

**S.S. 45bis - Gardesana Occidentale**

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. MI92

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**PROGETTISTA:**

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè  
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

**IL GEOLOGO**

*Dott. Geol. Serena Majetta  
Ordine Geol. di Roma n. 928*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

*Dott. Ing. Laura Troiani  
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

**COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. Ing. Giancarlo Luongo*

PROTOCOLLO

DATA

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

Parte 2 - Lo scenario di base

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00IA10AMBRE02_A.pdf			
DPMI0092	D 18	CODICE ELAB.	T00IA10AMBRE02	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		Mar 2020		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>L'INFRASTRUTTURA ATTUALE</b>	<b>4</b>
1.1	LA SS 45 BIS ATTUALE	4
1.2	L'INFRASTRUTTURA ATTUALE: LA DIMENSIONE FISICA	5
1.3	L'INFRASTRUTTURA ATTUALE: LA DIMENSIONE OPERATIVA	7
<b>2</b>	<b>IL CONTESTO AMBIENTALE</b>	<b>9</b>
2.1	ARIA E CLIMA	9
2.1.1	INQUADRAMENTO TEMATICO	9
2.1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
2.1.3	INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO	13
2.1.4	ANALISI EMISSIVA	38
2.1.5	ANALISI DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	41
2.1.6	I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI	71
2.1.7	LO SCENARIO ATTUALE: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI	75
2.2	GEOLOGIA E ACQUE	100
2.2.1	INQUADRAMENTO TEMATICO	100
2.2.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	100
2.2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	102
2.2.4	STRATIGRAFIA	103
2.2.5	SISMICITÀ	106
2.2.6	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	108
2.2.7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	110
2.2.8	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	111
2.2.9	PERICOLOSITÀ E RISCHIO ALLUVIONI	113
2.2.10	QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI	115
2.2.11	QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE	118
2.2.12	VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO	119
2.3	TERRITORIO E SUOLO	122
2.3.1	INQUADRAMENTO TEMATICO	122
2.3.2	INQUADRAMENTI TERRITORIALI	123
2.3.3	USO DEL SUOLO	123
2.3.4	PATRIMONIO AGROALIMENTARE	128
2.3.5	SISTEMA COLTURALE	131
2.3.6	LA STRUTTURA E LA PRODUZIONE DELLE AZIENDE AGRICOLE	132
2.3.7	LA ZOOTECNICA	132
2.4	BIODIVERSITÀ	135
2.4.1	INQUADRAMENTO TEMATICO	135
2.4.2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BIOCLIMATICO	135
2.4.3	LA VEGETAZIONE POTENZIALE E REALE	137
2.4.4	LA FAUNA	143
2.4.4.1	L'avifauna	143
2.4.4.2	I mammiferi	146
2.4.4.3	Gli anfibi	147
2.4.4.4	I rettili	147
2.4.4.5	I pesci	148
2.4.4.6	L'entomofauna	149
2.4.5	GLI ECOSISTEMI	149

2.4.6	LE AREE NATURALI TUTELEATE	152
2.4.7	LE RETI ECOLOGICHE	155
2.5	RUMORE E VIBRAZIONI	165
2.6	SALUTE UMANA	165
2.6.1	INQUADRAMENTO TEMATICO	165
2.6.2	SCREENING DELLE FONTI DI DISTURBO DELLA SALUTE UMANA	166
2.6.3	DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE E CONTESTO DEMOGRAFICO	173
2.6.4	PROFLILO EPIDEMIOLOGICO SANITARIO	175
	2.6.4.1 Premessa	175
	2.6.4.2 Mortalità	176
	2.6.4.3 Morbosità	179
	2.6.4.4 Conclusioni	182
2.6.5	FATTORI DI PRESSIONE	182
2.6.6	ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ACUSTICO ED ATMOSFERICO	184
2.7	PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE	185
2.7.1	INQUADRAMENTO TEMATICO	185
2.7.2	IL CONTESTO PAESAGGISTICO DI AREA VASTA	185
2.7.3	LA STRUTTURA DEL PAESAGGIO NELL'AREA DI INTERVENTO	189
2.7.4	ASPETTI PERCETTIVI	193

## 1 L'INFRASTRUTTURA ATTUALE

### 1.1 LA SS 45 BIS ATTUALE

La strada statale 45 bis "Gardesana Occidentale" fu realizzata tra gli anni 1920/1930, scorpendo la tratta da Cremona a Trento della vecchia SS 45.

Ha origine a Cremona dalla strada statale 10 Padana Inferiore e termina a Trento innestandosi nella strada statale 12 dell'Abetone e del Brennero. Con una lunghezza complessiva di 154,160 km, il tracciato interessa le province di Cremona, Brescia e Trento. Il tratto da Cremona a Brescia è pianeggiante e attraversa (direttamente o con varianti di recente realizzazione) i comuni di Persico Dosimo, Pozzaglio ed Uniti, Robecco d'Oglio, Pontevecchio, Bassano Bresciano, Manerbio, Bagnolo Mella, Poncarale e San Zeno Naviglio. La strada entra nella città di Brescia al km 46 dove confluisce nella ex strada statale 11 Padana Superiore (tangenziale Sud di Brescia). In questo tratto la strada corre nella pianura lombarda parallela all'Autostrada A21 e alla Ferrovia Brescia-Cremona

Nei pressi di Rezzato si distacca dalla SS 11 con caratteristiche di superstrada sino a Roè Volciano offrendo un rapido collegamento tra la città lombarda ed il Lago di Garda.

Questo tratto, terminato negli anni novanta come variante al vecchio tracciato (odierna SP 116), evita l'attraversamento degli abitati di Mazzano, Nuvolera, Nuvolento, Paitone, Gavardo, Villanuova sul Clisi e Roè Volciano. I due tracciati si riuniscono poco prima di Salò. Nel tratto tra Salò e Riva del Garda la strada costeggia la sponda occidentale del Lago di Garda (da cui il nome) attraversando i comuni di Gardone Riviera, Toscolano Maderno, Gargnano, Tignale, Tremosine sul Garda ed entrando in Trentino dopo il comune di Limone sul Garda (km 106,848).



Figura 1-1 Localizzazione itinerario SS 45 bis



Tra Gargnano e Riva, a causa delle numerose gallerie scavate nella roccia, esistono particolari limitazioni di sagoma. Giunti a Riva la strada prosegue in direzione nord nella valle del Sarca passando per i comuni di Arco, Dro, Calavino (innesto strada statale 237 del Caffaro in località Sarche), Vezzano per poi entrare a Trento dove ha termine.

In seguito al decreto legislativo 2 settembre 1997, n° 320, dal 1° luglio 1998, la gestione del tratto Riva del Garda - Trento è passata dall'ANAS alla Provincia autonoma di Trento. Quest'ultima ha lasciato la classificazione e la sigla di statale (SS) alla strada, in quanto essa rimane di proprietà statale. In seguito, invece, al decreto legislativo n. 112 del 1998, dal 2001, la gestione del tratto Cremona - Brescia è passata dall'ANAS alla Regione Lombardia, che ha ulteriormente devoluto le competenze alla Provincia di Cremona e alla Provincia di Brescia; queste hanno denominato la strada come provinciale, perché in Lombardia non esiste la classificazione di strada regionale. Il rimanente tratto, da Rezzato a Limone sul Garda, è invece rimasto all'ANAS.

L'infrastruttura oltre al collegamento con le famose località sciistiche e di villeggiatura del Trentino, rappresenta la maggiore viabilità di collegamento del lato occidentale del Lago di Garda, itinerario di forte valenza internazionale dal punto di vista paesaggistico e turistico, di cui il "Parco Alto Garda Bresciano" e le numerose infrastrutture turistico-alberghiere che rappresentano una delle maggiori fonti economiche del settore terziario della provincia di Brescia

L'infrastruttura in esame (SS45bis), nel tratto sotteso dall'intervento, prevede gallerie ogivali, attualmente di sezione insufficiente considerata l'evoluzione del traffico negli anni e delle dimensioni dei veicoli. Difatti la recente urbanizzazione della fascia costiera del Lago e la domanda di traffico soprattutto nel periodo estivo hanno portato ad una situazione quasi insostenibile: la particolare conformazione delle gallerie parietali, di forma "ogivale" ovvero con arco a sesto acuto e limitato franco altimetrico per i margini laterali, determina in un tratto dell'intero itinerario, pari a circa 2 km, l'impossibilità del passaggio contemporaneo dei mezzi pesanti nelle direzioni opposte. Ciò ha reso necessario un intervento provvisorio da parte di ANAS che consiste nell'installazione di un impianto semaforico per il controllo e la regolamentazione del traffico pesante in corrispondenza del tratto di sezione ridotta delle gallerie ogivali: detto impianto tuttavia determina un sensibile incremento dei tempi di percorrenza e la formazione di code da un lato e l'altro.

## 1.2 L'INFRASTRUTTURA ATTUALE: LA DIMENSIONE FISICA

L'infrastruttura attuale considerata è rappresentata dalla sola tratta della SS45 bis per cui il progetto prevede la variante in galleria. La schematizzazione della viabilità attuale è riportata nella figura sottostante.



Figura 1-2 Rappresentazione rete stradale attuale (SS45 bis dal km 86+567 al km 88+800)

L'infrastruttura esistente, nel tratto di intervento, è rappresentata dalla tratta di S.S.45 bis dal km 86+567 al km 88+800, in cui la piattaforma pavimentata risulta quasi totalmente in galleria, nello specifico con opere di forma ogivale quali la galleria "D'Acli" (di lunghezza pari a circa 930 metri), "Eutemia" (60 metri) e "Dei Ciclopi" (655 metri). Tali opere si sviluppano lungo la parete rocciosa a breve distanza dal margine del costone roccioso, con coltri di copertura che variano dai 20 agli oltre 100 m. La piattaforma pavimentata varia tra 6,20 a 7,40 m, presentando una corsia per senso di marcia, di modulo circa 3,00 - 3,25 m e banchine pressoché inesistenti o al massimo pari a 0,25 m.

Inoltre, data la forte acclività dei versanti, per i tratti all'aperto sono presenti importanti opere di sostegno (muri rivestiti in pietra locale), in alcuni casi prive di adeguati dispositivi di ritenuta a protezione. All'interno delle opere in sotterraneo la sezione stradale risulta ridotta, in particolare nella Galleria "D'Acli" e nel primo tratto della terza Galleria "Dei Ciclopi": la piattaforma pavimentata registra una larghezza non superiore a 5,25 m con margini inadeguati a tergo del pavimentato, sprovvista di protezioni all'urto laterale e di un'opportuna segnaletica orizzontale che allerti delle criticità presenti. Inoltre, si registra per circa 150 m della galleria n.3 "Dei Ciclopi" che la sezione stradale non è rivestita, presentando la "roccia viva" a margine della

piattaforma, limitando ulteriormente il franco libero nella banchina, criticità non trascurabile per la circolazione dei veicoli, in particolare i pesanti. Un'altra criticità da aggiungersi alle precedenti è rappresentata dal fatto che lungo l'intera tratta sono presenti diverse aperture della galleria lato lago (vale a dire delle finestre dell'opera in sotterraneo di lunghezza anche 15 m) che generano spigoli vivi a stretto margine del pavimentato, con potenziale urto frontale dei veicoli in marcia.

Stante quanto suddetto relativamente alle dimensioni della piattaforma, si sottolinea che la conformazione dell'opera ogivale riduce il franco altimetrico in banchina esterna a circa 3,50 – 4,00 m e tale criticità diventa di emergenza durante il passaggio contemporaneo di mezzi pesanti in una direzione e nell'altra. Ciò ha determinato un urgente intervento da parte di Anas, seppur a carattere provvisorio, di limitazione del traffico nel senso bidirezionale. Nello specifico è stato difatti necessario installare un impianto semaforico prima della Galleria "D'acili" per il controllo e regolamentazione del traffico pesante in corrispondenza del tratto di sezione ridotta delle suddette gallerie ogivali: detto impianto, mediante l'impiego di spire, sensori conta assi e sensori ad ultrasuoni posti sugli imbocchi delle gallerie, determina le fasi semaforiche che a sua volta generano, in occasione del "rosso", un sensibile incremento dei tempi di percorrenza della tratta interessata e la formazione di code da un lato e l'altro.

Il tratto interessato da tale limitazione si sviluppa per circa 2 km, ovvero prima dell'imbocco della Galleria "D'Acili" fino a quando la statale esce all'aperto nei pressi dell'intersezione con la strada provinciale S.P.38 che collega il Comune di Tignale e le sue frazioni, di cui si attestano le numerose strutture alberghiere e turistiche caratteristiche della tratta ai piedi del Lago di Garda.

Attualmente la provinciale, che registra una pendenza in discesa anche maggiore del 10%, si attesta sulla statale oggetto dell'intervento con un'intersezione a raso con "STOP".

### 1.3 L'INFRASTRUTTURA ATTUALE: LA DIMENSIONE OPERATIVA

Dal punto di vista operativo l'attuale infrastruttura, facendo riferimento allo "Studio trasportistico e analisi costi benefici" condotto nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica, sulla SS45bis, nella tratta oggetto di progettazione, sono presenti allo stato attuale, relativi al 2016:

- circa 6.950 veicoli leggeri;
- circa 330 veicoli pesanti, con massa superiore alle 3,5 tonnellate.

Le verifiche di funzionalità dell'attuale tratta hanno rilevato che il Livello di Servizio risulti essere estremamente basso ( $LdS = E$ ), rappresentativo della condizione di saturazione dell'infrastruttura e della presenza di frequenti accodamenti. Il basso Livello di Servizio è da imputare alle attuali caratteristiche della piattaforma stradale, che determina velocità di percorrenza della tratta estremamente basse (circa 40 km/h) e percentuali di accodamento alte, ben al di sopra di quanto richiesto dalle norme per un'infrastruttura "extraurbana secondaria di tipo C".

Considerando come annualità di riferimento per lo stato attuale del presente SIA il 2019, i dati di traffico

sono stati desunti a partire dai dati sopra indicati del 2016, applicando un incremento percentuale così come stimato dallo studio di traffico e riportato nella tabella sottostante.

TASSI ANNUI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Leggeri</b>	100,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
<b>Pesanti</b>	100,0%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%

CUMULATA	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Leggeri</b>	100	101,0	102,0	103,0	104,1	105,3	106,6	107,9	109,1	110,5	112,1	113,8	115,5	117,2	119,0	120,8	122,6
<b>Pesanti</b>	100	101,2	102,4	103,6	104,9	106,5	108,1	109,7	111,3	113,0	115,0	117,1	119,2	121,4	123,5	125,8	128,0

Figura 1-3 Tassi di crescita annui di TGM per i veicoli leggeri e pesanti e cumulata (Fonte: Studio trasportistico e analisi costi benefici – PFTE SS45bis Gardesana Occidentale Lavori di costruzione della variante in galleria dal km 86+567 al km 88+800)

Alla luce di ciò il traffico sulla SS45bis, nella tratta oggetto di progettazione, relativo allo scenario attuale considerato nel presente SIA (2019), è caratterizzato da:

- circa 7.159 veicoli leggeri;
- circa 342 veicoli pesanti, con massa superiore alle 3,5 tonnellate.

## 2 IL CONTESTO AMBIENTALE

### 2.1 ARIA E CLIMA

#### 2.1.1 INQUADRAMENTO TEMATICO

Il presente paragrafo è volto ad analizzare tutti gli aspetti relativi alla componente atmosfera, durante la realizzazione dell'opera e durante l'esercizio dell'infrastruttura in esame a valle della sua realizzazione. Nello specifico le fasi che hanno caratterizzato tale studio sono le seguenti:

- analisi meteo-climatica;
- analisi emissiva;
- analisi della qualità dell'aria;
- scelta dei modelli di simulazione per la determinazione delle emissioni e delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera;
- determinazione delle concentrazioni allo scenario ante operam;
- determinazione delle concentrazioni per l'opzione zero;
- determinazione delle concentrazioni allo scenario post operam;
- analisi delle interferenze in fase di cantiere.

Il processo logico operativo dell'analisi della componente atmosfera ha pertanto riguardato, *in primis*, l'analisi meteo-climatica, effettuata sia su vasta scala che su scala locale. In particolare, le analisi di inquadramento meteo-climatico nazionale e regionale sono state condotte in riferimento al Report di ISPRA "Gli indicatori del clima in Italia nel 2017 – Anno XIII – Stato dell'Ambiente - 80/2018", allo scopo di avere un quadro conoscitivo di riferimento. Successivamente sono state effettuate le analisi su scala locale, per le quali si è piuttosto fatto riferimento alle elaborazioni modellistiche della Lakes Environmental ed ai dati registrati dalla rete di ARPA e dell'Aeronautica Militare. Più nel dettaglio, partendo proprio dai dati di modellazione WRF, relativi all'anno 2017, sono stati caratterizzati il regime termico ed anemometrico di Gargnano. Tali elaborazioni sono poi state confrontate con i dati registrati dalle centraline di rilevamento più prossime all'area di intervento e rappresentative delle condizioni climatiche circostanti questa. Per quanto riguarda il vento, il confronto è stato effettuato con riferimento ai dati storici della centralina di Paganella, appartenente alla rete dell'Aeronautica Militare, ma avendo quest'ultima un'altitudine di 2000 m.s.l.m., non si è ritenuta rappresentativa delle condizioni termiche dell'area. Il regime termico è stato, pertanto, confrontato con i dati disponibili della Stazione di Gargnano, appartenente alla rete di ARPA.

Dal confronto meteo-climatiche è stato possibile valutare la bontà e la validità del dato meteo della Lake Environmental, utilizzato per le simulazioni, al fine di escludere la possibilità che questo fosse un *outliers*.

Successivamente, è stata svolta l'analisi emissiva riferita, anche essa, prima all'ambito territoriale di area vasta e poi locale. Per l'area vasta si è fatto riferimento all'"Inventario Nazionale delle Emissioni in Atmosfera" del 2018 (INEA), realizzato dall'ISPRA e impiegato per delineare il quadro nazionale italiano delle emissioni in atmosfera per il periodo compreso tra il 1990 ed il 2016. Per l'area circostante l'infrastruttura in progetto,



caratterizzata dalla sola provincia di Brescia, si è fatto invece riferimento all' *"INventario delle Emissioni in ARia"* della Regione Lombardia - (INEMAR) che riporta le emissioni prodotte nell'anno 2014 (ultimo anno disponibile) dalla sorgente "traffico veicolare".

È stata poi condotta l'analisi sulla qualità dell'aria, partendo dai riferimenti legislativi Europei, Nazionali e Regionali. In particolare, quest'ultimo, oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), ha permesso di definire i valori di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti.

Lo strumento principale per la definizione della qualità dell'aria è costituito dalle centraline per il monitoraggio della qualità dell'aria. Nella Regione Lombardia tale rete di centraline contempla 85 stazioni fisse, (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, inceneritori). Al fine di avere una prima caratterizzazione della qualità dell'aria in prossimità dell'area di intervento è stata valutata la centralina della rete che risultasse più prossima e al tempo stesso fosse rappresentativa di un ambito territoriale simile.

Per la centralina scelta come riferimento, quella di Odolo, localizzata nella Provincia di Brescia a circa 25 chilometri di distanza media dall'infrastruttura oggetto di studio, sono state valutate le concentrazioni di ossidi di azoto, biossidi di azoto e del particolato PM<sub>10</sub>, visionando i dati registrati nel periodo tra il 2014 e il 2018.

Dopo aver definito lo stato meteo-climatico dell'area e dopo aver determinato lo stato della qualità dell'aria rappresentativo del territorio in cui è prevista la nuova infrastruttura, si è proceduto a simulare gli scenari caratterizzanti il cantiere e l'esercizio dell'opera in esame.

La simulazione è avvenuta mediante il software AERMOD View, cui input sono di natura territoriale e progettuale. In concomitanza con tale software sono stati utilizzati pertanto AERMET View per gli input meteorologici, AERMAP per gli input orografici, mentre per la valutazione dei fattori di emissione medi ci si è avvalsi del software COPERT 5.

Per l'applicazione dei modelli di simulazione alle tre configurazioni di esercizio (ante operam, opzione zero, post operam) è stato necessario ricostruire il tracciato e schematizzarne il funzionamento. Sono stati, pertanto, stabiliti i tratti a diverse velocità ed il dato di traffico giornaliero da utilizzare.

Una volta schematizzata l'infrastruttura è stata scelta una maglia di punti di calcolo al fine di determinare l'andamento globale della qualità dell'aria ed alcuni ricettori puntuali per verificare il rispetto dei limiti normativi in corrispondenza degli stessi. In particolare, sono stati individuati i ricettori per la verifica dei limiti normativi sulla protezione della salute umana e per la vegetazione.

Terminata la fase di modellazione degli input è stato possibile valutare l'output del modello, andando a determinare i livelli di concentrazione per i principali inquinanti generati dalla sorgente stradale.

In particolare, sono stati analizzati i valori di concentrazione relativi ai seguenti inquinanti, per la protezione della salute umana:

- Biossidi di Azoto NO<sub>2</sub>;
- Monossido di carbonio CO;
- Particolato PM<sub>10</sub>;
- Particolato PM<sub>2.5</sub>;
- Benzene.

Per la verifica del limite normativo sulla vegetazione, invece, sono stati analizzati anche gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>).

Per quanto riguarda la simulazione della fase di cantiere, è stata effettuata l'analisi sulle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> prodotte dallo scenario di cantiere ritenuto più critico in termini di dispersione di polveri in atmosfera. Per tale analisi è stato utilizzato sempre il modello di calcolo Aermod View, attraverso il quale è stato possibile stimare i livelli di concentrazione del particolato, generati dalle principali attività di cantiere legate alla movimentazione della terra, caratterizzate dallo scarico del materiale scavato, dalla frantumazione del materiale, nonché dalla presenza stessa dei cumuli di materiale nell'area di stoccaggio.

Nel proseguo della trattazione verranno descritte nel dettaglio le simulazioni condotte, nonché i risultati delle stesse, opportunamente elaborati.

### 2.1.2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi, Europei e Nazionali, che caratterizzano la componente atmosfera in esame ed in modo specifico riferiti alla qualità dell'aria:

- Direttiva 04/107/CE relativa all'"arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici in aria" che fissa il valore obiettivo per la concentrazione nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici;
- Direttiva 08/50/CE 107/CE relativa alla "qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Ha ribadito i contenuti della direttiva 2004/107/CE, aggiungendo il PM<sub>2.5</sub> tra gli inquinanti da monitorare.
- Decreto Legislativo 152/2006 "Norme in materia ambientale"
- Decreto Legislativo 128/2010 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152", recante norme in materia ambientale;
- Decreto Legislativo 155/2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", recepisce la Direttiva 2008/50/CE 107/CE. Quest'unica norma ribadisce i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio contenuti nei precedenti decreti ed introduce, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM<sub>2.5</sub>, ormai ben noto per la sua pericolosità;
- Legge Regionale 7 aprile 2000, n. 43 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria";

- Legge Regionale 26 aprile 2000, n. 44 "Disposizioni normative per l'attuazione del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali"".

Il D.Lgs. 155/2010 oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti. Nella Tabella 2-1 seguente vengono riportati il riepilogo degli adeguamenti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010, agli allegati XI e XIII.

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
<b>Biossido di Zolfo SO2</b>	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m3	-	24
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m3	-	3
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m3	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m3	-	-
<b>Biossido di azoto NO2</b>	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m3	-	18
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m3	-	-
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m3	-	-
<b>Ossidi di azoto NOx</b>	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m3	-	-
<b>Particolato PM10</b>	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m3	-	35
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m3	-	-
<b>Particolato fine PM2.5</b>	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m3	-	-
<b>Piombo</b>	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m3	-	-
<b>Benzene</b>	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m3	-	-
<b>Monossido di carbonio</b>	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m3	-	-
<b>Arsenico</b>	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m3	-	-
<b>Cadmio</b>	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m3	-	-



Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° consentiti	sup.
<b>Nichel</b>	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	-	-	
<b>Benzo(a)pirene</b>	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>	-	-	

*Tabella 2-1 Valori limite, livelli critici, valori obiettivo, soglie di allarme per la protezione della salute umana per inquinanti diversi dall'ozono (Fonte: Allegati XI e XIII D. Lgs. 155/2010)*

### 2.1.3 INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO

#### **Aspetti generali**

Il presente paragrafo è volto all'analisi meteorologica, sia su vasta scala che su scala locale. Le analisi di inquadramento meteo-climatico nazionale e regionale vengono condotte al fine di avere un quadro conoscitivo di riferimento. Successivamente vengono effettuate le analisi su scala locale, al fine di caratterizzare il regime termico ed anemometrico di Gargnano. Tale analisi è strutturata al fine di perseguire una finalità costituita da due fasi consequenziali: in primis occorre analizzare dal punto di vista "d'area vasta" il contesto di intervento, definendo le condizioni climatiche che caratterizzano la regione, secondariamente occorre analizzare il dato meteorologico di riferimento per le simulazioni modellistiche dell'area di intervento al fine di verificarne la coerenza con il dato d'area vasta.

Inoltre, a livello di scala locale, si andranno a confrontare il dato di riferimento per la simulazione, ovvero quello fornito dalla modellazione WRF della Lake Environmental, aggiornato al 2017, con i dati registrati dalle centraline più prossime all'area d'intervento.

In questo modo sarà possibile validare il dato utilizzato e verificare che le simulazioni effettuate non facciano riferimento ad *outliers* meteorologici che potrebbero inficiare l'intero processo di analisi.

La presente trattazione pertanto sarà divisa in due paragrafi principali: "analisi d'area vasta" che descrive l'analisi meteo-climatica su vasta scala e l'analisi dei "dati attuali" corrispondenti allo stato attuale per il quale è stato preso a riferimento l'anno 2017.

#### **Analisi d'area vasta**

##### Regime termico

Il primo indicatore climatico analizzato è rappresentato dalla Temperatura.

Per tale analisi si è fatto riferimento al documento fornito dall'ISPRA "Gli indicatori del clima in Italia nel 2017 – Anno XIII – Stato dell'Ambiente - 80/2018", dal quale è stato possibile valutare la temperatura media registrata nell'anno 2017 relativa all'intero territorio nazionale e al documento "Sintesi meteo-climatica" relativa alla Regione Lombardia nel 2017.

Relativamente alla Regione Lombardia, le temperature medie annue registrate nell'anno 2017 (ultimo anno disponibile) si attestano tra gli 0 ed i 15 °C ed in particolare in prossimità di Gargnano, sul Lago di Garda, le temperature medie registrate si aggirano nell'intorno dei 10-12 °C, come si osserva in Figura 2-1.

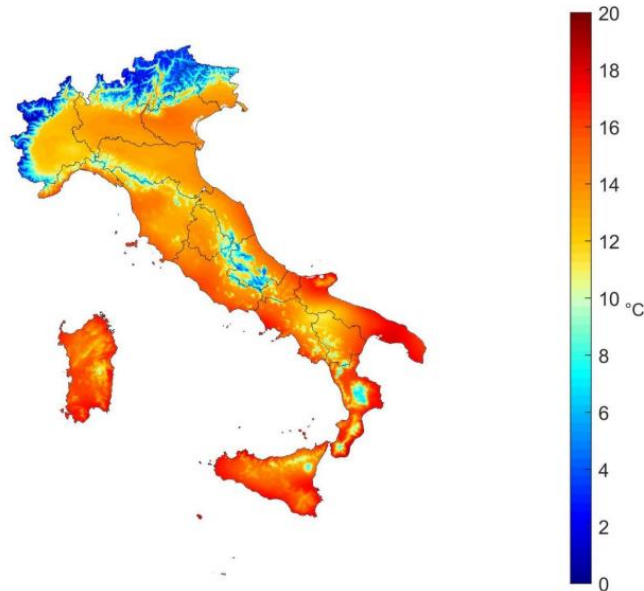


Figura 2-1: Temperatura Media annua (Fonte: documento ISPRA "Gli indicatori del clima in Italia nel 2017 – Anno XIII – Stato dell'Ambiente - 80/2018")

Per quanto riguarda la Regione Lombardia, fatta eccezione, per gennaio e settembre, l'andamento termico annuale è generalmente rimasto al di sopra dei valori mediani registrati nei 15 anni precedenti (2002-2016). Gli scostamenti più importanti riguardano i mesi molto miti di giugno, agosto e ottobre, per i quali le temperature registrate sono state più alte degli anni precedenti.

#### Regime pluviometrico

In relazione alle precipitazioni registrate nell'anno 2017, rilevate dalle stazioni ricadenti sul territorio nazionale è possibile far riferimento alla seguente figura. Nello specifico, per quanto attiene la Regione Lombardia, le precipitazioni di gennaio e ottobre saltano all'occhio per la scarsa quantità cumulata. Non sono presenti mesi con precipitazioni molto abbondanti, e questo ha portato il 2017 a registrare un valore mediano di cumulata annuale intorno a 630 mm e inferiore al valore "normale" che si colloca intorno ai 1000 mm.

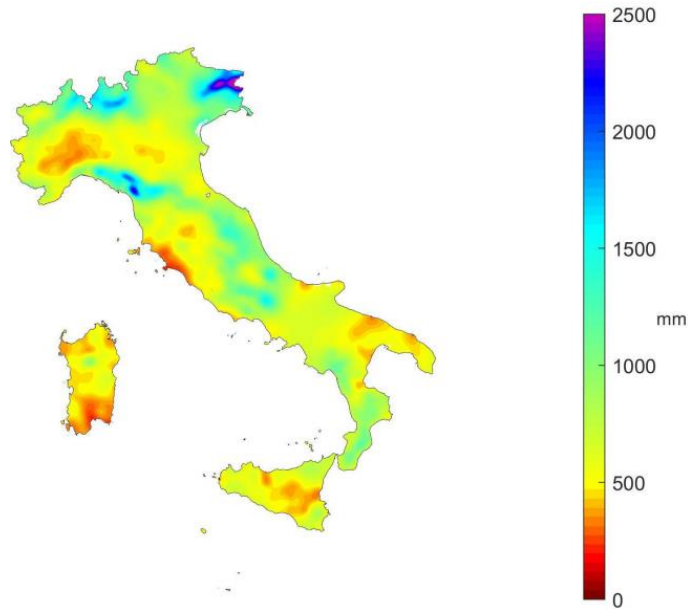


Figura 2-2: Precipitazione cumulata annua (Fonte: documento ISPRA "Gli indicatori del clima in Italia nel 2017 – Anno XIII – Stato dell'Ambiente 80/2018")

#### Umidità relativa

I valori di umidità relativa media annuale del 2017 sono compresi tra 34% e 87% circa, come si può notare dalla Figura 2-3. L'umidità relativa è stata ovunque nettamente inferiore alla media climatologica 1961-1990, ed in particolare nella Regione Lombardia, nell'area del Lago di Garda, il valore di umidità relativa che si registra è circa pari all'80%.

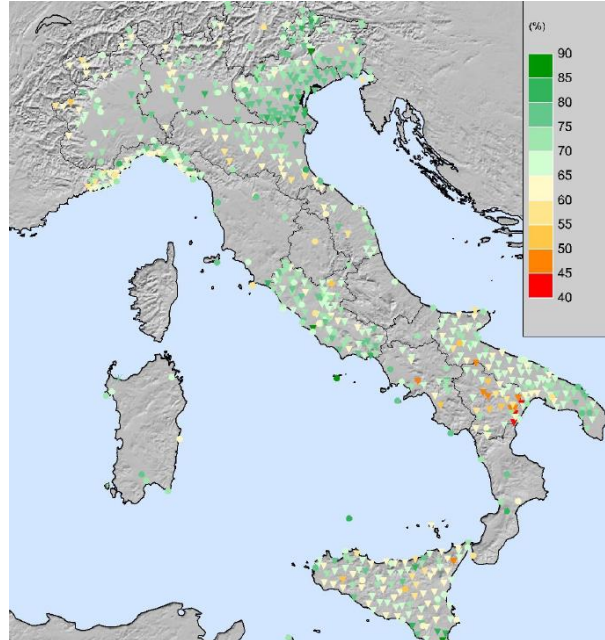


Figura 2-3: Umidità relativa media (Fonte: documento ISPRA “Gli indicatori del clima in Italia nel 2017 – Anno XIII – Stato dell’Ambiente 80/2018”)

### **Analisi del dato attuale 2017**

#### Descrizione formato e disponibilità dei dati

I dati meteorologici assunti per le valutazioni meteorologiche dello stato attuale, ovvero nell’anno di riferimento 2017, provengono dalle elaborazioni della Lakes Environmental. In particolare, la Lake Environmental utilizza il modello Weather Research and Forecasting (WRF) per calcolare i parametri meteorologici in modo accurato in qualsiasi parte del mondo. In generale, le applicazioni di modellazione della qualità dell’aria si basano sull’uso di modelli di griglia meteorologici. Questi ultimi sono utilizzati per simulare più accuratamente i processi atmosferici (ad esempio, temperatura, velocità e direzione del vento, ecc.) in un’area specifica.

Gli output del modello WRF vengono poi convertiti nel formato di input di AERMET ed AERMOD attraverso il Mesoscale Model Interface Program (MMIF). In particolare, gli output del modello MMIF sono stati confrontati con i dati osservati (specifici del sito) al fine di dimostrare la veridicità della stima. Tale confronto ha portato a definire i dati stimati e quelli osservati comparabili, così come specificato nella “Revisions to the Guideline on Air Quality Models” della EPA- anno 2017 ([https://www3.epa.gov/ttn/scram/appendix\\_w/2016/AppendixW\\_2017.pdf](https://www3.epa.gov/ttn/scram/appendix_w/2016/AppendixW_2017.pdf)).

In particolare, i parametri meteorologici simulati attraverso il modello WRF sono relativi a:

- Temperatura: la temperatura dell’aria viene espressa in gradi centigradi [°C].
- Vento: Il vento viene analizzato mediante la simulazione dell’intensità e della sua direzione. Per l’intensità, che corrisponde alla velocità dell’aria rispetto al suolo, l’unità di misura utilizzata è m/s.

Per la direzione di provenienza, l'unità impiegata sono i gradi decimali. In particolare, si assume come valore d'intensità lo zero per simboleggiare la calma di vento e i 360 gradi per indicare il nord.

- Pressione: le unità di misura utilizzate sono l'hectoPascal [hPa] e il millibar [mb], che coincidono numericamente.

In riferimento ai dati forniti dalla Lakes Environmental, sono di seguito riportate le specifiche assunte per la localizzazione spaziale e temporale del dato simulato.

<b>Specifiche</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Data d'inizio e fine</b>	1/01/2017 ore 00 – 31/12/2017 ore 24
<b>Coordinate del punto</b>	Lat.: 45.70845 N – Long.: 10.691 E
<b>Sistema di coordinate geografiche geodetico</b>	WGS 84
<b>UTM Zone</b>	32
<b>Elevazione</b>	590.76 m
<b>Site Time Zone</b>	UTC+0100
<b>Città più vicina e Nazione</b>	Gargnano - Italia



Tabella 2-2: Informazioni sui dati inviati da Lakes Environmental - anno 2017

Attraverso il Mesoscale Model Interface Program (MMIF), vengono poi forniti:

- I file di input "Onsite" (\*.DAT) & "Upper Air" (\*.FSL) per AERMET;
- I file di input "Surface" (.SFC) & 'Profile' (.PFL) per AERMOD.

Al fine di poter descrivere compiutamente lo stato attuale, si riportano di seguito le descrizioni dei parametri meteorologici principali per l'anno di riferimento, 2017.

### Regime termico

Per quanto riguarda le temperature nell'anno di riferimento, come visibile dalla Figura 2-4, si registrano temperature maggiori nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto, con un massimo assoluto di 29°C nel mese di agosto.

Nei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio le temperature spesso scendono sotto i 0°C, registrando un minimo assoluto pari a -4°C nel mese di Gennaio. In generale, la media annua è pari a circa 12°C.

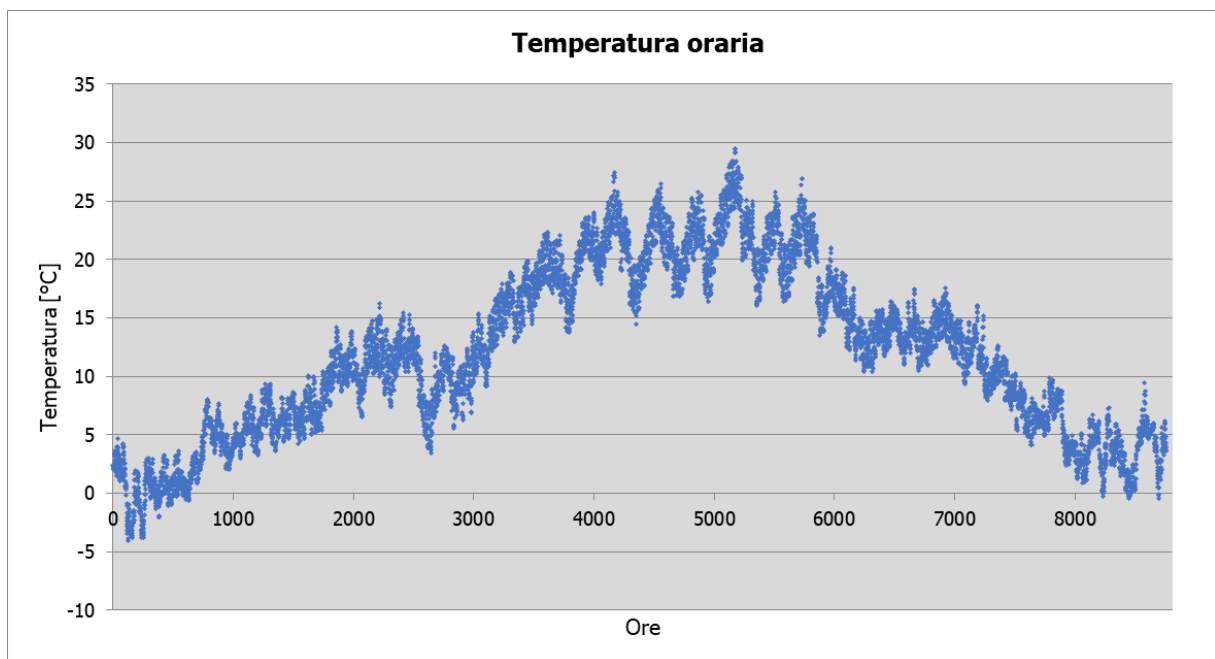


Figura 2-4 Temperatura oraria (Fonte: Elaborazione dei dati di output del modello WRF forniti da Lakes Environmental - anno 2017)

### Regime anemometrico

L'intensità del vento registrata, Figura 2-5, assume dei picchi di valore nei periodi invernali che arrivano anche a valori di circa 20 m/s, anche se durante tutto l'anno si mantiene una media assoluta di 5 m/s.

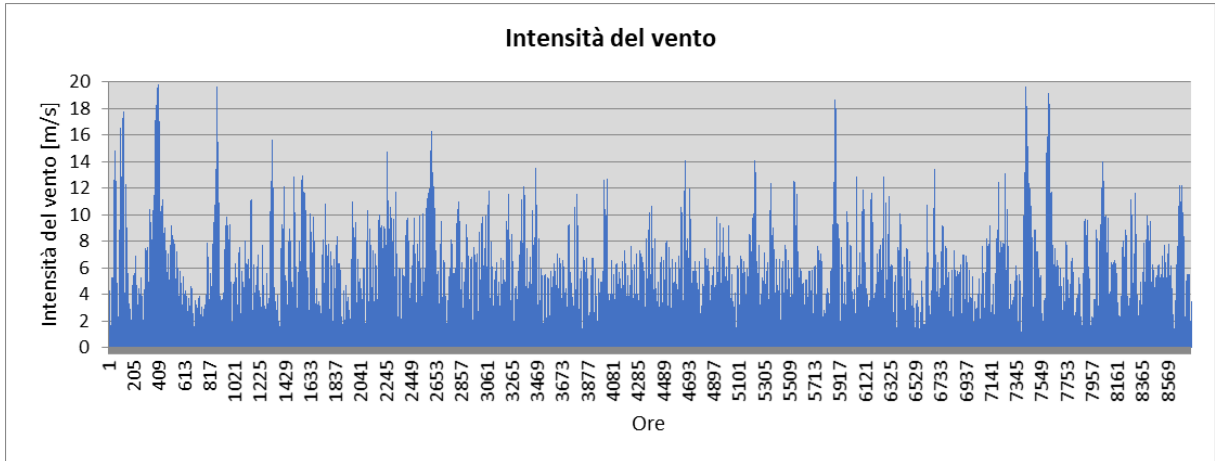


Figura 2-5 Intensità del vento (Fonte: Elaborazione dei dati di output del modello WRF forniti da Lakes Environmental - anno 2017)

In relazione alla frequenza percentuale per direzione del vento, Figura 2-6, si nota come la direzione prevalente registrata sia NNE, in quanto si verifica in circa il 33% delle ore dell'anno e NE (14% delle ore dell'anno).

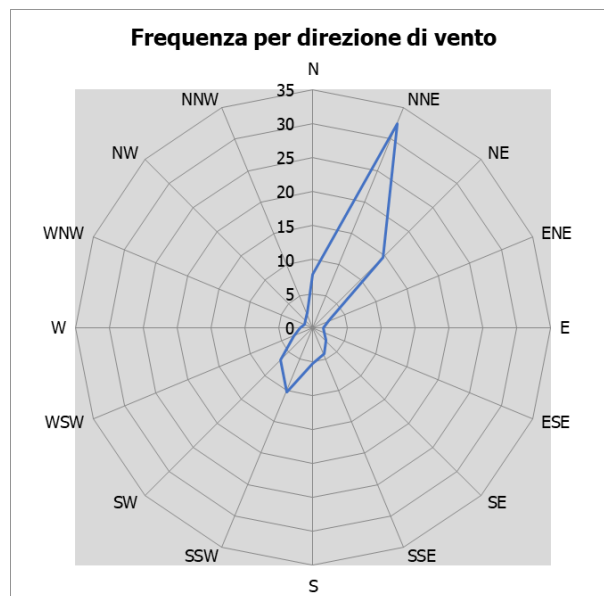


Figura 2-6 Frequenza per direzione di vento (Fonte: Elaborazione dei dati di output del modello WRF forniti da Lakes Environmental - anno 2017)

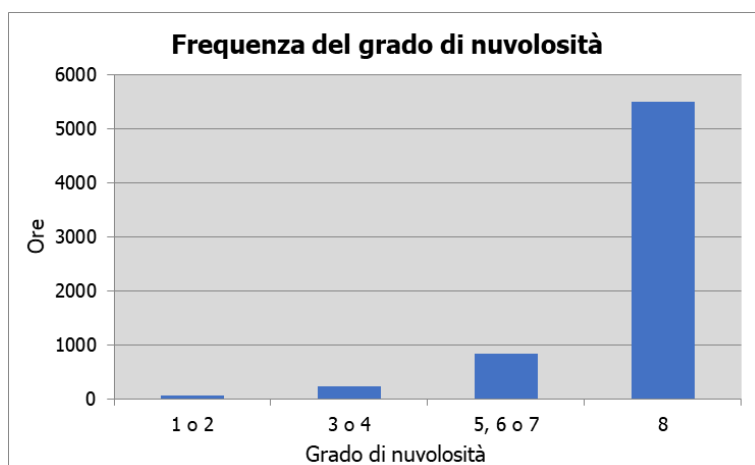
### Nuvolosità

Il grado di nuvolosità viene calcolato in ottavi, dove, ad esempio, il valore 8 risulta essere quello in cui si ha il più alto grado di copertura. La Tabella 2-3 descrive nel dettaglio tale parametro.

Aspetto del cielo	Descrizione e intensità
<b>Sereno</b>	copertura 0 ottavi
<b>Poco nuvoloso</b>	copertura 1-2 ottavi
<b>Nuvoloso</b>	copertura 3-5 ottavi
<b>Molto nuvoloso</b>	copertura 6-7 ottavi
<b>Coperto</b>	copertura 8 ottavi

*Tabella 2-3 Grado di nuvolosità*

Dal grafico riguardante la frequenza del grado di nuvolosità, Figura 2-7, si nota un'alta frequenza di grado di nubi della classe 8, mentre la frequenza più bassa è registrata nella classe di nuvolosità 1 o 2.



*Figura 2-7 Frequenza del grado di nuvolosità (Fonte: Elaborazione dei dati di output del modello WRF forniti da Lakes Environmental - anno 2017)*

### Pressione

La pressione, Figura 2-8, registra nell'anno di riferimento una media di circa 949 hPa, un massimo assoluto di 967 hPa e un minimo assoluto di 914 hPa. I valori registrati, quindi, hanno una bassa variabilità all'interno dell'anno.



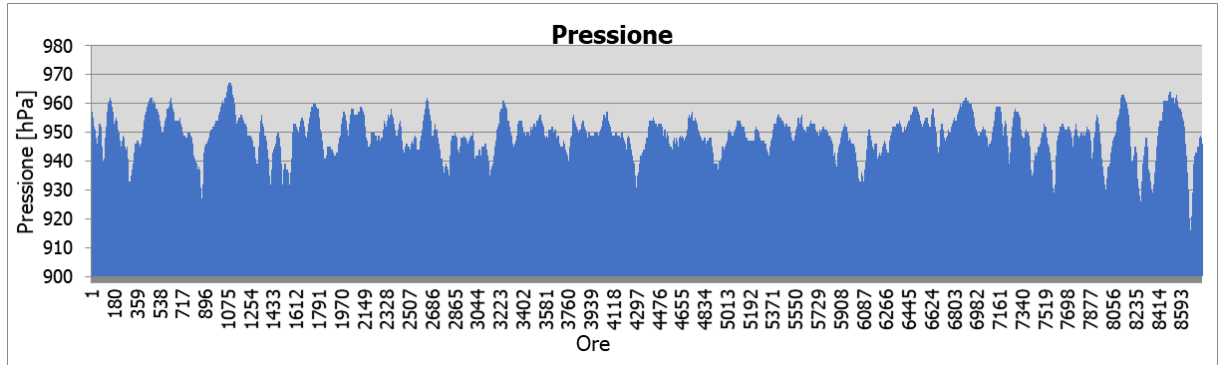


Figura 2-8 Pressione (Fonte: Elaborazione dei dati di output del modello WRF forniti da Lakes Environmental - anno 2017)

### Umidità relativa

L'umidità relativa, Figura 2-9, ha un andamento pressoché costante nell'anno e presenta un valore medio pari all'80%. Tale valore rispecchia quanto visto a livello d'area vasta, nel precedente paragrafo.

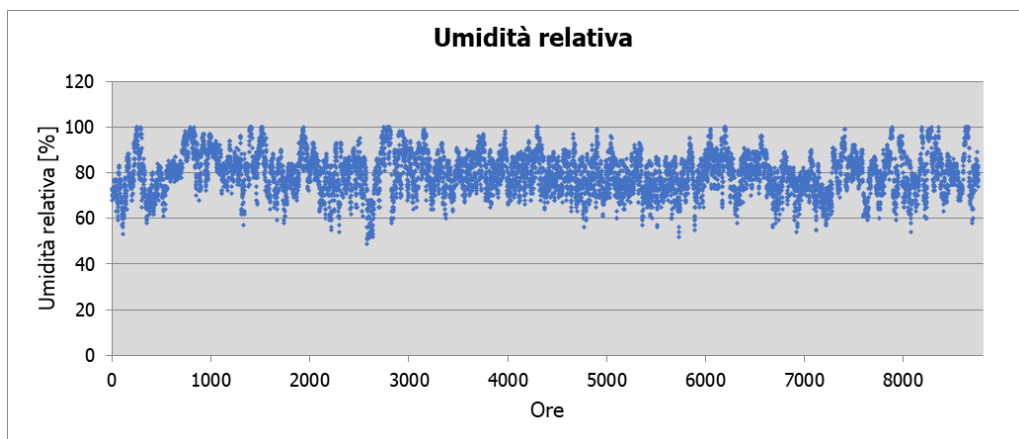


Figura 2-9: Umidità Relativa (Fonte: Elaborazione dei dati di output del modello WRF forniti da Lakes Environmental - anno 2017)

### **La validità del dato attuale meteo climatico di riferimento delle simulazioni**

#### Parametri di confronto

Al fine di validare la simulazione che si andrà a condurre, in relazione all'aspetto meteorologico, è opportuno verificare la bontà del dato attuale (modello WRF) assunto attraverso il confronto con i dati osservati. Ciò che si intende valutare, quindi, è la significatività del dato attuale 2017 della Lakes Environmental rispetto alle condizioni meteorologiche che generalmente si registrano nell'area prossima al luogo di intervento.

Tale verifica sarà funzionale alla validazione del dato attuale modellato mediante WRF, al fine di dimostrare che esso non rappresenta un "outliers" rispetto alle condizioni meteo climatiche medie analizzate nella stessa area.

Nello specifico verranno, quindi, di seguito, analizzati e confrontati i principali parametri utilizzati nelle simulazioni modellistiche, quali il regime termico ed il regime anemometrico.

### Regime anemometrico

*Fonte e stazione meteorologica di riferimento per il confronto:*

Per l'analisi meteorologica relativa al regime anemometrico osservato nell'area di intervento, si è fatto riferimento ai dati presenti nell'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare che raccoglie i dati relativi ad un arco temporale di un trentennio, permettendo così la ricostruzione, in termini medi, dell'andamento meteo climatico.

L'Atlante è gestito dall'Aeronautica Militare e risulta coerente con quanto espresso dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) dove il clima è definito come lo stato medio delle variabili fisiche atmosferiche, con riferimento ad uno specifico periodo temporale e ad un'area circoscritta.

Per comprendere e rendere facilmente leggibili gli indicatori anemometrici utilizzati nell'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare, di seguito si riporta la legenda:

<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>U. M.</b>
<b>HH</b>	Orario	UTC
<b>MM</b>	Mese	
<b>Calme</b>	Percentuali dei casi di vento con intensità = 0 nodi	%
<b>N1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>N11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>N&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>NE1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>NE11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>NE&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>E1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>E11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>E&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>SE1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>SE11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>SE&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>S1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>S11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>S&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>SW1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%

<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>U. M.</b>
<b>SW11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>SW&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>W1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>W11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>W&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>NW1-10</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
<b>NW11-20</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
<b>NW&gt;20</b>	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
<b>V<sub>xx</sub></b>	Intensità massima del vento	KT

*Tabella 2-4 Indicatori della distribuzione dei venti (Fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare)*

Per il rilevamento dei dati meteorologici, necessari per condurre le simulazioni modellistiche, è stata scelta la stazione meteo più vicina all'area oggetto di studio e per la quale erano disponibili i dati necessari alle analisi. Si tratta, pertanto, della stazione meteorologica di Paganella, che dista dall'area di studio circa 50 chilometri e può essere ritenuta significativa e rappresentativa delle condizioni meteo-climatiche dell'area in esame, in quanto, come riporta il documento dell'APAT "Dati e informazioni per la caratterizzazione della componente Atmosfera e prassi corrente di utilizzo dei modelli di qualità dell'aria nell'ambito della procedura di V.I.A.", le osservazioni rilevate dalle stazioni meteo dell'Aeronautica Militare sono rappresentative di un'area di circa 70 chilometri di raggio.

La stazione meteo di riferimento è inquadrata in Figura 2-10, con le seguenti coordinate:

- Lat: 46.150002;
- Lng: 11.033333.



Figura 2-10 Stazione meteorologica di riferimento – Paganella (Fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare)

Elaborazione del dato anemometrico storico:

Facendo riferimento ai dati relativi al vento è possibile identificarne sia la direzione sia l'entità espressa in nodi, suddivisa nelle classi definite precedentemente. I valori registrati sono sinteticamente riportati nelle tabelle seguenti con riferimento a quattro orari: 00:00, 06:00, 12:00, 18:00.

**HH00**

Mes e	Calm e	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	29.14	5.83	13.75	4.66	3.73	3.26	0	1.63	2.1	0.47	0.23	3.26	0.93
Feb	27.37	8.7	15.6	8.18	5.12	3.32	0	0.77	2.05	0	1.79	2.56	0
Mar	24.79	7.14	13.03	6.3	4.2	4.2	0.21	1.89	0.84	0	2.1	3.57	0.21
Apr	24.48	3.5	16.78	4.66	3.73	4.2	0.23	1.4	0	0	1.86	2.8	0.23
Mag	28.94	5.4	7.13	2.16	3.24	1.51	0	2.59	0.65	0	1.3	3.24	0.22
Giu	24.72	6.68	12.25	3.79	4.9	3.56	0.22	0.67	0	0	2.45	1.78	0.45
Lug	29.94	7.13	10.79	4.48	2.85	4.28	0	0.41	0	0	1.22	0.81	0
Ago	35.43	5.65	8.7	1.52	3.48	1.96	0	0.87	0.22	0	0.43	0.65	0.22
Set	31.92	5.58	10.71	2.46	3.57	3.13	0	0.89	0.45	0	0.67	1.34	0.22
Ott	37.28	7.54	8.62	2.8	3.88	1.72	0	0.22	0.22	0	1.72	0.22	0.22
Nov	27.88	6.25	12.02	4.57	3.37	1.68	0	0.96	0.96	0.24	1.68	3.13	0.24
Dic	28.44	4.43	15.62	3.96	3.5	2.8	0	1.17	0	0	2.56	1.63	0.23
Mes e	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	Vxx
Gen	3.5	6.53	0.47	3.26	7.46	3.26	0.7	1.17	0.7	0.7	2.56	0.47	74

**HH00**

<b>Feb</b>	2.81	6.14	1.28	4.09	4.86	0.51	1.02	1.28	0	0.26	1.53	0.77	88
<b>Mar</b>	6.09	6.93	0.63	4.2	7.56	1.05	1.47	0.21	0	1.26	2.1	0	63
<b>Apr</b>	6.06	9.56	1.86	4.2	8.39	3.03	0.7	0.47	0	0.7	0.7	0.47	56
<b>Mag</b>	10.8	11.02	0.65	6.7	11.02	0	0.65	1.08	0	0	1.73	0	61
<b>Giu</b>	9.13	11.14	0.45	4.9	8.91	0.67	0.67	0.89	0	1.34	0.45	0	71
<b>Lug</b>	8.15	5.3	0.61	9.37	8.76	1.02	1.43	0.61	0.2	1.43	1.02	0	67
<b>Ago</b>	10.87	6.96	0.65	6.74	8.91	0.65	1.74	0.87	0.22	1.96	0.87	0.22	90
<b>Set</b>	6.47	9.38	1.34	7.59	10.04	0.89	1.79	0.45	0	0.89	0.22	0	63
<b>Ott</b>	6.47	9.27	0.43	4.74	9.7	1.51	1.08	0.22	0	0.86	1.08	0	63
<b>Nov</b>	4.09	7.93	0.48	5.77	10.34	2.4	0.96	0.48	0	2.16	1.92	0.48	62
<b>Dic</b>	3.96	6.53	0.93	4.66	11.19	0.93	1.63	1.4	0.23	1.4	2.33	0.47	62

Tabella 2-5 Andamento del regime anemometrico ore 00:00 (Fonte: Atlante climatico Aeronautica Militare)

**HH06**

Mes e	Calm e	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
<b>Gen</b>	28.82	4.33	14.19	7.26	3.58	4.23	0.22	1.41	0.76	0.33	1.41	1.95	0.33
<b>Feb</b>	30.22	6	15.95	8.51	3.36	3.6	0.36	1.32	0.6	0.24	0.84	1.44	0.24
<b>Mar</b>	29.35	6.3	16.96	7.39	3.15	3.7	0.11	0.98	1.2	0	0.98	2.07	0.98
<b>Apr</b>	29.78	5.45	18.08	6.49	2.43	2.09	0.12	0.7	0.7	0.23	0.81	2.43	0.81
<b>Mag</b>	41	5.02	10.36	3.87	3.24	1.15	0	1.36	0.94	0	1.15	1.67	0.21
<b>Giu</b>	39.13	7.5	12.72	3.04	3.7	1.85	0	1.3	0.54	0.11	0.76	1.2	0
<b>Lug</b>	40.79	10.04	13.91	2.62	3.03	1.36	0	0.52	0.21	0	0.52	0.63	0
<b>Ago</b>	44.29	6.98	11.21	3.17	2.54	1.9	0.11	0.63	0.42	0	1.06	0.85	0.21
<b>Set</b>	38.97	7.35	12.62	3.62	4.5	2.63	0	0.55	0.44	0	0.99	0.33	0
<b>Ott</b>	33.44	4.91	13.58	4.49	2.51	2.4	0.21	1.04	0.42	0	1.25	2.51	0.21
<b>Nov</b>	29.5	5.14	15.2	6.59	2.68	3.02	0.89	0.78	0.56	0	1.12	2.23	0.11
<b>Dic</b>	27.73	4.91	15.5	7.31	3.49	4.48	0.33	0.44	0.44	0	0.66	1.42	0.11
Mes e	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	
<b>Gen</b>	2.93	5.96	1.41	3.68	7.69	2.71	2.17	1.3	0.54	0.65	1.41	0.76	
<b>Feb</b>	2.76	7.19	0.6	2.52	7.19	1.8	1.32	1.2	0.48	0.72	1.08	0.48	
<b>Mar</b>	2.83	6.74	0.43	2.93	6.52	1.85	1.74	0.54	0.11	1.41	1.3	0.11	
<b>Apr</b>	3.94	7.76	1.74	3.24	7.53	1.74	1.39	0.12	0	0.58	1.27	0.23	
<b>Mag</b>	6.49	9	1.05	4.39	5.96	0.52	0.21	0.21	0	1.46	0.42	0.21	
<b>Giu</b>	5.54	7.07	0.76	5.22	5.76	0.87	0.87	0.22	0	0.65	0.76	0.33	
<b>Lug</b>	4.29	5.44	1.36	5.02	6.07	0.52	0.84	0.73	0	0.52	1.05	0.21	
<b>Ago</b>	6.34	5.92	0.32	6.34	4.02	0.32	1.27	0.32	0	1.27	0.32	0.11	
<b>Set</b>	3.4	6.92	1.32	4.5	7.03	0.77	1.1	0.66	0.11	1.54	0.55	0.11	
<b>Ott</b>	3.87	8.88	1.46	3.55	9.82	1.36	1.46	0.52	0	0.84	0.94	0.21	
<b>Nov</b>	3.58	5.81	1.34	5.36	8.94	2.91	1.01	0.78	0.22	0.45	1.56	0.11	
<b>Dic</b>	2.07	5.79	1.31	4.48	9.72	3.06	1.75	0.76	0.44	1.09	1.86	0.66	

Tabella 2-6 Andamento del regime anemometrico ore 06:00 (Fonte: Atlante climatico Aeronautica Militare)

### HH12

Mes e	Calm e	N1- 10	N11- 20	N>2 0	NE1- 10	NE11- 20	NE>2 0	E1- 10	E11- 20	E>20	SE1-10	SE11- 20	SE>2 0
Gen	31.56	5.64	12.6 9	4.88	3.8	3.69	0.11	0.76	0.87	0	1.63	1.3	0.11
Feb	36.98	4.76	13.6 7	3.8	3.33	2.5	0.24	0.95	1.31	0.12	1.07	1.66	0.12
Mar	37.23	5.09	9.96	4.87	2.71	2.92	0.11	1.52	0.76	0.22	1.3	2.27	0.32
Apr	34.99	5.08	10.7 4	2.66	2.89	2.42	0.12	0.69	0.35	0.12	3.23	3	0.12
Mag	37.2	2.82	5.02	1.67	2.19	1.67	0.1	0.94	1.67	0.1	2.61	2.82	0.31
Giu	39.09	4.1	4.1	1.3	2.81	2.16	0.11	1.51	0.43	0.11	3.67	1.3	0.11
Lug	44.79	4.79	3.85	1.15	3.75	2.19	0.1	1.15	0	0	1.98	0.63	0
Ago	44.88	3.17	3.7	0.63	4.75	1.48	0.21	1.16	0.21	0	2.11	0.74	0.11
Set	45.29	4.82	4.61	1.43	3.29	1.97	0.11	1.64	0.33	0	0.99	0.77	0
Ott	42.11	5.64	6.17	1.46	4.7	1.67	0.1	0.84	0.21	0	1.78	1.15	0.21
Nov	36.61	6.14	9.38	4.69	2.34	2.12	0.11	1.56	0.22	0	1.23	1.56	0.45
Dic	31.27	5.1	12.8 1	5.43	2.82	3.69	0.33	1.19	0.76	0	1.63	2.28	0.11
Mes e	S1-10	S11- 20	S>2 0	SW1- 10	SW11- 20	SW>2 0	W1- 10	W11- 20	W>2 0	NW1- 10	NW11- 20	NW>2 0	
Gen	4.45	8.57	1.08	3.36	7.27	2.93	1.3	1.19	0.11	0.43	1.52	0.43	
Feb	4.04	5.59	1.43	2.62	6.9	2.97	1.55	0.71	0.24	0.95	1.66	0.59	
Mar	4.76	5.74	1.3	3.03	7.14	1.95	1.84	0.76	0	2.16	1.62	0.22	
Apr	6.12	9.12	2.77	4.27	5.31	1.73	1.5	0.23	0	1.27	1.15	0.12	
Mag	12.75	11.7	1.36	4.7	6.17	1.36	0.52	0.31	0	0.94	0.73	0	
Giu	14.04	9.29	1.62	4.21	4.64	1.08	1.73	0.22	0.11	1.62	0.22	0.11	
Lug	10.83	8.85	1.67	4.38	5.63	0.42	1.67	0.21	0	1.25	0.42	0	
Ago	13.2	8.66	0.74	3.8	6.02	0.32	2.22	0.53	0	0.74	0.32	0	
Set	8.66	8.66	1.97	5.59	6.14	0.55	1.43	0.66	0.11	0.55	0.11	0	
Ott	8.88	8.88	1.25	2.61	7.73	2.19	0.94	0.31	0	0.63	0.31	0.1	
Nov	4.24	7.59	1.12	4.91	8.59	2.68	1.56	0.33	0.11	0.89	0.89	0.22	
Dic	3.37	6.73	1.52	3.15	8.36	3.47	1.52	0.65	0.11	1.19	1.3	0.65	

Tabella 2-7 Andamento del regime anemometrico ore 12:00 (Fonte: Atlante climatico Aeronautica Militare)

### HH18

Mes e	Calm e	N1- 10	N11- 20	N>2 0	NE1- 10	NE11- 20	NE>2 0	E1- 10	E11- 20	E>20	SE1-10	SE11- 20	SE>2 0
Gen	29.36	5.74	15.6	6.72	3.58	4.12	0.22	1.19	0.54	0.22	1.84	2.38	0.33
Feb	35.2	4.52	15.3 4	6.3	4.76	4.04	0.48	0.71	0.59	0.12	1.43	2.02	0.36
Mar	29.31	3.13	11.9 6	6.47	3.02	4.09	0.22	0.86	0.86	0	1.62	3.23	0.54
Apr	28.69	4.72	8.18	4.84	1.84	3.92	0.35	0.81	0.81	0.35	1.61	3.92	0.23
Mag	22.47	2.51	5.12	2.4	1.36	1.67	0.21	1.57	1.04	0	1.57	3.34	0.42
Giu	22.7	2.49	5.51	1.84	1.95	3.03	0.11	0.76	0.76	0	1.84	1.3	0.11
Lug	24.69	2.93	6.07	1.36	1.99	2.62	0	0.73	0.42	0	0.73	0.42	0
Ago	28.35	2.11	3.58	1.79	1.48	1.79	0.42	0.53	0.42	0	1.16	0.84	0.21

**HH18**

Mese	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	
Set	32.6	1.54	6.37	2.09	1.76	3.51	0.11	0.55	0.55	0	0.99	0.88	0.11
Ott	35.56	4.71	7.11	3.14	1.78	2.41	0	0.73	0.63	0	1.67	1.78	0.42
Nov	35.12	5.03	13.09	5.03	3.36	3.91	0.34	1.01	0.78	0.11	0.78	2.35	0.22
Dic	26.11	6.26	15.32	6.15	3.78	5.07	0.22	1.4	0.86	0.22	2.27	1.19	0.11
Gen	3.79	5.31	2.06	2.71	6.5	2.49	1.19	0.54	0.33	1.3	1.19	0.65	
Feb	4.16	4.64	1.31	1.9	5.71	1.55	0.48	1.43	0.12	1.07	1.19	0.24	
Mar	4.53	8.19	1.29	4.74	8.41	3.02	1.19	0.75	0	0.75	0.75	0.54	
Apr	5.99	9.45	2.76	4.38	11.18	3.23	1.04	0.46	0	0	1.04	0.12	
Mag	9.3	14.73	2.19	7.31	16.41	3.13	0.94	0.52	0.1	0.94	0.73	0	
Giu	9.62	12.32	2.59	6.49	18.92	2.7	0.97	2.27	0.22	0.65	0.43	0.43	
Lug	9.1	8.16	2.93	8.68	20.4	2.82	1.26	3.03	0.21	0.52	0.63	0.21	
Ago	7.59	11.28	1.26	10.75	19.49	2.63	1.05	1.58	0.21	0.74	0.63	0	
Set	8.45	12.84	1.65	7.24	12.84	2.31	1.21	1.1	0.22	0.22	0.77	0	
Ott	7.11	12.03	1.36	4.18	10.56	1.46	0.21	0.94	0	1.05	0.63	0.42	
Nov	4.59	6.94	1.57	3.13	7.05	2.01	1.34	0.34	0.11	0.34	1.12	0.22	
Dic	3.34	7.44	1.19	3.02	7.44	2.7	1.29	0.76	0.22	0.76	1.4	0.97	

Tabella 2-8 Andamento del regime anemometrico ore 18:00 (Fonte: Atlante climatico Aeronautica Militare)

I diagrammi seguenti riportano, in funzione delle diverse stagioni e dei diversi orari, le direzioni di provenienza dei venti, espressi in termini percentuali. Al fine di una loro corretta lettura è opportuno specificare come le diverse aree rappresentino la frequenza della direzione del vento osservata in funzione delle classi di intensità, rispettivamente partendo dal margine interno a quello esterno:

- tra 1 e 10 nodi – area in blu;
- tra 10 e 20 nodi – area in rosso;
- superiore a 20 nodi – area in verde.

La frequenza percentuale di ciascuna classe si ottiene sottraendo al valore mostrato nel diagramma, quello riferito all'area più interna. Solo per la prima classe (area in blu) il valore evidenziato sul diagramma anemometrico coincide con la frequenza. I diagrammi anemometrici sono rappresentati per stagioni considerando:

- la stagione invernale nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio;
- la stagione primaverile nei mesi marzo, aprile e maggio;
- la stagione estiva nei mesi di giugno, luglio e agosto;
- la stagione autunnale nei mesi di settembre, ottobre e novembre.



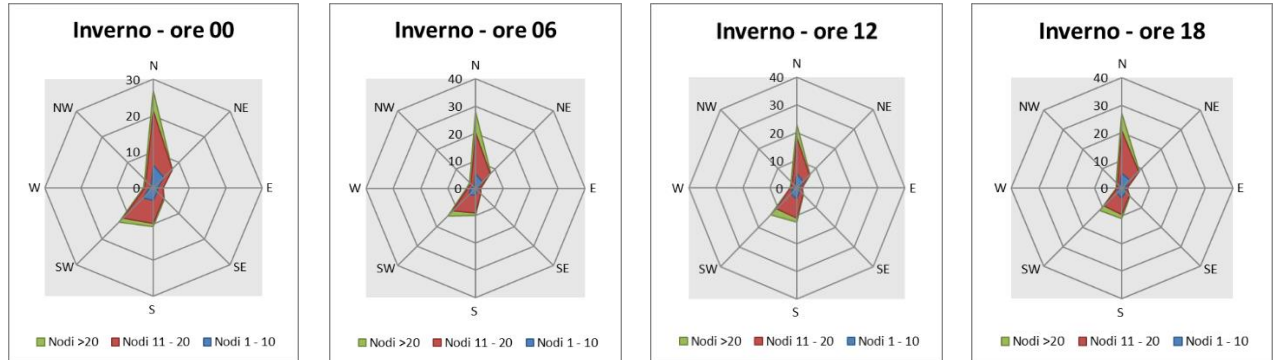


Figura 2-11 Regime anemometrico invernale nelle 4 ore di riferimento (Fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico AM)

L'analisi dei diagrammi mostra per la stagione invernale una prevalenza di vento con direzione verso nord e verso sud e sud-ovest, specialmente nelle ore notturne. Relativamente alle velocità, in termini di nodi, queste risultano concentrate principalmente nella prima e seconda classe.

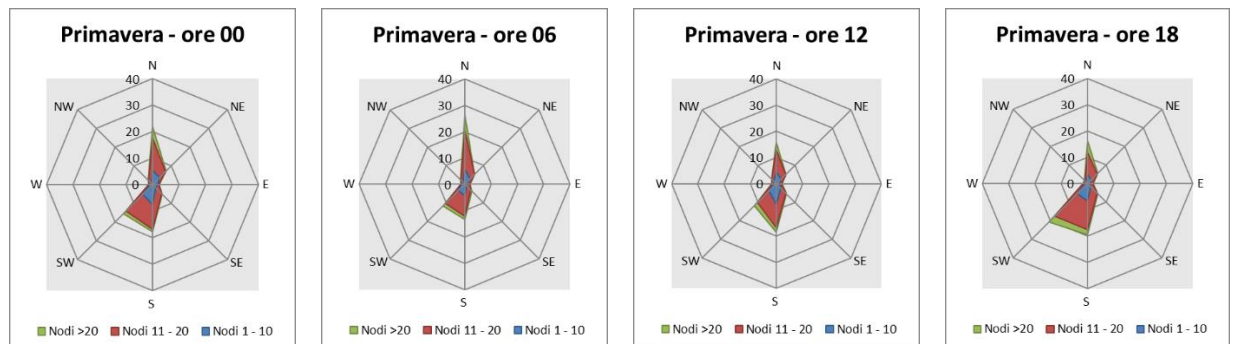


Figura 2-12 Regime anemometrico primaverile nelle 4 ore di riferimento (Fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico)

La stagione primaverile, coerentemente a quanto visto per la stagione invernale ha prevalenza nord, sud e sud-ovest, in particolare maggiormente nord nelle ore notturne e sud e sud-ovest nelle ore diurne, con prevalenza sempre della prima e seconda classe in termini di intensità del vento.

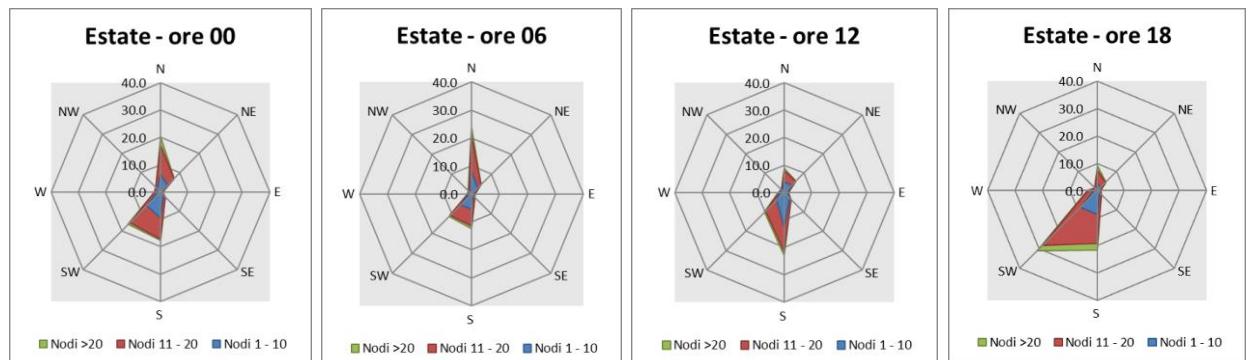


Figura 2-13 Regime anemometrico estivo nelle 4 ore di riferimento (Fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico)

Come nel periodo primaverile, anche in quello estivo prevale la direzione nord, sud e sud-ovest. In termini



di intensità del vento, invece, viene registrata una velocità in nodi principalmente appartenente alla prima ed alla seconda classe.

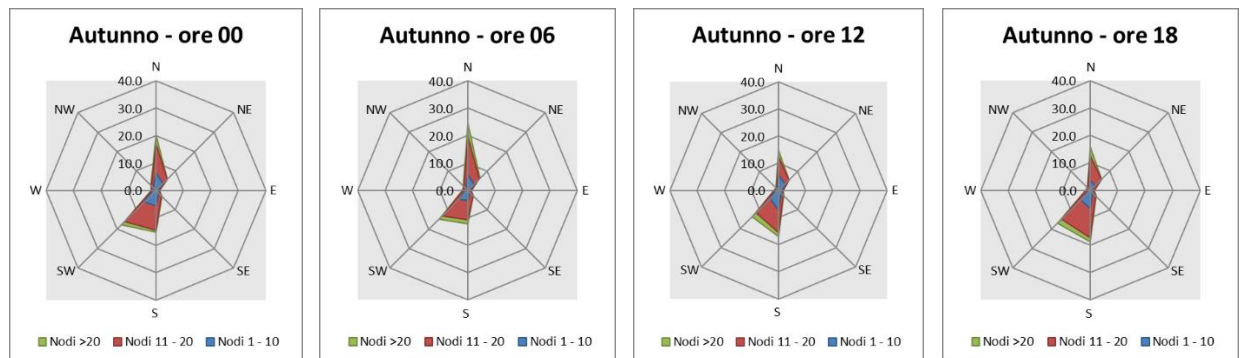


Figura 2-14 Regime anemometrico autunnale nelle 4 ore di riferimento (Fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico)

Con riferimento alla stagione autunnale, coerentemente con le altre stagioni, si rileva una direzione prevalente nord, sud e sud-ovest con velocità appartenenti principalmente alla prima e seconda classe.

Mediando i dati delle 4 ore di riferimento, si ottengono gli andamenti anemometrici stagionali medi, riportati nella Figura 2-15.

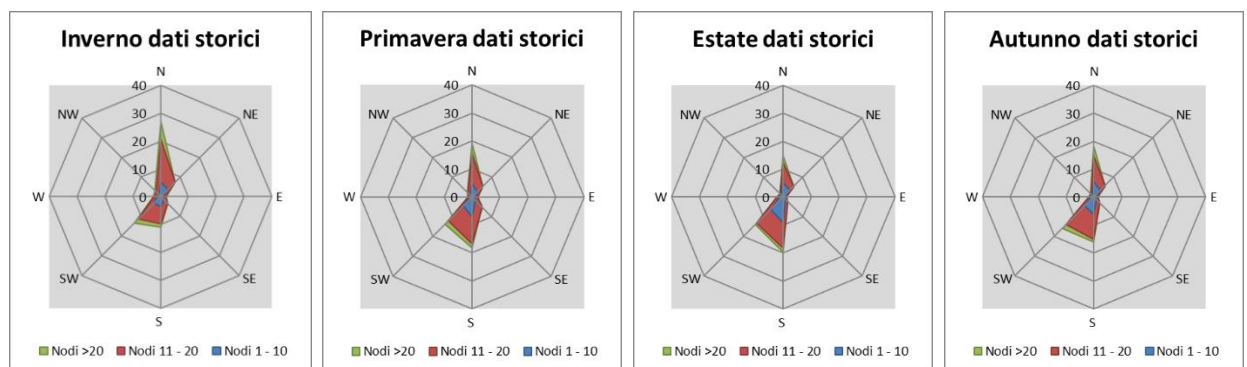


Figura 2-15: Regime anemometrico stagionale mediato nelle 4 ore di riferimento (Fonte: elaborazione da dati Atlante Climatico)

Il regime stagionale mediato sulle 4 ore di riferimento sottolinea le direzioni prevalenti nord, sud e sud-ovest con intensità appartenente principalmente alla prima e seconda classe.

#### Confronto tra dato storico ed attuale:

Facendo riferimento ai dati relativi al vento è possibile identificarne sia la direzione sia l'entità espressa in nodi.

Tale analisi, precedentemente effettuata per le tre decadi, è stata ripetuta sui dati provenienti dalle elaborazioni della Lakes Environmental, in modo tale da poter effettuare un confronto.

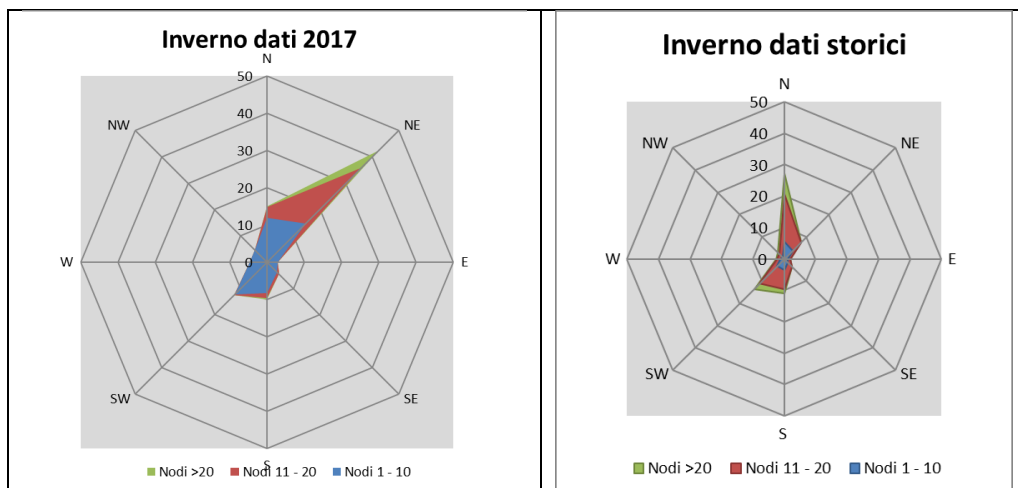
Nella Tabella 2-9 è riportato un esempio dello studio effettuato. Essa mostra, in valori percentuali, le frequenze relative alla direzione dei venti suddivisi in tre classi di intensità. La prima classe comprende i valori dei nodi compresi tra 1 e 10, la seconda i valori tra 11 e 20 e la terza i valori superiori a 20.

**Inverno 2017**

	<b>1 ≤ N ≤ 10</b>	<b>11 ≤ N ≤ 20</b>	<b>N &gt; 20</b>
<b>N</b>	32.00	9.00	1.00
<b>NNE</b>	38.00	52.00	16.00
<b>NE</b>	15.00	24.00	8.00
<b>ENE</b>	7.00	0.00	0.00
<b>E</b>	3.00	0.00	0.00
<b>ESE</b>	7.00	1.00	0.00
<b>SE</b>	7.00	1.00	0.00
<b>SSE</b>	13.00	3.00	1.00
<b>S</b>	17.00	2.00	0.00
<b>SSW</b>	31.00	1.00	0.00
<b>SW</b>	13.00	0.00	0.00
<b>WSW</b>	8.00	0.00	0.00
<b>W</b>	9.00	0.00	0.00
<b>WNW</b>	5.00	0.00	0.00
<b>NW</b>	12.00	0.00	0.00
<b>NNW</b>	11.00	1.00	0.00

*Tabella 2-9 Dati anemometrici - Inverno 2017*

Dalle figure seguenti si può effettuare il confronto tra i dati anemometrici delle tre decadi con i dati relativi all'anno di riferimento, suddivisi per stagioni. In coerenza a quanto visto per il dato storico, la prima stagione analizzata è la stagione invernale.



*Figura 2-16 Confronto dati anemometrici stagione invernale (Fonte: Elaborazione dati Lakes Environmental 2017 e Aeronautica militare – Stazione di Paganella)*

Dal confronto risulta come la direzione principale dei venti sia nord-nord-est e sud, sud-ovest in entrambi i casi. Per quanto riguarda le velocità in termini di nodi, per entrambi i dati è presente una concentrazione principale nella seconda classe. È bene, però, ricordare come le differenze principali possano essere ricondotte ad una differenza nella modalità di registrazione del dato storico, suddiviso in 8 classi di vento per direzione a differenza del dato attuale suddiviso in 16 classi e ricondotto in back analysis ad 8. In linea generale, tenendo conto di quanto suddetto, è possibile affermare come vi sia una buona approssimazione del dato attuale rispetto allo storico per la stagione invernale.

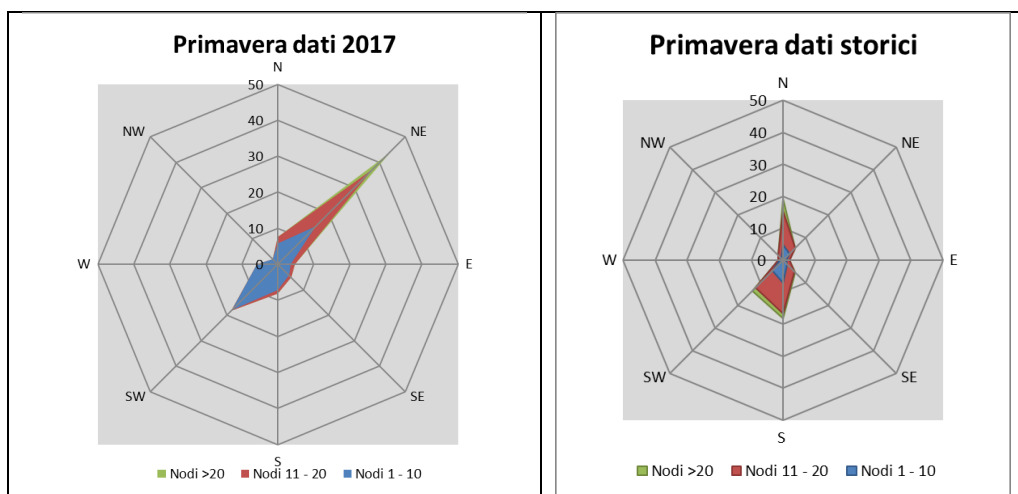


Figura 2-17 Confronto dati anemometrici stagione primaverile (Fonte: Elaborazione dati Lakes Environmental 2017 e Aeronautica militare – Stazione di Paganella)

Per la stagione primaverile, Figura 2-17, si ha per entrambi gli archi temporali di riferimento, una buona percentuale di provenienza in direzione NE e per i dati attuali anche in direzione N. Rimane più simile la direzione dei venti S e SW che si sviluppa per entrambe i casi con percentuali comparabili. Anche in questo caso, in termini di velocità del vento non si registra una rilevante percentuale di dati nella terza classe, con specifico riferimento ai dati attuali del 2017, che riportano una prevalenza di velocità in prima e seconda classe. Anche per la stagione primaverile si registra una coerenza tra i due dati buona.

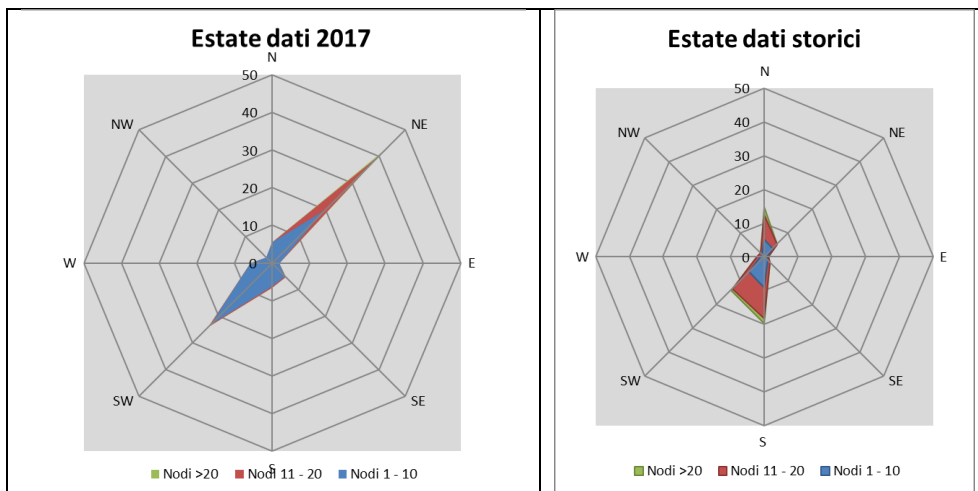


Figura 2-18 Confronto dati anemometrici stagione estiva (Fonte Elaborazione dati Lakes Environmental 2017 e Aeronautica militare – Stazione di Paganella)

La stagione estiva relativamente ai dati del 2017, Figura 2-18, mostra un'evidente e marcata componente NE e SW mentre nel dato storico si sviluppa maggiormente le componenti N e S e secondariamente anche le NE e SW. Con riferimento all'intensità del vento, l'anno 2017 così come il dato storico, mostrano una prevalenza di registrazione in classe 1, ma anche in classe 2. Coerentemente a quanto visto per la stagione primaverile, considerando la combinazione direzione ed intensità, è possibile evidenziare una buona corrispondenza tra i due dati.

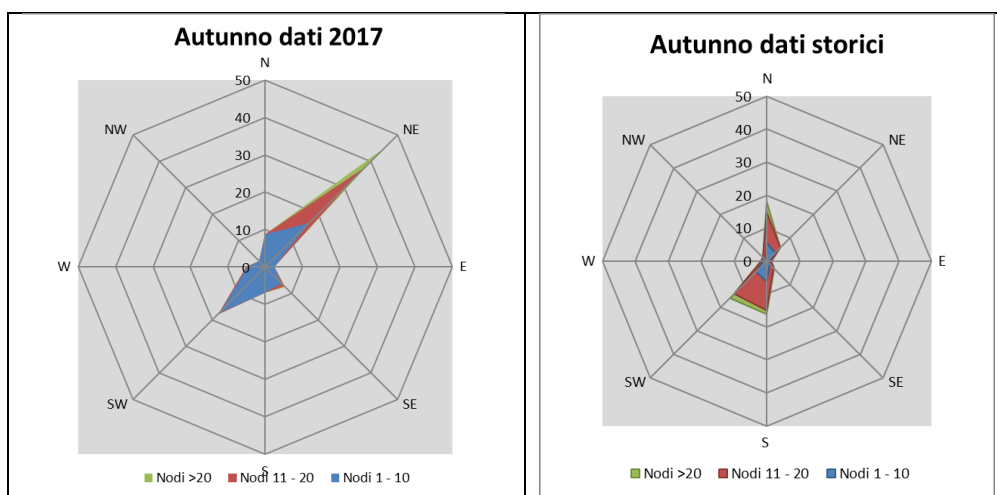


Figura 2-19 Confronto dati anemometrici stagione autunnale (Fonte: Elaborazione dati Lakes Environmental 2017 e Aeronautica militare – Stazione di Paganella)

Ultimo confronto ha riguardato la stagione autunnale, così come mostrato in Figura 2-19. Analizzando il dato storico, la componente più marcata risulta essere la N, in accordo all'anno di riferimento dove si ha una simile direzione dei venti ma con prevalenza a NE. Entrambe sviluppano una buona percentuale direzionale a S e SW.

### Regime termico

*Fonte e stazione meteorologica di riferimento per il confronto:*

L'analisi meteorologica, relativa al regime termico dell'area di intervento, non è stata effettuata sulla base dei dati registrati dalla stazione meteorologica di Paganella, in quanto essa risulta posizionata ad un'altitudine di 2000 m.s.l.m e pertanto le temperature registrate risultano inferiori a quelle rappresentative dell'area d'interesse. Per tali ragioni, verificata a monte la corrispondenza del dato anemometrico con il dato attuale, al fine di fornire un'analisi termica significativa per l'area d'interesse si sono assunti i dati forniti dall'ARPA Lombardia. Il dato impiegato per le analisi termiche è relativo agli anni 2016 e 2017, gli unici disponibili, ed è pertanto funzionale ad un confronto diretto del dato assunto mediante modellazione WRF.

Per il rilevamento dei dati meteorologici, necessari per condurre le simulazioni modellistiche, è stata scelta la stazione meteo più vicina all'area oggetto di studio e per la quale erano disponibili i dati necessari alle analisi. Si tratta, pertanto, della stazione meteorologica di Gargnano, che dista dall'area di studio circa 1 chilometro e pertanto fortemente significativa e rappresentativa delle condizioni meteorologiche dell'area in esame.

La stazione meteo di riferimento è inquadrata in Figura 2-20 con le seguenti coordinate:

- Lat: 45.704473;
- Lng: 10.673992.



Figura 2-20: Stazione meteorologica di riferimento – Gargnano (Fonte: ARPA - Lombardia)

*Elaborazione del dato termico:*

Dall'Arpa Lombardia è stato assunto il valore medio di temperatura, registrato ogni ora del giorno per gli anni 2016 e 2017 e da questi valori iniziali, sono stati ottenuti: temperatura media, massima media e minima media per ogni mese nei due anni. Il dato elaborato è di seguito riportato:

**Anno 2016**

	<b>Tm</b>	<b>Txm</b>	<b>Tnm</b>
<b>Gen</b>	1.7	12.5	-6.6
<b>Feb</b>	3.5	14.0	-2.0
<b>Mar</b>	5.2	15.5	-2.1
<b>Apr</b>	10.2	17.6	0.4
<b>Mag</b>	12.2	22.4	4.3
<b>Giu</b>	16.8	27.8	9.1
<b>Lug</b>	20.5	28.6	9.0
<b>Ago</b>	18.8	26.3	9.6
<b>Set</b>	17.3	26.2	9.4
<b>Ott</b>	9.8	20.3	3.3

**Anno 2016**

<b>Nov</b>	5.7	13.9	-2.1
<b>Dic</b>	6.1	16.4	-2.1

Tabella 2-10: Temperatura media, massima media e minima media-Anno 2016(Fonte: Elaborazione dei dati ARPA-Lombardia)

**Anno 2017**

	<b>Tm</b>	<b>Txm</b>	<b>Tnm</b>
<b>Gen</b>	-0.4	9.1	-9.2
<b>Feb</b>	3.9	13.1	-1.6
<b>Mar</b>	8.6	19.0	1.5
<b>Apr</b>	9.8	19.8	0.0
<b>Mag</b>	14.1	25.0	2.9
<b>Giu</b>	19.6	30.4	10.1
<b>Lug</b>	20.5	29.0	11.3
<b>Ago</b>	21.3	30.7	11.9
<b>Set</b>	13.2	22.1	6.5
<b>Ott</b>	12.1	21.7	5.3
<b>Nov</b>	5.3	14.9	-1.7
<b>Dic</b>	2.5	14.5	-4.2

Tabella 2-11: Temperatura media, massima media e minima media-Anno 2017(Fonte: Elaborazione dei dati ARPA-Lombardia)

Con riferimento alla Temperatura media registrata nei due anni è possibile notare come le temperature siano confrontabili. In particolare, nel 2016 la temperatura media è compresa tra 1.7 °C e 20.5 °C, rispettivamente registrate nei mesi di gennaio e di luglio mentre nel 2017 la temperatura media oscilla tra -0.4 °C e 21.3 °C, rispettivamente registrate nei mesi di gennaio e di agosto. Confrontando, inoltre la media assoluta dei due anni essa risulta essere 10.6 °C per il 2016 e 10.9 °C per il 2017.

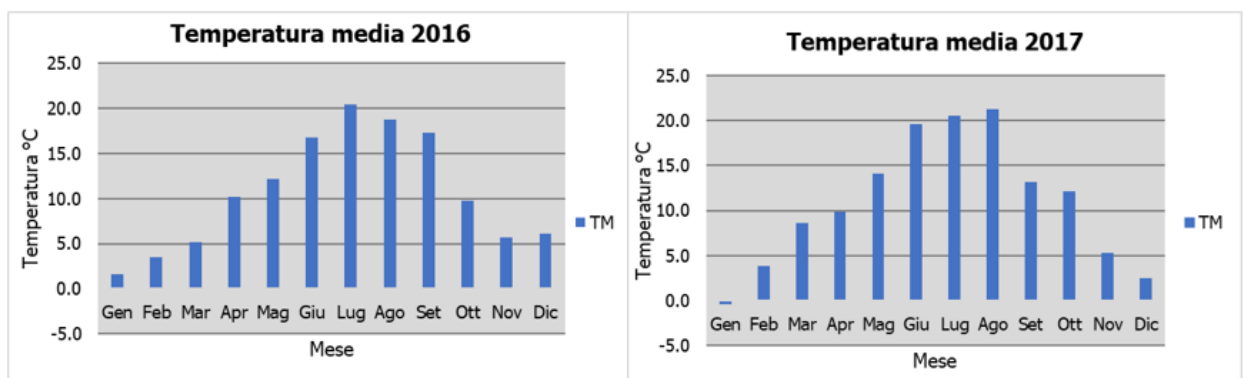


Figura 2-21: Temperatura media - confronto tra l'anno 2016 e 2017(Fonte: Elaborazione dei dati ARPA-Lombardia)



Analizzando i valori massimi e minimi medi della temperatura nei due anni, si osserva come il dato sia anche in questo caso confrontabile, evidenziando come mese con temperature massime medie più elevate il mese di luglio nel 2106, con 28.6 °C e il mese di agosto nel 2017 con 30.7 °C, mentre il mese con le temperature minime medie più basse risulta gennaio per entrambe gli anni, con -6,6 °C nel 2016 e -9,2 °C nel 2017.

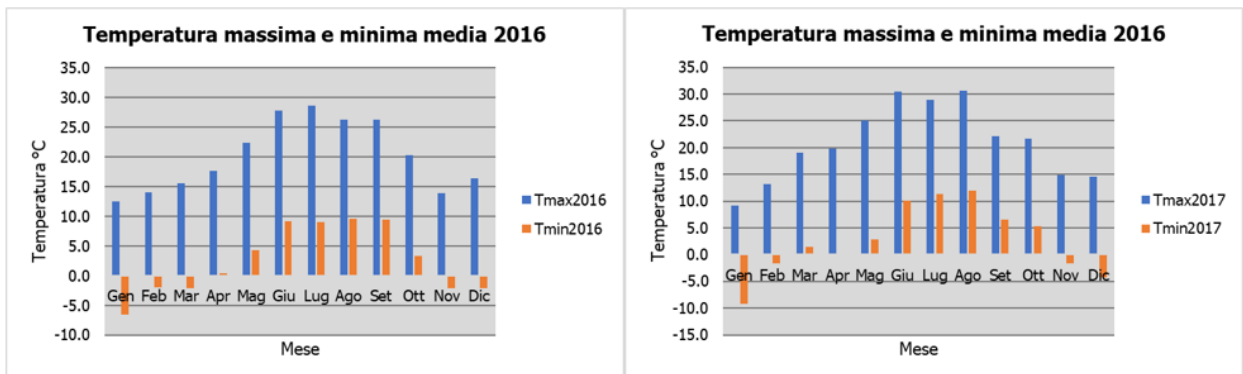


Figura 2-22: Temperatura massima media - confronto tra l'anno 2016 e 2017 (Fonte: Elaborazione dei dati ARPA-Lombardia)

Al fine di poter valutare anche la coerenza in termini di distribuzione della temperatura è possibile fare riferimento ai valori di temperatura minima e massima media mensile analizzata nei due anni.

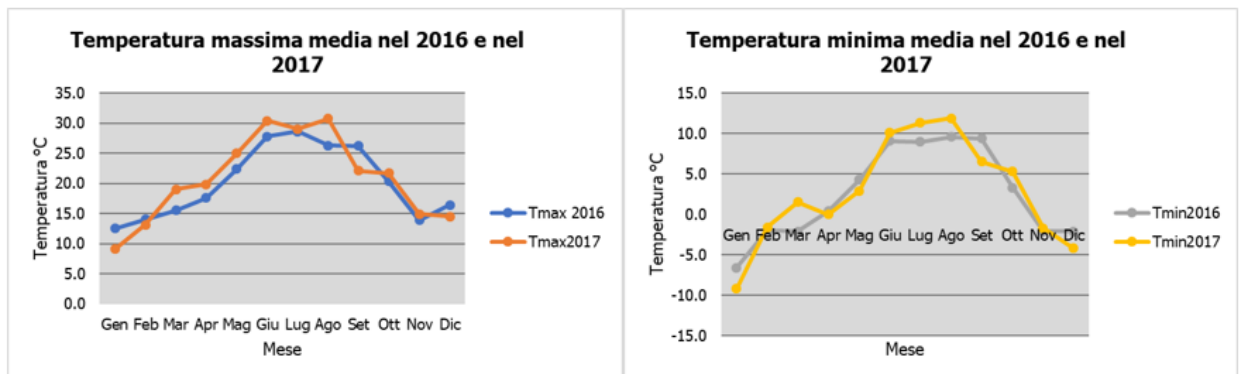


Figura 2-23: Temperatura massima e minima media - confronto tra l'anno 2016 e 2017 (Fonte: Elaborazione dei dati ARPA-Lombardia)

Si può notare nei due anni come il trend delle temperature massime e minime sia analogo con un aumento delle temperature del 2017 sia in termini di temperatura massima media che minima media. In particolare, per quanto riguarda la temperatura massima media l'aumento delle temperature del 2017 si registra in tutti i mesi ad eccezione di settembre, dicembre e gennaio. In termini di temperature minimi medie tale aumento di temperatura risulta meno distribuito e più accentuato nei mesi di marzo e nei tre mesi estivi.

Confronto tra dato storico ed attuale:



Preso atto che il dato del 2017, registrato dalla stazione di Gargnano (ARPA Lombardia), è in linea con le temperature registrate nell'anno precedente (2016), verrà impiegato per l'analisi di confronto con il dato del 2017 elaborato dalla Lakes Environmental.

Il confronto è stato effettuato tra le temperature medie mensili (cfr. Figura 2-24). Tale grafico mostra un andamento pressoché invariato tra il dato 2017 registrato dalla Stazione di Gargnano e il dato 2017 elaborato dalla Lakes Environmental. In particolare, il dato della Lakes Environmental presenta un incremento medio del 20% rispetto al dato registrato dalla Stazione di Gargnano.

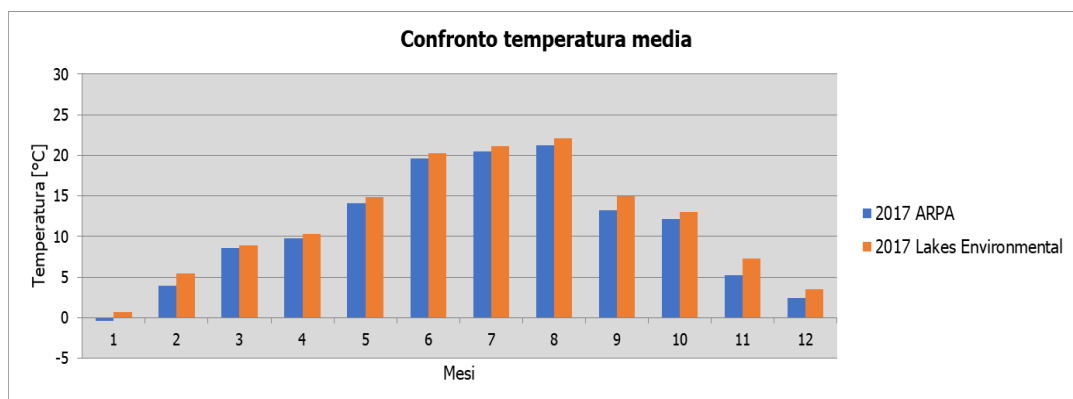


Figura 2-24 Confronto temperatura media (Fonte: Elaborazione dati 2017: ARPA – Stazione di Gargnano e Lakes Environmental)

## Conclusioni

L'analisi meteorologica dell'area di intervento è stata effettuata mediante il confronto tra i dati presenti nell'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare (che raccoglie i dati relativi all' arco temporale 1971 – 2000), i dati dell'archivio di ARPA Lombardia ed il dato attuale (anno di riferimento 2017) elaborato della Lakes Environmental tramite modellazione WRF. Il confronto ha riguardato i principali parametri meteorologici ed ha consentito di ricostruire, in termini medi, l'andamento meteo- climatico. In particolare, per le analisi ed il confronto relativi al regime anemometrico si è fatto uso dei dati registrati dalla stazione di Paganella, cui altitudine è di 2000 m.s.l.m., in quanto rappresentativi dell'area.

Per le analisi termiche si è fatto piuttosto riferimento ai dati registrati dalla Stazione di Gargnano caratterizzata da un'altitudine molto meno marcata. La scelta di utilizzare l'una, piuttosto che l'altra stazione, è relativa alle condizioni particolari che interessano l'area d'esame.

Alla luce di quanto appena definito e sulla base dei risultati riportati nei paragrafi precedenti, è possibile evidenziare in generale, sia in termini anemometrici che termici, una buona corrispondenza del dato attuale relativo al 2017 della Lakes Environmental con i dati provenienti da registrazioni fornite dall'Atlante Climatico e da ARPA Lombardia. Considerando, dunque, validato il dato della Lakes Environmental e verificato che le simulazioni effettuate non facciano riferimento ad *outliers* meteorologici nel proseguo della trattazione verrà adottato per le simulazioni modellistiche.

#### 2.1.4 ANALISI EMISSIVA

In riferimento all'Inventario Nazionale delle Emissioni in Atmosfera del 2018 (INEA), realizzato dall'ISPRA, è stato possibile delineare il quadro nazionale italiano delle emissioni in atmosfera per il periodo compreso tra il 1990 ed il 2016.

Relativamente agli inquinanti presi come riferimento nell'analisi della componente in esame, ossia il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), il particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) ed il benzene, si riportano di seguito le emissioni prodotte dalle macro - attività considerate nell'inventario:

#### Inventario Nazionale Italiano- Emissioni 1990-2016

##### Emissioni di NO<sub>x</sub>:

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustione nei settori dell'energia e della trasformazione	457	344	173	118	81	75	73	61	52	52	48
Combustione piante non industriale	65	66	69	79	88	80	85	90	83	87	87
Combustione industriale	249	180	152	153	100	98	82	73	70	65	65
Processi produttivi	30	31	9	16	11	11	10	9	10	10	8
Trasporti stradali	934	991	753	614	454	446	414	390	400	387	371
Altre fonti mobili e macchine	261	258	260	233	183	166	149	141	137	130	126
Trattamento e smaltimento rifiuti	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
Agricoltura	69	70	70	65	54	56	60	52	50	50	53
<b>TOTALE</b>	<b>2068</b>	<b>1944</b>	<b>1489</b>	<b>1281</b>	<b>972</b>	<b>934</b>	<b>876</b>	<b>818</b>	<b>8047</b>	<b>783</b>	<b>761</b>

Tabella 2-12: Emissioni nazionali di NO<sub>x</sub> (Fonte: INEA 2018-ISPRA)

#### Inventario Nazionale Italiano- Emissioni 1990-2016

##### Emissioni di CO:

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustione nei settori dell'energia e della trasformazione	59	54	56	54	33	33	50	36	37	40	49
Combustione piante non industriale	795	895	914	931	1666	1086	1512	1515	1309	1468	1423
Combustione industriale	306	411	312	326	233	265	191	115	119	93	101
Processi produttivi	224	140	129	144	105	118	108	76	72	64	69
Trasporti stradali	5292	5296	3083	1666	785	703	616	565	535	517	473
Altre fonti mobili e macchine	480	403	303	263	194	172	131	137	143	137	134
Trattamento e smaltimento rifiuti	41	47	45	50	47	47	48	45	42	47	49

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agricoltura	12	12	12	13	12	12	13	12	12	13	14
<b>TOTALE</b>	<b>7210</b>	<b>7257</b>	<b>4855</b>	<b>3448</b>	<b>3075</b>	<b>2435</b>	<b>2670</b>	<b>2502</b>	<b>2268</b>	<b>2378</b>	<b>2310</b>

Tabella 2-13: Emissioni nazionali di CO (Fonte: INEA 2018-ISPRA)

#### Inventario Nazionale Italiano- Emissioni 1990-2016

##### Emissioni di PM<sub>10</sub>:

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustione nei settori dell'energia e della trasformazione	45	40	18	6	3	2	2	1	1	1	1
Combustione piante non industriale	68	71	70	69	124	80	115	115	99	112	108
Combustione industriale	29	26	17	14	9	8	7	6	7	7	7
Processi produttivi	22	21	19	20	16	16	14	13	12	11	11
Estrazione e distribuzione di combustibili fossili	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solvente ed altri usi del prodotto	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Trasporti stradali	57	57	52	47	34	33	29	27	28	26	25
Altre fonti mobili e macchine	32	32	30	25	16	14	12	11	11	10	9
Trattamento e smaltimento rifiuti	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	7
Agricoltura	33	33	32	30	23	23	23	23	23	23	24
<b>TOTALE</b>	<b>291</b>	<b>286</b>	<b>245</b>	<b>218</b>	<b>231</b>	<b>183</b>	<b>209</b>	<b>204</b>	<b>187</b>	<b>197</b>	<b>193</b>

Tabella 2-14: Emissioni nazionali di PM<sub>10</sub> (Fonte: INEA 2018-ISPRA)

#### Inventario Nazionale Italiano- Emissioni 1990-2016

##### Emissioni di PM<sub>2.5</sub>:

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustione nei settori dell'energia e della trasformazione	30	28	13	4	2	1	1	1	1	1	1
Combustione piante non industriale	67	71	69	69	123	79	114	114	98	111	107
Combustione industriale	21	19	13	11	7	7	6	5	5	6	6
Processi produttivi	15	14	12	13	11	11	10	8	8	7	7
Estrazione e distribuzione di combustibili fossili	0.07	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
Solvente ed altri usi del prodotto	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Trasporti stradali	52	51	45	40	28	27	24	21	22	20	19

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Altre fonti mobili e macchine	32	32	30	25	16	14	12	11	11	10	9
Trattamento e smaltimento rifiuti	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Agricoltura	7	7	7	7	5	5		5	5	5	6
<b>TOTALE</b>	<b>229</b>	<b>226</b>	<b>195</b>	<b>173</b>	<b>196</b>	<b>150</b>	<b>177</b>	<b>172</b>	<b>155</b>	<b>166</b>	<b>162</b>

Tabella 2-15: Emissioni nazionali di PM<sub>2.5</sub> (Fonte: INEA 2018-ISPRA)

#### Inventario Nazionale Italiano- Emissioni 1990-2016

##### Emissioni di Benzene:

Macro-Attività	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustione nei settori dell'energia e della trasformazione	2	2	1	0.3	0.3	2	2	2	0.04	0.04	0.04
Combustione piante non industriale	5	6	6	6	10	7	10	10	8	9	9
Combustione industriale	1	1	0.04	0.04	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Processi produttivi	1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Estrazione e distribuzione di combustibili fossili	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05
Trasporti stradali	23	22	20	19	14	13	12	10	10	9	9
Altre fonti mobili e macchine	14	174	13	11	6	5	5	4	4	3	3
Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2
Agricoltura	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12
<b>TOTALE</b>	<b>47</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>23</b>

Tabella 2-16: Emissioni nazionali di Benzene (Fonte: INEA 2018-ISPRA)

È stato, poi, possibile effettuare l'analisi emissiva del territorio circostante l'area in esame grazie ai all' "Inventario delle Emissioni in ARia" della Regione Lombardia - (INEMAR) è stato possibile effettuare l'analisi emissiva del territorio circostante l'area in esame. Dall'analisi territoriale emerge come l'infrastruttura in progetto interessa la sola provincia di Brescia, dall'Inventario sopra citato sono state considerate le emissioni prodotte nell'anno 2014 (ultimo anno disponibile) dalla sorgente "traffico veicolare".

Relativamente agli inquinanti presi come riferimento nell'analisi della componente Atmosfera, ossia il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), il particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) ed il benzene, si riportano di seguito le emissioni prodotte nella provincia di Brescia distinte in funzione del settore e del relativo combustibile, ad esclusione del benzene per cui le emissioni a livello Provinciali non vengono registrate.

### Provincia di Brescia – Emissioni INEMAR 2014

Settore	Inquinanti [t/anno]			
	CO	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Produzione energia e trasform. combustibili	161	261	6.7	5.8
Combustione non industriale	15,224	1,448	1,640	1,601
Combustione nell'industria	3,425	3,806	220	141
Processi produttivi	9,772	823	167	103
Estrazione e distribuzione combustibili	-	-	-	-
Uso di solventi	5.7	5.5	114	102
Trasporto su strada	10,039	9,958	728	536
Altre sorgenti mobili e macchinari	755	2,277	121	120
Trattamento e smaltimento rifiuti	141	433	3.5	3.2
Agricoltura		72	290	115
Altre sorgenti e assorbimenti	282	10	106	83
<b>Totale</b>	<b>39,804</b>	<b>19,093</b>	<b>3,396</b>	<b>2,811</b>

Tabella 2-17 Emissioni provincia di Brescia 2014 (Fonte: INEMAR 2014)

### Provincia di Brescia – Distribuzioni percentuali delle emissioni INEMAR 2014

Settore	Inquinanti [t/anno]			
	CO	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Produzione energia e trasform. combustibili	0 %	1 %	0 %	0 %
Combustione non industriale	38 %	8 %	48 %	57 %
Combustione nell'industria	9 %	20 %	6 %	5 %
Processi produttivi	25 %	4 %	5 %	4 %
Estrazione e distribuzione combustibili	-	-	-	-
Uso di solventi	0 %	0 %	3 %	4 %
Trasporto su strada	25 %	52 %	21 %	19 %
Altre sorgenti mobili e macchinari	2 %	12 %	4 %	4 %
Trattamento e smaltimento rifiuti	0 %	2 %	0 %	0 %
Agricoltura	-	0 %	9 %	4 %
Altre sorgenti e assorbimenti	1 %	0 %	3 %	3 %
<b>Totale</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Tabella 2-18: Distribuzioni percentuali delle emissioni provincia di Brescia 2014 (Fonte: INEMAR 2014)

#### 2.1.5 ANALISI DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

##### **La pianificazione e programmazione sulla qualità dell'aria**

Il "Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria" (PRIA) è stato approvato nel 2013 (con DGR n. 593 del 6/9/2013) ed è stato sottoposto a Valutazione Ambientale Strategica (VAS) conformemente a quanto previsto dalla norma. Con la DGR n. 6438/2017 è stato avviato il procedimento di aggiornamento del Piano, volto alla individuazione e alla attuazione di misure per la riduzione delle emissioni in atmosfera con il conseguente miglioramento dello stato della qualità dell'aria attraverso una maggiore specificazione delle azioni e un rilancio delle iniziative di medio e lungo periodo già previste dal vigente PRIA, oltreché ad un rafforzamento dell'azione complessiva negli ambiti di intervento già valutati nella procedura di VAS svolta nell'ambito del procedimento di approvazione del PRIA.

Tale aggiornamento è stato approvato nel 2018 e riconferma gli obiettivi del PRIA 2013, consistenti nel rientrare nei valori limite di qualità dell'aria nel più breve tempo possibile nelle zone di superamento degli inquinanti e nel preservare da peggioramenti le zone di rispetto. L'aggiornamento di Piano rappresenta dunque la risposta concreta di proseguimento dell'azione regionale nell'ambito delle procedure di infrazione aperte dalla Commissione europea nei confronti dello Stato italiano per il non rispetto dei valori limite per NO<sub>2</sub> (procedura 2015/2043) e PM<sub>10</sub> (procedura 2014/2147).

L'aggiornamento del Piano, come peraltro il PRIA del 2013, è caratterizzato inoltre, per la natura stessa del fenomeno dell'inquinamento atmosferico, da una forte trasversalità e sinergia con altri strumenti di pianificazione e programmazione settoriale, ed è dunque stato realizzato in stretta collaborazione con le strutture regionali competenti per i diversi settori, che hanno contribuito a delineare e aggiornare le misure qui presentate.

I macro-settori di intervento individuati dal PRIA sono "trasporti su strada e mobilità", "sorgenti stazionarie e uso razionale dell'energia", "attività agricole e forestali" e sono riconfermati nell'aggiornamento del Piano.

Il sistema di monitoraggio del Piano viene riconfermato nella sua articolazione già definita dal PRIA 2013 sui tre livelli previsti:

- di realizzazione, riferito a quanto posto in essere attraverso l'attuazione delle misure di intervento;
- di risultato, riferito agli effetti che possono essere attribuiti all'attuazione delle misure in termini di stima della riduzione delle emissioni dei diversi inquinanti in atmosfera;
- di impatto, riferito all'evoluzione dei parametri di qualità dell'aria.

In attuazione di quanto previsto dalla direttiva europea 2008/50/CE il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa) ha stabilito la necessità di suddividere il territorio in zone e agglomerati sui quali svolgere l'attività di misura e poter valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite.

L'articolo 1, comma 4, del d.lgs. 155/2010, definisce, infatti, la zonizzazione del territorio "il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente", le cui modalità di svolgimento sono individuate sulla base della classificazione delle zone medesime. La valutazione della qualità dell'aria è, a sua volta, "il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi previsti" dal decreto per i vari inquinanti; in caso di superamento devono essere adottati piani che agiscano sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque localizzate, che influenzano tali aree di superamento.

Ai fini dell'aggiornamento della zonizzazione del territorio regionale sono stati analizzati i seguenti fattori:

- le caratteristiche orografiche e meteo - climatiche del territorio;
- la densità abitativa, propedeutica all'individuazione degli agglomerati;
- la distribuzione territoriale dei principali inquinanti in emissione.

Con la delibera di Giunta regionale n. 2605 del 30 novembre 2011 Regione Lombardia ha messo in atto tale disposizione approvando la nuova zonizzazione e revocando la precedente (d.G.R n. 5290 del 2007 e s.m.i). Tale zonizzazione è poi rimasta invariata negli anni successivi.

Pertanto, la ripartizione del territorio regionale nelle seguenti zone e agglomerati:

- Agglomerato di Bergamo;
- Agglomerato di Brescia;
- Agglomerato di Milano;
- Zona A - pianura ad elevata urbanizzazione;
- Zona B – pianura;
- Zona C – montagna;
- Zona D – fondovalle.

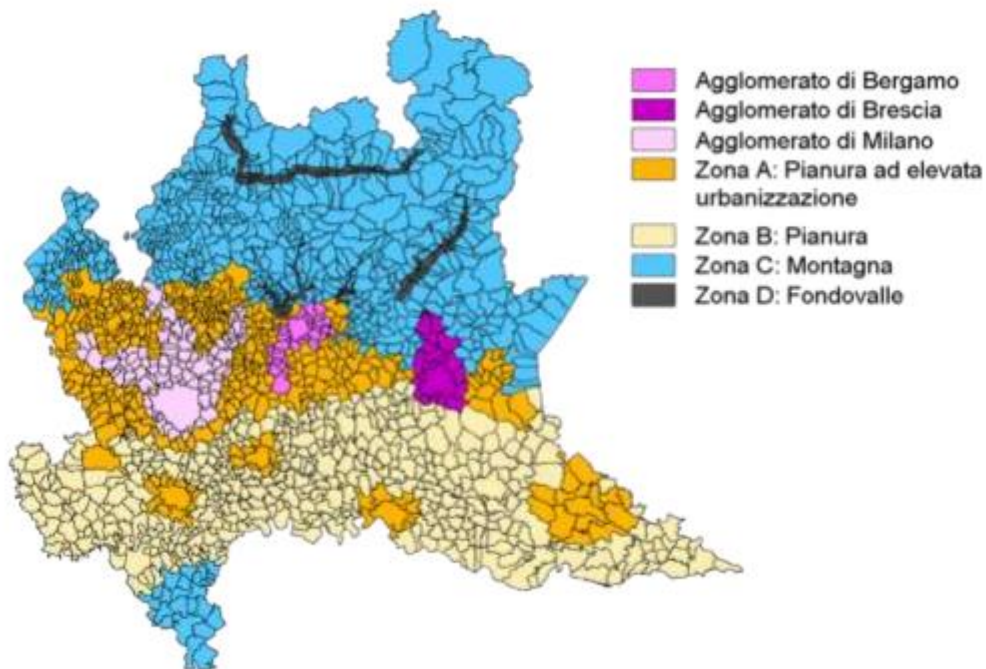


Figura 2-25: Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria – Anno 2017)

Tale ripartizione vale per tutti gli inquinanti monitorati ai fini della valutazione della qualità dell'aria, mentre per l'ozono vale l'ulteriore suddivisione della zona C in:

- Zona C1 - area prealpina e appenninica;
- Zona C2 - area alpina.



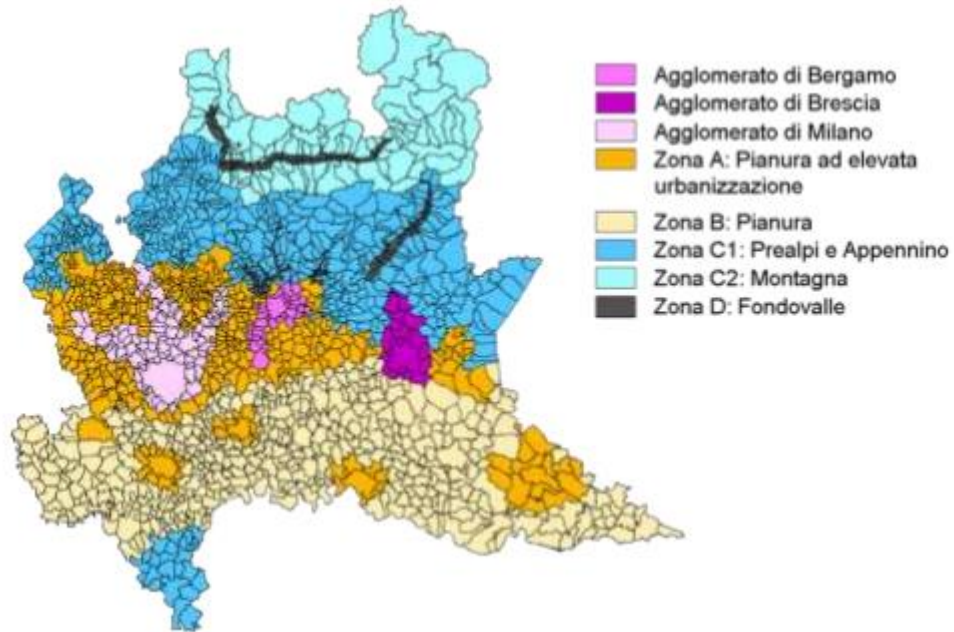


Figura 2-26: Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11 (Valutazione Ozono) (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria – Anno 2017)

Più nel dettaglio, la Provincia di Brescia racchiude in sé più zone omogenee, quali la zona Zona A, la Zona B, le Zone C1 e C2 e l'Agglomerato di Brescia. Nella più ristretta area d'intervento, invece, si può ritenere rappresentativa la "Zona C1-Prealpi e Appennino".

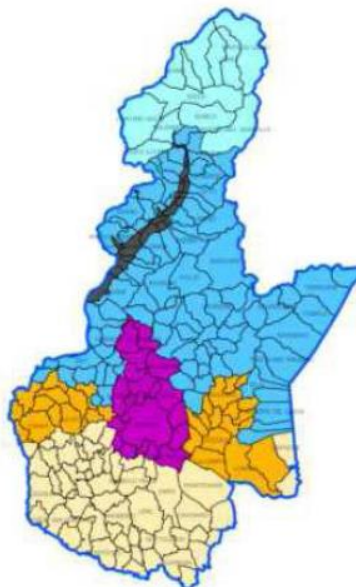


Figura 2-27: Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11 della Provincia di Brescia (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria – Anno 2017)

Considerato che le elevate concentrazioni di  $PM_{10}$  sono prodotte principalmente dalle sorgenti legate al traffico veicolare, si specifica come con il nuovo aggiornamento del PRIA nel 2018 sono state inserite le nuove limitazioni ai veicoli inquinanti, attive dal 1° ottobre 2018. Il PRIA, infatti, individua l'anno 2025 quale data per il possibile rientro di tutti gli inquinanti monitorati, conseguentemente all'attuazione delle misure di Piano individuate.

Relativamente a tali misure, sono in vigore in Lombardia i provvedimenti di limitazione della circolazione per i veicoli più inquinanti e oltre a queste limitazioni strutturali e permanenti si aggiungono le misure temporanee a livello locale previste al verificarsi di episodi di accumulo del livello di  $PM_{10}$  in atmosfera.

In accompagnamento alle limitazioni è stata approvata con d.G.R. n. 499/18 la misura di incentivazione alla sostituzione dei veicoli commerciali più inquinanti rivolta alle micro, piccole e medie imprese lombarde, attuata con il decreto n. 13405/18 che ha approvato il bando "Rinnova veicoli" attivo dal 16 ottobre 2018.

#### **La rete di monitoraggio e la centralina di riferimento**

Facendo riferimento a quanto esplicitato all'interno del "*Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria*" (PRIA), approvato nel 2013 (con DGR n. 593 del 6/9/2013) ed aggiornato nel 2018, la rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria in Lombardia è attualmente composta da 85 stazioni fisse, (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, inceneritori) che, per mezzo di analizzatori automatici, forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente con cadenza oraria).

Gli inquinanti monitorati sono:  $SO_2$ ,  $NO_x$ , CO,  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e Benzene.

Il D.Lgs. 155/2010 (art. 5) prevede che le regioni e le province autonome predispongano un programma per la misura della qualità dell'aria con stazioni fisse coerente con le disposizioni introdotte dal decreto stesso. Il numero delle stazioni di misurazione previste dal programma di valutazione deve essere individuato nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità. I punti di misura ove sono misurati o campionati i principali inquinanti, possono essere descritti in relazione alla loro collocazione per tipo di zona (urbana/suburbana/rurale) o per tipo di stazione (traffico/fondo/ industriale). Più in dettaglio le stazioni di traffico sono collocate in posizione tale da misurare prevalentemente gli inquinanti provenienti da emissioni veicolari; le stazioni di fondo rilevano livelli di inquinamento non direttamente influenzati da singole sorgenti ma riferibili al loro contributo integrato, mentre quelle industriali rilevano l'eventuale contributo connesso alle limitrofe attività produttive.

Diverso è il contesto ambientale (urbano, industriale, da traffico, rurale, etc.) nel quale è attivo il monitoraggio e diversa è la tipologia di inquinanti che è necessario rilevare. Di conseguenza, non tutte le stazioni sono dotate della medesima strumentazione analitica.

### Inquinanti della Rete di monitoraggio della Regione Lombardia

	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Benzene
Postazioni di misura pdv	29	28	83	46	64	30	23

Tabella 2-19: Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità (Fonte: "Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria" (PRIA)-2018)

I dati forniti dalle stazioni fisse vengono integrati con quelli rilevati durante campagne di misura temporanee, effettuate mediante l'ausilio di 8 laboratori mobili e campionatori per il rilevamento del particolato fine, oltre che altra strumentazione avanzata quale, a esempio, Contatori Ottici di Particelle e analizzatori di Black Carbon.

Inoltre, dal 2009 in Lombardia sono attivi 14 siti per la determinazione di B(a)P e metalli.

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio.

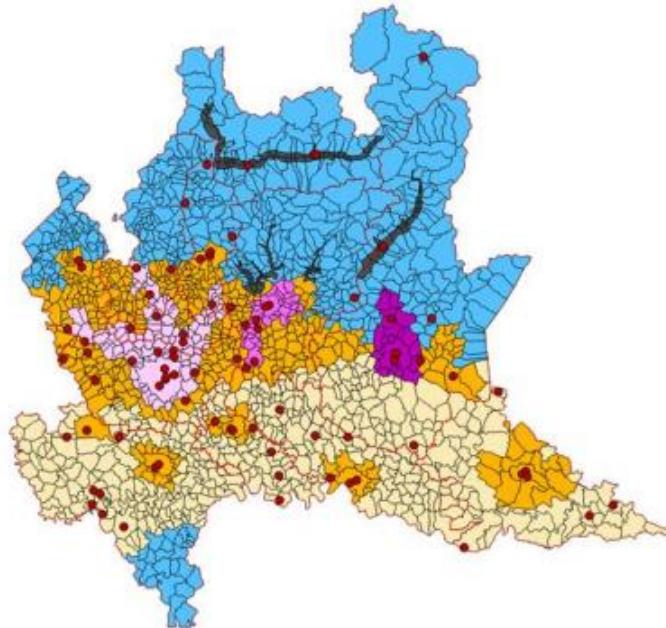


Figura 2-28: Postazioni di rilevamento distribuite su tutto il territorio regionale (Fonte: "Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria" (PRIA)-2018)

Il set di stazioni selezionato include per le fonti diffuse, oltre al minimo numero di stazioni richiesto dalla Direttiva Europea 2008/50/CE, stazioni aggiuntive sostitutive delle stazioni "minime" che garantiscono il rilevamento qualora non sia raggiunto il rendimento previsto dalla normativa o nel caso in cui la stazione sia non rappresentativa per l'azione temporanea di fattori esterni. Sono poi previste ulteriori stazioni attivate a supporto della modellistica o per peculiarità territoriale o ancora per garantire la corretta proporzione tra stazioni da traffico e di fondo e tra stazioni di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub>.

Con specifico riferimento alla provincia di Brescia, la rete di rilevamento è caratterizzata da 12 stazioni fisse di misura, tutte pubbliche, di cui la maggior parte appartenenti alla tipologia "fondo", due alla tipologia "traffico" ed altre due a quella "industriale", come riporta la Figura 2-29.

Nome stazione	Rete	Tipo zona D.Lgs. 155/2010	Tipo Stazione D.Lgs.155/2010	Altitudine [mslm]
<i>stazioni del programma di valutazione</i>				
BS Broletto	PUB	URBANA	TRAFFICO	150
BS Turati	PUB	URBANA	TRAFFICO	150
BS Villaggio Sereno	PUB	URBANA	FONDO	122
Darfo	PUB	URBANA	FONDO	223
Gambara	PUB	URBANA	FONDO	48
Lonato	PUB	URBANA	FONDO	184
Odolo	PUB	RURALE	FONDO	345
Rezzato	PUB	SUBURBANA	INDUSTRIALE	154
Sarezzo	PUB	SUBURBANA	FONDO	265
<i>altre stazioni</i>				
BS Ziziola	PUB	URBANA	INDUSTRIALE	125
Breno	PUB	URBANA	FONDO	328
Ospitaletto	PUB	URBANA	FONDO	150

Figura 2-29: Stazioni fisse di misura nella Provincia di Brescia (Fonte: Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Brescia - Anno 2017)

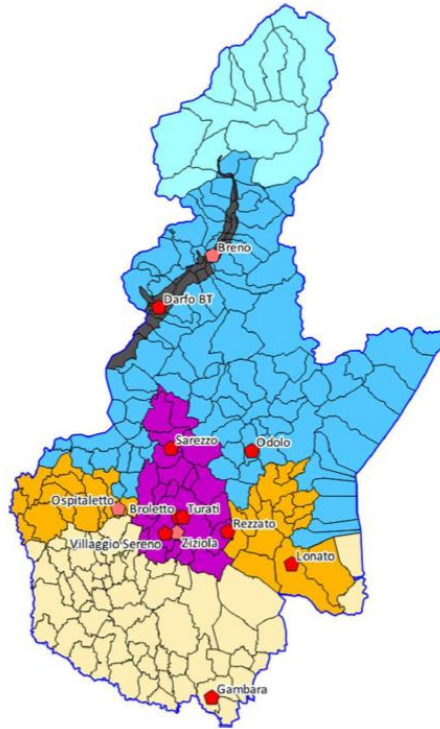


Figura 2-30: Localizzazione stazioni fisse (in rosso) e delle campagne con laboratorio mobile (in blu) nella Provincia di Brescia (Fonte: Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Brescia - Anno 2017)

Relativamente all'area di studio, a valle di una prima analisi delle centraline presenti in prossimità dell'area di intervento, sono state scelte, come centraline di riferimento, quelle più vicine e significative in termini di tipologia. In particolare, sono state scelte tre centraline, al fine di monitorare i seguenti inquinanti:

- Biossidi di Azoto  $\text{NO}_2$ ;
- Monossido di carbonio CO;
- Particolato  $\text{PM}_{10}$ ;
- Particolato  $\text{PM}_{2,5}$ ;
- Benzene.

La prima centralina è rappresentata dalla stazione di Odolo, localizzata in provincia di Brescia e specificatamente posta in Via Praes., distante circa 25 chilometri in media dall'infrastruttura in studio. Questa è classificata come centralina di "fondo rurale" ed è stata presa come riferimento nelle analisi modellistiche poiché ritenuta rappresentativa dell'area d'interesse.

Gli inquinanti individuati nel presente studio e monitorati dalla centralina di Odolo, nell'anno preso come riferimento per lo stato attuale (2018), sono:

- Ossidi di Azoto;
- Biossido di Azoto;
- Particolato  $\text{PM}_{10}$ .





Figura 2-31 Centralina qualità dell'aria Odolo (Fonte: ARPA Lombardia)

La seconda centralina che si è ritenuta rappresentativa per l'area d'interesse è la centralina di Darfo, localizzata nella provincia di Brescia, in via De Amicis. Tale centralina dista circa 42 chilometri in media dall'intervento ed è classificata come centralina di "fondo urbana". Gli inquinanti individuati nel presente studio e monitorati dalla centralina di Darfo, nell'anno preso come riferimento per lo stato attuale (2018), sono:

- Biossido di Azoto;
- Particolato PM<sub>2,5</sub>;
- Particolato PM<sub>10</sub>;
- Benzene.

In particolare, essendo posta ad una distanza maggiore rispetto alla centralina di Odolo, si fa riferimento alla centralina di Darfo solo per l'assunzione dei dati relativi al Benzene.



Figura 2-32: Centralina qualità dell'aria Darfo (Fonte: ARPA Lombardia)

Infine, la terza centralina che si è ritenuta rappresentativa per l'area d'interesse è la centralina di Sarezzo, localizzata nella provincia di Brescia, in via Minelli. Tale centralina dista circa 38 chilometri in media dall'intervento ed è classificata come centralina di "fondo suburbana". Gli inquinanti individuati nel presente studio e monitorati dalla centralina di Sarezzo, nell'anno preso come riferimento per lo stato attuale (2018), sono:

- Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>;
- Particolato PM<sub>10</sub>;
- Monossido di Carbonio CO.

In particolare, essendo posta ad una distanza maggiore rispetto alla centralina di Odolo, si fa riferimento alla centralina di Sarezzo solo per l'assunzione dei dati relativi al Monossido di Carbonio.

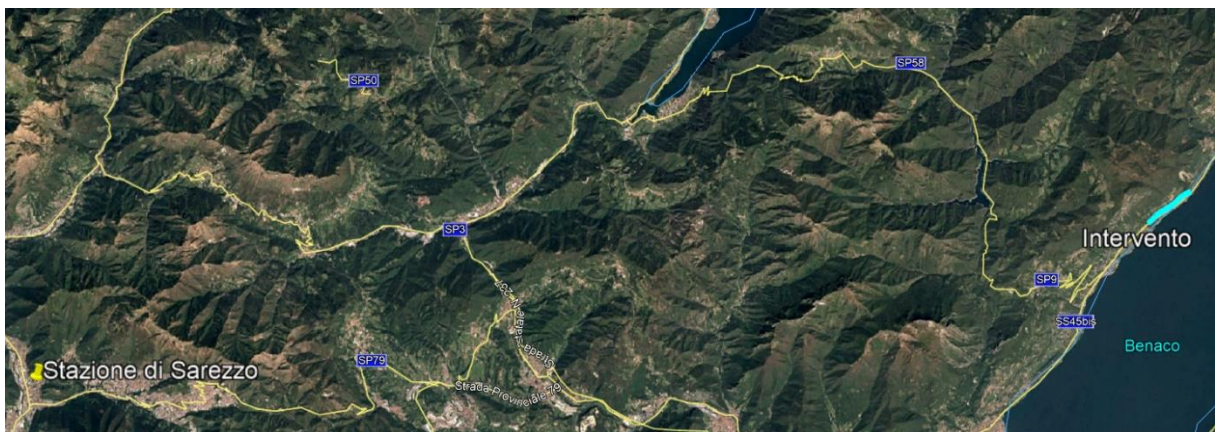


Figura 2-33: Centralina qualità dell'aria Sarezzo (Fonte: ARPA Lombardia)

### **Analisi degli inquinanti monitorati**

#### **Ossidi e biossidi di Azoto**

##### *Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente*

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NO<sub>x</sub> che sta ad indicare la somma pesata del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

Durante le combustioni l'azoto molecolare (N<sub>2</sub>) presente nell'aria, che brucia insieme al combustibile, si ossida a monossido di azoto (NO). Nell'ambiente esterno il monossido si ossida a biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), che è quindi un inquinante secondario, poiché non viene emesso direttamente. Il biossido di azoto è "ubiquitario" ciò significa che si ritrova in atmosfera un po' ovunque, con concentrazioni abbastanza costanti. L'ossido di azoto (NO), anche chiamato ossido nitrico, è un gas incolore, insapore ed inodore con una tossicità limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo - rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante. Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto all'elevata presenza di questo gas. Il biossido di azoto svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog



fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari molto pericolosi tra cui l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso e gli alchilnitriti. Da notare che gli NO<sub>x</sub> vengono per lo più emessi da sorgenti al suolo e sono solo parzialmente solubili in acqua, questo influenza notevolmente il trasporto e gli effetti a distanza.

L'azione sull'uomo dell'ossido di azoto è relativamente bassa. A causa della rapida ossidazione a biossido di azoto, si fa spesso riferimento esclusivo solo a quest'ultimo inquinante, in quanto risulta molto più tossico del monossido.

Il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, di bronchiti croniche, di asma e di enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica riduzione delle difese polmonari, con conseguente aumento di rischio di infezioni alle vie respiratorie soprattutto in soggetti bronchitici ed asmatici, negli anziani e nei bambini.

L'inquinamento da biossido di azoto ha un impatto sulla vegetazione di minore entità rispetto al biossido di zolfo. In alcuni casi, brevi periodi di esposizione a basse concentrazioni possono incrementare i livelli di clorofilla, mentre lunghi periodi possono causare la senescenza e la caduta delle foglie più giovani.

Il meccanismo principale di aggressione comunque è costituito dall'acidificazione del suolo: gli inquinanti acidi causano un impoverimento del terreno per la perdita di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e conducono alla liberazione di ioni metallici tossici per le piante. Inoltre, l'abbassamento del pH compromette anche molti processi microbici del terreno, fra cui l'azotofissazione.

Si stima infine che gli ossidi di azoto e i loro derivati contribuiscono per il 30% alla formazione delle piogge acide, danneggiando anche edifici e monumenti e provocandone un invecchiamento accelerato, in molti casi irreversibile.

#### Concentrazioni di NO<sub>x</sub>

Tramite i dati della centralina è stato possibile analizzare l'evoluzione negli anni dell'inquinante NO<sub>x</sub>, in particolare è stato preso in considerazione un intervallo temporale di 5 anni, dal 2014 al 2018. Nella Tabella 2-20 sono riportati tutti i valori calcolati per l'NO<sub>x</sub> nei diversi anni.

Anno	Va- lore Me- dio	Valore Mi- nimo	Percentili						Valore Massimo	Supera- menti
			50°	80°	85°	90°	95°	99°		
2014	29.70	1.10	21.20	45.50	53.50	63.80	80.16	118.18	199.60	-
2015	34.93	0.20	22.40	54.40	64.70	78.90	104.10	151.50	227.10	-
2016	33.23	0.00	21.10	50.30	61.90	77.95	105.88	157.63	277.70	-
2017	42.10	1.20	23.70	62.38	77.40	100.79	140.95	228.77	406.70	-
2018	32.24	0.20	20.90	48.60	59.33	73.30	95.30	147.33	316.40	-

Tabella 2-20: Analisi dei percentili NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Odolo (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

Al fine di agevolare la lettura del dato tabellare sono stati quindi elaborati i grafici mostrati nella Figura 2-34 e Figura 2-35. In particolare, la Figura 2-34 riporta l'analisi della distribuzione dei percentili. Quello che è possibile evidenziare è come, le diverse distribuzioni annuali si discostino in modo significativo già dall'80° percentile, ma le differenze più marcate si possono notare dal 90° percentile in poi e rispetto ai valori massimi.

Effettuando un'analisi storica di tali valori si può notare come generalmente la quantità media di concentrazione oraria di tale inquinante sia pressoché costante e di poco crescente negli anni, passando dai 29,70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 2014 ai 32,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 2018, con un picco massimo nel 2017 con un valore di 42,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anche per i valori massimi, è possibile definire un trend di crescita, in quanto tali valori seguono l'andamento visto sui percentili. Pertanto, è possibile affermare che negli ultimi cinque anni non si rilevano sostanziali differenze in termini di  $\text{NO}_x$ , i cui valori di concentrazione rimangono pressoché costanti, a meno dell'anno 2017 che presenta un picco di concentrazione notevolmente elevato.

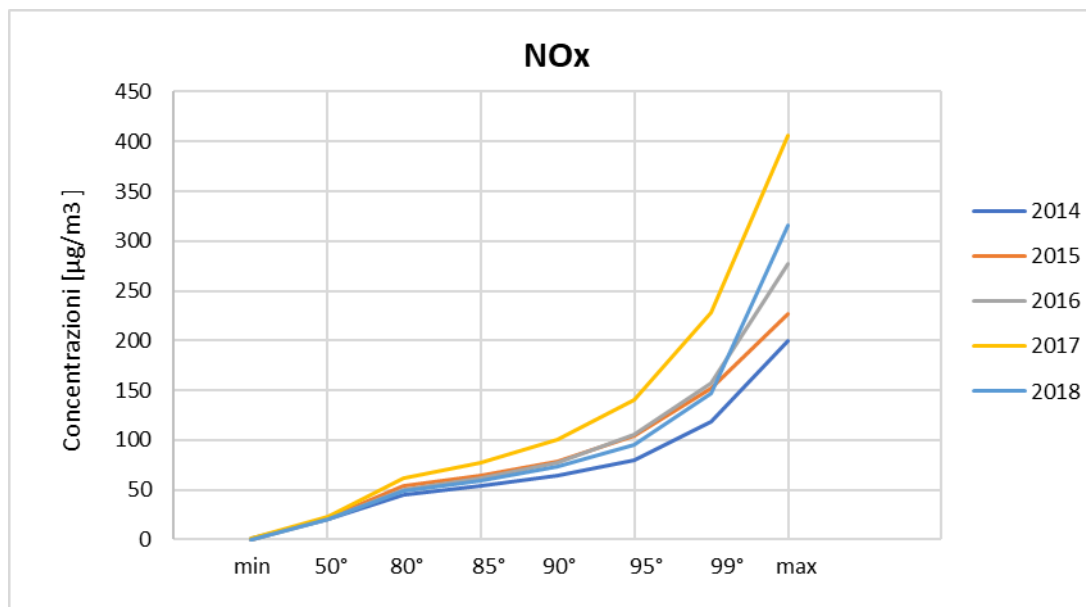


Figura 2-34 Percentili e valori massimi annui  $\text{NO}_x$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

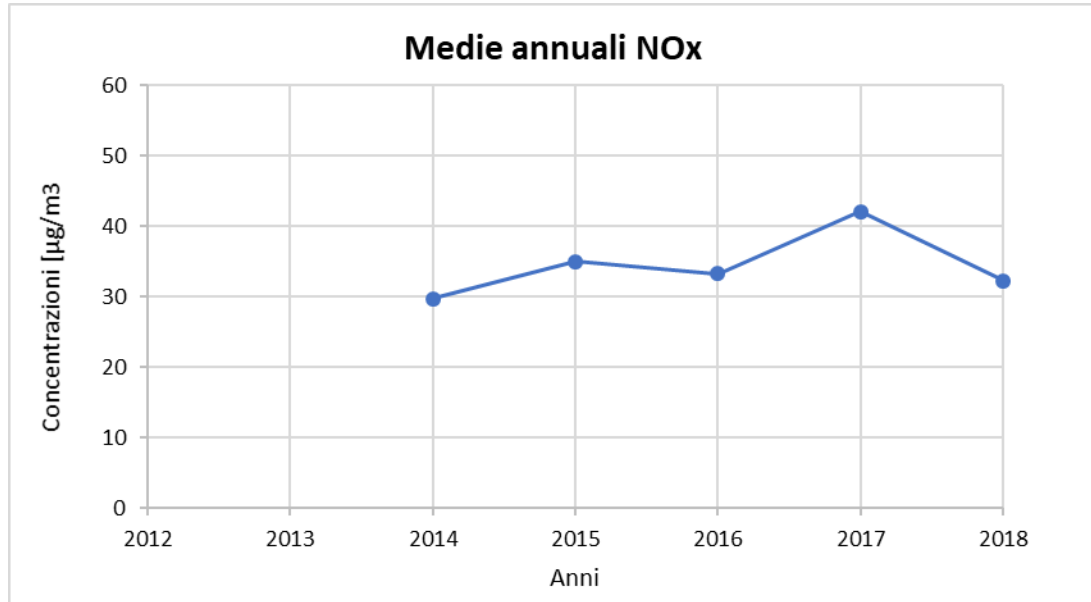


Figura 2-35 Medie annuali NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

Vengono, inoltre, presentati tutti i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2014-2018, degli Ossidi di Azoto. Si nota come, anche dai valori orari, sia possibile evidenziare un trend pressoché costante all'interno dell'arco temporale di riferimento (cfr. Figura 2-36).

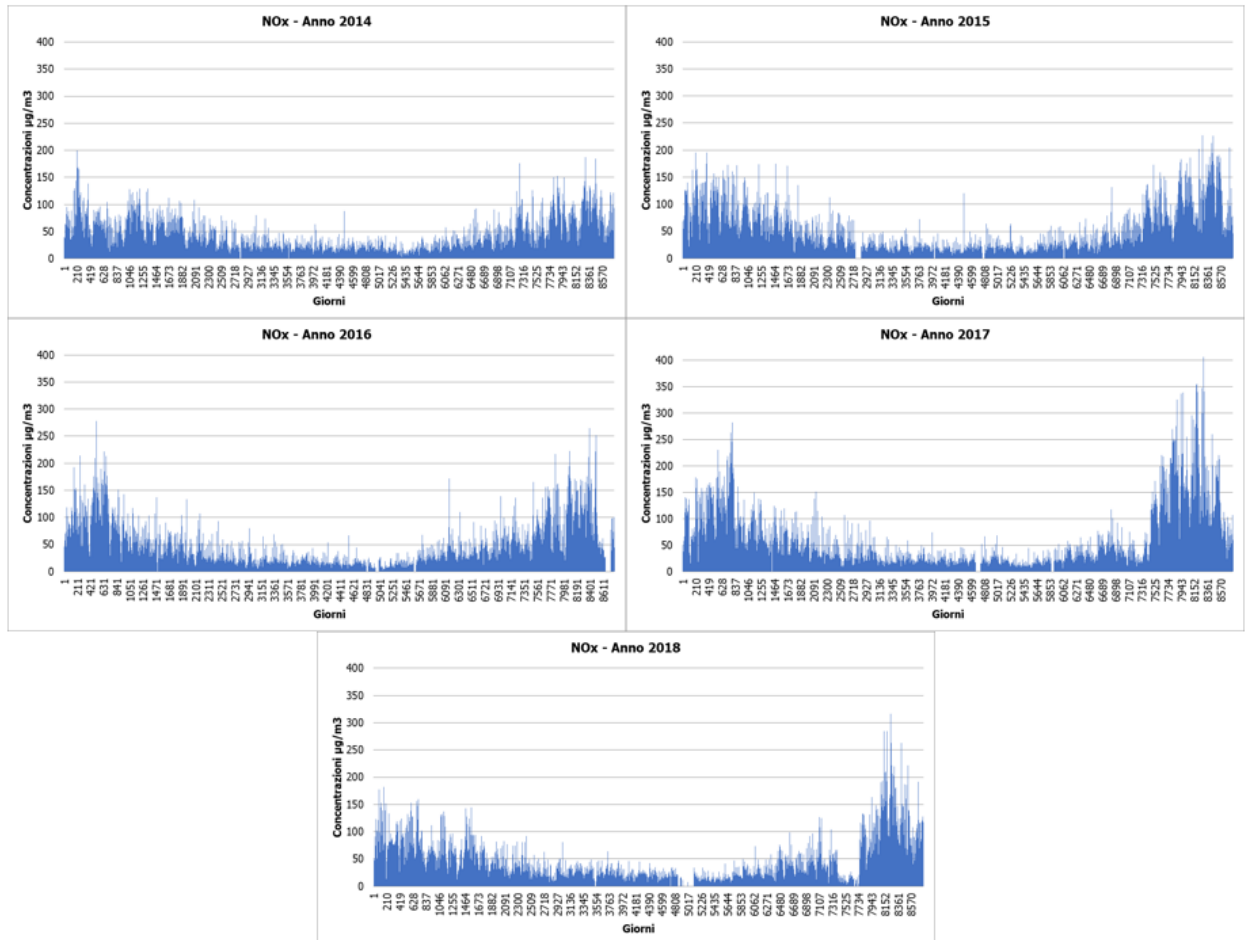


Figura 2-36 Valori orari di NO<sub>x</sub> anni 2014-2018 Centralina di Odolo (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

### Concentrazioni di NO<sub>2</sub>

I soli NO<sub>x</sub>, tuttavia, non forniscono dati sufficienti ad un'analisi completa del territorio e soprattutto non verificano i limiti normativi. Pertanto, è stato condotto uno studio analogo anche sul Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>. Sono stati riassunti, nella Tabella 2-21, i dati presenti per il Biossido di Azoto dei 5 anni rilevati.

Anno	Valore Medio	Valore Minimo	Percentili						Valore Massimo	Superamenti
			50°	80°	85°	90°	95°	99°		
2014	19.04	1.40	16.50	27.30	30.30	34.60	40.50	53.00	72.70	0
2015	21.26	0.90	17.80	32.40	36.10	40.20	46.30	58.14	77.10	0
2016	19.52	0.10	16.50	29.50	33.00	37.50	44.30	56.83	91.30	0
2017	24.63	0.50	18.30	37.50	43.42	50.90	64.00	92.95	148.80	0
2018	20.34	1.10	16.90	31.20	34.50	38.80	45.70	61.57	97.80	0

Tabella 2-21 Analisi dei percentili NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Odolo (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

In analogia a quanto visto per gli NO<sub>x</sub>, rappresentando in forma grafica tali valori è possibile ottimizzare la lettura del dato. Il primo grafico proposto (cfr. Figura 2-37) permette di notare, come già visto nel medesimo grafico relativo agli Ossidi di Azoto, come i valori relativi a tutte i percentili analizzati siano pressoché costanti negli anni ad eccezione del 2017, per cui si sono registrati valori di concentrazione più alti.

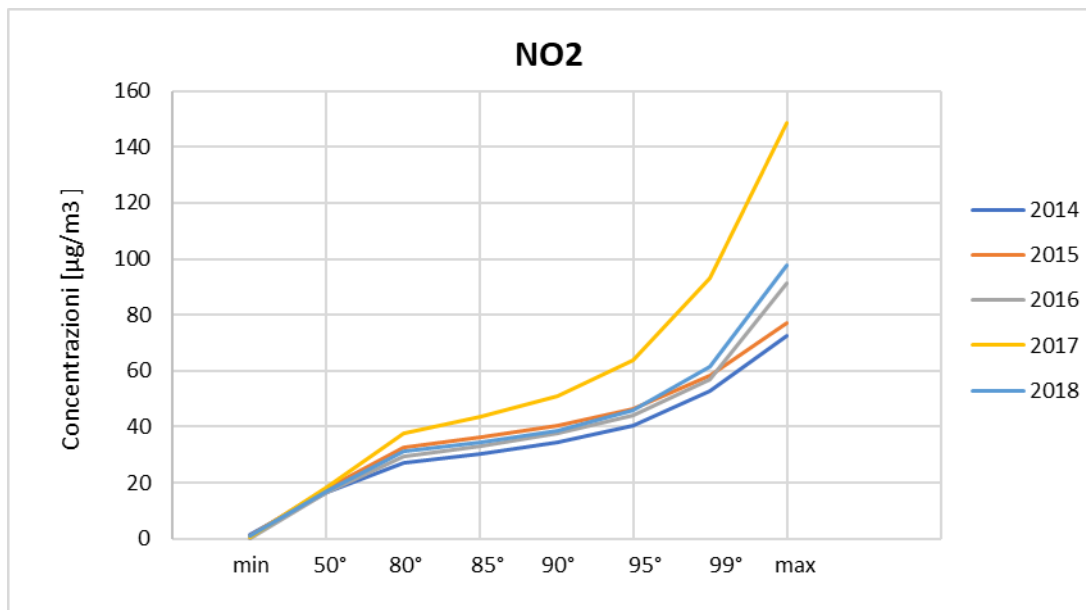


Figura 2-37 Percentili e valori massimi annui NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

In accordo con gli Ossidi di Azoto, per quanto riguarda le medie per ogni anno rilevato (cfr. Figura 2-38), si può notare come col passare degli anni il trend sia rimasto costante, registrando un massimo, coerentemente all'analisi degli ossidi di azoto, nel 2017.

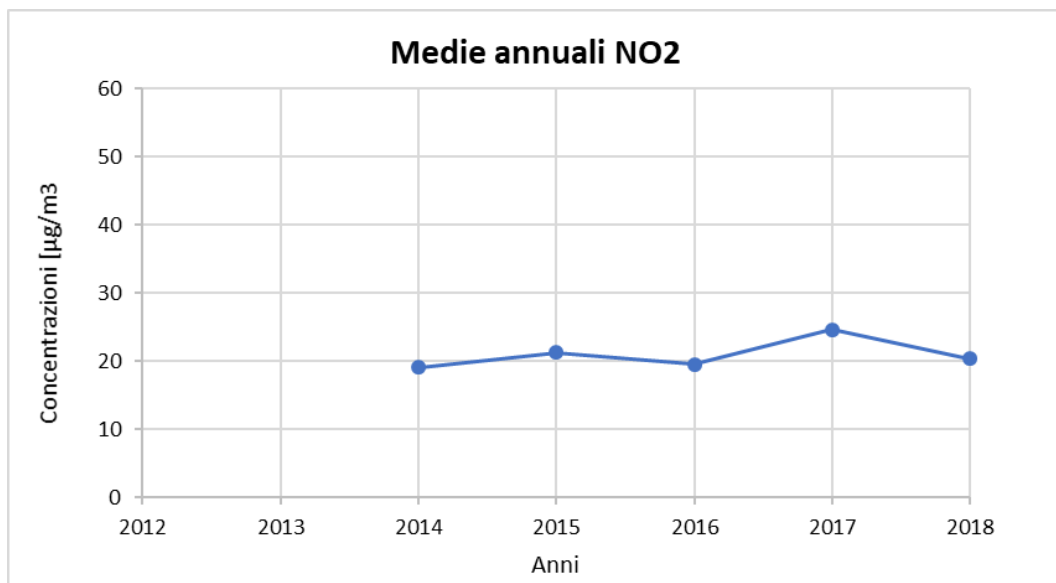


Figura 2-38 Medie annuali NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

Sono stati, inoltre, presentati i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2014-2018, dei Biossidi di Azoto. Si nota come, anche dai valori orari, si può notare un trend costante nell'arco temporale preso in considerazione (cfr. Figura 2-39).

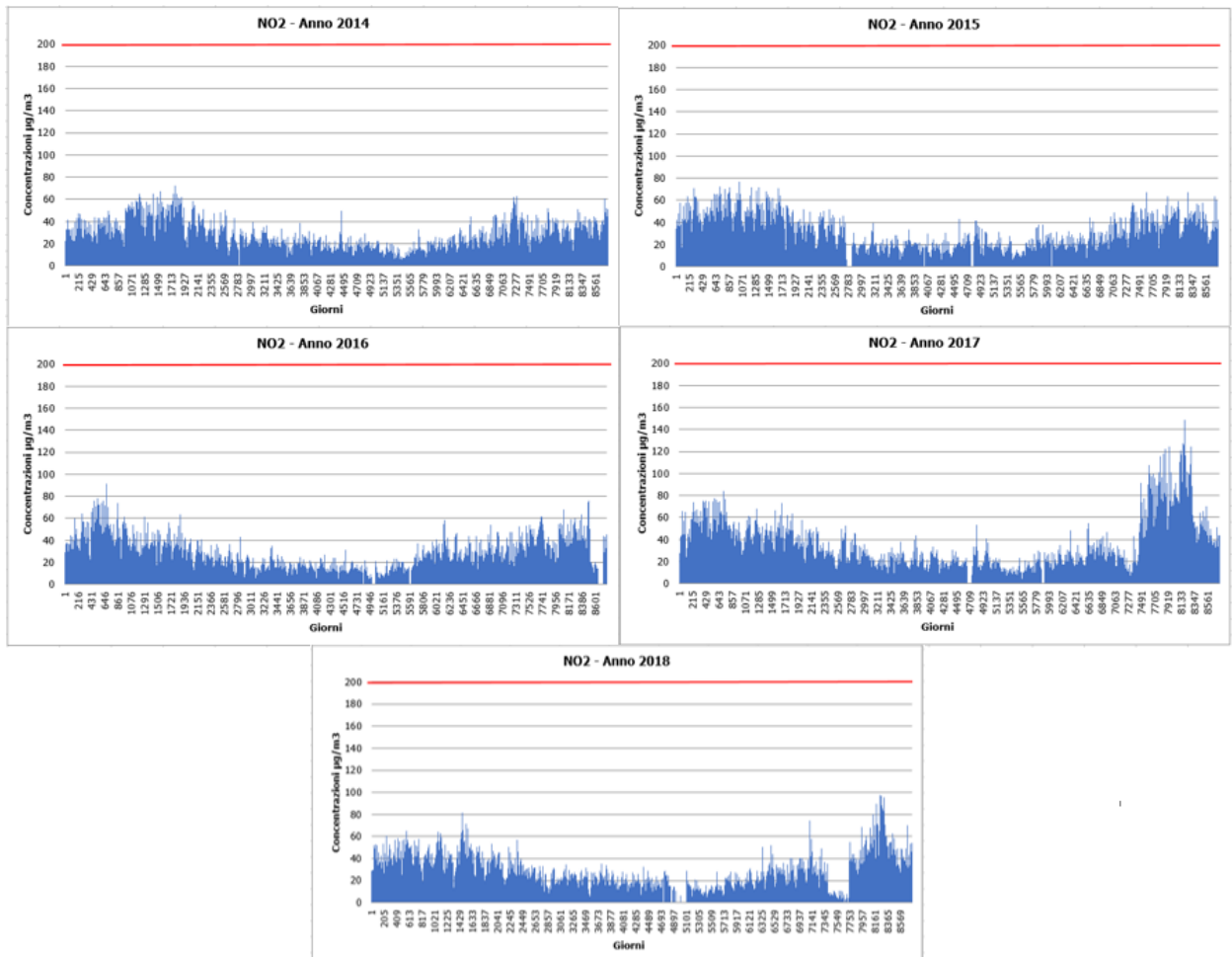


Figura 2-39 Valori orari di NO<sub>2</sub> negli anni 2014-2018 – Centralina di Odolo (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

### Relazione NO<sub>x</sub> – NO<sub>2</sub>

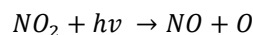
Il dato di partenza delle analisi, con particolare riferimento a quanto calcolato attraverso i modelli di analisi diffusionale degli inquinati, è relativo agli ossidi di azoto NO<sub>x</sub>. Con tale termine generalmente vengono indicate le due componenti più importanti, ovvero l'ossido di azoto NO ed il biossido di azoto NO<sub>2</sub>.

Tali ossidi sono prodotti dal processo di combustione e dipendono fortemente dalla temperatura e dalla presenza di ossigeno durante la combustione. In termini generali la produzione primaria di ossidi di azoto da combustione è perlopiù composta da ossido di azoto (90%) e solo da una quota parte di biossido di azoto (10%). Tuttavia, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto nei processi di combustione si può convertire in NO<sub>2</sub>, costituendo così una produzione secondaria di biossido di azoto, nonché producendo

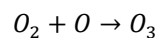
ozono.

L'insieme di reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO<sub>2</sub> è detto ciclo fotolitico. Tale ciclo può essere schematizzato dalle seguenti reazioni.

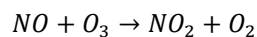
L'NO<sub>2</sub> prodotto nelle ore diurne assorbe energia dalle radiazioni UV, scindendosi in una molecola di NO ed in atomi di ossigeno reattivi



Gli atomi di ossigeno altamente reattivi si combinano con le molecole di O<sub>2</sub> dando origine all'ozono O<sub>3</sub>



L'O<sub>3</sub> reagisce con l'NO per formare nuovamente NO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>



Le reazioni sin qui esposte rappresentano un ciclo che a sua volta rappresenta solo una quota parte delle reazioni chimiche che hanno luogo nella parte inferiore dell'atmosfera. Gli idrocarburi presenti in aria interferiscono nel ciclo, favorendo la conversione di NO in NO<sub>2</sub> in maniera più rapida rispetto al processo inverso, favorendo così l'accumulo di NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> in atmosfera. Allo stesso modo andrebbero poi considerate le interazioni tra tali gas e l'umidità atmosferica, la quale porterebbe alla produzione acido nitrico e di nitrati.

Come descritto il processo di trasformazione da ossidi di azoto in biossido di azoto (inquinante rispetto al quale è possibile effettuare un confronto con i limiti normativi) è molto complesso e dipende da molte variabili.

Per stimare tali valori esistono alcune leggi di correlazione empirica che permettono di valutare la quota parte di ossidi di azoto che si trasforma in biossido di azoto. Un esempio di valutazione è il metodo "Derwent and Middleton" 1996<sup>1</sup> il quale deriva da una stima di tipo empirico basata sul rapporto NO<sub>x</sub>-NO<sub>2</sub> ricavato da numerose misure sperimentali nell'area di Londra.

Un altro metodo è quello sviluppato da "Düring et al." nel 2011<sup>2</sup>, anch'esso derivante da studi sperimentali di correlazione effettuati in Germania.

Da ulteriori fonti bibliografiche, "ARPA Emilia Romagna" <sup>3</sup>, è stato evidenziato come il valore del rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> sia pari al 10% "...si può ritenere che la produzione di NO<sub>2</sub>, quale inquinante primario, sia pari al 10 % dell'ossido di azoto complessivamente generato...".

Continuando l'analisi bibliografica è stato possibile determinare ulteriori relazioni relative alle trasformazioni degli NO<sub>x</sub> nelle due componenti principali NO e NO<sub>2</sub>. Uno studio condotto in Cina (Suqin Han et al.,2011).<sup>4</sup> ha valutato il rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> relazionandolo all'ozono, O<sub>3</sub>.

Werner SCHOLZ e Peter RABL, 2006 <sup>5</sup> hanno messo in evidenza come lo sviluppo, nel tempo, dei rapporti

1 Derwent, R.G. and Middleton, D.R., 1996. An empirical function to the ratio NO<sub>2</sub>:NO<sub>x</sub>. Clean Air, 26: 57-60.

2 Düring I, Bächlin W, Ketzler M, et al. (2011) A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift 20:67-73. doi: 10.1127/0941-2948/2011/0491

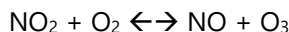
3 Arpa Emilia Romagna

4 Analysis of the Relationship between O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub> in Tianjin, China Suqin Han, Hai Bian, Yinchang Feng, Aixia Liu, Xiangjin Li, Fang Zeng, Xiaoling Zhang, 2011

5 Unexpectedly low decrease of NO<sub>2</sub> air pollution – Correlation with ozone concentration and altered exhaust emissions Werner SCHOLZ e Peter RABL, 2006



$\text{NO}_2/\text{NO}_x$  e l'ozono  $\text{O}_3$  indichi la correlazione fotochimica tra gli ossidi di azoto e ozono. Un approccio semplice è l'equilibrio foto-stazionario:



Secondo la legge di azione di massa si ha la seguente relazione:

$$\frac{\text{NO} * \text{O}_3}{\text{NO}_2} = k$$

dove  $k$  è la costante di equilibrio.

Tuttavia, per la valutazione del caso in esame, ed in funzione delle variabili da cui dipende il ciclo di trasformazione sopraesposto, si è ritenuto importante considerare una legge empirica che potesse tener conto delle condizioni locali. A tale scopo è stata effettuata un'elaborazione specifica per determinare la correlazione tra  $\text{NO}_x$  e  $\text{NO}_2$  in funzione dei dati rilevati dalle centraline della rete di monitoraggio della qualità dell'aria di riferimento, esposti precedentemente.

Tale analisi ha mostrato un andamento parabolico della relazione tra  $\frac{\text{NO}_2}{\text{NO}_x}$ .

Infatti, dalla nuvola di punti, Figura 2-40, è stato possibile determinare una legge di regressione tra  $\text{NO}_x$  e  $\text{NO}_2$ .

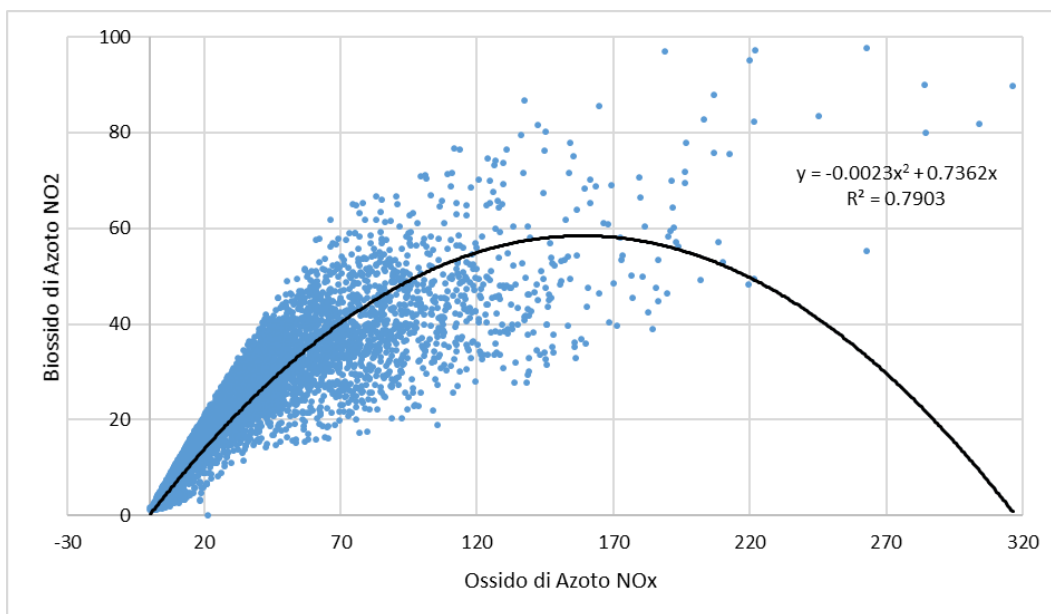


Figura 2-40 Nuvola di punti concentrazioni  $\text{NO}_x$  -  $\text{NO}_2$  medie orarie ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

Considerando la concavità verso il basso della curva di tendenza si può notare come superati i  $160.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , all'aumentare degli  $\text{NO}_x$ , si ottiene una diminuzione degli  $\text{NO}_2$ . Questo per valori molto elevati di  $\text{NO}_x$  potrebbe diventare poco cautelativo.

Tuttavia, utilizzando le equazioni sopracitate, così come definito da Arpa Emilia Romagna, attraverso una relazione lineare con coefficiente angolare pari a 0.1, si ottiene una relazione tra  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  pari al 10%, che fornisce valori cautelativi unicamente per valori di  $\text{NO}_x$  molto elevati.

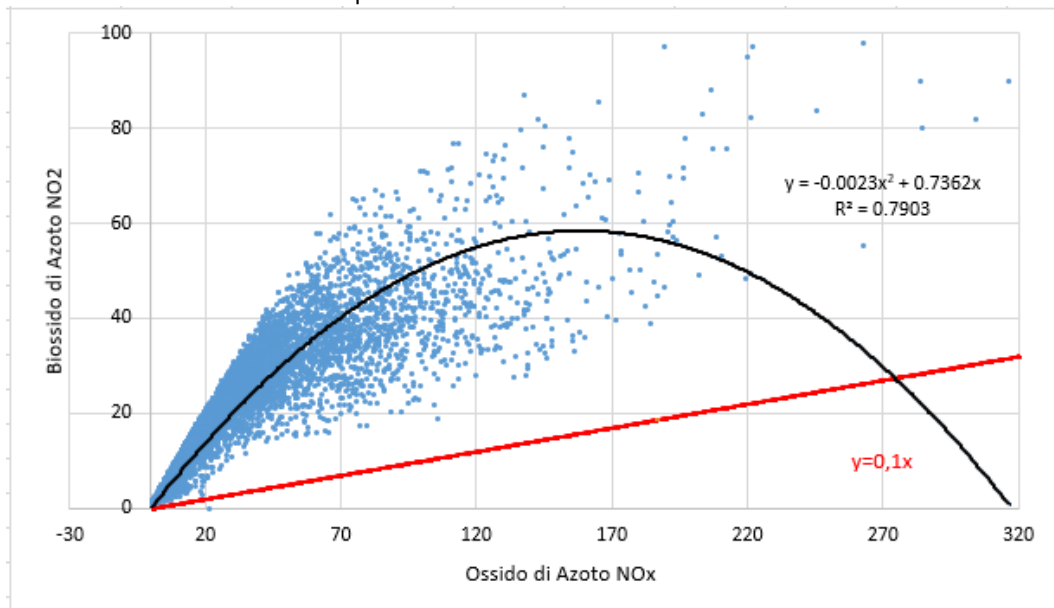


Figura 2-41 Confronto curve di correlazione  $\text{NO}_2\text{-NO}_x$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Confrontando le due curve si può notare come la retta di regressione lineare sia situata sempre al disotto della retta di regressione parabolica. Quindi si otterrebbe una sottostima della percentuale di  $\text{NO}_2$  negli  $\text{NO}_x$ . (cfr. Figura 2-41).

Per cui, è stato considerato cautelativo utilizzare entrambe le curve correlandole a range differenti di Ossido di Azoto, tenendo anche presente l'affidabilità dalla relazione parabolica, il cui coefficienti di determinazione è  $R^2=0.7903$ .

Tale relazione è stata utilizzata fino al punto in cui la parabola decresce, quindi nell'intervallo 0-160,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di Ossidi di Azoto. La relazione lineare inizia, invece, il suo intervallo di validità da 160,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per cui da quel valore di  $\text{NO}_x$  si considera la retta traslata verso l'alto.

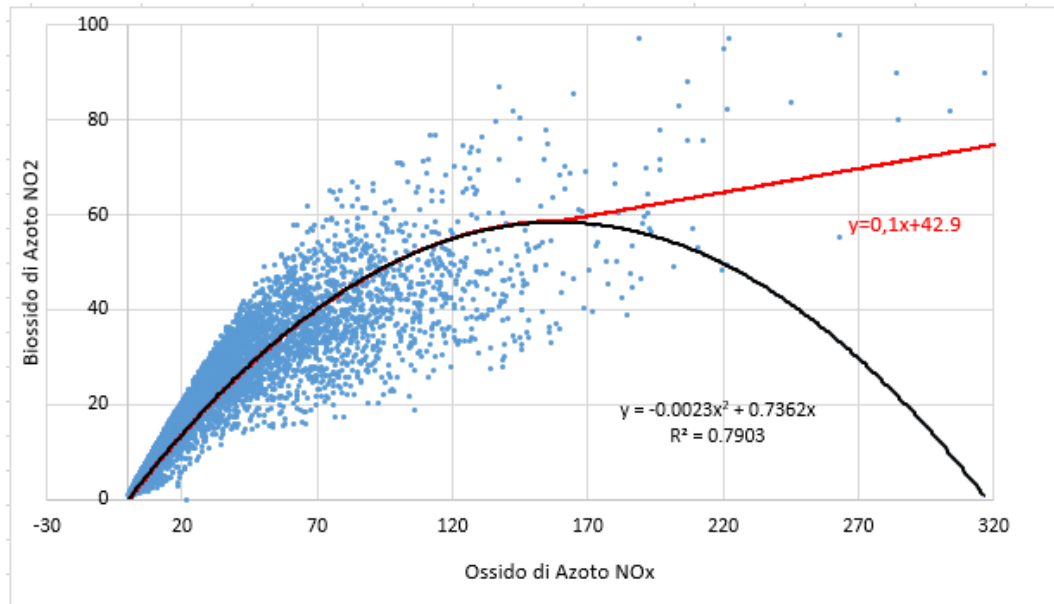


Figura 2-42 Combinazione delle curve di regressione considerate ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

La formulazione considerata con riferimento ai valori orari pertanto sarà la seguente:

$$NO_2 = \begin{cases} -0,0023 NO_x^2 + 0,7362 NO_x, & NO_x < 160,04 \\ 0,1NO_x + 42,90 & , NO_x \geq 160,04 \end{cases}$$

### Particolato

#### *Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente*

Spesso il particolato rappresenta l'inquinante a maggiore impatto ambientale nelle aree urbane, tanto da indurre le autorità competenti a disporre dei blocchi del traffico per ridurre il fenomeno.

Le particelle sospese, anche indicate come PM (Particulate Matter), sono sostanze allo stato solido o liquido che, a causa delle loro piccole dimensioni, restano sospese in atmosfera per tempi più o meno lunghi.

Il particolato nell'aria può essere costituito da diverse sostanze: sabbia, ceneri, polveri, fuliggine, sostanze silicee di varia natura, sostanze vegetali, composti metallici, fibre tessili naturali e artificiali, sali, elementi come il carbonio o il piombo, ecc.

In base alla natura e alle dimensioni delle particelle possiamo distinguere:

- gli aerosol, costituiti da particelle solide o liquide sospese in aria e con un diametro inferiore a 1 micron ( $1 \mu\text{m}$ );
- le foschie, date da goccioline con diametro inferiore a  $2 \mu\text{m}$ ;
- le esalazioni, costituite da particelle solide con diametro inferiore ad  $1 \mu\text{m}$  e rilasciate solitamente da processi chimici e metallurgici;
- il fumo, dato da particelle solide di solito con diametro inferiore ai  $2 \mu\text{m}$  e trasportate da miscele di gas;
- le polveri, costituite da particelle solide con diametro fra  $0,25$  e  $500 \mu\text{m}$ ;
- le sabbie, date da particelle solide con diametro superiore ai  $500 \mu\text{m}$ .

Le particelle primarie sono quelle che vengono emesse come tali dalle sorgenti naturali ed antropiche, mentre le secondarie si originano da una serie di reazioni chimiche e fisiche in atmosfera.

Conseguenze diverse si hanno in relazione alla differente grandezza della particella inalata, distinguiamo le particelle fini che sono quelle che hanno un diametro inferiore a  $2,5 \mu\text{m}$ , e le altre dette grossolane. Da notare che il particolato grossolano è costituito esclusivamente da particelle primarie.

Le polveri  $\text{PM}_{10}$  rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a  $10 \mu\text{m}$  e vengono anche dette polveri inalabili perché sono in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (dal naso alla laringe). Una frazione di circa il 60% di queste è costituita dalle polveri  $\text{PM}_{2,5}$  che rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 micron. Le  $\text{PM}_{2,5}$  sono anche dette polveri respirabili perché possono penetrare nel tratto inferiore dell'apparato respiratorio (dalla trachea fino agli alveoli polmonari).

A prescindere dalla tossicità, le particelle che possono produrre degli effetti indesiderati sull'uomo sono sostanzialmente quelle di dimensioni più ridotte, infatti nel processo della respirazione le particelle maggiori di  $15 \mu\text{m}$  vengono generalmente rimosse dal naso.

Il particolato che si deposita nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe) può generare vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola; tutti questi fenomeni sono molto più gravi se le particelle hanno assorbito sostanze acide (come il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, ecc.).

Per la particolare struttura della superficie, le particelle possono anche adsorbire dall'aria sostanze chimiche cancerogene, trascinandole nei tratti respiratori e prolungandone i tempi di residenza, accentuandone gli effetti.

Le particelle più piccole penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, per questo sono le più pericolose, possono infatti aggravare le malattie respiratorie croniche come l'asma, la bronchite e l'enfisema.

Le persone più vulnerabili sono gli anziani, gli asmatici, i bambini e chi svolge un'intensa attività fisica all'aperto, sia di tipo lavorativo che sportivo. Nei luoghi di lavoro più soggetti all'inquinamento da particolato l'inalazione prolungata di queste particelle può provocare reazioni fibrose croniche e necrosi dei tessuti che comportano una broncopolmonite cronica accompagnata spesso da enfisema polmonare.

Gli effetti del particolato sul clima e sui materiali sono piuttosto evidenti. Il particolato dei fumi e delle esalazioni provoca una diminuzione della visibilità atmosferica; allo stesso tempo diminuisce anche la luminosità assorbendo o riflettendo la luce solare. Negli ultimi 50 anni si è notata una diminuzione della visibilità del 50%, ed il fenomeno risulta tanto più grave quanto più ci si avvicina alle grandi aree abitative ed industriali. Le polveri sospese favoriscono la formazione di nebbie e nuvole, costituendo i nuclei di condensazione attorno ai quali si condensano le gocce d'acqua, di conseguenza favoriscono il verificarsi dei fenomeni delle nebbie e delle piogge acide, che comportano effetti di erosione e corrosione dei materiali e dei metalli. Il particolato inoltre danneggia i circuiti elettrici ed elettronici, insudicia gli edifici e le opere d'arte e riduce

la durata dei tessuti.

Le polveri (ad esempio quelle emesse dai cementifici) possono depositarsi sulle foglie delle piante e formare così una patina opaca che, schermando la luce, ostacola il processo della fotosintesi.

Gli effetti del particolato sul clima della terra sono invece piuttosto discussi; sicuramente un aumento del particolato in atmosfera comporta una diminuzione della temperatura terrestre per un effetto di riflessione e schermatura della luce solare, in ogni caso tale azione è comunque mitigata dal fatto che le particelle riflettono anche le radiazioni infrarosse provenienti dalla terra.

È stato comunque dimostrato che negli anni immediatamente successivi alle più grandi eruzioni vulcaniche di tipo esplosivo (caratterizzate dalla emissione in atmosfera di un'enorme quantità di particolato) sono seguiti degli anni con inverni particolarmente rigidi.

Alcune ricerche affermano che un aumento di 4 volte della concentrazione del particolato in atmosfera comporterebbe una diminuzione della temperatura globale della terra pari a 3,5° C.

#### Concentrazioni di PM<sub>10</sub>

Per analizzare i valori di concentrazione del PM<sub>10</sub> sono stati visionati i dati registrati nello stesso arco di riferimento delle analisi effettuate per gli ossidi di azoto, ossia dal 2014 al 2018. Tali dati hanno permesso di comprendere l'evoluzione, in questo arco temporale, dell'inquinante.

Sono stati riassunti, nella Tabella 2-22, i dati presenti per il PM<sub>10</sub> negli anni rilevati, dalla quale emerge la criticità del PM<sub>10</sub> nell'area di riferimento, dato l'elevato numero di superamenti del limite normativo.

Anno	Valore Medio	Valore Minimo	Percentili						Valore Massimo	Superamenti
			50°	80°	85°	90°	95°	99°		
2014	26.77	1.00	24.00	38.00	42.00	47.50	56.00	81.35	90.00	29
2015	31.20	1.00	28.00	44.00	49.00	55.00	63.00	81.20	97.00	47
2016	29.81	0.00	27.00	41.00	46.00	55.00	66.70	90.68	107.00	43
2017	34.69	0.00	30.00	51.00	59.00	65.00	76.80	116.16	158.00	69
2018	28.82	0.00	27.00	42.00	47.00	51.00	56.00	73.83	82.00	34

Tabella 2-22 Analisi dei percentili PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Odolo (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

La sintesi di questi dati, attraverso i grafici di seguito riportati, permette una lettura più chiara dell'andamento nel tempo del PM<sub>10</sub>.

Dai grafici è possibile notare come non sia evidente un trend ben preciso dei valori registrati, pertanto l'andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, sia in termini di percentili che di media e massima, può considerarsi pressoché costante negli ultimi cinque anni di riferimento, a meno dell'anno 2017 per cui si ha un picco di concentrazioni. Come si nota infatti in Figura 2-44, il valore medio risulta essere oscillante negli anni, senza evidenziare un preciso andamento crescente o decrescente ma evidenzia il valore di picco del 2017.

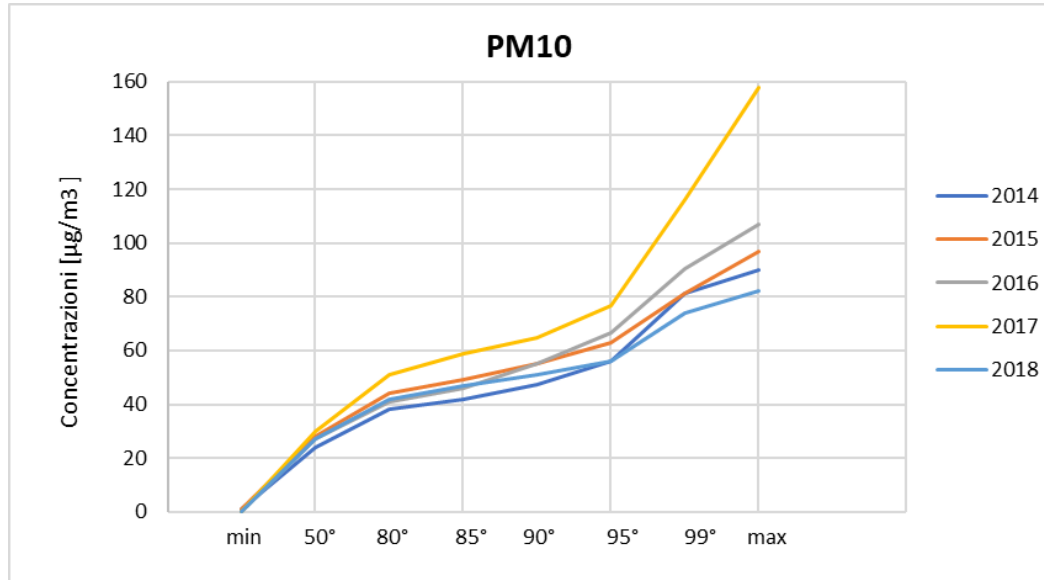


Figura 2-43 Percentili e valori massimi annui PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

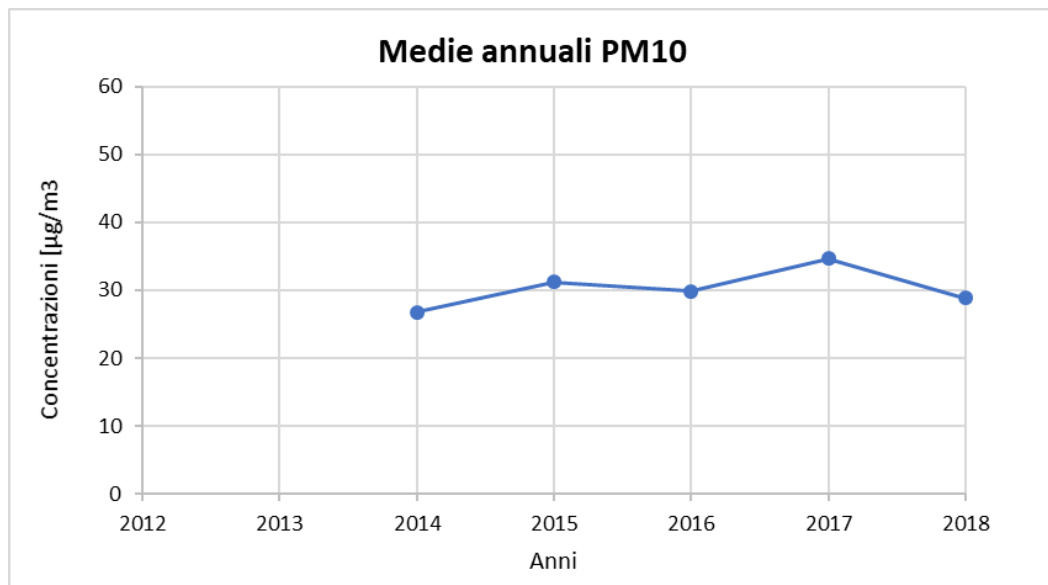


Figura 2-44 Medie annuali PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

Questo andamento pressoché costante dei valori di PM<sub>10</sub> è evidenziato anche confrontando il dato orario per i diversi anni analizzati, riportato in Figura 2-45.

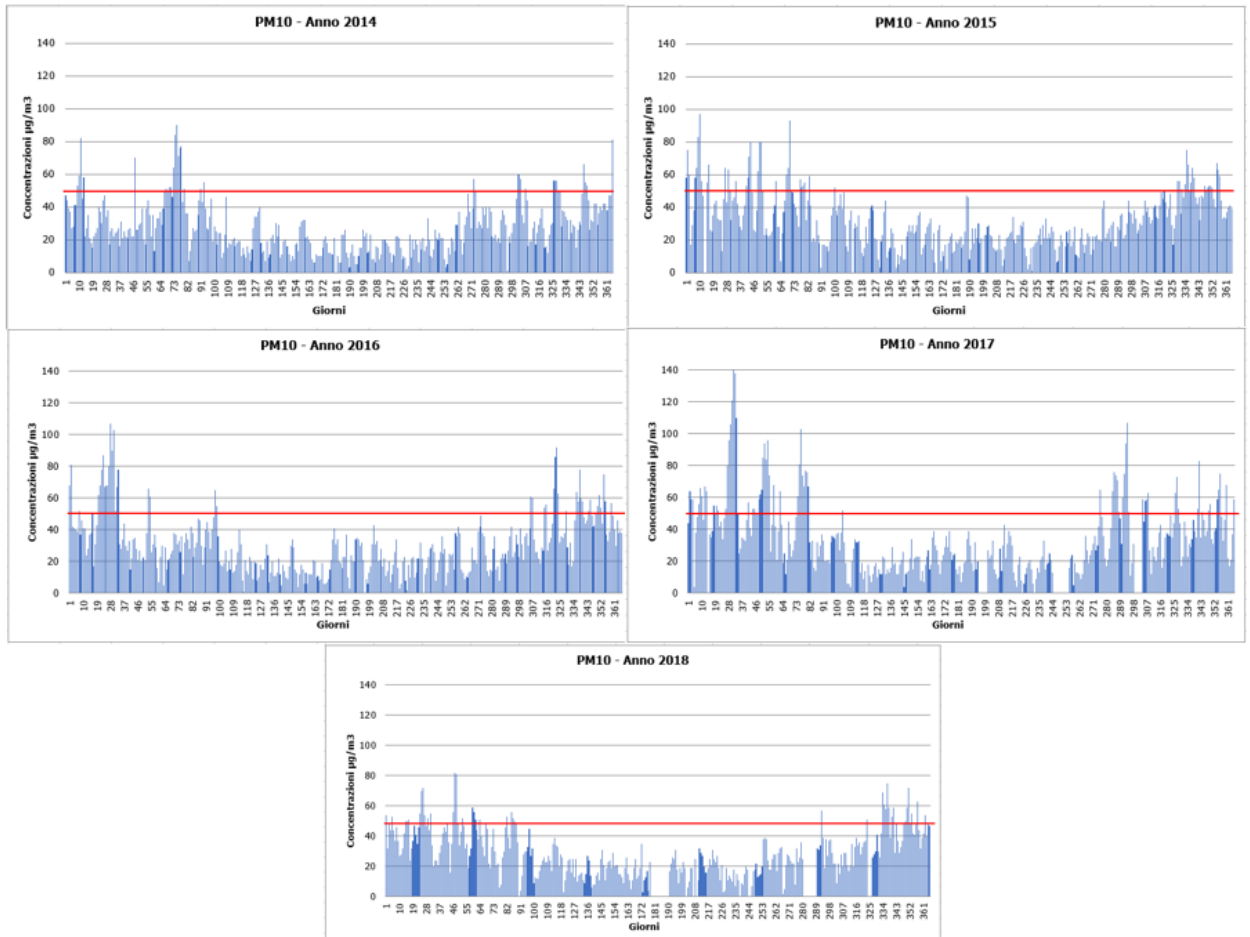


Figura 2-45 Valori orari di PM<sub>10</sub> anni 2014-2018 Centralina di Odolo (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

### Monossido di Carbonio

#### *Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente*

Il monossido di carbonio (o ossido di carbonio o ossido carbonioso) è un gas velenoso particolarmente insidioso in quanto inodore e insapore. La sua molecola è costituita da un atomo di ossigeno e un atomo di carbonio legati con un triplo legame (costituito da due legami covalenti e un legame dativo). La sua formula chimica è CO.

Il monossido di carbonio viene prodotto da reazioni di combustione in difetto di aria (cioè quando l'ossigeno presente nell'aria non è sufficiente a convertire tutto il carbonio in anidride carbonica), per esempio negli incendi di foreste e boschi, dove il prodotto principale della combustione rimane comunque l'anidride carbonica. Altre fonti naturali sono i vulcani, mentre la maggior parte si genera da reazioni fotochimiche che avvengono nella troposfera. Inoltre, si sprigiona durante le combustioni in ambienti chiusi e dalle vecchie stufe a gas liquido, responsabili dell'alta frequenza di intossicazione da monossido di carbonio.

Si miscela bene nell'aria, con la quale forma facilmente miscele esplosive. In presenza di polveri metalliche



finemente disperse, forma metallocarbonili tossici e infiammabili. Può reagire vigorosamente con ossigeno, acetilene, cloro, fluoro, ossidi di azoto.

Il monossido di carbonio è un prodotto della combustione incompleta dei combustibili organici (ad esempio: carbone, olio, legno, carburanti). Il CO è inoltre un combustibile importante perché rilascia una considerevole quantità di calore quando brucia all'aria

Importanti combustibili industriali a base di monossido di carbonio sono il gas d'acqua (una miscela di CO e H<sub>2</sub>), il gas d'aria (una miscela di CO e N<sub>2</sub>) e il gas da carbone (miscela di CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, prodotto per distillazione del carbone e conservato nei gasometri). Quest'ultimo era il cosiddetto gas di città, fornito nelle case per cucinare e per il riscaldamento; oggi sostituito dal gas naturale, costituito principalmente da metano (CH<sub>4</sub>).

Il monossido di carbonio è un'emotossina, perché legandosi saldamente allo ione del ferro nell'emoglobina del sangue forma un complesso, chiamato carbossiemoglobina, 300 volte più stabile di quello formato dall'ossigeno, chiamato ossiemoglobina, ostacolando così il trasporto di ossigeno nel sangue.

A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. La lenta intossicazione da ossido di carbonio prende il nome di ossicarbonismo e si manifesta con sintomi nervosi e respiratori.

L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

#### *Concentrazioni di Monossido di Carbonio*

Per analizzare i valori di concentrazione della CO sono stati visionati i dati registrati dalla centralina di riferimento di Sarezzo negli ultimi 5 anni, ossia tra il 2014 e il 2018. Tali dati hanno permesso di comprendere l'evoluzione, in questo arco temporale, dell'inquinante.

Sono stati riassunti, nella Tabella 2-72, i dati presenti per la CO negli anni rilevati.

Anno	Valore Medio	Valore Minimo	Percentili						Valore Massimo
			50°	80°	85°	90°	95°	99°	
<b>2014</b>	0.36	0.00	0.30	0.50	0.60	0.80	0.90	1.30	3.20
<b>2015</b>	0.43	0.00	0.30	0.60	0.70	0.80	1.00	1.40	2.30
<b>2016</b>	0.40	0.00	0.30	0.60	0.70	0.80	1.00	1.40	2.00
<b>2017</b>	0.38	0.00	0.30	0.50	0.60	0.70	0.90	1.30	2.30
<b>2018</b>	0.31	0.00	0.20	0.40	0.50	0.60	0.70	1.00	1.50

*Tabella 2-23 Analisi dei percentili CO (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Sarezzo (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)*

Al fine di agevolare la lettura del dato tabellare sono stati quindi elaborati i grafici mostrati nella Figura 2-46 e Figura 2-47. In particolare, la Figura 2-46 riporta l'analisi della distribuzione dei percentili. Quello che

è possibile evidenziare come, le diverse distribuzioni annuali si discostino in modo significativo solo nell'ultima parte della distribuzione (ovvero per poche ore all'anno). Le differenze più marcate si possono notare, infatti, rispetto al 99° percentile e rispetto ai valori massimi.

Effettuando un'analisi storica di tali valori, si può notare come le concentrazioni medie annue presentano un andamento pressoché decrescente dopo il 2015, anno in cui si registra il massimo valore pari a 0,43 mg/m<sup>3</sup>; il minimo, invece, si registra nel 2018 ed è pari a 0,31 mg/m<sup>3</sup>.

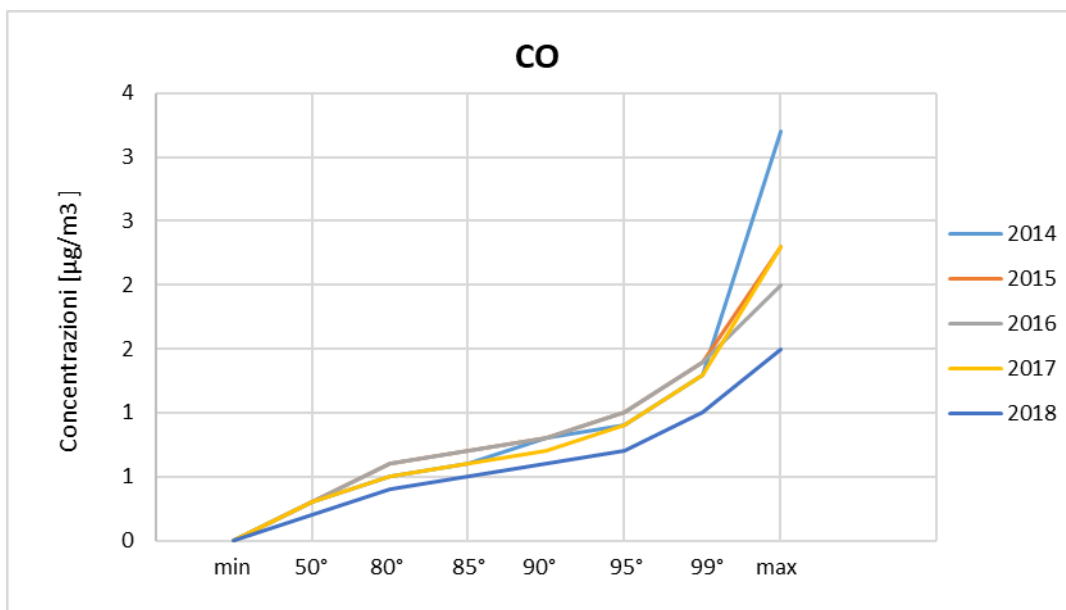


Figura 2-46 Percentili e valori massimi annui CO (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

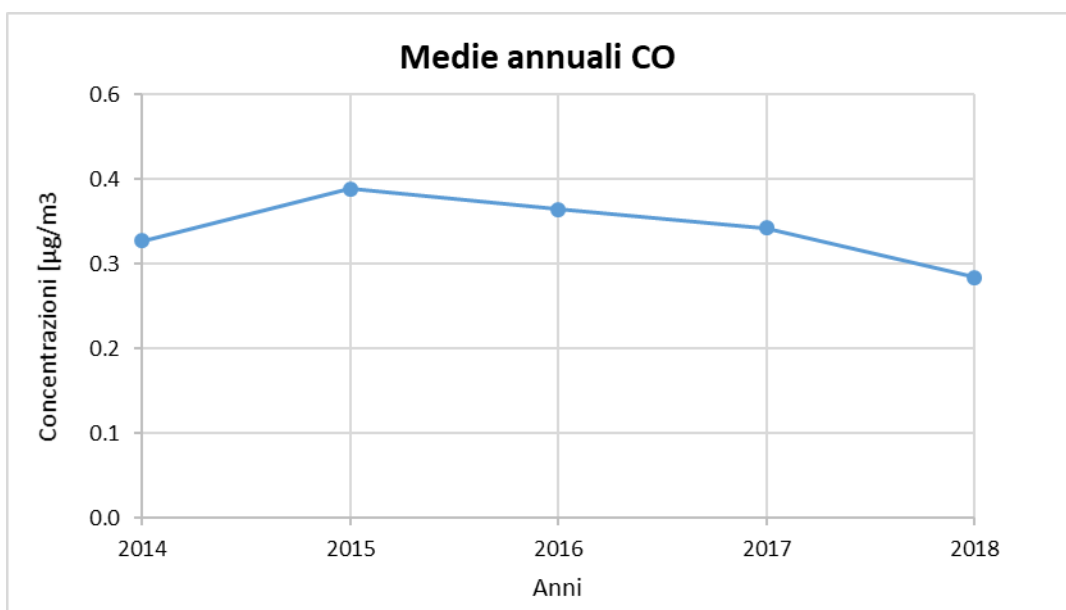


Figura 2-47 Medie annuali CO (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

Nella figura sottostante, vengono presentati tutti i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2014-2018, del Monossido di Carbonio. Si nota come sia possibile evidenziare un trend pressoché costante all'interno dell'arco temporale di riferimento, caratterizzato da massimi nel periodo invernale e minimi nel periodo estivo.

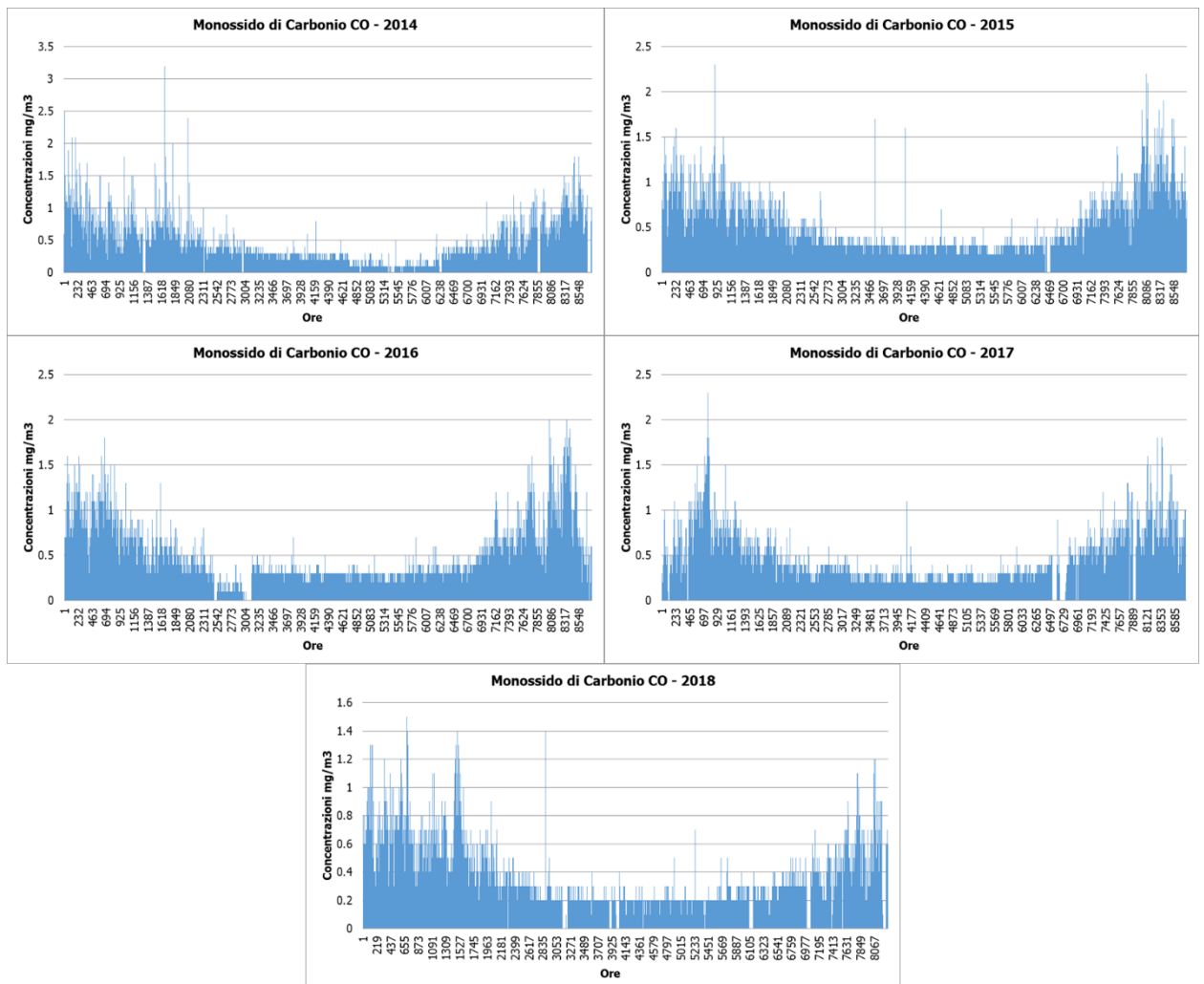


Figura 2-48 Valori orari di CO anni 2014-2018 Centralina di Sarezzo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

## Benzene

### *Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente*

Il benzene è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta sotto forma di liquido volatile incolore altamente infiammabile, dall'odore caratteristico.

Dal punto di vista chimico, il benzene è un idrocarburo aromatico monociclico avente formula  $\text{C}_6\text{H}_6$ . È un costituente naturale del petrolio, ma viene anche sintetizzato a partire da altri 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 (0,18% a 25 °C).

Viene da tempo impiegato come antidetonante nelle benzine, ma a causa della sua pericolosità per la salute e della facilità con cui contamina le falde freatiche, diverse entità (tra cui gli Stati Uniti e l'Unione europea) ne stanno scoraggiando l'uso limitandone le concentrazioni ammesse per legge.

Il benzene viene prodotto per combustione incompleta di composti ricchi in carbonio, ad esempio, è prodotto naturalmente nei vulcani o negli incendi di foreste, ma anche nel fumo delle sigarette, o comunque a temperature superiori ai 500 °C.

Fino alla Seconda Guerra Mondiale, la quasi totalità del benzene era un sottoprodotto della produzione di carbon coke nell'industria dell'acciaio. Durante gli anni Cinquanta, la domanda di benzene crebbe enormemente per le richieste delle neonate fabbriche di produzione di materie plastiche, per cui fu necessario produrre il benzene anche dal petrolio.

Attualmente, la maggior parte del benzene è prodotta dalle industrie petrolchimiche, e in una minor parte, dal carbone.

Relativamente all'utilizzo, il benzene è un solvente molto usato nell'industria chimica; è stato anche impiegato per la sintesi di varie medicine, di materie plastiche, del caucciù sintetico, e di alcuni coloranti.

Prima degli anni Venti, il benzene era spesso utilizzato come solvente industriale, soprattutto per sgrassare i metalli. Quando la sua tossicità e le sue proprietà cancerogene divennero evidenti, venne rimpiazzato via via da altri solventi meno tossici nelle applicazioni che comportano un'esposizione diretta dell'operaio.

La maggior parte del benzene viene utilizzato come intermedio nella sintesi di altri composti chimici.

Il benzene, come noto, ha effetti nocivi sulla salute dell'uomo, in particolare la sua inalazione provoca l'intossicazione. L'inalazione di un tasso molto elevato di benzene può portare anche al decesso.

Il principale effetto di un'esposizione cronica al benzene è il danneggiamento dei tessuti ossei e la diminuzione delle cellule del midollo osseo, che può causare una diminuzione del tasso di globuli rossi nel sangue e un'anemia aplastica o una leucemia. Può anche dare origine a coaguli, difficoltà di coagulazione del sangue ed indebolimenti del sistema immunitario.

Il benzene è stato classificato dall'IARC come agente cancerogeno del gruppo 1. La sua cancerogenicità è legata al suo comportamento da agente intercalante: esso infatti "scivola" tra i nucleotidi di un acido nucleico (come il DNA) provocando errori di lettura o scrittura del codice genetico; ciò danneggia la sintesi proteica e rende incontrollata la riproduzione cellulare. Danneggia soprattutto le cellule germinali.

Non tutti i composti planari sono necessariamente cancerogeni. Ad esempio, l'acido benzoico, molto simile al benzene, perfettamente planare (sia l'anello che il gruppo carbossilico sono planari), non è cancerogeno

(viene trasformato in acido ippurico) e i suoi sali di sodio e potassio vengono utilizzati come conservante alimentare. Allo stesso modo, la fenilalanina, un amminoacido essenziale, comprende nel suo residuo un gruppo fenile (un anello benzenico), non è assolutamente cancerogena, anzi, la mancata assunzione della sostanza può provocare seri problemi.

Il benzene è annoverato nella lista degli inquinanti atmosferici redatta nel documento del Clean Air Act e come inquinante delle acque nel Clean Water Act.

Il benzene è presente nei gas di scarico delle vetture. Uno dei luoghi in cui si hanno maggiori esposizioni al benzene del pubblico e dei lavoratori sono le stazioni di servizio, in quanto è inevitabile che una certa quantità di benzene, che è contenuto nella benzina come additivo, si disperda durante le operazioni di rifornimento.

#### *Concentrazioni di Benzene*

Per analizzare i valori di concentrazione del Benzene sono stati visionati i dati registrati dalla centralina di riferimento di Darfo negli ultimi 5 anni, ossia tra il 2014 e il 2018. I valori annuali hanno permesso di comprendere l'evoluzione, in questo arco temporale, dell'inquinante e di verificare i superamenti con il limite normativo.

Sono stati riassunti, nella Tabella 2-24 ed in Figura 2-49, i dati di concentrazione media annua per il Benzene. Come è possibile osservare, i valori di Benzene medi annui negli anni di riferimento rivelano un trend decrescente nei primi due anni ed un picco nel 2016 da cui si decresce nuovamente fino al 2018. Si sottolinea come le medie annue nei 5 anni di analisi siano sempre inferiori al limite normativo di 5 µg/m<sup>3</sup>.

<b>Anno</b>	<b>Valore Medio</b>
<b>2014</b>	1.3
<b>2015</b>	1.00
<b>2016</b>	1.50
<b>2017</b>	1.40
<b>2018</b>	1.34

*Tabella 2-24 Concentrazioni medie annue di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (µg/m<sup>3</sup>) negli anni 2014-2018 – Centralina di Darfo (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)*

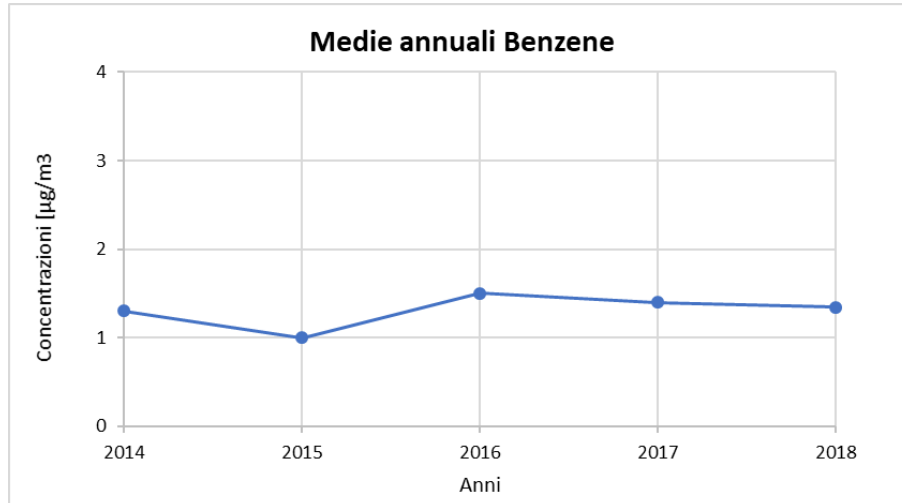


Figura 2-49 Medie annuali C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (Fonte: elaborazione dati ARPA Lombardia)

#### **Quadro sinottico della qualità dell'aria**

Nel presente paragrafo si riassumono i valori di qualità dell'aria relativi alle centraline di Odolo, Darfo e Sarezzo rappresentative della qualità dell'aria circostante l'infrastruttura in esame. La Tabella 2-25 nello specifico mostra i valori registrati nel 2018, anno di riferimento dello scenario attuale per le analisi effettuate.

<b>Inquinante</b>	<b>Valore di qualità dell'aria media annua 2018</b>
<b>Ossidi di Azoto – NO<sub>x</sub></b>	32.24 µg/m <sup>3</sup>
<b>Biossido di Azoto – NO<sub>2</sub></b>	20.34 µg/m <sup>3</sup>
<b>Particolato – PM<sub>10</sub></b>	28.82 µg/m <sup>3</sup>
<b>Monossido di Carbonio – CO</b>	0.31 mg/m <sup>3</sup>
<b>Benzene – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	1.34 µg/m <sup>3</sup>

Tabella 2-25 Valori di qualità dell'aria media annua (2018)

Considerato che da fonti bibliografiche il PM<sub>2.5</sub> può essere calcolato come quota parte del PM<sub>10</sub> ed in particolare circa il 60% di questo, è stato preso come riferimento per il fondo del PM<sub>2.5</sub> un valore di concentrazione pari a 17.30 µg/m<sup>3</sup>.

## 2.1.6 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI

### **Copert 5**

Ci si è avvalsi di alcuni modelli di simulazione al fine di condurre le valutazioni e le analisi emissive e diffusionali generate dall'opera in esame. Nello specifico, per la valutazione dei fattori di emissione derivanti da traffico stradale si è fatto riferimento al software di calcolo COPERT 5. Tale software è lo standard europeo per la valutazione delle emissioni da traffico veicolare stradale. Lo sviluppo del software COPERT è coordinato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, all'interno delle attività del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation". Responsabile dello sviluppo scientifico è il European Commission's Joint Research Centre. Il modello è stato realizzato ed è utilizzato per gli inventari delle emissioni stradali degli stati membri.

La metodologia utilizzata da COPERT 5 è parte integrante del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook per il calcolo dell'inquinamento atmosferico ed è in linea con gli orientamenti IPCC per il calcolo delle emissioni di gas a effetto serra.

COPERT 5 trae le sue origini da una metodologia sviluppata da un gruppo di lavoro che è stato istituito in modo esplicito a tale scopo nel 1989 (COPERT 85). Questo è stato poi seguito da versioni successive aggiornate, fino ad arrivare alla versione attuale che rappresenta una sintesi dei risultati delle varie attività su larga scala e progetti dedicati, quali:

- a) Progetti dedicati finanziati dal Centro comune di ricerca/Trasporti e l'Unità Qualità dell'aria;
- b) Programma annuale di lavoro del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC / ACM)";
- c) Programma di lavoro del "European Research Group on Mobile Emission Sources (Ermes)";
- d) Progetto MEET (Methodologies to Estimate Emissions from Transport), una Commissione Europea (DG VII) che ha promosso il progetto all'interno del 4 ° Framework Program (1996-1998);
- e) Il progetto particolare (Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles), una Commissione europea (DG Transport) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2003);
- f) Il progetto ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems), una Commissione europea (DG Trasporti) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2007);
- g) Il progetto congiunto JRC/CONCAWE/ACEA sull' evaporazione del carburante da veicoli a benzina (2005-2007)<sup>6</sup>.

Attraverso alcuni dati di input, quali la composizione del parco veicolare circolante e la velocità media è possibile calcolare i fattori di emissioni corrispondenti per ogni tipologia di veicolo e per ogni inquinante considerato.

---

<sup>6</sup> Informazioni tratte dal sito <http://www.emisia.com>



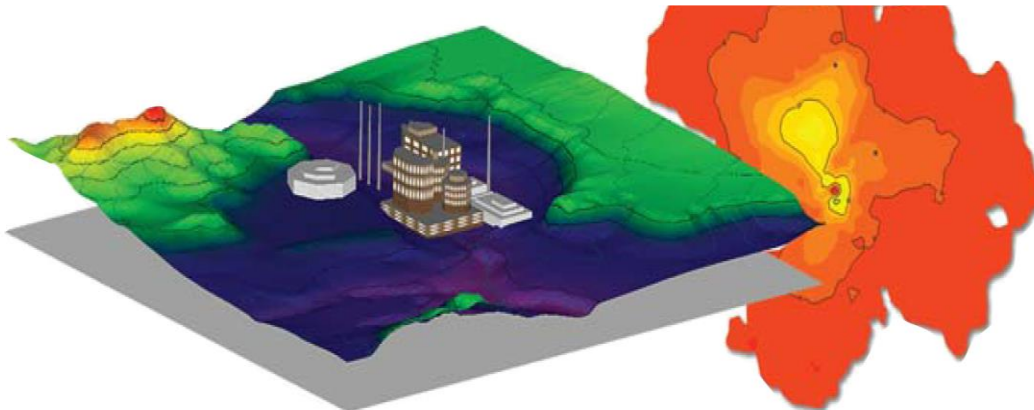
### **AERMOD View**

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni, è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Environmental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata. Tali modelli sono:

- Aermoc;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer theory"<sup>7</sup>, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.



*Figura 2-50 AermocView Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione*

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa<sup>8</sup>:

- strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
- strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

<sup>7</sup> AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

<sup>8</sup> US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

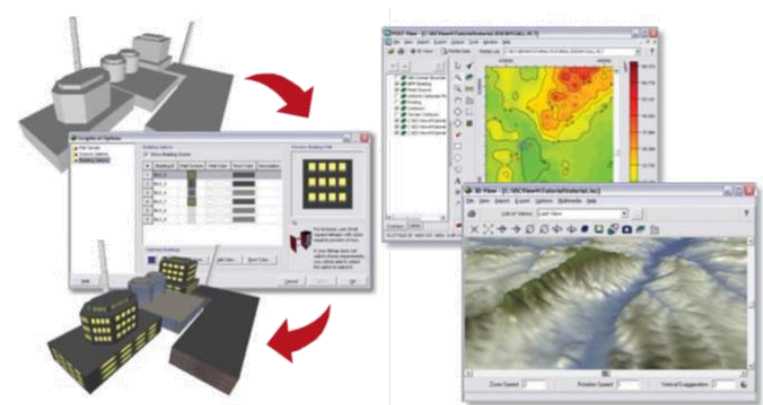
Tale impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico. Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

- puntuali;
- lineari;
- areali;
- volumiche.

Per ognuna di tali sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

Poiché il modello è di tipo stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione, tuttavia, è possibile fornire al modello stesso una differenziazione relativa ai fattori di emissioni calcolati nel giorno, ovvero definire per ogni ora del giorno un fattore di emissione relativo alla sorgente i-esima differente. Tale opzione di calcolo risulta particolarmente utile per la definizione delle concentrazioni derivanti da sorgenti che non utilizzano cicli di lavoro continui relativi alle 24h.

Infine, vengono considerati anche gli effetti derivanti dalla conformazione degli edifici. Grazie al modellatore 3D è possibile avere una rappresentazione grafica dell'area d'intervento sia in termini di terreno che in termini di edifici e sorgenti.



*Figura 2-51 Esempio di modulo di visualizzazione 3D integrato nel modello di calcolo*

In ultimo il modello si avvale di due ulteriori modelli per la valutazione degli input meteorologici e territoriali. Il primo modello, AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Esso permette, pertanto, ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

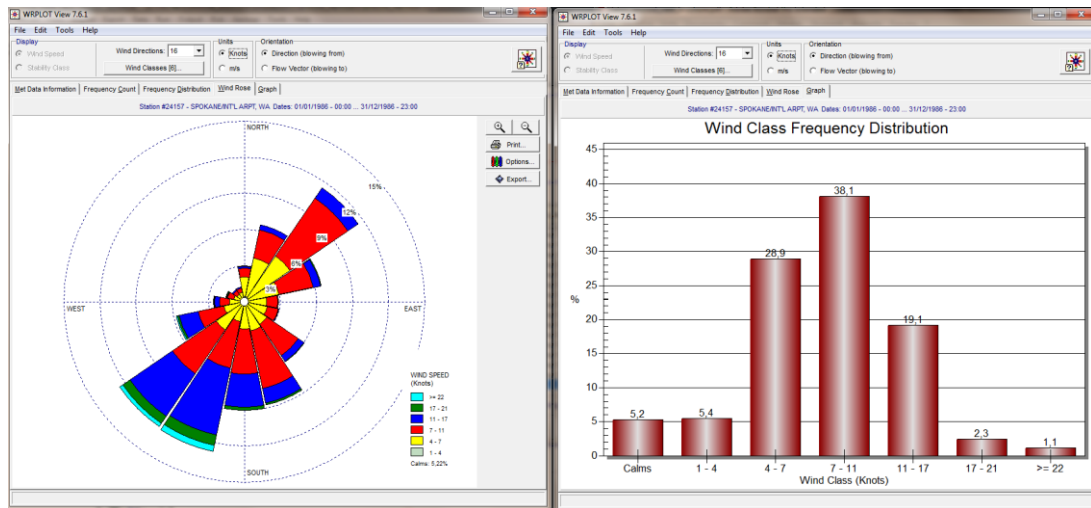


Figura 2-52 Esempio di applicazione del modulo AERMET

Come accennato, l’output del modello è rappresentato dalla valutazione delle concentrazioni di inquinanti in riferimento ai ricettori scelti. Qualora si scelga di rappresentare i risultati attraverso una maglia, il software, grazie ad algoritmi di interpolazione è in grado di ricostruire le curve di isoconcentrazione, al fine di determinare una mappa di isoconcentrazione degli inquinanti.

Per maggiore chiarezza si può fare riferimento ad una struttura semplificata dell’intero processo di simulazione del software che può essere rimandata a due famiglie di parametri:

- parametri territoriali;
- parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio, ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come tali parametri possano essere assunti costanti nel tempo, per quello che riguarda la parte orografica, e come invece debbano essere considerati variabili nel tempo, anche se affetti da un andamento periodico, i parametri meteorologici.

Questi due parametri, computati in maniera contemporanea, determinano le modalità di diffusione, definendo, ad esempio, i diversi campi di vento a cui è sottoposta l’area in esame nei diversi periodi dell’anno. La seconda famiglia di parametri, definisce, invece, il quadro “Emissivo” del progetto, ovvero definisce tutti i fattori di emissione relativi alle differenti attività effettuate all’interno del processo realizzativo dell’opera. Una volta stimate le due famiglie di parametri, il modello di simulazione ne analizza le diverse correlazioni possibili, andando a valutare gli effetti relativi alla presenza della sorgente atmosferica i-esima situata in un’area territoriale e attiva in uno specifico arco temporale, considerando le condizioni meteorologiche relative alla stessa area e nello stesso arco temporale, definendo le curve di isoconcentrazione necessarie alle valutazioni degli impatti dell’opera sui ricettori sensibili.

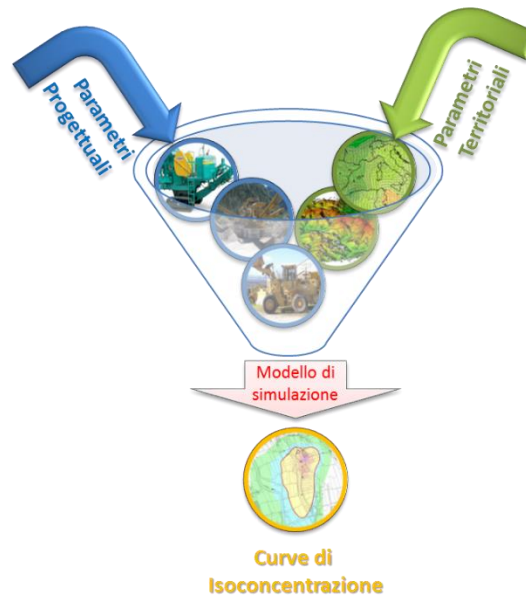


Figura 2-53 Definizione logica del modello adottato

## 2.1.7 LO SCENARIO ATTUALE: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI

### **Gli input del software Aermod view**

#### Gli input territoriali

#### Gli input orografici:

Il software AERMOD View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 2-54.

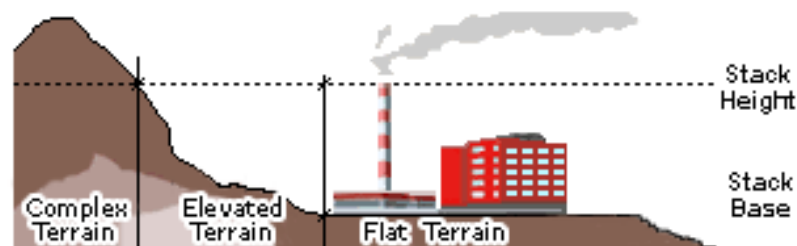


Figura 2-54 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, attraversata dall'infrastruttura attuale, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain". Infatti, nel caso in esame, il terreno è di fondamentale importanza, poiché la strada attuale si trova in un'area ad elevata pendenza: da un lato lo strapiombo sul lago e dall'altro le montagne. Si riporta di seguito l'andamento orografico restituito dal processore AERMAP:



Figura 2-55: Vista aerea dell'asse del tracciato attuale e dell'andamento orografico.

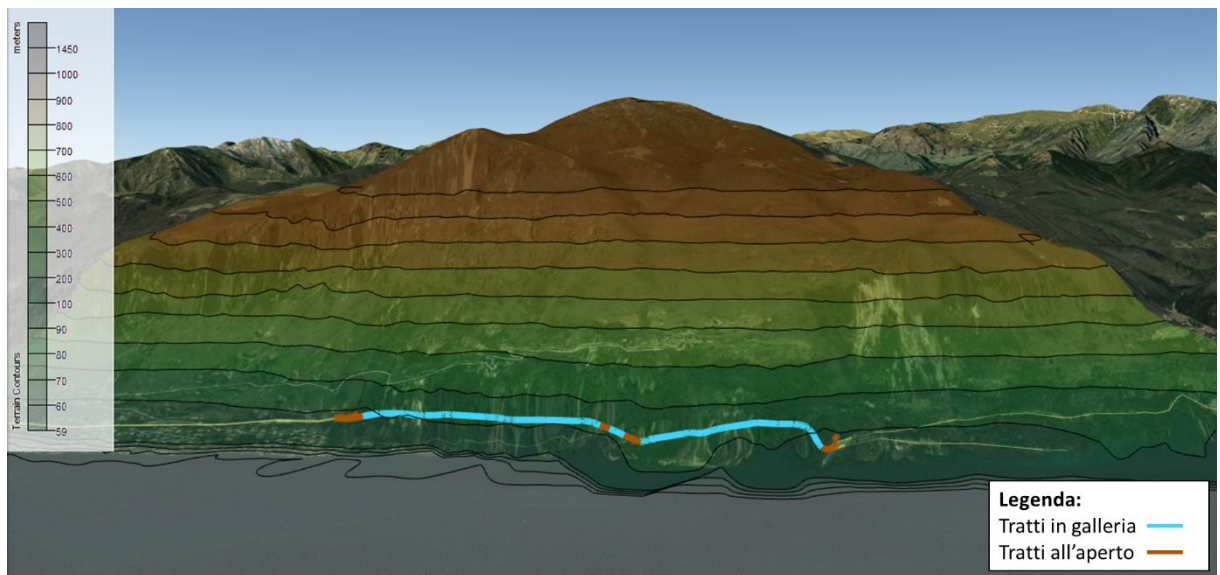


Figura 2-56: Vista tridimensionale dell'asse di progetto e dell'orografia attraversata.

*Gli input meteorologici:*

Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato si è fatto riferimento ai dati meteorologici



(riferiti all'anno 2017) provenienti dalle elaborazioni della Lakes Environmental. In particolare, la Lake Environmental utilizza il modello Weather Research and Forecasting (WRF) per calcolare i parametri meteorologici in modo accurato in qualsiasi parte del mondo. Gli output del modello WRF vengono poi convertiti nel formato di input di AERMET ed AERMOD attraverso il Mesoscale Model Interface Program (MMIF). Di seguito si riportano le specifiche assunte per la localizzazione spaziale e temporale del dato meteo simulato:

<b>Specifiche</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Data d'inizio e fine</b>	1/01/2017 ore 00 – 31/12/2017 ore 24
<b>Coordinate del punto</b>	Lat.: 45.70845 N – Long.: 10.691 E
<b>Sistema di coordinate geografiche geodetico</b>	WGS 84
<b>UTM Zone</b>	32
<b>Elevazione</b>	590.76 m
<b>Site Time Zone</b>	UTC+0100
<b>Città più vicina e Nazione</b>	Gargnano - Italia

Attraverso il Mesoscale Model Interface Program (MMIF), vengono forniti i seguenti file di input per AERMOD:

- file "Surface" (.SFC), per descrivere le condizioni meteo-climatiche registrate al suolo nel sito di studio;
- file 'Profile' (.PFL), per descrivere l'andamento verticale dei principali parametri meteorologici (temperatura, vento, pressione, ecc.).

In particolare, nel Surface data file, sono contenuti i valori orari dei seguenti parametri:

- velocità scalare del vento (m/s) ad una altezza di riferimento pari a 10 mslm;
- direzione del vento (gradi misurati in senso orario dal nord) in prossimità dell'altezza di riferimento;
- temperatura ambiente (°K) a livello del suolo;
- caratteristiche della superficie del suolo (albedo, rapporto di Bowen, rugosità);
- parametri scalari quali velocità di attrito (m/s), scala della velocità convettiva (m/s), lunghezza di Monin-Obukhov (m), flusso di calore sensibile (W/m<sup>2</sup>);
- altezza dello strato limite convettivo (CBL) e dello strato limite stabile (SBL);
- gradiente verticale della temperatura potenziale (°K/m);
- tasso di precipitazione (mm/ora);
- pressione superficiale (hPa);
- umidità relativa (%);
- contributo totale della copertura nuvolosa 10 ths.

Il Profile data file, invece contiene:

- misura dell'altezza per ogni livello (m);
- direzioni del vento al livello attuale (gradi misurati in senso orario dal nord);
- velocità del vento al livello attuale (m/s);
- temperatura al livello attuale (°C);

- e)  $\sigma$ - $\theta$  (deviazione standard delle fluttuazioni orizzontali della direzione del vento) al livello attuale (gradi);
- f)  $\sigma$ -w (deviazione standard della variazione verticale della direzione del vento) al livello di corrente (m/s).

### Gli input progettuali

#### *L'infrastruttura attuale:*

La viabilità attuale è la SS 45 bis, "Gardesana", che ha origine a Cremona e termina a Trento ed ha una lunghezza complessiva di circa 154 km. Più nel dettaglio, l'infrastruttura esistente rappresenta, nella zona tra Salò e Riva del Garda, l'unico collegamento con la Provincia di Trento, in un corridoio obbligato e senza alternative, ed attraversa i comuni di Gardone Riviera, Toscolano Maderno, Gargnano, Tignale, Tremosine sul Garda e Limone sul Garda.

Il tratto d'interesse per la realizzazione del progetto è quello relativo alla Provincia di Brescia, che percorre il comune di Gargnano, sulle rive del Garda. L'area di studio è ubicata tra il km 86+567 ed il km 88+800, per una lunghezza di circa 2 km, con lo scopo di risolvere le attuali criticità correlate alle gallerie ogivali: "D'Acli" (950 m), "Eutemia" (62 m) e "Dei Ciclopi" (655 m). Le gallerie si sviluppano lungo la parete rocciosa a breve distanza dal margine del costone roccioso. La piattaforma pavimentata è variabile tra 6,20 m e 7,40 m e presenta una corsia per senso di marcia, di modulo variabile tra i 3 e i 3,25 metri con banchina pressoché inesistente dell'ordine degli 0,25 metri. Inoltre, data la forte acclività dei versanti, per i tratti all'aperto sono presenti importanti opere di sostegno rivestite in pietra locale, in alcuni casi privi di adeguati dispositivi di ritenuta a protezione. All'interno delle opere in sotterraneo la sezione stradale risulta ridotta, con margini inadeguati a tergo del pavimento e sprovvista di opportuna segnaletica orizzontale. Si rileva inoltre un limite di velocità per l'intera tratta di 50 km/h con divieto di sorpasso mentre la particolare conformazione "ogivale" (ad arco "a sesto acuto") di tali gallerie esistenti limita il passaggio contemporaneo dei mezzi pesanti aventi direzione opposte. All'imbocco della galleria "D'Acli" e poco dopo l'uscita della galleria "Dei Ciclopi", per ragioni di sicurezza, è presente un impianto semaforico per il controllo e la regolamentazione del traffico pesante in corrispondenza della sezione ridotta delle gallerie ogivali. Ciò comporta, specialmente nei mesi estivi, un considerevole disagio nei tempi di percorrenza dell'intera tratta e al contempo rappresenta un vincolo di impossibilità per l'interruzione della viabilità durante le fasi di cantiere. Il sistema di gallerie nel tratto d'interesse, ad oggi, è dunque schematizzato come segue:





Figura 2-57: Viabilità attuale: SS 45 bis - "Gardesana"

*Metodologia di analisi per il calcolo dei fattori di emissione:*

Parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare circolante è stato poi valutato un fattore di emissione medio che aggregasse nei veicoli leggeri gli autoveicoli ed i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo. Il fattore di emissione rappresenta uno degli input di base del software Aermod View, utilizzato per valutare le concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

*Composizione del parco veicolare circolante:*

Uno degli elementi fondamentali per il calcolo delle emissioni è la caratterizzazione del parco veicolare in termini di tipologia di veicoli e di numerosità. I dati utili a tale scopo sono dati ufficiali forniti direttamente dall'Automobile Club d'Italia (ACI). Nel caso specifico si è fatto riferimento alla rappresentazione del parco

veicolare italiano relativa al 2017 ("Autoritratto 2017").

Il documento che si è consultato, contenente tutti i dati relativi alle differenti tipologie veicolari, è una sintesi articolata dei dati tratti dagli archivi dell'ente sulle informazioni tecnico – giuridiche dei veicoli circolanti. L'analisi sul traffico veicolare viene fatta suddividendo questo in diverse classi "COPERT" ovvero secondo la classificazione individuata dall'Air Pollutant Emission Inventory guide book.

Il documento è, inoltre, suddiviso per ambito territoriale di riferimento:

- area territoriale (area vasta, generalmente più regioni);
- regionale;
- provinciale;
- comunale.

Nel caso specifico dell'area di interesse l'ambito a cui far riferimento è funzione del bacino di influenza dell'infrastruttura considerata, ovvero della capacità e della provenienza delle sorgenti che l'infrastruttura stessa "genera e attrae".

Al fine di assumere un dato sufficientemente significativo e cautelativo si è scelto di far riferimento alla suddivisione regionale del parco veicolare (Regione Lombardia).

Le tipologie veicolare che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per uso.

Tali dati sono poi stati adattati ai fini della simulazione, andando ad eliminare le classi i cui fattori di emissioni non erano presenti o la cui percentuale fosse trascurabile ai fini del calcolo finale.

Autoveicoli Regione Lombardia - Anno 2017											
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non identificato	TOTALE
BENZINA	Fino a 1400	221,390	52,792	262,205	329,059	804,789	493,927	398,399		1,469	2,564,030
	1401 - 2000	90,110	40,043	104,009	74,701	186,553	79,196	49,994		327	624,933
	Oltre 2000	20,905	5,436	9,946	9,260	22,107	6,771	5,401		71	79,897
	Non definito	42	1			1	1	1		7	53
<b>BENZINA Totale</b>		<b>332,447</b>	<b>98,272</b>	<b>376,160</b>	<b>413,020</b>	<b>1,013,450</b>	<b>579,895</b>	<b>453,795</b>		<b>1,874</b>	<b>3,268,913</b>
BENZINA E GAS LIQUIDO	Fino a 1400	5,849	893	3,698	4,396	115,169	62,202	41,359		20	233,586
	1401 - 2000	8,776	3,164	7,430	5,024	33,817	16,806	4,666		11	79,694
	Oltre 2000	1,154	407	1,118	1,145	4,002	338	25		2	8,191
	Non definito	1				1				1	3
<b>BENZINA E GAS LIQUIDO Totale</b>		<b>15,780</b>	<b>4,464</b>	<b>12,246</b>	<b>10,565</b>	<b>152,989</b>	<b>79,346</b>	<b>46,050</b>		<b>34</b>	<b>321,474</b>
BENZINA E METANO	Fino a 1400	792	178	782	850	19,246	20,929	10,966		2	53,745
	1401 - 2000	887	366	1,082	1,628	8,876	1,771	487		2	15,099
	Oltre 2000	98	26	57	44	395	36	4			660
	Non definito										
<b>BENZINA E METANO Totale</b>		<b>1,777</b>	<b>570</b>	<b>1,921</b>	<b>2,522</b>	<b>28,517</b>	<b>22,736</b>	<b>11,457</b>		<b>4</b>	<b>69,504</b>
ELETTRICO-IBRIDO	Fino a 1400					203	1,869	1,372			3,444
	1401 - 2000					1,305	13,703	26,021			41,029
	Oltre 2000				9	921	933	6,046			7,909
	Non contemplato								1,542		1,542
<b>ELETTRICO-IBRIDO Totale</b>					<b>9</b>	<b>2,429</b>	<b>16,505</b>	<b>33,439</b>	<b>1,542</b>		<b>53,924</b>
GASOLIO	Fino a 1400	5,340	248	292	46,101	161,769	105,392	31,781		2	350,925
	1401 - 2000	29,451	8,263	59,855	252,262	436,429	513,782	353,406		14	1,653,462
	Oltre 2000	22,625	7,374	31,564	77,445	97,507	79,611	48,923		11	365,060
	Non definito	6				1					7
<b>GASOLIO Totale</b>		<b>57,422</b>	<b>15,885</b>	<b>91,711</b>	<b>375,808</b>	<b>695,706</b>	<b>698,785</b>	<b>434,110</b>		<b>27</b>	<b>2,369,454</b>
ALTRE	Fino a 1400	80									80
	1401 - 2000					1	5				6
	Oltre 2000			1							1
	Non definito	1									1
<b>ALTRE Totale</b>		<b>81</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>					<b>88</b>
NON DEFINITO	Fino a 1400	206	2	3	12	2				9	234
	1401 - 2000	33	6	8	11	2				3	63
	Oltre 2000	6	1		1	1					10
	Non definito	45	1			1				22	69
<b>NON DEFINITO Totale</b>		<b>290</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>6</b>				<b>35</b>	<b>376</b>
<b>TOTALE</b>		<b>407,797</b>	<b>119,201</b>	<b>482,050</b>	<b>801,949</b>	<b>1,893,102</b>	<b>1,397,267</b>	<b>978,851</b>	<b>1,542</b>	<b>1,974</b>	<b>6,083,733</b>

Tabella 2-26 Suddivisione Autoveicoli, Regione Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

Veicoli industriali leggeri Regione Lombardia - Anno 2017											
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non identificato	TOTALE
BENZINA	fino a 3,5	7,090	2,431	4,754	5,046	7,236	3,364	1,932		115	31,968
	Non definito	445	14	3	1	1	2	12		1	479
<b>BENZINA Totale</b>		<b>7,535</b>	<b>2,445</b>	<b>4,757</b>	<b>5,047</b>	<b>7,237</b>	<b>3,366</b>	<b>1,944</b>		<b>116</b>	<b>32,447</b>
BENZINA E GAS LIQUIDO	fino a 3,5	865	305	285	416	4,474	1,754	1,105		3	9,207
	Non definito	101	6			1		9			117
<b>BENZINA E GAS LIQUIDO Totale</b>		<b>966</b>	<b>311</b>	<b>285</b>	<b>416</b>	<b>4,475</b>	<b>1,754</b>	<b>1,114</b>		<b>3</b>	<b>9,324</b>
BENZINA E METANO	fino a 3,5	130	38	170	479	5,861	6,812	2,192		3	15,685
	Non definito	3					1	3			7
<b>BENZINA E METANO Totale</b>		<b>133</b>	<b>38</b>	<b>170</b>	<b>479</b>	<b>5,861</b>	<b>6,813</b>	<b>2,195</b>		<b>3</b>	<b>15,692</b>
ELETTRICO-IBRIDO	fino a 3,5				2	13	5	216			236
	Non contemplato								662		662
ELETTRICO-IBRIDO Totale	Non definito					2		1			3
					2	15	5	217	662		901
GASOLIO	fino a 3,5	41,459	28,262	69,311	124,320	139,113	111,967	49,003		28	563,463
	Non definito	3,389	321	29	34	25	58	74		4	3,934
<b>GASOLIO Totale</b>		<b>44,848</b>	<b>28,583</b>	<b>69,340</b>	<b>124,354</b>	<b>139,138</b>	<b>112,025</b>	<b>49,077</b>		<b>32</b>	<b>567,397</b>
ALTRE	fino a 3,5	2									2
<b>ALTRE Totale</b>		<b>2</b>									<b>2</b>
NON DEFINITO	fino a 3,5	5		3	12	1					21
	Non definito	6									6
<b>NON DEFINITO Totale</b>		<b>11</b>		<b>3</b>	<b>12</b>	<b>1</b>					<b>27</b>
<b>TOTALE</b>		<b>53,495</b>	<b>31,377</b>	<b>74,555</b>	<b>130,310</b>	<b>156,727</b>	<b>123,963</b>	<b>54,547</b>	<b>662</b>	<b>154</b>	<b>625,790</b>

Tabella 2-27 Suddivisione veicoli industriali leggeri, Regione Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

Veicoli industriali pesanti Regione Lombardia - Anno 2017											
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non definito	TOTALE	
BENZINA	Oltre 3,5	326	16	9	12	15	2	1	7	388	
BENZINA Totale		326	16	9	12	15	2	1	7	388	
BENZINA E GAS LIQUIDO	Oltre 3,5	42	3	3	7	5	1		1	62	
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		42	3	3	7	5	1		1	62	
BENZINA E METANO	Oltre 3,5	7		8	12	55	199	81	1	363	
BENZINA E METANO Totale		7		8	12	55	199	81	1	363	
GASOLIO	3,6 - 7,5	7,210	1,284	2,787	4,169	2,216	2,782	902	48	21,398	
	7,6 - 12	5,736	1,396	3,117	3,722	773	2,234	598	39	17,615	
	12,1 - 14	1,298	111	174	434	108	406	134	18	2,683	
	14,1 - 20	2,705	799	2,440	3,504	762	2,766	1,241	29	14,246	
	20,1 - 26	3,732	1,045	3,657	5,644	877	5,104	2,185	10	22,254	
	26,1 - 28	33	2	5	3	2	19		57	1	122
	28,1 - 32	32	117	755	2,262	438	1,954	629		6,187	
GASOLIO Totale	Oltre 32	133	33	68	106	40	38	21		439	
ALTRE	Oltre 3,5	20,879	4,787	13,003	19,844	5,216	15,303	5,767	145	84,944	
ALTRE Totale							3			3	
NON DEFINITO	3,6 - 7,5	4								4	
	7,6 - 12	2			1					3	
	12,1 - 14				1					1	
	14,1 - 20	1								1	
	20,1 - 26				3					3	
NON DEFINITO Totale		7			5					12	
TOTALE		21,261	4,806	13,023	19,880	5,291	15,508	5,849	154	85,772	

Tabella 2-28 Suddivisione veicoli industriali pesanti, Regione Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

Autobus Regione Lombardia - Anno 2017										
USO	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
Noleggio	254	66	434	679	329	698	454		1	2,915
Privato	260	86	320	291	197	129	49		2	1,334
Pubblico	325	37	1,142	1,546	488	1,985	762		4	6,289
Altri usi	34	6	16	8	2	1			2	69
Non contemplato								28		28
TOTALE	873	195	1,912	2,524	1,016	2,813	1,265	28	9	10,635

Tabella 2-29 Suddivisione autobus, Regione Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

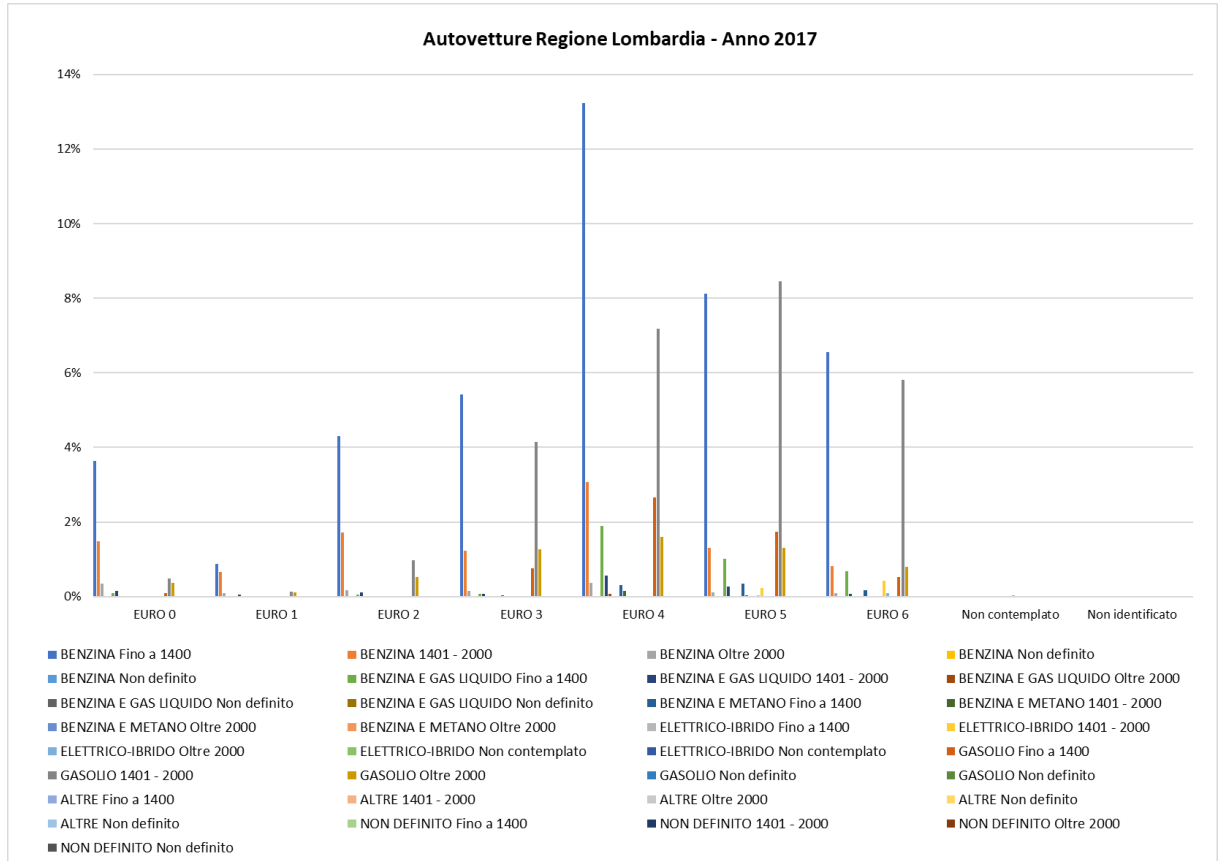


Figura 2-58 Percentuale autovetture circolanti in Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

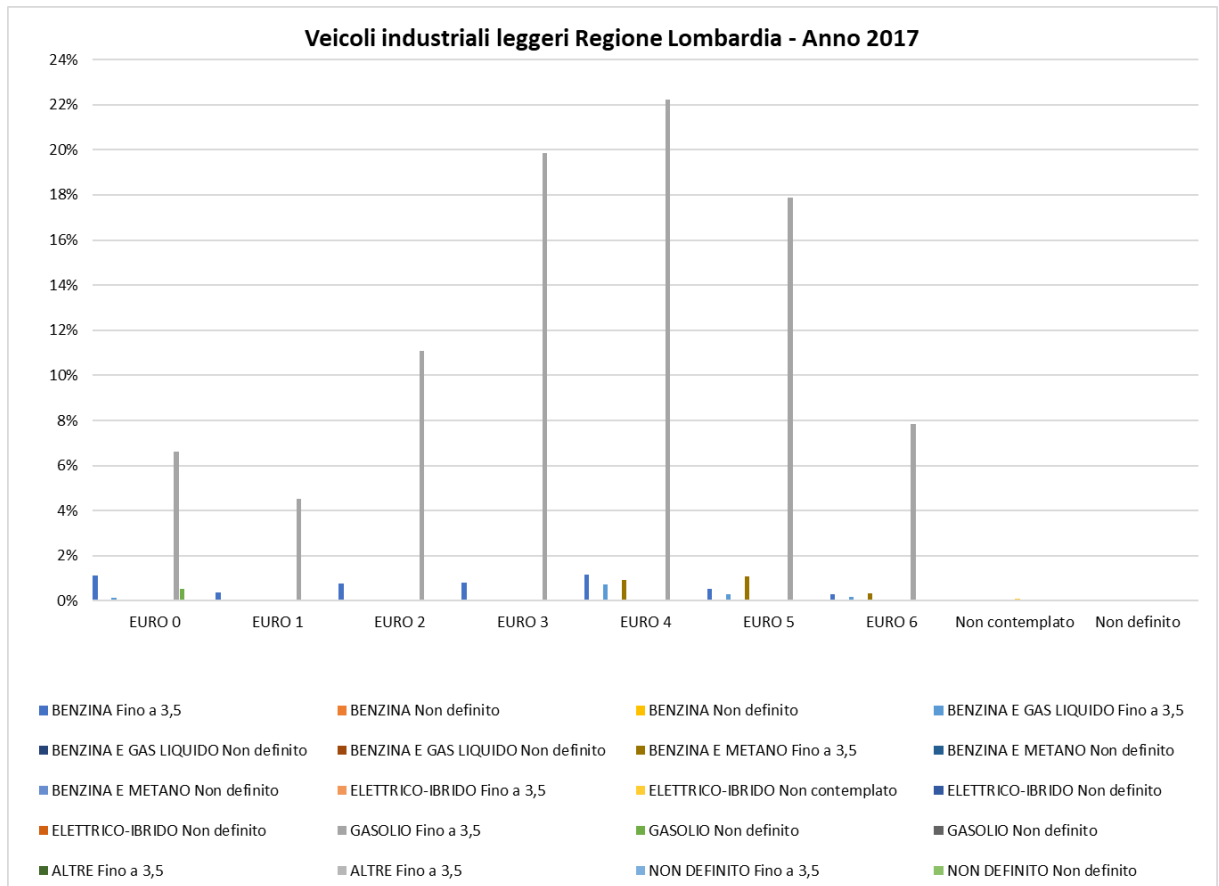


Figura 2-59 Percentuale veicoli leggeri circolanti in Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

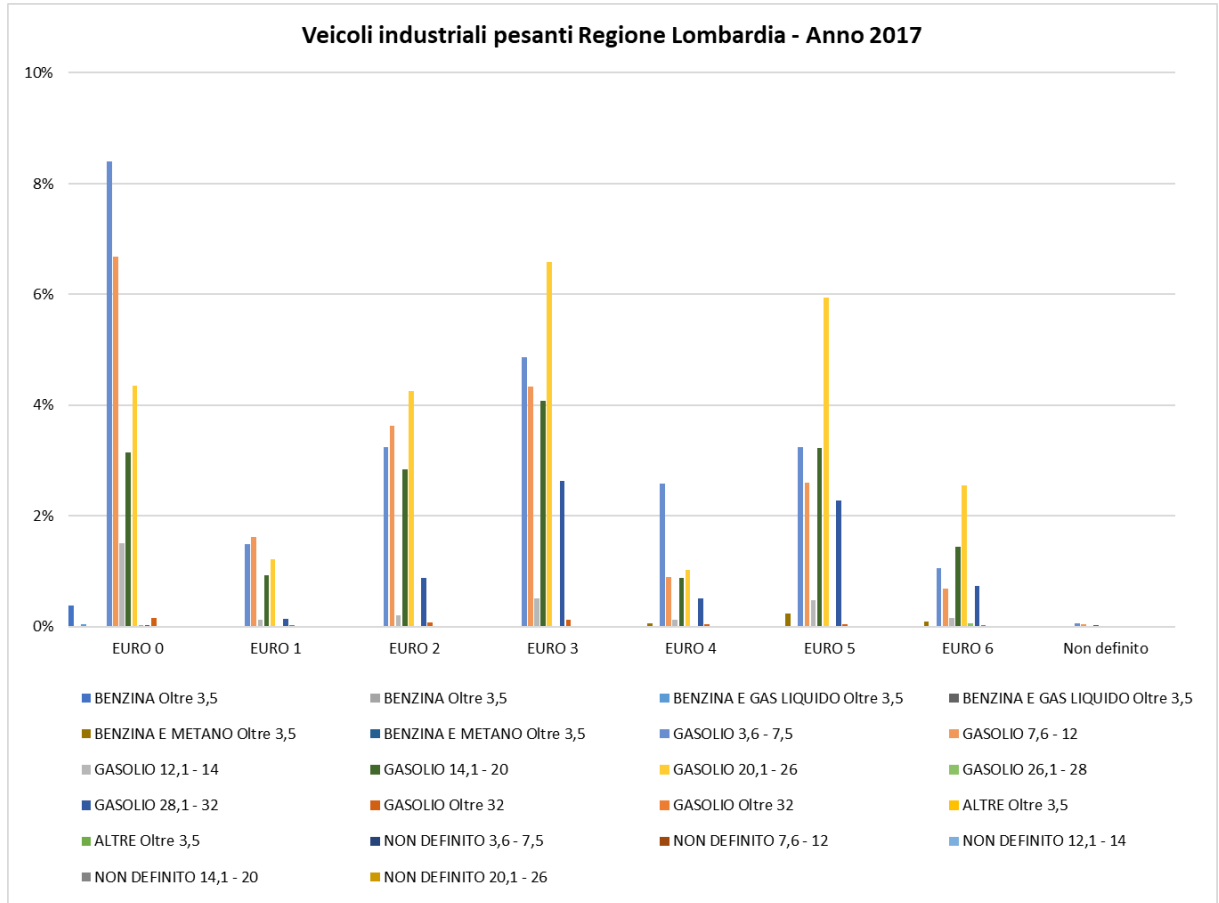


Figura 2-60 Percentuale veicoli pesanti circolanti in Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)



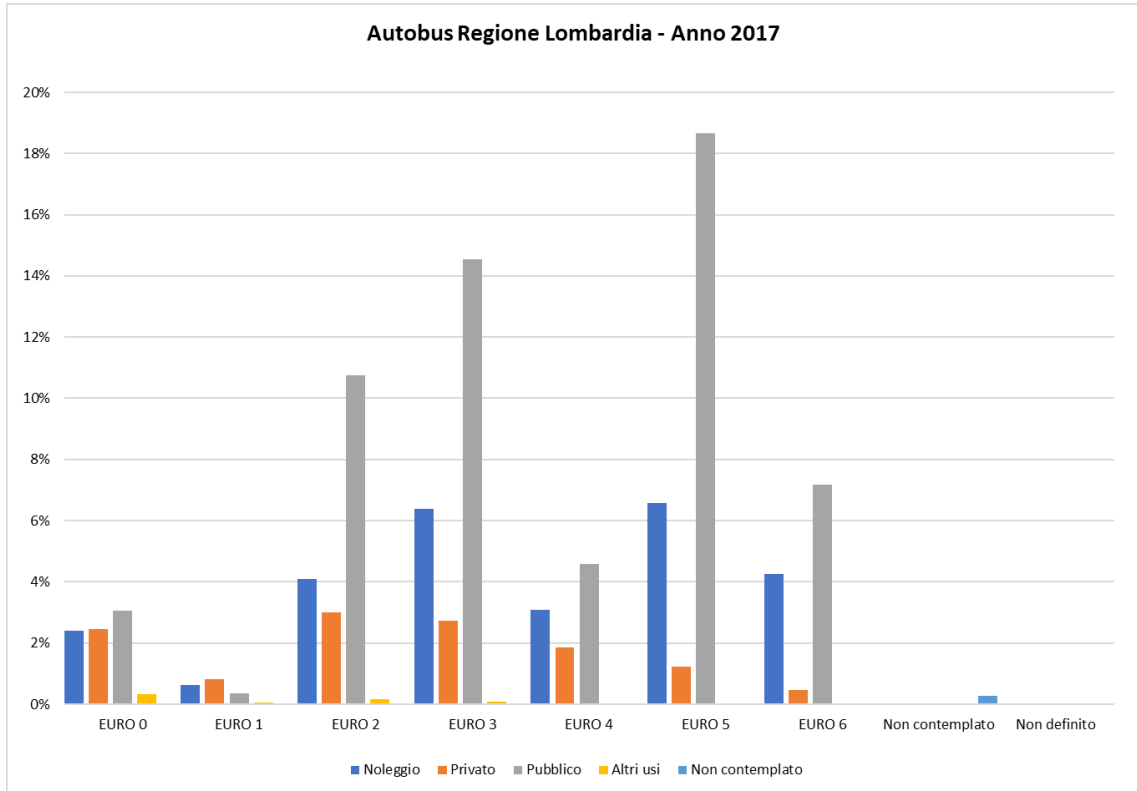


Figura 2-61 Percentuale autobus circolanti in Lombardia (Fonte: elaborazione dati ACI Autoritratto 2017)

*Volumi e velocità del traffico circolante:*

Nel presente paragrafo si forniscono i dati progettuali utilizzati per la stima dei fattori di emissione su Copert.

In particolare, allo stato attuale, si è tenuto conto della presenza del semaforo all’imbocco della galleria D’Acli, il quale genera code nel tratto immediatamente a monte dello stesso. Sulla base di ciò, per caratterizzare il tratto di coda, è stata assunta una velocità pari a 10 km/h (la minima consentita dal modello), mentre per i tratti restanti è stata ipotizzata una velocità media di 40 km/h.

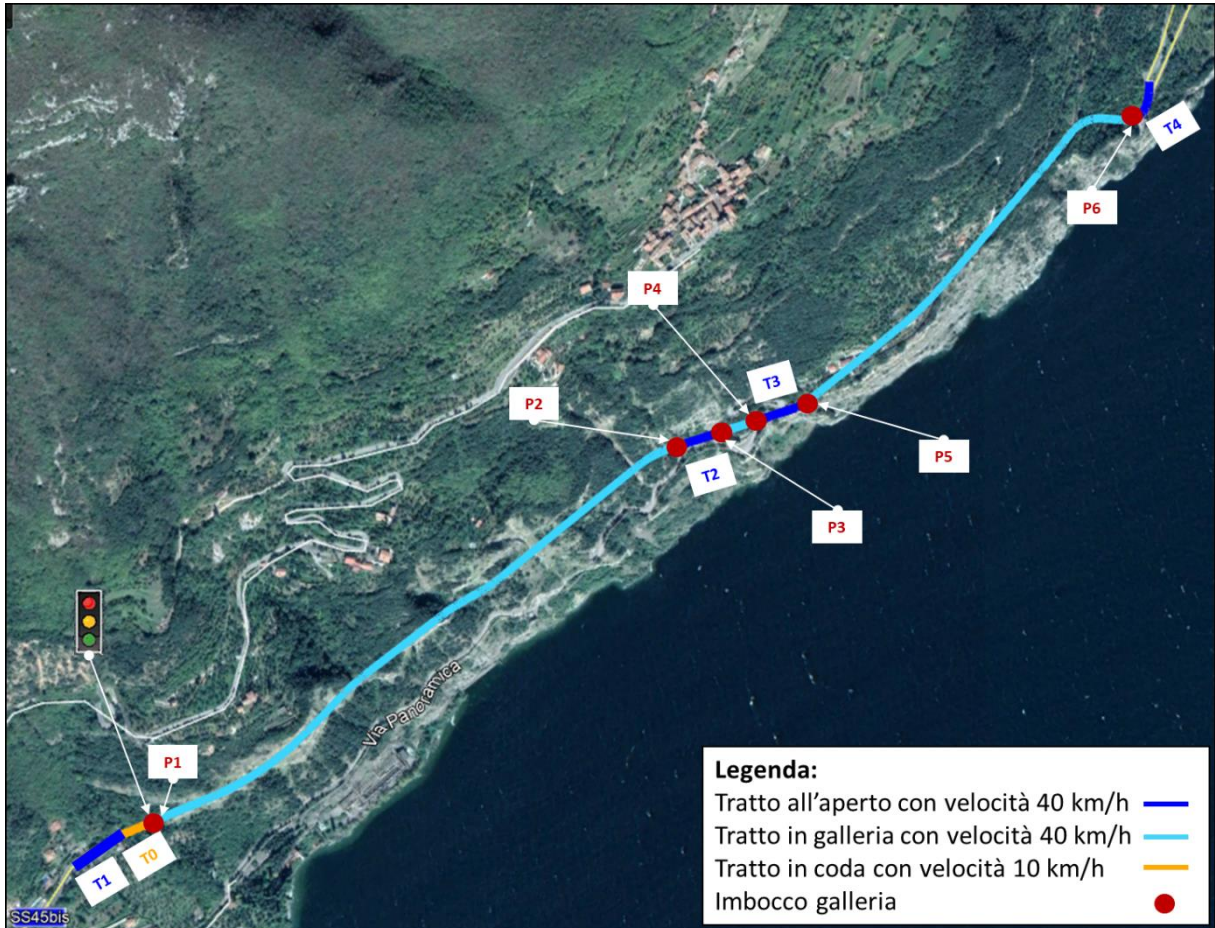


Figura 2-62: Tratti a velocità differenti

Si riporta qui di seguito una schematizzazione dei vari tratti:

Tratti	Velocità [Km/h]	Lunghezza [Km]
<b>T0</b>	10	0.03
<b>T1</b>	40	0.10
<b>T2</b>	40	0.01
<b>T3</b>	40	0.07
<b>T4</b>	40	0.06

Tabella 2-30: Tratti a differenti velocità individuati sul tracciato attuale

Vengono, poi, riportate le posizioni degli imbocchi delle tre gallerie, P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Per quanto riguarda, infine, i flussi di traffico circolanti sull'infrastruttura attuale di riferimento, questi sono stati assunti pari a 7500 veicoli/giorno, sulla base dei dati forniti nello studio di fattibilità tecnico-economica, così come modificato nelle fasi successive di progettazione.

*Le sorgenti simulate*

Per le simulazioni modellistiche dello scenario ante operam, sono state implementate all'interno di AERMOD View due tipologie di sorgenti (cfr. Figura 2-62):

- 1) Sorgenti lineari, in grado di riprodurre l'emissione stradale sul tracciato esistente fuori dalle gallerie;
- 2) Sorgenti puntuali in prossimità degli imbocchi delle gallerie, rappresentative delle emissioni che fuoriescono dalle gallerie stesse e che sono state prodotte dal traffico transitato all'interno.

*I fattori di emissione:*

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante, per i veicoli leggeri e pesanti.

In particolare, una volta analizzato il parco veicolare presente, si è ricavata la percentuale di veicoli per ogni tipologia di veicolo. Per ognuna di queste si è effettuato il prodotto con il valore di picco dell'inquinante in ambito urbano, ottenuto come output da Copert, e si sono ottenuti i fattori di emissione della singola tipologia di veicolo. Si è poi effettuato il calcolo finale relativo alla determinazione del fattore di emissione per la totalità dei veicoli leggeri e per quella dei pesanti.

Gli inquinanti considerati con Copert, allo stato attuale, sono stati NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub> e VOC. In particolare, dal valore dei PM<sub>10</sub> si è poi ottenuto quello dei PM<sub>2.5</sub> e dai valori di VOC, in funzione dei coefficienti riportati in Figura 2-63, si è calcolato il valore del Benzene.

Le velocità considerate, in coerenza con i range accettati dalla metodologia Copert, sono state 40 Km/h e 10 Km/h. Come già detto in precedenza, la velocità di 10 Km/h è stata presa in considerazione per tener conto delle code e dei rallentamenti indotti dalla presenza del semaforo in prossimità dell'imbocco della galleria D'Acli.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i fattori di emissione relativi all'NO<sub>x</sub>, al CO, al PM<sub>10</sub>, al PM<sub>2.5</sub> e al VOC in funzione della velocità.

La prima tabella riporta i fattori di emissione in [g/km\*veic] ottenuti per velocità di percorrenza pari a 40 Km/h:

Inquinanti	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione leggeri [g/km*veic]	Fattore di emissione pesanti [g/km*veic]
<b>NO<sub>x</sub></b>	40	0.426	5.379
<b>CO</b>	40	0.716	1.387
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	40	0.013	0.149
<b>PM<sub>10</sub></b>	40	0.008	0.090
<b>VOC</b>	40	0.100	0.416

Tabella 2-31 Fattore di emissione NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, VOC per velocità di 40 km/h- veicoli leggeri e pesanti Scenario attuale

La seconda tabella riporta i fattori di emissione in [g/km\*veic] ottenuti per velocità di percorrenza pari a 10 Km/h:

Inquinanti	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione	
		leggeri [g/km*veic]	pesanti [g/km*veic]
<b>NO<sub>x</sub></b>	10	0.625	11.477
<b>CO</b>	10	2.109	3.462
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	10	0.020	0.366
<b>PM<sub>10</sub></b>	10	0.012	0.220
<b>VOC</b>	10	0.257	1.150

*Tabella 2-32: Fattore di emissione NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, VOC per velocità di 10 km/h- veicoli leggeri e pesanti Scenario attuale*

Come accennato precedentemente, i fattori di emissione del Benzene, sono stati ricavati applicando dei coefficienti relativi alla frazione percentuale in massa del Benzene (cfr. Figura 2-63) alle emissioni dei VOC totali, ricavate direttamente da Copert. I valori della "Mass Fraction" sono suddivisi in funzione della tipologia di veicoli e del carburante, come riportato nella figura sottostante.

Group	Species	NMVOC Fraction (% wt.)				
		Petrol 4 stroke		Diesel PC & LCV	HDV	LPG
		Convent.	Euro I & on	IDI & DI		
ALDEHYDES	formaldehyde	2.08	1.70	12.00	8.40	1.56
	acetaldehyde	0.59	0.75	6.47	4.57	1.81
	acrolein	0.16	0.19	3.58	1.77	0.59
	benzaldehyde	0.60	0.22	0.86	1.37	0.03
	crotonaldehyde	0.02	0.04	1.10	1.48	0.36
	methacrolein		0.05	0.77	0.86	0.10
	butyraldehyde		0.05	0.85	0.88	0.11
	isobutanaldehyde			2.09	0.59	
	propionaldehyde	0.11	0.05	1.77	1.25	0.70
	hexanal			0.16	1.42	
	i-valeraldehyde			0.11	0.09	0.01
	valeraldehyde		0.01	0.41	0.40	
	o-tolualdehyde	0.19	0.07	0.24	0.80	
	m-tolualdehyde	0.38	0.13	0.34	0.59	
	p-tolualdehyde	0.19	0.06	0.35		
KETONES	acetone	0.21	0.61	2.94		0.78
	methylethylketone	0.11	0.05	1.20		
AROMATICS	toluene	12.84	10.98	0.69	0.01	1.22
	ethylbenzene	4.78	1.89	0.29		0.24
	m,p-xylene	6.66	5.43	0.61	0.98	0.75
	o-xylene	4.52	2.26	0.27	0.40	0.26
	1,2,3 trimethylbenzene	0.59	0.86	0.25	0.30	0.05
	1,2,4 trimethylbenzene	2.53	4.21	0.57	0.86	0.25
	1,3,5 trimethylbenzene	1.11	1.42	0.31	0.45	0.08
	styrene	0.57	1.01	0.37	0.56	0.02
	benzene	6.83	5.61	1.98	0.07	0.63
	C9	3.12	4.21	0.78	1.17	0.25
	C10		3.07			
	C>13	6.01	3.46	13.37	20.37	
<b>TOTALS (all NMVOC species)</b>		<b>99.98</b>	<b>99.65</b>	<b>99.42</b>	<b>96.71</b>	<b>99.98</b>

Figura 2-63 NMVOC Fraction (% wt.) Fonte: Table 3.86b: Composition of NMVOC in exhaust emissions (aldehydes, ketones, aromatics) - 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles - EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - - Last Update June 2017

Alla luce di ciò, di seguito si riportano i fattori di emissione del Benzene calcolati e distinti in funzione delle velocità e della tipologia di veicoli (leggeri e pesanti).

Inquinante	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione leggeri	Fattore di emissione pesanti
<b>C6H6</b>	40	0.0057	0.0003
<b>C6H6</b>	10	0.0147	0.0008

*Tabella 2-33 Fattore di emissione Benzene veicoli leggeri e pesanti Scenario attuale*

Sulla base dei traffici forniti dallo studio trasportistico, conoscendo le percentuali di veicoli leggeri e pesanti circolanti sui differenti rami della rete stradale, è stato possibile pesare i fattori di emissione sopra riportati, calcolando, per ogni arco, un fattore di emissione medio.

Il dato è stato, poi, ricondotto a g/s, per poter essere inserito nel software Aermod. Per quanto riguarda i tratti con velocità di 40 Km/h, si è riportato il dato in g/s attraverso il prodotto tra il fattore di emissione medio (g/km\*veic), la lunghezza del tratto di appartenenza e il traffico giornaliero medio (7500 veicoli/giorno). Per quanto concerne i tratti con velocità di 10 Km/h, in coerenza a quanto riportato dalla US EPA <sup>9</sup>, si è effettuato il prodotto tra il fattore di emissione medio (g/km\*veic), la velocità di 4 Km/h e il numero di veicoli in coda (desunto a partire dal TGM e pari a 7 veicoli) nel tratto a monte dell'impianto semaforico. In particolare, è stata considerata una velocità di 2,5 miglia/h (ossia 4 Km/h) sulla base delle indicazioni fornite nel sopracitato documento, bypassando la limitazione indotta dall'utilizzo di Copert, che non consente l'impiego di velocità inferiori ai 10 Km/h.

Sono stati inoltre calcolati i fattori di emissione in g/s relativi alle sorgenti puntuali inserite in AERMOD view per simulare l'emissione all'imbocco e all'uscita delle gallerie. I risultati sono riportati nelle tabelle sottostanti:

Tratti	Velocità [Km/h]	Lunghezza [Km]	Traffico leggero [%]	Traffico pesante [%]	Fattore di emissione medio NOx[g/s]
<b>T0</b>	4	0.03	95	5	0.009
<b>T1</b>	40	0.10	95	5	0.006
<b>T2</b>	40	0.04	95	5	0.002
<b>T3</b>	40	0.07	95	5	0.004
<b>T4</b>	40	0.06	95	5	0.004
<b>P1</b>	40	0.48	95	5	0.028
<b>P2</b>	40	0.48	95	5	0.028
<b>P3</b>	40	0.03	95	5	0.002
<b>P4</b>	40	0.03	95	5	0.002
<b>P5</b>	40	0.33	95	5	0.019
<b>P6</b>	40	0.33	95	5	0.019

*Tabella 2-34: Fattore di emissione medio NO<sub>x</sub> - Scenario attuale*

<sup>9</sup> MOBILE 5 Information Sheet #2 Estimating Idle Emission Factors Using Mobile5 Luglio 30, 1993 l'agenzia Americana consiglia di utilizzare il fattore di emissione in g/mi ottenuto ad una velocità di 2.5 mi/h e moltiplicarlo per 2.5 mi/h in modo tale da ottenere un fattore di emissione in g/h



Tratti	Velo- cità [Km/h]	Lunghezza [Km]	Traffico leggero [%]	Traffico pesante [%]	Fattore di emissione medio CO[g/s]
<b>T1</b>	4	0.13	95	5	0.017
			95	5	0.007
<b>T2</b>	40	0.01	95	5	0.003
<b>T3</b>	40	0.07	95	5	0.005
<b>T4</b>	40	0.06	95	5	0.004
<b>P1</b>	40	0.48	95	5	0.031
<b>P2</b>	40	0.48	95	5	0.031
<b>P3</b>	40	0.03	95	5	0.002
<b>P4</b>	40	0.03	95	5	0.002
<b>P5</b>	40	0.33	95	5	0.021
<b>P6</b>	40	0.33	95	5	0.021

Tabella 2-35: Fattore di emissione medio CO - Scenario attuale

Tratti	Velo- cità [Km/h]	Lunghezza [Km]	Traffico leg- gero [%]	Traffico pesante [%]	Fattore di emissione medio PM10[g/s]
<b>T1</b>	4	0.13	95	5	0.0003
			95	5	0.0002
<b>T2</b>	40	0.01	95	5	0.0001
<b>T3</b>	40	0.07	95	5	0.0001
<b>T4</b>	40	0.06	95	5	0.0001
<b>P1</b>	40	0.48	95	5	0.0008
<b>P2</b>	40	0.48	95	5	0.0008
<b>P3</b>	40	0.03	95	5	0.0001
<b>P4</b>	40	0.03	95	5	0.0001
<b>P5</b>	40	0.33	95	5	0.0006
<b>P6</b>	40	0.33	95	5	0.0006

Tabella 2-36: Fattore di emissione medio PM<sub>10</sub> - Scenario attuale

Tratti	Velo- cità [Km/h]	Lunghezza [Km]	Traffico leg- gero [%]	Traffico pesante [%]	Fattore di emissione medio PM2.5[g/s]
<b>T1</b>	4	0.13	95	5	0.00017
			95	5	0.00010
<b>T2</b>	40	0.01	95	5	0.00004
<b>T3</b>	40	0.07	95	5	0.00007
<b>T4</b>	40	0.06	95	5	0.00006



Tratti	Velocità [Km/h]	Lunghezza [Km]	Traffico leggero [%]	Traffico pesante [%]	Fattore di emissione medio PM <sub>2.5</sub> [g/s]
<b>P1</b>	40	0.48	95	5	0.00048
<b>P2</b>	40	0.48	95	5	0.00048
<b>P3</b>	40	0.03	95	5	0.00003
<b>P4</b>	40	0.03	95	5	0.00003
<b>P5</b>	40	0.33	95	5	0.00033
<b>P6</b>	40	0.33	95	5	0.00033

Tabella 2-37: Fattore di emissione medio PM<sub>2.5</sub> - Scenario attuale

Tratti	Velocità [Km/h]	Lunghezza [Km]	Traffico leggero [%]	Traffico pesante [%]	Fattore di emissione medio Benzene[g/s]
<b>T1</b>	4	0.13	95	5	0.00011
<b>T2</b>	40	0.01	95	5	0.00008
			95	5	0.00003
<b>T3</b>	40	0.07	95	5	0.00005
<b>T4</b>	40	0.06	95	5	0.00005
<b>P1</b>	40	0.48	95	5	0.00036
<b>P2</b>	40	0.48	95	5	0.00036
<b>P3</b>	40	0.03	95	5	0.00002
<b>P4</b>	40	0.03	95	5	0.00002
<b>P5</b>	40	0.33	95	5	0.00025
<b>P6</b>	40	0.33	95	5	0.00025

Tabella 2-38:Fattore di emissione medio Benzene - Scenario attuale

### I ricettori di riferimento

#### *I punti ricettori:*

Per stimare i livelli di concentrazione degli inquinanti è necessario imputare al software dove calcolare tali valori. Perciò sono stati individuati, in prossimità della viabilità attuale, i principali ricettori sensibili che potrebbero essere maggiormente esposti all'inquinamento atmosferico.

Nel complesso sono stati individuati 7 ricettori per valutare la protezione della salute umana e 4 ricettori per valutare le concentrazioni di inquinanti sulla vegetazione. Questi ultimi sono rappresentativi del "Parco regionale dell'Alto Garda Bresciano" (V1, V2 e V4) e della ZPS "Alto Garda Bresciano" (V3) presenti in prossimità del tratto in esame. Nella tabella che segue, è riportata la rappresentazione dei ricettori e le relative coordinate geografiche.

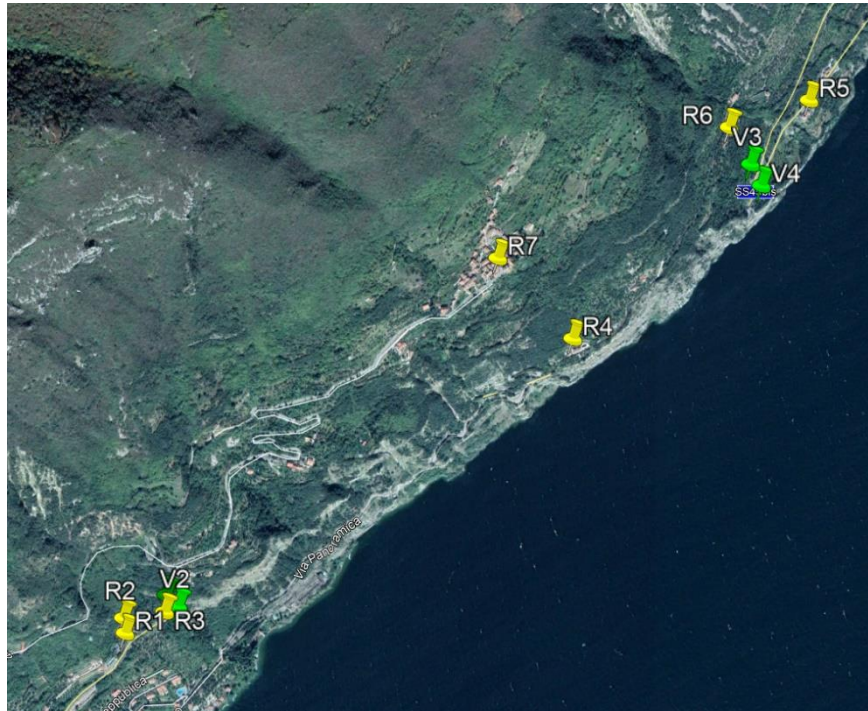


Figura 2-64 Ubicazione dei punti recettori

Ricettore	Tipologia	Coordinate	
		X	Y
<b>R1</b>	Residenziale	630802	5062377
<b>R2</b>	Residenziale	630797	5062414
<b>R3</b>	Residenziale	630899	5062431
<b>R4</b>	Residenziale	631897	5063128
<b>R5</b>	Residenziale	632471	5063729
<b>R6</b>	Residenziale	632274	5063658
<b>R7</b>	Residenziale	631707	5063323
<b>V1</b>	Vegetazione	630902	5062473
<b>V2</b>	Vegetazione	630932	5062446
<b>V3</b>	Vegetazione	632329	5063568
<b>V4</b>	Vegetazione	632357	5063516

Tabella 2-39 Coordinate x e y dei punti ricettori

*La maglia di calcolo:*

In affiancamento ai ricettori puntuali, utili per verificare in prossimità di questi che le concentrazioni stimate rispettino i limiti normativi di protezione umana, è stata individuata una maglia di calcolo comprendente

l'area prossima alla viabilità di riferimento, finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera. Seguendo tali principi è stata definita una maglia di punti di calcolo le cui caratteristiche sono sinteticamente riportate in Tabella 2-40.

<b>Coordinate X del Centro</b>	631606,19
<b>Coordinate Y del Centro</b>	5063045,23
<b>Passo lungo l'asse X</b>	100
<b>Passo lungo l'asse Y</b>	100
<b>N° di punti lungo l'asse X</b>	30
<b>N° di punti lungo l'asse Y</b>	25
<b>N° di punti di calcolo totali</b>	750
<b>Altezza relativa dal suolo</b>	1,8

*Tabella 2-40: Coordinate dei punti della maglia di calcolo*

### **I dati di output delle simulazioni**

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, descritta nel paragrafo precedente, è stato possibile ottenere l'output del modello, il quale ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale allo stato attuale.

In particolare, vengono riportati i valori relativi a:

- Ossidi di Azoto NO<sub>x</sub>;
- Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM<sub>10</sub>;
- Particolato PM<sub>2,5</sub>;
- Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie annue è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- T00IA31AMBPL01A "Planimetria dei recettori e concentrazioni NO<sub>x</sub> - Ante Operam"
- T00IA31AMBPL04A "Planimetria dei recettori e concentrazioni CO - Ante Operam"
- T00IA31AMBPL07A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 - Ante Operam"
- T00IA31AMBPL11A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 - Ante Operam"
- T00IA31AMBPL15A "Planimetria dei recettori e concentrazioni Benzene - Ante Operam"

Di seguito, invece, vengono riportati i risultati delle concentrazioni degli inquinanti di interesse stimati in corrispondenza dei punti ricettori specifici, al fine di condurre le verifiche con i limiti definiti in normativa per ogni inquinante.

Gli inquinanti in esame sono stati relazionati a diversi intervalli di mediazione temporale in virtù dei diversi limiti imposti dalla normativa vigente. Nello specifico si considera la media annua degli NO<sub>x</sub> per la verifica dei limiti sulla vegetazione, mentre per la protezione della salute umana si fa riferimento alla media annua e ai massimi orari degli NO<sub>2</sub>, alla media annua e giornaliera del PM<sub>10</sub>, alla media annua del PM<sub>2,5</sub>, alla media annua del Benzene e alla massima media sulle 8 ore consecutive per la CO.

Nelle tabelle sottostanti si riportano dunque gli output delle simulazioni eseguite con Aermod per lo scenario attuale. Inoltre, al fine di stimare il valore complessivo di concentrazione risultante, è stato sommato ai valori di output il contributo del fondo rilevato dalle centraline di riferimento.

#### **Ossido di Azoto:**

Ricettore	Contributo stradale simulato media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [µg/m <sup>3</sup> ]	Concentrazione totale di NO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>V1</b>	0,894	32,24	33,134	2,70%	30
<b>V2</b>	22,036	32,24	54,276	40,60%	30
<b>V3</b>	0,612	32,24	32,852	1,86%	30
<b>V4</b>	2,062	32,24	34,302	6,01%	30

*Tabella 2-41: Valori di concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> sui recettori vegetazionali- Scenario attuale*

Dall'analisi dei livelli di concentrazione di NO<sub>x</sub>, sono emerse criticità per tutti e quattro i recettori vegetazionali, in prossimità dei quali, sommando il contributo del fondo registrato dalla centralina ARPA di riferimento, si hanno superamenti del valore normativo in termini di concentrazioni medie annue totali. Tali superamenti sono tuttavia imputabili all'elevato valore di fondo della centralina di Odolo (pari a 32,24 µg/m<sup>3</sup>), il quale già da solo supera il valore di 30 µg/m<sup>3</sup> previsto dalla norma. Il valore più critico emerso dalla simulazione si registra in prossimità di V2 ed è pari a 22,036 µg/m<sup>3</sup>, rappresentativo di circa il 40% del totale; gli altri tre recettori, invece, presentano concentrazioni risultanti nettamente più basse, comprese in un range tra lo 0,612 µg/m<sup>3</sup> in V3 e il 2,062 µg/m<sup>3</sup> in V4.

#### **Biossido di Azoto:**

Ricettore	Contributo stradale simulato media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [µg/m <sup>3</sup> ]	Concentrazione totale di NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>R1</b>	0,646	20,34	20,986	3,08%	40
<b>R2</b>	0,341	20,34	20,681	1,65%	40
<b>R3</b>	8,164	20,34	28,504	28,64%	40
<b>R4</b>	0,779	20,34	21,119	3,69%	40

Ricettore	Contributo stradale simulato media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Concentrazione totale di NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<b>R5</b>	0,277	20,34	20,617	1,34%	40
<b>R6</b>	0,192	20,34	20,532	0,94%	40
<b>R7</b>	0,074	20,34	20,414	0,36%	40

Tabella 2-42: Output dato medio annuo dell'inquinante NO<sub>2</sub> - Scenario attuale

Ricettore	Contributo stradale simulato max orario [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Concentrazione totale di NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Limite normativo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<b>R1</b>	58,847	20,34	79,187	200
<b>R2</b>	40,458	20,34	60,798	200
<b>R3</b>	76,551	20,34	96,891	200
<b>R4</b>	42,745	20,34	63,085	200
<b>R5</b>	38,903	20,34	59,243	200
<b>R6</b>	14,688	20,34	35,028	200
<b>R7</b>	5,410	20,34	25,750	200

Tabella 2-43 Output massimo orario dell'inquinante NO<sub>2</sub> - Scenario attuale

Dall'analisi dei livelli di concentrazione di NO<sub>2</sub>, non sono emersi superamenti del valore normativo, sia in termini di media annua che di massimi orari. Il ricettore residenziale più critico è risultato R3, nel quale si registra una concentrazione media annua totale di NO<sub>2</sub> (comprensiva del fondo) pari a 28,504  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e una concentrazione massima oraria pari a 96,891  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Monossido di Carbonio:**

Ricettore	Contributo stradale simulato max della media su 8h [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	Concentrazione totale di CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]
<b>R1</b>	0,025	0,31	0,335	7,42%	10
<b>R2</b>	0,017	0,31	0,327	5,12%	10
<b>R3</b>	0,124	0,31	0,434	28,56%	10
<b>R4</b>	0,030	0,31	0,340	8,71%	10
<b>R5</b>	0,011	0,31	0,321	3,57%	10
<b>R6</b>	0,008	0,31	0,318	2,60%	10
<b>R7</b>	0,002	0,31	0,312	0,75%	10

Tabella 2-44: Output dato medio del massimo su 8h dell'inquinante CO - Scenario attuale

Dall'analisi dei livelli di concentrazione di CO, non sono emersi superamenti del valore normativo. Il recettore residenziale più critico è risultato R3, nel quale si registra una concentrazione massima media su 8 ore di CO (comprensiva del fondo) pari a 0,434 mg/m<sup>3</sup>, ampiamente al di sotto del limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup>.

**Particolato PM<sub>10</sub>:**

Ricettore	Contributo stradale simulato media annua [µg/m <sup>3</sup> ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [µg/m <sup>3</sup> ]	Concentrazione totale di PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>R1</b>	0,028	28,82	28,848	0,028	40
<b>R2</b>	0,015	28,82	28,835	0,015	40
<b>R3</b>	0,372	28,82	29,192	0,372	40
<b>R4</b>	0,033	28,82	28,853	0,033	40
<b>R5</b>	0,011	28,82	28,831	0,011	40
<b>R6</b>	0,008	28,82	28,828	0,008	40
<b>R7</b>	0,003	28,82	28,823	0,003	40

*Tabella 2-45: Output dato medio annuo dell'inquinante PM<sub>10</sub> - Scenario attuale*

Ricettore	Contributo stradale simulato max giornaliero [µg/m <sup>3</sup> ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [µg/m <sup>3</sup> ]	Concentrazione totale di PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]	Limite normativo [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>R1</b>	0,204	28,82	29,024	50
<b>R2</b>	0,201	28,82	29,021	50
<b>R3</b>	1,150	28,82	29,970	50
<b>R4</b>	0,349	28,82	29,169	50
<b>R5</b>	0,118	28,82	28,938	50
<b>R6</b>	0,108	28,82	28,928	50
<b>R7</b>	0,026	28,82	28,846	50

*Tabella 2-46 Output massimo giornaliero dell'inquinante PM10 – Scenario attuale*

Dall'analisi dei livelli di concentrazione di PM10, non sono emersi superamenti del valore normativo, sia in termini di media annua che di massimi giornalieri. Il recettore residenziale più critico è risultato R3, nel quale si registra una concentrazione media annua totale di PM10 (comprensiva del fondo) pari a 29,192 µg/m<sup>3</sup> e una concentrazione massima oraria pari a 29,970 µg/m<sup>3</sup>. Si fa presente inoltre che il contributo della sola rete stradale in esame, in termini di media annua, rappresenta lo 0,372% (in R3).

**Particolato PM<sub>2.5</sub>:**

Ricettore	Contributo stradale simulato media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Concentrazione totale di PM <sub>2.5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<b>R1</b>	0,015	17,3	17,315	0,09%	25
<b>R2</b>	0,008	17,3	17,308	0,04%	25
<b>R3</b>	0,199	17,3	17,499	1,14%	25
<b>R4</b>	0,017	17,3	17,317	0,10%	25
<b>R5</b>	0,006	17,3	17,306	0,03%	25
<b>R6</b>	0,004	17,3	17,304	0,02%	25
<b>R7</b>	0,001	17,3	17,301	0,01%	25

*Tabella 2-47: Output dato medio annuo dell'inquinante PM<sub>2.5</sub> - Scenario attuale*

Dall'analisi dei livelli di concentrazione di PM<sub>2.5</sub>, non sono emersi superamenti del valore normativo. Il ricettore residenziale più critico è risultato R3, nel quale si registra una concentrazione media annua totale di PM<sub>2.5</sub> (comprensiva del fondo) pari a 17,499  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nettamente inferiore a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  imposti dalla norma. Si fa presente inoltre che il contributo della sola rete stradale in esame, in termini di media annua, rappresenta il 1,14% (in R3).

**Benzene:**

Ricettore	Contributo stradale simulato media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valore di fondo registrato dalla centralina di riferimento [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Concentrazione totale di C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentuale sul totale [%]	Limite normativo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<b>R1</b>	0,011	1,34	1,351	0,82%	5
<b>R2</b>	0,006	1,34	1,346	0,42%	5
<b>R3</b>	0,148	1,34	1,488	9,97%	5
<b>R4</b>	0,013	1,34	1,353	0,93%	5
<b>R5</b>	0,005	1,34	1,345	0,34%	5
<b>R6</b>	0,003	1,34	1,343	0,21%	5
<b>R7</b>	0,001	1,34	1,341	0,07%	5

*Tabella 2-48: Output dato medio annuo dell'inquinante Benzene- Scenario attuale*

Dall'analisi dei livelli di concentrazione di Benzene, non sono emersi superamenti del valore normativo. Il ricettore residenziale più critico è risultato R3, nel quale si registra una concentrazione media annua totale di Benzene (comprensiva del fondo) pari a 1,488  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nettamente inferiore a 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  imposti dalla norma. Si fa presente inoltre che il contributo della sola rete stradale in esame, in termini di media annua, rappresenta il 9,97% (in R3).



## 2.2 GEOLOGIA E ACQUE

### 2.2.1 INQUADRAMENTO TEMATICO

L'opera in progetto si inserisce all'interno del comune di Gargnano, il cui territorio copre una superficie di circa 78 km<sup>2</sup> ed è ubicato sulla sponda occidentale del Lago di Garda.

La presente parte dello studio si riferisce alla definizione del quadro conoscitivo, ovvero all'analisi degli aspetti relativi alla componente Geologia e Acque del territorio interessato dal progetto oggetto di studio, ed in particolare è stata analizzata: la geomorfologia, la stratigrafia, la sismicità, l'idrogeologia e l'idrografia, la pericolosità da frane e alluvioni, nonché lo stato qualitativo ambientale delle acque superficiali e sotterranee dell'area interessata.

Al fine di una completa caratterizzazione della componente in esame, sono stati considerati i principali riferimenti, come ad esempio il Piano di Governo e territorio del comune di Gargnano, i database dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA Lombardia), le banche dati messe a disposizione dalla Regione Lombardia. Si evidenziano inoltre il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto del Fiume Po, approvato con DPCM del 26 ottobre 2016, e il Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA 2016), approvato DGR n. 6990 del 31 luglio 2017, che costituisce la revisione del precedente PTUA 2006.

Per l'analisi e la stima dell'entità dei potenziali impatti per la componente Geologia ed Acque si rimanda alla Parte 5 e alla Parte 6 del SIA, rispettivamente per la fase di cantierizzazione e per quella di esercizio dell'opera in progetto.

### 2.2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geomorfologico nel comune di Gargnano si possono distinguere differenti domini morfologici: quello montano, pedemontano e di conoide / costiero.

L'elemento che contraddistingue e condiziona l'assetto morfologico degli ambiti presenti è rappresentato fondamentalmente dalla combinazione fra i tipi litologici e i rapporti strutturali e stratigrafici esistenti fra loro, l'entità della modellazione glaciale.

L'areale di localizzazione dell'intervento si inserisce all'interno del dominio pedemontano. Tale dominio coincide con la fascia presente nell'immediato entroterra caratterizzata, a sud ovest del territorio comunale di Gargnano, da una morfologia più dolce anche se eterogenea, dove i regolari pendii digradanti a lago costituiti dalla formazione più duttile della Scaglia lombarda e dai depositi morenici, sono interrotti dalle piane fluvioglaciali e glacialacustri di S.Pier d'Agrino, Navazzo e Sasso, in generale allungate in senso parallelo alla sponda lacustre. Nella porzione nordorientale, ove si inserisce l'area di nostro interesse, si ha, diversamente, la presenza dell'aspro rilievo del filone del M.te Comero ed il pendio collegato (cfr. Figura 2-65).



*Figura 2-65 Ubicazione del progetto definitivo in relazione ai pendii del Monte Comero*

I fianchi vallivi rocciosi unitamente alla cresta sopraccitata seppur di litologia differente, rappresentano, dal punto di vista della dinamica geomorfologica, le porzioni più attive del territorio comunale di Gargnano. I principali fenomeni di cui si ha evidenza all'interno di tali ambiti sono legati, per quanto concerne gli elementi esogeni, all'azione chimico fisica degli agenti atmosferici ed alla forza di gravità. Altri fattori predisponenti sono l'acclività dei versanti e l'assetto geostrutturale e la competenza degli ammassi rocciosi.

L'assetto geostrutturale del rilievo del Filone del Monte Comero, causa l'isolamento di elementi rocciosi di dimensioni variabili tra pochi dm<sup>3</sup> fino a parecchi m<sup>3</sup> e di porzioni di ammasso che sotto l'azione della gravità possono mobilitarsi sotto forma di fenomeni di dissesto differenziabili in crolli puntuali che evolvono in fenomeni di scoscendimento massi e frane di crollo.

In generale il rilievo si presenta come un versante roccioso con pareti per lo più ad elevata pendenza rotte da cenge e creste secondarie. Le altezze dei fronti rocciosi sono molto eterogenee a seconda del settore di fronte considerato. Sono possibili cadute libere di eventuali massi che si distaccano dalle pareti con impatti primari o sulle cenge intermedie o nel sottostante pendio al piede delle pareti.

Dal piede della falesia si diparte un versante mediamente acclive con valori intorno ai 35°-45° immergente a sud est coperto da una fitta vegetazione e caratterizzato sotto il profilo litologico da falde di detrito che ammantano la pendice sovrastando il locale substrato roccioso.

La cresta si sviluppa in maniera irregolare con numerosi sottobacini e/o impluvi, spesso separati da dorsali disposte longitudinalmente al pendio, che per un certo tratto quasi convogliano e concentrano le potenziali traiettorie dei massi in zone ben determinate.

A quote topograficamente inferiori (200 – 250 m) fino a giungere a lago, la pendice assume una conformazione più regolare ed uniforme in seno alla quale il modellamento antropico si identifica in una successione di terrazzamenti che spezzano la locale acclività (15°-20°). In questo contesto la definizione delle potenziali traiettorie dei blocchi che potenzialmente possono scendere dal pendio appare meno evidente e direttamente

influenzata dal microrilievo. Tutto il versante, dal piede della falesia fino alla fascia distale della pendice a valle, è punteggiato da massi di dimensioni eterogenee in appoggio sulla superficie topografica costituita da detrito più o meno stabilizzato; i massi significativi sono caratterizzati da volumi che da pochi metri cubi superano anche i 40 mc.

Un elemento di criticità per l'intera porzione di territorio a nord di Gargnano, è rappresentata dalla conformazione delle pareti rocciose con al piede un versante regolare tale da sfavorire il rapido arresto dei blocchi rocciosi che lo percorrono.

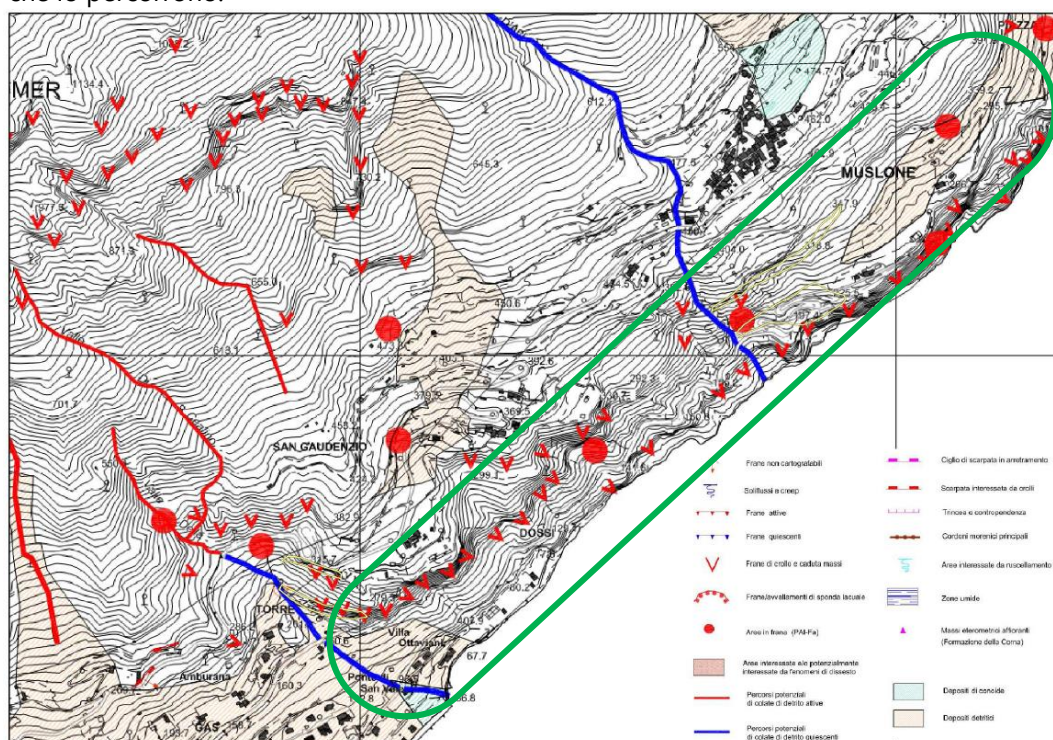


Figura 2-66 Stralcio della carta geomorfologica, tavola 2 Est, a scala 1:10.000 del territorio comunale di Gargnano (fonte: studio geologico per il piano di governo del territorio). In verde è evidenziato l'areale di localizzazione dell'inter-vento

### 2.2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

A livello regionale l'area di studio si inquadra nell'ambito delle Prealpi bresciane il cui assetto strutturale è caratterizzato da una serie di superfici tettoniche sud e sud-est vergenti che generano sovrascorrimenti di notevole entità delle successioni più antiche, e quindi originariamente più profonde, su quelle più recenti. Il quadro geologico generale vede il territorio di Gargnano inserito nel sistema del Bacino lombardo orientale, posizionato, a livello regionale, fra la direttrice della Linea delle Giudicarie Sud e la Linea di Ballino – Garda.

A grande scala, procedendo da nord-ovest verso sud-est, è possibile individuare tre domini geologico-strutturali differenti:

- area di affioramento del Basamento cristallino (il sistema è rappresentato dal "Massiccio delle tre

valli bresciane” ed è costituito dalle intrusioni magmatiche dell’Adamello e la sua copertura vulcanica)

- monoclinale dolomitica sovrascorsa costituita da un esteso “piastrone” di dolomie noriche e retiche a grande scala a comportamento rigido;
- fronte di accavallamento Tremosine Tignale e fascio di pieghe frontali ad esso associato.

Le principali lineazioni tettoniche rilevabili nell’area possono essere raggruppate secondo due principali direzioni strutturali:

- il sistema a direzione orobica-valsuganese (con direzioni variabili da E-W a ENE-WSW);
- il sistema a direzione giudicariense (con direzioni variabili da NNE-SSW a NE-SW);

Il più importante lineamento ad andamento giudicariense, rilevabile sulla sponda occidentale del Lago di Garda, è rappresentato dal sovrascorrimento Tremosine-Tignale vergente verso sud-est che provoca la sovrapposizione della Dolomia principale sulla successione dei “terreni” mesozoici. In particolare, in corrispondenza del monte Comero sono presenti diverse strutture frontali associate al suddetto sovrascorrimento come l’anticlinale del M.te Comero, dove la Formazione della Corna appare piegata secondo un’ampia struttura plicativa sud-vergente mentre al letto (fascia montuosa-collinare prospiciente la sponda lacustre) sono presenti le formazioni via via più recenti in successione rovesciata (Medolo, F.ne di Concesio, Maiolica, Scaglia Lombarda), che hanno reagito all’applicazione dello stress deformandosi in pieghe e andando a costituire, dal punto di vista tettonico, il fascio di piegamenti frontali e basali associati alla struttura di compressione principale, di cui la principale è la sinclinale di Muslone.

#### 2.2.4 STRATIGRAFIA

Di seguito si riporta la stratigrafia presente nell’area di studio, procedendo dai terreni più giovani ai terreni più antichi.

##### Depositi quaternari recenti

###### *Depositi antropici*

Materiali di riporto eterogeneo e incoerente, costituenti i riempimenti di antiche depressioni morfologiche e i rilevati stradali e ferroviari esistenti. OLOCENE.

###### *Coltre eluvio-colluviale e detriti di conoide*

Terreni eterogenei, a granulometria da ghiaioso-sabbiosa a limoso-argillosa, con colorazioni variabili da rossastro a bruno, a bruno giallastro, di potenza variabile, derivati dall’alterazione delle litologie del substrato sottostante (calcarei dolomitici, calcari e marne) e dei depositi morenici.

In questo gruppo sono stati accorpati anche i depositi di conoide pedemontana, che hanno subito trasporto per opera dei corsi d’acqua e successivo deposito per gravità, con la tipica forma a cono/ventaglio. OLOCENE.



#### *Detrito cementato*

Alternanze di orizzonti e lenti prevalentemente ghiaiose e/o sabbiose grossolane, con ciottoli e trovanti a basso grado di arrotondamento, soggetti a cementazione. Tali depositi affiorano limitatamente nella zona dello svincolo sulla S.S.45bis per Tignale. PLEISTOCENE SUP. – OLOCENE

#### *Depositi morenici*

Depositi di origine glaciale, costituiti da sedimenti massivi privi di orientazione degli elementi litoidi in forza al meccanismo di messa in posto (ghiacciaio). Si tratta in generale di terreni misti costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli e trovanti esotici e di natura poligenica immersi in una matrice limosa. In generale sormontano il substrato roccioso afferente alla Scaglia lombarda e alla Maiolica, con potenze variabili, da pochi metri a circa 15-20 m. PLEISTOCENE SUP.

#### Successione stratigrafica prequaternaria

##### *Scaglia Rossa*

Marne fogliettate, marne e marne argillose, di colore rosa salmone intenso e rosso mattone, con intercalazioni di calcari marnosi compatti e di calcari arenacei. All'interno della formazione della Scaglia Lombarda si trova in sovrapposizione con la Scaglia Variegata e la Scaglia Cinerea. EOCENE INF. - CENOMANIANO.

##### *Maiolica*

Calcari bianchi e biancastri, da grigi a bianco latte, compatti, microcristallini a frattura concoide, ben stratificati, con selci grigio scure e azzurrine in orizzonti o noduli; sono interessate diffusamente da suture stilolitiche e minute fessure riempite di calcite secondaria. Presenza locale di intercalazioni argillose nerastre, frequentemente fogliettate di differente spessore. TITONIANO SUP. - APTIANO INF.

##### *Selcifero Lombardo*

Radiolariti identificate con selci policrome, con colore che va dal bruno, giallastro, grigio e rosso ruggine, con intercalate marne calcaree e silicee, grigio scuro e grigio verdastro, e selci nere, passanti a marne calcareo-silicee con colorazione grigio verdi, giallastre, e selci verde oliva e arancioni con bordi neri. BAJOCIANO SUP. - TITONIANO INF.

##### *Formazione di Navone*

Calcari marnoso silicei, da grigio chiari a grigio scuri, con selci in prevalenza grigiastre in noduli liste o letti, localmente molto abbondanti, ad evidente stratificazione; sono presenti veli o intercalazioni di litotipi marnoso-argillosi grigio verdolini. La potenza non raggiunge mai valori molto elevati, con caratteri di transizione tra i calcari della Formazione di Concesio, coincidente con il limite inferiore, ed il Selcifero Lombardo al limite superiore. DOGGER.

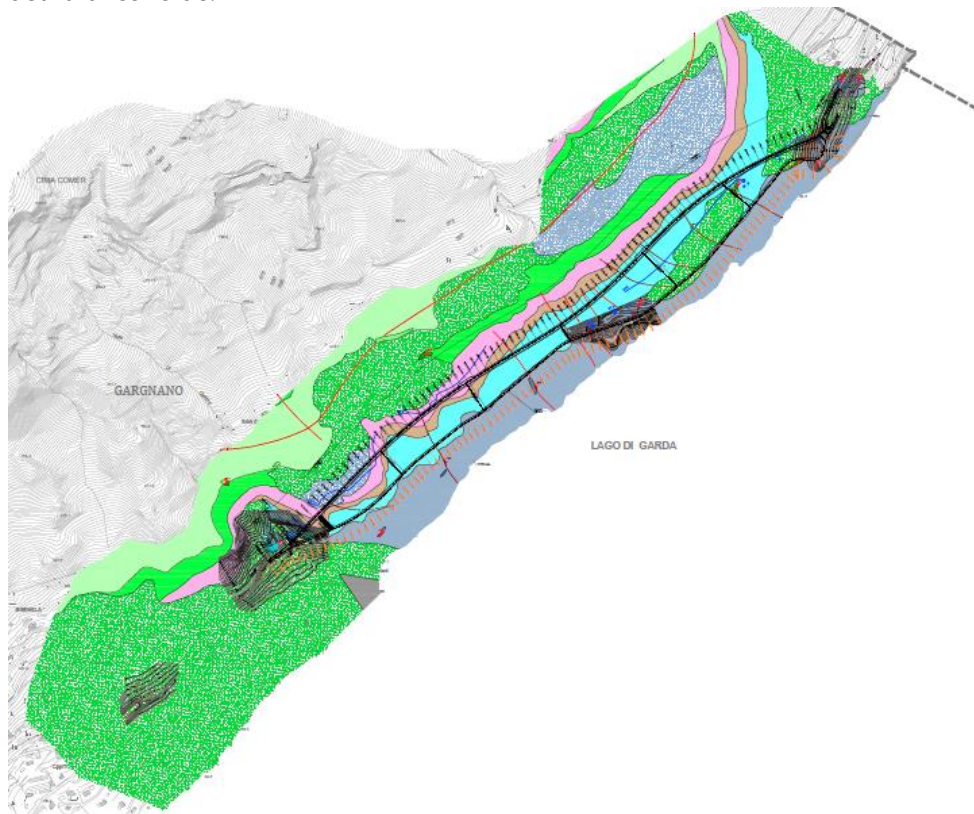
### *Formazione di Concesio*

Calcari silicei, anche marnosi e talora più o meno detritici, da grigiastri a nocciola, frequentemente selciosi, a stratificazione evidente, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con intercalazioni di marne grigio verdastre talora abbondanti. La formazione appare a luoghi molto simile alla Formazione del Medolo da cui spesso non è facilmente distinguibile. La potenza è variabile fra i 100 e i 300 m, il limite inferiore è rappresentato in generale dal Medolo, mentre superiormente passa al Selcifero lombardo. (CALLOVIANO INF. - TOARCIANO).

### *Medolo*

Calcari, per lo più marnosi, di colore chiaro o scuro, ad evidente stratificazione, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con letti e noduli di selce e con intercalazioni più o meno abbondanti di marne fino ad argilliti grigio verdastre. Il letto è rappresentato dalle formazioni della Corna o del Corso, il tetto dalla Formazione di Concesio, da cui spesso non è facilmente distinguibile. (DOMERIANO – HETTANGIANO)

Come si evince dalla figura successiva, le opere in progetto sono interessate, per la maggior parte della loro estensione, da unità stratigrafiche prequaternarie attribuibili per lo più alla Maiolica, al Selcifero Lombardo alla formazione di Navone, alla formazione di Concesio e al Medolo. Soltanto una minore parte del progetto, nel settore settentrionale, è interessata dalla presenza di depositi quaternari recenti quali coltre eluvio-colluviale e detriti di conoide.



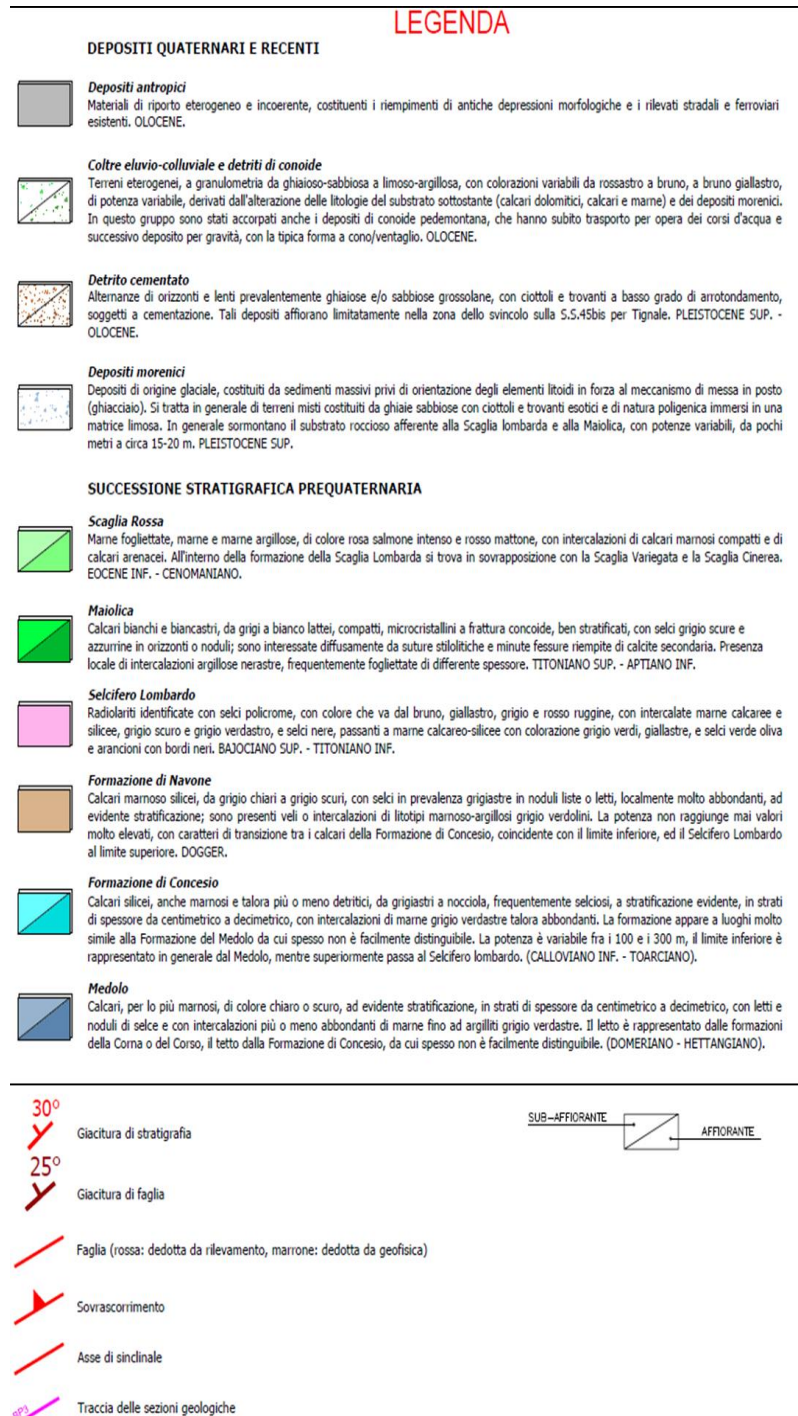


Figura 2-67 Stralcio dell'elaborato T00IA32AMBCT01A "Carta geologica e geomorfologica"

## 2.2.5 SISMICITÀ

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.



Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", rappresentò una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale ordinanza si stabilirono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/06. L'intero territorio nazionale venne suddiviso in 4 zone, sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

*Tabella 2-49 Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido*

L'area di interesse, come osservabile nella figura successiva, è ubicata in zona 2, ovvero "zona dove i forti terremoti sono possibili".

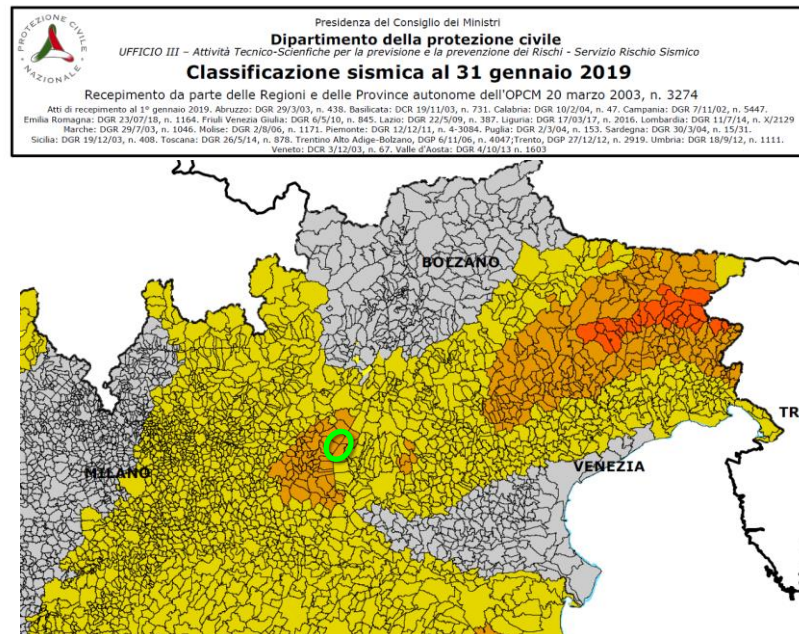


Figura 2-68 Classificazione sismica nazionale aggiornata a gennaio 2019 (Dipartimento della protezione civile<sup>10</sup>)

## 2.2.6 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Dall'esame della cartografia del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, integrata con lo Studio di Pianificazione territoriale e urbanistica del Comune di Gargnano, è stata verificata la presenza di aree a pericolosità geomorfologica nell'area interessata dall'intervento.

Di seguito l'immagine relativa agli elementi del PAI ricadenti nell'area di studio in cui si inserisce l'opera in progetto.

<sup>10</sup> <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/classificazione-sismica>

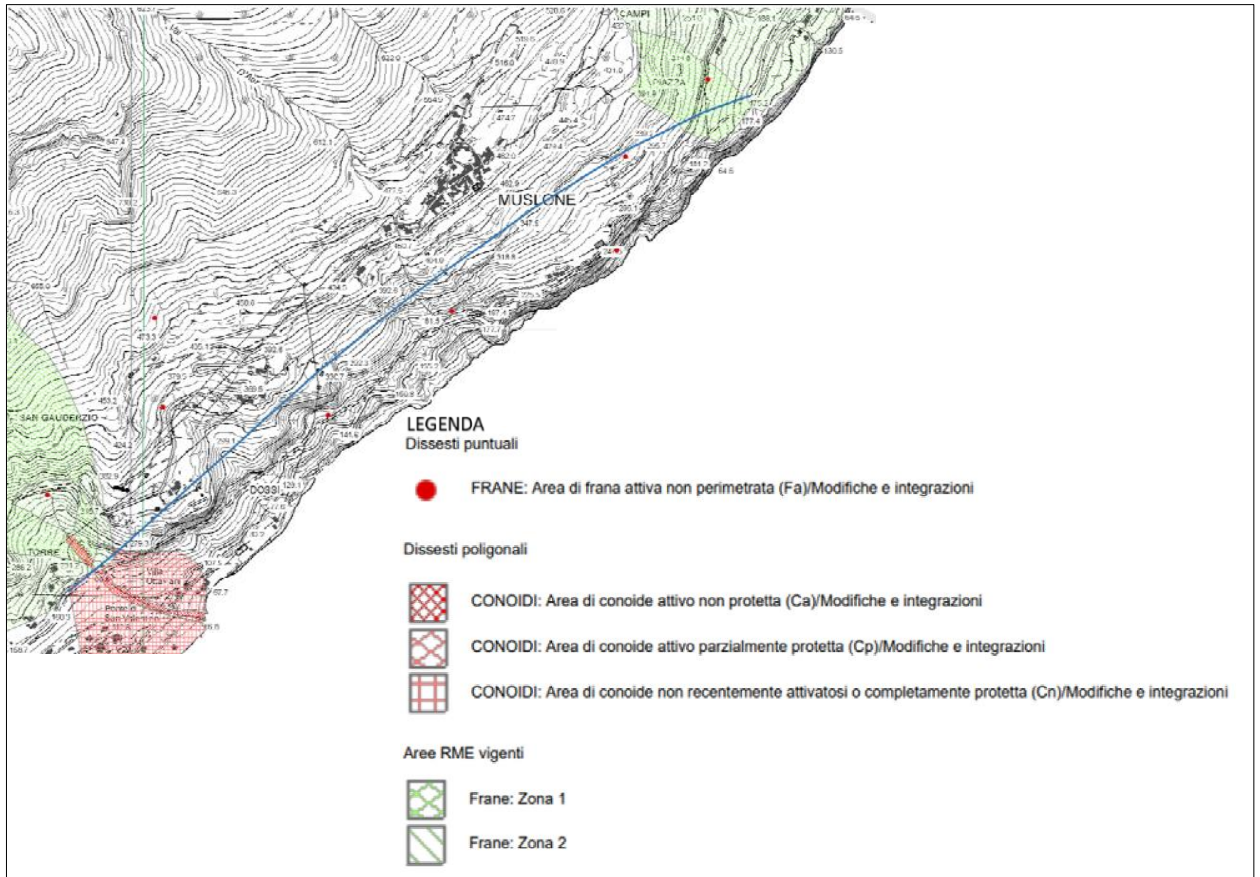


Figura 2-69 Stralcio della Cartografia PAI riferita all'area di studio

In particolare, il tracciato in progetto interessa le seguenti aree:

- Dissesti puntuali di tipo attivo, non perimetrati, dislocati principalmente nell'area centrale del progetto;
- Dissesti poligonali, rappresentati da aree di conoide attive non protette (Ca), attive parzialmente protette da opere di difesa o sistemazione (Cp) o non recentemente attivatosi o completamente protette (Cn), che interessano il tracciato in corrispondenza dell'imbocco sud della galleria in progetto;
- Aree RME vigenti, vale a dire aree a rischio idrogeologico molto elevato, individuate sulla base della valutazione dei fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, della relativa pericolosità e del danno atteso. Esse sono perimetrare secondo i seguenti criteri di zonizzazione:
  - Zona 1: area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso;
  - Zona 2: area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti.



Tali aree interessano il tracciato in corrispondenza dell'imbocco nord della galleria in progetto e, limitatamente, nella porzione a monte dell'imbocco sud.

### 2.2.7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le unità idrogeologiche presenti nel territorio esaminato sono evidenziate dalla Carta idrogeologica alla scala 1:10.000 (Tav.03- est, Figura 2-70), dove sono inoltre riportate le opere di captazione presenti sul territorio (pozzi e sorgenti ad uso idropotabile).

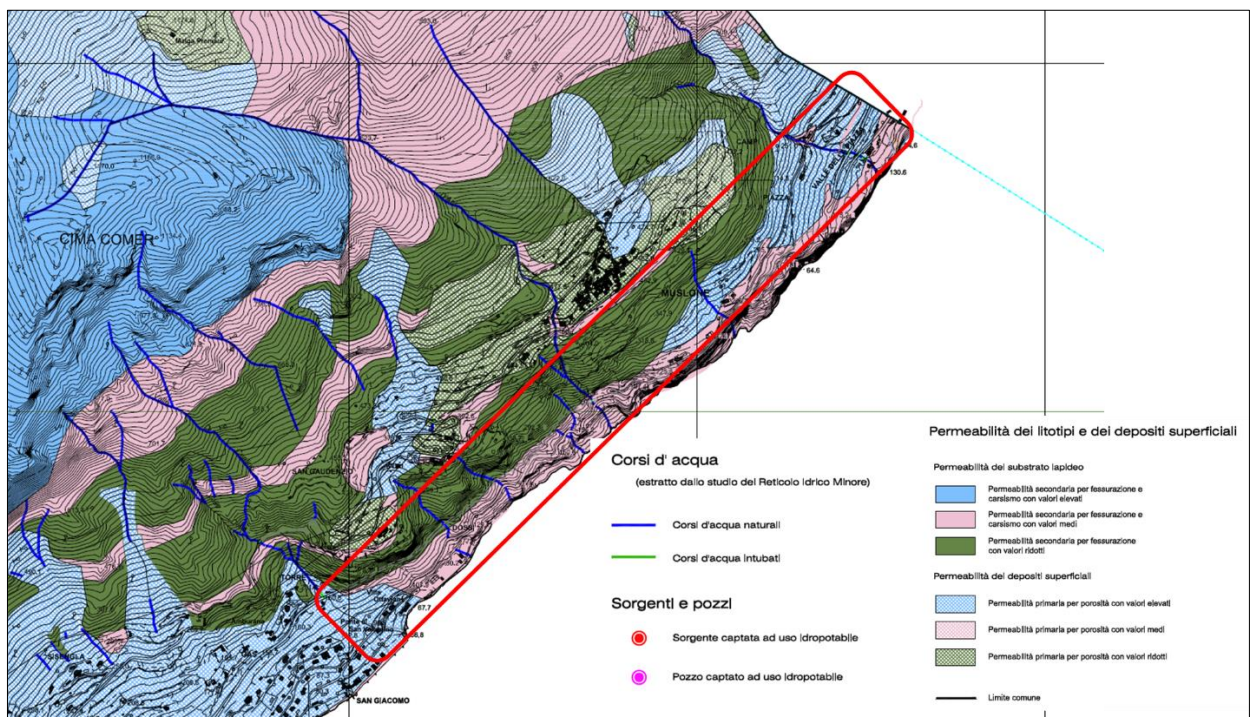


Figura 2-70 Stralcio della carta idrogeologica, tavola 3 Est, a scala 1:10.000 del territorio comunale di Gargnano (fonte: studio geologico per il piano di governo del territorio). In rosso è evidenziato l'areale di studio

Nella parte mediana, in corrispondenza del filone del M.te Comero, la circolazione idrica sotterranea avviene entro rocce fratturate e carsificate che fanno parte principalmente della F.ne della Corna (in minor misura f.ne di Concesio, Medolo e Maiolica). Il suddetto acquifero è limitato inferiormente dalla formazione impermeabile della Scaglia Lombarda. L'alimentazione idrica di questo settore è legata al serbatoio carsico della Corna ed al serbatoio dolomitico posto a monte che probabilmente alimenta in profondità anche la porzione sud orientale del territorio.

In corrispondenza delle conoidi e della fascia prossima alla costa è presente un acquifero collegato al corpo lacuale; il lago interferisce quindi con queste falde provenienti da monte nelle zone vicine alla spiaggia.

Nella fascia dell'immediato entroterra, si presume che all'interno dei depositi morenici, limitati alla base dal

substrato roccioso o da livelli limosi a bassa permeabilità, siano presenti altri acquiferi (piccole falde so-spese). In questo caso, poiché i serbatoi sono piuttosto limitati, gli acquiferi, in maggioranza discontinui, hanno generalmente rese piuttosto basse.

Limitatamente al sondaggio S5 (cfr. Figura 2-71), è stata riscontrata la presenza di falda contenuta all'interno della formazione del Medolo, posta ad una quota assoluta di circa 160 m s.l.m. Seppur non è stata riscontrata la presenza di una falda principale, si ritiene plausibile la presenza di modeste falde sospese in corrispondenza di contrasti di permeabilità fra le diverse litologie presenti.

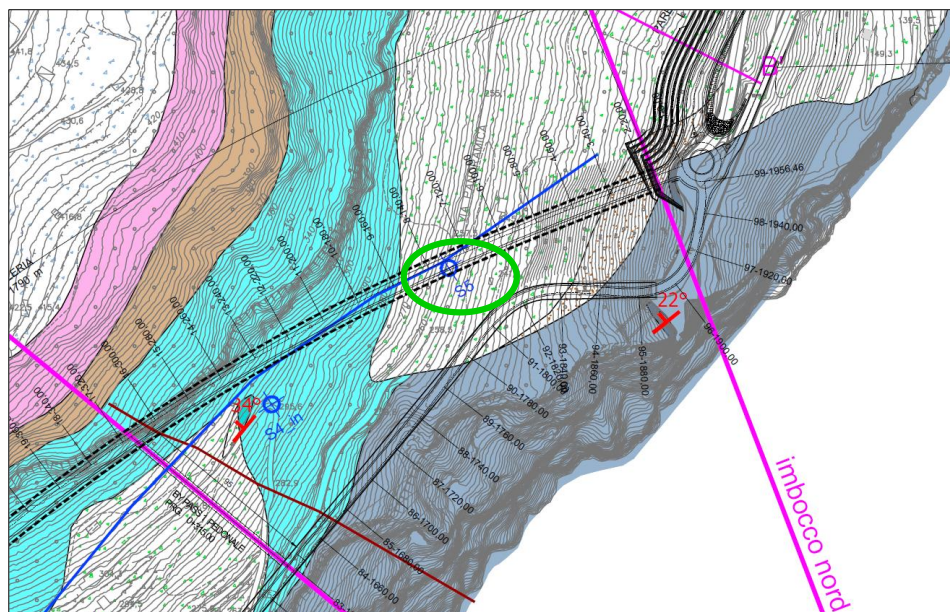


Figura 2-71 Localizzazione punto sondaggio S5 (stralcio tavola Carta geologica – T00GE00GEOCG01A)

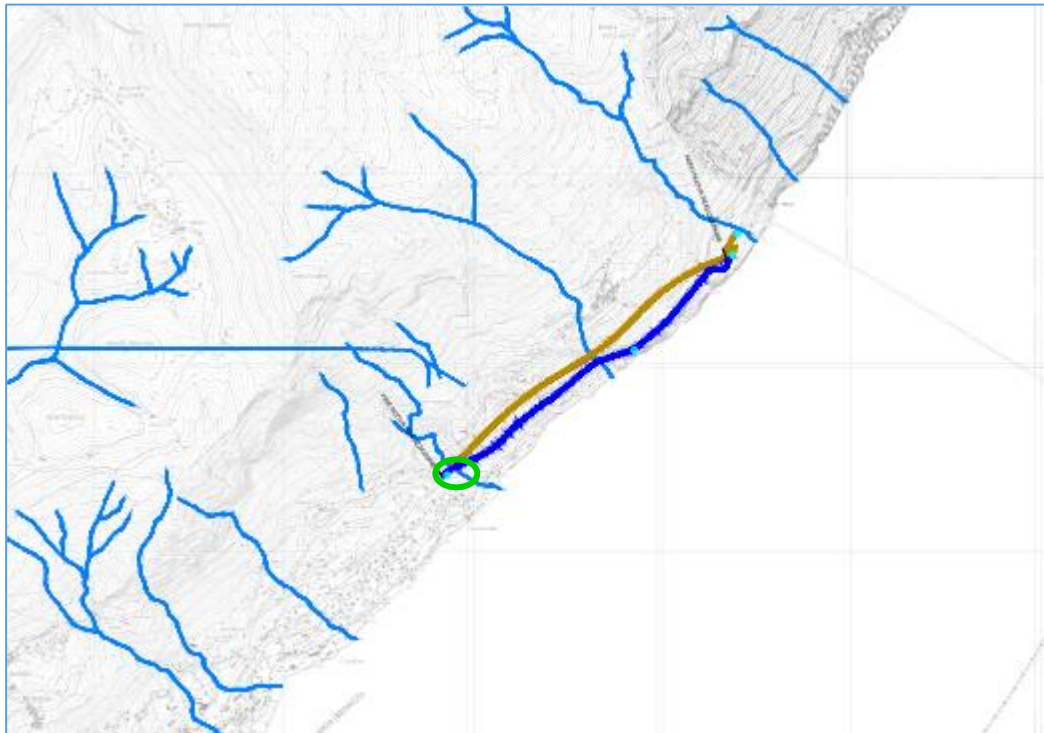
## 2.2.8 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il territorio comunale di Gargnano è limitato a nord dall'asta del torrente Droanello e dalla dorsale Monte Pinel (m.1068 s.l.m.) Corna Rossa (m. 1229 s.l.m.) Monte Vesta (m. 1397 s.l.m.), a est dal Monte Rocchetta (m. 912 s.l.m.) dalle pendici orientali del Monte Denervo (m.1463 s.l.m.), a ovest dalla dorsale che collega il Monte Alberelli (m.1648 s.l.m.) al Monte Pracalvis (m.1161 s.l.m.) e Monte Zingla (m.1440 s.l.m.) e il Dosso dei Tre Termini (m.11102 s.l.m.), il confine comunale chiude a sud con l'asta del Fiume Toscolano, Cima Mezzane (m. 514 s.l.m.) e il Rio Le Fa nel settore occidentale e con le acque del Lago di Garda nel settore orientale.

Dal punto di vista dell'idrografia superficiale l'intero sistema di drenaggio è parte integrante del bacino idrografico Sarca-Garda, in cui vengono raggruppate sia la superficie lacuale vera e propria che tutto il territorio le cui acque confluiscono nel lago.

L'allineamento dei rilievi afferenti al Monte Denervo, Cima Comero, Monte Percasil, Beole, Pler ed Avertis, costituisce una linea di displuvio che con andamento NE-SW suddivide il territorio del comune di Gargnano

in due bacini principali: il bacino del Lago di Garda ed est e il bacino del Torrente Toscolano ad ovest. Quello relativo alla fascia costiera è suddiviso a sua volta da una serie di piccoli bacini imbriferi sottesi da linee di deflusso che sboccano direttamente nel Garda (Figura 2-72).



*Figura 2-72 Reticolo idrografico (in verde il sottoattraversamento del Fosso Valle della Torre)*

Come indicato nell'immagine precedente, si segnala in particolare il Fosso Valle della Torre, che attualmente sottoattraversa la viabilità esistente al km 86+705 circa mediante un ponticello ad arco avente larghezza di base 10.0 m ed altezza circa 6 m (in mezzeria).

Attualmente, a monte del ponticello esistente, il fosso risulta tombato per un tratto di circa 17m mediante n. 2 tombini in cls DN 1000 mm, posti uno sopra l'altro (cfr. Figura 2-73).





*Figura 2-73 Imbocco tombamento esistente del Fosso Valle della Torre*

#### 2.2.9 PERICOLOSITÀ E RISCHIO ALLUVIONI

L'area in esame è disciplinata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po mediante il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) approvato con DCI n.2/2016 del 3 marzo 2016 e con DPCM del 27/10/2016.

Il PGRA è stato elaborato sulla base della diagnosi di criticità derivante dalle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (che sono state a suo tempo elaborate, approvate e pubblicate in coerenza con quanto previsto dall'art. 6 del medesimo D. lgs. n. 49/2010 e che costituiscono specifici elaborati di Piano).

La suddetta mappatura è stata redatta utilizzando tutte le conoscenze e gli studi idraulici disponibili presso l'Autorità di Bacino, le Regioni del Distretto idrografico padano ed i Comuni che al momento di avvio dell'attività di mappatura (dicembre 2010) avevano già proceduto alla predisposizione degli Studi idrologici e idraulici per l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai previgenti strumenti della pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico (in particolare, si tratta del Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po - PAI - e del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Delta del fiume Po - PAI Delta).

Detta mappatura, in particolare, ha tenuto conto di una ricognizione di dettaglio realizzata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) con la predisposizione di un modello digitale del terreno e delle sue quote di elevata precisione che ha consentito di definire con maggior sicurezza i limiti delle aree allagabili per i diversi tempi di ritorno, nonché delle mappe degli allagamenti conseguenti a recenti eventi alluvionali.

Nelle mappe di pericolosità è raffigurata l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari di probabilità di accadimento dell'evento alluvionale, come indicato nella tabella seguente.



Scenario		Tempo di ritorno	Pericolosità
<b>H</b>	Elevata probabilità di alluvioni	20- 50 anni (frequente)	P3 Elevata
<b>M</b>	Media probabilità di alluvioni	100- 200 anni (poco frequente)	P2 Media
<b>L</b>	Scarsa probabilità di alluvioni o eventi estremi	500 anni o massimo storico registrato (raro)	P1 Bassa

Nell'ambito del presente studio, dalla sovrapposizione tra il progetto in esame e le mappe prodotte nell'ambito del PGRA precedentemente descritto si è rilevata la presenza, in corrispondenza dell'attuale attraversamento sotto la SS 45 bis del fosso Valle della Torre (cfr. par. 2.2.8) di aree a diverso livello di pericolosità idraulica e rischio idraulico. Si riporta di seguito la mappa della pericolosità.



Figura 2-74 Pericolosità alluvioni (fonte Geoportale Regione Lombardia – ambito PGRA AdB Po)

Per completezza si riporta uno stralcio della mappa del rischio alluvioni, che segnala la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente grado di rischio, distinto in 4 classi rappresentate mediante colori: giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

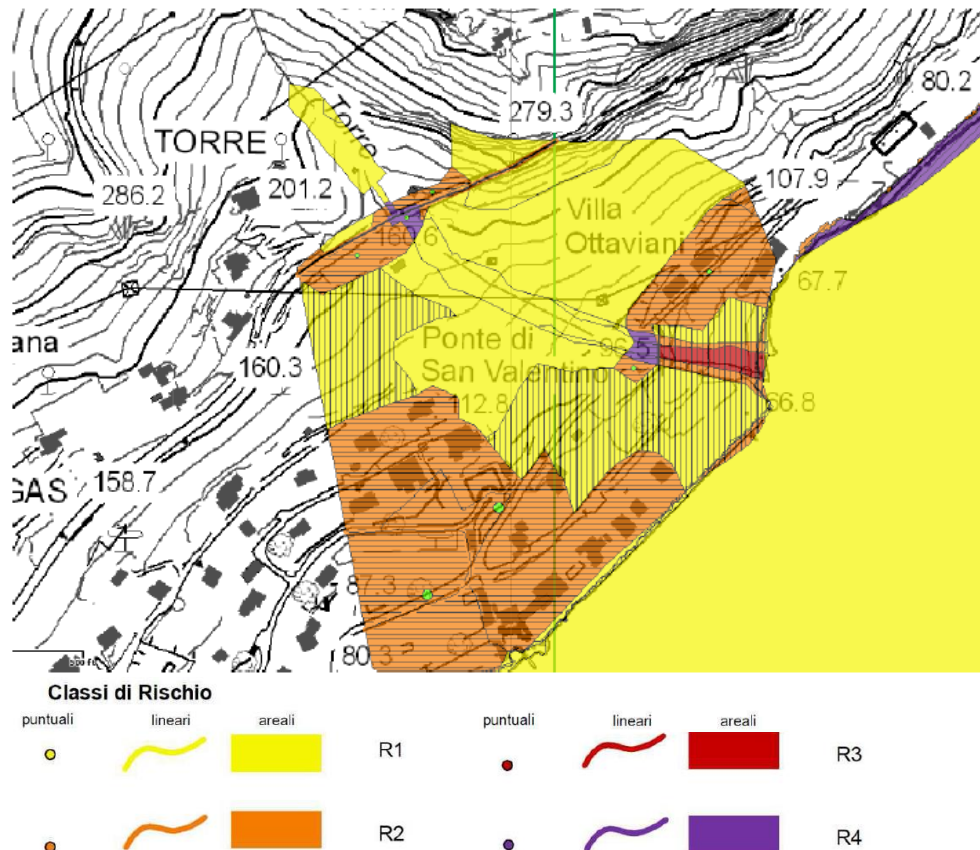


Figura 2-75 Rischio alluvioni (fonte Geoportale Regione Lombardia – ambito PGRA AdB Po)

## 2.2.10 QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI

In Lombardia ad oggi si contano 679 corpi idrici fluviali e 54 lacustri/invasi, considerando sia quelli naturali che quelli di origine artificiale.

Ognuno di questi corpi idrici deve raggiungere uno stato ecologico e uno stato chimico “buoni” e per questo è necessario che vengano controllati periodicamente attraverso l’analisi dei parametri chimico-fisici di base, la presenza di eventuali inquinanti chimici e gli elementi di qualità biologica che riguardano le forme di vita presenti al loro interno, oltre alla portata che non deve scendere sotto i livelli stabiliti.

Per le acque superficiali (corsi d’acqua e laghi/invasi), sulla base di quanto previsto dalla normativa di settore (D.Lgs. 152/2006 e relativi Decreti Attuativi) al fine del calcolo dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico, vengono monitorati, secondo le frequenze di legge:

- Una serie di parametri chimico-fisici, tra cui i cosiddetti “parametri di base” (pH, solidi sospesi, temperatura, trasparenza, conducibilità, durezza, azoto ammoniacale, azoto nitrico, ossigeno disciolto, BOD5, COD, azoto totale, orto fosfato, cloruri, solfati, fosforo totale, Escherichia Coli); parte di questi concorrono alla determinazione degli indici LIMeco (per i corsi d’acqua) e LTLecco (per i laghi).
- Una serie di altri inquinanti chimici costituiti in prevalenza da metalli, pesticidi, solventi e IPA, che concorrono al calcolo dello Stato Chimico e in parte nell’indicatore Elementi chimici a sostegno.

- Gli elementi di qualità biologica che riguardano: Macroinvertebrati, Macrofite, Diatomee, Fitoplankton e Fauna ittica.

Con DGR n. 6990 del 31 luglio 2017 è stato approvato il PTUA 2016 (Programma di Tutela e Uso delle Acque) che costituisce la revisione del precedente PTUA 2006 approvato con Deliberazione n. 2244 del 29 marzo 2006.

All'interno del PTUA 2016 è possibile consultare lo stato ecologico e chimico delle acque superficiali. Come osservabile nella Figura 2-76, lo stato ecologico in prossimità degli interventi in esame presenta una classificazione sufficiente sia per il corpo lacustre (lago di Garda) sia per i numerosi corsi d'acqua che si riversano in esso.

Lo stato chimico (Figura 2-77), è caratterizzato da valori per lo più buoni per i corsi d'acqua che si riversano nel corpo lacustre. Il lago di Garda, invece, per la maggior parte della sua estensione presenta uno stato chimico non buono.

Nello specifico il PTUA 2016<sup>11</sup> riporta, nell'area limitrofe l'intervento, tre stazioni di monitoraggio: una di tipo lacustre e due per corpi idrici superficiali:

Codice Stazione	Tipo Monitoraggio
<b>N008056007481lo1</b>	Sorveglianza
<b>N008056007392lo1</b>	Sorveglianza
<b>POMI2LN1ir1 (lacustre)</b>	Sorveglianza

*Tabella 2-50 stazioni di monitoraggio nei pressi dell'area d'intervento*

I corpi idrici in prossimità dell'area di studio sono rappresentati dal torrente "Valle della Gera", "Toscolano", "S. Michele" e dal bacino occidentale del lago di Garda. Di seguito si riportano i dati dei suddetti corpi idrici in relazione allo stato qualitativo delle acque:

Codice	Nome	Stato Ecologico	Confidenza	Stato Chimico	Confidenza	Obiettivo Ecologico	Obiettivo Chimico	Stazione
IT02N008056007392LO	Toscolano (torrente)	Sufficiente	Media	Non Buono	Bassa	Buono al 2021	Buono al 2021	N008056007392lo1
IT03N008056007531LO	Valle della Gera (Torrente)	Sufficiente	Media	Buono	Media	Buono al 2021	Mantenimento dello stato buono	
IT03N008056007481LO	S. Michele	Sufficiente	Alta	Buono	Media	Buono al 2021	Mantenimento dello stato buono	N008056007481lo1
ITRPMI2LN1IR_1	Garda (lago) – bacino occidentale	Sufficiente	Media	Non Buono	Bassa	Buono al 2021	Buono al 2021	POMI2LN1ir1

<sup>11</sup> e riportato anche nel Piano di Gestione per il Distretto idrografico del fiume Po (PdGPo 2015), approvato con DPCM del 27/10/2016



Tabella 2-51 Classificazione e obiettivi dei corpi idrici superficiali e lacustri del Piano di Gestione 2015 (PdG) / PTUA 2016

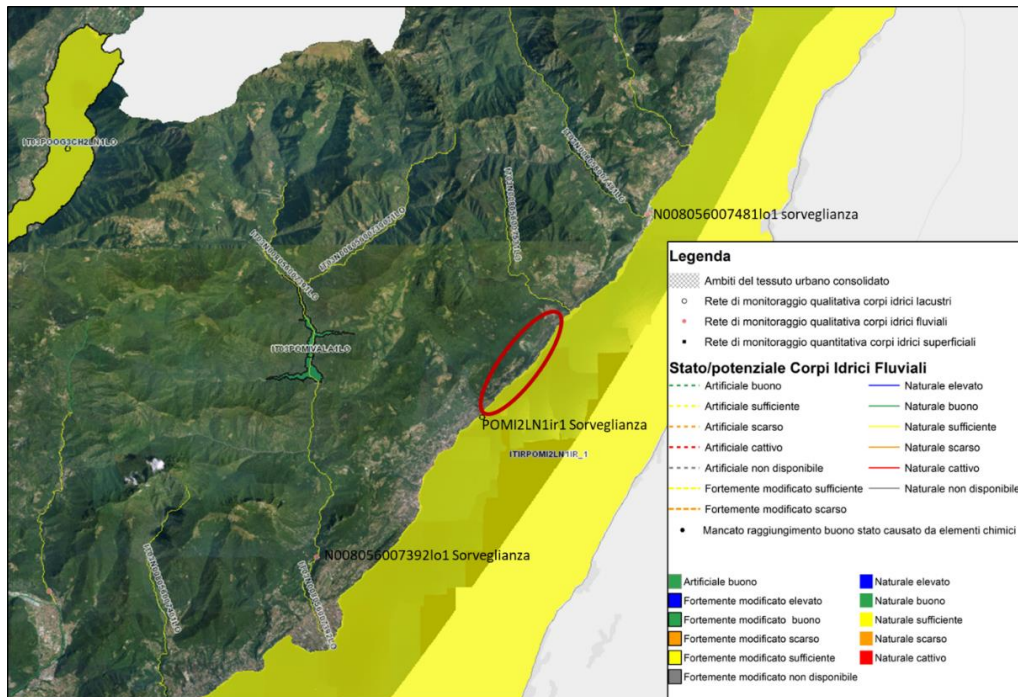


Figura 2-76 Stralcio della tavola N. 3 "Corpi idrici superficiali – Stato ecologico e rete di monitoraggio 2009 – 2014" (PTUA 2016). In rosso l'areale di localizzazione dell'intervento. La figura riporta la sigla dei corpi idrici e la sigla delle rispettive stazioni

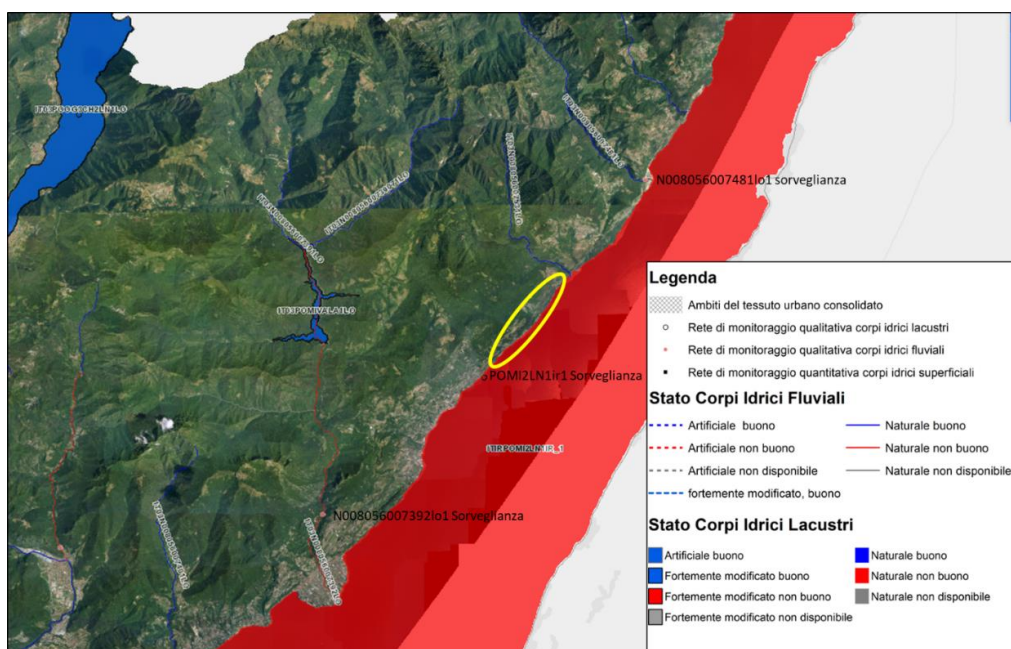


Figura 2-77 Stralcio della tavola N. 4 "Corpi idrici superficiali – Stato chimico e rete di monitoraggio 2009 – 2014" (PTUA 2016). In giallo l'areale di localizzazione dell'intervento

Sulla carta della precedente documentazione emerge che il corpo idrico "Valle della Gera (torrente)" non ha associata alcuna stazione di monitoraggio. Secondo quanto riportato dal PTUA 2016 i corpi idrici fluviali sottoposti a monitoraggio, a livello regionale, equivalgono a circa il 50 % dei totali. I restanti corpi idrici fluviali sono stati classificati attribuendo la classificazione di altri corpi idrici monitorati sulla base della loro rappresentatività.

#### 2.2.11 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In Lombardia sono presenti 27 corpi idrici sotterranei di diversa profondità e 21 falde acquifere locali, tenuti sotto controllo dalla rete di monitoraggio di ARPA Lombardia che consiste in 421 punti di monitoraggio di carattere quantitativo e 500 punti di monitoraggio di carattere qualitativo.

Alle acque sotterranee di pianura e fondovalle si aggiungono inoltre le sorgenti tipiche della fascia alpina e prealpina, la cui valutazione è indispensabile per valutare la disponibilità di acqua nelle zone montane.

Lo S.C. è l'indicatore che esprime lo Stato chimico di un corpo idrico sulla base dei superamenti degli standard di qualità per le sostanze ricercate in ogni punto di monitoraggio appartenente al corpo idrico. Lo scopo è quello di descrivere mediante un indicatore sintetico la qualità delle acque sotterranee sulla base dei dati ottenuti da analisi chimico-fisiche e chimiche.

All'interno del PTUA 2016 è possibile consultare lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei, che nella maggior parte dei casi, per l'intera regione Lombardia presenta valori scarsi (Figura 2-78).

Si evidenzia che nell'area del lago di Garda, ovvero l'areale di localizzazione del nostro intervento, siano assenti idro-strutture profonde.

Pertanto, nell'area di localizzazione dell'intervento, non sono presenti informazioni circa la qualità delle acque sotterranee.

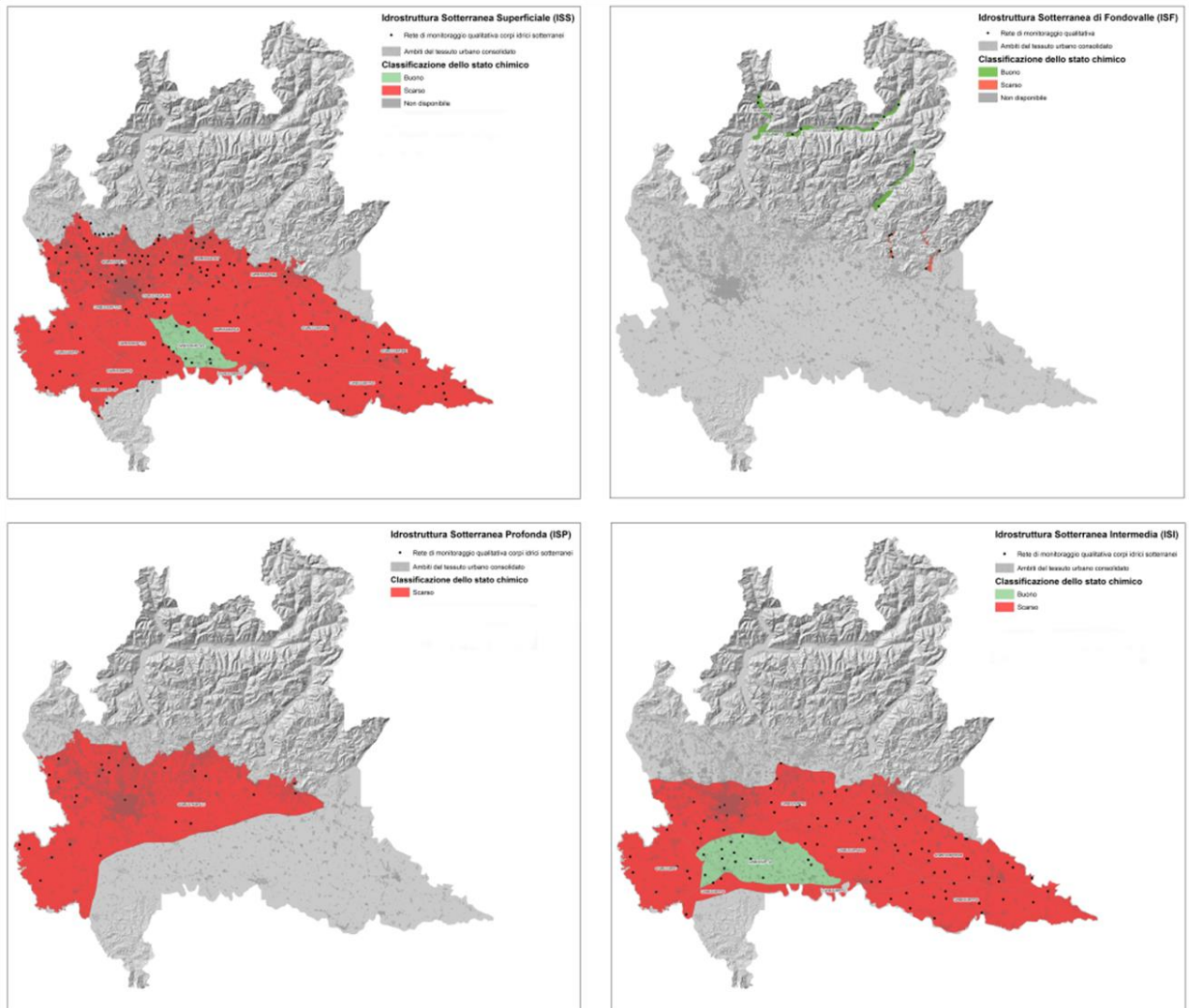


Figura 2-78 Stato chimico dei corpi idrici sotterranei (PTUA 2016)

## 2.2.12 VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

La vulnerabilità di un acquifero è legata essenzialmente alla possibilità di penetrazione e propagazione di un eventuale inquinante nell'acquifero stesso, ovvero rappresenta l'attitudine di un deposito a farsi attraversare da eventuale inquinante. La vulnerabilità dipende da diversi fattori, fra cui i principali risultano essere lo spessore del non saturo e la litologia che lo caratterizza.

La carta della vulnerabilità dell'acquifero fornisce la distribuzione delle zone a differente vulnerabilità idrogeologica che è legata solamente alle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo.

La vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è invece definita attraverso l'integrazione della vulnerabilità idrogeologica e della capacità protettiva dei suoli.

Il PTUA 2006 fornisce una carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi della pianura lombarda. Come si evince dalla carta (Figura 2-79) l'area di studio, come tutta la zona montana, è esclusa dalla classificazione



in quanto sono state considerate le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e da prodotti fitosanitari. Entrando nel dettaglio, il PTUA 2006 riporta la seguente definizione di aree vulnerabili in Lombardia:  
*“In linea con quanto stabilito dal D. Lgs 152/99 (prima individuazione), per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi è stato seguito un approccio di tipo idrogeologico - pedologico, integrato dalla conoscenza della distribuzione della pressione esercitata sul territorio dai carichi di origine agricolo - zootecnica e civile. Tale analisi, in accordo con quanto previsto dalla Metodologia di applicazione del Piano di Tutela delle Acque (IRER, 2002), permetterà di stimare l'impatto delle attività agro-zootecniche sulla qualità delle acque, differenziando sul territorio "zone" caratterizzate da diversa criticità ambientale.....”*

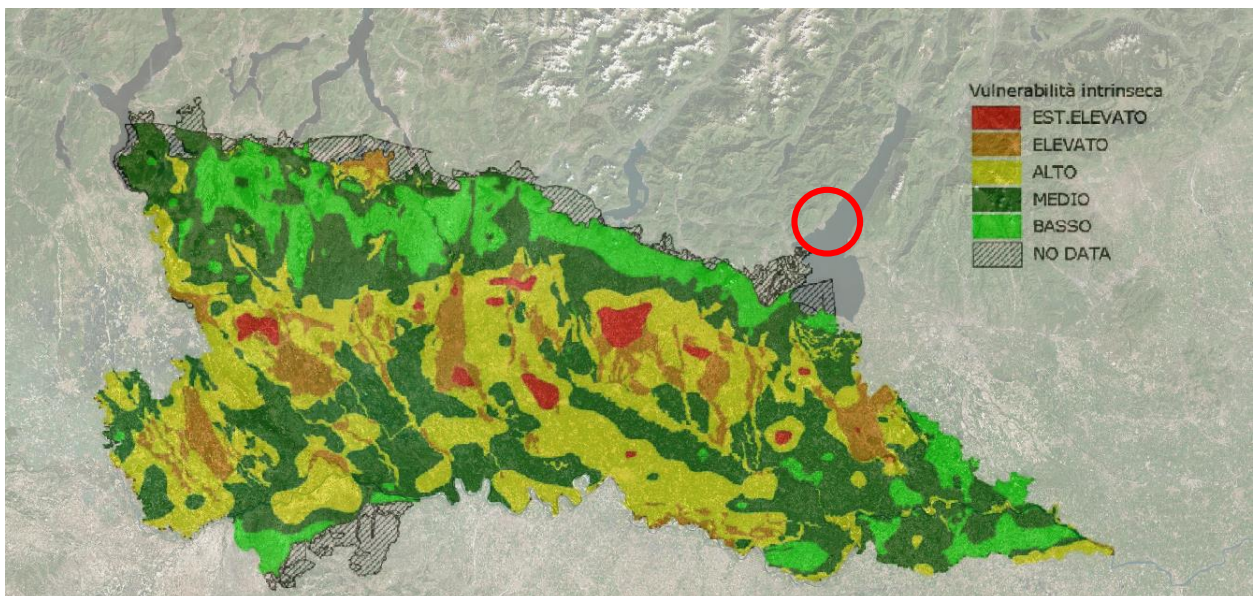
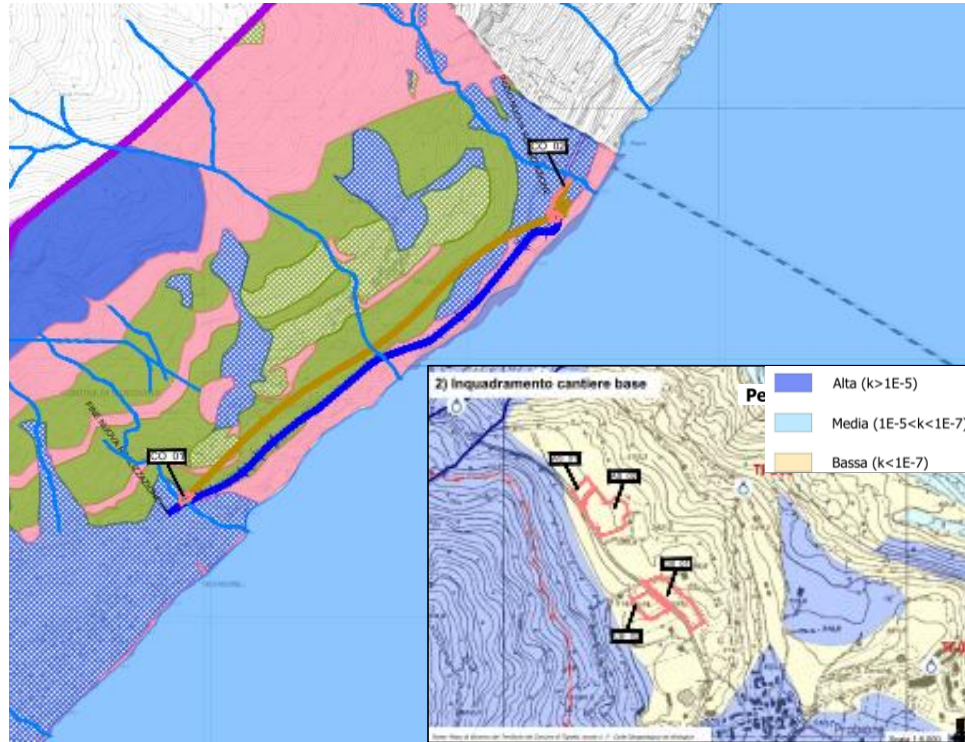


Figura 2-79 Carta della vulnerabilità intrinseca (PTUA 2006 – Allegato 10). In rosso l'areale di localizzazione dell'intervento in progetto.




Come precedentemente detto, la vulnerabilità di un acquifero idrogeologica è legata solamente alle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, come la permeabilità. In merito a questa osservazione va ricordato, così come indicato nella figura seguente, che il tracciato in progetto interessa un'area caratterizzata dalla presenza di rocce carbonatiche, caratterizzate da una permeabilità secondaria per fessurazione o carsismo che varia da bassa ad elevata.








**Permeabilità dei litotipi e dei depositi superficiali**

*Permeabilità del substrato lapideo*

- |  |   |
|--|---|
|  Permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo con valori elevati |  Permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo con valori medi |
|  Permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo con valori ridotti |   |

*Permeabilità dei depositi superficiali*

- |   |  |
|---|--|
|  Permeabilità primaria per porosità con valori elevati |  Permeabilità primaria per porosità |
|  Permeabilità primaria per porosità con valori ridotti |  |

**Reticolo idrografico**

- |   |   |
|---|---|
|  Rete fluviale |  Laghi |
|---|---|

Figura 2-80 Permeabilità (stralcio Carte della vulnerabilità degli acquiferi T00IA32AMBCT04A)

## 2.3 TERRITORIO E SUOLO

### 2.3.1 INQUADRAMENTO TEMATICO

L'analisi del territorio sia a scala vasta che a scala locale, con particolare riferimento all'area interessata dall'intervento in progetto, è stata effettuata mediante l'utilizzo dell'uso del suolo desunto dalla cartografia prodotta nell'ambito della Pianificazione esistente (Piano Territoriale Regionale della Lombardia, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Brescia, Piano di Governo del Territorio del Comune di Gargnano, Piano di Governo del Territorio del Comune di Tignale) e dalle informazioni disponibili sul geoportale della Provincia di Brescia e su quello della Regione Lombardia.

In riferimento al sistema culturale e all'identificazione delle aree agricole sono stati considerati principalmente: la struttura e la produzione delle aziende agricole, analizzando i dati di superficie agricola totale e utilizzata; il numero delle aziende agricole; gli allevamenti; i prodotti e i processi produttivi agroalimentari di qualità, con riferimento ai prodotti DOP, IGP e IGT. I suddetti dati sono stati desunti da quanto rilevato per il 6° Censimento dell'agricoltura del 2010, dai dati e dalla cartografia presenti nel Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Gargnano, dal geoportale della Regione Lombardia e dalla sitografia esistente in merito ai prodotti tipici della zona di indagine.

Nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della provincia di Brescia il territorio è stato suddiviso in 25 unità di paesaggio (UdP) e l'area in esame ricade nell'unità 15 "Alto Garda Bresciano" e nell'unità 16 "Fascia rivierasca e colline moreniche del Garda", in particolare in quest'ultima è presente il progetto in esame.

Nella relazione illustrativa del PTCP si riporta la descrizione delle due unità di paesaggio suddette:

UdP 15 "Alto Garda Bresciano": Il territorio ricade nei confini del Parco dell'Alto Garda Bresciano ed è caratterizzato da un elevato grado di naturalità, con affioramenti rocciosi scarsamente vegetati in quota che cedono il passo alle coperture boscate lungo i pendii, generalmente non molto acclivi, che degradano a cascata verso il Lago. La presenza antropica si concentra in nuclei insediativi dal carattere storico che presentano espansioni contenute e impianto ben strutturato. La valle di Valvestino è caratterizzata da pendici boscate che si alternano a prati e pascoli, dove è percepibile la presenza antropica.

UdP 16 "Fascia rivierasca e colline moreniche del Garda": Questa UdP comprende una serie molto variabile di paesaggi che si caratterizzano però tutti per la presenza del Benaco. Si passa dalle scogliere a picco sul lago di Limone sul Garda a nord, ai versanti terrazzati e coltivati a olivo che caratterizzano la sponda gardesana fino a Salò, dove comincia la fascia delle colline moreniche, che fanno da corona alla parte bassa del lago. La fascia delle colline moreniche è caratterizzata dal paesaggio agrario con una forte presenza di elementi naturali; qui all'olivo si affianca la coltivazione della vite. Da Toscolano Maderno in poi il fronte lago si presenta, salvo piccolissime interruzioni, completamente insediato. Nella zona di Manerba e di Desenzano si assiste poi a una diffusa e caotica urbanizzazione che sta minando l'integrità paesaggistica dell'area. In questo contesto emerge la penisola di Sirmione, che si protende nel lago dando vita a un paesaggio unico e caratterizzante.

Nell'ambito della UdP 16 si distinguono diverse zone per il lago di Garda e l'area in esame rientra nel

paesaggio del Medio Garda, questo si caratterizza per una degradazione meno ripida del versante montuoso che scende al lago dolcemente lasciando maggiore spazio all'azione antropica; questo paesaggio è infatti caratterizzato dalla presenza di coltivazioni tradizionali soprattutto dell'olivo.

### 2.3.2 INQUADRAMENTI TERRITORIALI

L'area in esame ricade principalmente nel territorio del comune di Gargnano che ha una superficie di circa 78 kmq e si compone di diverse frazioni, quelle più limitrofe al progetto in esame sono san Giacomo e Muslione. Il territorio è scarsamente popolato, infatti sono presenti numerosi rilievi, e conserva aspetti molto naturali, per questo il suo vasto entroterra è al centro del Parco Regionale dell'Alto Garda Bresciano.

Una parte dell'ambito in esame, esterna al progetto ma interessata da alcuni cantieri, ricade nel territorio comunale di Tignale, anch'esso costituito da numerose frazioni che si sviluppano su un altopiano formatosi dalla conseguente erosione da parte del ghiacciaio che formò il Lago di Garda. Il territorio di Tignale ha una estensione di circa 48 kmq ed è quasi completamente montano, ad esclusione del pianoro raggiunto dalla gardesana dove sono ubicate le frazioni di Piovere, Oldesio, Gardola, Aer, Olzano e Prabione. A queste bisogna aggiungere l'abitato di Bornico. La parte montana, verso la Valvestino e Tremosine, non è abitata se si esclude qualche casa isolata.

### 2.3.3 USO DEL SUOLO

Il territorio del Comune di Gargnano, un tempo grande centro agricolo e peschereccio, e oggi importante località turistica, circondato da uliveti e pascoli nella zona montuosa, è per tre quarti a bosco. Oltre alle vaste superfici boscate, gli oliveti occupano una buona porzione di territorio, soprattutto nei contesti collinari terrazzati.

Infatti, oltre al turismo, un'altra fonte di reddito deriva dalla pratica di attività agricole, la maggior parte delle quali a conduzione familiare, tra di esse predomina la produzione di olio extravergine di oliva di qualità pregiata. Il commercio si sviluppa prevalentemente al dettaglio, in esercizi di vicinato, inferiori ai 150 mq di superficie, e alcune medie strutture di vendita.

Anche per quanto riguarda il territorio del Comune di Tignale la coltura predominante è l'olivo; tra le zone naturali vi sono, nella zona più bassa lecci, mentre risalendo si sviluppa il bosco ceduo, composto soprattutto da carpino nero *Ostrya carpinifolia*.

Nell'ambito dell'analisi della componente in esame è stata redatta, in scala 1:10000, la "Carta dell'uso del suolo". Essa è stata elaborata sulla base delle cartografie disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia, con successivo approfondimento tramite fotointerpretazione delle immagini aerofotogrammetriche disponibili per l'area ed in riferimento alla "Carta delle forme d'uso del suolo" redatta nello Studio agronomico-forestale del territorio comunale, nell'ambito del Piano di Governo del Territorio di Gargnano.

Le categorie utilizzate sono quelle del DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e forestali) della Regione Lombardia e nell'area in esame, più ampia di quella strettamente inerente il progetto, sono state individuate le seguenti categorie:

#### MATRICE AGRICOLA

- Oliveti
- Vigneti
- Aree agroforestali
- Seminativi semplici
- Colture orticole protette
- Frutteti e frutti minori

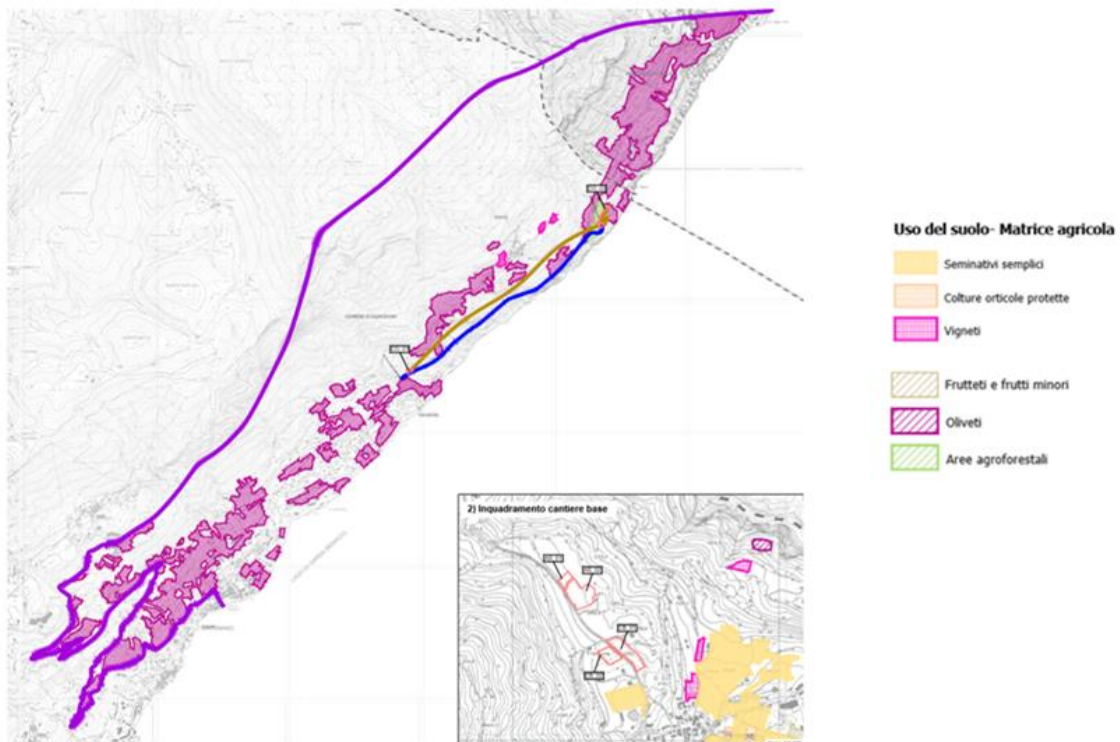


Figura 2-81 Stralcio elaborato T00IA33AMBCT01A "Carta dell'uso del suolo: Matrice agricola"

#### MATRICE NATURALE

- Boschi di latifoglie a densità media ed alta
- Boschi di latifoglie a densità bassa
- Boschi misti a densità media e alta
- Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree
- Cespuglieti in aree agricole abbandonate
- Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse
- Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
- Territori boscati ed ambienti seminaturali
- Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi

- Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
- Aree degradate non utilizzate e non vegetate
- Roccia nuda con presenza di nuclei arborei ed esemplari isolati
- Bacini idrici naturali

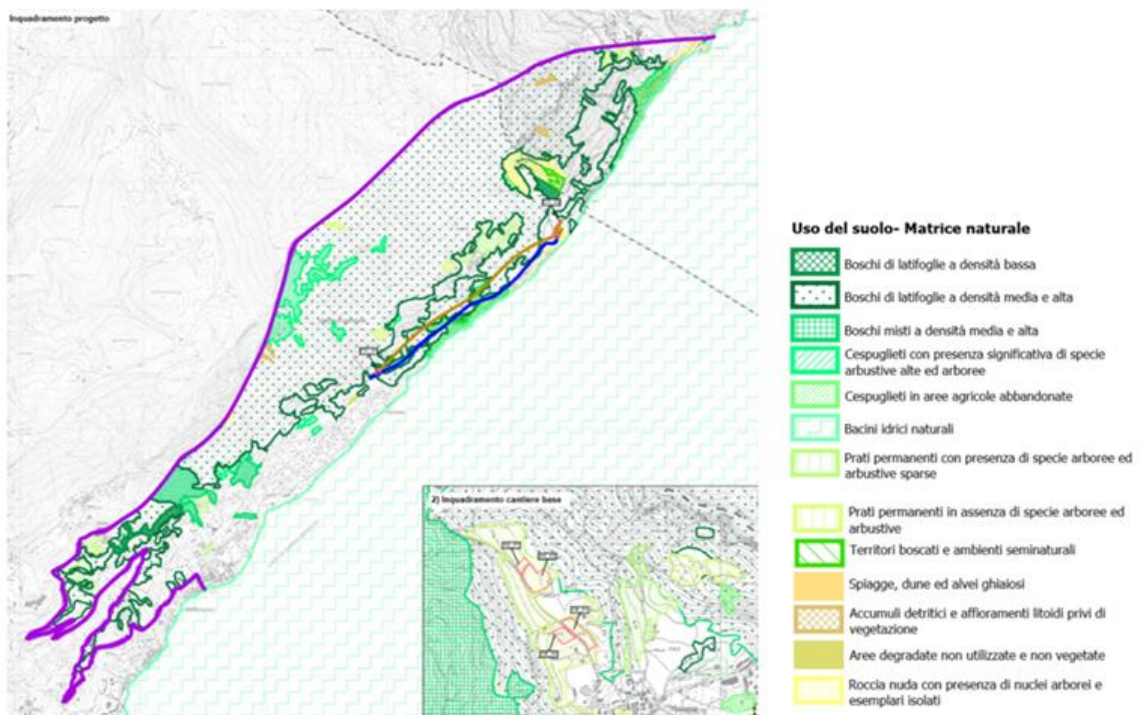


Figura 2-82 Stralcio elaborato T00IA33AMBCT02A "Carta dell'uso del suolo: Matrice naturale"

#### MATRICE ANTROPICA

- Tessuto residenziale continuo mediamente denso
- Tessuto residenziale discontinuo
- Tessuto residenziale rado e nucleiforme
- Tessuto residenziale sparso
- Insediamenti industriali, artigianali e commerciali
- Impianti sportivi
- Parchi e giardini
- Impianti di servizi pubblici e privati
- Cimiteri
- Cantieri
- Cave



- Campeggi e strutture turistiche e ricettive
- Aree portuali
- Rete stradale e spazi accessori

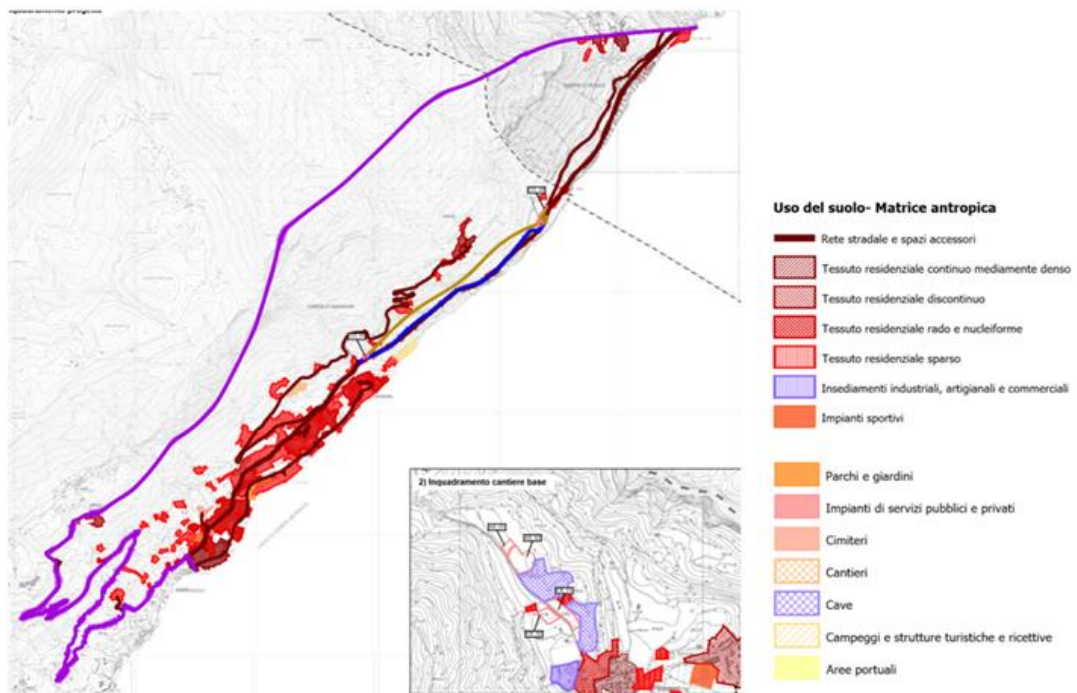


Figura 2-83 elaborato T00IA33AMBCT02A "Carta dell'uso del suolo: Matrice antropica"

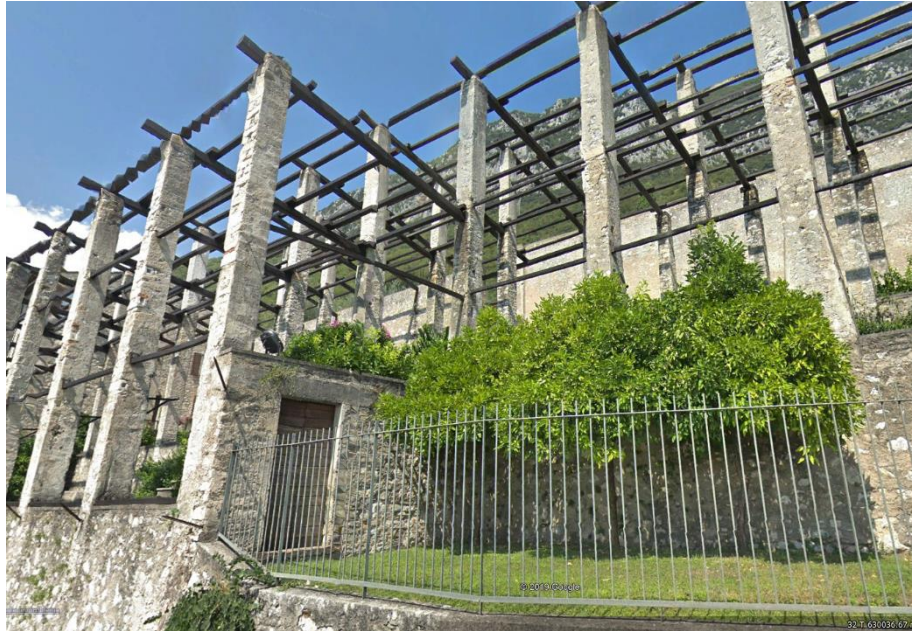
Nell'ambito in esame la superficie più estesa è interessata dai boschi di latifoglie, principalmente quelli a media ed alta densità, e secondariamente dagli oliveti.





*Figura 2-84 Paesaggio caratteristico della zona con oliveti e boschi di latifoglie*

Gli insediamenti urbani si sviluppano in prossimità della costa e si estendono quasi parallelamente ad essa. All'interno delle zone antropizzate, che generalmente sono costituite da tessuto residenziale sparso e da tessuto residenziale rado e nucleiforme, sono presenti le storiche limonaie del Lago di Garda, che erano dei pilastri addossati alla roccia. Caratteristiche sono le strutture che ospitavano questa coltivazione, delle quali attualmente poche sono ancora attive, costituite da una struttura semichiusa su tre lati, allo scopo di garantire l'esposizione delle piante a sud-est, cioè completamente verso il sole. Per il resto la limonaia è un quadrilatero di terra organizzato spesso su più piani (còle) collegati tra loro da una scaletta. All'interno di questo spazio sono disseminate le colonne, opportunamente ricoperte a seconda della stagione da lastre di vetro e legno. In passato la produzione di agrumi, soprattutto limoni, era abbondante, di alta qualità e destinata quasi esclusivamente all'esportazione nei Paesi dell'Europa centrale.



*Figura 2-85 Esempio di limonaia presente a Gargnano*

#### 2.3.4 PATRIMONIO AGROALIMENTARE

Tra i prodotti DOP della provincia di Brescia vi sono diversi formaggi: gorgonzola, Grana Padano, Nostrano Valtrompia, Provolone Valpadana, Quartirolo lombardo, Salva Cremasco e Taleggio.

In particolare, le montagne che circondano il Garda, situate prevalentemente nella regione a nord del lago, sono sede di pascoli estivi. In questi luoghi, ricchi di fiori e vegetazione, il latte acquista un sapore unico. Grazie a questi paesaggi la tradizione casearia, di antica nascita, è stata mantenuta e raffinata ed oggi si producono formaggi a varie paste, morbide o più stagionate, saporite o delicate. Tra i prodotti più noti della produzione gardesana il formaggio Tombea, prodotto a Cima Rest, montagna dell'Alta Valvestino ai confini con la provincia di Trento, da un ristretto numero di casari. Esso viene prodotto da maggio a settembre, nelle malghe dei Comuni di Magasa e Capovalle e in particolare sull'altopiano di Rest. Il Tombea ha forma cilindrica e peso tra i 7 e i 14 chili, crosta di colore giallo paglierino o marrone scuro, pasta compatta che si sgrana, occhiatura irregolare e diffusa. Il profumo è speziato e il gusto è sapido, leggermente piccante nel finale.

A Tremosine, cuore del Parco Alto Garda Bresciano, si produce la Formaggella omonima, a pasta morbida, dal sapore fragrante e dal profumo delicato delle essenze dei prati di montagna. Essa è prodotta con latte di vacca appena raccolto ottenuto negli allevamenti dell'altipiano di Tremosine. Sapientemente maturata in locali con mufte selezionate, è un prodotto squisitamente buono e dalla massima digeribilità.

Tipico della vicina Valle Sabbia e del paese di Bagolino è il formaggio Bagoss, stagionato e saporito, uno fra i prodotti più interessanti e ricercati per il suo sapore inconfondibile.

Le colline del Garda ospitano una produzione di oli extravergine d'oliva di alto livello, armonici nella loro struttura, con gusto fruttato e di bassa acidità. Dai numerosi oliveti (da sempre componente fondamentale

del paesaggio lacustre) nasce un olio che caratterizza l'enogastronomia tipica locale e che si è imposto all'attenzione della cucina internazionale. Si tratta di un prodotto di notevole qualità, seppure di produzione limitata, apprezzato dagli esperti e presente sulla buona tavola. L'aumento della domanda internazionale ha dato ulteriore impulso alla già diffusa coltivazione degli olivi, che si svolge nel pieno rispetto dell'ambiente e con norme di coltivazione rigidamente controllate. Nel territorio provinciale, infatti, vi è la produzione di due oli DOP: l'olio extravergine d'oliva Garda e l'Olio extravergine di oliva Laghi Lombardi. Quest'ultimo, in base al relativo disciplinare di produzione (GUR n.234 del 7/10/1998), ha tra le zone di produzione alcuni comuni della provincia di Brescia esterni all'area in esame.

La varietà principale con cui si ottiene l'olio extra vergine d'oliva Garda D.O.P. è la Casaliva, specie autoctona del lago di Garda. Le altre ben note cultivar sono il Leccino, il Rossanel, la Raza, il Moraiolo, il Pendolino e il Frantoio.

L'olio del Garda, di antica e conosciutissima tradizione, viene prodotto alla latitudine più a nord in assoluto del mondo, grazie al microclima del lago di Garda. Questa situazione climatica lo rende quasi sempre immune dai parassiti dell'oliva, bisognosi di temperature ben più calde per la loro riproduzione. L'olio Extra Vergine di Oliva Garda DOP è sottoposto a periodici controlli da parte di una commissione di esperti, che prelevano dei campioni nelle aziende agricole produttrici e li sottopongono ad una rigorosa analisi. La certificazione dell'olio del Garda DOP viene effettuata dal CSQA, organismo preposto dal Ministero per le Politiche Agricole.



*Figura 2-86 Esempio di oliveto presente nella zona*

In base al Disciplinare di produzione dell'olio extravergine di oliva a denominazione di origine protetta "Garda" (ultimi aggiornamenti GU n. 235 del 09/10/15 - GU n. 261 del 09/11/15 - GUUE C 131 DEL 14/04/2016), accompagnata dalla menzione geografica aggiuntiva "Bresciano", tra le zone di produzione



sono compresi i territori comunali di Gargnano e Tignale.

Nell'area del Garda Bresciano la tradizione vinicola è parte integrante della storia, della cultura e del paesaggio. I vigneti, che si estendono dal lago ai dolci colli circostanti, armonizzano e caratterizzano il territorio, creando un insieme meraviglioso. Diverse le tipologie vinicole prodotte da nord a sud, ma tutte si distinguono per unicità e qualità.

Particolarmente proficua la produzione di vini DOC e IGT: Garda Classico DOC, Riviera del Garda Bresciano o Garda Bresciano (Rosso) DOC, Riviera del Garda Bresciano o Garda Bresciano (Bianco) DOC, Garda DOC, IGT Benaco Bresciano.

Per Riviera del Garda Bresciano si intende la zona viticola della provincia di Brescia che occupa il territorio Gardesano delle colline comprese fra la riva di Salò e Desenzano ad oriente ed il corso del fiume Chiese ad occidente.

In particolare, tra i vini rossi si può citare il Groppello: è il vino rosso più tipico della zona, delicato ma speziato, con caratteristiche note fruttate, ottimo se accompagna primi piatti saporiti, la carne e formaggi di media stagionatura.

Il *Consorzio Garda Classico* che ne promuove e ne tutela la coltivazione e la produzione, ha meritato la propria definizione, concessa come noto solo ai vini di antica e consolidata tradizione, proprio grazie al costante impegno degli oltre ottanta viticoltori e vinificatori che vi appartengono. In quest'area si produce anche il Chiaretto, "il vino di una notte"; questo appellativo deriva dal personale sistema di vinificazione posto in atto (con una operazione che si svolge, appunto, nel corso di una sola notte) da ciascun produttore e che conferisce ad ogni singolo Chiaretto un colore, un profumo ed una fragranza unici.

Tra i vini bianchi si ha il pregiato Lugana, che nasce da un vitigno autoctono ed ha raggiunto una notevole popolarità e importanti riconoscimenti grazie al costante impegno di ricerca e di miglioramento da parte del *Consorzio di Tutela del Lugana*, che lo ha saputo valorizzare e promuovere come vino dotato di forte identità. Caratterizzato da un profumo delicato ed armonico, si distingue per un inconfondibile gusto secco, asciutto e vivace.

Gli agrumi vennero introdotti sul Garda dalla Riviera Ligure ed i primi coltivatori furono, già nel secolo XIII, i frati del convento francescano di Gargnano. Il clima mite e temperato del lago si rivelò ideale per la produzione delle piante e la loro coltivazione si diffuse presto lungo tutta la Riviera Occidentale, da Limone a Salò. Le limonaie testimoniano ancora oggi un passato di impegno e fatica e rappresentano una testimonianza storica ed archeologica da salvaguardare. Le limonaie, come anticipato nel paragrafo precedente, sono serre che consentirono la produzione, favorita dal clima particolarmente mite anche d'inverno, di limoni, di cedri e di aranci, che furono esportati in tutti gli Stati Europei. Queste serre erano costruite sottraendo ampi spazi terrazzati alla montagna, perimetrando il sito con alte muraglie per difendere i preziosi agrumi dai venti di nord-ovest. I caratteristici pilastri in muratura ordinatamente allineati servivano per sostenere le travi di abete per la copertura invernale di tutta la struttura. Le limonaie costituiscono un ineguagliabile patrimonio storico ed architettonico del Garda.

I limoni rappresentarono sicuramente una risorsa economica importante per la sponda occidentale del Garda. Una volta raccolti, venivano selezionati e divisi in base alle dimensioni: i più pregiati venivano esportati in molti paesi confinanti.

Sul Garda prese avvio la coltivazione del limone ma in seguito furono inseriti altri agrumi, come il pregiato cedro, la cui scorza è utilizzata per la estrazione di essenze e la preparazione di fresche bevande.

I capperi gardesani sono celebrati fin dal Cinquecento, in quanto simbolo della mediterraneità del paesaggio rivierasco. Prodotto tipico dell'area di Gargnano e di Limone sul Garda, zona del Parco Alto Garda Bresciano, cresce spontaneamente in rustici cespugli, in prevalenza nei muri in pietra a secco di limonaie e oliveti. I capperi del Garda vengono raccolti delicatamente a mano, nel periodo compreso fra giugno e ottobre, e conservati secondo la tradizione in olio di oliva o sotto sale.

Un ulteriore prodotto tipico della gastronomia locale è il tartufo, che cresce sulle pendici del Monte Baldo, sulle colline moreniche e sulle rive orientali del Lago di Garda.

### 2.3.5 SISTEMA COLTURALE

Nella provincia di Brescia la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) nel 2010 ha avuto un incremento dell'1,3% rispetto al 2000, mentre per lo stesso periodo si ha una diminuzione della Superficie Aziendale Totale (SAT) pari al 12,9% e del numero delle aziende che scende da 16603 a 12781 (variazione del 23%). La diminuzione della SAT e del numero di aziende rispecchia l'andamento regionale, seppure con percentuali diverse, dello stesso periodo, mentre per la SAU in Lombardia si registra un decremento che è anche maggiore di quello nazionale. Il contrasto nell'andamento della SAU tra la provincia di Brescia ed il dato regionale è dato dalla forte diminuzione della SAU per alcune province lombarde: Bergamo e Sondrio.

La Lombardia presenta una quota di superficie agricola investita a seminativi pari a 58,2% della SAU, mentre la superficie destinata ad arboricoltura da legno è 3% ed i prati permanenti ed i pascoli sono il 19%. Le percentuali, però, cambiano andando nel dettaglio delle fasce altimetriche, in quanto si ha una netta concentrazione dei seminativi in pianura.

Nelle aree collinari sono molto diffuse le coltivazioni legnose agrarie, inclusa la vite, mentre in montagna la percentuale prevalente della SAU è costituita, con il 69%, dalle foraggere permanenti (prati permanenti e pascoli).

Con riferimento ai principali gruppi colturali, le coltivazioni per le quali si sono registrate nel decennio le modificazioni più significative riguardano:

- per la fascia montana, i prati permanenti e pascoli (pari a 161.875 ettari nel 2010, -18,8% rispetto al 2000) e i boschi (112.862 ettari nel 2010, -15,5% rispetto al 2000);
- per la fascia collinare, le coltivazioni legnose agrarie, in particolare la vite (19.190 ettari nel 2010, +7,8% rispetto al 2000).

### 2.3.6 LA STRUTTURA E LA PRODUZIONE DELLE AZIENDE AGRICOLE

In Lombardia la forma di possesso di SAU più diffusa è l'affitto (49,5%), in crescita di otto punti percentuali rispetto al 2000. In calo di circa 10 punti percentuali la SAU di proprietà, che passa dal 55,3% del 2000 al 45,5% del 2010, mentre sono in leggero aumento i terreni concessi ad uso gratuito (dal 3,3% nel 2000 al 5% nel 2010).

La forma di gestione aziendale più diffusa nel territorio in esame, come in tutta la Lombardia, è quella diretta da parte del conduttore e della sua famiglia.

La tipologia "azienda individuale" è prevalente rispetto alle altre forme giuridiche.

Nonostante sempre più aziende facciano ricorso a lavoratori extra-familiari, la forza lavoro lombarda nel settore agricolo è, oggi come in passato, caratterizzata dalla larghissima prevalenza della manodopera familiare. Tale tendenza è ancora più accentuata nelle zone montane.

Mentre in Italia solamente il 4% delle aziende fa uso di tecnologie informatiche, in Lombardia il 15% circa delle aziende impiega strumenti informatici per le proprie attività lavorative. Il dato per fascia altimetrica evidenzia un maggiore ricorso all'informatica da parte delle aziende ubicate in pianura (19,6%) e quindi non nell'area in esame.

Nelle fasce altimetriche di montagna e di collina, nelle quali ricade la zona di indagine, il ricorso all'informatica è prevalentemente finalizzato all'amministrazione aziendale (rispettivamente 77,2% e 84,8%) ed è elevato l'uso di internet (rispettivamente 47,9% e 29%), in misura superiore alla media.

Il possesso di un sito web o di una pagina internet è più diffuso per le aziende ubicate in montagna (circa il 58%) ed anche il commercio elettronico, ovvero il ricorso alla rete internet per l'acquisto e la vendita di prodotti e servizi aziendali, è più frequente per le imprese ubicate in montagna, con percentuali di utilizzo per finalità di acquisto (40% circa) pari al doppio di quelle a supporto delle vendite (20% circa). Nelle aree montana e collinare risulta più diffuso il ricorso alla vendita diretta (rispettivamente 59,9% e 45,3%).

La maggior parte delle aziende agricole è gestita da capi azienda maschi, con un'età media di 56 anni ed un titolo di studio che non supera la licenza media.

Il fenomeno agrituristico trova marginale diffusione nel territorio comunale di Gargnao e Tignale, infatti dal geoportale regionale (agriturismi) risultano censite quattro realtà nel territorio di Gargnano e quattro in quello di Tignale.

Sul territorio comunale di Gargnano vi sono due aziende biologiche, entrambe interessate dalla produzione di olivi per olive da olio ed una nel territorio di Tignale, quest'ultima oltre a all'olio extravergine di oliva, produce patè di olive, marmellate, miele, confetture e gelatine.

In base alla "Carta delle principali realtà aziendali e zootecniche e dell'utilizzo agricolo del territorio" del PGT di Gargnano, nell'area in esame la coltura predominante è rappresentata dagli olivi per olive da olio, seguita, in ordine decrescente da prati polifiti non avvicendati, vite per uva da vino e prati-pascoli.

### 2.3.7 LA ZOOTECNICA

In Lombardia le aziende con allevamenti hanno subito nell'ultimo decennio un calo di circa un quinto (-21,8%) attestandosi a 22.064. Tale riduzione è ancora più consistente per le aziende ubicate in pianura (-26,9%) e più contenuto per quelle collinari (-9%).



Le aziende con allevamenti si ripartiscono nella regione sostanzialmente tra l'area di pianura e quella montana; ma se alla prima appartiene il 47,8% degli allevamenti e alla seconda il 34,6%, con riferimento alla consistenza del patrimonio zootecnico emerge chiaramente come l'allevamento si concentri nelle zone pianeggianti: ben l' 89,6% delle Unità di Bestiame Adulto (UBA), infatti, afferisce ad aziende della pianura mentre solo il 3,4% appartiene a quelle di montagna. Nell'area circostante il progetto in esame risultano assenti le aziende zootecniche; esse sono, però, presenti nella restante parte della zona di interesse.

L'allevamento più diffuso è quello bovino.

La riduzione della consistenza delle aziende con bovini nella zona montana (-24,3%) è stata accompagnata da una contrazione del patrimonio bovino (-13,4%).

Si registra un significativo incremento del patrimonio equino (+ 48,0%), anch'esso accompagnato da un aumento del numero di aziende (+23,0%), che ha interessato tutte le fasce altimetriche.

L'allevamento ovi-caprino è prevalentemente concentrato nella montagna lombarda (numero di capi e aziende).

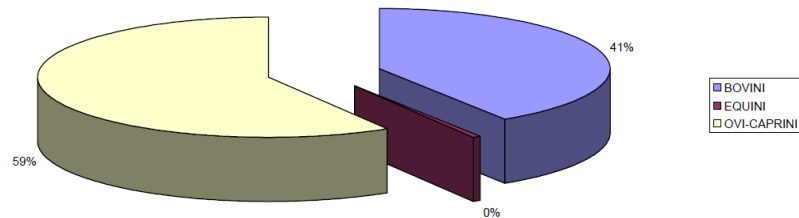
La suinicoltura lombarda, come l'avicoltura, è al primo posto nel quadro produttivo nazionale; interessa 2.642 aziende (10,1% del totale nazionale) che controllano il 51% circa della consistenza suinicola nazionale, con prevalente localizzazione nel triangolo della bassa Lombardia (Brescia, Mantova e Cremona). Le dimensioni medie degli allevamenti, pari a 1.800 capi per azienda, risultano le più elevate in Italia.

Passando a considerare il comparto avicolo, la Lombardia, pur non avendo il peso di altre realtà produttive nazionali, dispone di un settore avicolo non trascurabile in termini economici e strutturali.

Nello specifico nel territorio comunale di Gargnano solo poche realtà dispongono di un numero sufficiente di animali tale da poter configurare un'attività prevalente o complementare all'azienda agricola. Nella maggior parte delle situazioni si assiste invece a forme di allevamento a carattere familiare, non destinate alla produzione e vendita di prodotti. Si sottolinea inoltre come il comparto zootecnico sia in massima parte legato alle attività di malga.

Nel territorio ci sono in totale 25 aziende con allevamenti, tra le quali 15 che allevano bovini per un totale di 242 capi; 9 allevano ovi-caprini per un totale di 347 capi; un'azienda alleva equini con 2 capi.

A fronte di un discreto numero di realtà, (61), solamente 5 aziende dispongono di un numero di capi tale da configurare margini di redditività significativi. Pertanto, nell'ambito del territorio comunale di Gargnano l'attività zootecnica assume in massima parte valore complementare, o addirittura familiare/hobbistico. Dal punto di vista delle specie animali allevate, la componente ovi – caprina risulta predominante (59% sul totale dei capi allevati), a fronte di un 41% della componente bovina.



*Figura 2-87 Percentuali di specie animali allevate nel territorio comunale di Gargnano (Fonte: Studio agronomico e forestale del territorio comunale - Integrazione in merito agli aspetti zootecnici e agli ambiti di trasformazione (PGT))*

Il principale utilizzo zootecnico è finalizzato alla produzione di carne, sia per la componente ovi – caprina che per quella bovina, mentre è residuale la produzione lattifera. Nel territorio del Comune di Tignale le unità di bestiame risultano le seguenti: 7 suini, 89 bovini e 438 avicoli.

## 2.4 BIODIVERSITÀ

### 2.4.1 INQUADRAMENTO TEMATICO

La "Biodiversità" è definita come "La variabilità fra gli organismi viventi di ogni tipo, inclusi, fra gli altri, i terrestri, i marini e quelli di altri ecosistemi acquatici, nonché i complessi ecologici di cui fanno parte. Ciò include la diversità entro le specie, fra le specie e la diversità degli ecosistemi" (ex art.2 della Convenzione di Rio de Janeiro sulla Biodiversità, 1992).

Lo studio della presente componente prevede l'analisi degli elementi vegetazionali, floristici e faunistici presenti nell'area di studio, al fine di individuare i loro pattern di distribuzione nell'area interessata dal progetto, caratterizzare le formazioni vegetali ed i popolamenti animali nella loro struttura e composizione in specie ed individuare gli elementi sensibili e di pregio.

Al fine di comprendere meglio le dinamiche si è partiti da un'analisi dell'area vasta, che delinea gli aspetti principali del territorio circostante l'area d'intervento, con particolare attenzione alle eventuali aree protette. Sono stati previsti diversi aspetti di lettura del territorio (fitoclimatico, vegetazionale, faunistico ed ecosistemico) che, unificati in una visione sintetica, forniscono tutti gli elementi necessari alla caratterizzazione delle principali vocazioni ambientali dell'area, all'individuazione di eventuali corridoi e serbatoi ecologici ed alla individuazione delle tendenze evolutive in atto.

L'inquadramento territoriale viene delineato al fine di avere una visione generale del contesto ambientale nel quale si inserisce il progetto in esame, in modo da fornire strumenti utili per comprendere e definire il ruolo ambientale e i collegamenti esistenti tra la zona di interesse e il resto del territorio, focalizzando l'attenzione su quelle porzioni riconosciute come di importanza naturalistica (Aree protette e Rete Natura 2000).

Dopo un inquadramento di area vasta è stato analizzato il contesto dell'intervento più specifico, costituito dal territorio direttamente influenzato dalla realizzazione del progetto, con un livello di approfondimento maggiore.

Per quanto attiene, invece, l'area di studio della rete ecologica, essa è stata sviluppata a scale rappresentative maggiori al fine di inquadrare l'intervento in un contesto più ampio.

### 2.4.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BIOCLIMATICO

L'area in esame ricade nell'Alto Garda Bresciano, che interessa il settore orientale della provincia di Brescia e che ad est è lambito dalle acque del lago di Garda.

L'area direttamente interessata dal progetto è localizzata all'interno del territorio del Comune di Gargnano, che è caratterizzato da una prevalenza di rilievi tra cui spicca, con i suoi 1459 metri, il monte Denervo.

L'ambito di studio è ubicato sul percorso della S.S.45 bis ed attraversa il comune di Gargnano e una piccola parte del territorio di Tignale.

Il territorio dell'Alto Garda Bresciano, dove il progetto si inserisce, è caratterizzato dalla presenza di ambiti che, sotto il profilo naturalistico ma anche geologico e paesaggistico, rendono questo territorio unico.

L'area vasta nel quale si inserisce il territorio interessato dalla realizzazione del progetto è caratterizzata da

rilievi acclivi, che degradano velocemente sulle rive del lago di Garda, con quote variabili da un minimo di 80 m.s.l.m ad un massimo di 1500 m.s.l.m. solcati da fiumi e torrenti che tracciano solchi a volte profondi. Il bacino idrografico è quello del Sarca-Garda, in cui vengono raggruppate sia la superficie lacuale vera e propria che tutto il territorio le cui acque confluiscono nel lago; questo, chiaramente è articolato a sua volta in una serie di sottobacini drenati dai vari affluenti e subaffluenti.

Il Lago di Garda riveste un ruolo fondamentale per l'equilibrio ecologico del territorio circostante, per la sua influenza sul clima locale, per la capacità naturale di autodepurazione e il sostentamento di comunità animali e vegetali ampie e diversificate.

L'intera linea costiera del Parco Alto Garda Bresciano mostra in modo spettacolare l'impronta lasciata dalle glaciazioni. A nord di Gargnano, il versante lacustre presenta pareti verticali o sub verticali alte centinaia di metri, risultato della combinazione di numerose faglie con l'azione erosiva dei ghiacciai.

Il clima è uno degli elementi fondamentali nel determinare le caratteristiche del territorio e quindi degli ecosistemi presenti, poiché influenza sia i processi pedogenetici sia lo sviluppo e l'intensità dei processi geomorfologici. L'analisi climatica di una determinata area è essenziale per comprendere meglio il significato ecologico della presenza attuale di determinate formazioni vegetali in una data stazione e per elaborare previsioni sulla loro evoluzione.

Il territorio in questione è interessato essenzialmente dalla presenza di due mesoclimi tipici: alpino ed insubrico. Il mesoclima insubrico, ossia il clima dei grandi laghi, è caratterizzato da abbondanti precipitazioni, inverni miti ed estati fresche. Le masse lacustri contengono gli abbassamenti termici invernali e mitigano la calura estiva. In queste aree le nebbie sono scarse, sono presenti venti locali caratteristici e si instaurano microclimi termofili a carattere submediterraneo. Il mesoclima alpino è condizionato da un'orografia complessa dovuta alle diverse altitudini e all'effetto dell'esposizione dei versanti. I versanti rivolti a sud, esposti più a lungo alla radiazione solare, presentano una limitata copertura nevosa e sono più suscettibili di coltivazione, mentre i versanti esposti a nord presentano una copertura nevosa più abbondante e una vegetazione costituita prevalentemente da boschi e pascoli. In generale questo mesoclima si caratterizza per le temperature invernali rigide e le temperature estive poco elevate, le precipitazioni abbondanti, che si concentrano a livello della fascia altimetrica 500-1500 m, l'intensa radiazione solare e l'elevata ventosità, garantita dalle brezze di monte e di valle e dall'interazione tra rilievo e circolazione generale.

La zona in esame, in base alla carta fitoclimatica d'Italia, è caratterizzata dal bioclima temperato semicontinentale-subcontinentale.

Nello specifico nella zona di interesse la temperatura media annua è di 12 °C, il mese più freddo è gennaio mentre quello più caldo è luglio. L'escursione termica è contenuta tra i 5°C durante l'inverno e i 9°C durante l'estate, proprio grazie all'azione mitigante del lago. Le precipitazioni sono di 1180 mm l'anno con distribuzione tipicamente equinoziale (primavera/autunno); neve e nebbia fitta sono piuttosto rare sulle coste del lago. Queste condizioni particolarmente favorevoli si devono all'influsso mitigatore ed alla vicinanza dell'acqua, che ha temperature relativamente elevate: in superficie si possono raggiungere i 25° C, a 50 m di profondità si ha una temperatura media di 13° C ed a 100m di 8,5° C, e quella del Lago di Garda è la più

elevata temperatura abissale misurata nei grandi laghi prealpini.

Data l'orografia del bacino del lago di Garda i venti possono penetrare nella conca benacense soltanto da nord e da sud, escludendo alcune brezze dalle valli laterali.

#### 2.4.3 LA VEGETAZIONE POTENZIALE E REALE

Nell'area in esame si distinguono diverse realtà territoriali di grande valenza naturalistica e paesaggistica, in quanto le notevoli variazioni geologiche e geomorfologiche comportano grandi diversità ambientali: la Riviera del Garda, con caratteristiche climatiche e vegetazionali di impronta mediterranea, caratterizzate dalla presenza di macchia mediterranea a Leccio *Quercus ilex*, l'ambito collinare con i primi rilievi prealpini fino all'entroterra montano, che sfiora i duemila metri di quota, con ampie faggete, boschi di conifere, dense colonie di Pino mugo *Pinus mugo*, lande alpine a rododendri ed erica carnicina *Erica carnea*, vasti prati da fieno e praterie calcaree.

L'area direttamente interessata dal progetto e le zone più limitrofe rientrano nella fascia degli ambienti collinari prealpini, nei quali la vegetazione varia in funzione del substrato e dell'intervento antropico, che spesso ha originato formazioni peculiari come i castagneti o, più recentemente, i robinieti, esempio di vegetazione forestale fortemente alterata. I boschi dei versanti meridionali delle colline su rocce carbonatiche rappresentano un aspetto di vegetazione termofila. Lo strato arboreo generalmente non è chiuso e questo permette lo sviluppo di un ricco strato arbustivo a *Cytisus*, *Amelanchier*, *Ligustrum* ed uno strato erbaceo che comprende specie xerotermofile come *Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum*, *Asperula purpurea*, *Galium rubrum* ed *Anthericum ramosum*. Lo strato arboreo vede la presenza di carpino nero *Ostrya carpinifolia*, orniello *Fraxinus ornus* e roverella *Quercus pubescens*.





Figura 2-88 Esempio di roverella *Quercus pubescens* presente nell'area di studio

Negli aspetti caratterizzati da una certa mesofilia, la chiusura dello strato arboreo causa un deciso impoverimento di quello erbaceo, che di solito è dominato da *Sesleria varia*. In corrispondenza di suoli più profondi e decarbonati, almeno negli orizzonti superficiali, si sviluppa una vegetazione di tipo neutro-acidofilo, apparentabile ai querceti a rovere e roverella (*Quercetum pubescenti-petraeae*). Sui versanti ad esposizione settentrionale la vegetazione è di tipo mesofilo, evidenziata dalla presenza di elementi quali il carpino bianco *Carpinus betulus* ed altri quali *Asarum europaeum*, *Acer pseudoplatanus* e *Mercurialis perennis*, che fanno parte del gruppo del *Carpinion betuli*. Su substrati acidi o su suoli comunque decarbonatati si ritrovano dei querceti mesofili a rovere, spesso convertiti in castagneti. Tra le specie erbacee vanno segnalate: *Lamium orvala*, *Carex umbrosa*, *Hierochloë australis* e *Teucrium scorodonia*. In prossimità del Lago di Garda la vegetazione risente di influssi climatici di tipo submediterraneo. Questo è evidenziato dalla presenza di essenze che si trovano presso il margine settentrionale del loro areale, vi è infatti vegetazione di tipo mediterraneo in areale disgiunto con querceti a leccio *Quercus ilex* e arbusteti di Erica arborea *Erica arborea* che danno una fisionomia tipicamente insubrica alla vegetazione di bosco aperto e arbusteto. Nell'area di indagine, quindi, prevalgono nettamente le latifoglie anche se non mancano formazioni di conifere costituite prevalentemente da pino silvestre o pino nero. Gli abeti, pur talvolta presenti, sono stati



spesso introdotti dall'uomo anche se successivamente possono essersi diffusi spontaneamente. I popolamenti di conifere occupano esposizioni calde e pendenze elevate, in quanto, spesso costituiti con la precisa finalità di protezione dei suoli. Altro carattere peculiare di questa regione, rispetto a quelle più interne, è che le formazioni altitudinali terminali, che spesso coprono le sommità dei rilievi, sono ancora costituite prevalentemente da latifoglie.

Nelle zone più interne, nella fascia compresa tra i 1000 ed i 1200 m di quota, si ha la dominanza delle faggete. In funzione del tipo di substrato e della quota si possono distinguere faggete acidofile, caratterizzate da specie quali *Luzula nivea*, *Gymnocarpion dryopteris*, *Majanthemum bifolium* e *Vaccinium myrtillus*. Su substrato carbonatico il numero di specie è elevato, nel sottobosco sono presenti arbusti quali *Rosa* sp., *Daphne mezereum* e *Lonicera* sp.. Verso il limite superiore di distribuzione fanno il loro ingresso specie meno termofile, quali abete bianco *Abies alba*, larice *Larix decidua* e abete rosso *Picea excelsa*, con un sottobosco ricco di felci.

Tra le specie floristiche che si rinvergono nei boschi si possono ricordare borragine selvatica *Pulmonaria australis*, elleborina pallida *Cephalanthera damasonium*, elleborina bianca *Cephalanthera longifolia*, ciclamino delle Alpi *Cyclamen purpurascens*, nido d'uccello *Neottia nidus-avis*.

La borragine selvatica *Pulmonaria australis* si trova sulle Alpi, sulle Prealpi e nei boschi collinari; vegeta nei boschi di latifoglie eliofile, nelle radure, lungo le siepi o nei cespugli.

L'elleborina pallida *Cephalanthera damasonium* vive nei boschi di latifoglie, prediligendo terreni calcarei, ambienti freschi e asciutti.

L'elleborina bianca *Cephalanthera longifolia* cresce in boschi e boscaglie, su terreni calcarei fino a 1400 m. Il ciclamino delle Alpi *Cyclamen purpurascens* è presente in praterie erbose, boschi ricchi di humus e nelle faggete.

Il nido d'uccello *Neottia nidus-avis* vegeta nei boschi ombrosi di latifoglie, soprattutto faggete o aghifoglie. La vegetazione casmofitica che occupa le cenge rocciose è ricchissima di elementi endemici pregiati e unici e sul Monte Tombea assume il massimo valore naturalistico possibile. Sono qui presenti tre specie inserite nell'Allegato II della Direttiva Habitat: dafne delle rupi *Daphne petraea*, sassifraga del Monte Tombea *Saxifraga tombeanensis* e scarpetta di Venere *Cypripedium calceolus*.

In particolare le pareti rocciose di natura carbonatica del territorio del comune di Gargnano, nel quale si localizza il progetto, ospitano, oltre a significative macchie di lecceta primitiva, specie endemiche di assoluta rilevanza quali *Daphne reichsteinii* e *Moheringia bavarica*, unitamente alla già citata *Daphne petraea*.

Infine si ricorda il fiordaliso retico *Centaurea rhaetica*, una specie che si trova tra i 900 ed i 2200 m di quota, lungo pendii e prati aridi, che è un endemismo dal lago di Como al Garda, dove lo si trova anche a 70 m di quota.

Nell'ambito dell'analisi della componente è stata elaborata la "Carta della vegetazione reale", in scala 1:10000, redatta basandosi sulle seguenti carte: "Carta dell'uso del suolo" elaborata per la componente "Territorio e suolo"; Carta Uso e copertura del suolo 2015 (DUSAF 5.0) e Carta uso agricolo - dati SIARL 2012, tratte entrambe dal geoportale della regione Lombardia; Carta degli habitat di interesse comunitario

nei Siti Natura 2000, tratta dal sito web dell'Osservatorio Regionale della Biodiversità; Carta degli habitat della ZSC IT2070016 Monte Cima Comer (Tavola 1 - Habitat, del Piano di gestione del Sito di Importanza Comunitaria IT2070016 Monte Cima Comer); Carta degli habitat della ZPS IT2070402 "Alto Garda Bresciano" (tratta dal Piano di gestione della Zona di Protezione Speciale IT2070402 Alto Garda Bresciano). I dati ricavati dalle citate carte sono stati integrati con quanto derivato dall'analisi delle immagini aerofotogrammetriche dell'area in esame.

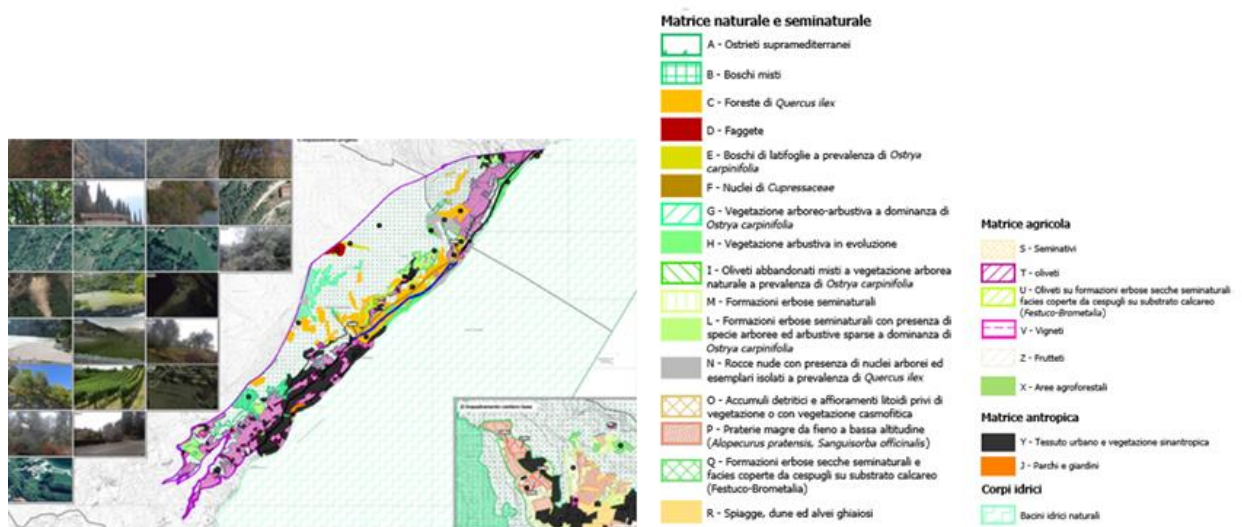


Figura 2-89 Stralcio elaborato T00IA34AMBCT01A "Carta della vegetazione reale"

L'osservazione della "Carta della vegetazione reale" mostra come, nell'area direttamente interessata dal progetto, la componente dominante sia rappresentata dalle leccete. In particolare esse sono ascritte all'habitat di Direttiva 9340, come mostra lo stralcio della "Carta degli habitat" (elaborato T00IA34AMBCT01A), relativo alla sola area interessata dal progetto, riportato nella figura seguente.

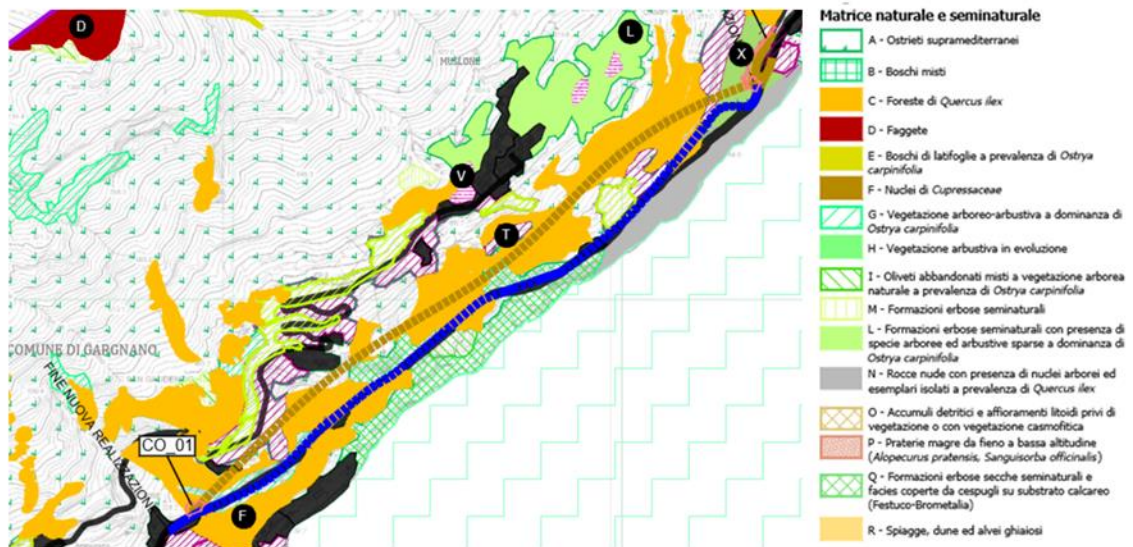


Figura 2-90 Stralcio, relativo all'area di progetto, dell'elaborato T00IA34AMBCT01A "Carta della vegetazione reale"

Il suddetto habitat in Italia è rappresentato da foreste a dominanza di leccio *Quercus ilex*: lo strato arboreo, sempre molto denso, può essere costituito quasi esclusivamente da specie sempreverdi (leccete termofile) oppure essere misto di sempreverdi e caducifoglie (leccete mesofile). Lo strato arbustivo è composto prevalentemente da sclerofille sempreverdi. Nell'area in esame l'habitat, rappresentato da formazioni discontinue ubicate in aree impervie su rocce carbonatiche, è costituito da una formazione mista nella quale accanto a *Quercus ilex* e *Quercus pubescens* vi è la presenza, anche importante, di altre specie forestali autotone, quali ad esempio *Fraxinus ornus* e *Ostrya carpinifolia*. Lo strato erbaceo, nettamente xerofilo, presenta un contingente di specie basifile e soprattutto termofile, con penetrazione di specie a distribuzione mediterranea.

Inoltre sono presenti, sempre a livello di vegetazione boscata, gli ostrieti supramediterranei, nello specifico essi rientrano nell'*Ostryo-Carpinenion*. Tali formazioni sono dominate nettamente dal carpino nero *Ostrya carpinifolia*.

In merito alle formazioni vegetali naturali erbacee presenti, vi è una superficie interessata da formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia) con presenza di orchidee, mentre su una parte delle pareti rocciose presenti sul lago di Garda, ed anche in alcune aree rocciose interne, è presente la stessa formazione ma in assenza di orchidee. Le formazioni suddette rientrano entrambe nell'habitat di Direttiva 6210, che nel caso di una ricca presenza di specie di orchidacee è prioritario.

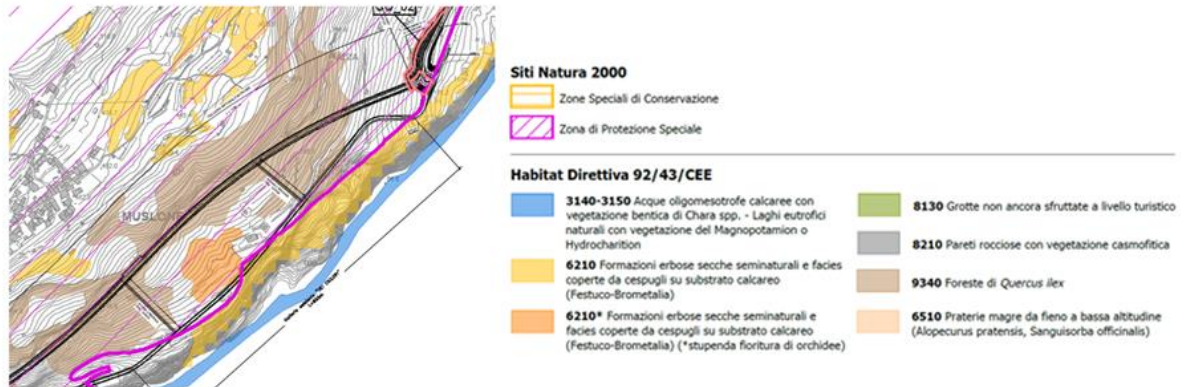


Figura 2-91 Stralcio dell'elaborato T00IA50AMBCT03A "Carta degli habitat"

L'habitat comprende comunità secondarie di prateria, diffuse dal piano pianiziale a quello montano; conseguentemente, lo strato erbaceo risulta molto sviluppato, con coperture generalmente comprese tra il 70 e il 100%. Negli aspetti più naturali o di abbandono della gestione, le comunità prative si arricchiscono di cespugli e arbusti, pur conservando generalmente la fisionomia a prateria. È possibile anche la presenza, che a volte può divenire cospicua, di alberi con esemplari isolati o in gruppi. Il contingente floristico è, generalmente molto ricco, attestandosi intorno a una media di circa 30-35 specie per stazione. Tra le specie tipiche si possono citare *Bromus erectus*, *Carex humilis*, *Festuca ovina*, *Artemisia alba*, *Centaurea scabiosa* e *Teucrium chamaedrys*.

Infine per quanto riguarda invece le aree di cantiere localizzate a distanza dal progetto in esame, nel comune di Tignale, la vegetazione è essenzialmente erbacea, costituita da prati da mesici a pingui, regolarmente falciati e concimati in modo non intensivo, distribuiti dalla pianura alla fascia montana inferiore, riferibili all'alleanza Arrhenatherion e che costituiscono l'habitat 6510 "Praterie magre da fieno a bassa altitudine (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)". Tra le specie che possono essere presenti in tali comunità vegetali se ne riportano alcune di seguito: *Agrostis capillaris*, *Carex hirta*, *Festuca pratensis*, *Poa sylvicola*, *Ranunculus repens*, *Trifolium pratense*, *Taraxacum officinale*.



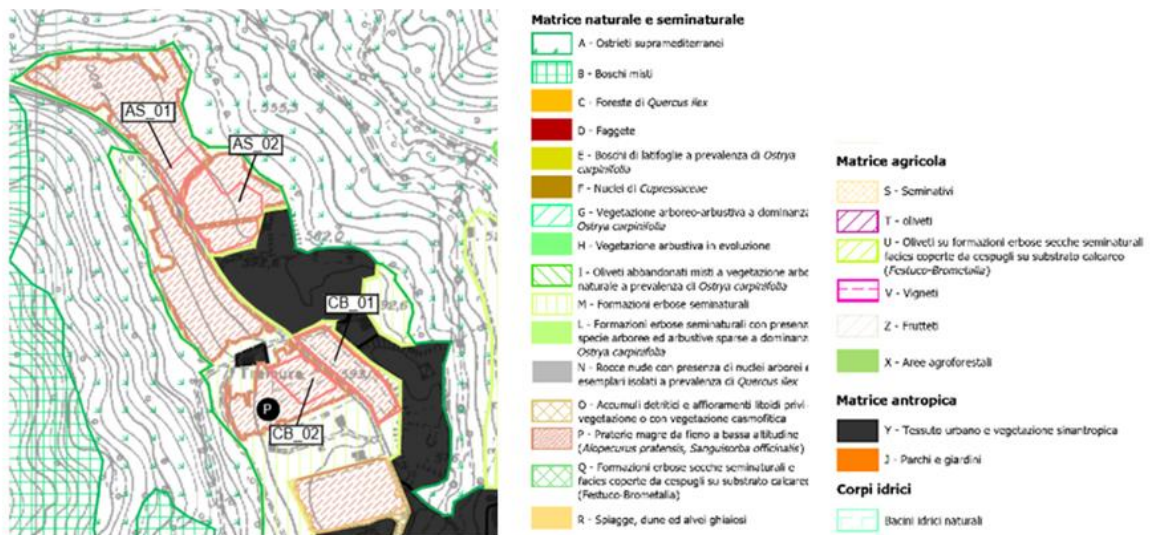


Figura 2-92 Stralcio, relativo alla zona dei cantieri base e delle aree di stoccaggio, dell'elaborato T00IA34AMBCT01A "Carta della vegetazione reale"

## 2.4.4 LA FAUNA

### 2.4.4.1 L'avifauna

La presenza di boschi e di aree ad alta naturalità nella zona di Gargnano ha contribuito a darle un altissimo valore faunistico, soprattutto per l'**avifauna**, in particolar modo per i rapaci, tra i quali si possono citare il biancone *Circaetus gallicus*, il falco pellegrino *Falco peregrinus*, il falco pecchiaiolo *Pernis apivorus*, il nibbio bruno *Milvus migrans*, l'aquila reale *Aquila chrysaetos*, il gufo reale *Bubo bubo*, l'allocco *Strix aluco*.

Il biancone *Circaetus gallicus*, nell'ambito del territorio regionale, risulta localizzato in poche aree corrispondenti alle estese e mature formazioni forestali in prossimità di ambienti idonei all'alimentazione, come ad esempio le praterie termofile o xeriche del Garda, come avviene proprio nel Parco Regionale dell'Alto Garda Bresciano.

Il falco pellegrino *Falco peregrinus* predilige ambienti articolati, ricchi in prede e dove vi sia la presenza di aree rupicole che dominano il paesaggio, dove potervi nidificare.

Il falco pecchiaiolo *Pernis apivorus* in Italia si trova dal livello del mare fino a circa 1800 m s.l.m., in aree forestate con ampie radure e aperture, ove può reperire le sue principali prede, vespe e api, oppure zone con paesaggi a mosaico. In Lombardia è prevalentemente diffuso nella fascia prealpina, alpina ed appenninica, dove appare ben rappresentato, ma occupa anche le aree riparie dei fiumi principali (Brambilla et al., 2012) e i boschi dell'alta pianura.

Tra le zone frequentate dal nibbio bruno *Milvus migrans* in Lombardia, esso raggiunge densità molto elevate proprio nella fascia dei grandi laghi prealpini.

L'aquila reale *Aquila chrysaetos* nidifica soprattutto nelle aree montane e alpine, dove il nido viene costruito sulle pareti rocciose a picco. La specie, seppur con densità basse, nidifica in tutte le aree protette dell'area alpina e prealpina della Regione Lombardia.

Il gufo reale *Bubo bubo* è diffuso in tutta la fascia prealpina e in parte alpina della Lombardia, sebbene le densità siano spesso relativamente basse.

L'alocco *Strix aluco* è una specie tipicamente forestale, ma la propria ecletticità gli ha consentito di sfruttare anche situazioni più o meno modificate dalla presenza umana. Esso è presente in buona parte del territorio regionale, evitando esclusivamente le aree rurali ad agricoltura intensiva, prive di alberature e di piccoli nuclei boschivi.

Tra i galliformi di montagna nell'Alto Garda Bresciano spicca il gallo cedrone *Tetrao urogallus*, che qui presenta uno dei pochi siti occupati in modo regolare, sebbene da un numero di individui estremamente limitato, in territorio lombardo. La Lombardia risulta attraversata da una importante linea migratoria della specie che interessa in particolare le province di Brescia e Mantova (e per il Veneto la provincia di Verona), sia durante la migrazione primaverile, sia durante quella post-riproduttiva. In primavera il fenomeno migratorio interessa in particolare l'area prealpina bresciana e la sponda occidentale del Lago di Garda.

Altri galliformi alpini segnalati nell'Alto Garda Bresciano sono: francolino di monte *Tetraestes bonasia*, gallo forcello *Lyrurus tetrrix*.

L'habitat del francolino di monte *Tetraestes bonasia* consiste di foreste, spesso miste ma con dominanza di conifere, estese, mature, ben strutturate e radurate. Importante la presenza di un folto sottobosco costituito da specie che producano frutti di bosco.

L'habitat riproduttivo del gallo forcello *Lyrurus tetrrix* consiste in mosaici tra formazioni forestali, arbustive e erbacee, in Lombardia tra i 700 ed i 2400 m. Abita le laricete rade con ricco sottobosco e commiste a latifoglie, boscaglie a ontano verde, boschi misti di larice, peccio e cembro, le mughete con ricco sottobosco a ericacee, talora faggete e nocioleti. In Lombardia frequenta tutte le province alpine e prealpine.

In Lombardia la distribuzione della coturnice alpina *Alectoris graeca saxatilis* appare piuttosto uniforme, con presenze in tutte le province alpine e prealpine, sebbene con abbondanze variabili. Risulta maggiormente diffusa a quote comprese tra 800 e 2200 m, con presenza a quote inferiori (400-500 m) in zone prealpine perilacustri.

Durante il periodo riproduttivo nel parco dell'Alto Garda Bresciano è presente, a basse densità ma con continuità negli anni, la beccaccia *Scolopax rusticola*.

In provincia di Brescia la distribuzione della tortora selvatica *Streptopelia turtur* risulta omogenea in pianura e collina sino a 600 m di quota, diventando puntiforme a quote maggiori.

Il succiacapre *Caprimulgus europaeus* è diffuso prevalentemente nella fascia collinare e di media-bassa montagna, ha però popolazioni importanti nelle brughiere dell'alta pianura.

Il limitrofo Lago di Garda è importante soprattutto per l'ittiofauna, ma anche per l'avifauna acquatica, in particolar modo per quella svernante, con alcune migliaia di individui. Tra le specie che frequentano il lago di Garda vi è la folaga *Fulica atra*, che in inverno è appunto presente con numeri elevati sui grandi laghi e ha una diffusione capillare nelle zone umide e nella rete idrica regionale. Durante la nidificazione frequenta gli stessi ambienti, con una selezione per i siti che presentano una vegetazione igrofila sufficiente per la collocazione del nido.

Altre specie di avifauna acquatica che frequentano questa parte del Lago di Garda sono ad esempio: svasso



maggiore *Podiceps cristatus*, cormorano *Phalacrocorax carbo*, germano reale *Anas platyrhynchos*, gabbiano comune *Chroicocephalus ridibundus*, gabbiano reale *Larus michahellis*.

Nell'area sono presenti il picchio cenerino *Picus canus* e il picchio nero *Dryocopus martius*.

Il picchio cenerino *Picus canus* frequenta aree boschive con un elevato grado di diversità strutturale come quello che si ha negli stadi successionali delle foreste naturali; per la nidificazione sono necessari lembi di vegetazione matura, soprattutto faggete miste ad altre latifoglie oppure in consorzi misti a conifere. Le aree caratterizzate da vegetazione aperta, rada e bassa sono invece indispensabili per l'alimentazione di questo picchio.

In provincia di Brescia sebbene le maggiori densità della rondine *Hirundo rustica* si rilevano nelle zone pianeggianti e collinari, sia in piccoli centri urbani sia in zone rurali ricche di cascinali con stalle tradizionali, le presenze, più scarse, vi sono anche nelle zone montane.

Il pettirosso *Erithacus rubecula* in provincia di Brescia ha una distribuzione abbastanza uniforme nei settori collinari e montani, molto più discontinua in quelli pianeggianti, dove i casi di nidificazione sono irregolari e localizzati lungo il corso dei maggiori fiumi.

Nel territorio regionale il merlo *Turdus merula* è ampiamente distribuito dal piano ai monti e diviene più raro avvicinandosi al limite della vegetazione arborea.

Altre specie che possono frequentare l'area in esame sono il tordo bottaccio *Turdus philomelos*, l'averla piccola *Lanius collurio*, la ghiandaia *Garrulus glandarius*, la cornacchia grigia *Corvus cornix*, lo storno *Sturnus vulgaris*, la passera d'Italia *Passer italiae*, la passera mattugia *Passer montanus*, il fringuello *Fringilla coelebs*, la rondine montana *Ptyonoprogne rupestris*.

L'averla piccola *Lanius collurio* è una specie tipicamente legata ad ambienti semi-aperti (ambiti agricoli tradizionali con paesaggi a mosaico, pascoli estensivi), con alternanza di aree prative (preferibilmente falciate e pascolate oppure incolte) e arbusti, siepi.

La rondine montana *Ptyonoprogne rupestris* sverna in tutta la fascia pedemontana, principalmente in corrispondenza dei grandi laghi prealpini, infatti è particolarmente abbondante nel Parco dell'Alto Garda Bresciano.

La ghiandaia *Garrulus glandarius* in Lombardia è diffusa su tutto l'arco insubrico e alpino, a quote comprese principalmente tra i 600 m e i 1400 m, con avvistamenti fino a 1900 m; la presenza è più frammentata in pianura.

La cornacchia grigia *Corvus cornix* è diffusa in tutti i settori della regione, occupando praticamente tutti gli ambienti; le maggiori densità si rilevano nelle parti meridionali e occidentali del territorio regionale. In particolare nella provincia di Brescia la specie nidifica nelle zone di pianura e montane fino a circa 1000 m di altitudine.

In Lombardia la passera d'Italia *Passer italiae* è diffusa quasi ovunque ad eccezione delle zone di alta quota; le massime densità si riscontrano in pianura in corrispondenza dei centri abitati.

Il fringuello *Fringilla coelebs* è presente in tutti gli ambienti boschivi del territorio regionale ed in particolare in provincia di Brescia è ampiamente diffuso in tutti i settori con buone densità in situazioni ambientali differenziate, come nelle zone a margine di aree boscate e radure prative, mentre decresce nelle zone di

pianura intensamente coltivate.

Nell'area interessata dal progetto e nelle zone limitrofe ad essa sono presenti tutte le specie legate agli ambienti boschivi, che dominano il paesaggio, e alle zone agricole. Vi sono quindi, ad esempio, i citati rapaci, i picidi, il fringuello *Fringilla coelebs*, la passera mattugia *Passer montanus*, la ghiandaia *Garrulus glandarius*.

Inoltre nell'area di sito sono presenti le specie più comuni o a più ampia distribuzione, tra le quali si possono citare: cornacchia grigia *Corvus cornix*, storno *Sturnus vulgaris*, passera d'Italia *Passer italiae*, merlo *Turdus merula*.

#### 2.4.4.2 [I mammiferi](#)

Tra i **mammiferi** sono presenti numerose specie di Chiroteri, quali ad esempio: rinolofo maggiore *Rhinolophus ferrumequinum*, vespertilio di Bechstein *Myotis bechsteinii*, vespertilio maggiore *Myotis myotis*, barbastello *Barbastella barbastellus*, vespertilio di capaccini *Myotis capaccini*.

Il rinolofo maggiore *Rhinolophus ferrumequinum* è una specie che ama i climi caldi e le basse quote: habitat di predilezione è rappresentato da aree a mosaico, dove abbondano gli ecotoni, e da zone umide presenti in zone temperato-calde di collina e pianura, ma anche in zone montane. In provincia di Brescia siti di svernamento con piccole aggregazioni sono noti in ipogei naturali e artificiali.

Nel territorio provinciale sono noti siti di svernamento all'interno di grotte naturali del vespertilio di Bechstein *Myotis bechsteinii*.

Gli ambienti forestali dell'area di indagine favoriscono la presenza dello scoiattolo comune *Sciurus vulgaris*, che infatti in Lombardia è uniformemente distribuito nella parte settentrionale e della martora *Martes martes*.

L'area ospita occasionalmente la lince *Lynx lynx* e l'orso bruno *Ursus arctos*.

L'orso bruno *Ursus arctos* è una specie legata principalmente a ecosistemi forestali montani di latifoglie e conifere e si contraddistingue per l'elevata capacità di adattamento a contesti ambientali differenti. Necessita, all'interno dell'home range, di porzioni di territorio indisturbate e di rifugi adatti alla predisposizione di tane invernali. La presenza dell'orso nel territorio lombardo, che allo stato attuale è relativa a brevi stazionamenti di individui isolati, è da correlare all'espansione del nucleo reintrodotta nel Parco Naturale Adamello Brenta (TN), nell'ambito del Progetto Life Ursus (LIFE00/NAT/IT/007131 e LIFE96/NAT/IT/003114) e all'assenza di barriere ecologiche tra i territori lombardi idonei all'insediamento della specie e il nucleo di attuale presenza.

La lince *Lynx lynx* predilige in generale gli ambienti forestali da 700 a 2000 m di quota; la presenza di affioramenti e anfratti rocciosi avvantaggia la predazione all'agguato e offre possibilità di rifugio.

Le aree più elevate possono ospitare il toporagno alpino *Sorex alpinus*, infatti in Lombardia la presenza della specie è localizzata in territorio alpino e prealpino, nel contesto di complessi forestali radi o arbustivi caratterizzati da condizioni microclimatiche fresco-umide riferibili ad ambienti ripariali e con presenza di rocce sparse.

Tra le altre specie presenti nell'area di indagine si possono citare il cinghiale *Sus scrofa*, il cervo *Cervus*

*elaphus*, il capriolo *Capreolus capreolus*, il muflone *Ovis orientalis*. Quest'ultimo sul territorio Lombardo è presente, in seguito ad introduzioni effettuate a partire dagli anni '70, con nuclei isolati lungo la fascia alpina e prealpina, in particolare anche nell'Alto Garda Bresciano.

Una specie comune, presente sia nell'area vasta che in quella interessata dal progetto è la volpe *Vulpes vulpes*.

#### 2.4.4.3 [Gli anfibi](#)

L'area in esame non è particolarmente favorevole alla presenza di **anfibi**, ma è frequentata da una specie di interesse conservazionistico: la salamandra pezzata *Salamandra salamandra*. Quest'ultima è assente nelle zone di pianura ed a quote troppo elevate.

La salamandra pezzata *Salamandra salamandra* frequenta principalmente ambienti boschivi a latifoglie tipici degli orizzonti submontano e montano inferiore (castagneto e faggeta), dove è facilmente osservabile nei pressi di rii e torrenti.

Tra gli anfibi presenti nell'area vi sono due anuri: il rospo comune *Bufo bufo*, specie diffusa che può frequentare anche l'area interessata dal progetto, e la rana temporaria *Rana temporaria*.

Il rospo comune *Bufo bufo* in Lombardia, come nel resto del territorio italiano, ha una distribuzione abbastanza uniforme per le aree collinari e montane, mentre in pianura la presenza appare discontinua e prevalentemente limitata alle zone boscate residuali.

La rana temporaria *Rana temporaria* in Lombardia è distribuita soprattutto nella fascia alpina e prealpina e interessa principalmente la porzione settentrionale della regione. L'intervallo altimetrico frequentato da questo anfibio, a sostegno dell'ampia valenza ecologica della specie, è piuttosto ampio. In ambito locale la specie frequenta soprattutto gli ambienti forestali e le praterie d'alta quota, in modo particolare se interessate dalla presenza di corsi d'acqua, laghetti, pozzi d'alpeggio e torbiere.

#### 2.4.4.4 [I rettili](#)

I **rettili** nell'area in esame sono rappresentati principalmente da specie legate alle zone boscate e alle zone coltivate, accanto a quelli con elevata adattabilità ecologica e quindi in grado di frequentare diverse tipologie ambientali. Tra l'erpetofauna che caratterizza l'area di indagine si possono citare: orbettino *Anguis fragilis*, ramarro occidentale *Lacerta bilineata*, lucertola muraiola *Podarcis muralis*, colubro liscio *Coronella austriaca*, saettone *Zamenis longissimus*, biacco *Hierophis viridiflavus*, natrice dal collare *Natrix natrix*.

In Lombardia l'orbettino *Anguis fragilis* è presente con continuità sui rilievi appenninici dell'Oltrepò e nelle zone prealpine, ad eccezione di alcuni tratti collinari comaschi e della Val Trompia.

In pianura si evidenzia una distribuzione discontinua e l'assenza o la rarità della specie nelle aree pianiziali industrializzate o sottoposte ad agricoltura intensiva.

L'orbettino *Anguis fragilis* frequenta diversi ambienti, quali pascoli, incolti, zone marginali di pinete e boschi misti, anche in prossimità di specchi d'acqua, ma si rinviene anche in zone antropizzate che offrano rifugi adeguati, come giardini urbani, orti, massicciate stradali e aree cimiteriali. La specie predilige ambienti umidi e con terreno morbido; in genere, evita le zone allagate e quelle eccessivamente xeriche.

Il ramarro occidentale *Lacerta bilineata* si trova in gran parte delle zone pianiziali e pedemontane della

Lombardia.

Questo rettile è una specie termofila, legata ad ambienti ecotonali assolati e normalmente ricchi di vegetazione arbustiva; frequentemente si rinviene presso i corsi d'acqua. E' possibile osservarlo a volte anche in ambienti fortemente antropizzati, sia urbani che agricoli.

La lucertola muraiola *Podarcis muralis* è praticamente ubiquitaria, con presenze maggiormente concentrate nelle aree pianiziali e collinari fino a 600 m di quota. Essa è sicuramente da considerarsi specie eliofila, poiché predilige zone a esposizione meridionale, anche se, vista l'ampia distribuzione, occupa una notevole varietà di ambienti. Gli edifici rurali e i manufatti costituiscono sicuramente l'habitat preferenziale per questo lacertide ben adattato alla presenza antropica; è comunque frequentissimo in svariati ambienti naturali. Il colubro liscio *Coronella austriaca* in Lombardia è decisamente poco comune e mostra una distribuzione frammentata in pianura; è invece più frequente nella fascia montana prealpina ed alpina. Si ritrova più frequentemente in prati, cespuglieti aridi e boschetti termofili radi, sempre caratterizzati dalla presenza di rocce affioranti, muretti a secco e vecchi ruderi. Nelle zone montane a quote elevate, si rinviene spesso nei pascoli e in altri ambienti aperti che offrano tuttavia adeguati rifugi.

Il saettone *Zamenis longissimus* in Lombardia si rinviene prevalentemente lungo la fascia pedemontana alpina e prealpina, dove spesso è il serpente più comune. Nella fascia pianiziale, invece, il saettone *Zamenis longissimus* frequenta boschi pianiziali relitti e quelli ripariali delle principali aste fluviali. Infatti questo rettile si osserva nei boschi pianiziali e ripariali, in quelli montani di caducifoglie, nei castagneti e nelle boscaglie di roverella appenninici.

In Lombardia il biacco *Hierophis viridiflavus* risulta essere particolarmente comune, essendo presente su quasi tutto il territorio regionale. Normalmente utilizza ambienti xerici e assolati sia naturali sia fortemente antropizzati, ma è in realtà una specie estremamente adattabile, che è possibile reperire anche in zone umide o boschive.

La natrice dal collare *Natrix natrix* in Lombardia è, con il biacco *Hierophis viridiflavus*, il serpente più diffuso, essendo ampiamente distribuita sia in pianura sia nell'area appenninica e prealpina, sebbene sia più rara nel settore alpino delle province di Como, Brescia e Sondrio. E' una specie euriecia ed eurizonale, presente in biotopi acquatici sia lentici che lotici, ma frequenta anche ambienti terrestri quali boschi, prati, zone coltivate e giardini.

Focalizzando l'attenzione sull'area interessata dal progetto o direttamente influenzata, tra i rettili citati quelli certamente presenti sono: ramarro occidentale *Lacerta bilineata*, lucertola muraiola *Podarcis muralis*, saettone *Zamenis longissimus*, biacco *Hierophis viridiflavus*.

#### 2.4.4.5 [I pesci](#)

Il limitrofo Lago di Garda, come già detto, è importante soprattutto per l'ittiofauna, in particolare tra i **pesci** che vivono in esso si possono citare l'endemico carpione del Garda, ma anche altre specie di grande interesse naturalistico quali cheppia, barbo comune, vairone.

L'agone *Alosa fallax lacustris* è esclusivamente legato alle acque dolci e presente nei grandi laghi profondi prealpini di origine glaciale, in alcuni dei quali è tuttora molto abbondante, tra i quali vi è appunto il Lago

di Garda.

#### 2.4.4.6 L'entomofauna

L'entomofauna è anch'essa ricca e variegata e comprende specie di grande interesse conservazionistico, in particolare tra i lepidotteri; tra le specie di maggiore interesse conservazionistico si segnalano in particolare ninfa delle torbiere *Coenonympha oedippus*, *Lopinga achine*, *Maculinea arion*, *Maculinea rebeli*.

La ninfa delle torbiere *Coenonympha oedippus* abita paludi e zone umide con vegetazione erbacea, più raramente si spinge nei boschi aperti.

#### 2.4.5 GLI ECOSISTEMI

Un ecosistema è un'unità ambientale funzionale, costituita da una comunità biotica, che è un gruppo di popolazioni interagenti, e dai fattori abiotici da cui dipendono gli organismi presenti in quella comunità. Ciascuna unità ecosistemica è definita come una porzione di territorio caratterizzata da omogeneità strutturale e funzionale, con confini non sempre individuabili con precisione in quanto non sempre riconducibili a limiti fisici.

L'individuazione delle principali unità ecosistemiche presenti nell'area di indagine è stata ricavata attraverso la fotointerpretazione delle relative ortofoto digitali e mediante l'analisi delle differenti classi di copertura del suolo e della vegetazione, ricavate dalla "Carta dell'uso del suolo", redatta nell'ambito dell'analisi della componente "Territorio e suolo" e dalla "Carta della vegetazione reale", elaborata per la componente in esame.

Queste attività hanno portato a trovare una corrispondenza tra le categorie individuate nella carta dell'uso del suolo e le tipologie di ecosistemi presenti, infatti le caratteristiche fisiche di un determinato territorio e le comunità vegetali in esso presenti sono strettamente correlate tra di loro e con le specie faunistiche che in tale territorio trovano le condizioni ideali per vivere.

L'area in esame è abbastanza omogenea, essendo caratterizzata prevalentemente da superfici boscate e secondariamente da zone coltivate, alle quali si aggiungono le reti di comunicazione ed i centri abitati.

Le unità ecosistemiche che si possono distinguere sono:

- Sistema forestale;
- Sistema arbustivo, dei cespuglieti e delle aree in evoluzione;
- Sistema delle aree aperte;
- Sistema agricolo;
- Sistema antropico;
- Sistema delle rupi, delle pareti rocciose e dei ghiaioni;
- Sistema dei litorali sabbiosi.

Gli ecosistemi individuati con la metodologia descritta sono stati riportati nell'elaborato T00IA34AMBCT02A "Carta delle unità ecosistemiche", cui di seguito se ne riporta uno stralcio.

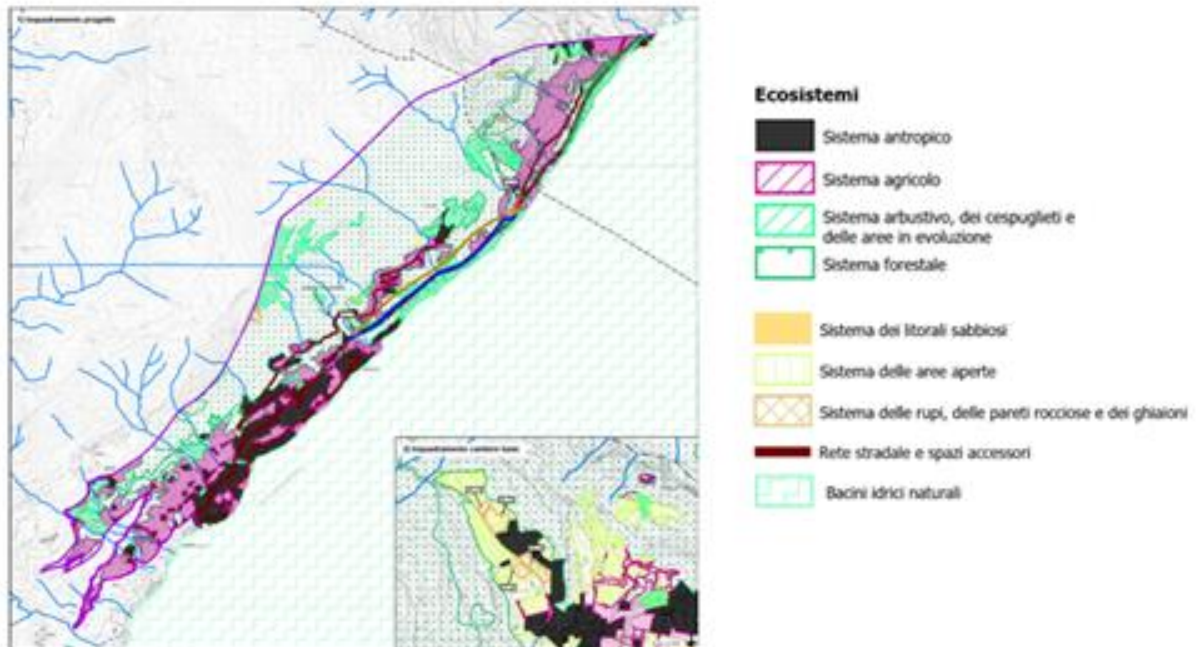


Figura 2-93 Stralcio dell'elaborato T00IA34AMBCT02\_A "Carta delle unità ecosistemiche"

Il **sistema forestale** rappresenta l'ecosistema dominante nell'area in esame ed è costituito prevalentemente da formazioni a ceduo di latifoglie e da formazioni miste di querce sempreverdi e altre latifoglie. Esso interessa le zone che si sviluppano a partire dalle frazioni abitate verso l'interno, salendo di quota verso Cima Comer ed il Monte Rocchetta.

Il sistema forestale generalmente ha una struttura che si presenta più complessa rispetto a quella degli altri ecosistemi e quindi tali ambienti possono ospitare un maggior numero di specie animali.

Essi assolvono numerose funzioni ecologiche fondamentali che concorrono al mantenimento degli equilibri ambientali generali tra cui, ad esempio, quello bioclimatico attraverso il ciclo fotosintetico e dell'evapotraspirazione e quello di consolidamento del suolo e di regolazione dei deflussi idrici.

Il **sistema arbustivo, dei cespuglieti e delle aree in evoluzione** è costituito, nell'area in esame, da zone caratterizzate da cespuglieti, da superfici con vegetazione erbacea ma con presenza di specie arboree e arbustive, da rocce con presenza di arbusti e nuclei arborei e/ alberi isolati. Tale ecosistema è rappresentato da aree in evoluzione, dove le condizioni ecologiche favoriscono la colonizzazione di specie ecotonali o specie di margine. Le specie di margine possono entrare da ecosistemi adiacenti, in questo caso i sistemi agricoli e quelli forestali.

Esso è rappresentato soprattutto da zone costiere, laddove si hanno pareti a strapiombo sul lago, e da superfici localizzate tra i boschi e gli oliveti.

Il **sistema delle aree aperte** è di ridotta estensione nell'area in esame ed è rappresentato essenzialmente da prati permanenti. Esso è maggiormente diffuso in zone esterne al progetto in esame, ma interessate da



alcuni cantieri. In queste zone, ricadenti nel comune di Tignale, l'ecosistema è costituito principalmente da praterie seminaturali regolarmente falciate e concimate in modo non intensivo.

Inoltre tale ecosistema è costituito da vegetazione erbacea che si sviluppa in alcuni tratti delle pareti rocciose, prevalentemente a ridosso del Lago di Garda; la vegetazione è costituita da comunità prevalentemente emicriptofitiche, ma con una possibile componente camefitica. Tali comunità sono prevalentemente prative, ma possono arricchirsi, negli aspetti più naturali, di cespugli ed esemplari arborei.

Il **sistema agricolo** costituisce un ecosistema seminaturale, che si differenzia da quelli naturali, prima di tutto per la propria origine, dovuta all'azione dell'uomo, e di conseguenza anche nelle componenti biotica ed abiotica che lo caratterizzano. In questo ecosistema vivono alcune specie animali meglio adattate a convivere e sfruttare la vicinanza dell'uomo e delle sue attività.

Nella zona in esame esso è costituito essenzialmente da oliveti, che si sviluppano soprattutto a ridosso delle zone abitate, e per poche superfici di estensione ridotta da vigneti. Inoltre è stata individuata un'area agroforestale, rappresentata da un oliveto abbandonato, che quindi è misto a vegetazione naturale.

Il **sistema antropico** è rappresentato da alcuni centri abitati, costituiti principalmente da frazioni, da case isolate e dalle vie di comunicazione. Questo ecosistema è in generale contraddistinto da un grado di naturalità estremamente basso, ma assume un forte valore di condizionamento e controllo su tutti gli altri. In tali sistemi possono talvolta instaurarsi situazioni che, sebbene "artificiali", si risolvono positivamente. Per questo si può notare che la fauna selvatica è sempre più a contatto con le attività e le abitazioni umane. Infatti nell'ecosistema antropico si creano nuove nicchie ecologiche e nuovi habitat che attraggono alcune specie animali e vegetali che altrimenti non troverebbero spazio o avrebbero maggiore competizione e predazione.

Il tessuto urbano, nell'area in esame, è principalmente discontinuo oppure sparso e nucleiforme, quindi si alterna a diversi spazi con presenza di vegetazione, principalmente impiantata dall'uomo. In particolare, nella zona di Gargnano, sono presenti le limonaie, alcune ancora attive, che per le loro caratteristiche fanno parte integrante del sistema antropico.

Il **sistema delle rupi e delle pareti rocciose** è caratterizzato da condizioni particolari, quali ad esempio la povertà dei suoli, la struttura compatta di rupi e pareti rocciose e le acclività spesso estreme, tali da renderlo inospitale e rendendone difficile la colonizzazione da parte di specie animali e vegetali.

Le specie vegetali che si rinvencono in questo ecosistema sono le casmofite, piante adatte alla crescita su pareti verticali, e le glareofite, che vivono sui ghiaioni e sulle pietraie mobili. Molti artropodi (in particolare lepidotteri, emitteri ed ortotteroidei) e alcuni vertebrati eterotermi, come i rettili, frequentano questo ecosistema per sfruttare i livelli particolarmente alti di esposizione alla luce solare e di temperatura diurna dei substrati.

Nell'area in esame esso è rappresentato solo da quattro aree di estensione ridotta, due ricadenti nel territorio di Tignale, delle quali una sul Monte Rocchetta, e due nel territorio di Gargnano, presso il filone del Monte Comero.

Il **sistema dei litorali sabbiosi** ha un'estensione ridotta ed è rappresentato da un'unica superficie, localizzata a nord dell'area in esame, nel territorio del comune di Tignale.

Inoltre, è presente una parte di un bacino naturale, quale è il Lago di Garda.

#### 2.4.6 LE AREE NATURALI TUTELATE

Al fine di individuare i principali serbatoi biologici presenti nell'area d'indagine sono stati analizzati gli eventuali Siti Natura 2000 e le Aree Naturali Protette.

L'area interessata dal progetto ricade all'interno del territorio della ZPS IT2070402 "Alto Garda Bresciano" e della ZSC IT2070016 "Cima Comer", entrambi oggetto di uno studio di incidenza nel quale saranno descritti dettagliatamente. Allargando lo sguardo alla zona circostante quella interessata dal progetto, vi sono altri due Siti della Rete Natura 2000: la ZSC IT2070015 "Monte Cas - Cima di Corlor" ed a distanza la ZSC IT2070021 "Valvestino".

Inoltre l'area ricade all'interno del Parco Naturale Regionale dell'Alto Garda Bresciano (EUAP 0193).

La **ZPS IT2070402 "Alto Garda Bresciano"** è un sito estremamente significativo dal punto di vista naturalistico per la presenza di numerosi habitat (comprendenti quelli di interesse comunitario), legati anche alla ampia escursione altitudinale.

La flora subalpina legata alle praterie calcaree e alle rupi carbonatiche è di valore internazionale.

Vi sono tre specie di interesse comunitario: la scarpetta di Venere *Cypripedium calceolus*, la sassifraga del Monte Tombea *Saxifraga tombeanensis* e la dafne delle rupi *Daphne petraea*. La ricca flora comprende numerose altre specie di interesse conservazionistico.

La ZPS ospita numerose specie nidificanti di interesse comunitario e più in generale conservazionistico, inoltre è un importante punto di convergenza delle correnti migratorie autunnali e primaverili per numerose specie di rapaci e per altre specie di pregio, quali la cicogna nera *Ciconia nigra*. Tra i nidificanti, spicca la presenza di numerosi rapaci, quali biancone *Circaetus gallicus*, falco pecchiaiolo *Pernis apivorus*, falco pellegrino *Falco peregrinus*, nibbio bruno *Milvus migrans*, astore *Accipiter gentilis*, sparviere *Accipiter nisus*, poiana *Buteo buteo*, gheppio *Falco tinnunculus* e aquila reale *Aquila chrysaetos*. Il sito risulta inoltre una delle pochissime aree lombarde in cui nidifici il picchio cenerino *Picus canus*.

Occasionalmente anche la lince *Lynx lynx* e l'orso bruno *Ursus arctos* si affacciano in questo angolo selvaggio delle Prealpi, testimoniandone l'elevato valore ambientale.

La maggior parte del territorio della **ZSC IT2070016 "Cima Comer"** è interessato da boschi. Sui versanti con esposizione Nord di Cima Comer, nei tratti più in quota, sono presenti lembi di faggeta contraddistinti

da faggi monumentali di dimensioni ragguardevoli. Sugli stessi versanti, a quote più basse, le formazioni forestali sono contraddistinte dalla presenza di faggio *Fagus sylvatica* e carpino nero *Ostrya carpinifolia*. Le formazioni forestali di maggiore rilevanza sono però le leccete, che qui presentano il limite settentrionale del loro areale distributivo.

Sulle rocce più acclivi, oltre ai lecci isolati e abbarbicati, sono ospitate comunità erbacee, pioniere o stabili, e piante casmofitiche, tipiche delle rupi calcaree.

In corrispondenza del crinale di Cima Comer ed in contatto con la faggeta, sono inoltre presenti piccole formazioni caratterizzate dalla presenza di betulla bianca *Betula pendula*, con buona probabilità frutto di una ricolonizzazione post-incendio.

La ZSC IT2070016 è particolarmente significativa quale sito riproduttivo e di transito durante le migrazioni per numerose specie ornitiche, in particolare rapaci diurni.

Come per altri siti gardesani, anche nella ZSC "Cima Comer" sono stati segnalati avvistamenti di orsi bruni provenienti dal progetto di ripopolamento della specie nel vicino Parco dell'Adamello-Brenta, denominato LIFE Ursus. Tra gli altri mammiferi si possono citare il capriolo *Capreolus capreolus* e alcuni mustelidi, quali il tasso *Meles meles*, la donnola *Mustela nivalis* e la faina *Martes foina*.

Degne di nota, tra i rettili, sono le segnalazioni di colubro liscio *Coronella austriaca* e saettone *Zamenis longissimus* oltre ai più comuni ramarro occidentale *Lacerta bilineata*, biacco *Hierophis viridiflavus* e lucertola muraiola *Podarcis muralis*, tutte specie inserite nell'Allegato IV della Direttiva Habitat.

Per quanto riguarda l'entomofauna vi sono due specie di pregio, quali il cerambice della quercia *Cerambix cerdo* e il cervo volante *Lucanus cervus*, l'ecologia dei quali è strettamente correlata alla presenza di grandi alberi marcescenti.

La **ZSC IT2070015 "Monte Cas - Cima di Corlor"** è collocata all'estremità nord-orientale della provincia di Brescia e comprende un territorio quasi interamente costituito da scogliere e falesie carbonatiche che si estende lungo la costa lombarda del Lago di Garda, dalla località Prato della Fame a sud sino alla Punta di Corlor a nord, spingendosi per qualche centinaio di metri nell'entroterra gardesano solo in corrispondenza delle due profonde forre scavate dai torrenti S. Michele e Brasa.

La vegetazione che caratterizza questo spettacolare paesaggio rupestre ha una connotazione mediterranea. La forte pendenza propria di simili ambienti condiziona fortemente la distribuzione della copertura vegetale, che appare frammentata e localizzata principalmente sulle balze rocciose. Dove il pendio consente la formazione di un minimo di suolo, si sviluppano imponenti boscaglie di leccio *Quercus ilex*.

Dove il microclima è più umido e fresco le pareti rocciose, grazie alle peculiari condizioni microambientali presenti, ospitano diverse specie floristiche endemiche delle Prealpi meridionali, quali *Campanula carnica* ssp. *carnica*, *Physoplexis comosa*, *Paederota bonarota* e *Valeriana saxatilis*, qui riscontrabili a quote eccezionalmente basse.

L'habitat più rappresentativo del sito è costituito da superfici rocciose che presentano una debole copertura vegetale ascrivibile all'ordine *Potentilletalia caulescentis* (8210). È qui possibile ritrovare alcune specie rupicole di particolare pregio naturalistico quali *Leontodon tenuiflorus* e *Moehringia bavarica*. Significativa è

inoltre la presenza di stazioni di dafne delle rupi *Daphne petraea*, specie inserita nell'Allegato II della Direttiva Habitat 92/43/CEE.

L'area è particolarmente vocata come sito riproduttivo per rapaci diurni e notturni di interesse conservazionistico, quali ad esempio il biancone *Circaetus gallicus*, il falco pellegrino *Falco peregrinus*, il nibbio bruno *Milvus migrans* e il gufo reale *Bubo bubo*.

Nel sito è accertata la presenza di numerose specie di chiroteri, quali ad esempio il molosso di Cestoni *Tadarida teniotis*, il pipistrello albolimbato *Pipistrellus kuhlii* ed il pipistrello di Savi *Hypsugo savi*.

Anche l'erpetofauna dell'area annovera alcune specie di particolare interesse, quali il colubro liscio *Coronella austriaca* ed il saettone *Zamenis longissimus*.

La **ZSC IT2070021 "Valvestino"** rappresenta un ampio settore interno del territorio del Parco dell'Alto Garda Bresciano, un complesso molto movimentato di valli secondarie rispetto alla valle principale percorsa dal torrente Toscolano.

Lo sviluppo altitudinale è ampio, questo favorisce la presenza di numerose comunità vegetali, articolate secondo fasce altitudinali differenti in orizzonti di vegetazione.

La vegetazione casmofitica (*Potentilletalia caulescentis*) che occupa le cenge rocciose è ricchissima di elementi endemici pregiati e unici.

Le mughete chiuse appaiono ben strutturate e rappresentative dell'habitat che è prioritario (4070).

Tra i boschi di latifoglie, particolare rilevanza rivestono le faggete classificate come Aremonio-Fagion (91K0), faggete destrutturate, spesso con abbondante presenza di carpino nero *Ostrya carpinifolia* che a volte domina sul faggio *Fagus sylvatica*.

Particolare valore, dal punto di vista fitogeografico, assumono le faggete a Tasso *Taxus baccata*, che si sviluppano sui pendii umidi nelle forre della Valvestino.

Nella zona che comprende l'alta Valvestino sono note complessivamente ben ventuno specie vegetali endemiche, delle quali otto incluse come "rare" nella Lista Rossa mondiale IUCN delle piante considerate minacciate di estinzione e che necessitano quindi di assoluta protezione.

La ZSC ospita un'elevata ricchezza di specie faunistiche di interesse comunitario con una posizione di rilievo occupata dalla classe degli uccelli, che comprende numerose specie nidificanti, sia residenti che migratrici.

L'area è inoltre un importante punto di convergenza delle correnti migratorie autunnali e primaverili. Tra i rapaci si possono citare biancone *Circaetus gallicus*, falco pecchiaiolo *Pernis apivorus*, falco pellegrino *Falco peregrinus*, nibbio bruno *Milvus migrans*, gufo reale *Bubo bubo*, civetta capogrosso *Aegolius funereus*. Tra i galliformi di montagna vi è il gallo cedrone *Tetrao urogallus*.

L'entomofauna è ricca e diversificata, comprendendo specie di grande interesse conservazionistico specialmente tra i lepidotteri, come ad esempio *Coenonympha oedippus*, *Maculinea arion*, *Maculinea rebeli*, *Parnassius apollo tombeanensis*.

Il territorio del **Parco Regionale dell'Alto Garda Bresciano (EUAP 0193)**, istituito con Legge Regionale n. 24 del 1.12.2003, comprende il bacino occidentale del Garda e parte delle Giudicarie. Le notevoli diversità

climatiche e geomorfologiche della zona determinano una interessante varietà di ambienti, con un ecosistema lacustre caratterizzato da flora di tipo submediterraneo e un ecosistema prealpino e alpino ricco di rarità floristiche ed endemismi. A pochi chilometri di distanza in linea d'aria, infatti, si passa dalle Limonaie e dalle formazioni vegetali tipiche mediterranee ai boschi di carpini e querce e, più in alto alle splendide faggete e mughete. Di grande rilievo è la presenza della Foresta Demaniale Gardesana Occidentale gestita dall'ERSAF, la più estesa di tutta la Lombardia

L'area in esame ricade nell'**IBA 058 "Alto Garda Bresciano"**.

Le IBA (Important Bird areas) sono siti individuati in tutto il mondo, sulla base di criteri ornitologici applicabili su larga scala, da parte di associazioni non governative che fanno parte di BirdLife International.

Il primo programma IBA nasce nel 1981 grazie a un incarico conferito della Commissione europea all'ICBP (*International Council for Bird Preservation*, oggi *BirdLife International*) per l'individuazione delle aree prioritarie per la conservazione degli uccelli selvatici in Europa; in Italia la prima pubblicazione dell'inventario IBA risale al 1989 ed è stato redatto dalla LIPU.

L'inventario delle IBA di BirdLife International fondato su criteri ornitologici quantitativi, è stato riconosciuto dalla Corte di Giustizia Europea (sentenza C-3/96 del 19 maggio 1998) come strumento scientifico per l'identificazione dei siti da tutelare come ZPS. Esso rappresenta quindi il sistema di riferimento nella valutazione del grado di adempimento alla Direttiva Uccelli, in materia di designazione di ZPS (Brunner A., Celada C., Gustin M., Rossi P., 2002).

Le IBA sono oggetto di periodici censimenti ed aggiornamenti: l'ultimo aggiornamento delle IBA per l'Italia è quello che ha portato alla pubblicazione della *Relazione finale "Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA (Important Bird areas)"* nel 2002.

L'IBA Alto Garda Bresciano è un'area montuosa prealpina che comprende parte del bacino imbrifero occidentale del Lago di Garda e delle Alpi Giudicarie. Ad ovest e ad est il perimetro coincide con il confine del Parco dell'Alto Garda Bresciano. A nord il confine dell'IBA corre lungo il crinale del Corno Nero, mentre il confine sud è il crinale del Monte Pizzoccolo. L'IBA include le zone a maggior pregio ornitologico del Parco. Tra le numerose specie ornitiche che caratterizzano l'IBA 058 vi sono: biancone *Circaetus gallicus*, falco pecchiaiolo *Pernis apivorus*, falco pellegrino *Falco peregrinus*, nibbio bruno *Milvus migrans*, gufo reale *Bubo bubo*, succiacapre *Caprimulgus europaeus*, picchio nero *Dryocopus martius*, averla piccola *Lanius collurio*.

#### 2.4.7 LE RETI ECOLOGICHE

Il modello di **Rete Ecologica** proposto dalla **Regione Lombardia** è un modello di rete polivalente che è basato su due elementi fondamentali, biodiversità e servizi ecosistemici, e sulle reciproche relazioni. Pertanto oltre agli indirizzi tecnici specifici per la rete ecologica regionale si sono considerati anche quelli normativi strategici più attinenti alla relazione biodiversità/servizi ecosistemici.

Gli elementi della RER sono:

A. Elementi primari

- 1) Elementi di primo livello
    - a. compresi nelle Aree prioritarie per la biodiversità
    - b. altri elementi di primo livello
  - 2) Gangli (solo per il Settore Pianura Padana lombarda e Oltrepò Pavese)
  - 3) Corridoi regionali primari
    - a. ad alta antropizzazione
    - b. a bassa o moderata antropizzazione
  - 4) Varchi
    - a. da mantenere
    - b. da deframmentare
    - c. da mantenere o deframmentare
- B. Elementi di secondo livello
- 1) Aree importanti per la biodiversità non ricomprese nelle Aree prioritarie
  - 2) Elementi di secondo livello delle Reti Ecologiche Provinciali, quando individuati secondo criteri naturalistici/ecologici e ritenuti funzionali alla connessione tra Elementi di primo e/o secondo livello.

Tutta l'area in esame, che quindi comprende l'area interessata dal progetto, ricade in una delle aree prioritarie individuate dalla RER: Alto Garda Bresciano (51). Quest'ultima è "un'area ricca di ambienti di pregio naturalistico, i quali si distribuiscono in senso altitudinale dalla fascia a vegetazione mediterranea propria delle sponde a quella a carattere più alpino propria dell'entroterra. Al suo interno vi sono comprese foreste di latifoglie e di conifere, aree prative, zone umide e ambienti carsici. La rilevanza floristica è di tipo internazionale, per la presenza di numerosi endemismi. Anche la componente faunistica annovera specie di rilievo tra i Lepidotteri. L'Area è interamente compresa nel Parco Alto Garda Bresciano e in diversi Siti Natura 2000." Limitrofa alla suddetta area ve ne è un'altra: Lago di Garda (20).

Gli "Altri elementi di primo livello", nella zona in esame, sono rappresentati solo dal Parco Alto Garda Bresciano (settori non compresi nelle Aree prioritarie).

Nell'area in esame non vi ricadono corridoi regionali primari e neanche varchi, questi ultimi in particolare nel settore alpino e prealpino sono quasi tutti collocati lungo i principali corsi d'acqua.





*Figura 2-94 Corridoi regionali primari (a bassa o moderata antropizzazione in arancione, ad alta antropizzazione in rosso) rispetto all'area di interesse (delineata in blu). (Fonte: Rete ecologica Regionale, redatta dalla FLA (Fondazione Lombardia per l'Ambiente) e dalla Direzione Generale Qualità dell'Ambiente della Regione Lombardia)*

Gli elementi di secondo livello sono rappresentati solo dalle Aree importanti per la biodiversità esterne alle Aree prioritarie, costituite nell'area in esame da: FV 70 Alto Garda Bresciano (area importante per la flora e la vegetazione); MI 30 Lago di Valvestino e MI 32 Tignale – Tremosine (aree importanti per i Miceti); IN 61 Alto Garda Bresciano (area importante per gli invertebrati); UC 68 Alto Garda Bresciano e UC 02 Lago di Garda (aree importanti per gli uccelli); MA 34 Prealpi Bresciane (Area importante per i mammiferi); CP 58 Alto Garda Bresciano e CP51 Lago di Garda (aree importanti per cenosi acquatiche e pesci); AR 76 Valvestino - Toscolano - Cima Comer (Area importante per anfibi e rettili).

Nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Brescia, attualmente vigente (approvato con Delibera di Consiglio n. 31 del 13 giugno 2014, poi il piano è diventato efficace con la pubblicazione dell'avviso di definitiva approvazione sul BURL Serie Avvisi e concorsi n. 45 del 5 novembre 2014 e successivamente aggiornato), è stata redatta la "carta della Rete Ecologica Provinciale".

La **Rete Ecologica Provinciale**, infatti, ha recepito, rispetto alla sua stesura iniziale, indicazioni fornite dalla Regione tramite apposita Normativa e strumenti di Pianificazione.

La Rete Ecologica Regionale (R.E.R.) (Deliberazione di Giunta Regionale 30 dicembre 2009 – n. VIII/10962 "Rete Ecologica Regionale: approvazione degli elaborati finali, comprensivi del Settore Alpi e Prealpi") individua nel territorio provinciale di Brescia i seguenti elementi:

- Elementi di primo livello della RER
- Elementi di secondo livello della RER
- Corridoi primari a alta antropizzazione
- Corridoi primari a bassa e moderata antropizzazione
- Varchi da deframmentare

- Varchi da tenere e deframmentare
- Varchi da tenere

Il sistema di riferimento della rete ecologica provinciale è dato da:

- Rete Natura 2000 ed aree protette
- Rete Ecologica Regionale
- Le aree per la biodiversità
- Sintesi del valore naturalistico dell'uso del suolo

La Rete Ecologica Provinciale di Brescia ha individuato le seguenti aree funzionali:

Principali ambiti lacustri: comprende i soli bacini idrici del Lago di Garda, del Lago di Iseo e del Lago d'Idro, che rappresentano capisaldi fondamentali del sistema ecologico del bacino del fiume Po.

Aree di elevato valore naturalistico: sono le aree che presentano elementi di pregio naturalistico e habitat di interesse comunitario. Esse corrispondono a porzioni del territorio provinciale, sia in aree di montagna che di pianura, che ricadono prevalentemente all'interno degli elementi di primo livello della RER. Questa fattispecie comprende le seguenti categorie:

- Core areas: Ambiti territoriali d'area vasta caratterizzati dalla dominanza di elementi naturali di elevato valore naturalistico ed ecologico che costituiscono i nodi della rete. Questi nodi si appoggiano sui Siti di Rete Natura 2000 e su altre aree ad elevata naturalità attuale, e si collegano idealmente ad una più ampia rete ecologica di livello internazionale;
- Ambiti di specificità biogeografica di rilevanza provinciale: Ambiti con elevati livelli di specificità biogeografica per i quali è opportuno limitare flussi di materiali ed organismi teoricamente in grado di inquinare i patrimoni genetici esistenti.
- Matrici naturali interconnesse alpine in ambiti di primo livello della RER: L'ambito montano è connotato dalla prevalenza di unità ecosistemiche naturali o paranaturali che costituiscono la matrice fondamentale della porzione montana della provincia.
- Aree principali di appoggio in ambito montano in ambiti di primo livello della RER.

Aree naturali di completamento: sono costituite dalle aree alle quali viene riconosciuta una elevata rilevanza naturale che non risultano ricomprese all'interno degli elementi di cui alla voce precedente, ma ne costituiscono un completamento.

Ambito di consolidamento ecologico delle colline moreniche del Garda: le colline moreniche rappresentano un ambito di particolare rilevanza ecologica sia per la sopravvivenza di un sistema diffuso di fasce boschive e di un ecosistema articolato, sia per la posizione; queste due caratteristiche assegnano all'ambito anche un potenziale ruolo di connessione tra l'ambito montano e la pianura.

Corridoi ecologici principali: i corridoi ecologici individuati per la Rete Ecologica Provinciale derivano da una maggiore specificazione operata su quelli presenti nella RER, mantenendo la distinzione relativa al

maggiore o minore livello di antropizzazione interna che li caratterizza. Si hanno pertanto:

- Corridoi ecologici primari altamente antropizzati in ambito montano: sono costituiti dai corridoi ecologici corrispondenti alle valli Camonica, Trompia e Sabbia che presentano rilevanti problematiche di continuità date dall'elevata densità degli insediamenti urbani nei fondivalle.
- Corridoi ecologici primari a bassa/media antropizzazione in ambito di pianura: sono costituiti dai corridoi ecologici della pianura che hanno caratteristiche di minore pressione insediativa interna, potendo svolgere un ruolo concreto nella definizione di elementi di collegamento tra le aree ad elevata naturalità.

Aree per la ricostruzione polivalente dell'agroecosistema: rappresentano le aree agricole soggette a potenziali fenomeni di frammentazione e abbandono conseguenti all'espansione delle strutture urbane ed alla realizzazione delle infrastrutture.

Ambito dei fontanili: la fascia dei fontanili dell'alta pianura rappresenta un sistema di grande rilevanza ecologica per l'assetto ecosistemico determinato da questa particolare forma di utilizzo irriguo delle acque. L'attuale sistema ecologico dei fontanili, pur avendo subito grandi modifiche, mantiene ancora un grande rilievo nell'agroecosistema bresciano e ne giustifica l'assegnazione di un ruolo rilevante nella rete ecologica della pianura.

Corridoi ecologici secondari: costituiscono direttrici privilegiate all'interno della pianura che connettono tra loro i corridoi individuati dalla RER, ricalcando percorsi di permeabilità esistenti che sarebbe opportuno mantenere in essere.

Ambiti urbani e periurbani preferenziali per la ricostruzione ecologica diffusa: sono aree corrispondenti alle zone periurbane, limitrofe o intercluse tra l'urbanizzato, che possono interessare aree di frangia urbana e che presentano caratteri di degrado e frammentazione ed aree extraurbane, intese quali aree agricole esterne agli ambiti urbani caratterizzate dalla presenza di consistenti elementi vegetazionali.

Varchi: oltre ai varchi della RER vengono individuati elementi areali localizzati in corrispondenza di spazi non interessati da urbanizzazione o infrastrutturazione, caratterizzati da una forte pressione insediativa all'intorno, che rischia di occludere la continuità attualmente esistente tra gli elementi della Rete Ecologica.

Aree problematiche all'interno dei corridoi ecologici: rappresentano quelle aree, presenti all'interno dei corridoi ecologici primari altamente antropizzati in ambito montano, per le quali sussistono problematiche connesse alla presenza di insediamenti produttivi / commerciali / logistici con elevate caratteristiche di copertura del suolo, impermeabilizzazione e, in generale, di artificializzazione. Sarebbe opportuno evitare, per quanto possibile, l'espansione ulteriore di questi ambiti o la loro riqualificazione al fine di mitigarne gli effetti sulla funzionalità complessiva del corridoio nel quale ricadono.

Fronti problematici all'interno dei corridoi ecologici: sono costituiti da quei fronti edificati continui, individuati all'interno dei corridoi ecologici primari altamente antropizzati in ambito montano, la cui presenza può costituire una barriera alle connessioni trasversali del corridoio ecologico e per i quali dovrebbe essere evitato l'ulteriore avanzamento del confine del fronte onde evitare fenomeni occlusivi del corridoio medesimo nel lungo periodo.

Principali punti di conflitto della rete con le infrastrutture prioritarie: il territorio provinciale, sia nell'ambito

montano che in quello di pianura, è interessato dalla presenza di numerosi tracciati infrastrutturali che si configurano come barriere che ostacolano la continuità ecologica degli elementi della rete.

Diretrici di collegamento esterno: un progetto di rete ecologica deve tener conto anche delle connessioni con realtà territoriali esterne ed in particolare con quanto individuato dalle reti ecologiche delle province limitrofe. La rete ecologica individua dunque le principali direttrici di permeabilità verso i territori esterni, per le quali dovranno essere verificate quali possano essere le forme di coordinamento delle varie amministrazioni coinvolte.

Nella "carta della Rete Ecologica Provinciale" si osserva l'assenza di corridoi ecologici sia nell'area interessata dall'intervento che in quella ad esso limitrofa, entrambe, però, ricadono negli elementi individuati come "Aree di elevato valore naturalistico". Inoltre, nell'area è presente un corridoio locale ed un varco.



*Figura 2-95 Area di progetto e dei cantieri (linee rosse) su stralcio della Tav. 4 Rete Ecologica Provinciale - In verde - Aree ad elevato valore naturalistico; con righe oblique - Elementi di primo livello della RER; in azzurro - Principali ecosistemi lacustri; linea viola - Corridoi locali; linea blu - Delimitazione varco (Fonte: PTCP della Provincia di Brescia)*

Ovviamente nella Carta della Rete Ecologica Provinciale di Brescia viene riportata la presenza, nell'area in esame, della ZPS IT2070402 "Alto Garda Bresciano", della ZSC IT2070016 "Cima Comer" e del Parco Regionale dell'Alto Garda Bresciano, che costituiscono dei serbatoi biologici.

Infine, la Rete Ecologica Provinciale di Brescia evidenzia che rientra nella zona "Alpi e Prealpi": elementi di primo livello della RER.

Il **Piano del Parco Alto Garda Bresciano** individua gli elementi portanti della rete ecologica, che forma la struttura del sistema ambientale del Parco; tali elementi si articolano in:

Emergenze del sistema ambientale primario: comprendono gli ambiti di particolare valenza e/o potenzialità ambientale e naturalistica individuate principalmente nella zona proposta a Parco naturale.

Ambiti di integrazione del sistema ambientale primario: comprendono gli ambiti che richiedono interventi di potenziamento della propria struttura ecologica e del grado di naturalità, ma necessari al consolidamento, completamento e potenziamento della rete ecologica del Parco.

Ambiti a potenzialità ecologica diffusa: comprendono il resto del territorio, compreso quello a margine dei sistemi urbani, di minore interesse per la definizione del quadro strutturale, all'interno del quale sono comunque presenti potenzialità ambientali ed ecologiche diffuse.

Ambiti speciali: Area proposta a Parco naturale; Sito di Interesse Comunitario; Emergenze floristico vegetazionali; Riserva naturale Valle di Bondo; Stagni, torbiere e zone umide estese, pozze naturali per la riproduzione degli anfibi.

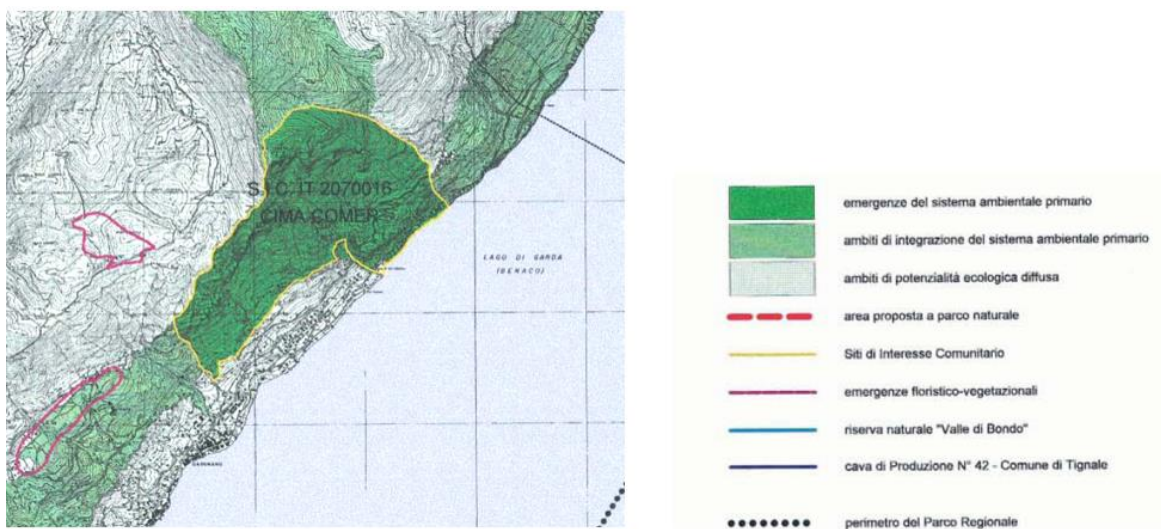


Figura 2-96 Stralcio, e relativa legenda, della Tav. A.1.1 Quadro strutturale: il sistema ambientale (Fonte: Piano del Parco regionale dell'Alto Garda Bresciano)

A livello comunale è stato redatto lo "studio ecologico del territorio comunale" al fine di dotare il Comune di Gargnano di un proprio progetto di **Rete Ecologica Comunale**, in quanto ne risultava privo. L'occasione che ha permesso la predisposizione dello studio ecologico è stata la variante n. 1 al vigente Piano di Governo del Territorio, approvato in via definitiva il 04/02/2011 con Deliberazione n. 03/2011.

Il suddetto studio ha permesso di redigere la "Carta degli elementi di interesse ecologico a scala locale", in essa sono riportati i seguenti elementi:

- Ambiti di integrazione del sistema ambientale primario: costituiscono gli Ambiti di Integrazione del Sistema Ambientale Primario del Piano Territoriale di Coordinamento del Parco Alto Garda Bresciano, i quali, in alcune aree, hanno perso nel tempo una parte delle proprie caratteristiche di integrità (es. per edificazione diffusa o presenza di elettrodotti significativi). Essi sono gli elementi secondari che connettono le emergenze del sistema ambientale. Vengono, quindi, assunti come corridoi ecologici di primo livello relativamente alla scala comunale, seppure la loro articolazione si



estenda oltre i confini comunali.

- Emergenze del sistema ambientale primario: comprendono gli ambiti di particolare valenza e/o potenzialità ambientale e naturalistica (Siti della Rete Natura 2000, Parchi, ecc.)
- Elementi di appoggio a scala locale della rete ecologica (boschi interclusi, oliveti inselvaticati, incolti): sono aree con funzione di appoggio (stepping-stones) che collegano gli elementi della rete ecologica locale. Essi sono costituiti prevalentemente da aree boschive inserite all'interno della matrice urbana o agricola comunale, ma anche incolti o neoformazioni boschive in zona agricola, così come il verde urbano.
- Punti di conflitto tra REC e infrastrutture: sono i punti nei quali i corridoi ecologici di tipo locale entrano in conflitto con le infrastrutture principali (strade provinciali o comunali). In tali situazioni si verificano fenomeni di interferenza soprattutto con il flusso di specie animali terrestri.
- Elettrodotti: elemento di particolare criticità per l'ambiente gardesano, soprattutto in riferimento alla collisione e alla conseguente elettrocuzione da parte dell'avifauna.
- Rete stradale in contesto naturale o naturaliforme: la viabilità in Comune di Gargnano non assume un ruolo particolarmente negativo in termini ecologici, per la presenza ormai consolidata e per l'attraversamento di contesti ambientali ricchi di connessioni distribuite in molti punti dei tracciati stradali. L'elemento viabilità viene pertanto individuato tra gli elementi detrattori unicamente per completezza.
- Corridoi ecologici di livello comunale esistenti: Sono costituiti dagli elementi di connessione interni al tessuto comunale non già normati o individuati da strumenti sovraordinanti, ai quali si appoggiano. Essi sono ubicati sulla rete idrografica che scende verso il lago di Garda.
- Corridoi ecologici di livello comunale compromessi: costituiscono le porzioni dei corridoi esistenti che sono compromessi o da recuperare.
- Aree di discontinuità delle reti sovraordinate: sono rappresentate da nuclei edificati presenti lungo la costa che, vista la natura del territorio interessato, caratterizzata da elevati livelli di naturalità e compattezza, non sono considerati delle vere barriere, ma solo zone di discontinuità in quanto limitatamente influenti a livello ecologico complessivo.

Nel territorio in esame sono presenti i seguenti elementi, tra quelli della Rete Ecologica Comunale:

- Emergenze del sistema ambientale primario.
- Ambiti di integrazione del sistema ambientale primario.
- Elementi di appoggio a scala locale della rete ecologica.
- Corridoi ecologici di livello comunale esistenti.
- Corridoi ecologici di livello comunale compromessi.
- Aree di discontinuità delle reti sovraordinate.
- Elettrodotti.
- Rete stradale in contesto naturale o naturaliforme.
- Punti di conflitto tra REC e infrastrutture.



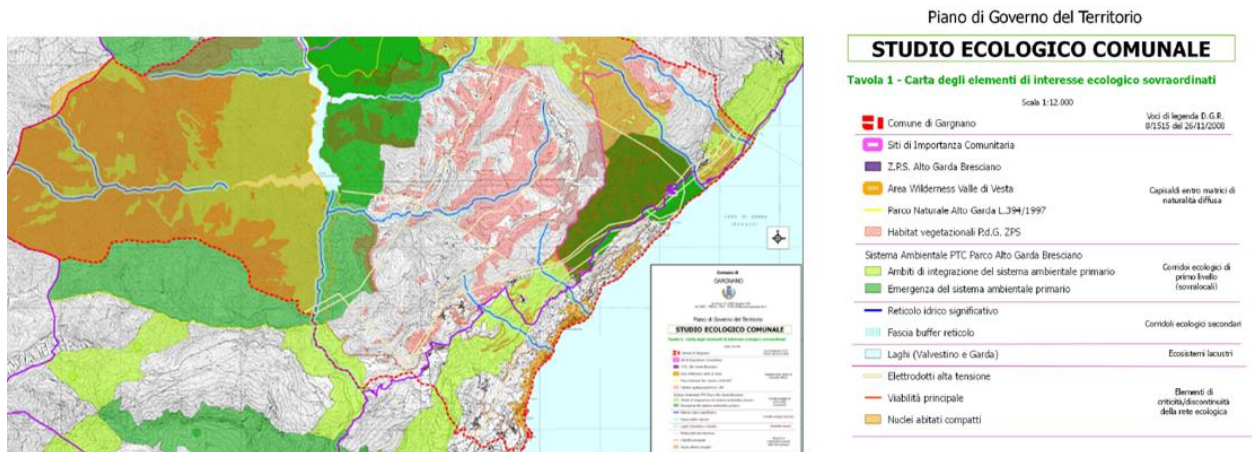


Figura 2-97 Stralcio della "Carta degli elementi di interesse ecologico sovraordinati" (Fonte: Piano di Governo del territorio di Gargnano)

Per quanto riguarda il comune di Tignale, la Rete Ecologica Comunale è stata definita nell'ambito della variante N. 1 al "Piano di governo del territorio", (approvato con deliberazione del C.C. N.7 del 14 giugno 2010). La rete ecologica comunale tiene conto della Rete Ecologica Regionale e della Rete Ecologica Provinciale, in particolare tutto il territorio del Comune di Tignale ricade all'interno di un Elemento di primo Livello della Rete Ecologica Regionale, quale è la citata area prioritaria Alto Garda Bresciano.

Gli elementi riportati nel progetto di rete ecologica comunale sono:

- Capisaldi entro matrici di naturalità diffusa, costituiti da: Sistema ambientale del P.T.C. (parco naturale l. 394/97); Habitat vegetazionali P.d.G. ZPS; Siti di interesse comunitario (Valvestino, Corno della Marogna, Monte Cas-Cima Corlor, Cima Comer).
- Corridoi ecologici di primo livello, costituiti da: Sistema ambientale del P.T.C. – emergenze, Sistema ambientale del P.T.C. – ambiti di integrazioni.
- Corridoi ecologici secondari, costituiti dal reticolo idrografico.
- Ecosistemi lacustri, costituiti dal lago di Garda.
- Elementi di criticità/discontinuità della rete ecologica, costituiti da: nuclei edificati e viabilità principale, elettrodotti.

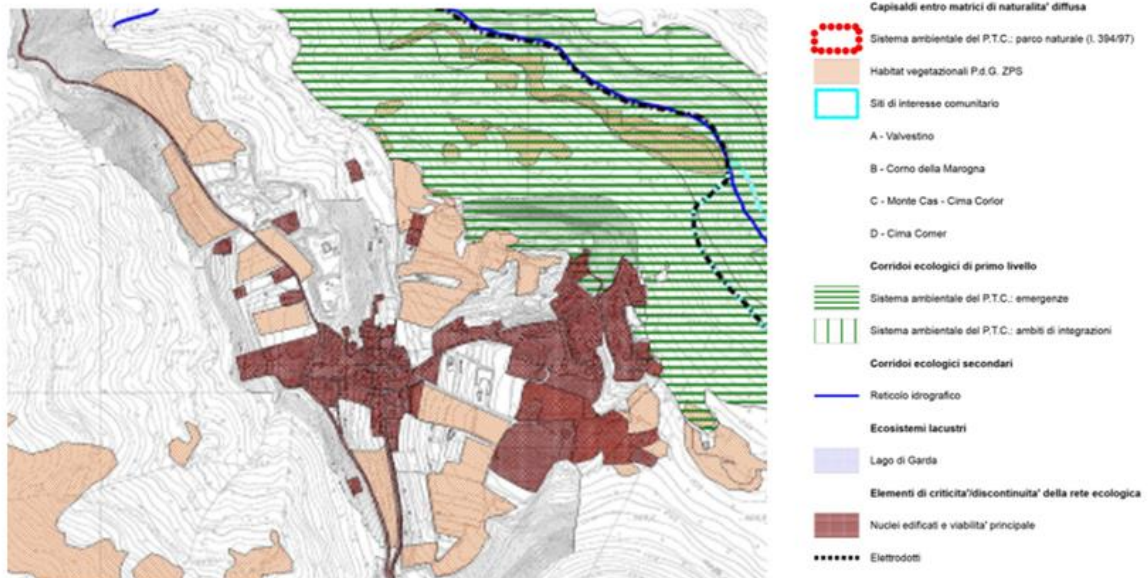


Figura 2-98 Stralcio della "Struttura della R.E.C." (Fonte: Piano di Governo del territorio di Tignale)

Nell'ambito dell'analisi della componente biodiversità è stata redatta la "Carta dell'ecomosaico - rete ecologica", che è stata elaborata a partire dalle seguenti carte: "Carta degli elementi di interesse ecologico sovraordinati" e "Carta degli elementi di interesse ecologico a scala locale", allegate allo Studio ecologico comunale del Piano di Governo del Territorio di Gargnano; "Struttura della R.E.C.", tavola del progetto di rete ecologica comunale, della Variante N.1 al P.G.T. di Tignale. Nella suddetta carta sono stati inoltre riportati i principali serbatoi di biodiversità costituiti dai Siti Natura 2000 (ZSC IT2070016 "Cima Comer" e ZPS IT2070402 "Alto Garda Bresciano"), dal Parco regionale naturale dell'Alto Garda Bresciano e dall'IBA "Alto Garda Bresciano".

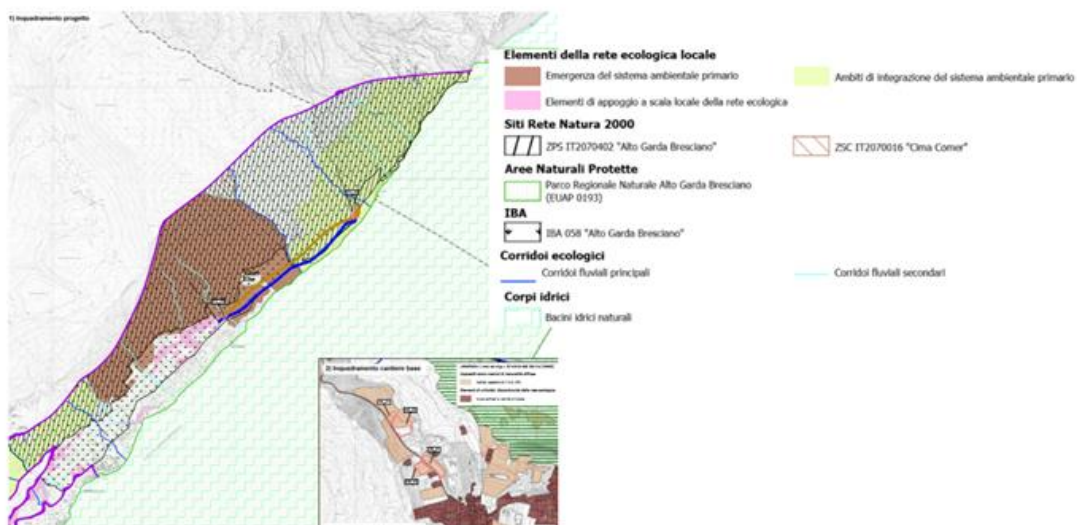


Figura 2-99 Stralcio dell'elaborato T00IA34AMBCT03\_A "Carta dell'ecomosaico-rete ecologica"

## 2.5 RUMORE E VIBRAZIONI

Per la caratterizzazione del contesto ambientale attuale relativo alla componente ambientale di riferimento si rimanda integralmente allo Studio acustico allegato al presente SIA (elaborato "T00IA35AMBRE01A").

## 2.6 SALUTE UMANA

### 2.6.1 INQUADRAMENTO TEMATICO

L'obiettivo principale di questo studio è individuare le eventuali interferenze dovute alla presenza e all'esercizio dell'infrastruttura stradale sullo stato di salute degli abitanti residenti nelle vicinanze della galleria in progetto nel comune di Gragnano.

Nel 1948 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha definito la salute come "uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale e non solamente l'assenza di malattia".

Questa definizione amplia lo spettro di valutazioni che normalmente vengono effettuate per la caratterizzazione e l'analisi della componente Salute umana, in quanto nella valutazione del benessere delle popolazioni o dei singoli individui coinvolti vengono introdotti anche gli elementi psicologici e sociali. Pertanto, in un'ottica medico-sociale moderna, la salute è garantita dall'equilibrio tra fattori inerenti lo stato di qualità fisico-chimica dell'ambiente di vita e quelli riguardanti lo stato di fruizione degli ambienti e le condizioni favorevoli per lo svolgimento delle attività, degli spostamenti quotidiani e di qualsiasi altra azione quotidiana.

Attualmente si dispone di una conoscenza approfondita del legame esistente fra la salute e le concentrazioni di sostanze patogene alle quali si è esposti. La relazione fra salute e livelli quotidiani di inquinamento risulta, invece, molto più complessa; molte malattie infatti, sono causate da una combinazione di più fattori, di ordine economico, sociale e di stile di vita e ciò rende difficile isolare gli elementi di carattere specificamente ambientale.

La caratterizzazione dello stato attuale è strutturata in quattro fasi:

- screening delle principali fonti di disturbo per la salute umana
- analisi del contesto demografico, del profilo epidemiologico sanitario condotta attraverso il supporto di studi epidemiologici e di dati statistici;
- analisi dei fattori di pressione presenti;
- stima delle condizioni allo stato attuale della popolazione residente in prossimità dell'area in esame, partendo dallo scenario relativo alle componenti "Aria e clima" (cfr. par. 2.1) e "Rumore" (cfr. par. 2.4).

La prima fase di analisi rappresentata dallo screening delle principali fonti di disturbo per la salute umana, vede l'individuazione dei principali fattori che possono avere effetti sulla salute umana.

Come meglio spiegato all'interno del suddetto paragrafo, data la tipologia di opera in esame, sono state individuati i due ambiti nei quali ricercare le potenziali fonti di impatto sulla componente: il clima acustico e la qualità dell'aria.

Per quanto concerne la seconda fase, dall'analisi delle caratteristiche dell'operatività dell'infrastruttura stradale, delle potenziali fonti di disturbo da esse generate e dalla disponibilità di dati relativi allo stato di salute delle popolazione di interesse, sono stati raccolti i dati necessari alla caratterizzazione dello stato attuale degli abitanti, sia dal punto di vista demografico che epidemiologico.

Al fine di fornire un quadro completo del contesto conoscitivo, si è ritenuto utile definire lo scenario dei fattori di pressione presenti in prossimità dell'infrastruttura stradale.

#### 2.6.2 SCREENING DELLE FONTI DI DISTURBO DELLA SALUTE UMANA

Al fine di individuare le principali patologie che possono compromettere la salute dell'uomo, la prima operazione che è stata compiuta è l'individuazione delle potenziali fonti di disturbo derivanti dalle attività relative all'infrastruttura stradale in esame.

Nello specifico, le principali azioni che possono avere effetti sulla salute umana possono essere ricondotte in primo luogo alla produzione di emissioni atmosferiche ed acustiche determinate dal traffico.

In tal senso, le principali patologie legate all'esercizio di una infrastruttura stradale possono essere:

- cardiovascolari;
- respiratorie;
- polmonari;
- tumorali;
- alterazioni del sistema immunitario e delle funzioni psicologiche e psicomotorie.

#### Inquinamento atmosferico e salute umana

L'inquinamento atmosferico è definito dalla normativa italiana come "ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente" (art. 268, comma 1 let. a del D.lgs. 152/2006 e smi).

Si è soliti distinguere gli effetti dell'inquinamento atmosferico in effetti di tipo acuto a breve latenza ed effetti cronici. I primi si manifestano in modo episodico in occasione di picchi d'inquinamento e comportano disturbi che interessano principalmente l'apparato respiratorio ed il sistema cardiovascolare.

Nel lungo termine (dopo anni di esposizione a livelli eccessivi di inquinamento), invece, in alcuni soggetti possono svilupparsi malattie ad andamento cronico (broncopneumopatie croniche, tumori, ecc.).

I principali inquinanti, caratterizzati dagli ossidi di azoto e dal particolato, sono di seguito descritti, evidenziando gli effetti di entrambi sulla salute pubblica:

Ossidi di Azoto (NOx): in atmosfera sono presenti diverse specie di ossidi di azoto, tuttavia per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NOx che sta ad indicare la somma pesata del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

L'NO è un gas incolore, insapore ed inodore prodotto soprattutto nel corso dei processi di combustione ad alta temperatura assieme al biossido di azoto (che costituisce meno del 5% degli NOx totali emessi). Viene poi ossidato in atmosfera dall'ossigeno e più rapidamente dall'ozono, producendo biossido di azoto. La tossicità del monossido di azoto è limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un ossidante molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Esiste nelle due forme N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (forma dimera) e NO<sub>2</sub> che si forma per dissociazione delle molecole dimere. Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto, per l'appunto, al biossido di azoto. Rappresenta un inquinante secondario dato che deriva, per lo più, dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto.

Il biossido di azoto svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico, in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari molto pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso, gli alchilnitriti, i perossiacetilnitriti ed altri.

La principale fonte di ossidi di azoto è l'azione batterica. L'emissione di origine antropica ha però la caratteristica di essere presente ad alte concentrazioni in aree urbane ad elevato traffico, soprattutto a causa dei motori diesel. Il tempo di permanenza medio degli ossidi di azoto nell'atmosfera è molto breve: circa tre giorni per l'NO<sub>2</sub> e circa quattro per l'NO.

Il monossido di azoto è da ritenersi a tossicità estremamente bassa mentre il biossido di azoto presenta problemi di maggior rilevanza essendo 4÷5 volte più tossico del primo.

L'NO<sub>2</sub> è un irritante polmonare, disturba la ventilazione, inibisce la funzione polmonare, incrementa la resistenza delle vie aeree, indebolisce la difesa contro i batteri, danneggia il sistema macrofagico, diminuisce l'attività fagocitaria, provoca edema polmonare, inattiva il sistema enzimatico cellulare, denatura le proteine e provoca le perossidazioni dei lipidi.

Gli ossidi di azoto possono inoltre essere adsorbiti sulla frazione inalabile del particolato. Queste particelle hanno la possibilità di raggiungere, attraverso la trachea e i bronchi, gli alveoli polmonari provocando gravi forme di irritazione e, soprattutto nelle persone deboli, notevoli difficoltà di respirazione anche per lunghi periodi di tempo.

L'NO<sub>2</sub>, attraverso il processo respiratorio alveolare, si combina con l'emoglobina esercitando un'azione di ossidazione sul ferro dell'anello prostetico. Questa reazione comporta una modificazione delle proprietà chimiche e fisiologiche dell'emoglobina dando luogo a formazione di metaemoglobina. Quest'ultima molecola non è più in grado di trasportare ossigeno e già a valori intorno al 3÷4 % di metaemoglobina si



manifestano disturbi a carico della respirazione.

L'NO<sub>2</sub> a contatto con i liquidi gastrici comporta necessariamente la formazione di acido nitroso che è il precursore della formazione delle nitrosammine, ben note per l'azione cancerogena a loro associata.

Il Particolato - Polveri Inalabili (PM<sub>10</sub>) e Polveri Respirabili (PM<sub>2,5</sub>): Le polveri o particolato (Particulate Matter) consistono in particelle solide e liquide di diametro variabile fra 100 µm e 0.1 µm. Le particelle più grandi di 10 µm sono in genere polveri volatili derivanti da processi industriali ed erosivi. Questo insieme di piccole particelle solide e di goccioline liquide volatili presenti nell'aria costituisce un serio problema di inquinamento atmosferico. In condizione di calma di vento, esiste una relazione tra dimensione e velocità di sedimentazione, per cui il periodo di tempo in cui le particelle rimangono in sospensione può variare da pochi secondi a molti mesi.

I particolati presenti in atmosfera provengono in buona parte anche da processi naturali, quali le eruzioni vulcaniche e l'azione del vento sulla polvere e sul terreno.

L'inquinamento da particolati proveniente da attività antropiche ha origine dalla industria delle costruzioni (particelle di polvere), dalle fonderie (ceneri volatili) e dai processi di combustione incompleta (fumi). Il traffico urbano contribuisce all'inquinamento dell'aria da particolati, oltre che con le emissioni, anche attraverso la lenta polverizzazione della gomma dei pneumatici.

Il diametro delle particelle in sospensione è indicativamente così correlato alla fonte di provenienza:

- diametro maggiore di 10 µm: processi meccanici (ad esempio erosione del vento, macinazione e diffusione), polverizzazione di materiali da parte di velivoli;
- diametro compreso tra 1 µm e 10µm: provenienza da particolari tipi di terreno, da polveri e prodotti di combustione di determinate industrie e da sali marini in determinate località;
- diametro compreso tra 0.1 µm e 1µm: combustione ed aerosol fotochimici;
- diametro inferiore a 0.1µm: processi di combustione.

Nell'aria urbana, più dell'80% del PM<sub>10</sub> è formato da agglomerati di composti organici, prodotti per condensazione o sublimazione dei composti gassosi più pesanti emessi dai processi di combustione. Circa il 50% di questa frazione organica si produce nello smog fotochimico nella complessa reazione fra composti organici ed ossidi di azoto.

Nelle aree urbane il PM<sub>10</sub> riveste un ruolo importante sia dal lato sanitario che da quello climatologico locale. A causa della loro elevata superficie attiva e dei metalli (piombo, nichel, cadmio etc.) in esse dispersi, le particelle agiscono da forti catalizzatori delle reazioni di conversione degli ossidi di zolfo e di azoto ad acido solforico ed acido nitrico. Pertanto, la loro azione irritante viene potenziata dalla veicolazione di acidi forti, la cui concentrazione nella singola particella può essere molto elevata. Esse costituiscono anche il mezzo attraverso cui avviene la deposizione secca degli acidi su edifici ed opere d'arte.

Il sistema maggiormente attaccato dal particolato è l'apparato respiratorio e il fattore di maggior rilievo per lo studio degli effetti è probabilmente la dimensione delle particelle, in quanto da essa dipende l'estensione della penetrazione nelle vie respiratorie. Prima di raggiungere i polmoni, i particolati devono oltrepassare



delle barriere naturali, predisposte dall'apparato respiratorio stesso.

Alcuni particolati sono efficacemente bloccati; si può ritenere che le particelle con diametro superiore a 5 µm si fermano e stazionano nel naso e nella gola. Le particelle di dimensioni tra 0,5 µm e 5 µm possono depositarsi nei bronchioli e per azione delle ciglia vengono rimosse nello spazio di due ore circa e convogliate verso la gola.

Il pericolo è rappresentato dalle particelle che raggiungono gli alveoli polmonari, dai quali vengono eliminate in modo meno rapido e completo, dando luogo ad un possibile assorbimento nel sangue. Il materiale infine che permane nei polmoni può avere un'intrinseca tossicità, a causa delle caratteristiche fisiche o chimiche.

Sulla base dei risultati di diversi studi epidemiologici, si ipotizza che ad ogni 10 µg/m<sup>3</sup> di concentrazione in aria di PM<sub>10</sub> è associato un incremento stimato nel tasso relativo di mortalità per ogni causa, risultato pari a 0,51%. L'incremento stimato nel tasso relativo di mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie è risultato pari a 0,68% (The New England Journal of Medicine).

Attualmente in Italia il D.lgs. 155/2010 stabilisce per la concentrazione in aria del PM<sub>10</sub>, lo standard di riferimento di 40 µg/m<sup>3</sup> come valore obiettivo (media annuale). Per le polveri PM<sub>2,5</sub>, definite respirabili in quanto capaci di penetrare fino agli alveoli polmonari, in assenza di normativa statale lo standard di riferimento è quello fissato dall'EPA, pari a 15 µg/m<sup>3</sup>.

La Tabella 5-60 riassume le conseguenze sulla salute determinate dall'inquinamento atmosferico, a breve e a lungo termine, stimati per un aumento di 10 µg/m<sup>3</sup> della concentrazione di PM<sub>10</sub>. Tali dati sono basati sulla letteratura epidemiologica attualmente disponibile.

Effetti sulla salute	Incremento % della frequenza degli effetti sulla salute per un aumento di 10 µg/m <sup>3</sup> di PM <sub>10</sub>
<i>Effetti a breve termine (acuti)</i>	
Uso bronco dilatatori	3
Tosse	3
Sintomi delle basse vie respiratorie	3
Diminuzione della funzione polmonari negli adulti rispetto alla media (picco respiratorio)	-13
Aumento dei ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	0,8
Aumento della mortalità giornaliera totale (escluse morti accidentali)	0,7
<i>Effetti a lungo termine (cronici)</i>	
Aumento complessivo della mortalità escluse morti accidentali	10
Bronchiti	29
Diminuzione della funzione polmonare nei bambini rispetto alla media (picco respiratorio)	-1,2
Diminuzione della funzione polmonari negli adulti rispetto alla media (picco respiratorio)	-1

Tabella 2-52 Effetti a breve e lungo termine sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico

### Inquinamento acustico e salute umana

La natura fisica del rumore fa in modo che sia destinato a propagarsi e ad interessare gli ambienti situati anche ben oltre il sito ove la sorgente è collocata. L'intrusione indiscriminata nell'ambiente circostante, sia esso esterno esteso o abitativo confinato, è la caratteristica peculiare della emissione rumorosa.

L'immissione di rumore in un ricettore interferisce con il normale svilupparsi della vita del ricettore, determinando una condizione di disagio che si riflette sulla salute dei soggetti esposti con ripercussioni sulle varie sfere emotivamente sollecitabili.

L'origine della rumorosità veicolare è una combinazione di diverse componenti: motore, che è sede di compressioni, scoppi e decompressioni, resistenza dell'aria, che si rileva in genere solo a velocità superiore a 200 km/h, rotolamento dei pneumatici, vibrazioni sulla carrozzeria, motorizzazioni accessorie (impianto di condizionamento, ventola del radiatore, ecc.), nonché l'azionamento dei freni, che si manifesta attraverso lo sfregamento fra ferodo e disco ed infine il trascinarsi del pneumatico sull'asfalto quando la pressione fra ferodo e disco è molto elevata.

Il rumore prodotto dal motore degli autoveicoli risulta, alle basse velocità, superiore a quello prodotto dal rotolamento dei pneumatici sull'asfalto. Mano a mano che la velocità cresce la rumorosità di rotolamento si fa più intensa fino a prevalere su quella prodotta dal motore. Diversamente, per quanto riguarda i mezzi pesanti, la componente motore predomina sempre sulla componente pneumatici.

L'organismo umano non è predisposto per potersi difendere dal rumore in quanto l'udito è sempre all'erta anche durante il sonno innescando immediatamente la reazione involontaria del sistema neuro-vegetativo di vigilanza.

L'inquinamento da rumore comporta nell'individuo reazioni di allarme che tendono ad ingigantirsi e ad influenzare tutto il sistema di vita, provocando lo sconvolgimento di attività organiche e ghiandolari.

Le conseguenze sull'uomo sono diverse e di differente entità in funzione della reattività specifica di ognuno: pregiudizio per sistema nervoso, apparato cardiovascolare, digerente e respiratorio.

In particolare, lo stress, reiterato a causa della continua immissione intrusiva di segnali acustici, porta a reazioni che possono trasformarsi in patologiche. Infatti, studi condotti dalla ricerca medica hanno classificato il rumore come uno degli stress più insinuanti che innesca reazioni che coinvolgono tutto l'organismo.

Il rumore interferisce con l'equilibrio psico-fisico dei soggetti esposti ed è una minaccia alla salute dell'uomo ed al confortevole svolgimento della sua vita quotidiana.

Le conseguenze per gli abitanti delle zone adiacenti a grandi arterie di traffico possono essere significative sia in termini qualitativi che quantitativi.

Gli effetti del rumore sull'organismo umano sono molteplici e complessi, possono avere carattere temporaneo o permanente e possono riguardare specificatamente l'apparato uditivo, oppure interagire negativamente con altri fattori generando situazioni patologiche a carico del sistema nervoso o endocrino.

In fisiologia acustica gli effetti del rumore vengono classificati in tre categorie, denominate danno, disturbo e fastidio ("annoyance").

Gli effetti di danno si riferiscono ad alterazioni irreversibili o parzialmente irreversibili dovute al rumore che siano oggettivamente dal punto di vista clinico (ad esempio, l'innalzamento della soglia dell'udibile oppure la riduzione della capacità di comprensione del parlato).

L'azione patogena del rumore aumenta con il crescere dell'intensità sonora; non è tuttavia possibile stabilire un rapporto lineare relativo all'andamento dei due fenomeni, sia per la mancanza di una correlazione diretta tra incremento della potenza acustica recepita ed intensità della sensazione acustica provata, sia per il diversificarsi del danno in relazione alla entità dei livelli sonori impattanti. Si preferisce, pertanto, definire una serie di bande di intensità, i cui limiti sono stati delimitati sperimentalmente ed in corrispondenza delle quali tende a verificarsi un "danno tipo".

Gli effetti di disturbo riguardano, invece, le alterazioni temporanee delle condizioni psico-fisiche del soggetto che determinano conseguenze fisio-patologiche ben definite su:

- apparato cardiovascolare (cuore e vasi sanguigni): con rumori intermittenti si osserva un'accelerazione della frequenza cardiaca, con conseguente minor gittata e minor nutrimento del cuore per riduzione del flusso nelle arterie coronarie. Tutti i ricercatori sono concordi nel ritenere che un rumore di intensità superiore a 70 dB determini una brusca contrazione dei vasi sanguigni con centralizzazione della circolazione e conseguente minor irrorazione sanguigna, maggior aggregazione dei globuli rossi e tendenza alla trombosi: questa reazione è tanto più accentuata quanto più intenso è il rumore. Cessato il rumore, lo spasmo vascolare scompare tanto più lentamente quanto più lunga è stata l'esposizione. Sia per i motivi precedentemente esposti, sia per la capacità di agire come stress e provocare la liberazione di una grande quantità di adrenalina, si può ritenere certa la capacità del rumore di provocare aterosclerosi;
- sistema nervoso centrale (cervello): già nei primi anni del Novecento furono messi in rilievo gli effetti del rumore improvviso sulla circolazione cerebrale. In seguito, sono state stabilite precise correlazioni tra andamento dell'encefalogramma e intensità, qualità e durata dell'esposizione al rumore;
- apparato digerente: studi meno recenti parlano di azione inibitrice sulle secrezioni ghiandolari del tratto gastro-intestinale. Ciò sembrerebbe in accordo con il meccanismo di attivazione simpatica indotto dal rumore; indagini più recenti segnalano invece la secrezione gastrica di acido cloridrico. C'è comunque notevole accordo sul possibile effetto lesivo del rumore sull'apparato gastro-intestinale, che precocemente si traduce in inappetenza e disturbi digestivi e, alla lunga, in gastriti e talora ulcera. A ciò si devono aggiungere fenomeni spastici della cistifellea;
- ghiandole endocrine: inizialmente aumenta l'attività di certe ghiandole endocrine per rispondere allo stress, ma successivamente tale eccessiva attività porta ad esaurimento funzionale, con minore capacità di resistenza ed adattamento agli eventi della vita. Tra le molte altre dannose conseguenze di queste alterazioni endocrine va ricordata la riduzione di alcune categorie di globuli bianchi, con conseguente diminuzione delle difese nei confronti di batteri e virus;
- senso dell'equilibrio: per livelli di rumore oltre i 110 dB si può avere una sensazione accentuata di vertigine e nausea, che produce insicurezza nel movimento e una minore capacità di autocontrollo;

- vista: le conseguenze dirette sulla vista sono riconducibili a una diminuzione dell'acutezza visiva per difficoltà di accomodazione e dilatazione della pupilla, a una riduzione della percezione del rilievo e del riconoscimento dei colori, a un'alterazione della visione notturna. Per elevate intensità di rumore si può verificare un restringimento del campo visivo;
- apparato respiratorio: il rumore aumenta la frequenza respiratoria, mentre diminuisce il volume corrente (volume di aria che viene scambiato ad ogni singolo atto respiratorio). Il consumo di ossigeno presenta una diminuzione costante, anche se non grande; alla lunga c'è la possibilità che anche questo fatto incida negativamente;
- apparato muscolare: aumento del tono muscolare proporzionalmente all'intensità del rumore;
- psiche: il rumore produce sull'uomo effetti sul carattere, sul comportamento e sulla personalità;
- alterazioni dell'affettività (azioni depressive o aggressive): data la relativa difficoltà ad accertare e quantificare con esattezza gli effetti psichici del rumore, i ricercatori ricorrono frequentemente alla fisiologia e alla psicologia sensoriale. Si è così giunti a dimostrare le seguenti alterazioni della funzionalità psicomotoria: ritardo nei tempi di reazione in relazione con l'aumento di intensità del rumore, aumento degli errori, diminuzione dell'attenzione e della precisione. Il rumore interferisce negativamente sul meccanismo dell'apprendimento determinando un susseguirsi di reazioni di allarme: i processi di memorizzazione, confronto e sintesi sono così disturbati con conseguente rallentamento nell'apprendimento. Tra gli effetti psicologici provocati dal rumore ha notevole importanza la cosiddetta fastidiosità, dovuta in gran parte alla durata dello stimolo sonoro, oltre che alla sua intensità, alla sua frequenza e al timbro. Per quanto riguarda l'ansietà alcuni studi hanno dimostrato che i soggetti esposti a rumori molto intensi sono i più ansiosi;
- sonno: a parità di intensità il rumore notturno è molto più dannoso di quello diurno per tre motivi:
  - i soggetti esposti presentano in genere segni di affaticamento e una più elevata reattività psichica, poiché persistono gli effetti degli stress accumulati durante le ore precedenti;
  - tale rumore è spesso inaspettato e dunque psichicamente meno accettabile e caratterizzato da una componente ansiogena molto superiore;
  - è meno tollerato per la maggior differenza che in genere si verifica tra rumore di fondo e picchi durante la notte.

Gli effetti di annoyance, termine inglese di non facile traduzione, indicano un sentimento di scontentezza riferito al rumore che l'individuo sa o crede possa agire su di lui in modo negativo. Tale fastidio è la risposta soggettiva agli effetti combinati dello stimolo disturbante e di altri fattori di natura psicologica, sociologica ed economica.

In generale gli effetti, diversi da soggetto a soggetto, possono essere distinti in due categorie: uditivi ed extrauditivi. Gli uditivi si verificano quando l'esposizione al rumore avviene per tempi molto lunghi, mentre gli effetti extrauditivi influenzano la sfera psicosomatica dell'uomo, generando ansia, stress, palpitazioni, scarsa capacità di concentrazione e confusione mentale.

Come è definito dall'Agenzia Europa per l'Ambiente, i principali effetti uditivi ed extrauditivi dell'esposizione

al rumore sono i seguenti:

- fastidio;
- interferenza con la comunicazione vocale;
- disturbi del sonno (risvegli e incapacità di riaddormentarsi);
- effetti sulla produttività e sulla performance;
- effetti sul comportamento sociale e residenziale (letture, apertura finestre);
- effetti psicopatologici (complesso da stress, ipertensione, malattie ischemiche cardiache, aggressività);
- effetti sulla salute mentale (ricoveri ospedalieri);
- relazione dose - effetto per effetti combinati (ad es. fastidio + disturbi del sonno + ipertensione);
- effetti su gruppi più vulnerabili (bambini, persone con disturbi uditivi);
- disfunzioni uditive indotte da rumore (tinnito, innalzamento soglia uditiva, sordità, fischi) (prevalentemente per esposizioni professionali).

Il rumore può provocare vari effetti dipendenti dal tipo (pressione, frequenza), dalla durata e dal periodo di esposizione ma anche dalla particolare suscettibilità della popolazione esposta. La risposta di ciascun individuo è poi, specie ai livelli di inquinamento urbano, grandemente influenzata da fattori legati sia a determinate caratteristiche del soggetto che sente il rumore, sia a fattori circostanziali cioè dipendenti dalle occasioni di esposizione, e spiega perché le persone possono avere diverse reazioni allo stesso rumore. La sensibilità al rumore ha comunque una spiccata variabilità individuale: mentre alcuni individui sono in grado di tollerare alti livelli di rumore per lunghi periodi, altri nello stesso ambiente vanno rapidamente incontro ad una diminuzione della sensibilità uditiva (ipoacusia).

In particolare, i bambini appaiono una categoria a maggior rischio, soprattutto nella fase dell'acquisizione del linguaggio, insieme ai ciechi, agli affetti da patologie acustiche e ai pazienti ricoverati negli ospedali. Alla luce delle considerazioni effettuate sulla base di studi noti di letteratura, si può concludere che l'esposizione ad elevati livelli di rumore porta ad un deterioramento dello stato di salute, per cui si avverte una condizione di scadimento della qualità della vita.

### 2.6.3 DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE E CONTESTO DEMOGRAFICO

Il presente paragrafo riporta l'analisi della demografia e della distribuzione della popolazione nell'area in esame in riferimento all'ambito regionale, provinciale e comunale.

Secondo i dati dell'Istat<sup>12</sup>, riferiti all'anno 2016, la popolazione residente in Lombardia è di circa 10 milioni di abitanti, dei quali 4,9 milioni sono uomini e 5,1 milioni donne.

<sup>12</sup> Sistema informative territoriali su sanità e salute – Health for All (HFA) Italia - aggiornato a dicembre 2017

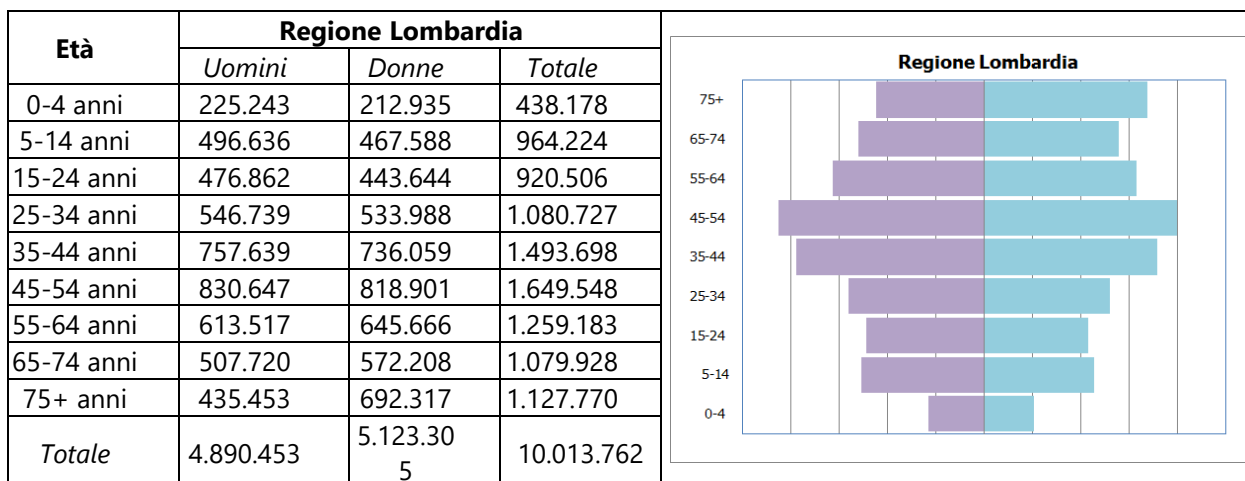


Tabella 2-53 Popolazione residente in Lombardia distinta per tipologia e fascia d'età (fonte: HFA 2017 - anno 2016)

Nella tabella seguente è riportata la suddivisione per fasce di età della popolazione residente nella provincia di Brescia.

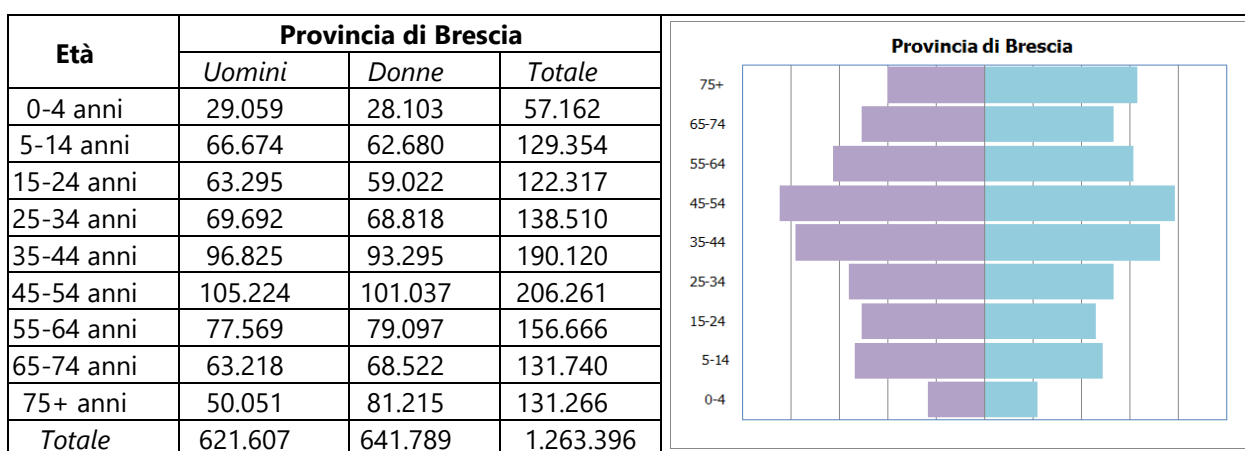


Tabella 2-54 Popolazione residente nella Provincia di Brescia distinta per tipologia e fascia d'età (fonte: HFA 2017 - anno 2016)

Entrando nel dettaglio dell'area di studio, il Comune di Gargnano presenta una popolazione di circa 2.934 abitanti distribuiti su una superficie di 76,6 km<sup>2</sup>.

Nella tabella seguente è riportata la composizione della popolazione del Comune divisa per fasce di età, dalla quale si evince che la maggior percentuale è quella afferente la popolazione ricadente nella fascia di età 45 - 54 anni.



Età	Comune di Gargnano		
	Uomini	Donne	Totale
0-4 anni	49	42	91
5-14 anni	109	115	224
15-24 anni	113	86	199
25-34 anni	147	129	276
35-44 anni	187	185	372
45-54 anni	222	222	444
55-64 anni	206	215	421
65-74 anni	183	217	400
75+ anni	190	317	507
<b>Totale</b>	<b>1.406</b>	<b>1.528</b>	<b>2.934</b>

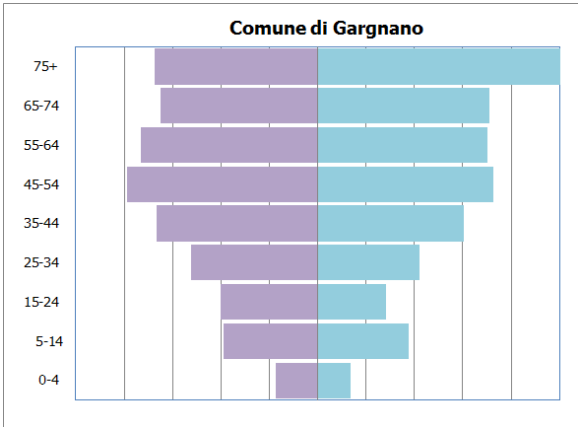


Tabella 2-55 Distribuzione residenti nel Comune di Gargnano (elaborazione dati ISTAT – tuttitalia.it)

## 2.6.4 PROFILLO EPIDEMIOLOGICO SANITARIO

### 2.6.4.1 Premessa

Per ottenere un corretto quadro dello stato di salute della popolazione di riferimento, sono stati analizzati gli ultimi dati disponibili forniti dall'Istat:

- sulla mortalità registrata nell'anno 2015;
- sulla morbosità relativa al 2016.

Per ciascuna causa, sia di morte che di morbosità, l'Istat fornisce, oltre al numero di decessi e al numero di dimissioni, altri indicatori di seguito elencati:

- tasso di mortalità;
- tasso di mortalità standardizzato;
- tasso di dimissioni;
- tasso di dimissioni standardizzato.

In Tabella 2-56 sono sintetizzate le varie cause di morte e di morbosità tipicamente associate alla tossicità di inquinanti atmosferici e al disturbo causato dall'inquinamento acustico.

Cause di morte	Cause di ospedalizzazione
<b>Tumori</b>	
Tumori maligni	Tumori maligni
Tumori maligni dell'apparato respiratorio e degli organi intratoracici	-
Tumori maligni della trachea bronchi e polmoni	Tumori maligni della trachea bronchi e polmoni
<b>Sistema cardiocircolatorio</b>	
Malattie del sistema circolatorio	Malattie del sistema circolatorio
Malattie ischemiche del cuore	Malattie ischemiche del cuore
-	Infarto miocardico acuto
<b>Sistema cerebrovascolare</b>	
Disturbi circolatori dell'encefalo	Disturbi circolatori dell'encefalo
<b>Apparato respiratorio</b>	

Malattie dell'apparato respiratorio	Malattie dell'apparato respiratorio
BPCO (Broncopneumopatia cronico ostruttiva)	BPCO (Broncopneumopatia cronico ostruttiva)
Sistema nervoso	
Malattie del sistema nervoso e organi di senso	Malattie del sistema nervoso e organi di senso
Disturbi psichici	-

Tabella 2-56 Cause di morte e di ospedalizzazione

#### 2.6.4.2 Mortalità

Nel presente paragrafo sono riportati in forma tabellare i dati di mortalità registrati dall'Istat, con riferimento all'annualità 2015, in termini di numero di decessi, tasso di mortalità e tasso di mortalità standardizzato. Per tali indicatori sono esplicitati i casi di mortalità legati a patologie eventualmente correlate alle attività oggetto del presente studio.

Entrando nel dettaglio dello studio di mortalità in funzione delle cause specifiche, di seguito si elencano le patologie considerate che potrebbero essere direttamente legate alla realizzazione degli interventi in progetto per un'infrastruttura stradale:

- tumori;
- patologie del sistema cardiocircolatorio;
- patologie del sistema cerebrovascolare;
- patologie del sistema respiratorio;
- patologie del sistema nervoso.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori dei tre indicatori precedentemente descritti, forniti dall'Istat per l'ultimo anno disponibile (2015). Ogni tabella è relativa ad una specifica causa di mortalità e per ognuna sono stati distinti i valori di mortalità per area territoriale di riferimento, età e sesso.

In primo luogo, in Tabella 2-57, si riportano i dati di mortalità causate da tumore, prendendo in considerazione la totalità dei tumori maligni, dell'apparato respiratorio e degli organi intratoracici e dei tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni.

Tumori	Area territoriale	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
		Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Tumori maligni	Brescia	2.071	1.699	32,78	26,27	34,73	19,8
	Lombardia	17.035	14.326	34,3	27,53	33,71	19,77
	Italia	99.431	79.441	33,6	25,34	31,83	18,45
Tumori maligni apparato respiratorio e organi intratoracici	Brescia	540	226	8,58	3,47	8,96	2,75
	Lombardia	4.617	2007	9,32	3,84	9,09	2,91
	Italia	27.115	10.383	9,16	3,31	8,68	2,55
Tumori maligni trachea, bronchi, polmoni	Brescia	488	209	7,86	3,25	8,18	2,58
	Lombardia	4.155	1813	8,37	3,47	8,16	2,64
	Italia	24.405	9.570	8,24	3,05	7,81	2,35

Tabella 2-57 Decessi avvenuti causa tumori (fonte: HFA 2018 – anno 2015)

In linea generale, per le tre tipologie di tumori, i valori considerati risultano essere sempre maggiori negli uomini rispetto alle donne. Relativamente ai dati della provincia di Brescia, questi risultano essere pressoché in linea con i valori sia regionali che nazionali.

Per quanto riguarda i decessi legati alle patologie del sistema cardiovascolare si fa riferimento alle malattie del sistema circolatorio e alle malattie ischemiche del cuore, i cui valori di mortalità sono riportati in Tabella 2-58 e in Tabella 2-59.

Area territoriale	Malattie del sistema circolatorio					
	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	1.676	2.369	26,1	36,5	29,5	21,7
Lombardia	13.922	19.387	28,6	37,9	29,4	21,5
Italia	103.250	136.273	34,8	43,5	33,3	24,7

Tabella 2-58 Decessi avvenuti per malattie del sistema circolatorio (fonte: HFA 2018 - anno 2015)

Area territoriale	Malattie ischemiche del cuore					
	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	720	804	11,1	12,3	12,4	7,3
Lombardia	5.369	5.191	11,0	10,2	11,3	5,8
Italia	37.365	35.806	12,6	11,4	12,0	6,5

Tabella 2-59 Decessi avvenuti per malattie ischemiche del cuore (fonte: HFA 2018 - anno 2015)

Tra le due differenti malattie legate al sistema cardiovascolare si evidenzia una netta differenza sia in termini assoluti di decessi, sia in termini di tasso di mortalità, caratterizzata da valori minori per le malattie del sistema circolatorio rispetto alle ischemie del cuore. Per entrambi gli indicatori si registrano valori maggiori negli uomini.

Con riferimento alle patologie del sistema cerebrovascolare si evidenziano i decessi per disturbi circolatori dell'encefalo, i cui dati sono riportati in Tabella 2-60.

Area territoriale	Disturbi circolatori dell'encefalo					
	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	416	648	6,4	9,9	7,4	6,0
Lombardia	3.201	5.503	6,6	10,8	6,8	6,1
Italia	24.341	37.442	8,2	11,9	7,9	6,8

Tabella 2-60 Decessi avvenuti per disturbi circolatori dell'encefalo (fonte: HFA 2017 - anno 2014)

Non si riscontrano nette differenze tra gli uomini e le donne. Nel caso specifico dei disturbi circolatori dell'encefalo i tassi di mortalità registrati per la provincia di Brescia sono in linea con le tendenze regionali e nazionali.

Per quanto concerne le patologie dell'apparato respiratorio, di cui sono state considerate le malattie totali dell'apparato respiratorio e le malattie broncopneumopatiche croniche ostruttive (BPCO), si riportano i dati di mortalità rispettivamente nella Tabella 2-61 e nella Tabella 2-62.

#### Malattie dell'apparato respiratorio

Area territoriale	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	498	446	7,8	6,8	9,0	4,1
Lombardia	3.860	3.841	7,9	7,5	8,2	4,3
Italia	25.512	23.006	8,6	7,3	8,3	4,3

Tabella 2-61 Decessi avvenuti per malattie dell'apparato respiratorio (fonte: HFA 2018 - anno 2015)

#### Malattie BPCO

Area territoriale	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	225	192	3,6	3,0	4,1	1,8
Lombardia	1.736	1.515	3,6	3,0	3,7	1,7
Italia	12.953	9.545	4,4	3,1	4,2	1,8

Tabella 2-62 Decessi avvenuti per malattie BPCO (fonte: HFA 2018 - anno 2015)

Anche per quanto concerne i casi di mortalità per malattie broncopneumopatiche croniche ostruttive, esaminando i tassi di mortalità, i valori registrati per la Provincia di Brescia sono in linea con le tendenze regionali e nazionali.

Infine, con riferimento alle patologie del sistema nervoso e degli organi di senso si possono osservare le tabelle seguenti, in cui sono riportati i valori di mortalità relativi all'anno 2015, avvenuti a causa di malattie del sistema nervoso o a causa di disturbi psichici gravi.

#### Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso

Area territoriale	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	245	414	3,9	6,4	4,4	4,0
Lombardia	2.039	2.934	4,2	5,7	4,2	3,5
Italia	11.951	16.265	4,0	5,2	3,8	3,2

Tabella 2-63 Decessi avvenuti per malattie del sistema nervoso (fonte: HFA 2018 - anno 2015)

#### Disturbi psichici

Area territoriale	Numero decessi		Tasso di mortalità		Tasso di mortalità std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	120	284	2,0	4,2	2,3	2,4
Lombardia	950	2.319	2,0	4,5	2,1	2,5
Italia	6.946	14.451	2,4	4,6	2,3	2,5

Tabella 2-64 Decessi avvenuti per disturbi psichici (fonte: HFA 2018 - anno 2015)

I dati ISTAT riportanti i valori del tasso di mortalità per quanto concerne le malattie del sistema nervoso e

dei disturbi psichici, risultano essere pressoché equivalenti nei due sessi. Infine, esaminando i valori degli indicatori, i dati provinciali risultano in linea con la regione Lombardia e l'Italia.

#### 2.6.4.3 Morbosità

Per quanto riguarda la morbosità in generale, per le diverse aree di riferimento caratterizzate dalla provincia di Brescia, dalla regione Lombardia e dal territorio nazionale, vengono esplicitati due indicatori: il tasso di ospedalizzazione degli acuti e il tasso di ospedalizzazione di lungodegenza e di riabilitazione.

Il primo indicatore riguarda i ricoveri in tutti quei reparti che non sono classificati come riabilitativi o di lungodegenza, ad esclusione, inoltre, dei neonati sani. Per lungodegenza si intendono, invece, quei ricoveri di durata inferiore a 60 giorni, che insieme ai ricoveri per riabilitazione, costituiscono il secondo indicatore di morbosità.

I valori di tali indicatori, forniti dall'ISTAT, fanno riferimento all'ultimo anno disponibile (2014) e sono riportati in Tabella 2-65.

<b>Aree territoriali</b>	<b>Tasso di ospedalizzazione acuti</b>	<b>Tasso di ospedalizzazione lungodegenza e riabilitazione</b>
<i>Brescia</i>	128,58	11,59
<i>Lombardia</i>	113,07	10,25
<i>Italia</i>	104,78	6,72

*Tabella 2-65 Indicatori di morbosità per la Provincia di Brescia, la Regione Lombardia e l'Italia (Fonte: Health for all Istat 2014)*

Entrando nel dettaglio dello studio della morbosità in funzione delle cause di ospedalizzazione, si fa riferimento alle patologie di seguito elencate, coerentemente con quanto analizzato per la mortalità:

- tumori;
- patologie del sistema cardiocircolatorio;
- patologie del sistema cerebrovascolare;
- patologie del sistema respiratorio;
- patologie del sistema nervoso.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori di tre indicatori specifici rappresentati dal numero di dimissioni, dal tasso di dimissioni e dal tasso di dimissioni standardizzato. I dati riportati sono forniti dall'Istat e sono relativi all'ultima annualità disponibile rappresentata dall'anno 2016, ad eccezione dei dati relativi alle malattie dell'apparato respiratorio il cui ultimo dato disponibile è aggiornato al 2015. Ogni tabella, come è stato effettuato per la mortalità, è relativa ad una specifica causa di ospedalizzazione in cui i valori dei tre indicatori per area territoriale di riferimento, sono distinti per sesso.

In primo luogo, in Tabella 2-66, si riportano i dati di morbosità corrispondenti all'ospedalizzazione dei malati di tumore, prendendo in considerazione la totalità dei tumori maligni e i tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni.

Tumori	Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
		Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Tumori maligni	Brescia	7.907	7.250	127,2	113,0	126,6	100,7
	Lombardia	55.166	44.745	112,8	87,3	107,8	73,4
	Italia	351.546	286.504	119,4	91,9	112,1	77,3
Tumori maligni trachea, bronchi, polmoni	Brescia	710	344	11,4	5,4	11,4	4,8
	Lombardia	4.584	2.209	9,4	4,3	8,9	3,6
	Italia	32.351	14.745	11,0	4,7	10,3	4,0

Tabella 2-66 Ospedalizzazione per tumori (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

A differenza dei valori di mortalità, i dati riguardanti le ospedalizzazioni risultano essere maggiori rispetto i valori regionali e nazionali.

Analogamente a quanto esplicitato per i tumori, in Tabella 2-67, in Tabella 2-68 e in Tabella 2-69 si riportano i valori di morbosità relativi alle patologie del sistema circolatorio, di cui fanno parte le malattie del sistema circolatorio, le malattie ischemiche e gli infarti.

#### Malattie del sistema circolatorio

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	15.539	9.523	250,0	148,4	249,8	116,1
Lombardia	105.198	69.265	215,1	135,2	206,1	98,8
Italia	678.391	491.455	230,3	157,6	216,1	116,9

Tabella 2-67 Ospedalizzazione per malattie del sistema circolatorio (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

#### Malattie ischemiche del cuore

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	4.606	1.611	74,1	25,1	72,5	20,3
Lombardia	29.327	11.451	60,0	22,4	56,4	17,0
Italia	185.940	77.813	63,1	25,0	58,6	19,1

Tabella 2-68 Ospedalizzazione per malattie ischemiche del cuore (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

#### Infarto del miocardio acuto

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	1.559	796	24,4	10,5	23,8	7,9
Lombardia	12.042	6.238	22,4	10,6	21,0	7,6
Italia	76.779	39.247	26,0	12,4	23,9	8,9

Tabella 2-69 Ospedalizzazione per infarto miocardico acuto (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

In generale per tutte e tre le tipologie di malattia emergono tassi di dimissioni provinciali in linea con quelli nazionali, ma più alti rispetto a al territorio regionale.

Per quanto riguarda la morbosità relativa alle patologie dei disturbi circolatori dell'encefalo, si riportano in Tabella 2-70 i dati di ospedalizzazione.



#### Disturbi circolatori dell'encefalo

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	2.036	1.896	32,8	29,5	33,1	22,1
Lombardia	15.354	14.328	31,4	28,0	29,9	19,8
Italia	112.387	110.275	38,2	35,4	35,4	24,8

Tabella 2-70 Ospedalizzazione per disturbi circolatori dell'encefalo (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

Anche in questo caso i dati provinciali risultano essere superiori a quelli a livello regionale e minori a quelli di tutto il territorio nazionale, sia per gli uomini che per le donne.

I valori di morbosità corrispondenti a patologie dell'apparato respiratorio, sono riportati in Tabella 2-71 e in Tabella 2-72, distinguendo le malattie dell'apparato respiratorio dalle malattie polmonari croniche ostruttive (BPCO).

#### Malattie dell'apparato respiratorio

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	8.679	6.847	139,5	106,6	143,3	91,1
Lombardia	58.484	45.459	119,7	88,8	119,2	76,2
Italia	344.737	274.501	117,1	88,1	113,3	73,8

Tabella 2-71 Ospedalizzazione per malattie dell'apparato respiratorio (fonte: HFA 2018 – anno 2015)

#### Malattie BPCO

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	711	605	11,4	9,4	11,7	7,6
Lombardia	5.584	4.396	11,4	8,6	11,1	6,7
Italia	29.689	23.751	10,1	7,6	9,6	6,2

Tabella 2-72 Ospedalizzazione per malattie BPCO (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

In termini di area di riferimento, per la provincia di Brescia i valori registrati risultano essere maggiori rispetto all'ambito regionale e nazionale, sia per gli uomini che per le donne e con particolare riferimento alle malattie dell'apparato respiratorio.

Infine, con riferimento alle patologie del sistema nervoso si evidenziano i valori di morbosità relativi alle malattie di tale sistema, riportati in Tabella 2-73.

#### Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso

Area territoriale	Numero dimissioni		Tasso di dimissioni		Tasso di dimissioni std	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne	Uomini	Donne
Brescia	4.179	4.185	67,2	65,2	66,2	60,8
Lombardia	27.796	27.903	56,8	54,5	55,0	49,8
Italia	199.289	198.623	67,7	63,7	65,0	57,8

Tabella 2-73 Ospedalizzazione per malattie del sistema nervoso (fonte: HFA 2018 – anno 2016)

Dallo studio del contesto epidemiologico effettuato sui dati messi a disposizione dall'ISTAT, è stato possibile confrontare lo stato di salute dell'ambito Provinciale di Brescia e le aree di riferimento corrispondenti all'ambito regionale lombardo e all'intero territorio nazionale.

Da tali confronti è possibile affermare che allo stato attuale tra la Provincia e le suddette aree di riferimento, non esistono sostanziali differenze tra i valori di mortalità e di ricoveri relativi alle patologie eventualmente collegate alle attività afferenti l'opera infrastrutturale in esame.

È pertanto possibile escludere fenomeni specifici rispetto all'infrastruttura in esame.

#### 2.6.4.4 Conclusioni

Dallo studio del contesto epidemiologico effettuato sui dati messi a disposizione dall'Istat, è stato possibile confrontare lo stato di salute dell'ambito provinciale di Brescia e le aree di riferimento corrispondenti all'ambito regionale e all'intero territorio nazionale.

Da tali confronti è possibile affermare che allo stato attuale tra la provincia di Brescia e le suddette aree di riferimento, non esistono sostanziali differenze tra i valori di mortalità e di ricoveri relativi alle patologie eventualmente collegate alle attività afferenti l'opera infrastrutturale in esame.

Non sono, quindi, associabili fenomeni specifici rispetto all'infrastruttura stradale.

#### 2.6.5 FATTORI DI PRESSIONE

Al fine di fornire un quadro conoscitivo completo, il presente paragrafo è dedicato alla verifica dell'eventuale presenza di fattori di pressione nell'ambito di studio in esame, ed in particolare di:

- stabilimenti a rischio di incidente rilevante,
- siti inquinati,
- discariche rifiuti pericolosi.

L'analisi per il censimento delle suddette categorie di fattori di pressione è stata condotta su un'area che si sviluppa su un raggio pari a circa 50 km dall'area di progetto. Nell'immagine seguente si riportano gli elementi presenti nell'area di riferimento.



**Legenda**     Discarica rifiuti pericolosi     Siti inquinati     Sito d'interesse nazionale

Figura 2-100: Localizzazione fattori di pressione nell'ambito di studio- Fonte Arpa Lombardia

Dalle analisi fatte emerge la totale assenza di stabilimenti a rischio di incidente rilevante, la presenza di due siti inquinati di cui uno di interesse nazionale, e di un impianto di raccolta rifiuti pericolosi. Nella tabella seguente si riporta l'elenco degli stabilimenti censiti divisi per categoria.

**Impianto di raccolta rifiuti pericolosi IP\_01**

TIPOLOGIA	Impianto di raccolta rifiuti pericolosi
PROVINCIA	Brescia
COMUNE	Brescia
RAGIONESOCIALE	SYSTEMA AMBIENTE SRL
ATTIVITA'	Impianti per l'eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi > 10 t/giorno
DISTANZA DALL' AREA DI PROGETTO	Circa 40 Km

**Sito contaminato SI\_01**

TIPOLOGIA	Sito contaminato
PROVINCIA	Brescia
COMUNE	Puegnano sul Garda
INDIRIZZO	Località Raffa
RAGIONESOCIALE	SIDERGARDA MOLLIFICIO BRESCIANO S.r.l. - LOC. RAFFA

DISTANZA DALL' AREA DI PROGETTO	Circa 15 Km
<b>Sito di interesse nazionale SIN_01</b>	
TIPOLOGIA	Sito di interesse nazionale
PROVINCIA	Brescia
COMUNE	Brescia
RAGIONESOCIALE	Stabilimento chimico Caffaro spa
ATTIVITA'	Contaminazione diffusa da PCB, PCDD-PCDF, arsenico e mercurio
DISTANZA DALL' AREA DI PROGETTO	Circa 45 Km

*Tabella 2-74: Censimento siti contaminati, siti di interesse nazionale e impianti di raccolta rifiuti pericolosi – Fonte Arpa regione Lombardia*

A valle del censimento effettuato risulta che gli impianti di raccolta di rifiuti pericolosi e i siti contaminati, data la consistente distanza dall'area di progetto, risultano essere fattori di pressione marginali per l'opera in progetto.

#### 2.6.6 ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ACUSTICO ED ATMOSFERICO

Nel caso in esame, le analisi condotte sui livelli sonori stimati allo stato attuale, derivanti dalla sorgente veicolare che circola sull'infrastruttura attuale di riferimento non hanno evidenziato alcuna criticità. Infatti, per tutti i ricettori considerati, prossimi a tale infrastruttura, i livelli acustici in prossimità delle facciate più esposte sono risultati al di sotto dei valori limite imposti dal DPR 142/2004 in accordo a quanto previsto dalla Legge 447/95.

Allo stesso modo le analisi effettuate sulla componente Aria e clima allo stato attuale non hanno evidenziato sui ricettori per la salute umana situazioni di criticità, in quanto per tutti gli inquinanti vengono rispettati i limiti normativi di riferimento.

Alla luce di ciò è possibile constatare che attualmente l'infrastruttura in esame durante il suo esercizio non comporta interferenze con la salute della popolazione in quanto il traffico veicolare non genera elevati livelli di inquinamento acustico ed atmosferico che espongono la salute umana a condizioni di rischio.

## 2.7 PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE

### 2.7.1 INQUADRAMENTO TEMATICO

L'area di interesse dal punto di vista dello studio del paesaggio e del patrimonio culturale viene individuata a partire dall'analisi dell'area vasta nella quale emergono i sistemi paesaggistici prevalenti e come si sono strutturati e modificati nel corso delle trasformazioni storiche del territorio, anche dal punto di vista morfologico. In secondo luogo, restringendo il campo ad una scala di maggiore dettaglio, è possibile comprendere la struttura del paesaggio nella sua configurazione attuale con tutti gli elementi caratterizzanti che ne fanno parte; infine con l'analisi degli aspetti percettivi, il territorio viene letto dall'osservatore come una maglia nella quale andrà ad inserirsi l'intervento, valutandone i potenziali cambiamenti.

### 2.7.2 IL CONTESTO PAESAGGISTICO DI AREA VASTA

A livello di area vasta la configurazione dell'area di studio è connotata dai caratteri fascia prealpina formata da vette decisamente meno elevate di quella alpina, con profili arrotondati, mentre nelle vallate si estendono i grandi laghi di origine glaciale come quello di Garda.

La sezione prealpina inizia quindi oltre la fascia emergente dell'edificio alpino: un territorio ampio, pari a circa un quarto della superficie regionale, che si salda a nord con i massicci cristallini delle Alpi. La sezione prealpina lombarda è sostanzialmente formata da strutture sedimentarie, se si escludono le "finestre" di affioramento dello zoccolo paleozoico, cristallino, corrispondente alle Alpi Orobiche, all'alto Bresciano ad ovest della linea delle Giudicarie e a sud dell'Adamello. Questo massiccio è formato da un'unica massa intrusiva (tonalite) di graniti che costituisce una specie di bastione dell'intera fascia lombarda.

Le valli che penetrano le diverse masse montuose sono tutte fortemente incise, considerata la forte energia del rilievo delle zone più interne. Hanno sviluppo meridiano e presentano il tipico modellamento glaciale, sostenuto a suo tempo dalla grande capacità di alimentazione dei bacini vallivi interni interessati da trasfluenze e confluenze varie.

È tuttavia la formazione dei laghi, dovuta ai materiali di costipazione e di sbarramento depositati dai ghiacciai pleistocenici, a rappresentare l'episodio più marcato della Lombardia prealpina. Essi introducono l'eccezionalità nel paesaggio, che si misura nei condizionamenti che questi bacini impongono alla penetrazione verso gli alti bacini vallivi, nel paesaggio lacustre, nelle condizioni climatiche che le masse d'acqua inducono nell'ambiente locale, reso manifesto soprattutto nella vegetazione. Un abito vegetale le cui specificità si individuano con la denominazione di Insubria per la regione dei laghi lombardi. Qui si trovano specie mediterranee (come il leccio che si arrampica sui versanti rupestri del Garda), così come piante coltivate, come l'olivo, e piante esotiche che ornano parchi e giardini delle ville dei borghesi qui attratti nelle fasi delle loro affermazioni finanziarie (nel periodo della dominazione veneta il ceto possidente patrizio, in epoca ottocentesca la borghesia industriale, oggi il ceto professionale e la media borghesia).

Fra i solchi che penetrano verso l'interno delle Alpi, i laghi inducono una discriminazione netta anche dal punto di vista antropico. Benchè sui versanti dei monti che vi prospettano si ritrovi un'organizzazione di tipo alpino non tanto diversa da quella che si ha nelle valli (organizzazione in senso altitudinale basata sullo sfruttamento del bosco e del pascolo d'alta quota), sulle rive lacustri si riscontra altresì un paesaggio del

tutto particolare. Esso ha i suoi fulcri territoriali nei vecchi borghi posti sui conoidi di sponda o sui terrazzi; in passato la popolazione viveva sia utilizzando le risorse del lago (facendosi pescatori) sia le risorse della montagna sovrastante (bosco, pascoli, ecc.), ma oggi basano la loro economia sulla monocultura turistica. In conseguenza di ciò sono avvenute trasformazioni profonde: residences, alberghi, seconde case sono sorti lungo lago, intorno ai vecchi borghi e alle ville della borghesia industriale del secolo scorso, ed anche a una quota superiore, sui versanti, non sono mancate le manomissioni.

L'industrializzazione, riconvertendo l'economia delle valli lombarde a partire dal secolo scorso, si è insediata anche sulle sponde dei laghi. Gli esempi non mancano, com'è il caso delle cartiere di Toscolano e del cotonificio di Campione del Garda, della cantieristica di Sarnico sul lago d'Iseo, dell'industria della moto a Mandello Lario, ecc. Le industrie prealpine però si trovano addensate anche e soprattutto in altre aree, in particolare nelle valli bergamasche Brembana e Seriana e poi nelle valli bresciane del Chiese e del Mella oltre che in Valcamonica. Qui l'impulso industriale è stato fortissimo e derivò da iniziative endogene, con radici di antica origine, che risalgono addirittura alla stessa manualità preistorica in grado di produrre in Val Camonica lo straordinario tesoro delle incisioni rupestri.

Industrie tessili e industrie metallurgiche, con spiccate aree di specializzazione e sottospecializzazione (setificio, cotonificio, lanificio nel primo caso, armi da fuoco, coltelleria, tondino di ferro per l'edilizia nel secondo caso) sono alla base di un paesaggio vallivo a suo modo unico per la densità della dimensione urbanizzata e per i modi disordinati con cui essa si è esplicitata.

Paesaggio dell'abbondanza, del dinamismo valligiano che però contrasta con quello montanaro che si ritrova alle quote superiori, sugli alti versanti e sulle dorsali intervallive, dove sopravvivono residualmente i generi di vita tradizionali, sia pure integrati dal pendolarismo di manodopera verso le industrie di fondovalle. Un'altra attività che incide sul paesaggio prealpino è quella estrattiva, che nelle Prealpi bergamasche e bresciane ha uno dei suoi più importanti distretti.

Superiormente si trovano le montagne-scenari della fascia prealpina, i massicci calcareo dolomitici che formano gli sfondi caratteristici del paesaggio lombardo. Sono i massicci come le Grigne, il Resegone, ecc.; e poi internamente la Presolana, la Concarena, ecc., montagne che rappresentano la naturalità della Lombardia. L'aggressione edilizia ha però intaccato alla loro base queste montagne in modi stridenti: seconde case si sono inserite in ogni angolo, alla ricerca di panoramicità e isolamento, anche se prevalentemente appoggiandosi ai vecchi centri dotati di servizi (vedi in questo caso alcuni centri della Valsassina). Alle quote superiori le vecchie sedi d'alpeggio sono diventate lo spazio dell'escursionismo estivo e degli sport della neve. Nelle testate delle valli Brembana e Seriana sono sorti frequentati centri sciistici ed in funzione di ciò ecco la nascita delle nuove "città di montagna", simili a trapianti urbani, emanazioni comunque della forza irradiante di Milano e degli altri centri dell'alta pianura e delle sue appendici vallive (Foppolo, Presolana, Monte Campione, Monte Pora, Valbondione, ecc.). Una complementarità di usi territoriali che ha trovato i suoi assestamenti spontanei, con tutte le storture e gli adattamenti connessi, non governata secondo un disegno organico.

L'istituzione recente dei parchi di Campo dei Fiori, delle Orobie e dell'Alto Garda, a cui si aggiungerà in futuro quello delle Grigne, riconosce l'importanza di queste aree di natura in un ambito regionale per il



resto così profondamente antropizzato. In altro modo si realizza così quel rapporto tra pianura e montagna che condiziona da sempre gli usi territoriali della Lombardia.

Il contesto di area vasta si sviluppa verso l'interno con i caratteri dei paesaggi della montagna e delle dorsali, dove 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.

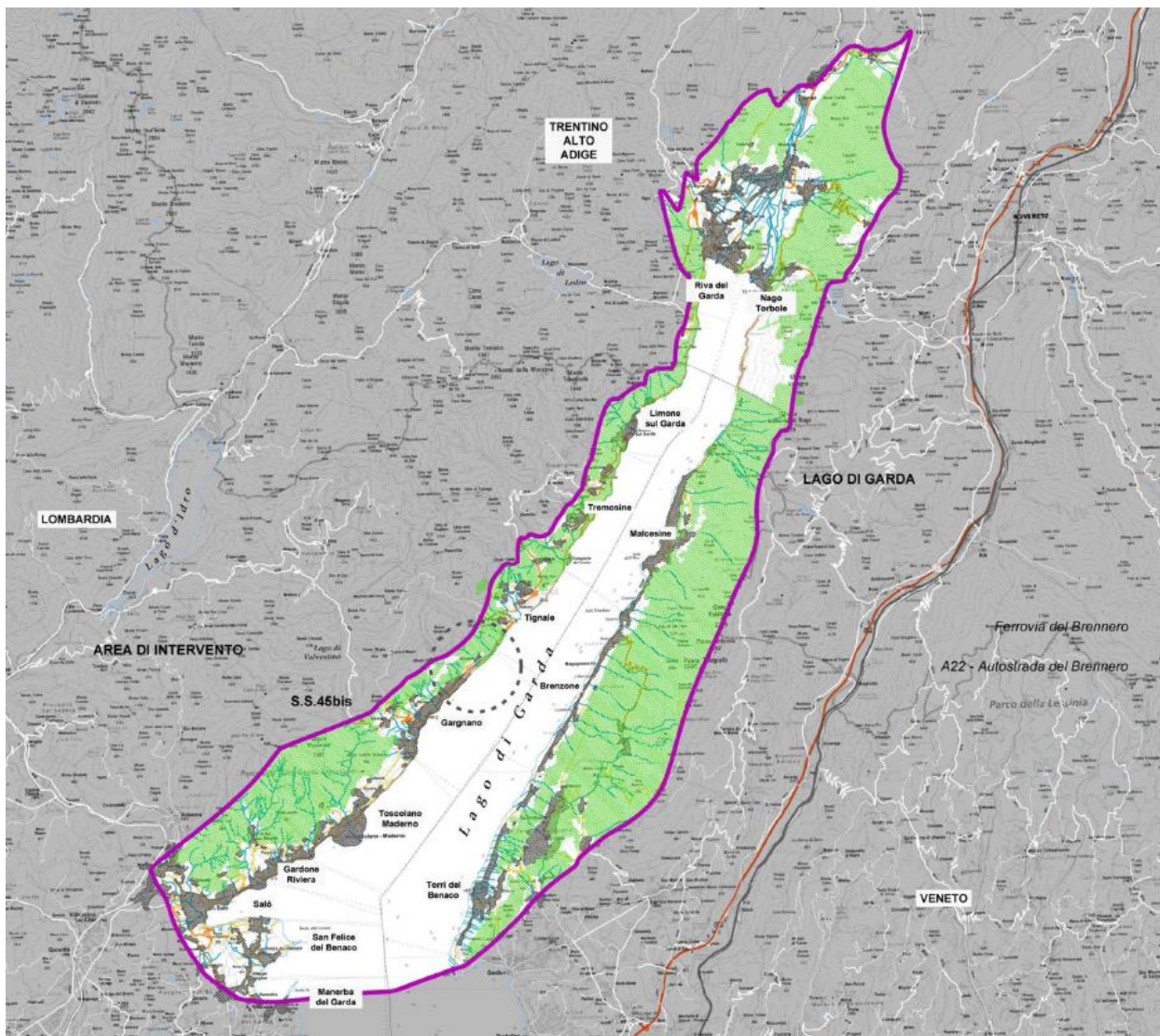


Figura 2-101 - Contesto paesaggistico di area vasta (in viola il confine di contesto, in verde il sistema boschive ed in grigio l'urbanizzato)

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 quest'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 mugeti 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. Alcune di queste famiglie, hanno però nel paesaggio prealpino notevole rilevanza.

Di seguito anche uno stralcio della morfologia di area vasta con i caratteri appena descritti (Figura 2-102), relativa alla carta "Morfologia del paesaggio" (T00IA36AMBCT04).

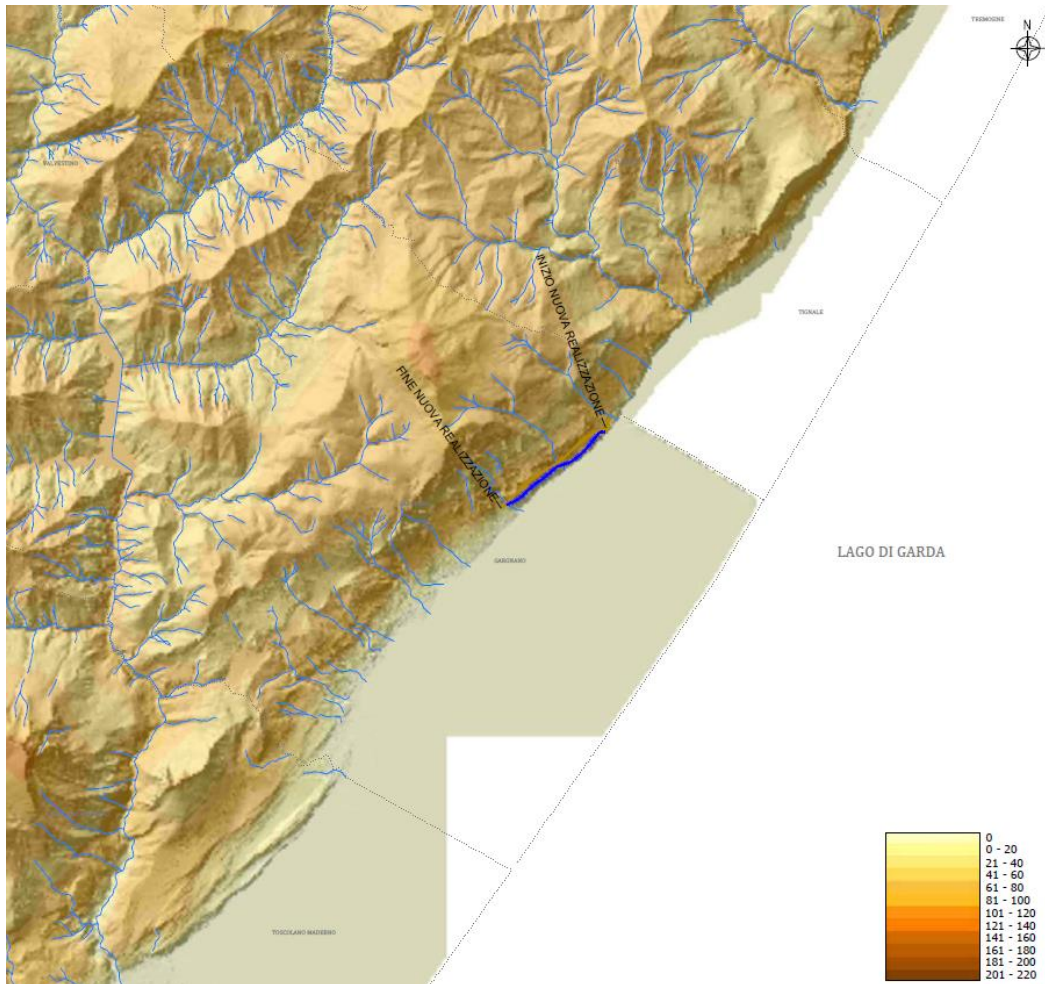


Figura 2-102 Morfologia del paesaggio

### 2.7.3 LA STRUTTURA DEL PAESAGGIO NELL'AREA DI INTERVENTO

Una volta definiti i caratteri omogenei del paesaggio di interesse, è possibile scendere di dettaglio all'interno di quello caratterizzante l'area di intervento, ossia quello dei laghi insubrici.

Questo paesaggio non è solo uno dei più peculiari della fascia prealpina, ma è anche uno dei più significativi della Lombardia e d'Italia. Esso richiama la storia geologica della formazione delle Alpi, le vicende climatiche, e con queste, anche le morfologie e le forme di insediamento di periodo storico. I laghi occupano la sezione inferiore dei bacini vallivi che scendono dalle catene più interne. Questi invasi sono il risultato di fratture antiche e di modellamenti glaciali pleistocenici. Tutti sono racchiusi dalle dorsali prealpine.

Nell'area di intervento in particolare, quindi in corrispondenza del Lago di Garda l'espansione delle acque di accumulo ha superato i limiti della valle del Sarca investendo con un largo arco di sbarramento morenico una parte della pianura.

La presenza dei laghi condiziona fortemente il clima e l'abito vegetale dei luoghi assumendo quella specificità - detta insubrica - rappresentata da una flora spontanea o di importazione (dai lecci, all'ulivo, al cipresso) propria degli orizzonti mediterranei. Ma alla presenza delle acque lacustri si devono numerosi altri elementi di singolarità riguardanti l'organizzazione degli spazi (tipo di colture, di insediamento, attività tradizionali come la pesca, interrelazioni per via d'acqua) e le testimonianze storiche, la percezione e la fruizione del paesaggio come scenario di soggiorno e turismo.

La fascia spondale, così caratterizzata, è poi sovrastata da fasce altitudinali che si svolgono lungo i versanti in modi tradizionalmente non tanto dissimili da quelli delle valli proprie. La mancanza di un fondovalle genera però una sorta di lenta aggressione edilizia delle pendici che, seppur connotata da basse densità volumetriche, registra un alto consumo di suolo paesaggisticamente pregiato. In questi stessi ambiti non mancano poi comparti industriali in via di totale riconversione produttiva.

In questo contesto individuato ci sono degli elementi di struttura caratteristici che si individuano dalla lettura del territorio. L'acqua è uno di questi, un elemento naturale dominante del paesaggio nella regione insubrica, sia come elemento nei grandi specchi dei laghi, che negli orridi e negli anfratti dei gradini glaciali, oppure ancora raccolta e regolata negli alvei dei grandi fiumi. La sua presenza, oltre a stabilire precisi influssi sul microclima e sulla vegetazione, arricchisce lo scenario, attenuando la severità dei rilievi, delineando linee di fuga orizzontali sui divergenti profili dei monti.

Le sponde dei laghi sono l'essenza e il fulcro del paesaggio insubrico. La loro compromissione ha assunto caratteri deleteri solo da data relativamente recente. In passato, specie nell'Ottocento, la costruzione dei lungolaghi (sebbene non esattamente in linea sotto il profilo della conservazione dell'originaria trama dei borghi lacuali, perpendicolari e non paralleli alla sponda) e l'infoltimento delle ville borghesi aveva assunto caratteri e dimensioni tali da non compromettere l'estetica dei luoghi, anzi aveva generato una sua estetica propria, largamente idealizzata dalla propaganda turistica. La successiva costruzione delle strade litoranee (conclusa solo nella prima metà del XX secolo), la privatizzazione degli arenili, l'edificazione e la sostituzione edilizia negli abitati ha stravolto il delicato equilibrio preesistente.

La rilevante funzione termoregolatrice del lago inoltre esercita benefici influssi sulla vegetazione che si manifesta con aspetti assolutamente unici a queste latitudini e a così prossima vicinanza con gli ambienti freddi degli orizzonti alpini.

Relativamente all'impianto urbanistico, quello dei borghi lacuali assume connotati di assoluta unicità con andamenti e assi pedonali perpendicolari alla sponda e sistemazioni edilizie a gradonate. La comune tendenza ad oggi è quella di espandere i nuclei seguendo le sinuose ramificazioni delle strade che dal vecchio nucleo risalgono i versanti secondo una disposizione a schiera di lotti edificabili. Tale criterio comporta un enorme consumo di suolo, su lembi di ben conservato paesaggio agrario, e si rivela l'esatto opposto della consolidata sistemazione edilizia a ripiani sovrapposti e degradanti verso lago. Evidentemente la necessità di fornire a ogni residente un accesso veicolare ha determinato questa scelta. L'impiego di parcheggi collettivi, peraltro condizione obbligata per i residenti nei vecchi nuclei, potrebbe comportare una diversa



organizzazione urbanistica delle aree in via di nuova edificazione e un più consono dialogo con le preesistenze.

Il contesto di paesaggio di riferimento, ossia una porzione di territorio nella quale le relazioni tra le componenti infrastrutturali–insediative, morfologico–ambientali e storico–testimoniali risultano significative, riconoscibili e differenti rispetto a quelle di un'altra area, emerge dalla lettura della tavola "Contesto e struttura del paesaggio" (T00IA36AMBCT01A), dove si definiscono i limiti del contesto nel quale l'intervento si inquadra come da Figura 2-103.

Il contesto in esame è delimitato dal crinale che si staglia sulla superficie del lago a nord ed ad ovest mentre a sud segue la viabilità che sale sul rilievo e serve alcuni nuclei abitativi sparsi ed infine ad est la sponda dal lago stesso funge da confine laterale del bacino.

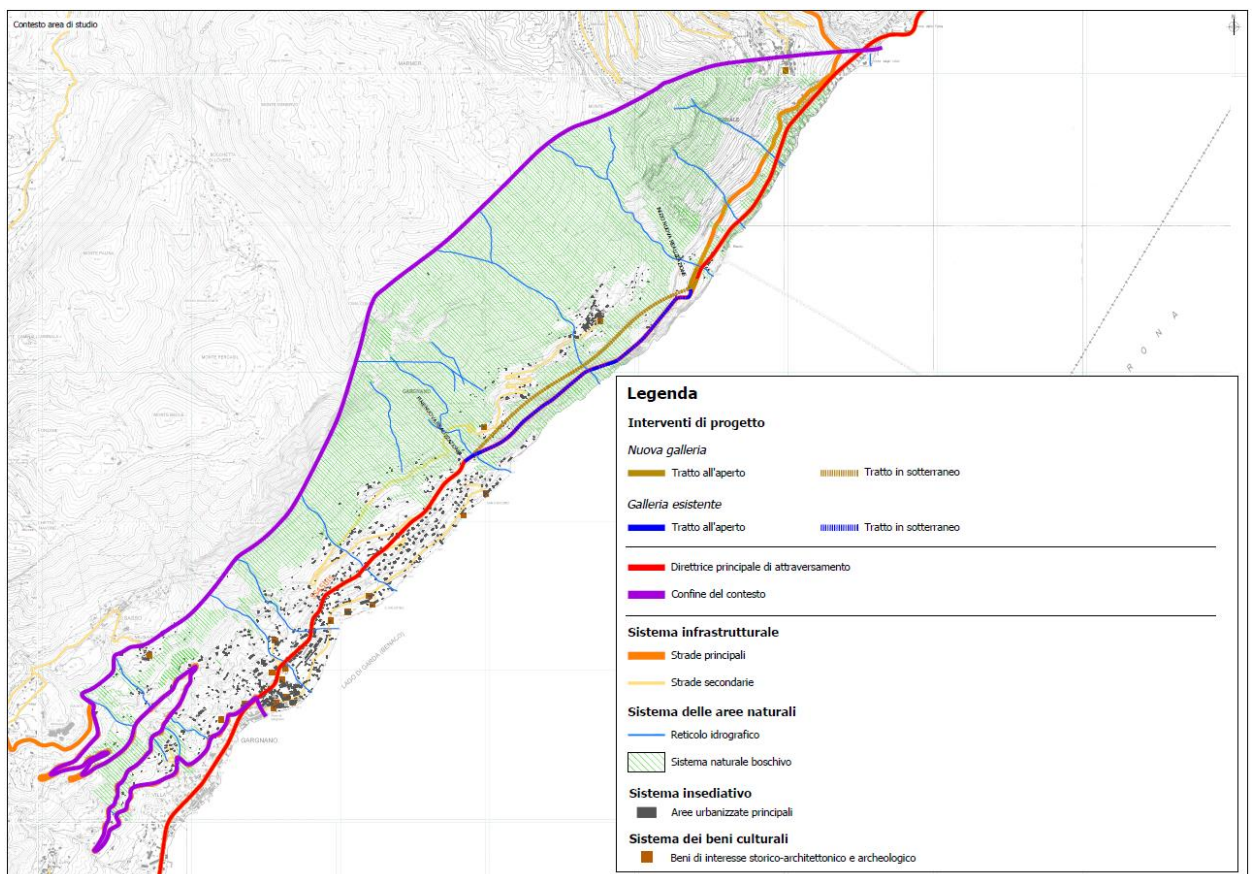


Figura 2-103 Stralcio della tavola "Contesto e struttura del paesaggio"

Il ruolo di direttrice principale di attraversamento del contesto è quel riferimento che aiuta la lettura dello stesso, attorno alla quale si sviluppano una serie di relazioni con le componenti di varia natura del contesto considerato, il quale viene rappresentato, mediante gli elementi che ne evidenziano la struttura, con il sistema stradale nel ruolo di chiave interpretativa delle relazioni.

Nel caso in esame la direttrice principale è rappresentata dalla SS45bis Gardesana Occidentale, che rappresenta l'arteria principale di collegamento lungo il Lago di Garda, mentre nell'intorno si sviluppano una serie di strade locali che servono i piccoli agglomerati che sorgono tra le pendici dei rilievi ed il lungolago. Sui pendii particolarmente scoscesi sorgono formazioni naturali boschive, che si alternano, alle quote più basse con i piccoli centri urbani della zona.

Una volta descritte le caratteristiche generali dell'area di intervento, è possibile riconoscere un ambito geografico ben preciso in merito all'intervento di progetto, ossia quello della Riviera Gardesana, la quale benché connotata da situazioni geografiche e paesaggistiche molto diversificate, si ritiene identificabile come l'intera cornice che affaccia sulla parte lombarda del Lago di Garda, comprendendovi dunque l'alto Garda, il Salodiano, la Valtenesi e l'intero ampio anfiteatro morenico fino al confine con la regione veneta. La storia in questo caso aiuta a compendiare le diversità ambientali, poiché gran parte di questo territorio fu ricompreso fra il XIV e il XVIII secolo nella Magnifica Patria di Salò, entità politico-territoriale dotata di grande autonomia amministrativa.

Il lago e la montagna sono i due elementi che definiscono la cornice paesistica del bacino superiore del Garda. Il contrasto è di particolare effetto lungo la riviera bresciana soprattutto per l'accidentata morfologia orografica, costituita da un basamento sedimentario prealpino ma rotto di continuo da scorrimenti, pieghe, fessurazioni, ulteriormente plasmato poi da erosioni glaciali e fluviali. Le valli che dalla riviera si innalzano verso la dorsale prealpina presentano al loro imbocco profonde forre, nido di feconde attività paleoindustriali (Valle delle Cartiere a Toscolano), ma si stendono poi in verdi altopiani o vere e proprie valli sospese (Valle di Bondo), di alta naturalità. Due singolari forme montuose si palesano nel primo entroterra gardesano: il Pizzocolo e il Monte Castello, prima di entrare in territorio prealpino. Le microaree che si celano all'interno della fascia costiera (Valvestino, alto Tignalese e Tremosinese), oggi inserite nell'ambito del Parco naturale regionale dell'Alto Garda, sono ambienti di forte caratterizzazione non solo paesistica ma anche culturale e linguistica per il persistito isolamento, per la collocazione confinaria o anche oltre confinaria (fino al 1918). Al contrario risulta più faticosa l'identificazione locale della sponda lacustre, sia per la commistione della recente produzione edilizia a destinazione turistica sia per i notevoli fenomeni di contaminazione linguistica provocati dai flussi turistici. A livello percettivo quest'ultimo dato si riflette anche sul paesaggio, sebbene in misura contenuta, nel constatare la fragilità e il cedimento dell'immagine tradizionale locale.

Il contesto morenico gardesano si può identificare come una struttura dai rilievi morbidi, rivestiti sia da prati erbosi che da filari di viti e di alberi da frutta, alternati senza forti rotture di pendio a lievi depressioni variamente coltivate o riempite da fitti boschetti. Piccoli villaggi rurali o singole dimore contadine, accompagnate da gruppi o filari di cipressi, si sparpagliano ovunque con le loro semplici architetture. Più raramente i crinali appaiono movimentati dalla sagoma articolata dei centri abitati più importanti: a parte alcuni, tutti gli altri sono in posizione periferica: o sul lago o all'esterno della cerchia collinare, ma ben attestati su punti elevati e panoramici.



La forza paesaggistica di questo delicato contesto ha fatto sentire in misura inferiore le pur notevoli trasformazioni avvenute in questi ultimi decenni e che sono tipiche delle aree agricole in via di rapida specializzazione produttiva (monocolture) e di accentuata urbanizzazione. Dunque, anche in questo caso, perdita o riduzione di alcuni elementi fondativi del paesaggio locale, vale a dire alberature variate e diffuse, omogeneità e integrità del tessuto edilizio, potenziamento senza un criterio preciso della rete infrastrutturale.

#### 2.7.4 ASPETTI PERCETTIVI

Mediante la lettura percettiva del territorio è possibile evidenziare una parte consistente del tessuto di relazioni sensibili esistenti fra i segni del paesaggio naturale ed antropico. Tali segni sono considerati come componenti significative della visione e quindi immediatamente riconoscibili come struttura portante della stessa, sui quali si impernia la tutela e la valorizzazione delle aree afferenti, quindi da porre all'attenzione nello studio della percezione visiva.

I caratteri percettivi del paesaggio sono costituiti da quegli elementi significativi che segnano e strutturano l'organizzazione dello spazio, che rappresentano le relazioni che intercorrono in ogni area, con i luoghi significativi, sia di tipo naturale, che produttivo, oppure storico-architettonico ed archeologico, che esprimono quindi i caratteri propri di ogni territorio ed il loro valore. Questa analisi è un processo che permette l'identificazione di differenti tipologie di paesaggio, con i segni del territorio, i quali non solo li caratterizzano, ma permettono una lettura degli spazi in connessione o separazione con gli ambiti circostanti. Il paesaggio visibile è quindi identificabile con gli ecosistemi antropici e naturali, variamente organizzati, dal punto di vista spaziale, nonché di tutti quegli elementi che in qualche modo possono condizionare la percezione dello stesso.

Alcune realtà territoriali, seppur sempre in evoluzione, contengono elementi che legano più o meno aree limitrofe tra loro, che sono quindi percepite come contesti omogenei secondo alcuni parametri, mentre possono essere l'opposto secondo altri; questo perché la lettura e la percezione del paesaggio può avvenire seguendo land-marks di tipo fisico o territoriale di differente natura, come ad esempio fiumi, crinali, o tipologie di organizzazione agricola, che a seconda del taglio percettivo applicato possono restituire realtà differenti.

Per evidenziare i nessi e le dinamiche intercorrenti fra i diversi sistemi di segni l'ottica percettiva di analisi del paesaggio, sono state individuate alcune caratteristiche geomorfologiche fondamentali del territorio di interesse, il quale genera una fitta maglia di segni che possono considerarsi i meno eludibili, se non i principali, riferimenti visivi del contesto. Quelli cioè che creano orizzonti (ad esempio i crinali) o che definiscono assialità talvolta di limitato "respiro" panoramico, come i fondovalle. Attorno a tali segni sono individuabili delle aree che seguono il tracciato e la cui ampiezza, variabile a seconda dell'elemento geomorfologico considerato, sta in rapporto diretto con l'altitudine dei luoghi considerati, ed in rapporto inverso con la pendenza degli stessi, delineando così il bacino di visuale di interesse.

Nel contesto individuato, come già descritto in precedenza, questi segni del territorio sono ben visibili ed emergono dalla lettura della "Carta della percezione visiva e dell'intervisibilità" (T00IA34AMBCT05A), come da stralcio di seguito, all'interno della quale è ben delineata la struttura paesaggistica descritta al precedente paragrafo.

Questa carta tematica descrive l'ambito nel quale ricade l'intervento di progetto, riportando i caratteri significativi dell'analisi effettuata che, interpretando i segni del territorio, offre una lettura del paesaggio, con l'individuazione degli elementi portanti che permettono di identificarlo. All'interno dell'ambito che si è scelto per l'analisi, anche grazie alla visione ad una scala più ampia della porzione di territorio di interesse, si individuano due bacini di visuale delineati dalla particolare conformazione morfologica del territorio, come si può apprezzare dallo stralcio di seguito riportato.

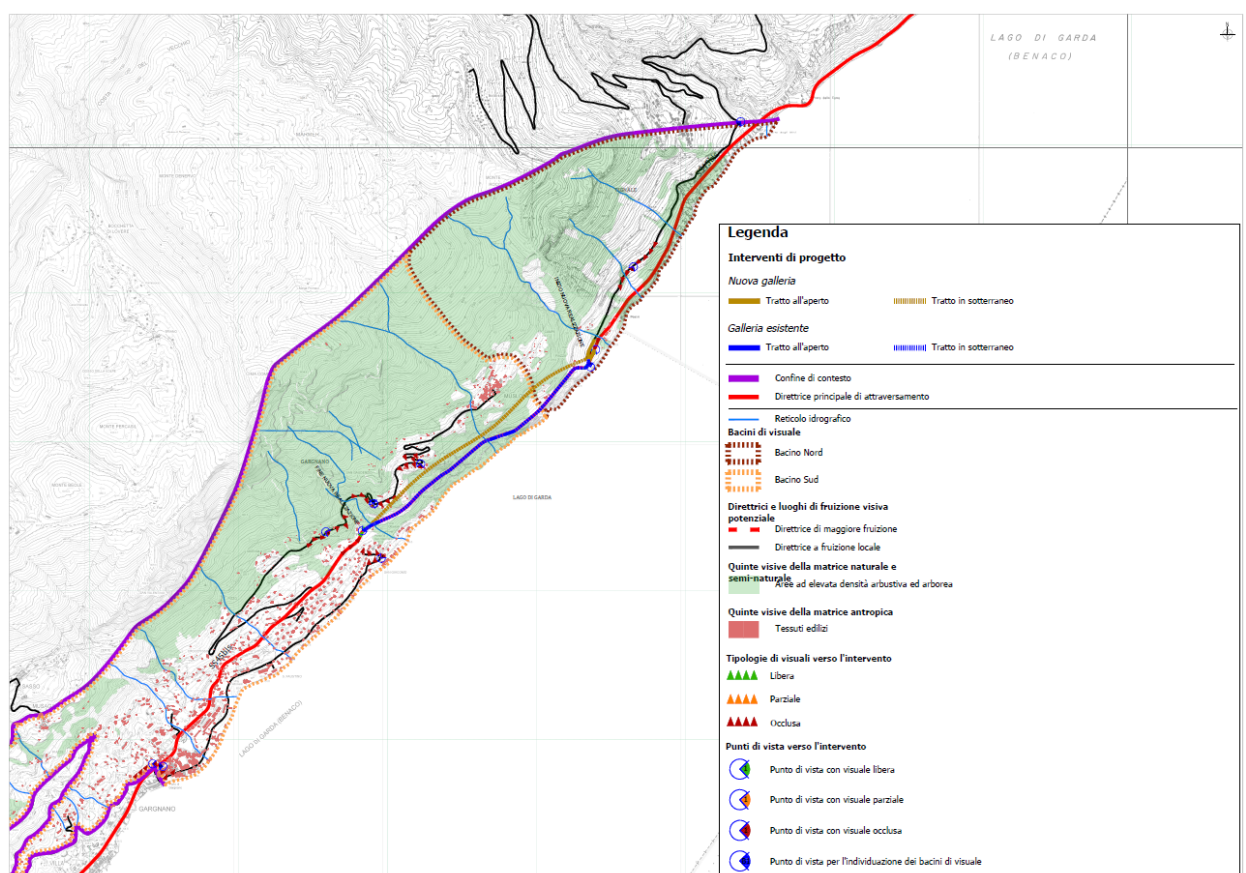
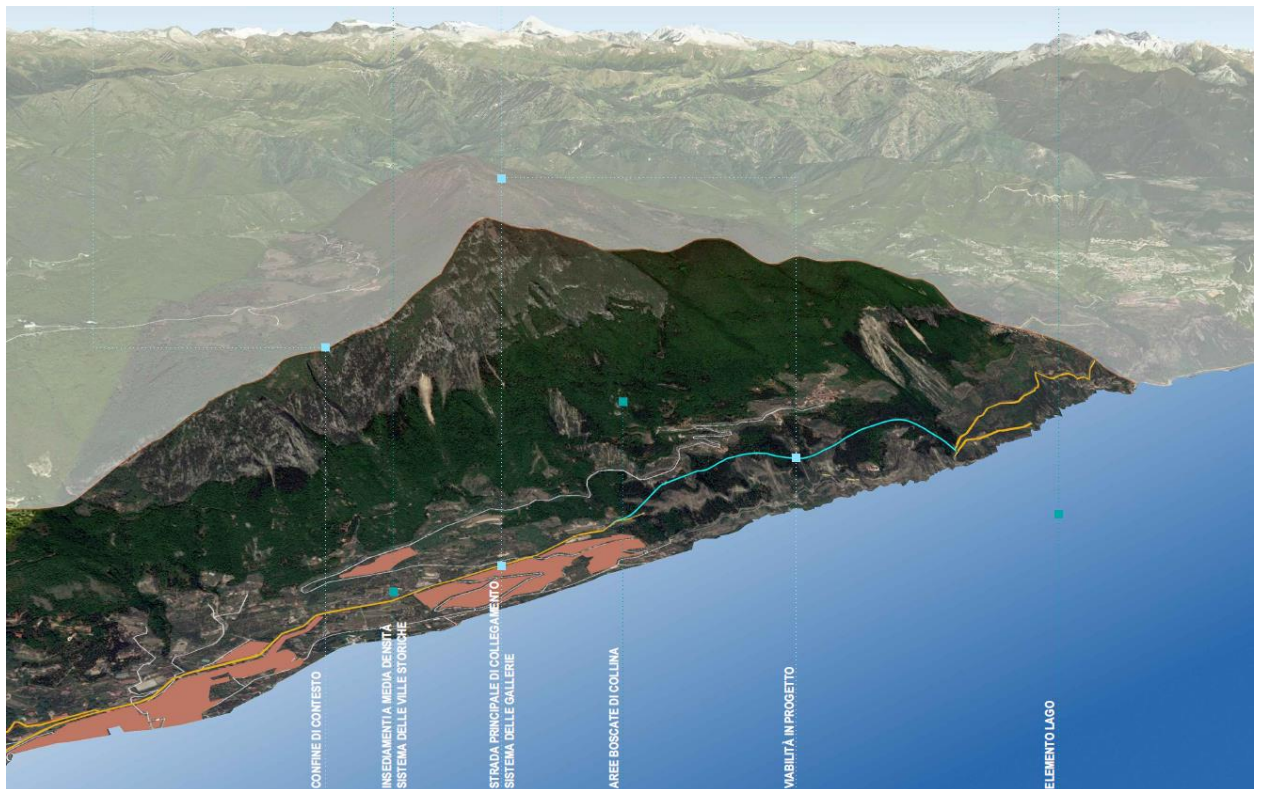


Figura 2-104 - Carta della percezione visiva e dell'intervisibilità

In considerazione degli elementi di interdizione visiva, sia crinali che elementi di tipo antropico, si individua un bacino Nord di dimensione più ridotta, che comprende la parte iniziale del tracciato, con elementi prettamente di tipo naturale, mentre il bacino Sud di estensione maggiore, ricomprende anche elementi di tipo antropico, come gli agglomerati dei piccoli centri lungolago e le relative arterie che li collegano, ed è caratterizzato da una maggiore linearità morfologica ma allo stesso tempo eterogeneità dal punto di vista del tipo di paesaggio, che passa dal naturale all'antropico in spazi territoriali molto più ridotti rispetto al bacino Nord.

Altri elementi comuni di struttura del paesaggio (Figura 2-105), che si possono cogliere da una lettura percettiva del contesto sono costituiti dalle aree boscate a piombo sul mare, dal sistema della viabilità e delle gallerie che creano per il viaggiatore delle visuali frammentate sul lago, dal sistema paesaggistico e

turistico delle ville storiche, delle limonaie, delle riserve naturali e dell'area parco, nonché dal sistema visuale principale costituito dal Lago di Garda.



*Figura 2-105 - Sequenze paesistiche ricorrenti*

La rappresentazione è più chiara tramite alcune viste che spiegano questi concetti; la prima ripresa (Punto B1 della Tavola T00IA34AMBCT05A, Figura 2-106) inquadra la visuale all'altezza della rotatoria verso Tignale, ossia l'inquadratura del termine del Bacino Nord, dal quale si apprezza il crinale che fa da confine settentrionale al bacino intero e tutto il fitto bosco sovrastante, mentre nella seconda (Punto B2 della Tavola T00IA34AMBCT05A, Figura 2-107, all'altezza della piazzola di sosta sulla SP38) è visibile nel punto di fuga della strada, il confine di contesto costituito dal rilievo che taglia perpendicolarmente la strada stessa. Nella terza vista (Punto B3 della Tavola T00IA34AMBCT05A, Figura 2-108, all'altezza di Gargnano sulla SS45bis) lo scenario inquadrato è relativo al bacino Sud, dove si scorge in secondo piano oltre l'abitato, il confine delineato dalla strada che sale sul rilievo boscato; nella quarta immagine (Punto B4 della Tavola T00IA34AMBCT05A, Figura 2-109 all'altezza di Muslone), è invece inquadrato il confine occidentale dell'intero bacino, costituito dal termine visibile del rilievo boscato.





*Figura 2-106 Punto di vista B1 per l'individuazione dei tratti significativi del confine dei bacini di visuale*



*Figura 2-107 Punto di vista B2 per l'individuazione dei tratti significativi del confine dei bacini di visuale*





*Figura 2-108 Punto di vista B3 per l'individuazione dei tratti significativi del confine dei bacini di visuale*



*Figura 2-109 Punto di vista B4 per l'individuazione dei tratti significativi del confine dei bacini di visuale*

Una volta individuati i bacini di visuale, è necessario comprendere come le relazioni tra gli elementi di struttura del paesaggio delineino la percezione del paesaggio nel quale si dovrà inserire l'intervento di progetto.

Secondo quanto espressamente previsto dal DPCM 12/12/2005, l'analisi degli aspetti percettivi deve essere condotta da "luoghi di normale accessibilità e da punti e percorsi panoramici". Ne consegue quindi che a tal fine la prima operazione da condursi risulta essere quella dell'individuazione di quei punti di vista di rilievo dal momento che, rispondendo alle anzidette caratteristiche, sono strutturanti i rapporti percettivi. In quest'ottica gli elementi visuali in direzione dell'intervento sono stati evidenziati sulla base di punti percettivi statici e dinamici da cui è percepibile una vista d'insieme del paesaggio circostante che potrebbe essere influenzato dall'intervento progettuale. In particolare, sono stati percorsi gli assi viari che attraversano il territorio di studio, rappresentati dalle direttrici principali e dalla viabilità secondaria, preferendo quelle di pubblica fruizione con qualità panoramiche per l'individuazione delle visuali dinamiche libere di rilievo verso l'intervento. Per i punti statici sono stati considerati invece sia punti dai quali la visuale risultasse libera, parziale o occlusa.

La scelta di questi punti, statici e dinamici, è ovviamente dipesa anche dallo studio di tutti gli elementi di disturbo visivo, quelle barriere, come crinali oppure ancora filari o alberature, che costituiscono già degli elementi naturali di occlusione visiva.

Nell'analisi degli aspetti percettivi del paesaggio l'osservazione si è focalizzata quindi sulle diverse modalità di percezione dello spazio, sugli elementi lineari come le strade panoramiche o le viabilità di fruizione paesistica ed infine su fuochi e punti da cui si può vedere o che possono essere visti.

Per la maggior parte dei casi, le strade scelte come visuali dinamiche di rilievo, sono situate nell'intorno dell'intervento di progetto, come Via Muslone, sita ad una quota più alta dell'intervento di progetto, la SS45bis Gardesana Occidentale stessa e Via S.Giacomo, sita invece ad una quota inferiore ad entrambe le precedenti, per quanto riguarda la parte finale di tracciato, mentre nel tratto iniziale alcuni punti, oltre che ancora sulla SS45bis, sono afferenti alla SP38.

Per comprendere meglio questi concetti, le visuali e come si percepisce l'intervento, dalla carta della percezione visiva, si riportano alcuni stralci ed immagini utili a comprendere l'inserimento del progetto nel contesto individuato, da differenti punti di vista.



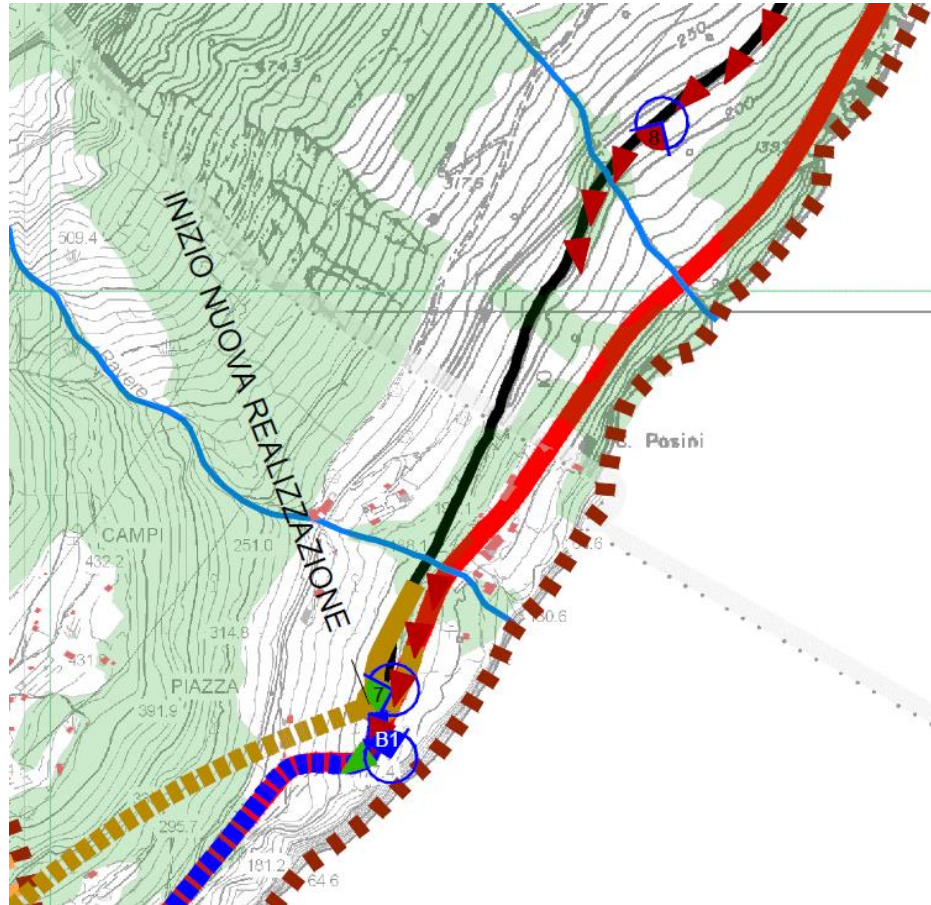


Figura 2-110 Stralcio della tavola " Carta della percezione visiva e dell'intervisibilità"



Figura 2-111 Visuale occlusa dal Punto 8 (a sinistra) e libera dal Punto 7 (a destra) verso l'intervento

Le prime due foto riportate sono state scattate nei pressi dell'inizio del tracciato, sulla SSP38 a lunga distanza e sulla SS45bis a breve distanza dall'imbocco della galleria (Figura 2-110).

Nello stralcio (Figura 2-110), accanto al cono che individua la foto, vi sono anche delle frecce colorate in direzione dell'opera da realizzare che indicano come man mano che la distanza dell'osservatore dallo stesso si riduce, si riducono proporzionalmente anche gli ostacoli visivi che consentono una piena percezione dell'opera di progetto; difatti si passa dal colore rosso che indica una visione occlusa dell'intervento dal punto selezionato, passando per l'arancione, che indica una visione parziale, per finire al verde che indica invece una fruizione completa con visione libera dell'opera dal punto in questione.

Nel primo esempio a sinistra (Figura 2-111), la visuale risulta completamente occlusa a causa della morfologia del territorio che impedisce la visione dell'imbocco. Ne consegue che la zona di intervento sia schermata dalla particolare configurazione e quindi il nuovo intervento non risulti visibile. Nel secondo caso (Figura 2-111) invece (foto a destra), la zona di intervento risulta frontale e visibile dal punto di osservazione prescelto anche in ragione della vicinanza del punto selezionato. In questo caso, il punto di vista è rappresentato in verde, in quanto la visuale verso l'intervento non è schermata da alcun tipo di ostacolo.

Di seguito altri due punti scelti, con riprese fotografiche scattate, la prima dalla SS45bis e la seconda da Via Muslone, che mostrano una visuale libera (in verde, Punto 2) e una visuale occlusa (in rosso, Punto 3).

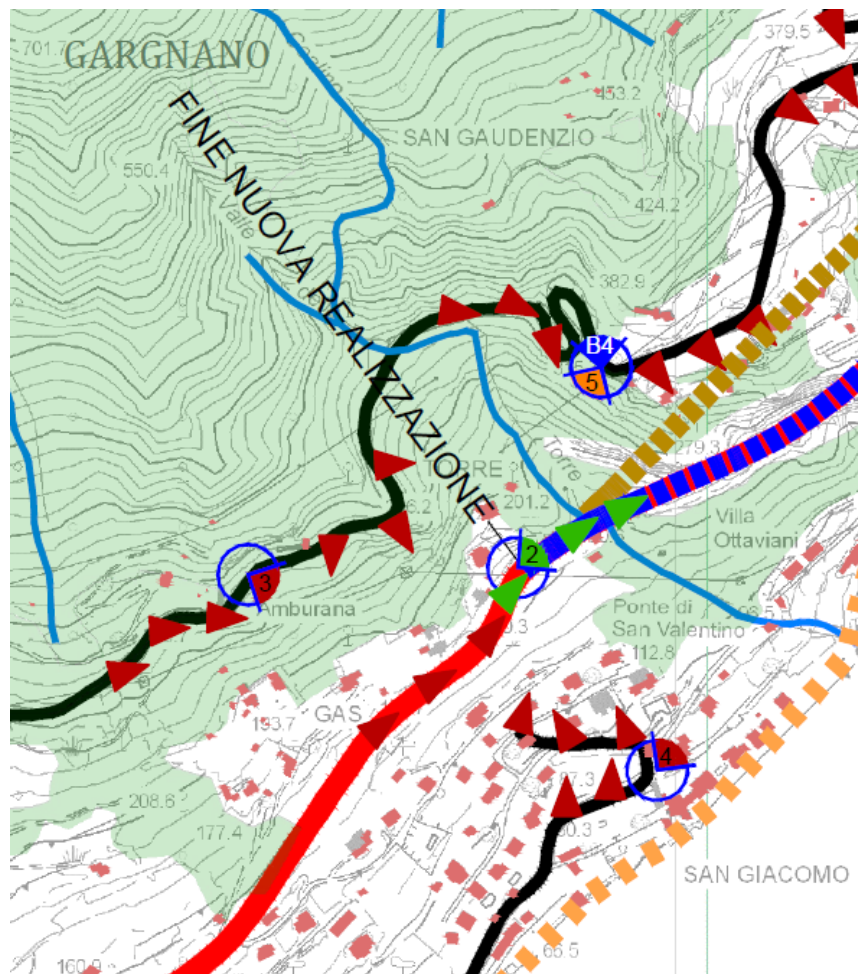


Figura 2-112 Stralcio della tavola " Carta della percezione visiva e dell'intervisibilità"





*Figura 2-113 Visuale libera dal Punto 2 (a sinistra) e occlusa dal Punto 3 (a destra) verso l'intervento*

Nella Figura 2-112, per il Punto 3, più lontano dall'infrastruttura da realizzare, si può notare come la zona d'intervento sia impossibile da traguardare in ragione sia dalla morfologia del paesaggio, ma soprattutto a causa della vegetazione che occlude la vista (Figura 2-113, a destra); per il Punto 2 invece, sostanzialmente prossimo alla futura opera, risulta ben visibile l'imbocco della galleria (Figura 2-113), e perciò in fase di realizzazione sarà necessario tenere in conto a livello di soluzione progettuale, come preservare i caratteri del paesaggio nell'intorno.

Questo esempio è stato fornito per far comprendere come una visuale libera che corrisponde ad una piena fruizione visiva dell'infrastruttura, la progettazione laddove possibile, ha l'obiettivo di minimizzare l'impatto della realizzazione delle opere previste, evitando di mutare i caratteri percettivi del contesto e cercando di preservare le caratteristiche principali del territorio nel quale il progetto si inserisce.

In conclusione quindi la percezione del paesaggio, in un contesto a vocazione fortemente naturale, con la presenza dei crinali che scendono in maniera molto ripida a valle, per finire alla superficie del lago sottostante, nelle visuali a lungo raggio permette di spaziare verso i punti del territorio più lontani, riuscendo a cogliere anche le lievi variazioni della morfologia territoriale o focalizzando i diversi luoghi simbolici, naturali o artificiali del contesto, perlomeno fino a dove la configurazione territoriale lo permette. Viceversa, volendo traguardare aree situate ad una minore distanza, è possibile fruire della visione dell'area di intervento in ragione del fatto che, trattandosi degli imbocchi della galleria, quindi di interventi sulla strada esistente, la visuale risulta libera e priva di ostacoli.

Queste diverse modalità di guardare il paesaggio sono quindi spesso condizionate dalle strade e dai percorsi, i quali in alcuni casi hanno una forte naturalità (strade locali dai percorsi che si snodano all'interno di proprietà private isolate, viabilità che salgono sui crinali dei rilievi, ecc.), in altri casi invece coincidono con le vie di collegamento più infrastrutturate (la SS45bis che corre lungo la sponda del Lago di Garda o la SP38), oppure possiedono altre caratteristiche, quali arterie che attraversano la frangia urbana o arrivano agli agglomerati urbani presenti all'interno del contesto interessato.