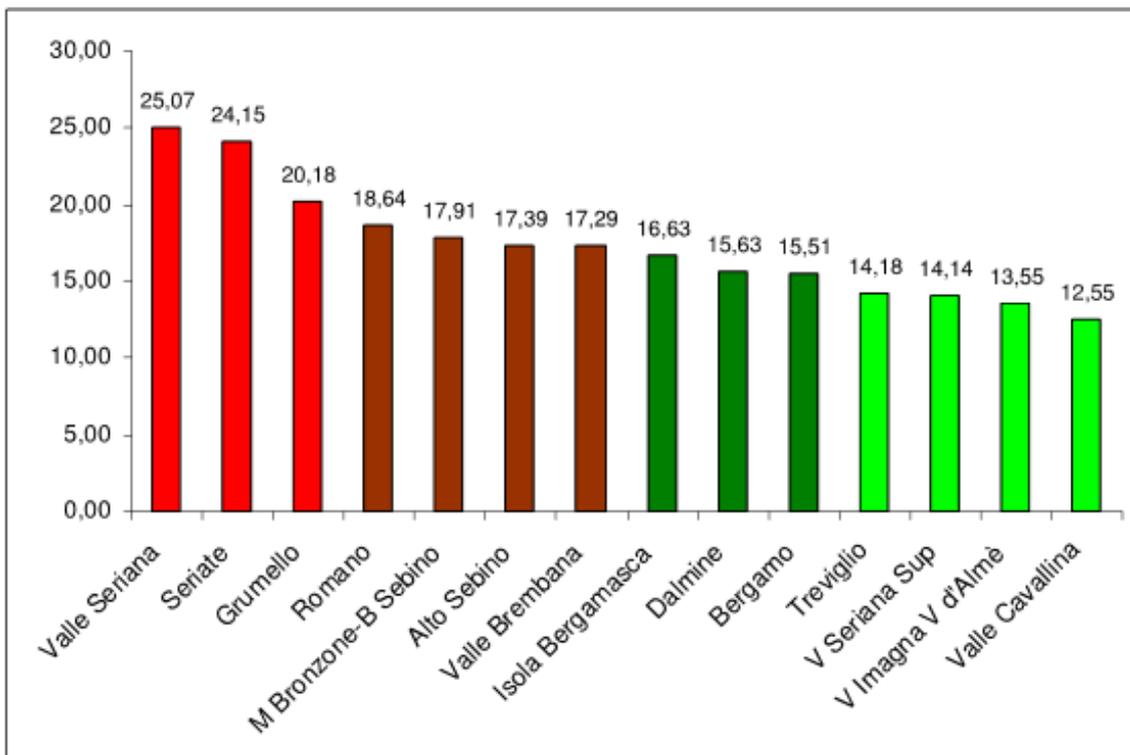
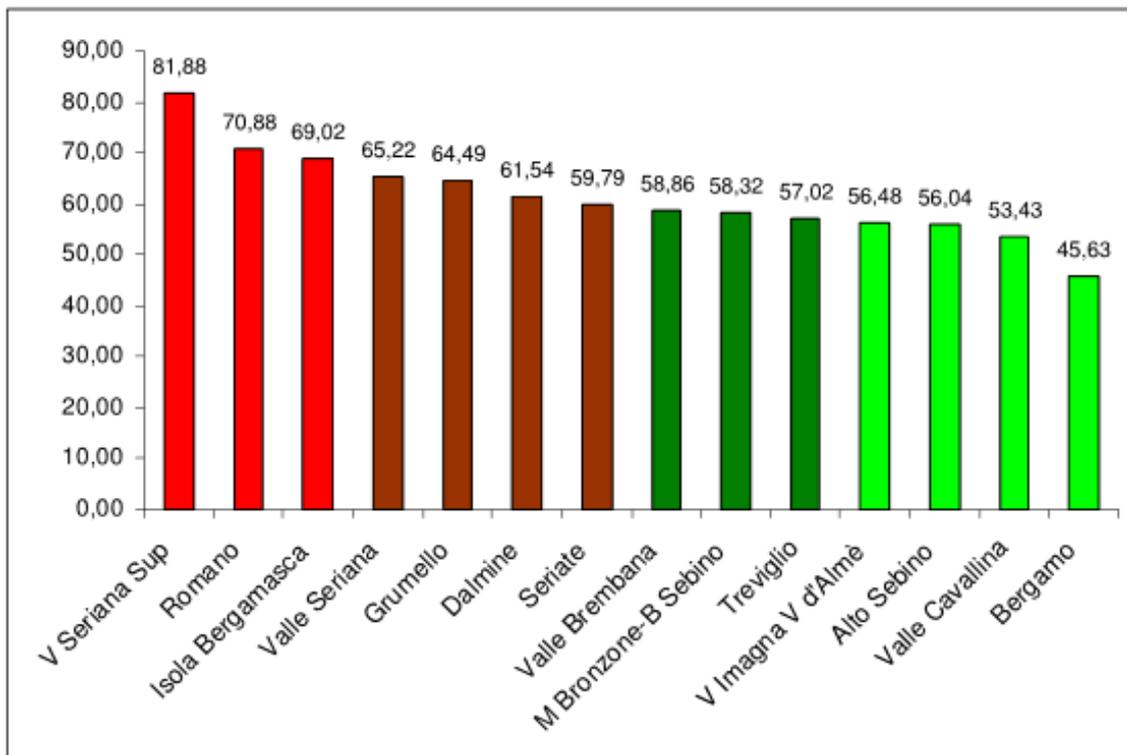


Figura 394 – Tassi standardizzati di mortalità annui per bronchite cronica, enfisema e asma per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

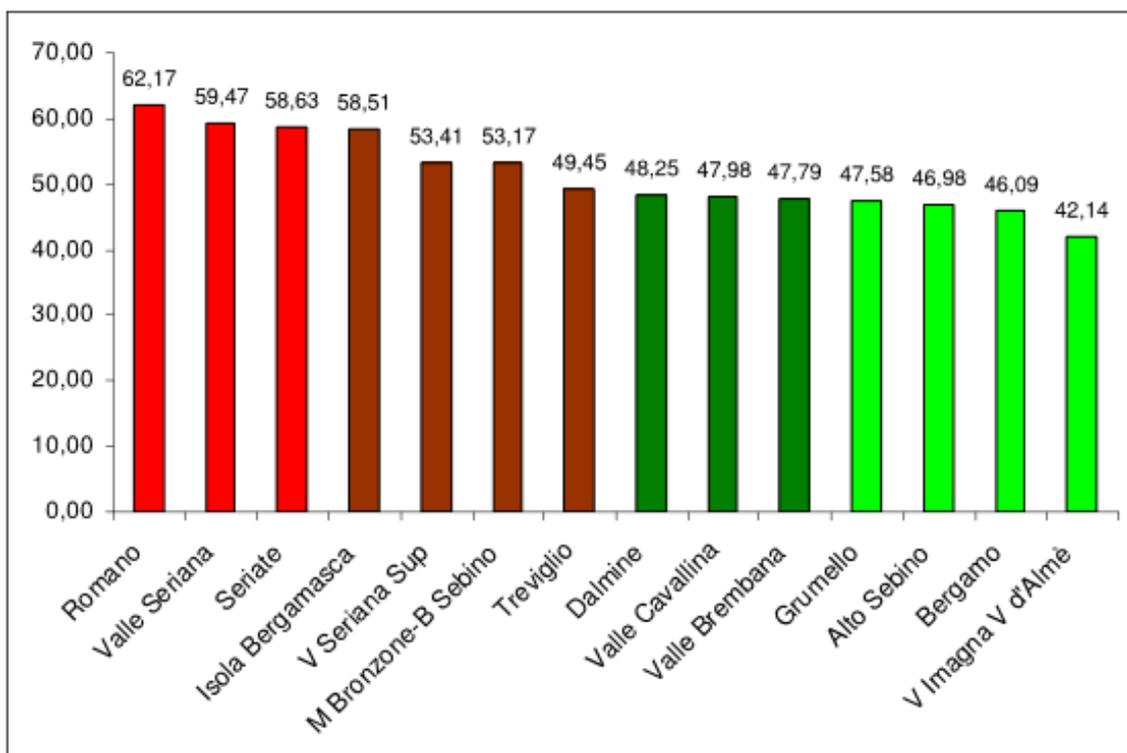
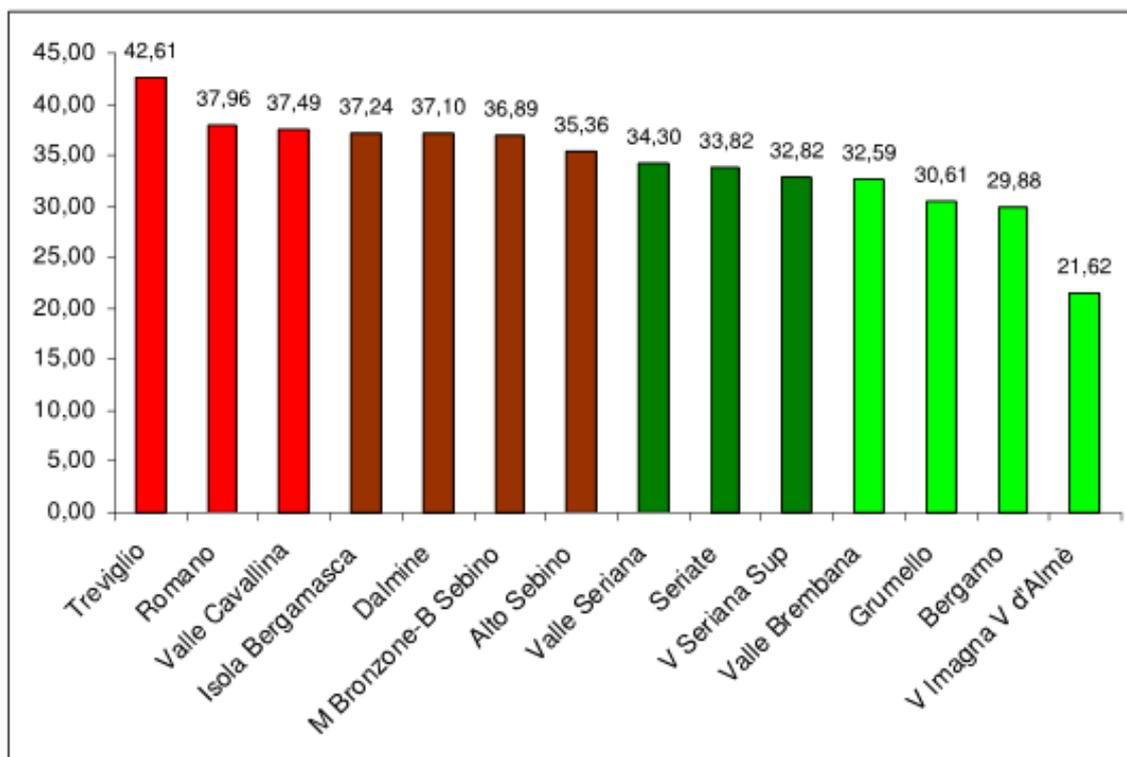


Figura 395 – Tassi standardizzati di mortalità annui per malattie dell'apparato respiratorio per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

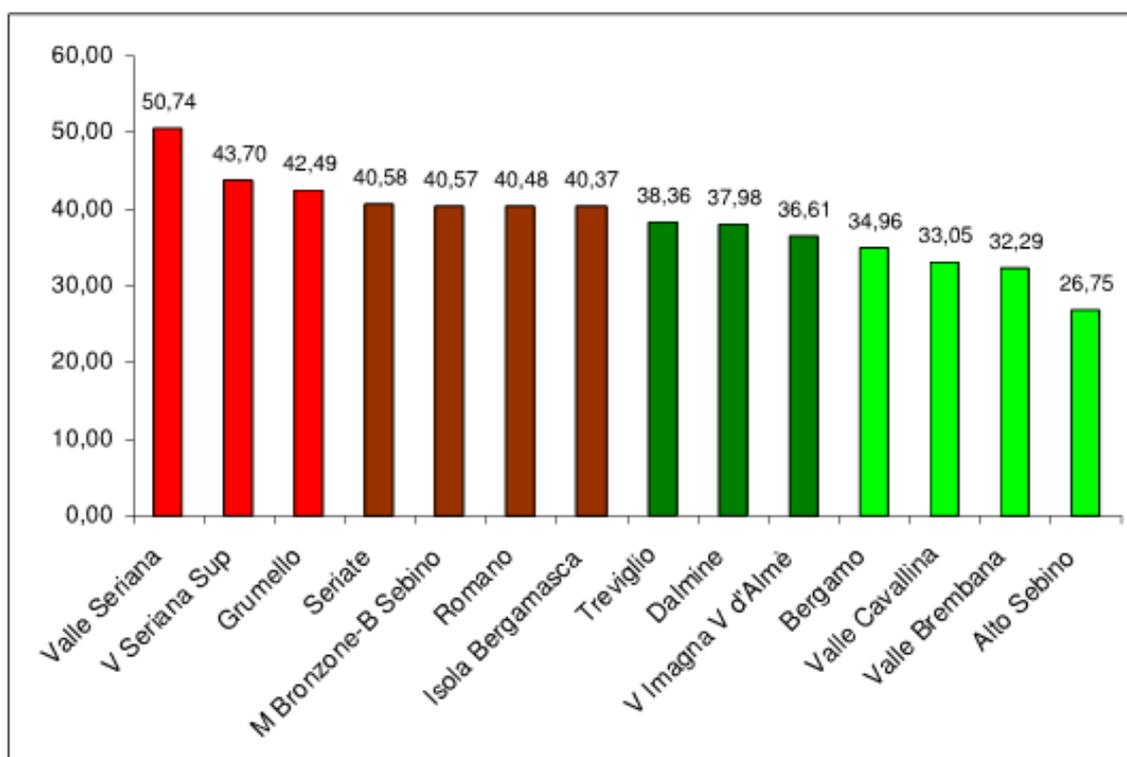
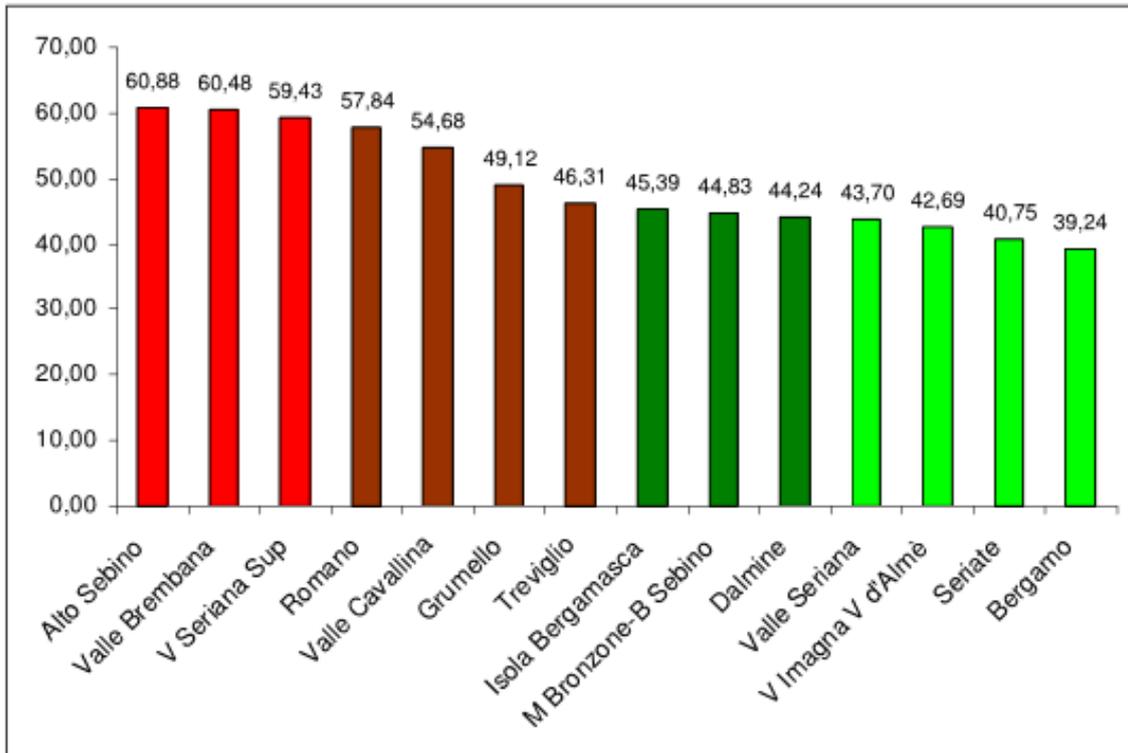


Figura 396 – Tassi standardizzati di mortalità annui per malattie dell'apparato digerente per distretti sanitari (x 100.000).

Maschi



Femmine

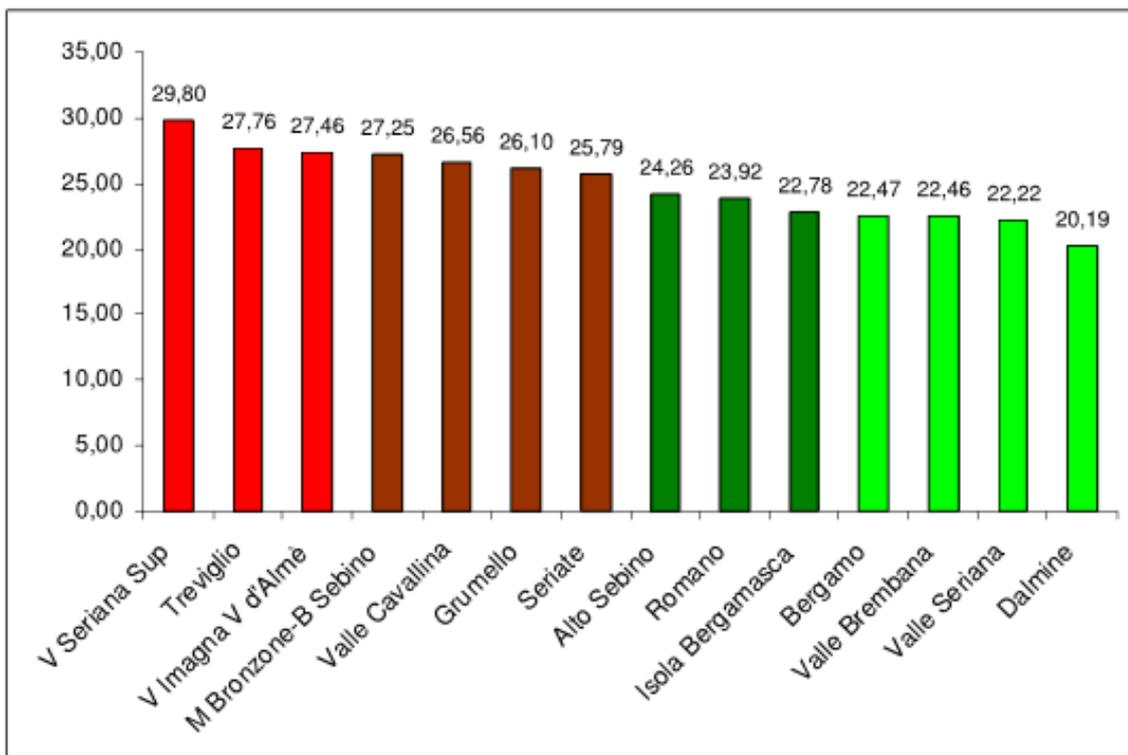
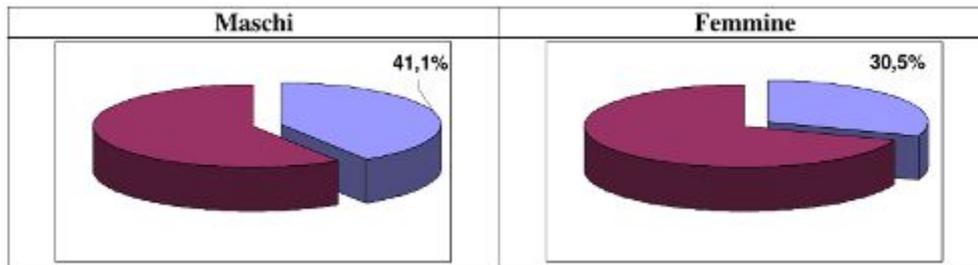
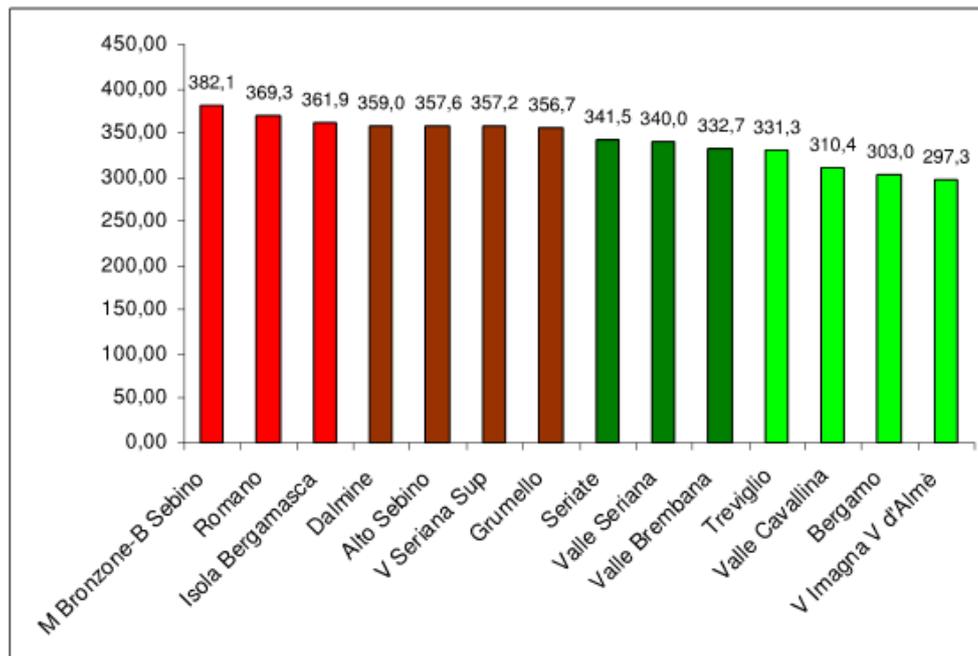


Figura 397 – Tassi standardizzati di mortalità annui per traumatismi ed avvelenamento per distretti sanitari (x 100.000).



Maschi



Femmine

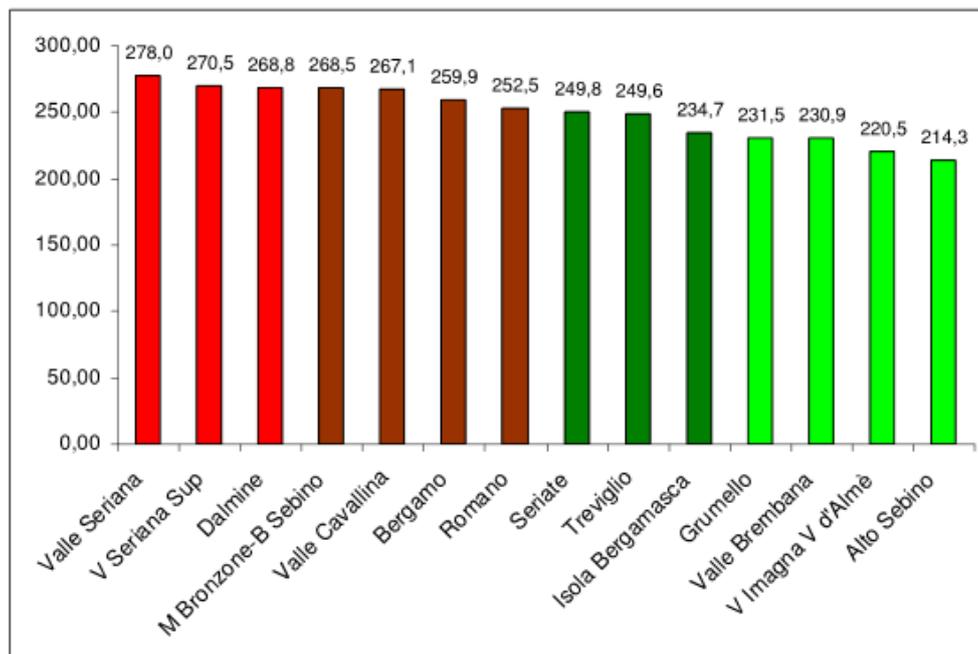


Figura 398 – Tassi standardizzati di mortalità per tutti i tumori per distretti sanitari (x 100.000).

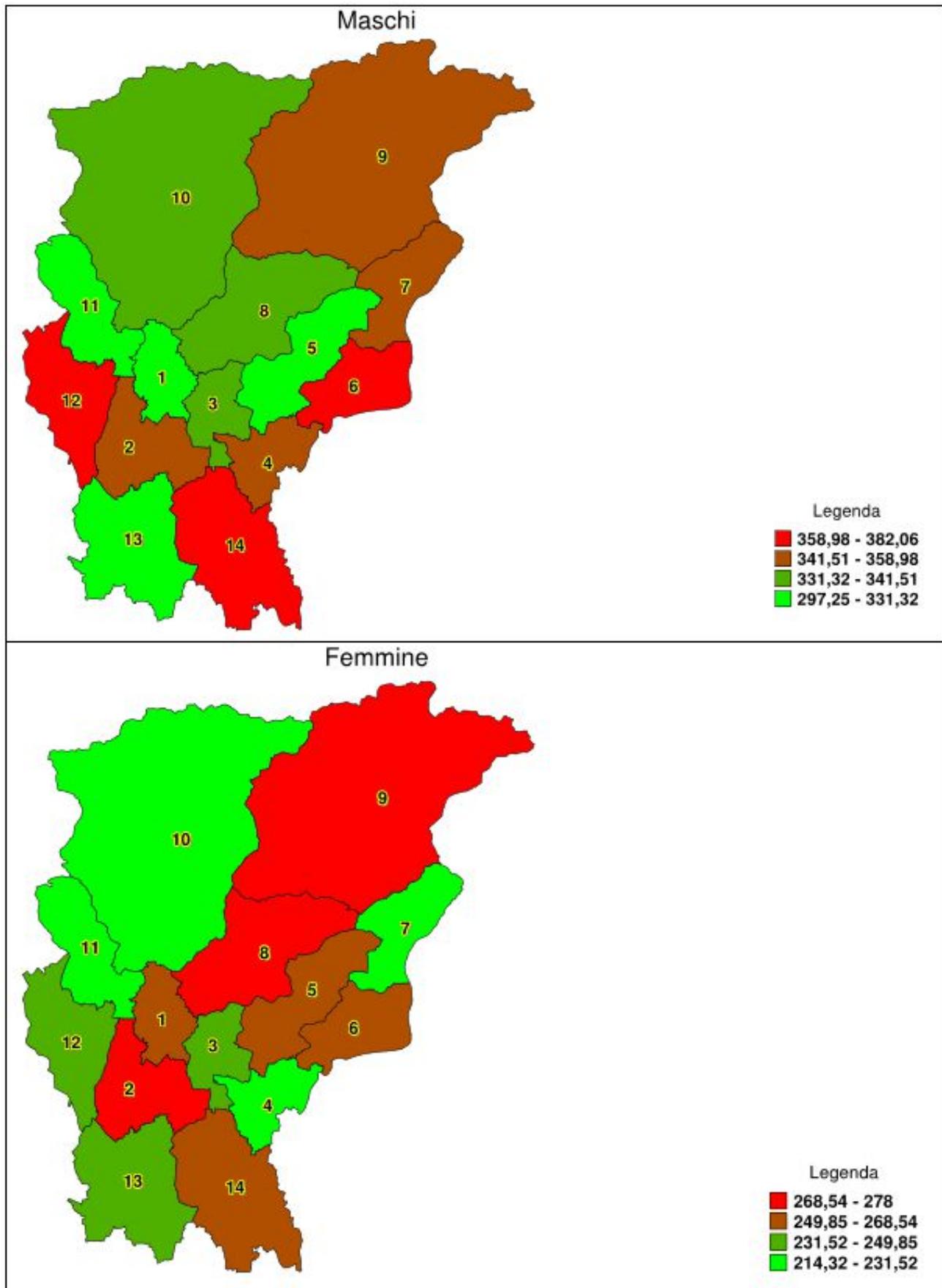


Figura 399 – Mappa dei tassi standardizzati di mortalità per tutti i tumori per distretti sanitari (x 100.000).

La sintesi dei dati epidemiologici recenti mostra come, relativamente ai Distretti della Valle Brembana e Valle Seriana Superiore di riferimento, non si rilevano ricorrenze particolarmente anomale rispetto al quadro relativo alle altre aree provinciali.

Tale indicazione viene confermata anche quando si consideri, come termine di riferimento, il quadro relativo ai tassi di incidenza di neoplasie per la Provincia di Bergamo, il Nord Italia e la città di Milano, come esemplificato nella tabella che segue.

(a) Maschi

Patologia tumorale	Codice ICD-10	Numero casi			Tasso grezzo annuo (x 10 ⁻⁵)	Tasso standardizzato annuo (x 10 ⁻⁵)		
		2002	2003	2004	Provincia Bergamo	Provincia Bergamo	Nord Italia	Milano Città
Maligni stomaco	C16	220	199	198	42,2	37,1	24,9	20,8
Maligni colon	C18	243	229	230	48,1	42,1	46,4	44,3
Maligni retto	C19-21	122	116	137	25,7	23,0	20,2	18,3
Maligni fegato	C22	279	231	241	51,4	44,5	23,6	22,2
Maligni pancreas	C25	94	98	92	19,4	17,2	13,7	13,1
Maligni polmone	C33-34	516	518	532	107,2	93,4	81,8	86,6
Maligni prostata	C61	546	568	605	117,7	100,6	102,1	85,7
Linfomi non Hodgkin	C82-85,96	92	79	106	19,0	17,1	19,3	20,4
Leucemie	C92-95	74	76	87	16,2	15,2	12,8	14,6

(b) Femmine

Patologia tumorale	Codice ICD-10	Numero casi			Tasso grezzo annuo (x 10 ⁻⁵)	Tasso standardizzato annuo (x 10 ⁻⁵)		
		2002	2003	2004	Provincia Bergamo	Provincia Bergamo	Nord Italia	Milano Città
Maligni stomaco	C16	153	156	153	30,7	19,2	12,1	11,9
Maligni colon	C18	194	203	216	40,8	26,3	30,7	30,4
Maligni retto	C19-21	77	85	94	17,0	11,6	10,4	11,2
Maligni fegato	C22	137	114	106	23,7	14,4	5,8	6,2
Maligni pancreas	C25	110	89	98	20,0	12,6	10,2	9,8
Maligni polmone	C33-34	128	158	141	28,4	19,4	19,5	24,5
Maligni mammella	C50	832	818	822	164,4	130,7	123,9	129,7
Maligni cervice uterina	C53	47	43	45	9,0	7,7	8,5	7,6
Linfomi non Hodgkin	C82-85,96	132	115	105	23,4	16,8	13,2	13,1
Leucemie	C92-95	45	65	47	10,4	7,5	8,3	9,0

Tabella 122 – Tassi di incidenza di tumori: Provincia di Bergamo, Nord Italia e città di Milano.

Altre informazioni su questo tema si ricavano dal Documento “Report sintetico anno 2011” dell’ASL Bergamo - Dipartimento di Prevenzione Medico, riguardo all’Ambito distrettuale Valle Seriana Superiore e Val di Scalve. Nel genere maschile, è considerevolmente alta la mortalità per malattie del sistema circolatorio (+9%) e dell’apparato respiratorio (+30%) e per cardiopatie ischemiche (+19%), cioè per patologie in cui svolgono un ruolo importante stili di vita non salutari. Questo aspetto è stato anche affrontato dallo studio PASSI 2008-2009 che l’ASL di Bergamo ha condotto, con l’Istituto Superiore di Sanità, esaminando attraverso interviste telefoniche i comportamenti abituali di cittadini della Provincia di età compresa tra i 18 ed i 69 anni. I dati raccolti sugli stili di vita evidenziano quanto segue.

Ad ogni modo, si possono trarre le seguenti conclusioni sulla disamina dei dati presentati in precedenza.

L’analisi dei dati epidemiologici disponibili sullo stato di salute dei bergamaschi evidenzia che i tumori (la maggior parte dei quali non correlabili a inquinanti ambientali propriamente detti) costituiscono uno dei problemi più critici, se non il più critico da diversi anni. Si ha, infatti, una mortalità per tumore (sia per i maschi che per le femmine) superiore alle medie regionali, in particolare per alcuni tipi di tumore (stomaco, fegato, pancreas, pleura e polmone nei maschi). È evidente che un “quadro epidemiologico” di questo tipo indica che l’intervento sui tumori deve costituire una priorità per tutto il Servizio Sanitario Bergamasco. Non a caso è stato istituito il Dipartimento Oncologico Provinciale cui partecipano oltre all’ASL le principali strutture di ricovero e cura della provincia. L’ASL ha nel recente passato, per fare fronte a questo problema di salute, intrapreso iniziative, alcune ancora in corso, su diversi fronti.

Proprio in tema di approfondimento epidemiologico, sono stati realizzati e sono in fase di attuazione due progetti molto impegnativi: lo studio ISOLINFA, riguardante lo studio dell’eziologia di leucemie, linfomi e mielomi nell’Isola Bergamasca, e soprattutto il Registro Provinciale Tumori, che ha lo scopo di raccogliere tutte le informazioni relative alle patologie tumorali in modo da arrivare a calcolare e monitorare i dati di incidenza e prevalenza della provincia bergamasca. Tale Registro una volta a regime, permetterà un notevole miglioramento nel monitoraggio dell’andamento delle patologie oncologiche non solo rispetto a mortalità, incidenza, sopravvivenza e prevalenza, ma anche su *outcome* relativi ai profili di assistenza e alla relativa valutazione.

Appaiono argomenti prioritari di sviluppo nel settore della ricerca epidemiologica per l’ASL di Bergamo:

- ulteriori approfondimenti su singole patologie e/o situazioni di particolare “rischio” locale, mediante gli strumenti dell’epidemiologia analitica classica e di quella spaziale;
- l’approfondimento della conoscenza dei fattori di rischio locali;
- l’intervento, a diversi livelli, per prevenire l’insorgenza o comunque limitare gli effetti di queste forme patologiche; ciò implica necessariamente scelte organizzative da effettuare, per sviluppare sia una efficace prevenzione dei rischi, sia un’ottimale allocazione delle risorse da dedicare alle attività di screening, di diagnosi e di cura individuale.

Da questo grosso sforzo propositivo dovremmo veder implementare nel breve periodo nuovi progetti di Promozione della Salute a livelli molto differenziati nel contesto sociale e delle strutture sanitarie della Provincia di Bergamo e, in generale, in Regione Lombardia.

8.0 EFFETTI DELL'OPERA SULLA MATRICE AMBIENTALE

In questa sezione si valuta la prevedibile evoluzione della matrice ambientale coerentemente con quanto atteso dall'attuazione delle azioni descritte nel Quadro di riferimento progettuale, in relazione alle peculiarità dell'ambiente interessato e con individuazione delle vie preferenziali di degrado e dei recettori di riferimento.

A seguito di ciò, nel successivo Capitolo saranno individuate opportune misure di protezione, mitigazione e/o compensazione (che costituiranno il corpus delle "Condizioni Ambientali" di cui al Capitolo 10.0), per giungere infine a sintetizzare nel Paragrafo 9.4 gli impatti residui (primari e secondari) anche a seguito dell'applicazione delle predette misure correttive e di riequilibrio.

La descrizione degli effetti indotti dalle opere è declinata alle stesse componenti ambientali descritte in precedenza, e cioè in riferimento ad *Atmosfera - Ambiente idrico - Suolo e sottosuolo - Vegetazione ed aspetti ecosistemici - Fauna - Aspetti paesaggistici - Aspetti archeologici - Rumore - Vibrazioni - Viabilità e traffico - Aspetti socio-economici - Salute pubblica.*

8.1 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

L'analisi è stata svolta con un livello di approfondimento idoneo, sia per le caratteristiche delle attività in progetto, sia per la tipologia della componente ambientale coinvolta. La procedura ha consentito pertanto di:

- a. descrivere le modificazioni delle condizioni d'uso, della fruizione potenziale del territorio e dei fattori ambientali, in rapporto alla situazione preesistente ad allo stato delle componenti;
- b. stimare qualitativamente e/o quantitativamente le incidenze indotte dalle attività in progetto sul sistema ambientale, nonché le interazioni delle incidenze con le diverse componenti ambientali, anche in relazione ai rapporti esistenti tra esse, sia nel breve termine (fase di cantierizzazione), sia nel lungo termine (fase di esercizio).

A tal riguardo, è bene specificare con ulteriore dettaglio le seguenti convenzioni adottate:

- *fase di cantierizzazione*: fase che comprende sia le fasi propedeutiche alla realizzazione delle opere (fase di cantierizzazione in senso stretto), sia la successiva fase di realizzazione delle opere stesse. Questa fase si conclude con la messa in esercizio dell'attività estrattiva;
- *fase di esercizio*: fase successiva al completamento della realizzazione delle opere. Comprende sia l'attività di estrazione del materiale vera e propria, sia i normali interventi di manutenzione degli impianti e dei macchinari per conservarne l'efficienza. Questa fase può concludersi con la scadenza della concessione e la dismissione della miniera, e con il successivo integrale ripristino dei luoghi. Occorre comunque considerare che, date le modalità realizzative delle attività, di fatto non sono nettamente distinguibili le fasi di cantiere da quelle d'esercizio;
- *effetti temporanei od a breve termine*, correlati alla fase di cantierizzazione: sono le modificazioni indotte dalle opere che possono essere rimosse tramite operazioni tecniche o processi naturali, in modo che venga restaurata una situazione uguale o simile a quella preesistente. Gli impatti a breve termine, producendo alterazioni immediate e di breve durata, sono considerati sempre reversibili (v. oltre);
- *effetti permanenti od a lungo termine*, derivanti dalla realizzazione delle opere e dall'attività estrattiva (sono le alterazioni definitive provocate dall'opera che non possono essere ripristinate). Gli impatti a lungo termine, producendo alterazioni che perdurano oltre la fase di costruzione e di iniziale esercizio delle attività, o che derivano da croniche alterazioni dell'ambiente causate dalle attività in fase di esercizio, sono considerati sempre irreversibili;
- *effetti reversibili*: impatti che possono essere eliminati mediante mitigazioni tecniche o processi naturali, in modo che lo stato originario o uno status molto simile ad esso possa

essere ripristinato nell'arco di un breve periodo dal termine della fase di cantierizzazione.

Sono pertanto impatti di breve termine;

- *effetti irreversibili*: impatti che producono modificazioni definitive, tali per cui lo stato originario o uno status molto simile ad esso non può essere ripristinato. Gli impatti irreversibili sono, per loro "natura", sempre di lungo termine.

Pertanto, al di là delle sottili interpretazioni scientifiche possibili, in questo Studio si considerano valide le seguenti analogie:

- ✓ *impatti a breve termine = impatti temporanei = impatti reversibili;*
- ✓ *impatti a lungo termine = impatti permanenti = impatti irreversibili.*

Ovviamente, gli impatti reversibili possono essere eliminati nel breve o nel lungo periodo, ma non si ritiene utile complicare la valutazione introducendo ulteriori parametri.

8.1.1 Effetti sull'Atmosfera

Si rimanda all'allegata Modellazione previsionale di impatto atmosferico.

8.1.2 Effetti sull'Ambiente idrico

Acque superficiali

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico (acque superficiali e sotterranee) dalla realizzazione delle opere, viene effettuata attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti, le condizioni dei corpi idrici superficiali (portata, caratteristiche idrologiche, alimentazione del bacino, tempo di corrivazione) confrontati con le azioni-elementi di progetto.

Le acque superficiali associate con l'istanza in argomento sono state campionate con lo scopo di caratterizzare le condizioni basali, assumendo come riferimento il più ampio comparto territoriale che dalla frazione di Scelvino (Lenna), raggiunge la confluenza del Torrente Riso con il Fiume Serio, passando a settentrione lungo il sistema Menna, Arera, Monte Secco e a meridione il Monte Alben.

La valle del fiume Riso è stata significativamente alterata nel corso del tempo, lungo il fianco orografico destro e sui terrazzi alluvionali più prossimi all'asta fluviale sono stati costruiti numerosi edifici industriali e domestici. Il corso inferiore del fiume Riso scorre in corrispondenza del vecchio impianto di trasformazione dei minerali a Gorno, fino a raggiungere il punto di immissione nel corso principale del Fiume Serio a valle del sito industriale esistente Pontenossa S.p.A.

Il potenziale di impatto sulle acque superficiali connesse con l'attività estrattiva di cui alla concessione "Monica" sono relativamente minori perché minime le aree di possibile interferenza (piazze esistenti di Ca Pasi, aree del portale Forcella, del portale Ponente utilizzato come via di sicurezza, condotto di ventilazione in Val Vedra, aree pertinenti).

I materiali che possono portare al potenziale deterioramento della qualità delle acque sono prevalentemente riconducibili a materiale terroso (cioè terreno e roccia), idrocarburi (associati con impianti e macchinari) ed eventuali sostanze (reagenti) riconducibili al ciclo di lavorazione, compreso il così detto prodotto finito, cioè il concentrato destinato al mercato. In condizioni operative normali non ci si aspetta che le acque superficiali possano essere significativamente influenzate. La gestione di routine prevista dal progetto è tale per cui sono state messe a punto tutte le procedure per evitare tali rischi, tra cui:

- formazione della forza lavoro alle migliori pratiche gestionali;
- limitazione delle aree di cantiere e di lavorazione;
- compartimentalizzazione stagna degli idrocarburi;
- oculata gestione delle movimentazioni di terra;
- programmi di manutenzione ordinaria di impianti e macchinari.

Le attività legate alla lavorazione del minerale dagli scavi delle miniere hanno un potenziale maggiore di impatto sulle acque superficiali rispetto alle attività minerarie, a causa della natura e della portata delle attività e la vicinanza alle acque superficiali. Per quanto riguarda il processo nel suo complesso non è previsto il rilascio di aliquote d'acqua legate allo stesso. Tutta l'acqua di processo verrà riciclata e rimessa in circolo.

Le acque superficiali saranno monitorate attraverso un piano d'indagine, che prevede tra l'altro l'istituzione di presidi di monitoraggio ubicati a monte e a valle dei settori di progetto potenzialmente impattanti con le acque superficiali, ottenendo quindi valutazioni sullo stato delle acque a monte e a valle delle operazioni di estrazione previste. Il campionamento delle acque in condizioni ante-operam ha consentito di ricostruire lo stato di qualità chimico e biologico dei corsi d'acqua, caratterizzando le condizioni dello stato di fatto (prima dell'inizio delle attività), consentendo altresì di avere un "punto zero" di raffronto per tutti i futuri set di dati di confronto con il monitoraggio che verrà effettuato sia durante le fasi estrattive che di recupero finale.

La valutazione dell'effetto delle operazioni connesse alla riapertura dell'attività di scavo nell'area della concessione Monica è legate al quadro progettuale delle diverse attività previste, ma sono riassumibili, in questa fase di analisi generale, nell'impatto potenziale dello scavo delle gallerie di coltivazione del Calcare Metallifero lungo tutto l'areale della concessione.

Lo scavo di un'opera in sotterraneo ha potenzialmente un effetto drenante che è legato al contesto idrogeologico e alla circolazione idrica sotterranea che contiene. Inoltre, è ragionevole definire un "impatto" in considerazione del "bersaglio" che ne subisce le conseguenze.

Nel quadro dell'ambiente idrico sotterraneo, uno dei principali bersagli, sui quali focalizzare la valutazione di interferenza è quello delle sorgenti e corsi d'acqua. Le prime sono ovviamente legate alle diverse forme di utilizzo, che vanno dall'approvvigionamento idrico potabile, a quello agricolo fino alle sorgenti non captate e non utilizzate.

I corsi d'acqua sono solitamente meno sensibili alle attività di scavo in sotterraneo, ma devono essere valutati se hanno alimentazioni legati a sorgenti o nelle aree dove le opere in sotterraneo si sviluppano in zone a basse coperture.

Si evidenzia che anche le opere di ripristino della galleria Riso-Parina fanno parte della concessione Monica, ma l'impatto che tali attività (legate soprattutto ad adeguare le condizioni di accesso e percorrenza della galleria) non richiedono l'apertura di nuove gallerie e dunque non hanno impatto sul quadro idrogeologico.

Acque sotterranee

In linea generale, l'impatto del progetto sull'ambiente idrico sotterraneo deve essere valutato secondo due aspetti:

- depauperamento (quantitativo) delle risorse idriche sotterranee;
- inquinamento (depauperamento qualitativo) delle risorse idriche sotterranee.

Occorre inoltre considerare che l'impianto generale del progetto potrebbe causare impatti sia nella fase di costruzione sia in quella di esercizio. In via preliminare, si può ipotizzare che l'impatto maggiore dovrebbe essere legato alla fase di operazione della miniera, soprattutto per quanto riguarda l'interferenza tra le circolazioni idriche sotterranee e la coltivazione in sotterraneo.

Il progetto prevede, a grandi linee, tre differenti ambiti di lavoro.

- a) l'area di coltivazione mineraria, sostanzialmente individuale con l'estensione del livello minerario in sotterraneo. Secondo il progetto attuale le aree di estrazione sono identificate in:
 - Colonna Zorzone
 - 2 estensioni della Colonna Zorzone, North & East, costituite da mineralizzazione stratabound;
 - "Pian Bracca", consistente in una mineralizzazione contenuta all'interno di un mélange tettonico (breccia);
- b) la galleria Riso Parina, che sarà utilizzata per il convogliamento del materiale estratto e prefrantumato. L'impianto di frantumazione sarà posto al livello Forcella (940m slm) in una camera dedicata, situata in prossimità dell'esistente fornello di gettito collegante il Ribasso Forcella (940m. s.l.m.) ed il Tunnel Riso – Parina (600m s.l.m.), lontano dalle aree di scavo;
- c) l'impianto di trattamento del minerale frantumato che sarà realizzato presso l'area della "ex-Laveria", posta all'imbocco della galleria Riso Parina.

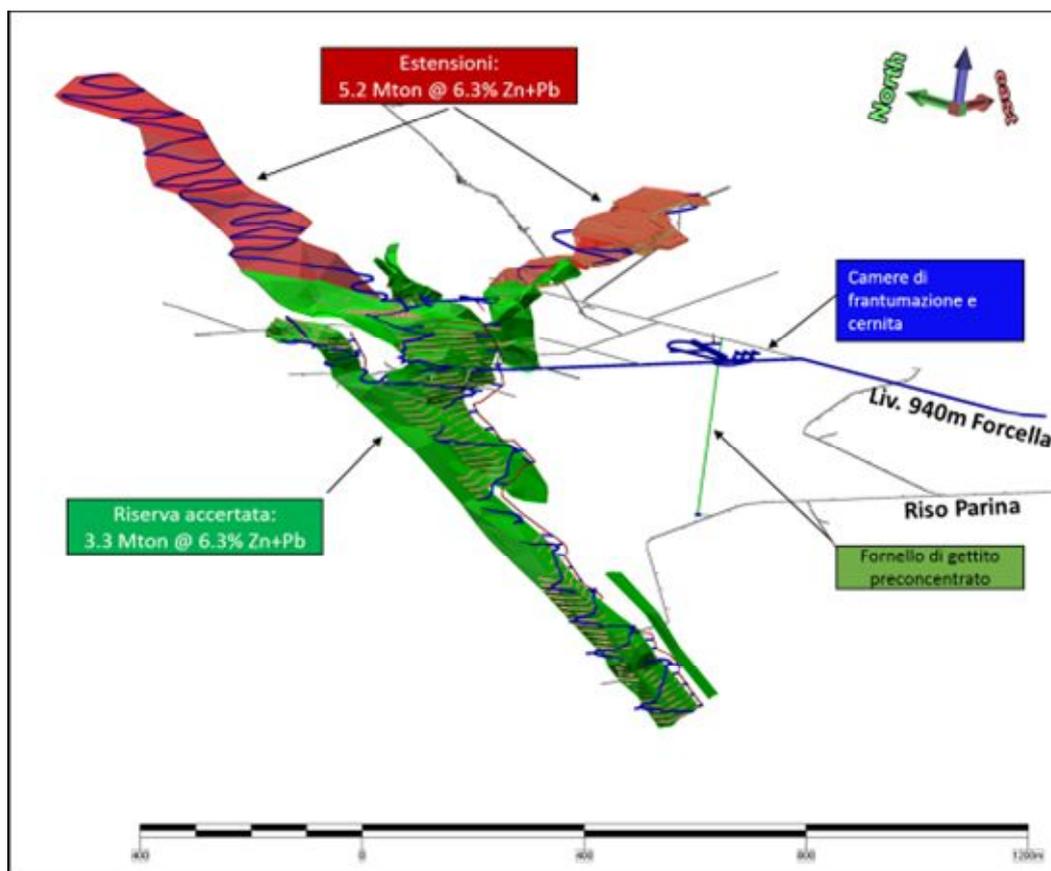


Figura 400 - Modello 3D dell'area di coltivazione mineraria in sotterraneo

In via preliminare, analizzando l'area di concessione e le attività in progetto, la tabella seguente delinea i fattori di perturbazione e gli impatti potenziali sulle risorse idriche sotterranee. Tali impatti sono relativi alla fase di esercizio, anche se alcuni fattori di perturbazione (sversamenti di elementi inquinanti), sono possibili fin dalle prime fasi della costruzione.

Elemento progettuale	Fattore di perturbazione	Impatto potenziale	
		Quantitativo	Qualitativo
a) Coltivazione mineraria in sotterraneo	<ul style="list-style-type: none"> • Intercettamento e drenaggio di circolazione idrogeologica di alimentazione delle sorgenti • Sversamenti di elementi inquinanti 	Riduzione parziale o totale della portata delle sorgenti	Contaminazione delle acque sotterranee con conseguente impatto sulle sorgenti
b) Frantumazione e trasporto del marino lungo la galleria Riso Parina	<ul style="list-style-type: none"> • Sversamenti di elementi inquinanti 	Non atteso	Contaminazione delle acque di drenaggio (in gallerie) con impatti sui punti di raccolta delle acque sotterranee (portali)
c) Impianto di trattamento minerale in area "ex-Laveria"	<ul style="list-style-type: none"> • Sversamenti di elementi inquinanti 	Non atteso	Contaminazione puntuale (infiltrazione) delle acque sotterranee

Tabella 123 – Sintesi generale degli impatti potenziali attesi dalle varie componenti progettuali.

Relativamente al possibile depauperamento (impatto sulla portata) delle risorse idriche ad opera delle attività estrattive, si è analizzata l'estensione del volume sotterraneo delle attività estrattive concentrate intorno all'estensione del livello produttivo di Calcare Metallifero-Formazione di Breno compreso nell'area di concessione Monica.

Le figure seguenti hanno lo scopo di inquadrare, dal punto di vista del contesto idrogeologico, le problematiche connesse alla coltivazione mineraria e alle possibili interferenze con le circolazioni delle acque sotterranee che alimentano le sorgenti in superficie.

L'area della concessione è illustrata nella figura seguente, unitamente alla traccia di due profili elaborati dalla EMI, georeferenziati e modificati (evidenziando i complessi idrogeologici) e al modello di estensione 3D dell'attività mineraria (fonte EMI).

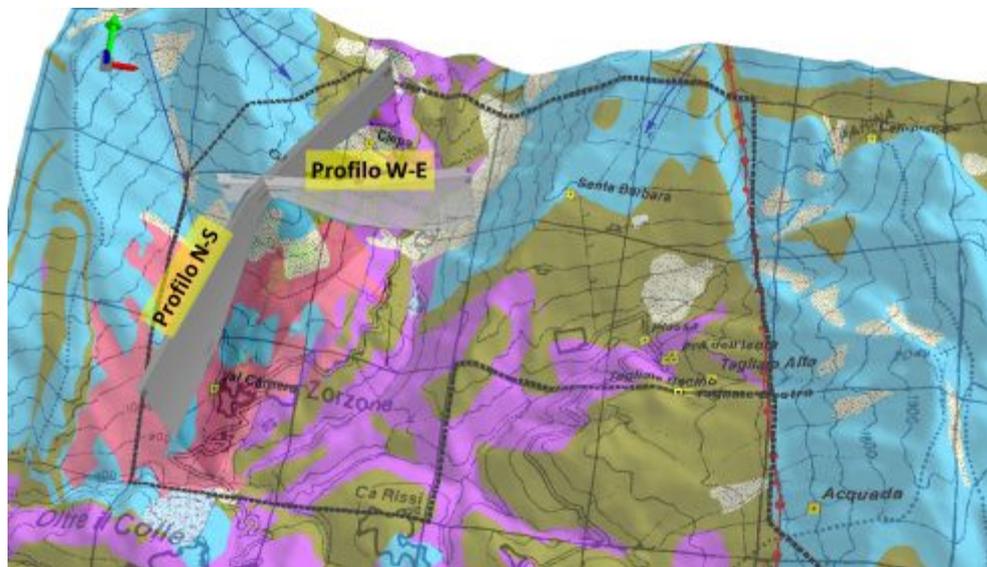


Figura 401 - Modello 3D dell'area di concessione e traccia dei profili idrogeologici N-S e W-E.

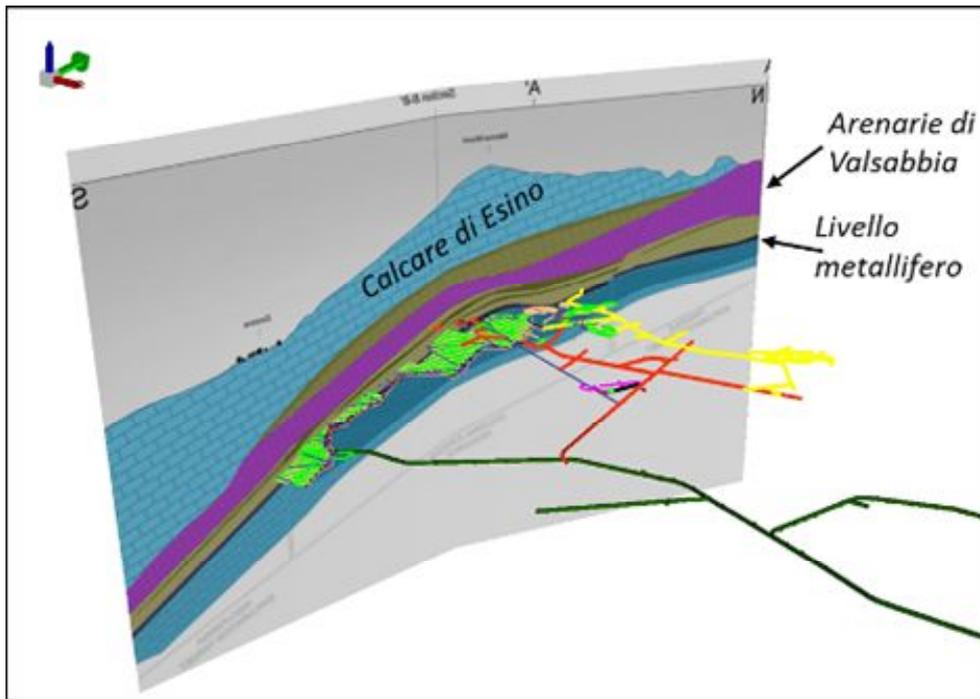


Figura 402 - Profilo N-S idrogeologico (fonte EMI, mod.).

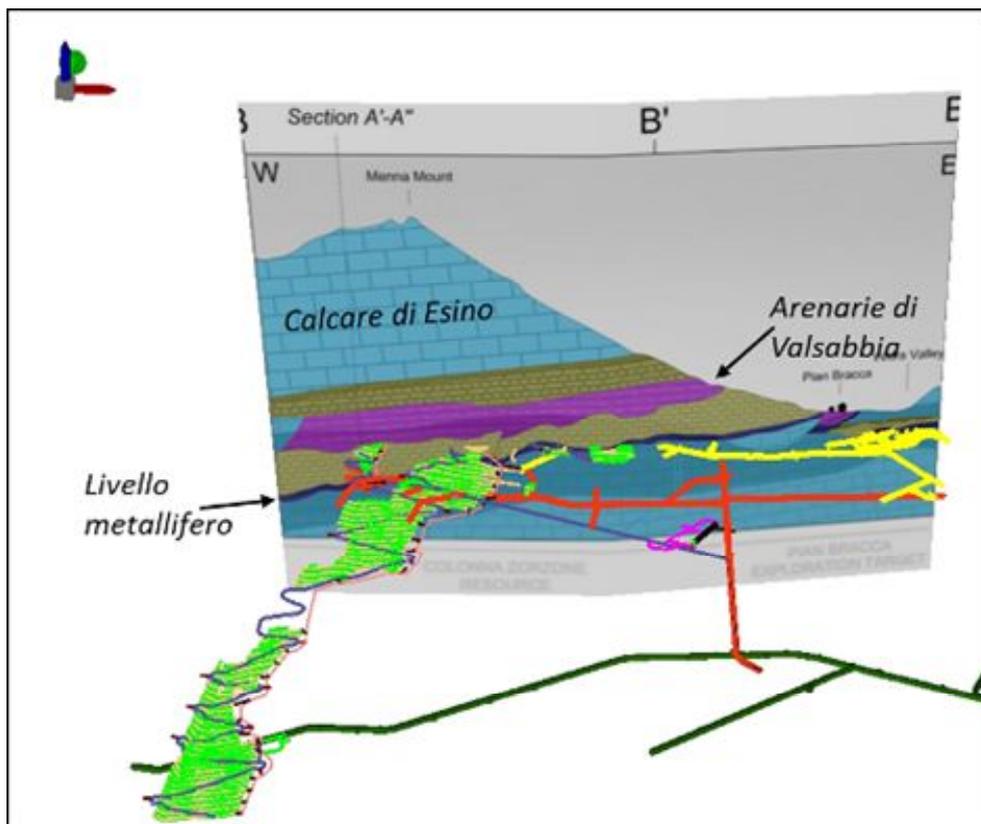


Figura 403 - Profilo idrogeologico W-E idrogeologico (fonte EMI, mod.).

Il livello metallifero sfruttato dalla coltivazione coincide con la Formazione del Calcare Metallifero e alla porzione della Formazione di Breno al contatto. Risulta evidente da questi profili schematici che:

- nell'area di concessione la porzione superiore dei rilievi è costituita dal Calcarea di Esino, formazione che permette una buona circolazione idrogeologica per fratturazione e carsismo
- il livello di coltivazione è localizzato più in basso, con un andamento circa parallelo al versante
- tra il livello di coltivazione del minerale il calcarea di Esino è presente, in maniera continua, la Formazione delle Arenarie di Valsabbia, caratterizzata da siltiti e arenarie grigie, verdi o rossovinate, molto compatte e ben stratificate in banchi di spessore anche plurimetrico. Tale formazione funge da livello impermeabile, isolando, di fatto, il livello di attività di coltivazione mineraria da quello della circolazione idrica sotterranea.

La posizione delle sorgenti all'interno dell'area di concessione è illustrata dalla Figura 404. Sul versante meridionale del Monte Menna sono presenti tre gruppi di sorgenti UNIACQUE: Val Carnera, Grumelli (G. Bassa e G. Alta), Clepa.

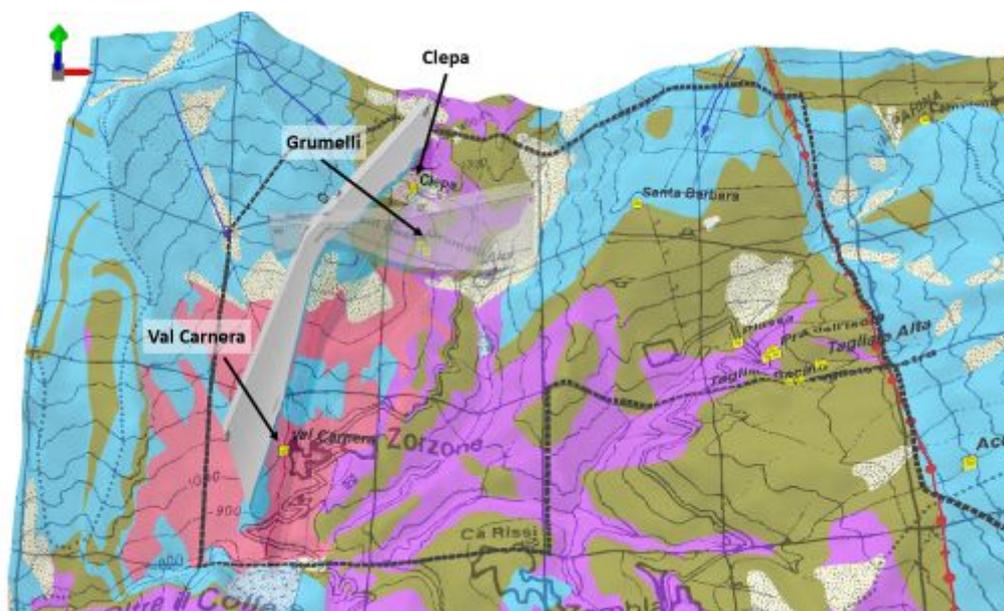


Figura 404 – Schema idrogeologico e posizione delle sorgenti UNIACQUE nell'area di concessione.

La Figura 405 illustra, lungo i due profili N-S e W-E, la posizione delle sorgenti rispetto alla successione stratigrafica. Come già evidenziato nei paragrafi relativi alla descrizione della matrice ambientale delle acque sotterranee (Par 7.1.2.2) le sorgenti sono create dall'effetto di tamponamento delle formazioni impermeabili delle Arenarie di Valsabbia e della Formazione di San Giovanni Bianco sulle circolazioni idriche sotterranee presenti nei soprastanti calcari di Esino (sorgenti Grumelli e Clepa). Differisce da questo meccanismo di emersione la sorgente Val Carnera che ha il suo bacino di accumulo nei depositi quaternari cementati che ricoprono il versante.

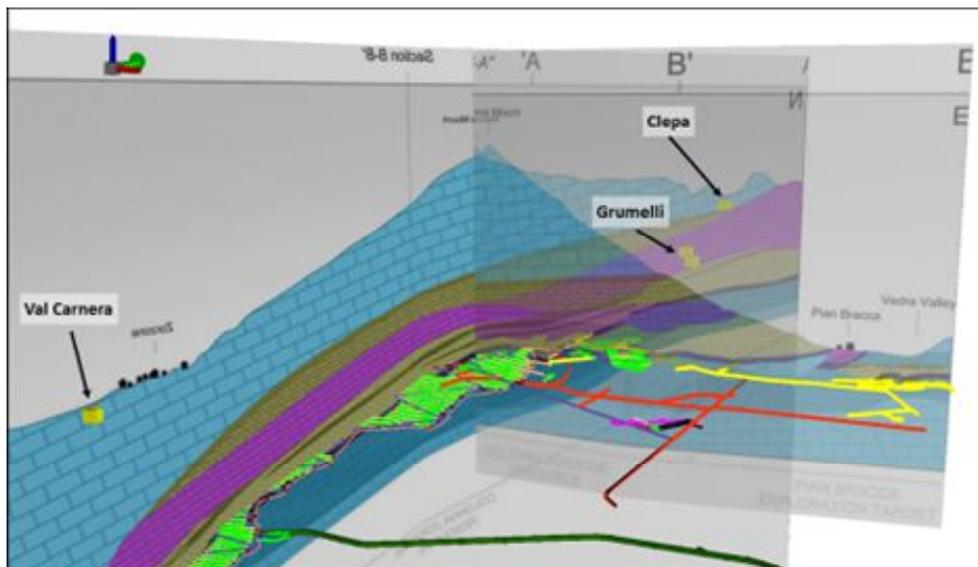


Figura 405 – Profili idrogeologici e posizione delle sorgenti (fonte EMI, mod.).

In entrambi gli scenari si evidenzia che l'attività di coltivazione mineraria si realizza in uno scenario idrogeologicamente non collegato alla circolazione dei calcari di Esino. Ciò nonostante, è stato valutato, in via conservativa, un possibile rischio di impatto a causa di potenziali interazioni tra l'estensione della fascia di disturbo nell'ammasso, creato dal metodo di coltivazione (LHOS o camere e pilastri), e la presenza di faglie locali che potrebbero mettere in connessione la circolazione che alimenta le sorgenti con l'estensione della coltivazione mineraria.

La tabella seguente riassume una prima valutazione dei possibili impatti sulle sorgenti UNIACQUE, suddivise secondo i diversi ambiti identificati nei capitoli di caratterizzazione della matrice ambientale.

Gruppo sorgenti UNIACQUE	Grado impatto potenziale	Caratteristiche e fattori determinanti	Elementi da approfondire
<i>Sorgenti del Ponte del Costone</i>	nullo	<ul style="list-style-type: none"> – le sorgenti poste a quota 477 m s.l.m. si trovano a più di 9km dall'area della concessione (in linea d'aria) – la zona di ricarica è ubicata sui rilievi costituiti da dolomie (U.I. Alben) isolati dall'area della concessione da elementi topografici (Valle del Riso) e idrogeologico/geostrutturali (alternanze di livelli impermeabili e a bassa permeabilità, faglia di Clusone) – le sorgenti affiorano grazie al drenaggio dell'alveo del fiume Serio 	

Gruppo sorgenti UNIACQUE	Grado impatto potenziale	Caratteristiche e fattori determinanti	Elementi da approfondire
<i>Sorgente Nossana</i>	nullo	<ul style="list-style-type: none"> - la sorgente posta a quota 477 m slm si trova a più di 8km dall'area della concessione (in linea d'aria) - la zona di ricarica e il circuito di scorrimento si imposta su un contesto geologico differente e isolato dalla faglia del Grem, che costituisce un limite impermeabile a scala generale - la galleria Riso-Parina, inferiore come quota all'area di coltivazione, ma più vicina al circuito della Nossana, non ha interferito con la sorgente. 	
<i>Sorgenti Val Mora di Premolo</i>	nullo - molto basso	<ul style="list-style-type: none"> - distanza superiore a 2km rispetto sia al bacino di alimentazione sia all'emergenza - tra le sorgenti e la concessione si colloca la faglia del Grem, che nella porzione più settentrionale ha coinvolto nel movimento anche formazioni a bassa permeabilità (F. Gorno) - il bacino di alimentazione è costituito da una porzione di calcari di Esino sovrascorsa e isolato al letto dalla formazione di Gorno 	<ul style="list-style-type: none"> - estensione della zona di coltivazione - interpretazione del modello geologico del bacino di coltivazione nella porzione settentrionale
<i>Sorgenti di Oneta</i>	nullo – molto basso	<ul style="list-style-type: none"> - le sorgenti si collocano più di 3 km di distanza in linea d'aria - il bacino di alimentazione (dolomie dell'Alben) è sviluppato sul versante opposto all'area di concessione - il bacino di alimentazione è isolato dall'area di concessione da elementi topografici (Valle del Riso) e idrogeologico/geostrutturali (alternanze di livelli impermeabili e a bassa permeabilità, faglia di Clusone) - relativamente alle sorgenti Fanciulli, Pedre e Rondenino, il bacino di alimentazione è posto nei rilievi di calcare di Esino affioranti sui rilievi posti in direzione opposta all'area di concessione - la galleria Riso-Parina, attraversa l'area delle sorgenti e se interferenza è avvenuta questa è oramai stabilizzata 	<ul style="list-style-type: none"> - estensione della zona di coltivazione - interpretazione del modello geologico del bacino di coltivazione, nella porzione meridionale

Gruppo sorgenti UNIACQUE	Grado impatto potenziale	Caratteristiche e fattori determinanti	Elementi da approfondire
<i>Sorgenti dell'Alben</i>	nullo – molto basso	<ul style="list-style-type: none"> – le sorgenti si collocano a circa 1.5 km di distanza in linea d'aria verso sud – il bacino di alimentazione (dolomie dell'Alben) è sviluppato sul versante opposto all'area di concessione – il bacino di alimentazione è isolato dall'area di concessione da elementi topografici (Valle del Riso) e idrogeologico/geostrutturali (alternanze di livelli impermeabili e a bassa permeabilità, faglia di Clusone) 	<ul style="list-style-type: none"> – estensione della zona di coltivazione – interpretazione del modello geologico del bacino di coltivazione nella porzione meridionale
<i>Sorgenti dell'Alta Val Parina</i>	basso	<ul style="list-style-type: none"> – le sorgenti si collocano a circa 1.5 km di distanza in linea d'aria verso est – le sorgenti hanno il bacino di alimentazione modesto e inoltre sviluppato sulla formazione di Gorno (rilievi a est) tamponati dal livello impermeabile delle arenarie di Val Sabbia che dovrebbero isolare il circuito delle sorgenti 	<ul style="list-style-type: none"> – estensione della zona di coltivazione – interpretazione del modello geologico del bacino di coltivazione, lato orientale
<i>Sorgenti della zona meridionale del Monte Menna</i>	basso-medio	<ul style="list-style-type: none"> – la presenza della formazione di San Giovanni Bianco tra le emergenze e l'area di coltivazione dovrebbe costituire un elemento di isolamento tra i circuiti (superficiali) e le attività di coltivazione mineraria – la sorgente Carnera ha un'alimentazione molto superficiale e beneficia dell'immagazzinamento della ricarica diretta grazie ai depositi cementati – le sorgenti Clepa e Grumelli hanno il bacino di alimentazione nel calcare di Esino, isolato dall'area di coltivazione mineraria in profondità 	<ul style="list-style-type: none"> – estensione della zona di coltivazione – estensione ed impatto della metodologia di coltivazione (LHOS, camere&pilastrì) sulla fratturazione dell'ammasso circostante – interpretazione del modello geologico del bacino di coltivazione

Tabella 124 - Analisi dell'impatto sulla matrice ambiente idrico sotterraneo, quadro riassuntivo.

8.1.3 Effetti sul Suolo e sottosuolo

Aspetti generali

La via preferenziale di degrado della componente è correlata alla coltivazione del materiale roccioso con relativo utilizzo delle risorse naturali disponibili (scavi e sbancamenti), alla produzione di rifiuti ed alla temporanea modifica di uso del suolo, nonché alla possibile incidenza sulla stabilità dei versanti ad alle modifiche della morfologia dei luoghi. Non si prevedono alterazione della qualità dei suoli, a condizione che si evitino accidentali sversamenti di sostanze indesiderate.

Per quanto riguarda la movimentazione di materiale esterno alle gallerie di coltivazione non si prevedono particolari attività, se non il mantenimento dello stato di fatto per la gestione del cantiere, nell'ordine:

- Ribasso Ponente e relativo portale: si prevede il mantenimento delle condizioni attuali senza la movimentazione di materiali, il piazzale e il relativo portale che si collega alla “Scala Santa” avrà esclusivamente funzione di sicurezza: In prospettiva nel piazzale antistante il portale potrà essere realizzata una piazzola di atterraggio per elisoccorso, senza particolari impatti sulle superfici del soprassuolo e senza il taglio di vegetazione arborea-arbustiva.
- Area camino di ventilazione: nel settore interessato per la realizzazione del camino i maggiori impatti si avranno nel corso della realizzazione. Il settore interessato è ubicato il Località Sottoarale ad una quota compresa indicativa tra 1105 e 1115 m s.l.m. La realizzazione comporterà l'apertura di una pista di cantiere temporanea di circa 3 metri larghezza e una lunghezza indicativa di circa 50 metri, per il passaggio dei mezzi di cantiere necessari alla perforazione (sonda perforatrice). Per garantire l'efficienza della perforazione verrà realizzata una piazzola di arrocco di circa 10 metri di lato su cui verrà realizzata una base di lato 5 m in calcestruzzo armato portante. Queste operazioni prevedono dunque impatti, seppur limitati sul suolo e sulla superficie boscata che verrà trasformata. In sede realizzativa, al netto delle compensazioni che verranno valutate e quantificate con apposita Relazione Forestale per la trasformazione del bosco.
- Area Piazzale Ca' Pasi- Forcella: in questi settori si prevedono l'installazione delle principali strutture di cantiere e lo stoccaggio dei mezzi d'opera necessari per la prima fase di progetto. L'attuale conformazione morfologica delle aree, che in sostanza si caratterizza in un piazzale organizzato per dislocazione di mezzi e strutture accessorie. Dal punto di vista progettuale non si prevedono movimentazioni di materiale, se non operazioni tese al mantenimento dello stato di fatto, necessarie per l'equilibrio delle scarpate e la gestione delle acque di prima pioggia. Gli impatti previsti sono in ogni caso minimi e trascurabili per le matrici considerate.

- Pannello di coltivazione: l'area di coltivazione interna alle miniere verrà coltivata mendita il sistema camere e pilastri, con il recupero del materiale sterile che mescolato con cemento ed acqua (PAF) verrà riconferito nei vuoti di coltivazione, producendo effetti positivi sulla stabilità locale e complessiva della struttura mineraria.
- Portale di Riso: in questo settore le previsioni di progetto prevedono la realizzazione di una serie di strutture fabbricate per il ricovero dei sistemi di preparazione della miscela di cemento e code di lavorazione, con i sistemi di pompaggio e rilancio. I fabbricati verranno realizzati sul sedime degli esistenti e quindi non si prevedono consumi di suolo ulteriori e di conseguenza impatti.
- Laveria e "Filter House": la struttura del nuovo plant verrà realizzata in corrispondenza del vecchio impianto, previa demolizione e successiva razionalizzazione delle superfici con conseguente impatto zero sul consumo di suolo. È previsto anche il miglioramento delle qualità ambientali del sottosuolo.

Gli impatti dell'attività antropica sui sistemi carsici (area Cima di Menna – M. Ortighera, area M. Arera, Grem, Fop, Secco)

Esiste un'ampia letteratura relativa alle grotte in quanto sistema complesso e delicato, da difendere e tutelare, ma spesso inevitabilmente inserito in contesti ove l'attività antropica ha avuto modo di agire e di interferire spesso da secoli.

È vero e riconosciuto che le aree carsiche sono generalmente considerate ambienti estremamente interessanti sotto l'aspetto scientifico, in quanto sede di manifestazioni geologiche e geomorfologiche, di particolari assetti idrologici ed idrogeologici, di fauna e flora peculiari - a fronte di condizioni molto limitative che ne fanno "da un punto di vista ecologico, un "ecosistema incompleto" nel quale, a causa della mancanza di luce e quindi della quota di produzione primaria, la maggior parte delle risorse energetiche necessarie è prevalentemente garantita soltanto dall'esistenza di un continuo trasferimento, "dall'alto verso il basso", dall'ambiente epigeo"⁴⁷.

La grande varietà delle morfologie carsiche (es. campi solcati superficiali, doline, grotte, sorgenti, ...) deve essere vista come un unico sistema che a sua volta deve essere descritto a partire dalle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche e climatiche – per dirne solo alcune tra le maggiori – che definiscono nel suo complesso un "bacino idrogeologico", superficiale e sotterraneo: da ciò ne deriva un intervento su una qualsiasi delle parti che lo costituiscono può

⁴⁷ P.M. Giachino, D. Vailati, "Problemi di protezione dell'ambiente ipogeo e note sull'impatto delle attività di ricerca in ambiente sotterraneo", in Atti del Convegno Nazionale "L'ambiente carsico e l'uomo", CAI Cuneo, 2003, pag. 305, dal quale è tratta anche la rappresentazione schematica dell'ambiente ipogeo.

comportare una ripercussione sullo stato del sistema. Evidentemente anche le normali dinamiche naturali possono avere effetti, al limite sostanziali o catastrofici, sulla conservazione nel tempo dell'equilibrio di un sistema carsico, anche nelle parti più lontane e meno direttamente influenzabili dai contatti con l'esterno, ma è innegabile che anche le attività umane hanno una loro responsabilità nell'indurre impatti e compromissioni dirette ed indirette e talvolta irreversibili nell'ambiente carsico, epigeo ed ipogeo. In questo ultimo caso, è chiaro che le principali attività "dirette" sono attribuibili alle opere antropiche di maggiore impatto, quali le coltivazioni minerarie o la realizzazione di opere pubbliche o ingegneristiche, ma anche, sebbene certamente su scala più ridotta, "agli eccessi di frequentazione di grotte sia da parte degli stessi speleologi (...) sia da parte del turismo di massa e di ciò che a questo consegue ..."⁴⁸.

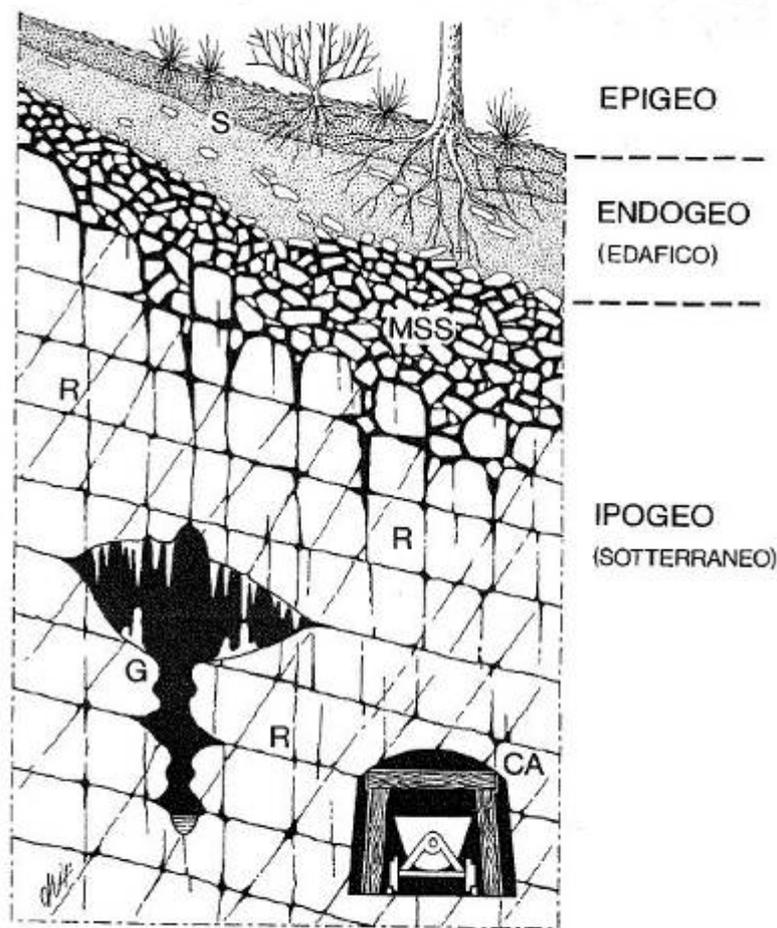


Fig. 1 - Rappresentazione schematica dei diversi compartimenti dell'ambiente ipogeo in relazione tra loro o con l'ambiente endogeo. Lo schema avverte in particolare le connessioni tra le fessure della massa rocciosa e gli ambienti esplorabili biologicamente (grotte, cavità artificiali, MSS). R: reticolo di fratture della massa rocciosa; G: grotta; CA: cavità artificiali; MSS: Ambiente Biotermico Superiore.

⁴⁸ P.M. Giachino, D. Vailati, "Problemi di protezione dell'ambiente ipogeo e note sull'impatto delle attività di ricerca in ambiente sotterraneo", in Atti del Convegno Nazionale "L'ambiente carsico e l'uomo", CAI Cuneo, 2003, pag. 309. "Onestamente uno speleologo non può negare che frequentare le grotte, in qualunque modo lo si faccia, sia un modo per alterarne l'ambiente (...)" anche se "Un buon speleologo riesce sempre a ridurre al minimo gli effetti del suo passaggio", da Tutela dell'ambiente e speleologia, in www.bepoglace.eu/speleo/sp_tut.html

L'incidenza dell'uomo "sui territori carsici, inizialmente molto ridotta, è andata via via crescendo, con un notevole aumento d'incidenza soprattutto negli ultimi due secoli. (...) le aree carsiche sono state spesso preferite dall'uomo per tutta una serie di motivi (...). Le risorse delle aree carsiche possono schematicamente essere suddivise in 4 grandi categorie: l'acqua (e, in connessione con essa, l'atmosfera), l'ambiente geomorfologico in generale, la risorsa biologia e quella culturale"⁴⁹.

Nel recente lavoro che tratta e descrive il nuovo Catasto Speleologico lombardo⁵⁰, a cura della Federazione Speleologica Lombarda, un intero capitolo è dedicato al rapporto tra grotte e attività antropica, con una elencazione sintetica dei principali elementi di vulnerabilità e le cause di fragilità degli ambienti carsici, sui quali si possono esplicitare gli impatti riferibili alle attività antropiche: tra questi, il particolare ecosistema biologico e i sistemi degli acquiferi carsici, particolarmente vulnerabili.

Nel testo citato, vengono indicati i numerosi "elementi di pericolosità e gli agenti di inquinamento e degrado che possono agire sulle aree e sulle acque carsiche", nonché le "diverse fonti di inquinamento, degrado e distruzione in ambiente carsico": acque reflue urbane; discariche; allevamenti zootecnici e pastorizia; attività agricole; attività industriali; opere viarie o edili; opere idrauliche; inquinamento atmosferico; inquinamento da traffico veicolare; grotte turistiche⁵¹.

Tra le fonti sopra elencate, quelle più direttamente interessanti per il caso specifico relativo alla richiesta di concessione mineraria, si ritiene siano riconducibili all'inquinamento atmosferico e all'inquinamento da traffico, sebbene si ricordi – soprattutto a proposito dell'inquinamento da traffico - che le attività minerarie in esame non si collocano all'interno delle aree a maggiore densità carsica e non hanno diretta interferenza con esse, se non limitatamente al tracciato della galleria Riso-Parina.

Peraltro, inquinamento da traffico e inquinamento atmosferico sono connessi l'uno all'altro, in quanto è possibile che gli scarichi dei mezzi di lavoro (in particolare i "Jumbo" per il trasporto del materiale) attraverso la ricordata galleria Riso-Parina possano espandersi fino al sistema carsico della Plassa: per evitare tale eventualità, il progetto prevede la realizzazione di un nuovo "camino" di intercettazione, raccolta e smaltimento dei fumi. Lo spostamento dei mezzi all'interno delle gallerie minerarie potrebbe in qualche caso provocare locali perdite di olio o carburante, che

⁴⁹ J. De Waele, "Impatto ambientale di attività antropiche sulle aree carsiche in Sardegna", pubblicato su "Atti e memorie n. 41" Commissione Grotte Eugenio Boegan

⁵⁰ A. Marieni, M. Merazzi, A. Ghiselli, P. Tognini, "Le grotte e l'attività antropica", in AA.VV., "Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)", a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, cap. 6.

⁵¹ A. Marieni, M. Merazzi, A. Ghiselli, P. Tognini, "Le grotte e l'attività antropica", cit., pagg. 136-142

possono essere scongiurate o minimizzate con una buona, continua ed efficiente manutenzione dei mezzi d'opera.

Claudia Chiappino e Andrea Ferrario, nel volume sul Catasto Speleologico lombardo, dedicano un intero capitolo ad interessanti riflessioni relative al rapporto tra grotte ed attività estrattive, la cui “interazione può generare nuove opportunità o problematiche per entrambi gli ambiti, con influenza diretta sulle attività speleologiche e/o minerarie”⁵².

Tra gli aspetti problematici si rimanda sia agli aspetti “tecnici” legati “alla concreta possibilità di poter intercettare vuoti carsici ancora sconosciuti”⁵³ con conseguenze non sempre prevedibili sulla stabilità delle gallerie o, nel caso però di zone ove la coltivazione in sotterraneo avviene a media e piccola profondità, nell’insorgere di fenomeni di subsidenza o di collasso per sprofondamento⁵⁴, sia soprattutto al fatto che “alcune grotte intercettate da attività minerarie sono state in passato sfruttate per lo stoccaggio di materiale di scarto (il cosiddetto “smarino”) ... In questo modo sono stati riempiti diversi ambienti ormai impossibili da recuperare (...)”⁵⁵: ciò si è verificato nel passato anche nel grande ambito minerario di Gorno – Oltre il Colle, tuttavia, una accresciuta sensibilità ambientale, le richieste e le segnalazioni accurate e puntuali degli speleologi, una maggiore disponibilità alla tutela e alla salvaguardia degli ambienti carsici naturali, fanno sì che nell’ambito delle attività minerarie previste, le cavità naturali riconosciute ed intercettate dalla coltivazione non saranno utilizzate per lo stoccaggio del materiale di scarto, per il quale sono ormai a disposizione chilometri di gallerie artificiali ormai completamente abbandonate e senza alcuna valenza naturalistica.

Significativo, piuttosto, il richiamo alle “opportunità”, non solo per la tutela e la valorizzazione dell’ambiente carsico naturale, ma anche la stessa attività speleologica: infatti, “le attività estrattive possono consentire di individuare grotte di cui non si ha ancora conoscenza” e “diventare risorsa preziosissima per lo speleologo”, come è successo anche nel recente passato, quando “le ‘visite’ di speleologi in ambienti minerari dismessi” hanno “portato alla scoperta ed esplorazione di numerose cavità carsiche”⁵⁶, tra cui alcune delle più belle ed articolate del versante S dell’Arera.

Tali considerazioni non possono non portare alla questione principale del tema dibattuto, ovvero alla necessità/possibilità di convivenza tra grotte e attività minerarie che, riconoscono gli autori (e,

⁵² C. Chiappino, A. Ferrario, “La convivenza tra grotte ed attività estrattive”, in AA.VV., “Il Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)”, a cura di Andrea Ferrario e Paola Tognini, novembre 2016, cap. 6.4, pagg. 144-150.

⁵³ C. Chiappino, A. Ferrario, “La convivenza tra grotte ed attività estrattive”, cit., pag. 145

⁵⁴ V. anche C.A. Garzonio, F. Barsuglia, A. Iotti, “Le indagini e il monitoraggio di fenomeni di subsidenza e sprofondamento nell’area mineraria di Gavorrano (Gr – Toscana)”, Ispra Stato arte sinkholes

⁵⁵ C. Chiappino, A. Ferrario, “La convivenza tra grotte ed attività estrattive”, cit., pagg. 145-146

⁵⁶ C. Chiappino, A. Ferrario, “La convivenza tra grotte ed attività estrattive”, cit., pag. 146

per quanto ci riguarda, si condivide), “ci pone quindi di fronte a temi importanti sotto il profilo ambientale, ma anche sociale. Quando si parla di cave o miniere attive (sempre più rare), non bisogna dimenticare il numero di persone che lavorano nonché l’indotto da loro generato, fonte di vita e spesso di buona gestione del territorio”⁵⁷: tanto che, soprattutto ove, come ad oggi si rileva per l’area oggetto della richiesta di nuova concessione mineraria dove si concentreranno le maggiori attività di coltivazione, “il carsismo non risulta particolarmente sviluppato, né rilevante”⁵⁸, può essere accettabile il compromesso tra legittime esigenze economiche e tutela dell’ambiente naturale, con le dovute cautele ed attenzioni.

A tal fine, sebbene si ritenga che nel comparto territoriale definito dai confini della nuova concessione mineraria, in tutti i variegati aspetti descritto e valutato nelle diverse sezioni del presente lavoro, ma qui con particolare ed esclusivo riferimento agli aspetti carsici, sia accettabile e non penalizzante la coesistenza tra attività mineraria e sistema carsico (qui, appunto, “non particolarmente sviluppato, né rilevante”, almeno secondo le conoscenze attuali), si ritiene utile porre all’attenzione degli operatori del settore che anche una buona e proficua collaborazione con i gruppi speleologici può essere giustificata dalle esigenze di entrambi, rivolte da un lato allo sfruttamento di una risorsa naturale solo in quel luogo presente in quantità e giaciture tali da poter essere economicamente sostenibile, dall’altro alla esplorazione di ambienti altrimenti non accessibili, con finalità sia di ampliamento delle conoscenze “scientifiche” sia di monitoraggio degli eventuali impatti che le attività di coltivazione potrebbero avere sull’ambiente carsico locale, nell’ottica di una sostanziale condivisione dei fini reciproci.

⁵⁷ C. Chiappino, A. Ferrario, “La convivenza tra grotte ed attività estrattive”, cit., pag. 148

⁵⁸ C. Chiappino, A. Ferrario, “La convivenza tra grotte ed attività estrattive”, cit., pag. 149

8.1.4 Effetti su Vegetazione ed ecosistemi

Come premessa generale, è bene ribadire come la valutazione dello stato di fatto e degli impatti prodotti a livello della vegetazione e degli ecosistemi presenti nell'area di studio serve a fornire un'immagine di sintesi degli effetti dell'opera ad un livello superiore rispetto a quanto analizzato fino ad ora. Non si tratta più di considerare le singole componenti, quanto tutte le conseguenze precedentemente riferite nelle analisi parziali dopo aver dato un quadro complessivo delle componenti ambientali della zona.

La definizione tradizionale di ecosistema comporta che esso sia presentato come “un sistema di relazioni tra elementi biotici ed abiotici, aperto e non dimensionale, con una sua evoluzione intrinseca definita dagli ordinari processi di energia-materia nella biosfera” (Margalef, 1974 e Patten e Odum, 1981 in Malcevski, 1990). Se si vuole riprendere una definizione più semplice, si può ancora citare Odum (1973): “l'ecosistema è un'unità che include tutti gli organismi che vivono insieme (comunità biotica) in una data area e che interagiscono con l'ambiente fisico, in modo tale che un flusso d'energia porta ad una definita struttura biotica e ad una ciclizzazione dei materiali tra viventi e non viventi all'interno del sistema (biosistema)”.

È evidente quindi che considerando l'ecosistema si abbandonano le caratteristiche delle singole componenti e si studiano quelle emergenti dall'unione di tali componenti in un preciso tipo di organizzazione. In quest'analisi non deve essere esclusa anche l'attività dell'uomo, se questa modifica qualche parametro o addirittura una tipologia ambientale.

Un ecosistema è soggetto a continui mutamenti, fino a che non arriva alla sua situazione *climax*, ovvero alla sua massima maturità. Il cambiamento di un parametro fisico o biologico può modificare il suo stato, portando ad una diversa evoluzione o anche ad una involuzione. In questo senso le attività antropiche assumono spesso un ruolo rilevante nel frenare, interrompere o reindirizzare l'evoluzione di un ecosistema. Diverse sono le caratteristiche che possono essere applicate tanto alle singole componenti ambientali quanto all'ecosistema.

La rarietà (scarsa disponibilità di un particolare elemento), la diversità (coniuga la varietà degli elementi con la loro quantità), la complessità (implica non solo un numero di specie, ma anche una rete di rapporti articolata), la biodiversità (diversità degli esseri viventi e quindi la variabilità genetica è un patrimonio da difendere), la struttura (differenzia gli ecosistemi ed, in un certo senso, si riallaccia al concetto di complessità), la stabilità (mantenimento di una certa condizione nel tempo) che può essere stabilità di resistenza (capacità di ecosistema di resistere alle perturbazioni e mantenere struttura e funzioni intatte) o stabilità di resilienza (capacità di recupero quando il sistema è stato modificato).

In generale, risulta importante mantenere diversi componenti nell'ecosistema, per aumentare la biodiversità, la complessità e la rete funzionale che lega i diversi elementi, cosicché sia più facile raggiungere o mantenere un certo equilibrio ecologico. Avrà quindi maggior senso parlare di tale equilibrio a livello territoriale abbastanza ampio. Preservare i diversi ecosistemi del territorio è importante non solo dal punto di vista ecologico, per la tutela di beni primari, ma anche sociale.

Particolare importanza, anche nell'area di studio, rivestono le aree ecotonali. L'ecotono è definito come "netta distinzione tra due o più comunità diverse" (Odum, 1990) quindi è frequentato sia dalle specie presenti nei due ecosistemi adiacenti, sia da specie che usufruiscono esclusivamente di questa zona di confine. In questo modo si ha il cosiddetto effetto margine, ovvero un maggior numero di specie ed una più elevata biodiversità per i margini di aree con una certa grandezza.

Spesso stabilire i confini tra due ecosistemi molto diversi (es. bosco-prato) risulta semplice, anche visivamente: infatti a margine si possono avere formazioni arbustive, che risultano una transizione tra la struttura prevalentemente ad alto fusto del bosco e quella erbacea dell'area aperta. Tra tipologie piuttosto simili, invece, può risultare quasi arbitrario.

Dalla letteratura si deduce che un paesaggio "frastagliato", con molti ambienti diversi vicini e di forme irregolari aumentano la biodiversità, soprattutto dal punto di vista faunistico, rendendo più "ricco" l'ambiente. Questo è dovuto al fatto che molti animali sfruttano ad esempio il bosco soprattutto per la nidificazione, mentre le zone aperte vengono utilizzate per ricercarvi cibo (anche in inverno, quando ne offrono di più rispetto alle zone boscate). D'altro canto non si deve dimenticare che un'eccessiva frammentazione del paesaggio causa una diminuzione della diversità in specie (ogni specie ha bisogno di un'area di dimensioni minime per le proprie necessità di sopravvivenza e riproduzione). Il valore di alcune aree, a qualità medio-bassa (es. un incolto o un campo), può aumentare proprio per la vicinanza di margini boschivi o di formazioni a cespuglio, che rompono l'omogeneità dell'ambiente, creando nicchie ecologiche favorevoli.

Nella zona in esame gli ecotoni sono presenti grazie alla permanenza del bosco in diretto contatto con le aree aperte. Tutti i tipi di ecotoni sono importanti e vanno preservati o creati, anche quelli a dimensioni ridotte originate dalla presenza di una siepe pluristratificata, con i cespugli a margine. Si trovano in questi ambiti molte specie di vertebrati ed invertebrati, la cui interazione crea una rete alimentare complessa, con produttori e consumatori di diverso livello.

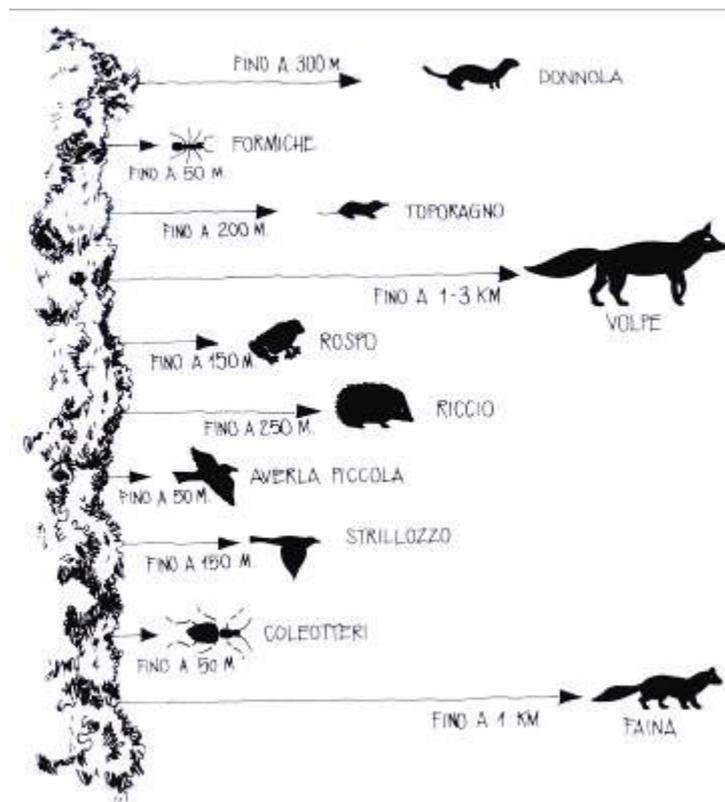


Figura 406 – Alcuni dei predatori che vivono in ecotoni e loro raggio di dispersione (Rabacchi, 1999).

Come evidenziato in figura, una siepe o un margine boscato, soprattutto se pluristratificati, viene frequentata da vertebrati e invertebrati che appartengono al livello dei predatori, la cui azione predatrice si ripercuote anche ad una certa distanza rispetto al margine di siepe o dell'ecotono, contribuendo ad una regolazione naturale della catena alimentare.

Ciò premesso, a quanto si evince dal progetto presentato, i lavori riguarderanno quasi esclusivamente l'interno delle miniere e quindi un ambiente ipogeo in cui la vegetazione non si sviluppa a causa della totale assenza di luce. Va inoltre sottolineato che trattandosi sostanzialmente di interventi di riattivazione, seppur in ampliamento, di un'attività estrattiva terminata da pochi decenni, nelle aree di cantiere non è presente una componente vegetale particolarmente sviluppata e articolata, ma si tratta perlopiù di specie rustiche e ruderali, quindi generalmente di scarso valore, che hanno colonizzato gli spazi abbandonati. Nel caso, non previsto dal progetto, in cui dovessero essere realizzati nuovi ingressi di miniera o nuove infrastrutture viarie o di servizio in aree mai interessate dai lavori, allora andrebbero fatte idonee valutazioni per evitare danni alla vegetazione; quel che è certo, è che dovrà essere categoricamente vietato qualsiasi tipo di intervento al disopra dei 1.800 metri di quota dove sono presenti ecosistemi particolarmente pregiati e delicati.

Gli effetti sulla vegetazione vengono considerati a lungo termine poiché la rimessa in funzione sia degli ingressi sia dei tratti di strada che di binari da utilizzare per l'estrazione del minerale,

prevedono la rimozione delle piante presenti che potrebbero essere ripristinate solo in caso di cessazione delle attività. Come già sottolineato, l'impatto sarà comunque di minima entità trattandosi sostanzialmente di specie comuni e di scarso interesse.

Una nota a parte merita la gestione del cantiere e la movimentazione di materiale all'esterno. Come riportato nella descrizione della vegetazione, nell'area di intervento è presente la specie esotica *Buddleja davidii* che tende a colonizzare le aree di terreno nudo (non coperto da vegetazione) e si diffonde molto rapidamente: un effetto a lungo termine di una gestione errata del cantiere potrebbe essere la diffusione massiccia di questa specie.

8.1.5 Effetti sulla Fauna

In riferimento alla componente **faunistica**, occorre anticipare come la distribuzione e la consistenza dei popolamenti faunistici sono strettamente correlate al generale stato di conservazione o degrado dei diversi “ambiti ecosistemici” localizzati su un territorio. È bene sempre ricordare come l’area della concessione “Monica” è stata negli anni pregressi già interessata da attività mineraria, e che la componente faunistica stanziale, proprio in risposta all’elevata attitudine di adattamento delle specie animali, abbia sicuramente già trovato un proprio adeguamento alla presenza antropica.

In virtù delle modalità realizzative delle attività non sono nettamente distinguibili le fasi di cantiere da quelle d’esercizio; pertanto i potenziali effetti attesi legati alle due fasi sono accomunati.

L’effetto più rilevante sulla componente, in relazione all’ampliamento previsto, è dovuto alla trasformazione fisica di porzioni di habitat attualmente non interessate dall’attività estrattiva, ancorché in continuità fisica con le aree già trasformate.

La modificazione di questi ambienti nelle fasi di scavo può potenzialmente condurre ad una serie di cambiamenti negli equilibri dinamici che intercorrono tra le popolazioni animali presenti al contorno dell’area. Le variazioni di habitat possono provocare diversi effetti sulla fauna insediata a seconda della funzione che la zona interessata riveste nei confronti delle singole entità specifiche. Tali modificazioni, che potenzialmente possono indurre alla riduzione di siti di nidificazione, sosta, e svernamento, possono quindi portare ad oscillazioni delle densità specifiche nelle aree limitrofe, a causa della modificazione dei limiti territoriali, con potenziale incremento del territorio disponibile e innesco di fenomeni di riequilibrio su altre popolazioni confinanti, o al più portare alla rarefazione, anche temporanea, di specie sensibili.

Un ulteriore elemento da considerare può essere l’emissione sonora (impatto da rumore) e la transitoria compromissione del clima acustico, con generazione e diffusione di polveri. Appare evidente come il fattore rumore dovuto all’attività sia di difficile e complessa caratterizzazione nei confronti della componente faunistica in quanto, ad esempio, anche sulla medesima specie questo fenomeno può creare reazioni diverse in base alla coincidenza o meno con particolari momenti del ciclo riproduttivo (nidificazione, alimentazione, ecc.). D’altro canto risulta evidente come di fatto non si possa prescindere da queste modalità operative, (movimento di mezzi, ecc.) quindi, il perdurare del disturbo appare legato alle modalità stesse dell’attività. In questo contesto sono comunque eventualmente ipotizzabili modificazioni nelle distribuzioni spaziali e temporali e nelle presenze faunistiche che mostrano diverso grado di sensibilità a questo fattore. Queste modificazioni saranno legate da un lato alla ridistribuzione territoriale di specie maggiormente sensibili e riservate (spostamento delle aree di nidificazione o dei territori di pastura) che tenderanno ad insediarsi in luoghi maggiormente tranquilli, dall’altro alla potenziale colonizzazione

di altre specie poco sensibili a questo fattore (antropofile). L'esito che si può ipotizzare per questo fattore rimanda ad una potenziale diminuzione della ricchezza specifica per l'area in esame nella fase *in operam* e un progressivo recupero di potenzialità a termine del ripristino ambientale. Con il proseguimento dell'attività estrattiva si possono prevedere alcune potenziali variazioni nella dinamica degli equilibri delle popolazioni faunistiche presenti, sia nell'ambito interessato alle espansioni, sia nelle aree limitrofe. Tali dinamiche possono risultare maggiormente influenti sulle specie a stretto *home range* o su quelle insediate direttamente in prossimità dell'area estrattiva. Appare inoltre ipotizzabile l'instaurarsi di eventuali dominanze spinte nelle zone limitrofe alle aree interessate, che possono portare ad avere due tipologie di effetti secondari: uno sulle popolazioni soggette ad incremento (dovuto a fenomeni di spostamento territoriale), l'altro sulle popolazioni che per vari motivi, anche di ordine ecologico (predazione, competizione interspecifica, ecc.), risultano subire queste dominanze artificialmente create.

Questi effetti, rispetto al contesto territoriale in cui si inseriscono e alle specie potenzialmente coinvolte, non sembrano incidere in modo drastico sul complesso delle zoocenosi interessate dal fenomeno; le aree in esame rappresentano, pur coinvolgendo un discreto territorio, solo una parte di alcune tessere dell'habitat forestale meso-termofilo ben distribuito nell'area in esame.

È invece da ritenere rilevante l'interferenza sugli ecosistemi acquatici, data l'interferenza fisica tra la strada che porta all'area di escavazione ed il sistema idrico superficiale (sorgenti poste a bordo strada).

Dalle considerazioni sopra riportate si deduce che la situazione attuale relativa all'ambiente biotico, come in precedenza ricordato, risulta già influenzata. Gli effetti attesi, pertanto, saranno per lo più reversibili e di breve-medio periodo, ed avranno perlopiù una scala di influenza esclusivamente locale, anche in considerazione della capacità delle specie animali di cambiare areale provvisoriamente in caso di disturbo, con un miglioramento graduale a decorrere dalla chiusura della fase estrattiva, anche in seguito ad eventuali ricostituzioni delle tessere e delle strutture arboreo-arbustive eventualmente interessate, con conseguente ricolonizzazione progressiva e riqualificazione dei nuovi habitat.

Anche alla luce del paradigma delle reti ecologiche, le attività connesse alla concessione mineraria "Monica" non introducono interruzioni o frammentazioni significative ai corridoi ecologici: le aree interessate non isolano completamente la possibilità di flusso biologico tra le aree che fungono da *stepping stones* poste a monte e a valle, ovvero lateralmente allo stretto ambito di intervento. Si potrà verificare, al più, una limitata amplificazione dell'effetto margine.

In riferimento alla **chiroterofauna**, l'ambito di concessione mineraria è parte integrante del mosaico ambientale in cui le popolazioni di chiroteroteri dell'aerea trovano rifugio e siti di

foraggiamento. La varietà di specie presenti nel territorio permette di prospettare che alcune attività legate all'ambito minerario potranno intercettare elementi ambientali importanti per i chirotteri.

Ad ogni modo, non si è avuto riscontro della presenza di chirotteri nelle gallerie minerarie.

Le capacità criptiche e le abitudini fessuricole di molte specie di chirotteri rendono un ambito minerario impossibile da verificare pienamente per ogni anfratto potenzialmente utilizzabile e da ciò deriva una prevedibile sottostima della presenza di chirotteri che motiva ad applicare il principio di precauzione in particolar modo in un ambito esteso per 230 Km di gallerie parzialmente crollate, non accessibili e parzialmente interessate da nuove attività di sondaggio con impiego di esplosivo.

È evidente che l'attività di sondaggio con esplosivi, la modifica dei cancelli, il transito mezzi nelle gallerie con derivanti rumore e vibrazioni, l'illuminazione interna ed esterna alle gallerie mostra già oggi conflittualità con la presenza dei chirotteri. Ciò però non consente di argomentare se i chirotteri avrebbero colonizzato anche le gallerie artificiali, come peraltro non traspare neppure dai dati storici. Ad ogni modo, per garantire effettive possibilità di tutela delle popolazioni presenti nell'area e il ripristino finale, e per non escludere una possibile colonizzazione futura anche delle gallerie artificiali al termine delle attività estrattive, durante ogni fase dell'attività mineraria successiva, andranno mantenute precauzioni specifiche che considerino le esigenze ambientali dei chirotteri di cui si dà indicazione nelle mitigazioni e compensazioni.

I brillamenti eseguiti al Ribasso Forcella (es. 30 brillamenti a partire dal 2 settembre al 10 ottobre 2015 e in corso al momento della stesura del presente testo) hanno prodotto vibrazioni per un raggio di influenza calcolato pari a 240 m dal punto di brillamento (Relazione tecnica: "Potenziale impatto delle vibrazioni causate dalle esplosioni su strutture superficiali e grotte"). La grotta Bùs di Tri Fradei (LoBG 3748), valutata nello studio della propagazione delle vibrazioni in quanto grotta naturale più prossima al sito, ha una profondità di 30 m e il punto più vicino è a 500 m dalla zona di brillamento e non si ritiene dunque che sia stata raggiunta dalle vibrazioni così come le Grotte LoBG 3681 e LoBG 3682.

Gli esemplari che foraggiano nelle aree boscate e prative sopra l'ambito minerario non subiscono particolare disturbo dalle esplosioni e dalle movimentazioni di mezzi in galleria, ovvero possono subire limitati effetti dovuti al transito di mezzi di trasporto su gomma, attivi sia di giorno che di notte lungo le strade di transito alla miniera; si danno dunque indicazioni per limitare il disturbo ambientale in tali tratti. Durante la fase estrattiva il grosso del materiale sarà movimentato nella discenderia e si ritiene quindi che questa scelta tecnica limiterà gli eventuali disturbi. È previsto che vengano applicate nuove tecnologie di trattamento dei materiali e limitazioni dell'impatto acustico per la nuova Laveria di Riso. I pipistrelli possono rifugiarsi anche in luoghi rumorosi senza esserne particolarmente disturbati.

L'illuminazione artificiale costituisce un elemento di alterazione delle condizioni ambientali in quanto da un lato espone i pipistrelli ad una maggiore possibilità di predazione scoraggiandoli a frequentare aree molto illuminate e dall'altro altera la distribuzione di prede sul territorio. Alcune specie inoltre sono più sensibili di altre al disturbo luminoso (generi *Rhinolophus* e *Myotis*) tanto da non frequentare aree illuminate. L'illuminazione stradale può, dunque, essere una barriera che produce frammentazione ecologica per l'area riducendo l'utilizzazione come corridoi di volo da parte dei pipistrelli (Stone *et al.*, 2009).

L'aspetto di inquinamento luminoso è tuttavia facilmente mitigabile o eliminabile seguendo le indicazioni tecnico-gestionali di seguito descritte.

Il previsto stoccaggio del materiale di smarino nelle gallerie dismesse è una scelta che da un lato riduce il disturbo dovuto al transito dei mezzi in esterno e dall'altro comporterà la perdita di volumi utilizzabili quali possibili siti rifugio. Essendo tali gallerie interne in collegamento diretto con i luoghi di intervento di scavo e brillamento di esplosivi pare improbabile che potrebbero comunque rimanere disponibili all'utilizzo dei chiroterri anche se lasciati vuoti.

Giova ricordare come, in caso di mancata riattivazione dell'attività mineraria, la contemplata estensione della fruizione turistica dei luoghi di miniera (gallerie ed edifici) potrebbe avere effetti più significativi sui chiroterri rispetto al disturbo dovuto alla coltivazione mineraria, e provocare il declino della qualità ambientale di questi luoghi utilizzabili dai chiroterri. Infatti, strutture adibite al ristoro, alle attività informative, parcheggi ed annessi generano un impatto cumulativo dovuto alla frequentazione antropica e relativa movimentazione di autobus e mezzi di trasporto privati, all'illuminazione interna (Downs, 2003 e Mann, 2002) ed esterna, emissioni sonore e frequentazione delle gallerie che potrebbero prevedibilmente avere effetti negativi ben più pesanti sui chiroterri rispetto all'attività mineraria in progetto.

I sondaggi in corso e la fase di esercizio in tutte le sue declinazioni portano, dunque, possibili effetti cumulativi nel tempo che vanno valutati nel complesso. Il quadro della riattivazione dell'ambito estrattivo per la chiroterrofauna, pur non escludendo l'innescarsi di limitati e potenziali effetti negativi, porta a definire misure di mitigazione e gestione, al fine di evitare la perdita della frequentazione dell'area da parte delle popolazioni di chiroterri presenti e garantire effettive possibilità di ripristino al termine della fase estrattiva. Il recupero ambientale rappresenta un'azione complementare delle attività estrattive e non solo l'atto conclusivo dello sfruttamento. Effetti negativi non mitigabili andranno opportunamente compensati.

8.1.6 Effetti sul Paesaggio

Gli effetti sul paesaggio sono valutati in termini di incidenza delle attività previste sulle caratteristiche del paesaggio analizzato e in base agli elementi significativi individuati.

Sulla base dell'analisi paesaggistica effettuata, è possibile fornire le seguenti valutazioni sintetiche in merito ai possibili effetti sull'assetto paesaggistico di riferimento (per completezza si rimanda alla Relazione paesaggistica allegata al progetto).

- Modificazioni dell'assetto paesaggistico.
 - *Modificazioni della morfologia:* non si rilevano modifiche significative, o comunque nel complesso risultano coerenti all'assetto generale delle aree. L'estrazione del materiale si svilupperà infatti in sotterraneo, e solo le aree esterne di cantiere introdurranno lievi modifiche alla morfologia dei luoghi. A lavori ultimati, il ripristino delle aree di cantiere e di lavorazione riporterà ad un generale assetto morfologico uniformato.
 - *Modificazione della compagine vegetazionale:* è prevista la eventuale rimozione del solo soprassuolo erbaceo e/o forestale delle aree prospicienti le gallerie e di cantiere, che ad ogni modo verrà ricostituito mediante piantumazione controllata ed estensiva di idonee essenze arboreo-arbustive autoctone, certificate e in sintonia con la vegetazione potenziale dei luoghi di intervento.
 - *Modificazioni dello skyline naturale o antropico:* non ci sono modifiche al profilo di crinali o, in generale, dello skyline percepito, in quanto l'area di concessione non prevede opere fuori terra di rilevante incidenza e percezione. L'attività non arreca alterazioni di rilievo e/o un'alterazione dei profili visuali, non occultando in ogni caso alcuna visuale rilevante alle diverse scale. Le opere, come detto, si inseriscono inoltre in un consolidato panorama da anni caratterizzato da attività estrattiva e di lavorazione mineraria.
 - *Modificazioni della funzionalità ecologica, idraulica e dell'equilibrio idrogeologico:* l'attività estrattiva avverrà nel pieno rispetto delle acque di ruscellamento superficiale, e non altereranno neppure l'assetto idrogeologico profondo, non essendoci connessioni dirette con il sistema idrocarsico e ipogeo naturale. Le acque di processo, inoltre, saranno opportunamente trattate secondo gli standard di legge. I lavori minerari saranno cioè effettuati nel pieno rispetto dei parametri e degli approfondimenti di natura geologico-tecnica, ed intendono conservare la continuità delle relazioni esistenti tra elementi idraulici ed elementi naturalistici locali, non interrompendo la continuità idraulica e senza apportare modifiche al deflusso delle

acque in alveo ed alla funzionalità ecologica dell'habitat fluviale, con preservazione del grado di naturalità del contesto.

- *Modificazioni dell'assetto percettivo, scenico o panoramico:* non si ritiene vi sia una rilevante modificazione dell'assetto percettivo, scenico o panoramico a seguito della coltivazione mineraria che, occorre ribadirlo, sarà esclusivamente in sotterraneo. La percezione della discontinuità con il contesto sarà temporanea, e limitata alle sole aree esterne di cantiere e movimentazione, prossimali ai portali e ai ribassi di accesso alle gallerie e oggetto di ripristino a concessione esaurita.
 - *Modificazioni dell'assetto insediativo-storico:* nello stretto sito di concessione e nel suo immediato intorno non vi sono segni di opere di particolare interesse sotto il profilo storico, archeologico, architettonico, per cui l'impatto dell'intervento sotto l'aspetto insediativo-storico e della tutela dei beni culturali è da ritenersi nullo o non significativo. Inoltre, gli interventi non comportano l'eliminazione di tracciati riconoscibili sul terreno quali canalizzazioni, viabilità secondaria, ecc.
 - *Modificazioni dei caratteri tipologici, materici, coloristici:* si ritiene che il linguaggio adottato dall'intervento sia rispettoso del contesto, in linea ed in continuità con le attività pregresse; si esclude l'introduzione di una discontinuità di significativa rilevanza nelle connotazioni del contesto, sia alla scala sovralocale, sia alla scala locale.
 - *Modificazioni dell'assetto fondiario e di destinazione d'uso del suolo:* l'intervento non comporta modifiche alla struttura parcellare.
- **Alterazioni dell'assetto paesaggistico.**
 - *Intrusione:* è limitata all'installazione delle necessarie infrastrutture connesse all'attività estrattiva, ai piazzali di cantiere e di movimentazione esterni. Di natura transitoria, e in virtù delle operazioni di recupero, si ritiene non significativa e di conseguenza reversibile.
 - *Suddivisione, interruzione e/o frammentazione:* anch'esse di natura transitoria, in quanto a coltivazione esaurita e recuperi finali completi, non residueranno elementi in grado di pregiudicare la continuità e la funzionalità ecologica delle aree coinvolte.
 - *Riduzioni strutturali e/o destrutturazione:* in virtù dell'assenza di significative interferenze esterne con il sistema strutturale paesistico dell'ambito interessato (edifici e viabilità storica, canalizzazioni, ecc.) è subito chiara l'assenza di alterazioni paesaggistiche in tal senso. Le opere e attività esterne non minano la struttura paesistica naturale del contesto, già interessata dalla storica presenza dell'estrazione e lavorazione di minerali e dall'antropizzazione delle aree contermini.

- *Relazioni visive, storico-culturali, simboliche*: ad ampia scala, l'ambito conferma una certa significatività simbolica d'insieme, ma in assenza di interferenze dirette con luoghi contraddistinti da uno status di rappresentatività nella cultura locale, l'attività estrattiva -storicamente già in essere- non mina irreparabilmente il significato della fruibilità visiva del paesaggio ed il suo valore simbolico e di bellezza d'insieme, garantendo a fine lavori anche il generale recupero delle limitate aree esterne coinvolte e del relativo grado di naturalità presente allo *status quo*.
- *Concentrazione ed effetto cumulativo*: nell'area di interesse si ravvisa la presenza storica dell'attività mineraria che fa oramai parte della consolidata "percezione" paesistica dei luoghi. È altresì scongiurato l'effetto cumulativo in virtù del fatto che la concessione mineraria si configura per l'appunto come riattivazione in continuità dell'attività storica che ha interessato il contesto locale di riferimento.
- *Deconnotazione degli elementi costitutivi del paesaggio*: per quanto detto in precedenza, le attività in argomento non si configurano come elementi del tutto "nuovi" al contesto, e di conseguenza non assumono carattere di potenziale vulnerabilità e rischio *ex novo* nei confronti degli elementi costitutivi, sia del sistema naturalistico-morfologico, sia degli elementi afferenti al sistema antropico.

L'attuazione della concessione mineraria, pertanto, non altera significativamente nel complesso la percezione dei luoghi da parte dell'osservatore rispetto al paesaggio ormai consolidato afferente ai territori di Oltre il Colle, Oneta e Gorno interessati dall'istanza, e non mina il significato della fruibilità visiva del paesaggio meritevole di salvaguardia rinvenibile nell'area e nel suo immediato intorno (zone di elevato interesse naturalistico e storico-paesaggistico).

Si può così pertanto concludere che non si prevede alcuna alterazione sensibile ed irrecuperabile dell'attuale stato delle cose, o trasformazione irreversibile di paesaggi consolidati esistenti: l'intervento si pone in coerenza nei confronti dell'immagine complessiva e storica del contesto e del *pattern* paesistico, sia sotto il profilo morfologico-tipologico, linguistico e ambientale, sia sotto l'aspetto visivo e simbolico, non configurandosi come fattore vulnerabilità e/o rischio degli elementi costitutivi sia del sistema *naturalistico e morfologico*, sia degli elementi afferenti al sistema *antropico*.

In sintesi, le modificazioni dell'assetto paesaggistico sulla *morfologia*, la *struttura*, sul *regime idrologico*, lo *skyline naturale o antropico*, l'assetto *percettivo, scenico o panoramico, simbolico*, in

fase di cantiere e di durata della concessione risultano complessivamente di grado *basso*, e *comunque localizzate per lo più a scala locale*.

Al **termine della concessione**, ossia a lavori di riordino, recupero e ripristino conclusi e ultimati, anche le modificazioni introdotte alla morfologia dei luoghi permarranno con incidenza *comunque bassa e incidenti per lo più sempre alla scala locale*.

8.1.7 Effetti sull'Archeologia

Si rimanda alla Relazione archeologica allegata al presente Studio di Impatto Ambientale.

La ricognizione archeologica è stata curata dalla Società di Ricerche Archeologiche “Archeo Studi Bergamo s.r.l.” ed è stata svolta nelle persone di Roberto Mella, Virginia Chinelli, Fabio Cocomazzi e Monica Motto.

8.1.8 Effetti sul Rumore

Si rimanda all'allegata Valutazione previsionale di impatto acustico.

8.1.9 Effetti sulle Vibrazioni

L'applicazione della formula empirica di Langefors, che correla i parametri con la velocità di propagazione delle onde connesse all'uso degli esplosivi (universalmente accettata), risulta la distanza dal punto di scoppio, o il raggio di influenza di qualsiasi vibrazione sismica, è pari a 175 metri, fino a raggiungere una velocità di trasmissione inferiore a 3 mm/s. Risolvendo invece rispetto a V , e ponendo $R = 500$ metri, la velocità delle particelle, o di vibrazione, risulta pari a 1,35 mm/s. Poiché la profondità di sviluppo dei tunnel interessati dalla coltivazione mineraria non si colloca mai a quote inferiori a -400 m in verticale sotto la superficie topografica naturale, si ritiene che l'impatto legato alla produzione di vibrazioni sulle infrastrutture di superficie, sui centri abitati e nelle zone circostanti, comprese le grotte, sarà indiscernibile o non significativo.

Giova ricordare come l'uso di esplosivi, all'interno del Ribasso Forcella, è iniziato il 2 settembre 2015, ed è costantemente monitorato, come richiesto dalla normativa di settore. Ad oggi sono stati realizzati circa 30 brillamenti, utilizzando emulsioni esplosive ad alta concentrazione e detonatori sequenziati.

I dati raccolti da costante monitoraggio in occasione dei brillamenti dimostrano fino ad oggi l'attendibilità delle conclusioni sostenute.

Quanto raccolto fino ad oggi indica che la velocità di propagazione delle vibrazioni è ben al di sotto dei 3 mm/s; laddove analizzata, la soglia di rilevazione umana è di 0,5 mm/s a 240 m dalla sorgente dell'esplosione.

Quanto rilevato supporta ampiamente lo studio originale, svolto nel maggio 2015, che indicava i 175 m come riferimento. È probabile che la discrepanza tra questa proiezione basata su dati reali e lo studio teorico sia causata dagli effetti delle possibili faglie e dalla stratificazione delle rocce, che non poteva essere determinata dai test teorici.

Quali ulteriori osservazioni relative alla stabilità delle grotte, occorre sottolineare che questa zona è stata in passato una zona mineraria molto attiva, fino a primi anni 1980. Sono stati scavati circa 230 chilometri di tunnel e sono state estratte 800.000 tonnellate di roccia, soprattutto attraverso l'uso di esplosivi. All'interno di questa stessa area esistono una serie di grotte registrate; una di queste era attraversata dalle miniere (Lo BG 3808 "Fantasolaio", Loc. Pian Bracca). La popolare "regola del pollice", relativa alla costruzione ingegneristica su una cava di calcare, recita che la grotta risulta essere stabile quando lo spessore della sua volta supera la sua larghezza. Questa regola è risultata estremamente cautelativa ed è stata modificata con l'indicazione che la grotta risulta essere stabile

quando la sua volta supera il 70% della sua larghezza (T. Waltham & Z. Lu, “Natural and anthropogenic rock collapse over open caves”, 2007).

Considerando quindi che gli esplosivi sono stati ampiamente utilizzati in passato nelle zone adiacenti alle cavità naturali, esaminata la distanza che separa le attività in progetto dalle grotte di cui si conosce l'esistenza, rilevato che la distanza in questione andrà aumentando nel corso dei lavori e che le grotte sono per natura stabili, si può supporre che le vibrazioni causate dall'uso di esplosivo non avranno alcuna influenza sulla stabilità delle cavità naturali e, più in generale, sul locale sistema ipogeo.

8.1.10 Effetti su Viabilità e traffico

Si rimanda all'allegata Valutazione previsionale di impatto acustico.

8.1.11 Effetti sul Quadro socio-economico

L'attività in progetto connessa all'estensione della concessione mineraria "Monica" si configura di fatto come la riattivazione di una storica attività estrattiva che ha profondamente segnato la storia e la società dell'area locale.

I benefici in termini occupazionali ed economici saranno sia diretti che indiretti.

La mancata riattivazione dell'attività mineraria determinerebbe la perdita di una importante occasione di rilancio economico della valle e del relativo indotto per i settori strettamente legati alle attività in argomento.

Per questa componente l'impatto del progetto è sicuramente esprimibile in modo positivo.

8.1.12 Effetti sulla Salute pubblica

Si rimanda all'allegata Valutazione previsionale di impatto sanitario.

8.2 CONSIDERAZIONI DI SINTESI SUGLI EFFETTI ATTESI

Ancorché la valutazione suesposta in relazione ai possibili effetti indotti dalle attività in progetto sulle componenti della matrice ambientale consente di escludere a priori, con ragionevole certezza scientifica, la possibilità che si possano verificare incidenze o impatti rilevanti atti a precludere la richiesta della concessione in argomento, è comunque innegabile e rilevabile che l'attuazione delle attività di progetto introdurrà alcune modifiche allo stato delle componenti ambientali che, se non opportunamente mitigate e/o compensate, potrebbero generare ripercussioni dirette o indirette sia nel breve che nel lungo periodo, capaci di alterazioni negative significative, anche irreversibili, sullo status ambientale.

Pertanto, risulta opportuno individuare idonee misure atte a ridurre o a controbilanciare gli effetti negativi sugli elementi ambientali ritenuti più sensibili. Tale processo è rimandato al successivo Capitolo, nel quale si individuano gli elementi di protezione, mitigazione e compensazione che si devono adottare per rendere compatibile le attività previste con il contesto ambientale di riferimento. L'insieme delle misure proposte costituisce le "Condizioni Ambientali" avanzate dal proponente.

La verifica della sostenibilità dell'opera a seguito dell'applicazione di tutte le misure previste e proposte, sarà declinata al Quadro di sintesi degli effetti residui attesi di cui al Paragrafo 9.4, nel quale si esprimerà un giudizio sintetico e complessivo sulla compatibilità ambientale delle attività in progetto.

9.0 MISURE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE

Come premessa generale, è utile ricordare come, in certi casi, le cave e le miniere rappresentano la forma più aggressiva di degradazione antropica del territorio, che può alterare o rompere le condizioni di equilibrio raggiunte in migliaia d'anni, spesso anche con gran cagione dell'ambiente in generale (Martinis, 1988; Oneto, 1989; Groppali, 1999). Durante l'attività estrattiva si possono verificare situazioni di disturbo nei confronti delle aree contermini per inquinamento acustico (dovuto all'uso dei mezzi meccanici, impianti e mine), deposizione di polveri, inquinamento chimico (es. dispersione di sostanze pericolose), erosione del suolo, ecc. Per quanto riguarda la fauna il disturbo dall'attività estrattiva, in particolare, può provenire da alcune modalità di estrazione e preparazione dei materiali. I danni provocati ai popolamenti animali, in massima parte, però sono temporanei: ad esempio l'allontanamento tramite lavaggio dei limi, frequente soprattutto per le ghiaie, può danneggiare le biocenosi acquatiche con l'immissione di materiali fini nell'acqua dei laghi di cava; l'uso di esplosivi e l'eventuale frantumazione meccanica dei materiali estratti causano un rilevante disturbo da rumore, uniti alla ricaduta di polveri nell'ambiente circostante. Non va poi sottovalutato l'interferenza ambientale provocata dal trasporto dei materiali estratti: in particolare nuovi percorsi viari possono separare ambienti frequentati da varie specie terrestri e ridurre anche pesantemente le loro popolazioni (es. popolazioni di rospi comuni o cervidi). Al termine dell'attività estrattiva, invece, i danni o comunque le alterazioni che si possono riscontrare, sono, di norma, ben più gravi: effetti devastanti sul paesaggio (interruzione della continuità vegetazionale, formazione di zone degradate), soprattutto nel caso di grandi poli estrattivi, dove il paesaggio viene fortemente modificato, tramite l'asportazione del materiale escavato (es. smantellamenti di colline o versanti in montagna), o la creazione di bacini d'acqua, come avviene in pianura; completa compromissione della copertura vegetale originaria, a causa del disboscamento o, comunque, eliminazione del soprassuolo; asportazione del suolo stesso per mettere a nudo la roccia sottostante, oggetto dell'attività estrattiva, mediante estesi movimenti di terra che frequentemente sono spinti in profondità, sino al di sotto della superficie freatica; interferenza con le condizioni naturali di drenaggio, infiltrazione e scorrimento di acque superficiali non incanalate; frequente deposito di ingenti residui rocciosi, derivanti dall'attività estrattiva (discariche); abbandono, in condizioni di instabilità, delle superfici di coltivazione del materiale, con presenza di pareti verticali o quasi (indipendentemente dall'angolo naturale di stabilità del materiale), che normalmente crollano o sono comunque soggette ad azione erosiva; processi di erosione generalizzata su tutte le superfici di ex-cava/miniera; in certi casi, una volta abbandonati, questi siti possono divenire luogo di discarica abusiva di rifiuti, con possibilità di contaminare la falda freatica.

Il progetto di recupero ambientale di una cava/miniera non può tendere al ripristino integrale delle condizioni originarie, impossibili da ricreare, ma può comunque favorire il processo naturale di recupero dell'ambiente, accorciandone notevolmente i tempi. Ciò è possibile grazie ad interventi con elevato apporto energetico esterno (sistemazioni morfologiche ed idrauliche, lavorazioni, concimazioni, piantagioni, ecc.). Questi apporti risultano indispensabili per lo stato in cui si trovano le aree estrattive al termine del loro sfruttamento. Infatti, generalmente il substrato su cui si va ad agire non è un suolo, bensì un substrato minerale non pedogenizzato, più o meno incoerente, fortemente legato alle caratteristiche chimiche e fisiche della roccia madre, poverissimo o del tutto assente in sostanza organica e altri nutrienti, quali fosforo, azoto e micronutrienti, con una scarsa o nulla presenza di semi o di altri propaguli di piante, racchiusi entro il suolo stesso.

Il recupero delle aree estrattive dismesse, quindi, è un'operazione assai complicata, in cui è necessario possedere buone conoscenze sia di tipo ecologico che agronomico, nonché di ingegneria naturalistica. Per questo motivo gli interventi operati frequentemente falliscono, in quanto non sono adeguati alle condizioni ambientali locali oltre, ovviamente, alla mancanza di volontà politica ed economica.

Tenuto conto delle considerazioni avanzate nei Capitoli riguardanti l'identificazione e la valutazione degli effetti attesi, nel presente Capitolo si procede a fornire alcune indicazioni circa le misure di protezione, di mitigazione e di compensazione sulle componenti della matrice ambientale interessata dalle attività in progetto.

Al termine del Capitolo, come detto, si sintetizzeranno in un quadro di sintesi gli effetti residui a seguito dell'applicazione delle misure adottate.

Consapevoli che qualsiasi tipo di intervento riparativo, mitigativo, compensativo e/o di recupero non potrà mai ricondurre allo stato originario dei luoghi, è altresì utile chiarire il significato di termini che, troppo spesso, sono utilizzati impropriamente come sinonimi o svalutati dal loro contenuto concettuale e formale.

Misure di mitigazione: con il termine generale di *mitigazioni* si intendono le modifiche tecniche dell'intervento in progetto e/o l'aggiunta di elementi tecnologici introdotti al fine di ridurre gli effetti negativi su elementi sensibili dell'ambiente circostante. Nello specifico, le *mitigazioni di base* sono quelle che rispondono a criteri generali di riduzione degli impatti attesi, intervenendo direttamente sulle modalità progettuali delle opere in obiettivo, e limitando ove possibile le

caratteristiche critiche non strettamente indispensabili agli elementi dell'opera.

Misure di riparazione/compensazione: sono *misure di riparazione* le azioni dirette a riparare, risanare o sostituire risorse naturali e/o servizi naturali danneggiati, oppure a fornire un'alternativa equivalente a tali risorse e servizi.

In particolare sono misure di *riparazione primaria* quelle in grado di riportare le risorse e/o i servizi naturali danneggiati alle -o verso- le condizioni originarie; esse sono collegate al concetto di ripristino. Sono misure di *riparazione complementare* quelle finalizzate a compensare il mancato ripristino completo delle risorse e/o dei servizi naturali nel sito danneggiato; a tali misure si ricorre dunque nel caso in cui la riparazione primaria non dia luogo ad un ritorno dell'ambiente alle condizioni originarie. Scopo della riparazione complementare è di ottenere, se opportuno, anche in un sito alternativo, un livello di risorse e/o dei servizi naturali analogo a quello che si sarebbe ottenuto se il sito danneggiato fosse tornato alle condizioni originarie.

In senso più generale, si definiscono *compensazioni* quelle riparazioni complementari, definibili in sede di progetto e realizzate contestualmente all'intervento, attraverso cui si ottengono benefici ambientali più o meno equivalenti agli impatti negativi residui. Tali benefici compensativi possono consistere in riduzione dei livelli preesistenti di criticità indipendenti dall'intervento, in riequilibri diretti di assetti ecosistemici degradati, in economie messe a disposizione per la soluzione di problemi ambientali esistenti.

Gli impatti residui, dopo l'attuazione delle misure di prevenzione/riparazione/mitigazione devono dunque essere compensati mediante opportune misure di recupero della qualità strutturale e funzionale dell'ecosistema in cui si inserisce l'opera, anche attraverso ricostruzione di nuove unità ecosistemiche opportunamente individuate e collocate nel medesimo contesto spazio-funzionale.

Occorre distinguere le compensazioni *ambientali* rispetto a quelle *territoriali* e *sociali*. Le prime sono da intendere le azioni volte ad ottenere, per un determinato progetto, un bilancio ambientale in pareggio, attraverso la realizzazione di elementi di qualità ambientale positiva equivalenti agli impatti residui rimanenti, una volta adottate tutte le misure di prevenzione e mitigazione del caso. Le seconde sono invece da intendersi come quelle azioni volte a creare benefici integrativi nell'uso del territorio (piste ciclabili con valore paesaggistico, attrezzature e servizi per una migliore fruizione dei luoghi o la promozione di prodotti locali, eventi ed iniziative, ecc.); compensazioni di questo tipo, tuttavia, non sono coerenti con danni a risorse naturali, e pertanto non possono costituire risarcimenti equivalenti.

Anche in riferimento alle attività estrattive, si utilizzano molteplici termini specifici, indicanti

differenti azioni, quali *recupero*, *ripristino*, *restauro*, *riqualificazione*, che è opportuno chiarire in dettaglio (Blasi e Paoletta, 1992; Blasi, 1993; Blasi *et al.*, 1995; Poldini *et al.*, 2001).

Per ***recupero ambientale*** s'intende quell'insieme di interventi che favoriscono la ripresa della vegetazione caratteristica dell'ambito territoriale dove è inserito il sito (autoctona) e, più in generale, degli equilibri naturali, in precedenza alterati. Il recupero ambientale si ottiene mediante interventi più o meno intensi: si va dal semplice rimodellamento morfologico delle superfici, fino alla lavorazione del substrato, alla sua regimazione idraulica e concimazione. Anche per quanto riguarda la vegetazione gli interventi possono essere modulati: si possono semplicemente lasciar sviluppare le consociazioni pioniere di specie spontanee, confidando nell'istaurarsi di dinamiche successionali evolutive, oppure cercare di forzare i tempi della ripresa della vegetazione spontanea, saltando gli stadi iniziali. In questo secondo caso saranno maggiori gli input esterni per favorire la vegetazione, come appunto lavorazioni, concimazioni, piantagioni, interventi manutentivi, ecc. Alla fine dell'intervento, auspicabilmente rapido, si ottiene una risistemazione dell'area dell'ex miniera ed il suo opportuno reinserimento nel paesaggio circostante. È in questo contesto che si possono individuare due casi particolari di recupero: il ripristino ed il restauro.

Si parla di ***ripristino*** quando si vuole ottenere una situazione identica a quella presente prima della realizzazione dell'attività estrattiva. È senza dubbio il termine più utilizzato, anche se si tratta, nella grande maggioranza dei casi, dell'intervento più difficile da realizzare, se non impossibile.

Si può parlare di ***restauro*** solo quando le alterazioni ambientali apportate ad un certo territorio sono localizzate o comunque poco estese. È necessario che non ci sia un danno diffuso, in modo tale da rendere possibile l'inserimento di specie vegetali, a livello di singole unità o di piccoli gruppi. Nel caso delle cave e delle miniere a cielo aperto, questa situazione, praticamente, non si realizza quasi mai. In generale, quindi, è più opportuno parlare di ***"recupero ambientale"***, in quanto, valorizzando le potenzialità del sistema naturale (opportunamente guidato e favorito con interventi esterni, anche di notevole intensità), si ottengono fitocenosi affini a quelle potenzialmente presenti nell'area di intervento.

Per ***riqualificazione ambientale*** si intendono quegli interventi effettuati prevalentemente in ambiti urbani, periurbani o comunque fortemente antropizzati. Di frequente, si viene a modificare la destinazione d'uso di un'area, sostituendo le funzioni prevalentemente produttive con funzioni insediative, ricreative o agricole. Il riutilizzo di una cava/miniera avviene spesso nei bacini dove si intende realizzare non tanto un recupero naturalistico, bensì un recupero a fini ricreativi (sport, pesca, aree a verde attrezzato, ecc.). Anche in questo caso va favorita la sistemazione idrogeologica dell'area, nonché la sua sistemazione "a verde", almeno per facilitare il collegamento con il paesaggio circostante.

9.1 ELEMENTI DI PROTEZIONE ED INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Per uniformità e coerenza logica, gli elementi di protezione e mitigazione vengono presentati in riferimento alle componenti ambientali così come caratterizzate, descritte e valutate nei Paragrafi precedenti.

Le misure di compensazione, invece, sono descritte in calce al presente Capitolo, riferendosi alle soluzioni di recupero della qualità strutturale e funzionale dell'ambiente da adottarsi per controbilanciare gli impatti residui anche dopo l'applicazione delle previste riparazioni e/o mitigazioni.

Riassumendo, le azioni legate al rinnovo della concessione mineraria "Monica", in relazione ai danni primari e secondari, comportano in linea di massima le seguenti interferenze ambientali:

- eventuale rimozione di vegetazione (coltre erbacea superficiale e soprassuolo forestale);
- rimodellamenti morfologici per scavi e movimentazione di materiale (sterri e riporti);
- alterazioni della struttura del sottosuolo;
- posa di strutture impiantistiche e di lavorazione;
- deposito (temporaneo) di materiale lapideo;
- regimazioni e gestione delle acque superficiali.

Evidentemente trattasi di interferenze legate alla necessità tecnica di esecuzione dell'attività estrattiva. Anche i danni secondari derivanti da altri tipi d'azioni d'impatto (rumore, polveri, movimentazione di mezzi meccanici, ecc.) si reputano nel complesso trascurabili e ad ogni modo limitati alle sole fasi di cantiere e relegate alla durata della concessione.

Le modifiche alla morfologia ed all'idrografia risultano nel complesso coerenti all'assetto generale delle aree.

Le opere di mitigazione, in relazione all'impatto ambientale, sono per la maggior parte rappresentate dalle stesse modalità realizzative e tecnico-costruttive delle attività estrattive, modalità che hanno privilegiato le migliori soluzioni possibili ai fini dell'inserimento ambientale e della minimizzazione delle incidenze: saranno infatti utilizzate tecniche costruttive "a basso impatto" nel rispetto dell'elevato pregio ambientale, a scala vasta, e turistico dei luoghi di intervento.

È infatti importante riuscire a conciliare la fruizione estrattiva con la tutela e la salvaguardia dei valori e delle peculiarità del territorio.

La progettazione delle attività, non meno di quella dell'impianto di cantiere, ha avuto e avrà, come elementi filosofici di fondo, da un lato l'imperativo categorico della necessità della minimizzazione degli impatti di qualsivoglia natura sulla strutturazione paesistica ed ecosistemica ideale del sito;

dall'altro, la missione di giungere, al termine della fase estrattiva e di recupero ambientale e di rinaturalizzazione di fine intervento, ad una situazione che risulti conservativa dei valori preesistenti.

9.1.1 Atmosfera

Si rimanda all'allegata Modellazione previsionale di impatto atmosferico.

9.1.2 Ambiente idrico

Dall'analisi fatta, in questa fase iniziale del progetto, dell'impatto della coltivazione del giacimento minerario e delle opere connesse, si evidenzia che gli impatti sulla componente idrico sotterranea sono limitati:

- dal punto di vista quantitativo, al potenziale disseccamento di poche sorgenti per modifiche indotte dall'attività di coltivazione mineraria;
- dal punto di vista qualitativo, al possibile inquinamento delle acque sotterranee per sversamento di inquinanti in falda ad opera dell'impianto della laveria posto nell'area del portale della Riso-Parina.

Si possono dunque distinguere diverse modalità di intervento atte a mitigare e/o riparare gli impatti del progetto.

Per quanto riguarda gli **interventi di mitigazione** da sviluppare nel dettaglio nelle successive fasi di progettazione:

- accorgimenti tecnici e lavorazioni che limitino l'effetto del blasting e conseguente propagazione della fratturazione dell'ammasso roccioso verso l'alto, per evitare di ridurre l'effetto di confinamento che le formazioni a bassa permeabilità (Arenarie di Valsabbia, Formazione di San Giovanni Bianco) svolgono nei confronti della circolazione idrica sotterranea sostanzialmente identificabile con soprastanti i Calcari di Esino;
- definizione di una particolare procedura o tecnologia (studio miscela PAF con elevato effetto impermeabilizzante), nella fase di riempimento delle cavità create dalla coltivazione, per tamponare o annullare eventuali drenaggi di acqua sotterranea;
- studio in fase di progettazione definitiva di accorgimenti tecnici o tecnologie volte a ridurre drasticamente il rischio di sversamento accidentale di sostanze inquinanti lungo le gallerie di trasporto del materiale scavato e nell'area di frantumazione e nell'impianto di trattamento posto nell'area della Ex laveria al portale della Riso Parina.

Per quanto riguarda gli **interventi di riparazione**, primaria o complementare, di eventuali impatti definitivi sulle sorgenti, la linea di intervento prevede:

- verifica dell'impatto basato sul confronto con i dati di monitoraggio ante-operam;
- analisi locale dei fabbisogni idrici mancanti a causa dell'impatto e verifica sulle necessità future;
- studio di fonti di approvvigionamento alternativo, anche in un'ottica di miglioramento della fruizione della risorsa idrica da parte dei soggetti interessati.

9.1.3 Suolo e sottosuolo

Come evidenziato, la via preferenziale di degrado della componente è correlata alla coltivazione del materiale roccioso con relativo utilizzo delle risorse naturali disponibili, alla produzione di rifiuti ed alla temporanea modifica di uso del suolo ed alla possibile incidenza sulla stabilità di gallerie e versanti. Dovrà essere evitata l'alterazione della qualità dei suoli, derivante sia dall'azione meccanica che da accidentali sversamenti di sostanze indesiderate, ad esempio perdite di lubrificante e/o carburante dai mezzi meccanici. Tali contaminazioni potrebbero verificarsi esclusivamente a causa di eventi incidentali e comunque avrebbero ripercussioni limitate sull'ambiente circostante; a tale proposito i mezzi dovranno essere sottoposti a revisione e manutenzione programmata. Per limitare al minimo il pericolo, ogni singolo prodotto utilizzato nelle fasi lavorative dovrà essere maneggiato con le dovute cautele ed il personale dovrà essere informato sui rischi derivanti dall'utilizzo degli stessi. Per quanto riguarda il problema dell'utilizzo di risorse naturali, ovviamente queste non sono rinnovabili, tuttavia esse rappresentano una "trasformazione" in risorsa mineraria.

Relativamente alla produzione di rifiuti, le attività estrattive non ne comportano la produzione, in quanto tutto il materiale viene commercializzato. Ad ogni modo, i rifiuti che potrebbero essere prodotti all'interno dell'area di cava e che non sono strettamente collegati alle attività estrattive e/o di recupero ambientale, saranno smaltiti in idonei siti autorizzati secondo le modalità previste dalla normativa vigente.

9.1.4 Vegetazione ed aspetti ecosistemici

Come descritto nell'apposito paragrafo gli effetti previsti sulla vegetazione sono di minima entità è comunque opportuno adottare alcuni accorgimenti per rendere l'impatto dei lavori il meno invasivo possibile.

Per quanto concerne il recupero del tratto di binari nella zona della ex laveria di Riso di Gorno si chiede di non intaccare la parte rocciosa a monte delle rotaie che ospita piante interessanti tra cui alcune specie di felci inserite nell'allegato C1 della LR n. 10/2008.

Eventuali interventi di ampliamento o sistemazione degli ingressi delle miniere non presentano particolari problemi; l'unica criticità riscontrata durante i rilievi è la presenza di *Saxifraga hostii* sull'imbocco Malanotte.



Figura 407 – Esempolari di *Saxifraga hostii* sull'ingresso Malanotte.

Nel caso in cui dovessero essere realizzati lavori in quest'area sarebbe sufficiente effettuare un intervento di traslocazione degli individui per eliminare l'impatto. Con traslocazione si intende lo spostamento delle piante in un'area idonea; un progetto del Parco delle Orobie ha ottenuto risultati molto positivi in merito alla traslocazione di esemplari di questa specie.

In merito alla gestione del cantiere per evitare la diffusione di *Buddleja davidii* sarebbe opportuno adottare alcuni accorgimenti per contenerne e contrastarne la diffusione, quali:

- eliminare gli individui porta seme mediante sradicamento e bruciatura;
- estirpare tutti gli esemplari individuati;
- evitare di utilizzare la terra proveniente da aree con presenza di *Buddleja davidii* per i reinterri ed eventuali lavori di ripristino (dai semi contenuti nel terreno potrebbero svilupparsi nuovi esemplari in aree non ancora invase);
- limitare il più possibile le porzioni di terreno nudo, ricostituendo il cotico erboso nel minor tempo possibile (la buddleja si sviluppa facilmente sul suolo nudo, mentre ha maggiori difficoltà su suolo con vegetazione continua);
- a tal riguardo, prevedere operazioni di rinverdimento di ogni superficie rimodellata o comunque privata dalla vegetazione erbacea, utilizzando esclusivamente sementi di specie autoctone certificate provenienti da vivai regionali o fiorume locale (mix di semi di specie autoctone raccolto in aree limitrofe a quelle di cantiere nel momento di maturazione dei semi).

Ad ogni modo, ogni area rimodellata o comunque privata dalla originaria vegetazione, dovrà essere tempestivamente rinverdata con impiego esclusivo di essenze autoctone, provenienti da vivai regionali certificati. Nell'inserire le specie durante le operazioni di ripristino, è importante infatti far riferimento non solo alla fascia fitoclimatica di riferimento, ma anche alle comunità vegetali presenti allo stato di fatto.

Sono stati ideati anche dei sestri di impianto specifici per ricostruzioni ambientali che simulano le fitocenosi boschive naturali (Sartori, 2001).

Queste “macchie seriali” rappresentano un metodo innovativo di rimboschimento che imita i processi naturali di spontanea riforestazione.

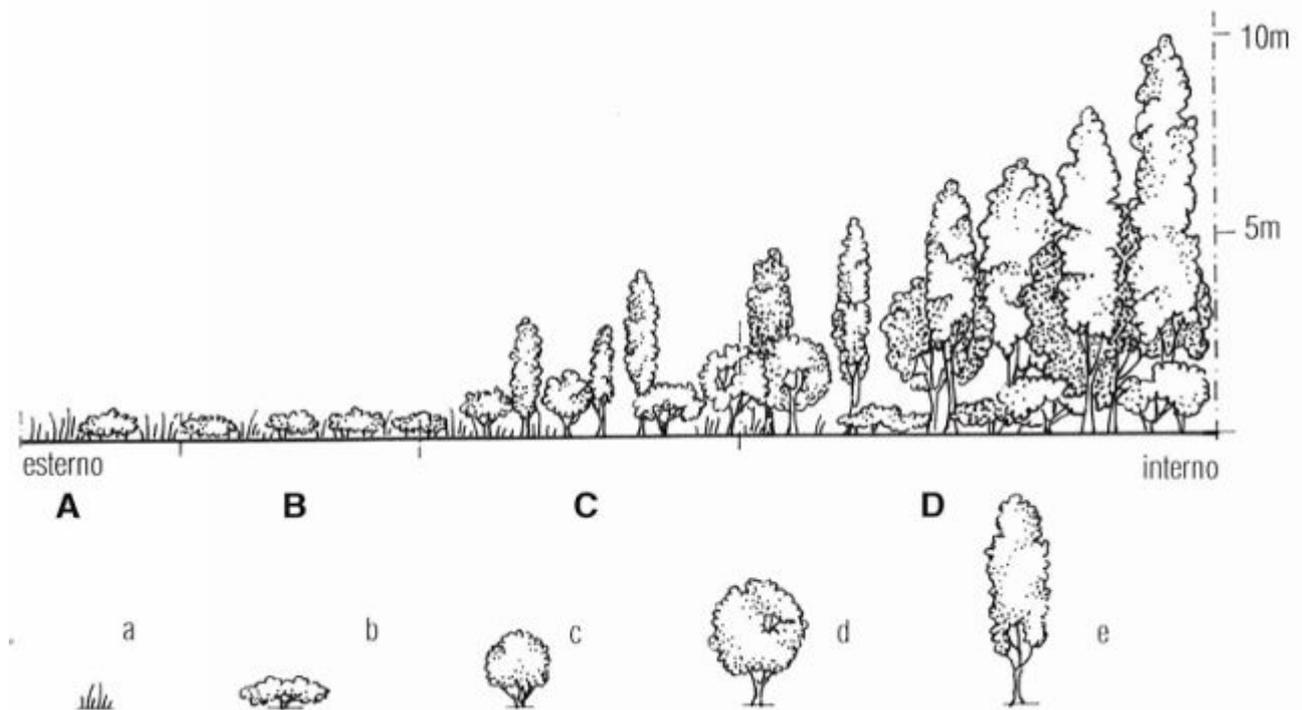


Figura 408 – Struttura di una teorica “macchia seriale” di vegetazione. È raffigurata solo una metà dell’elemento di rinverdimento (l’altra è specularmente simmetrica ad essa), costituito dalla consociazione di essenze erbacee (a), basso-arbustive (b), alto-arbustive (c), arboree (d) e grandi alberi (e).

La macchia seriale ha un nucleo centrale di specie arboree ed arbustive floristicamente simili agli aspetti della vegetazione più evoluti della zona di impianto (testa della serie), circondato da fasce di vegetazione progressivamente meno evolute, fino ad arrivare agli stadi iniziali di spinto pionerismo (base della serie).

9.1.5 Fauna

Per la tutela delle **specie animali** che frequentano l'area è auspicabile programmare i tempi di realizzazione delle opere e degli interventi in modo tale da arrecare il minimo disturbo possibile alla fauna locale.

Relativamente agli **invertebrati**, particolare attenzione deve essere rivolta al corretto funzionamento dei macchinari impiegati, onde evitare perdite di idrocarburi da parte dei mezzi a motore o da contenitori temporanei. Tali sostanze potrebbero riversarsi nel suolo e costituire un pericolo per la fauna invertebrata e, secondariamente, per la fauna maggiore. Attenzioni vanno rivolte altresì ai riempimenti dei vuoti di miniera, nel caso lo smarino venga stabilizzato da cementi chimici. In tal caso, vanno eseguiti test di cessione con analisi di eventuale rilascio di inquinanti, in particolar modo in quei tratti interessati da circolazione d'acqua. Un particolare riguardo anche alle strutture in legno marcescente, traversine e armature, presenti in diverse miniere, che non andrebbero portate all'esterno, ma eventualmente riposte in una galleria in disuso, perché rappresentano un importante ambiente di sviluppo e di risorsa alimentare di molti invertebrati del mondo sotterraneo, come peraltro direttamente confermato anche nei sopralluoghi recenti.

Relativamente ai **vertebrati**, l'interferenza avviene sia in fase di cantierizzazione, sia in fase di esercizio. Numerose pubblicazioni e studi specifici sembrano dimostrare che al di sotto dei 50 dB di rumore non vi siano effetti palesi sul comportamento degli animali, e come la soglia dei 70-80 dB sia quella che determina il verificarsi delle prime risposte comportamentali. Occorre considerare che alcune specie sensibili hanno già lasciato l'area per sottrarsi all'azione di disturbo operato dai mezzi meccanici.

Si prevedono quindi alcuni accorgimenti mitigativi per la componente faunistica, proprio in risposta al loro feed-back immediato sulle modificazioni ambientali; la corretta gestione delle operazioni estrattive, che dovranno prevedere modalità tecnico-costruttive e realizzative che privilegino le migliori soluzioni possibili ai fini della minimizzazione delle incidenze, unitamente al recupero ambientale previsto al termine delle attività, consentirà di limitare gli effetti attesi.

Il presente studio intende fornire informazioni per la gestione dell'intervento in relazione alla conservazione e tutela della fauna vertebrata.

Tra le specie di **Uccelli** si sottolinea la presenza nell'area di studio di specie di interesse comunitario inserite nell'All. I della Direttiva Uccelli 2009/147/CEE: Falco pecchiaiolo, Nibbio bruno, Aquila reale, Coturnice e Picchio nero.

Falco pecchiaiolo: rapace diurno per aspetto e dimensioni simile alla poiana, nidifica in aree boscate ma si nutre in ambienti aperti, soprattutto di Imenotteri.

Per detta specie si suggerisce di prestare particolare attenzione al mantenimento di radure presenti ed alla conservazione di alberi ad alto fusto.

Nibbio bruno: migratore a lungo raggio, tutta la popolazione si sposta stagionalmente dalla zona di nidificazione verso quella di svernamento nell'Africa sub sahariana. Le migrazioni verso i luoghi di svernamento iniziano a fine luglio e terminano ai primi di ottobre; mentre da febbraio a maggio si assiste al ritorno verso i luoghi di nidificazione, dove frequenta zone aperte alternate a boschi, prediligendo dintorni di aree umide.

Per detta specie si suggerisce di prestare particolare attenzione al mantenimento di radure presenti ed alla conservazione di alberi ad alto fusto.

Aquila reale: si tratta di una specie prevalentemente sedentaria, solo i giovani compiono movimenti dispersivi che possono anche raggiungere notevoli distanze. Necessita generalmente della presenza di rupi per la costruzione del nido e di praterie, estese e caratterizzate da minore disturbo, dove cacciare gli animali. La nidificazione dell'Aquila reale è fortemente condizionata da fenomeni di disturbo durante il periodo riproduttivo; importante è anche la minaccia delle trasformazioni ambientali e la carenza delle principali prede quali marmotte, lepri e galliformi, fenomeno parzialmente da ricollegare alle modificazioni ambientali suddette. Per quanto riguarda le cause di mortalità di tipo antropico, la minaccia maggiore è quella degli impatti contro cavi sospesi e fili dell'alta tensione.

Per detta specie si suggerisce di:

- evitare le fonti di disturbo, nelle aree maggiormente idonee alla nidificazione;
- limitare gli impatti contro cavi sospesi e fili dell'alta tensione;
- favorire la presenza delle principali specie preda.

Coturnice: il suo habitat si colloca tra i 1.300 e i 2.200 m, predilige in genere i pendii secchi e scoscesi rivolti a sud, ben soleggiati, con praterie di erbe basse ricche di graminacee e interrotte da pietraie, affioramenti rocciosi e arbusti contorti.

Negli anni '60-'70 le popolazioni di coturnice hanno subito una drastica diminuzione su tutto l'arco alpino sia a causa del progressivo abbandono delle aree di alimentazione e svernamento di media montagna che ha favorito la colonizzazione di arbusteti e di popolazioni boschive di neoformazione, sia a causa della diffusione di malattie dovute all'immissione di soggetti di allevamento che non fornivano necessarie garanzie dal punto di vista sanitario. Sembra che attualmente sia in atto una lenta ripresa della specie.

Per detta specie si suggerisce di prestare particolare attenzione al mantenimento delle aree a pascolo e di sottobosco.

Picchio nero: specie sedentaria presente e nidificante nei boschi maturi e ad alto fusto di conifere e latifoglie nella fascia compresa tra il piano montano e il limite superiore della vegetazione arborea. Predilige coperture forestali continue ed estese con presenza di alberi con tronco colonnare libero da rami e di diametro sufficientemente elevato da consentire lo scavo del nido. La specie non è minacciata ed ha uno status di conservazione favorevole in Europa; inoltre la notevole propensione allo scavo facilita l'insediamento di numerose altre specie di uccelli e mammiferi che si riproducono in cavità.

Per questa specie si suggerisce di garantire, nel corso degli abbattimenti boschivi, la conservazione di alcune piante di dimensioni elevate e di necromasse nelle formazioni forestali al fine di consentire una sufficiente disponibilità di siti per la nidificazione e di una adeguata comunità di artropodi per l'alimentazione.

Per quanto riguarda **Anfibi** e **Rettili** si evidenzia la presenza nell'area di studio di Tritone crestato italiano, Saettone e Colubro liscio, Ramarro occidentale e Lucertola muraiola specie inserite negli Allegati II e IV della Direttiva 92/43/CEE.

Il *Tritone* crestato italiano è un urodelo in diminuzione in tutta la penisola italiana, è una specie euriecia diffusa dalla pianura alla montagna, frequenta un'ampia gamma di habitat di acque ferme, naturali e artificiali, dove solitamente trascorre circa 4 mesi all'anno. Entra in acqua tra febbraio e marzo per rimanervi solitamente sino a maggio-giugno, ma in alcuni siti fino ad agosto o oltre. La specie predilige corpi d'acqua privi di ittiofauna, preferibilmente piuttosto profondi, soleggiati, con vegetazione e situati all'interno o in prossimità di aree boscate. Gli habitat terrestri, frequentati tra giugno e febbraio, comprendono ambienti agricoli marginali, incolti, boschi a prevalenza di latifoglie.

Il *Saettone* è presente in porzioni limitate di territorio soprattutto nelle aree a maggiore termofilia. È legato alle fasce di transizione prato bosco, per cui una chiusura eccessiva dei boschi alle quote medio basse unita alla pressione antropica sul territorio potrebbe portarlo alla progressiva rarefazione.

Il *Colubro liscio* è una specie che ha una distribuzione piuttosto frammentata. Anch'esso potrebbe estinguersi localmente a causa della progressiva chiusura delle radure. La sostituzione di manufatti in calcestruzzo rispetto ai muri tradizionali in pietra o il danneggiamento degli stessi lo danneggia eliminando gli anfratti in cui vive.

Il *Ramarro occidentale*: sauro della famiglia dei Lacertidi, di colore verde brillante, rapidissimo nei movimenti. Il ramarro è una specie ad alta valenza ecologica; la si può trovare pressoché in tutti gli ambienti presenti, pur prediligendo zone a fitta vegetazione arbustiva e cespugliosa quali boschi e filari di siepi.

Lucertola muraiola: rettile facilmente osservabile in quanto vive anche in zone antropizzate. Trova la tana in buchi nei muri o sotto terra e appena uscita, si riposa al sole per scaldarsi e non esce spesso nelle ore più calde. La specie è attiva da aprile a settembre, ma in giornate particolarmente calde si muove anche in pieno inverno.

Le misure mitigative suggerite per queste specie sono:

- porre attenzione ad evitare investimenti stradali ad opera dei veicoli in transito;
- mantenimento delle fessure e muri a secco e/o sistemazione degli stessi a lavori ultimati in caso di danneggiamento;
- prestare particolare attenzione al mantenimento delle radure;
- recupero di sorgenti e pozze d'abbeverata, necessarie per la sopravvivenza di questa specie e di altre. Particolare attenzione deve essere prestata alla tutela delle sorgenti poste a bordo strada e alle piccole pozze generate dalle stesse sorgenti necessarie per la riproduzione degli anfibi. Si consiglia il recupero in modo razionale e in periodo non riproduttivo (lavori da settembre/ottobre a febbraio), effettuando scavo e posizionando barriera per evitare che i mezzi meccanici e il materiale di lavoro rovinino il bordo delle pozze. È necessario anche creare corridoi biologici per favorire lo spostamento delle specie presenti ed evitare gli investimenti notturni, si consiglia di costruire un sottopasso e posizionare barriere per impedire l'accesso diretto alla strada.

È inoltre opportuno:

- porre attenzione ad evitare investimenti stradali ad opera dei veicoli in transito su animali selvatici;
- controllare l'efficienza dei mezzi e delle macchine di cantiere, in modo tale da evitare perdite di fluidi potenzialmente inquinanti, nonché la produzione di rumori inutili;
- contenere la diffusione di polveri attraverso la bagnatura delle superfici maggiormente critiche;
- gestire correttamente la movimentazione del materiale di risulta, che se non riutilizzato per i ripristini morfologici, non dovrà essere per nessun motivo abbandonato in loco e nell'intorno delle aree oggetto di estrazione;
- al termine dei lavori di ogni comparto, antecedentemente alle operazioni di recupero e ripristino ambientale, provvedere all'eliminazione dei residui di cantiere, dei manufatti provvisori e di ogni materiale in esubero, da conferire in idonei siti autorizzati.

Per quanto attiene nello specifico la **chiroterofauna**, si segnala:

- per le aperture verso l'esterno di tutti gli accessi delle gallerie e delle prese d'aria oggi chiuse (da cancelli o griglie; muri o pannelli) dovranno essere prodotte aperture di misura minima 20 cm (altezza) x 40 cm (larghezza) affinché sia consentito il passaggio in volo dei chiroterteri;



Figura 409 – Esempio di griglia da posizionare all'ingresso delle gallerie.

- nel rispetto della normativa vigente in materia di risparmio energetico ed inquinamento luminoso (LR n. 17/2000 integrata da DGR n. 2611/2000 e LR n. 38/2004 e regolamento di attuazione DGR n. 7/6162/2001) andranno installate lampade che non comportino dispersione di luce verso l'alto e che in generale minimizzino l'inquinamento luminoso nell'area, in particolare per gli ingressi alle gallerie, magazzini, laverie, aree di cantiere e movimentazione materiali, strade in area boscata, ecc. Dovrà dunque essere valutata una strategia unitaria per l'area che abbia come linea guida la limitazione dell'inquinamento luminoso per minimizzare il disturbo alle popolazioni di chiroterteri.

Il disturbo arrecato ai pipistrelli dipende in primo luogo dall'intensità luminosa e secondariamente dalle caratteristiche spettrali della luce, risultando maggiore quando vengono usate luci con lunghezza d'onda basse (Downs N. C. *et al.*, 2003. e Mann S. L. *et al.*, 2002). Lungo le strade andranno lasciati varchi bui, strisce di almeno 10 metri di lunghezza e di 3-4 metri ai lati del sedime stradale (BCT&ILE, 2009).

Andranno evitate lampade che emettano radiazione UV e che producano luce con lunghezza d'onda inferiore ai 500 nm;

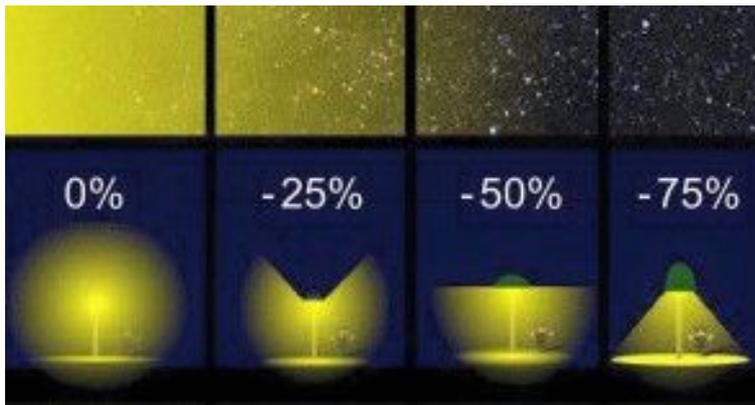


Figura 410 – Esempi di lampade e relativa dispersione inquinante.

- per favorire la connettività ambientale per i varchi che si troveranno in aree prative o aperte andranno impiantate siepi lineari che si colleghino ad elementi lineari già presenti o ad aree boscate e fungano da corridoi di volo per i pipistrelli;

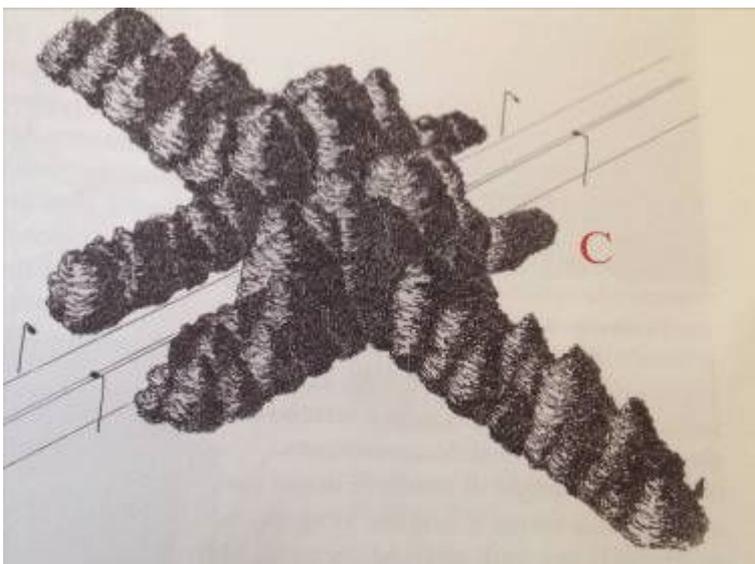


Figura 411 – Esempio di varco per chiroteri, 10 metri di lunghezza per almeno 3-4 metri di larghezza, oltre il sedime stradale; vanno lasciati a vegetazione naturale o piantumati (Biasoli et. al, 2011).

- considerata l'assenza dei chiroteri nelle gallerie artificiali, non si ritiene necessario - preventivamente allo stoccaggio del materiale sterile nelle stesse- esperire eventuali ulteriori sopralluoghi per verificare la presenza dei chiroteri.

9.1.6 Aspetti paesaggistici

Stante gli interventi di mitigazione e compensazione di diversa natura (es. forestali), che evidentemente si riflettono in maniera positiva anche per quanto concerne il paesaggio, si ritiene altresì importante riferirsi anche alle seguenti ulteriori misure di attenzione e riqualificazione, rimandando ad ogni modo alle buone prassi operative cui attenersi per la conservazione dell'integrità degli elementi caratteristici costitutivi il sistema paesistico-ambientale analizzato:

- eseguire i lavori per compartimentazioni, e non avviare concomitantemente più cantieri di sbancamento in diverse zone dell'area oggetto di concessione;
- per i reinterri e i recuperi, si dovrà impiegare il suolo ed il materiale lapideo temporaneamente accantonati in fase di cantiere e non trasportato da altri siti;
- si dovrà provvedere all'eliminazione dei residui di cantiere, dei manufatti provvisori e di ogni materiale in esubero. A tal proposito, l'eventuale eccedenza di terre di scavo e materiali lapidei utilizzati per i recuperi morfologici delle aree, non potranno essere scaricati o depositati in aree non autorizzate, ma smaltiti in idonei siti;
- si deve evitare nella maniera più assoluta l'accidentale sversamento di sostanze inquinanti e la produzione di rumori inutili, con ovvia eccezione delle "volate" per uso di esplosivo;
- le opere di cantierizzazione dovranno essere progettate avendo cura di evitare alterazioni irreversibili del contesto nel quale si interviene e, a fine lavori, ogni area di cantiere e di lavorazione dovrà essere prontamente recuperata;
- tutte le attività dovranno essere eseguite evitando di innescare fenomeni erosivi e cedimenti strutturali, così come rimarcato dalle indagini geologiche eseguite sulle aree, e senza causare ristagni o alterare pesantemente il regolare deflusso delle acque superficiali, che andranno opportunamente regimate. A tal riguardo, dovranno essere scongiurati fenomeni, anche se temporanei, di alterazione della qualità delle acque naturali dovuti alla mobilitazione di sedimenti che possano aumentare drasticamente la torbidità dei corsi d'acqua naturali, con effetti negativi sulla eventuale presenza di fauna acquatica e sull'aspetto estetico;
- esclusivo impiego di essenze autoctone certificate e idonee ai siti di intervento per eventuali operazioni di recupero, che non devono configurarsi come semplice "maquillage a verde", ma come occasione di valorizzare ed incrementare la biodiversità dei luoghi;
- nelle situazioni di pendenza elevata o di maggior difficoltà, per la stabilità del terreno vegetale durante le eventuali fasi di recupero, prevedere idonei interventi di ingegneria naturalistica forestale, che andranno opportunamente definiti in corso d'opera e in base alle condizioni locali;

- in generale, adottare il più possibile tecniche di intervento che si ispirino all'ingegneria naturalistica, anche per il controllo dell'erosione e per il consolidamento superficiale dei versanti, secondo i contenuti del "Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica" di cui alla DGR n. 6/48740 del 29 febbraio 2000.

A tal riguardo, si rimanda tuttavia, come segnalato nella DGR n. 2727/2011, ai criteri ed agli indirizzi contenuti nelle Linee Guida regionali in materia di Ingegneria Naturalistica, Opere Tipo e utilizzo di Materiali Vivi per tutte le tecniche e le operazioni di recupero ambientale.

In buona sostanza, ciò che si prevede e si prescrive al termine dell'attività di coltivazione mineraria, è il riordino integrale ed ecologicamente compatibile delle superfici interessate dalla pratica estrattiva e di lavorazione mineraria.

La scelta dei materiali, delle tecniche realizzative e dei processi di riordino, rimodellamento e recupero ambientale, devono, nel complesso, contribuire a riparare e a mitigare le incidenze derivanti dall'attività estrattiva.

9.1.7 Aspetti archeologici

Si rimanda alla Relazione archeologica allegata al presente Studio di Impatto Ambientale.

La ricognizione archeologica è stata curata dalla Società di Ricerche Archeologiche “Archeo Studi Bergamo s.r.l.” ed è stata svolta nelle persone di Roberto Mella, Virginia Chinelli, Fabio Cocomazzi e Monica Motto.

9.1.8 Rumore

Si rimanda all'allegata Valutazione previsionale di impatto acustico.

9.1.9 Vibrazioni

Per ridurre ulteriormente i rischi dell'effetto delle vibrazioni dal brillamento, ancorché si sia dimostrato non abbiano ripercussioni significative, saranno in ogni caso considerati ulteriori metodi alternativi, volti a diminuire il valore della carica massima, quali:

- diminuzione della quantità di esplosivo per foro, ad esempio praticando fori di diametro inferiore o di lunghezza minore;
- utilizzazione di un maggior numero di detonatori impostando ritardi differenti.

Ciò suffraga ulteriormente la non significatività degli effetti causati dalle vibrazioni.

9.1.10 Viabilità e traffico

Si rimanda all'allegata Valutazione previsionale di impatto acustico.

9.1.11 Quadro socio-economico

A fronte di effetti esclusivamente positivi su questa componente in caso di riattivazione dell'attività mineraria in argomento, non risultano necessarie particolari misure di mitigazione.

9.1.12 Salute pubblica

Si rimanda all'allegata Valutazione previsionale di impatto sanitario.

9.2 ELEMENTI DI COMPENSAZIONE

La definizione puntuale delle misure di compensazione deve rientrare in un processo “work in progress” connotato da un percorso dialettico di condivisione con tutti gli Enti coinvolti nell’iter istruttorio autorizzativo, al fine di costruire un programma di intervento che sia in grado di riequilibrare eventuali criticità riscontrate dai vari soggetti, sia di tipo *ambientale* ma anche *territoriali e sociali*.

Come suggerimento generale, ci preme sottolineare come per favorire la biodiversità ambientale e fitocenotica (eco-mosaico) dell’area interessata dall’attività estrattiva, in fase di recupero potrebbero essere previste misure compensative quali la strutturazione di aree umide, zone di margine boschivo con siepi e bassi arbusti (mantello), nonché zone aperte.

La bontà delle scelte fatte ai fini della mitigazione e della compensazione degli impatti, sulla base delle analisi svolte, sarà comunque verificata da monitoraggi *ante e post operam*.

In riferimento alla chiroterofauna, si prescrive in particolare quanto segue.

- Sebbene le caratteristiche ambientali di temperatura ed umidità delle gallerie più profonde non siano riproducibili in contesto diverso, si ritiene importante fornire ai chiroteri ambienti rifugio. In caso di sviluppo di specifiche attività divulgative per la conoscenza dei chiroteri (percorsi tematici faunistici) sviluppati a seguito della disponibilità delle gallerie già sfruttate e sistemate, potranno essere valutate soluzioni di osservazione degli esemplari che limitino il disturbo utilizzando ad esempio telecamere ad infrarosso, in funzione solo per brevi periodi e non in continuo, che mostrino le immagini degli esemplari in galleria, evitando la fruizione dei luoghi; i percorsi dovranno essere guidati da personale tecnico formato specificatamente sui chiroteri.
- La perdita di connettività dovuta all’inquinamento luminoso e acustico lungo le strade di accesso entro il sito minerario va mitigata come definito nel relativo paragrafo; l’effetto residuo andrà compensato offrendo ai chiroteri un rafforzamento degli elementi ambientali di interesse per mantenere la frequentazione dei luoghi, intervenendo con azioni di miglioramento ambientale. Andranno dunque informati i gestori dei terreni compresi entro l’area di concessione mineraria della necessità di mantenere nelle migliori condizioni gli ambiti di foraggiamento evitando la chiusura delle aree prative da parte di arbusteti o rovi in avanzamento; andranno mantenute le siepi naturali -in quanto fungono da corridoio per lo

spostamento dei chiroterri- e gli alberi decadenti in piedi o crollati entro il bosco, e potranno essere valutati ulteriori interventi che si rendessero necessari nel tempo.

- Nell'eventualità che futuri rami di galleria sfruttati e ripristinati venissero dedicati ad attività didattico-divulgative, potrebbe essere auspicabile posare pannelli informativi sui chiroterri, il cui contenuto potrebbe essere la descrizione delle specie di pipistrelli di abitudini ipogee e forestali segnalate per l'area, la normativa vigente a tutela dei chiroterri e la spiegazione di come i pipistrelli siano legati all'ambiente antropico di miniera, con l'indicazione dei provvedimenti e delle mitigazioni/compensazioni attuate per la loro tutela nell'ambito del progetto di sfruttamento minerario in oggetto.
- Eventuali attività divulgative inerenti i chiroterri dovranno essere condotte da personale che abbia ricevuto comprovata formazione sulla biologia, etologia e tutela dei chiroterri da parte di personale esperto.

10.0 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Si rimanda al relativo allegato.

11.0 CONDIZIONI AMBIENTALI

È entrata in vigore il 21 luglio la nuova disciplina sulla Valutazione di Impatto ambientale (VIA) introdotta con D.Lgs. 16 giugno 2017, n. 104, pubblicata sulla Gazzetta ufficiale n.156 del 6 luglio 2017. Si tratta di un provvedimento di adeguamento alla disciplina europea della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014 che modifica la direttiva 2011/92/UE concernente la Valutazione dell'Impatto Ambientale di determinati progetti pubblici e privati.

All'art. 2. "Modifiche all'articolo 5 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152", comma 1, lettera h), viene indicata la modifica della lettera o-bis) del D.Lgs. n. 152/2006. In particolare, viene inserita la lettera o-ter) che recita: "condizione ambientale del provvedimento di verifica di assoggettabilità a VIA: prescrizione vincolante, se richiesta dal proponente, relativa alle caratteristiche del progetto ovvero alle misure previste per evitare o prevenire impatti ambientali significativi e negativi, eventualmente associata al provvedimento negativo di verifica di assoggettabilità a VIA".

Sulla scorta di questa precisazione, si ritiene che le CONDIZIONI AMBIENTALI siano tutte le misure di mitigazione e compensazione individuate e suggerite nell'ambito del progetto e del presente Studio di Impatto Ambientale, atte a evitare e/o prevenire gli impatti ambientali.

12.0 CONSIDERAZIONI E VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Il presente Studio di Impatto Ambientale ha valutato gli effetti sulle componenti della matrice ambientale interessata dall'istanza di estensione della concessione mineraria denominata "Monica" che interessa i comuni di Oltre il Colle, Oneta e Gorno in Provincia di Bergamo, facente parte del più ampio progetto denominato "GORNO ZINC PROJECT" (miniere del complesso minerario Riso/Parina).

Hattusas S.r.L., con l'ausilio di tutti gli specialisti di settore dalla comprovata esperienza scientifica e preparazione in campo ambientale, ha coordinato il presente Studio di Impatto Ambientale, che fa riferimento agli elaborati progettuali definitivi delle opere.

Dall'analisi complessiva degli impatti, è emerso che l'attivazione delle attività in progetto comportano, alla scala locale di riferimento, alcuni impatti sulla matrice ambientale, ma di significatività contenuta e non di natura irreversibile, in quanto non sono presenti elementi di particolare pregio nelle componenti ambientali che possono essere modificati od alterati significativamente dalla realizzazione delle attività in progetto, che per la maggior parte si svolgeranno in sotterraneo o presso preposti impianti sotto controllo e in linea con le richieste di compatibilità normativa.

Alla scala sovra locale, l'impatto residuo complessivo può ritenersi invece sotto la soglia di significatività.

È bene ribadire come l'area della concessione "Monica" ed in generale l'ambito di attivazione del progetto "Gorno Zinc Project" si colloca in un contesto all'interno di un panorama ormai consolidato che accoglie da tempi storici la realtà di estrazione e lavorazione dei minerali.

Facendo pertanto riferimento alle valutazioni scaturite dal raffronto con i criteri di valutazione indicati dalla normativa, e alle considerazioni e ai risultati emersi nel presente Studio, nel rispetto delle misure di protezione, mitigazione e compensazione previste, si propone di attribuire alle attività oggetto d'istanza in argomento una valutazione conclusiva positiva in termini di compatibilità ambientale.

Grassobbio, dicembre 2019

a cura di:



Hattusas S.r.L.
consulenze e servizi nel vasto campo della geologia e dell'ambiente
rilevazioni gas Radon e inquinamento indoor

sede legale: Via Roma, 37 – 24060 – Castelli Calepio (BG)
sede operativa: Via Vespucci, 47 – 24050 – Grassobbio (BG)

tel.: 035 4425112

e-mail: info@hattusas.it

PEC: info@pec.hattusas.it

WEB: www.hattusas.it

La responsabilità per l'utilizzo dei dati contenuti nel presente Studio di Impatto Ambientale, per qualsiasi altra finalità, risulta esclusivamente sull'utilizzatore dei dati stessi.

13.0 SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA

Le principali fonti documentali consultate ed impiegate, quando non prodotte in modo originale dal gruppo di lavoro nell'ambito progettuale e di redazione del presente Studio di Impatto Ambientale, hanno fatto principalmente riferimento a documenti, banche dati, cartografie e basi informative desunte dai seguenti siti web:

- <http://www.asl.bergamo.it>
- <https://www.cartografia.regione.lombardia.it>
- <http://www.comune.gorno.bg.it>
- <http://www.comune.oltreilcolle.bg.it>
- <http://www.comune.oneta.bg.it>
- <https://www.energiaminerals.com>
- <http://www.interreg-enplan.org>
- <http://ita.arpalombardia.it>
- <https://www.minambiente.it>
- <https://www.parcorobie.it>
- <http://www.provincia.bergamo.it>
- <http://www.regione.lombardia.it>
- <http://silvia.regione.lombardia.it>
- <https://speleolombardia.wordpress.com>
- <http://www.uniacque.bg.it>
- <https://www.vallebrembana.com>
- <http://www.valleseriana.bg.it>

Bibliografia di riferimento (fauna in generale)

AA.VV., 2009 - Piano Naturalistico del Parco delle Orobie Bergamasche.

AA.VV., 2010 - Piano di Gestione della ZPS "Parco delle Orobie Bergamasche".

BASSI E., CAIRO E., FACOETTI R., ROTA R., 2016 - Atlante degli uccelli nidificanti in provincia di Bergamo 600 pp.

BOCCA, M., 2007 - Galliformi alpini, pressione antropica e misure di tutela. I galliformi alpini. Esperienze europee di conservazione e gestione – Atti del convegno, Torino 28 novembre 2006.

BRUSA G., CERAMBOLINI B, CROTTI C., ROCCHI L., 2010 - Progetto Ri.Alp. (Rinaturazione Alpeggi).

BULGARINI F., CALVARIO E., FRATICELLI F., PETRETTI F., SARROCCO S. (Eds), 1998 - Libro Rosso degli Animali d'Italia - Vertebrati. WWF Italia, Roma, pp 210.

- CAPPS K.A., BERVEN K.A. & TIEGS S.D., 2015 - Modelling nutrient transport and transformation by pool-breeding amphibians in forested landscapes using a 21-year dataset. *Freshwater Biol.* 60: 500-511.
- CHEE Y.E. & ELITH J., 2012 - Spatial data for modelling and management of freshwater ecosystems. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 26: 2123-2140.
- COX, N.A. AND TEMPLE, H.J., 2009 - European Red List of Reptiles. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- DGR n. 7/4345 del 20 aprile 2001.
- FASOLA M., MERIGGI A., CROTTI C., 2013 - Individuazione di aree ad elevata naturalità e biodiversità nel Parco delle Orobie bergamasche.
- GAGLIARDI A., TOSI G., 2012 - Monitoraggio di Uccelli e Mammiferi in Lombardia. Pp. 448.
- GHETTI P.F., 1997 - Indice Biotico Esteso (IBE): Manuale di applicazione Provincia Autonoma di Trento: Trento. 222 p.
- GUPTA K. & SHARMA A., 2005 - Macroinvertebrates as indicators of pollution. *J. Environ. Biol.* 26: 205-211.
- GUSTIN M., BRAMBILLA M. & CELADA C. (a cura di), 2010 - Valutazione dello Stato di Conservazione dell'avifauna italiana. Volume I. Non-Passeriformes. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Lega Italiana Protezione Uccelli (LIPU). Pp:842.
- GUSTIN M., BRAMBILLA M. & CELADA C. (a cura di), 2010 - Valutazione dello Stato di Conservazione dell'avifauna italiana. Volume II. Passeriformes. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Lega Italiana Protezione Uccelli (LIPU). Pp:1186.
- KOPERSKI P., 2010 - Diversity of macrobenthos in lowland streams: ecological determinants and taxonomic specificity. *J. Limnol.* 69: 88-101.
- MAITLAND P.S., 1990 - Biology of fresh waters Kluwer: Stirling. 288 p.
- MERIGGI A., 1998 - Bioindicatori a livello di popolazioni e comunità. Fauna. In: Sartori F. (Ed.) Bioindicatori ambientali. Fondazione Lombardia per l'Ambiente. Ricerche e Risultati. Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano. pp. 277-290.
- PERONACE V., CECERE J.G., GUSTIN M., RONDINININ C., 2012. - Lista Rossa 2011 degli Uccelli Nidificanti in Italia. *Avocetta* 36:11-58 (2012).
- STAZIONE SPERIMENTALE REGIONALE PER LO STUDIO E LA CONSERVAZIONE IN LOMBARDIA – Lago di Endine, 2010 - Relazione progetto Anfi.Oro. (Anfibi Orobiani).
- STOCH F., GENOVESI P. (ed.), 2016 - Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016.

TEMPLE, H.J. AND COX, N.A., 2009 - European Red List of Amphibians. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

TEMPLE, H.J. AND TERRY, A. (Compilers). 2007 - The Status and Distribution of European Mammals. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Bibliografia di riferimento (chiotterofauna)

AA.AV., 2010 - Piano di Gestione ZPS IT 206401 “Parco Regionale Orobie bergamasche”.

AA.VV., 2010 - Piano di Gestione ZSC IT 206008 “Valle Parina”.

AA.VV., 2010 - Piano di Gestione ZSC IT 206009 “Val Nossana - Cima di Grem”.

AGNELLI *et al.*, 2004 - Quad. Cons. Natura, 19, Min. Ambiente – Ist. Naz. Fauna Selvatica. Linee guida per il monitoraggio dei chiotteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia.

BCT (Bat Conservation Trust) & ILE (Institution of Lighting Engineers), 2009 - Bats and lighting in the UK. Bats and the Built Environment Series. Ver. 3, maggio 2009.

BIASOLI *et al.*, 2011 - Gestione e conservazione della fauna minore. Cap. chiotteri.

DOWNS N.C., BEATON V. GUEST J., POLANSKI J., ROBINSON S. L., RACEY P. A., 2003 - The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*. *Biological Conservation*, 111: 247-252.

ENERGIA MINERALS ITALIA s.r.l., 2015 - Potenziale impatto causato dalle esplosioni su strutture superficiali e grotte.

HATTUSAS, 2015 - Studio per la Valutazione di Incidenza relativo al progetto di scavo di galleria per ricerca mineraria all'interno dell'esistente Galleria “Forcella” in Comune di Oltre il Colle (BG) – Miniere del complesso minerario Riso/Parina.

FONDAZIONE LOMBARDIA AMBIENTE, 2010 - Atlante dei SIC della Provincia di Bergamo.

KRÄTTLI H., SSF, 2005 - Fassden-Beleuchtungen: eine Bedrohung für Fledermäus-Anzeiger *FMAZ*, 80:10-11.

LANZA B., 2012 - Mammalia V. Chiroptera. Fauna d'Italia. Il Sole 24 Ore, Edagricole.

MANN S. L., STEIDL R. J., DALTON V. M., 2002 - Effect of cave tours on breeding *Myotis velifer*. *J. Wildl. Manage.*, 66(3).

RUSSO D., JONES G., 2002 - Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology*, London, 258: 91-103.

SIEMERS, B. M., PARSONS S., JONES K. E., 2012 - A continental-scale tool for acoustic identification of European bats. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1064–1074.

SPADA M., PREATONI D. G., TOSI G., MARTINOLI A., 2011 - Piano di monitoraggio dei Vertebrati terrestri di interesse comunitario (Direttive 79/409/CEE e 92/43/CEE) in Lombardia. Il monitoraggio dei chiroteri. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Università degli Studi dell'Insubria, Dipartimento Ambiente-Salute-Sicurezza, rapporto interno.

STONE E. L., JONES G., HARRIS S., 2009 - Street lighting disturbs commuting bats. *Current biology* 19 (13):1123-1127.

UE, 2011 - Documento di orientamento: Estrazione di minerali non energetici e Natura 2000.

WALTERS, C. L., FREEMAN R., COLLEN A., DIETZ C., BROCK FENTON M., JONES G., OBRIST M. K., PUECHMAILLE S. J., SATTLER T., SIEMERS B.M., PARSONS S., JONES K.E., 2012 - A continentalscale tool for acoustic identification of European bats. *Journal of Applied Ecology* 49: 1064-1074.

ZINGG P. E., 1990 - Akustische Artidentifikation von Fledermäusen (Mammalia: Chiroptera) in der Schweiz. *Revue suisse de Zoologie*, 97: 263-294.

Bibliografia di riferimento (fauna ipogea)

CHEMINI C., 1985 - Descrizione del maschio di *Peltonychia leprieuri* (LUCAS) e ridescrizione di *Mitostoma orobicum* (CAPORIACCO). *Boll. Soc. Ent. Ital. Genova* 117 (4-7): 72-75.

COMOTTI G., 1987 – Appunti sulla fauna di alcune cavità lombarde. *Riv. Mus. Sc. Nat. Bergamo* 10: 61-71.

COMOTTI G., 1989 – Una nuova specie di *Allegrettia* Jeannel delle Prealpi Bergamasche (Coleoptera Trechinae). *Riv. Scienze Naturali “E. Caffi” Bergamo*, vol. 14 (1989): 113-121.

INZAGHI S., 1987 – Una nuova specie del genere *Chthonius* s. str. delle Prealpi Lombarde (*Pseudoscorpiones Chthoniidae*). *Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. St. Nat. Brescia* 23 (1986): 165-182.

MONGUZZI R., 1982 – Studi sul genere *Boldoriella* Jeannel: sistematica, geonemia, ecologia (Coleoptera Carabidae Trechinae). *Atti Soc. It. Sc. Nat. e Mus. Civ. St. Nat. Milano*, 123 (2-3): 189-236.

MONGUZZI R., 1984 – Diagnosi preliminare di una nuova specie di *Boldoria* Jeannel (Coleoptera, Catopidae, Bathysciinae). *G. It. Ent.*, 2 (6): 7-12.

MONGUZZI R., 2011 – Sintesi sulle attuali conoscenze del genere *Allegrettia* Jeannel, 1928 (Coleoptera Carabidae Trechinae). *Annali del Museo Civico di Storia Naturale “G. Doria”*, vol. 103 - 126 (3): 233-242.

MONZINI V., 2016 – *Allegretta pavanii orobiensis* nuova sottospecie delle Alpi Orobie, simpatica e sintopica con *Allegretta comottii* MONGUZZI 2011 (Coleoptera Carabidae Trechini). *Natura Bresciana Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia* 2015, 39: 101 – 105.

OSELLA G., 1983 – I *Trogloorhynchus* del gruppo *baldensis* Czwalina, 1875 (Insecta: Coleoptera: Curculionidae). *Studi Trentini di Scienze Naturali*, vol. 60 *Acta Biologica*: pp.95-123 – Trento.

VAILATI D., 1988 – Studio sui *Bathysciinae* delle Prealpi Centro-Occidentali. Revisione sistematica, ecologica, biogeografia della “serie filetica di *Boldoria*”. *Monografie di Natura Bresciana* n. 11.

PESARINI C., 2001 – Note sui *Troglohyphantes* italiani, con descrizione di quattro nuove specie (*Araneae Linyphiidae*). *Atti Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano* 142/2001 (I): 109-133.

PEZZOLI E., 1978 - Nuove stazioni di *Paladilhiopsis concii* (Allegretti) delle Prealpi Lombarde con particolare riguardo ad una notevole località di “rifugio” in Valle Seriana. *Atti XII Congresso Nazionale di Speleologia*, S. Pellegrino, 1-4 novembre 1974 – in *Rass. Speleol. Ital. Memoria XII* – Como, 1978.

PEZZOLI E. & SPELTA F., 2000 – I Molluschi delle sorgenti e delle “Acque Sotterranee”: IX aggiornamento al censimento V° capitolo – Regione Lombardia: Provincia di Bergamo. In particolare: ricerca sulla tenatocenosi che si accumula nelle vaschette di decantazione delle sorgenti captate. *Monografie di Natura Bresciana*, Brescia 24: 1-252.

SCHONHOFER A. & MARTENS J., 2010 – On the identity of *Ischyropsalis dentipalpis* Canestrini, 1872 and description of *Ischyropsalis lithoclasica* sp. n. (Opiliones Ischyropsalididae). *ZOOTAXA*, 2613: 1-14 (2010).

TEDESCHI M. & SCIAKY R., 1994 - Three New Italian Species of the genus *Holoscotolemon* (Arachnida Opiliones Erebomastriidae). *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, 18, 1991: pp. 1-10.

Bibliografia di riferimento (aspetti minerari e progettuali)

BONI, M., AND LARGE, D., 2003 - Non-sulfide zinc mineralization in Europe: an Overview: *Economic Geology*, v. 98, p. 715-729.

BRIGO, L., KOSTELKA, L., OMENETTO, P., SCHNEIDER, H.J., SCHROLL, E., SCHULZ, O., AND STRUCL, I, 1977 - Comparative reflections on four alpine Pb-Zn deposits: In, Klemm, D.D. and Schneider, H-J., (eds.), *Time and Stratabound Ore Deposits*. Springer, Berlin, p. 273-293.

BRUSCA, C., GAETANI, M., JADOUL, F., VIEL, G., 1981 - Paleogeografia Ladino-Carnica e Metallogenese del Sudalpino, *Mem. Soc. Geol. It.* 22 (1981), 65-82, 5 ff.

- CASSINIS, G., CORTESOGNO, L., GAGGERO, L., PEROTTI, C.R., AND BUZZI, L., 2008 - Permian to Triassic geodynamic and magmatic evolution of the Brescian Prealps (eastern Lombardy, Italy), *Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci.)*, Vol. 127, No. 3, pp. 501-518.
- DE ANGELIS, M., - 2008. Gorno Project Lead-Zinc-Fluorite-Barite Mining District, Lombardy Region, Italy; internal report to Metex Resources Ltd.
- DI COLBERTALDO, D., 1967 - *Giacimenti Minerari*, Vol. I – *Giacimentologia generale e giacimenti di Pb-Zn (e Ag)*. Cedam, Padova, 383p.
- DZULYNSKI, S. AND SASS-GUSTIEWICZ, M., 1977 - Comments on the genesis of the Eastern-Apline Zn-Pb deposits: *Mineralium Deposita* 12, p. 219-233.
- FANT J., POWERS R., KENNEDY J., AND ELLIOTT W., 2009 - A gency Guide to Cave and Mine Gates August 2009. Sponsored by: American Cave Conservation Association, Bat Conservation International and Missouri Department of Conservation.
- KUCHA, H., SCHROLL, E., RAITH, J.G., AND HALAS, S., 2010 - Microbial Sphalerite Formation in Carbonate-Hosted Zn-Pb Ores, Bleiberg, Austria: Micro- to Nanotextural and Sulfur Isotope Evidence, *Economic Geology*, 105, p. 1005–1023.
- LEACH, D., BECHSTÄDT, T., BONI, M., AND ZEEH, S., 2003 - Triassic-hosted MVT Zn-Pb ores of Poland, Austria, Slovenia and Italy, in Kelly, J., et al., *Europe’s major base metal deposits: Irish Association of Economic Geology*, p. 169–213.
- LEACB, D. L., AND D. F. SANGSTER., 1993 - Mississippi Valley-type lead-zinc deposits. *Geological Association of Canada special paper* 40.
- MAUCHER, A., AND SCHNEIDER, H. J., 1967 - The Alpine lead-zinc ores: *Economic Geology Monograph* 3, p. 71–89.
- MISSTER, 2013 - Handbook to best practices for mine shafts protection. EUROPEAN COMMISSION. June 2013.
- NRA, 2013 - Benchmarking Rehabilitation Standards. Prepared for an Australian State Government Agency by NRA Environmental Consultants.
- OTML, 2009 - Mine Area Rehabilitation Plan 2009. Prepared for Ok Tedi Mining Ltd November 2009, sourcing reports prepared by NRA Environmental Consultants.
- ROSENBAUM, G., LISTER, G.S., AND DUBOZ, C., 2004 - The Mesozoic and Cenozoic motion of Adria (central Mediterranean): a review of constraints and limitations, *Geodinamica Acta* 17/2 (2004) 125–139.
- SANGSTER, D.F., 1976 - Carbonate-hosted lead-zinc deposits: In, Wolf, K.H. (Ed), *Handbook of Stratabound and Stratiform Ore Deposits*, v. 6, P. 447-456.

SARTORI F., 1991 – Utilizzo delle macchie seriali di vegetazione negli interventi di ricostruzione della copertura vegetale naturale spontanea. Simp. Naz. Società Botanica Italiana, Gruppo Conservazione Natura, Pavia. Verde ambiente, 6(Suppl.): 38-39.

SELVERSTONE, J., 2005 - Are the Alps collapsing? Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 33, p. 113–32.

SCHMID, S.M., 2011 - Regional tectonics: from the Rhine graben to the Po plain, a summary of the tectonic evolution of the Alps and their forelands, html version by R. Bousquet & P. Dèzes.

SCHROLL, E., 2005 - Alpine type Pb-Zn-deposits (APT) hosted by Triassic carbonates: in Mao, J. And Bierlein, F.P., eds., Mineral deposit research: meeting the global challenge: Proceedings of the Eighth Biennial SGA Meeting Beijing, China, 18–21 August, 2005, p. 175–178.

SCHULZ, O., 1964 - Lead-zinc deposits in the Calcareous Alps as an example of submarine-hydrothermal formation of mineral deposits: Developments in Sedimentology, v.2, p. 47-52.

STAMPFLI, G.M., BOREL, G.D., MARCHANT, R., AND MOSAR, J., 2006 - Western Alps geological constraints on western Tethyan reconstructions, Journal of the Virtual Explorer 8: p. 77-106.

STAMPFLI, G.M., VON RAUMER, J.F., AND BOREL, G.D., 2002 - Paleozoic evolution of pre-Variscan terranes: From Gondwana to the Variscan collision. Geological Society of America Special Papers 634.

ZANCHI, A., D'ADDA, P., ZANCHETTA, S., BERRA, F., 2012 - Syn-thrust deformation across a transverse zone: the Grem-Vedra fault system (central Southern Alps, N. Italy), Swiss Geological Society.

ALLEGATO CHECK LIST di caratterizzazione del contesto ambientale (appendice 1 DGR 12 settembre 2016 - n. X/5565)

Nota: nella compilazione delle varie sezioni della CHECK LIST, in caso di affermazione negativa, non si sono riportate le informazioni dei livelli successivi, richiesti solo in caso di affermazione positiva.

Sezione 1

a) *La progettualità è localizzata, anche parzialmente, all'interno di un'area protetta?*
SI

Se SI, quale?

Parco Regionale delle Orobie Bergamasche

b) *Denominazione e indirizzo dell'Ente Gestore dell'area protetta*

Parco Regionale delle Orobie Bergamasche

Viale Liberta n. 21 – 24021 – Albino (BG)

www.parcorobie.it

c) *Indicare quali elaborati/strumenti di pianificazione o gestione siano stati visionati*

Piano Naturalistico del Parco Regionale delle Orobie Bergamasche

d) *Specificare i Piani di Settore consultati*

Piani Naturalistici Comunali

Sezione 2

a) *La progettualità è localizzata, anche parzialmente, nel perimetro di Siti Natura 2000?*
SI

Se SI, quali sono i siti?

Zona di Protezione Speciale IT2060401 “Parco Regionale Orobie Bergamasche”

Zona Speciale di Conservazione IT2060009 “Val Nossana – Cima di Grem”

b) *Quale è l'Ente Gestore dei Siti Rete Natura 2000?*

Parco Regionale delle Orobie Bergamasche

Viale Liberta n. 21 – 24021 – Albino (BG)

www.parcorobie.it

c) *I Siti Natura 2000 sono dotati di Piani di Gestione adottati o approvati dall'Ente Gestore e/o misure di conservazione approvate dalla Giunta regionale?*

SI

Nel caso del Piano di Gestione indicare la data di adozione/approvazione

Deliberazione del Consiglio di Amministrazione del Parco n. 43 del 30.09.2010

Sezione 3

a) Quali sono gli habitat naturali di interesse comunitario interessati dalla proposta progettuale?

- 4070*: *Boscaglie di Pinus mugo e Rhododendron hirsutum*
 6170: *Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine*
 6210: *Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia)*
 6230: *Formazioni erbose a Nardus, ricche di specie, su substrato siliceo delle zone montane*
 6520: *Prati stabili (incl. arrenatereti, triseti e cinosuriati)*
 8120: *Ghiaioni calcarei e scisto-calcarei montani e alpini (Thlaspietea rotundifolii)*
 9130: *Faggeti dell'Asperulo-Fagetum*
 9180: *Acerofrassineti di ricolonizzazione*
 9180*: *Foreste di versanti, ghiaioni e valloni del Tilio-Acerion*
 91K0: *Foreste illiriche di Fagus sylvatica (Aremonio-Fagion)*
 9410: *Foreste acidofile montane e alpine di Picea (Vaccinio-Piceetea)*
 9420: *Foreste alpine di Larix decidua e/o Pinus cembra*

b) Quali sono le specie animali e vegetali su cui impatta la proposta progettuale, di cui agli allegati 2, 4 e 5 della Direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche?

ANIMALI**MAMMIFERI**

- Rhinolophus ferrumequinum* (allegati 2 e 4 Direttiva 92/43/CEE)
Rhinolophum hipposideros (allegati 2 e 4 Direttiva 92/43/CEE)
Myotis myotis (allegati 2 e 4 Direttiva 92/43/CEE)
Myotis blythii (allegati 2 e 4 Direttiva 92/43/CEE)
Myotis daubentonii (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Myotis mystacinus (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Myotis nattereri (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Pipistrellus kuhli (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Pipistrellus nathusii (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Pipistrellus pipistrellus (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Nyctalus leisleri (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Nyctalus noctula (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Hypsugo savii (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Eptesicus nilssonii (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Eptesicus serotinus (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Plecotus austriacus (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Plecotus auritus (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Plecotus macrobullaris (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Miniopterus schreibersii (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Tadarida teniotis (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Rupicapra rupicapra (allegato 5 Direttiva 92/43/CEE)

RETTILI

- Coronella austriaca* (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Elaphe longissima (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Lacerta bilineata (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)
Podarcis muralis (allegato 4 Direttiva 92/43/CEE)

ANFIBI*Rana temporaria* (allegato 5 Direttiva 92/43/CEE)*Triturus carnifex* (allegati 2 e 4 Direttiva 92/43/CEE)**ARTROPODI***Cerambyx cerdo* (allegato 2 Direttiva 92/43/CEE)*Lucanus cervus* (allegato 2 Direttiva 92/43/CEE)**VEGETALI****ANGIOSPERME***Galanthus nivalis* (allegato 5 Direttiva 92/43/CEE)

c) Quali sono le specie di avifauna su cui impatta la proposta progettuale, di cui all'allegato 1 della Direttiva 2009/147/CE concernente la conservazione degli uccelli selvatici?

*Aquila chrysaetos**Pernis apivorus**Milvus migrans**Alectoris graeca**Dryocopus martius***Sezione 4**

a) La proposta progettuale e l'ambito di progetto interessano la Rete Ecologica Regionale (RER) di cui alla deliberazione di Giunta regionale VIII/10962 del 30.12.2009 (Rete Ecologica Regionale: approvazione degli elaborati finali, comprensivi del Settore Alpi e Prealpi)?

SI

Se SI, specificare il codice e il nome del settore RER

108 – PIZZO ARERA**109 – MEDIA VAL SERIANA**

Indicare gli Elementi primari del settore RER

Elementi di primo livello della RER (Ecoregione Alpi e Prealpi)

Indicare gli Elementi di secondo livello del settore RER

Aree importanti per la biodiversità esterne alle Aree prioritarie

b) L'area di intervento ricade all'interno di Aree prioritarie per la biodiversità?

SI

Se SI, specificare il codice e la denominazione indicandone le peculiarità naturalistiche

60 – OROBIE

L'area, nel suo complesso, comprende l'intero massiccio orobico, sia sul versante bergamasco che valtellinese e camuno. Per l'ambito in esame riguarda parte dell'Alta Valle Brembana e in maniera più cospicua la Valle Seriana Superiore. Il fondovalle seriano, essendo piuttosto ampio e pianeggiante ha registrato negli ultimi cinquant'anni profonde trasformazioni in conseguenza di una significativa urbanizzazione che ha sottratto rilevanti spazi agricoli e radicalmente modificato il rapporto tra centri abitati e fiume. Marcata anche l'urbanizzazione in alcuni contesti a impronta turistica, come Valbondione-Lizzola, Gandellino, Gromo. I paesaggi vegetali

dei versanti alle basse quote dove fino agli anni Sessanta-Settanta predominavano i prati da sfalcio e un articolato insieme di ciglionamenti a ripe erbose sono stati in molti casi sostituiti sia dall'espansione dell'edificato sia dall'avanzata del bosco. Anche alle quote superiori, estese superfici a prato e a prato-pascolo sono state nuovamente occupate dal bosco in forte espansione per il lento ma costante venir meno delle tradizionali pratiche agronomiche di montagna e l'indebolimento strutturale dell'attività d'alpeggio. Lungo i fondivalle gli spazi agricoli, sono ormai ridottissimi a causa della proliferazione di insediamenti residenziali e produttivi. In tal senso assumono un fondamentale ruolo di varchi di connessione con i serbatoi naturali dei versanti

Sezione 5

La progettualità è localizzata in un'area classificata bosco ai sensi dell'art. 42 della legge regionale 5/12/2008, n. 31 (Testo unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale)?

SI

Se SI o parzialmente, specificare se l'area è sottoposta a Piano di Indirizzo Forestale (PIF)

SI

Se SI o parzialmente, indicare le previsioni alla trasformazione del bosco previste dal PIF

- **Boschi in cui sono previste solo trasformazioni ordinarie a delimitazione esatta (loc. Riso di Gorno)**
- **Boschi in cui sono previste solo trasformazioni ordinarie a delimitazione areale – Trasformazioni areali (loc. Riso di Gorno)**
- **Boschi in cui sono previste trasformazioni areali a fini naturalistici e paesaggistici (località Ca' Pasi di Oltre il Colle)**

Sezione 6

Con riferimento alla pianificazione faunistico-venatoria, la progettualità ricade, anche parzialmente, in una delle seguenti aree di cui all'art. 14 della legge regionale 16 agosto 1993, n. 26 (Norme per la protezione della fauna selvatica e per la tutela dell'equilibrio ambientale e disciplina dell'attività venatoria)?

- **Oasi di protezione (nella fattispecie le Oasi di protezione "Monte Alben" e "Val Vedra")**
- **Ambiti territoriali di caccia o Comprensori alpini di caccia (nella fattispecie i Comprensori alpini di caccia "Val Brembana" e "Val Seriana")**

Sezione 7

Con riferimento agli allegati A1, B1 e C1 alla deliberazione di Giunta regionale n. VIII/7736 del 24 luglio 2008, relativa agli elenchi di cui all'art. 1, comma 3, della legge regionale 31 marzo 2008, n. 10 (Disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della vegetazione spontanea), come modificata dalla deliberazione n. VIII/11102 del 27 gennaio 2010, indicare se la progettualità ricade, anche parzialmente, in aree della seguente tipologia:

- Aree con presenza di comunità e specie della Lombardia da proteggere

SI

Se SI, indicare quali (all. A1)

Efemerotteri stenoeci planiziali

Plecotteri planiziali

Tricotteri stenoeci planiziali

Molluschi delle sorgenti e delle acque sotterranee

Invertebrati troglobi

Insetti saproxilofagi degli alberi cavi

- Aree con presenza di specie di Anfibi e di Rettili da proteggere in modo rigoroso

SI

Se SI, indicare quali (all. B1) tra quelle in elenco non incluse in allegati alla Direttiva 92/43/CEE

- **Rana temporaria (Rana temporaria) ***

*** in realtà la Rana temporaria è inclusa anche in allegato 5 alla Direttiva Habitat**

- Aree di crescita di specie di flora spontanea protette in modo rigoroso

SI

Se SI, indicare quali (all. C1)

Galanthus nivalis

Saxifraga hostii

Sezione 8

L'ambito di progetto è/è stato interessato da una o più Valutazione Ambientale Strategica (VAS) o verifica di assoggettabilità a VAS?

SI

Se SI, specificare il Piano e gli estremi di valutazione, osservazioni/condizioni del Parere Motivato riconducibili alla componente Biodiversità, eventuali azioni di monitoraggio che interessano l'ambito di riferimento della progettualità

- **VAS del Piano di Governo del Territorio del PGT di Oltre il Colle**

DELIBERA CONSIGLIO n. 18 del 04/06/2013 – BURL n. 51 del 18/12/2013 - Serie Avvisi e Concorsi

Nessuna osservazione/condizione del Parere Motivato riconducibile alla componente Biodiversità

Nessuna azione di monitoraggio particolare che interessa l'ambito di riferimento della progettualità

- **VAS del Piano di Governo del Territorio del PGT di Oneta**

DELIBERA CONSIGLIO n. 29 del 29/10/2010 – BURL n. 12 del 21/03/2012 - Serie Avvisi e Concorsi

Nessuna osservazione/condizione del Parere Motivato riconducibile alla componente Biodiversità

Le azioni di monitoraggio si fondano su indicatori declinati in 8 tematiche di base, tra cui la “4A - tematica estrattiva e trattamento rifiuti”

- *VAS del Piano di Governo del Territorio del PGT di Gorno
DELIBERA CONSIGLIO n. 8 del 06/05/2014 – BURL n. 42 del 15/10/2014 - Serie Avvisi e Concorsi
Nessuna osservazione/condizione del Parere Motivato riconducibile alla componente Biodiversità*

Le azioni di monitoraggio, al pari della VAS del PGT di Oneta, si fondano su indicatori declinati in 8 tematiche di base, tra cui la “4A - tematica estrattiva e trattamento rifiuti”

- *VAS della VARIANTE n. 1 al Piano di Governo del Territorio del PGT di Gorno (in corso)*

Il sito di progetto è stato caratterizzato da studi/interventi per progetti a loro volta soggetti a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) o a Verifica di assoggettabilità?

SI

Se SI, indicare la denominazione del progetto e gli eventuali piani di monitoraggio ambientali previsti

- *VIA224-RL: Richiesta di pronuncia di compatibilità ambientale contestuale alla richiesta di autorizzazione per la riattivazione della Miniera denominata “Monica” sita nei Comuni di Gorno (BG), Oltre il Colle (BG), Oneta (BG) - BERGEM MINES & TECH*
- *VIA18-BG: Valutazione d’Impatto ambientale per la realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico denominato “Forcella” sul torrente val Parina nel Comune di Oltre il Colle - IMMOBILIARE BOSCO S.r.L.*
- *VER1902-RA: Permesso di ricerca per piombo, zinco, argento e minerali associati denominato “Zambla South”, ricadente nel territorio dei Comuni di Oltre il Colle e Oneta in Provincia di Bergamo - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1910-RA: Permesso di ricerca per piombo, zinco, argento e minerali associati denominato “Serio”, ricadente nel territorio dei Comuni di Ardesio, Oltre il Colle, Oneta, Parre, Ponte Nossola e Premolo in Provincia di Bergamo - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1907-RA: Scavo di discenderia per ricerca mineraria all’interno dell’esistente galleria “Forcella” in Comune di Oltre il Colle (BG) - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1900-RA: Permesso di ricerca per piombo, zinco, argento e minerali associati denominato “Passo Orso”, ricadente nel territorio dei Comuni di Oltre il Colle e Serina in Provincia di Bergamo - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1903-RA: Permesso di ricerca per piombo, zinco, argento, oro e minerali associati denominato “Oltre il Colle”, ricadente nel territorio dei Comuni di Oltre il Colle e Serina in Provincia di Bergamo - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1870-RA: Permesso di ricerca denominato “Zambla West” all’interno del territorio comunale di Oltre al Colle in Provincia di Bergamo, ha come scopo principale la definizione di corpi mineralizzati a zinco, piombo, argento e metalli associati in quantità e tenori economicamente estraibili - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1866-RA: Permesso di ricerca denominato “Parina” all’interno del territorio comunale di Oltre il Colle in Provincia di Bergamo, ha come scopo principale la definizione di corpi mineralizzati a zinco, piombo, argento e metalli associati in quantità e tenori economicamente estraibili - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *VER1869-RA: Permesso di ricerca denominato “Vedra Nord” all’interno dei territori comunali di Oltre il Colle e Ardesio in Provincia di Bergamo, ha come scopo principale la definizione di corpi mineralizzati a zinco, piombo, argento e metalli associati in quantità e tenori economicamente estraibili - ENERGIA MINERALS S.r.L.*

- *VER1867-RA: Permesso di ricerca denominato “Parina Nord” all’interno dei territori comunali di Oltre il Colle e Roncobello in Provincia di Bergamo, ha come scopo principale la definizione di corpi mineralizzati a zinco, piombo, argento e metalli associati in quantità e tenori economicamente estraibili - ENERGIA MINERALS S.r.L.*
- *NAZ32-RL: Ampliamento della discarica di 2° categoria tipo B per rifiuti speciali e tossico nocivi nei Comuni di Premolo e Gorno (BG) - PONTENOSSA S.p.A.*
- *VIA1000-RL: Ampliamento della discarica sita nei comuni di Gorno e Premolo (BG) - PONTENOSSA S.p.A.*
- *VIA747-RL: Ampliamento discarica della Val Rogno nei comuni di Gorno e Premolo (BG) - PONTENOSSA S.p.A.*

Sezione 9

La progettualità insiste su corpi idrici individuati e monitorati dal Piano di Gestione del Distretto idrografico del Fiume Po (2015)?

NO