

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 1 di 80	Rev. 0

METANODOTTO SESTRI LEVANTE - RECCO
DN 400 (16"), DP 75 bar

Studio di Impatto Ambientale

Annexo E

“Stima delle emissioni atmosferiche nella fase di realizzazione dell’opera”

0	Emissione	Catani	Ambrosini	Buongarzone	Mag. '19
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 2 di 80	Rev. 0

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3.	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA.....	7
3.1	La zonizzazione del territorio in Liguria.....	7
3.2	Descrizione dello stato della qualità dell'aria.....	11
4	STIMA DELLE EMISSIONI	15
4.1	Polveri sottili.....	16
4.1.1	Stima delle emissioni di Polveri Sottili dai fumi di scarico	16
4.1.2	Emissioni di Polveri Sottili dovute alla movimentazione del terreno.....	18
4.1.3	Emissioni di Polveri Sottili causato dal movimento dei mezzi.....	19
4.2	Ossidi di Azoto (NO_x).....	20
5.	CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA.....	22
5.1	Analisi dei dati di Vento superficiali.....	26
5.2	Analisi dei dati di Temperatura e Umidità Relativa.....	39
5.3	Analisi dei dati di profilo verticale.....	41
5.4	Conclusioni.....	45
6.	I MODELLI DI SIMULAZIONE NUMERICA.....	46
6.1	Definizione dati di ingresso	47
6.2	Definizione del dominio di calcolo	47
6.3	Scelta dei periodi di simulazione.....	50
6.4	Scenario emissivo.....	51
7	RISULTATI DELL'ANALISI DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI	52
7.1	Scenari di dispersione.....	52
7.1.1	Biossido di Azoto (NO ₂).....	53
7.1.2	Effetti indotti sulla vegetazione dagli Ossidi di Azoto	55

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 3 di 80	Rev. 0

7.1.3	Polveri Sottili (PM ₁₀)	56
7.1.4	Valutazione degli impatti indotti rispetto al livello di fondo.....	57
8	CANTIERE TRATTI IN MICROTUNNEL	60
9	MITIGAZIONI.....	64
10	CONCLUSIONI	67
11	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	69
	ANNESSO I.....	70

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 4 di 80	Rev. 0

1 PREMESSA

Scopo del presente documento è la valutazione degli impatti che saranno indotti sulla qualità dell'aria ambiente con particolare riferimento alle aree interessate dalla realizzazione del nuovo Metanodotto Collegamento Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar con partenza dal Comune di Casarza Ligure (GE) e arrivo nel territorio di Sori (GE). In corrispondenza del tratto iniziale e del tratto finale sono previste anche due brevi dismissioni. Nello studio che segue, in particolare, saranno calcolate le emissioni di:

- Polveri Sottili (PM₁₀), prodotte dalla movimentazione del terreno, dal movimento dei mezzi impiegati nella realizzazione dell'opera e presenti nei fumi di scarico dei mezzi stessi;
- Ossidi di Azoto (NO_x), presenti nei fumi di scarico dei mezzi impiegati nella realizzazione dell'opera.

Aria Ambiente o "outdoor": aria esterna presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro e negli ambienti domestici e pubblici (aria "indoor") che, avendo specificità e, limitatamente ai luoghi di lavoro, normativa dedicata (D.Lgs. Governo n. 81 del 09/04/2008), non è oggetto del presente studio.

Il cantiere, essendo mobile, sarà caratterizzato da varie fasi in ciascuna delle quali sarà impegnato un certo numero di mezzi e sarà movimentato un ben definito volume di terreno. Ai fini della valutazione degli impatti si farà riferimento alla fase/i che prevede la maggiore emissione degli inquinanti considerati, in modo da avere stime comunque conservative. In quest'ottica, si è considerata la fase di posa della condotta unitamente alle attività di scavo della trincea. In termini di emissioni, il cantiere previsto nell'ambito della rimozione del metanodotto esistente verrà assimilato a quello previsto per il metanodotto in progetto.

La stima degli impatti, con riferimento ad entrambi gli inquinanti considerati, sarà eseguita con il modello Calmet-Calpuff (U.S.EPA, 2006) che appartiene alla famiglia dei modelli tridimensionali lagrangiani a puff.

I risultati delle simulazioni modellistiche permetteranno di verificare, per quanto possibile, la conformità delle concentrazioni in aria ambiente con gli standard previsti (rif. **cap.2**) per gli inquinanti presi in considerazione e di individuare le eventuali aree critiche lungo il tracciato.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 5 di 80	Rev. 0

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa di interesse sulla qualità dell'aria è quella stabilita dal

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"

che, modificato ed integrato dal D.Lgs. n. 250/2012, recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE e abroga una serie di leggi precedenti, tra cui il DM n. 60 del 2 aprile 2002 e il D.Lgs. 351 del 04/08/1999. Essa fornisce i valori limite per gli Ossidi di Azoto, il Biossido di Zolfo e di Azoto, il Benzene, il Monossido di Carbonio, il Piombo, il PM₁₀ ed il PM_{2,5}.

In **Tab. 2/A** vengono riportati i valori limite di concentrazione in aria ambiente stabiliti dal D.Lgs. n. 155/10 e ss.mm.ii. per i composti che verranno presi in considerazione; in particolare per ogni inquinante viene specificato:

- la destinazione del limite:
 - protezione della salute umana,
 - protezione della vegetazione;
- il periodo di mediazione:
 - orario,
 - giornaliero,
 - annuale;
- il parametro di riferimento:
 - percentile,
 - massimo,
 - media;
- il valore limite e la normativa di riferimento.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 6 di 80	Rev. 0

Tabella 2/A - Valori di riferimento (^) delle concentrazioni in aria ambiente

Inquinante	Destinazione del limite	Periodo di mediazione	Parametro di riferimento	Valore Limite(*) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Normativa di riferimento
PM₁₀	salute umana	24 ore	90,4 percentile	50	D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii.
		anno civile	media	40	
NO₂	salute umana	1 ora	massimo	400 ^(§) (soglia di allarme)	D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii.
			99,8 percentile	200 al 1° gennaio 2010	
		anno civile	media	40 al 1° gennaio 2010	
NO_x	vegetazione	anno civile	media	30 ^(***)	D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii.

(^) SQA-Standard di Qualità Ambientale

(*) I valori limite devono essere espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il volume per il calcolo delle concentrazioni delle PM₁₀ deve essere normalizzato ad una temperatura di 273 K e ad una pressione di 101.3 kPa, mentre per tutti gli altri inquinanti il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101.3 kPa

(§) valori misurati per tre ore consecutive

(***) I punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti, o da impianti industriali o autostrade.

(!) tale limite deve essere applicato solo nelle zone e nei periodi dell'anno nei quali si siano verificati superamenti significativi del limite di Ozono.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 7 di 80	Rev. 0

3. CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1 La zonizzazione del territorio in Liguria

Con il Decreto Legislativo 155/2010 (modificato, poi, nel 2012 con il D.Lgs. n. 250), la normativa nazionale ha recepito la Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio 2008/50/CE, che ha abrogato il quadro normativo europeo preesistente ed ha incorporato gli sviluppi in campo scientifico e sanitario e le esperienze più recenti degli Stati membri nella lotta contro l'inquinamento atmosferico.

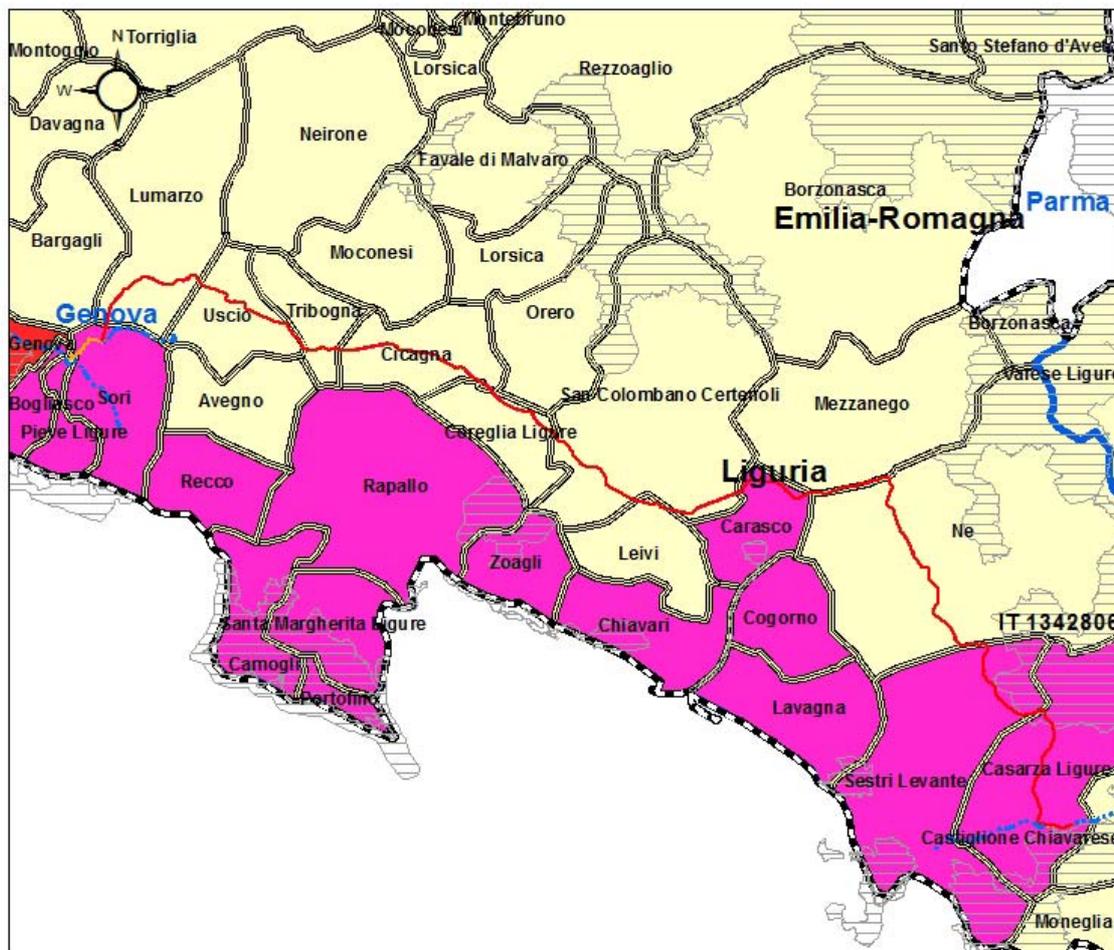
Il D.Lgs. 155/2010 ha quindi integrato in se tutte le normative nazionali preesistenti relative alla qualità dell'aria. Con la sua emanazione si richiede una nuova zonizzazione del territorio che risulti, come peraltro previsto anche dalle direttive europee, maggiormente in linea con le eventuali variazioni delle criticità sugli inquinanti atmosferici rilevati.

La Regione Liguria, con Delibera della Giunta Regionale n.44/2014 ha quindi adottato la zonizzazione di cui alle **Fig. 3/A-B-C** che sostituisce le precedenti zonizzazioni di cui alle d.G.R. n.1175/2005 e n.946/2007.

Con la nuova zonizzazione, che definisce le unità territoriali sulle quali viene eseguita la valutazione della qualità dell'aria, secondo diverse modalità, ed alle quali si applicano misure gestionali specifiche, il territorio regionale è stato classificato secondo tre differenti zonizzazioni:

- a) Zonizzazione per biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), benzene (C₆H₆), e particolato fine (PM₁₀ e PM_{2,5}), 6 zone (**Fig.3/A**):
 - Zona IT0711 Agglomerato di Genova;
 - Zona IT0712 Savonese-Bormida;
 - Zona IT0713 Spezzino;
 - Zona IT0714 Costa con alta pressione antropica;
 - Zona IT0715 Entroterra genovese con alta pressione antropica
 - Zona IT0716 Entroterra e costa con bassa pressione antropica
- b) Zonizzazione per Ozono (O₃) e benzo(a)pirene (BaP), 2 zone (**Fig.3/B**):
 - Zona IT0711 Agglomerato di Genova
 - Zona IT0717 Rimanente territorio regionale
- c) Zonizzazione per i metalli arsenico (As), Cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb), 3 zone (**Fig.3/C**):
 - Zona IT0711 Agglomerato di Genova
 - Zona IT0718 Territori delle zone IT0712 e 0713
 - Zona IT0719 Rimanente territorio regionale

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 8 di 80	Rev. 0

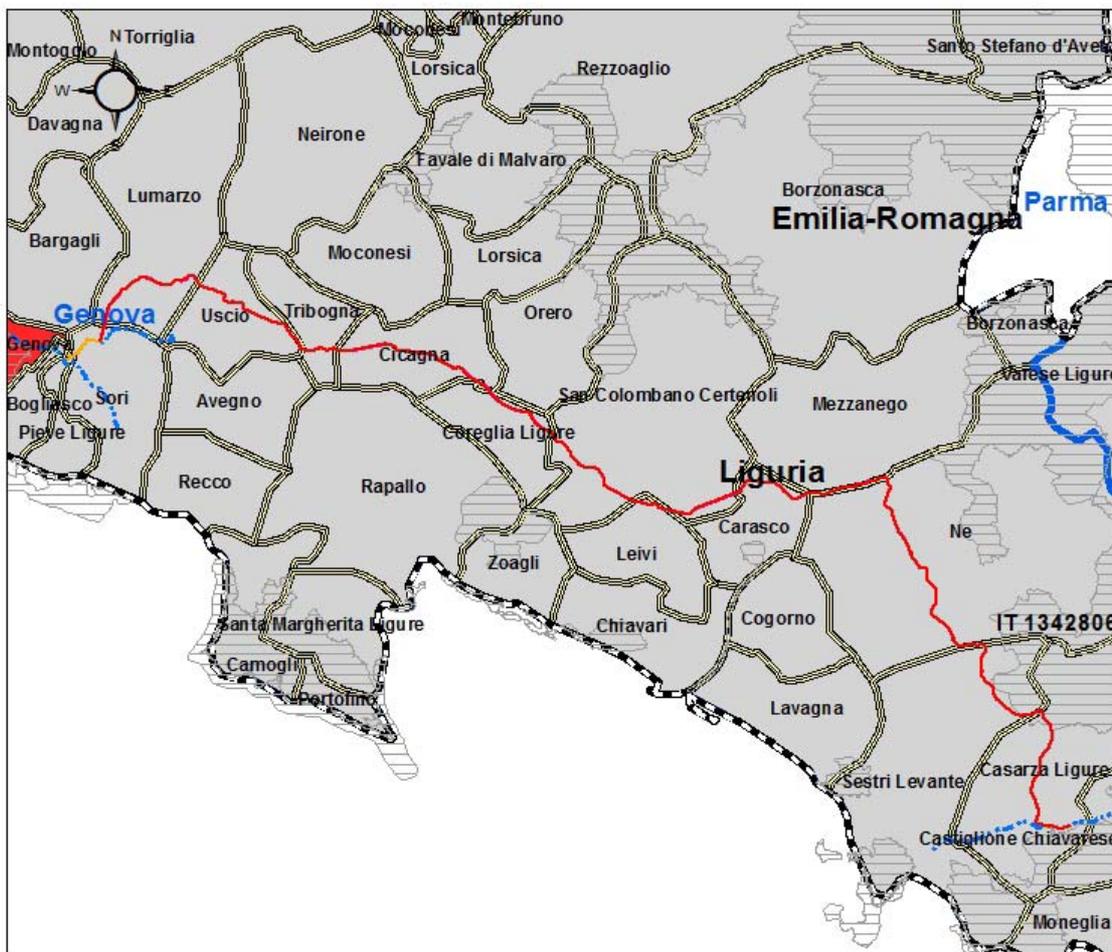


Legenda

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> — Linee esistenti — Linea in progetto — Linea in dismissione — Linea di collegamento Tunnel | <ul style="list-style-type: none"> Aree SIC Aree ZPS Limite regionale Limite provinciale Limite comunale | <ul style="list-style-type: none"> IT0711 Agglomerato Genova IT0712 Savonese-Bormida IT0713 Spezzino IT0714 Costa alta pressione antropica IT0715 Entroterra alta pressione antropica IT0716 Entroterra e costa bassa pressione antropica |
|---|--|---|

Fig.3/A Regione Liguria. Zonizzazione per NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, CO e C₆H₆ (d.G.R. n.44/2014) nell'area attraversata dal metanodotto

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 9 di 80	Rev. 0

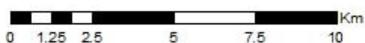
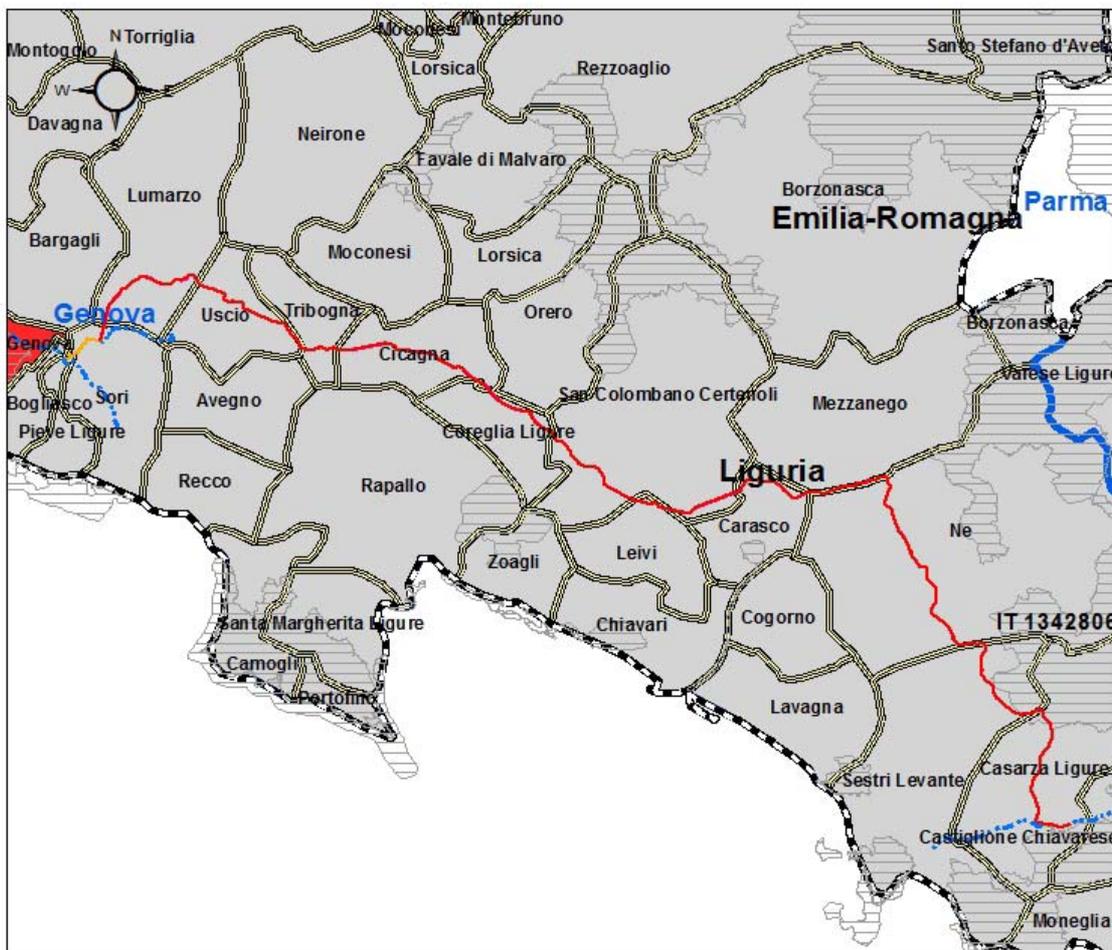


Legenda

- | | | |
|-----------------------|--------------------|--|
| Linee esistenti | Aree SIC | IT0711 Agglomerato Genova |
| Linea in progetto | Aree ZPS | IT0717 somma Zone IT0712, IT0713, IT0714, IT0715, IT0716 |
| Linea in dismissione | Limite regionale | |
| Linea di collegamento | Limite provinciale | |
| Tunnel | Limite comunale | |

Fig.3/B Regione Liguria. Zonizzazione per O₃, BaP (d.G.R. n.44/2014) nell'area attraversata dal metanodotto

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 10 di 80	Rev. 0



Legenda

- | | | |
|-----------------------|--------------------|---|
| Linee esistenti | Aree SIC | IT0711 Agglomerato Genova |
| Linea in progetto | Aree ZPS | IT0718 Savonese-Bormida e Spezzino (Somma Zone IT0712 e IT0713) |
| Linea in dismissione | Limite regionale | IT0719 Costa eentroterra (Somma Zone IT0714, IT0715 e IT0716) |
| Linea di collegamento | Limite provinciale | |
| Tunnel | Limite comunale | |

Fig.3/C Regione Liguria. Zonizzazione per Pb, As, Cd, Ni (d.G.R. n.44/2014) nell'area attraversata dal metanodotto

Il tracciato del metanodotto in progetto attraversa i comuni della provincia di Genova elencati in **Tab. 3/A** ed intercetta le zone IT0714 ed IT0716 (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, CO e C₆H₆), IT0717 (O₃ e BaP) ed IT0719 (Pb, As, Cd, Ni).

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 11 di 80	Rev. 0

Tabella 3/A Comuni interessati dal progetto e zonizzazione in base alla d.G.R. n.44/2014

Comune	Provincia	Zona NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO ₂ , CO e C ₆ H ₆	Zona O ₃ , BaP	Zona Pb, As, Cd, Ni
Sori	Genova	IT0714	IT0717	IT0719
Carasco	Genova	IT0714	IT0717	IT0719
Sestri Levante	Genova	IT0714	IT0717	IT0719
Casarza Ligure	Genova	IT0714	IT0717	IT0719
Lumarzo	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
Uscio	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
Tribogna	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
Cicagna	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
Coreglia Ligure	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
San Colombano Certenoli	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
Leivi	Genova	IT0716	IT0717	IT0719
Ne	Genova	IT0716	IT0717	IT0719

3.2 Descrizione dello stato della qualità dell'aria

La qualità dell'aria relativamente alle zone omogenee IT0714 ed IT0716 è di seguito caratterizzata attraverso i dati rilevati presso le centraline riportate in **Tab. 3/B** e relative all'attuale configurazione della Rete della Provincia di Genova e della Rete della Provincia di Savona.

Tabella 3/B Zone IT0714 ed IT0716. Centraline di monitoraggio della qualità dell'aria (Rete della Provincia di Genova e Rete della Provincia di Savona)

Zona Omogenea	Centralina	Provincia	Tipo stazione	Tipo Zona	Caratteristica Zona
IT0714	Regione Cavallo-Albenga	SV	Traffico	Urbana	Residenziale/Commerciale
IT0714	Corso Assarotti - Chiavari	GE	Traffico	Urbana	Residenziale/Commerciale
IT0714	Via Gioventù - Cogoleto	GE	Fondo	Suburbana	Residenziale
IT0714	Campo Macera - Rapallo	GE	Traffico	Urbana	Residenziale/Commerciale
IT0716	Campora - Campomorone	GE	Industriale	Suburbana	Industriale
IT0716	Parasacco - Cengio	SV	Fondo	Rurale	Agricola/Naturale

Nell'analisi è stato considerato il periodo 2010-2018 i cui dati, riportati nella **Tab. 3/C** che segue, sono stati estratti dai report annuali di valutazione della qualità dell'aria pubblicati dalla Regione Liguria ed ARPAL integrati, per quanto concerne l'anno 2018, con i dati orari scaricati dal sito di ARPAL <http://www.banchedati.ambienteinliguria.it/index.php/aria/qualita-dell-aria?qa=2.14410103.1585783138.1549271378-141635054.1547127119>. Con riferimento a questi ultimi, sono stati presi in considerazione solo i dati certificati in quantità di almeno il 50% per i valori medi annuali e di almeno il 75% per i valori massimi e percentili

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 12 di 80	Rev. 0

(o n.ro di superamenti). In alcuni casi (es. anno 2010) i dati sono stati integrati, quando disponibili, anche con i dati estratti dalla banca dati SINAnet BRACE.

Biossido di Azoto

La normativa italiana (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) prevede, su base annua per la protezione della salute umana, due valori limite, uno sul valore medio ed uno sul n.ro di superamenti del valore limite orario (o 99,8 percentile).

I dati di Biossido di Azoto sono risultati disponibili in tutte le centraline considerate, pur con copertura temporale diversa.

- **Valore medio annuo**

- **Zona IT0714**

- L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una costante conformità al limite previsto dalla normativa ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ad esclusione della postazione (Tipo Traffico) di Campo Macera-Rapallo per gli anni 2010, 2013 e 2018.

- I valori rilevati variano dai $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Centralina Via Gioventù-Cogoleto, anno 2016) ai $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Centralina Campo Macera-Rapallo, anno 2013).

- **Zona IT0716**

- L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una costante conformità al limite previsto dalla normativa ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

- I valori rilevati variano dai $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Centralina Rio Parasacco-Cengio, anno 2016) ai $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Centralina Campora-Campomorone, anno 2017).

- **N.ro Superamenti**

- **Zona IT0714**

- L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una costante conformità al limite previsto dalla normativa (18 superamenti annui) con un numero di superamenti annui generalmente nullo, ad esclusione di pochi casi nei quali si registrano al massimo 2 superamenti annui (Campo Macera-Rapallo, anno 2011).

- **Zona IT0716**

- L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una costante conformità al limite previsto dalla normativa (18 superamenti annui) con un numero di superamenti annui costantemente nullo.

Polveri PM₁₀

La normativa italiana (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) prevede, su base annua per la protezione della salute umana, due valori limite, uno sul valore medio ed uno sul n.ro di superamenti del valore limite orario (o 90,4 percentile).

I dati di Polveri PM₁₀ sono risultati disponibili in tutte le centraline considerate, pur con copertura temporale diversa.

- **Valore medio annuo**

- **Zona IT0714**

- L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una costante conformità al limite previsto dalla normativa ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). I valori rilevati

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 13 di 80	Rev. 0

variano tra i 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore ripetuto) ed i 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Centralina Campo Macera-Rapallo, anno 2011).

Zona IT0716

L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una costante conformità al limite previsto dalla normativa (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). I valori rilevati si attestano stabilmente attorno ai 15-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- N.ro Superamenti

Zona IT0714

L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una situazione costantemente conforme al limite dato dalla normativa (35 superamenti annui). I valori calcolati variano dallo zero (assenza di superamenti, condizione molto frequente) ai 5 casi annuali di superamento (C.so Assarotti-Chiavari, anno 2011 e Campo Macera Rapallo, anno 2012).

Zona IT0716

L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nella zona omogenea interessata dal tracciato, una situazione costantemente conforme al limite dato dalla normativa (35 superamenti annui). I valori calcolati variano dal caso isolato, registrato in entrambe le centraline nel 2016 agli 8 casi annuali di superamento (Rio Parasacco Cengio, anno 2017).

Polveri PM_{2,5}

La normativa italiana (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) prevede, su base annua per la protezione della salute umana, un limite di legge sul valore medio dei valori registrati.

I dati di Polveri PM_{2,5} sono risultati disponibili nelle sole centraline di Regione Cavallo-Albenga (periodo 2011-2017, zona IT0714) e Rio Parasacco-Cengio (anni 2016-2017, zona IT0716).

L'analisi dei dati di **Tab. 3/C** evidenzia, nelle zone omogenee interessate dal tracciato, valori stabili nel tempo e la loro conformità al limite previsto dalla normativa (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) con valori rilevati che variano dagli 11 ai 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ossidi di Azoto

Il valore limite di legge per gli NOx (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) è un indicatore finalizzato alla protezione della vegetazione ed è riferito alla media annuale del composto. Le centraline di riferimento devono rispettare alcuni criteri di rappresentatività per la protezione della vegetazione stabiliti dalla normativa.

Per la Regione Liguria, non esiste attualmente (rif. "Valutazione della qualità dell'aria-anni di monitoraggio 2016-2017-Regione Liguria, ARPAL") una zonizzazione riferita a tali livelli critici, tuttavia la situazione può essere valutata nelle due stazioni di Fondo Rurale Rio Parasacco-Cengio (SV) e Scuola Elementare-Bolano (SP). La prima ricade nella zona omogenea IT0716 ed i valori evidenziano un ampio rispetto del valore limite di legge.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 14 di 80	Rev. 0

Tabella 3/C Zone IT0714 ed IT0716. Centraline di monitoraggio della qualità dell'aria. Valori della concentrazione in aria ambiente per Ossidi di azoto e Polveri

Indicatori	D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Zona IT0714-Regione Cavallo-Albenga (SV)										
NO ₂ media annua (µg/m ³)	40	26	32	28	28	24	23	24	23	23
NO ₂ superamenti	18	0	0	0		0	1	0	1	0
PM ₁₀ media annua (µg/m ³)	40		22	21		17	18	17	17	
PM ₁₀ superamenti	35		0	0		0	1	0	1	
PM _{2,5} media annua (µg/m ³)	25		15	14	12	11	11	11	11	
Zona IT0714-Corso Assarotti - Chiavari (GE)										
NO ₂ media annua (µg/m ³)	40		40	28	27	22	24	24	21	20
NO ₂ superamenti	30		0	0		0	0	0	0	0
PM ₁₀ media annua (µg/m ³)	40		22			21		23	24	
PM ₁₀ superamenti	35		5			1		0	4	
PM _{2,5} media annua (µg/m ³)	25									
Zona IT0714-Via Gioventù - Cogoleto (GE)										
NO ₂ media annua (µg/m ³)	40	16	15	24	17	17		14		
NO ₂ superamenti	18	0	0	0		0		0		
PM ₁₀ media annua (µg/m ³)	40	24					18	17	17	
PM ₁₀ superamenti	35	3					0	0	0	
PM _{2,5} media annua (µg/m ³)	25									
Zona IT0714-Campo Macera - Rapallo (GE)										
NO ₂ media annua (µg/m ³)	40	43	38	35	46	39		38	37	41
NO ₂ superamenti	18	0	2	0		1		0	0	
PM ₁₀ media annua (µg/m ³)	40		28	26		19	24	18	17	
PM ₁₀ superamenti	35		4	5		0	3	0	0	
PM _{2,5} media annua (µg/m ³)	25									
Zona IT0716-Campora - Campomorone (GE)										
NO ₂ media annua (µg/m ³)	40							22	23	19
NO ₂ superamenti	18							0	0	0
PM ₁₀ media annua (µg/m ³)	40							15	16	
PM ₁₀ superamenti	35							1	3	
PM _{2,5} media annua (µg/m ³)	25									
Zona IT0716-Rio Parasacco - Cengio (SV)										
NO ₂ media annua (µg/m ³)	40							6	7	9
NO ₂ superamenti	18							0	0	0
NO _x media annua (µg/m ³)	30							7	9	
PM ₁₀ media annua (µg/m ³)	40							15	15	
PM ₁₀ superamenti	35							1	8	
PM _{2,5} media annua (µg/m ³)	25							11	11	

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 15 di 80	Rev. 0

4 STIMA DELLE EMISSIONI

Ai fini della valutazione degli impatti legati al cantiere allestito per il metanodotto in progetto, si è fatto riferimento alle attività di posa della condotta, fase ritenuta maggiormente impattante rispetto alle altre, unitamente alle attività di scavo della trincea, in modo da avere stime comunque conservative.

Il cantiere previsto nell'ambito della rimozione del metanodotto esistente, ma anche quello previsto nell'ambito della realizzazione dei collegamenti è stato assimilato, in termini di emissioni, a quello previsto per il metanodotto in progetto di seguito descritto.

Nei gas esausti dei mezzi di cantiere saranno principalmente presenti Polveri ed Ossidi di Azoto (NO_x).

Le emissioni di polveri in atmosfera durante le attività di scavo della condotta, sono tuttavia costituite dalla somma di tre contributi:

1. emissioni di polveri presenti nei fumi di scarico dei motori dei mezzi di cantiere;
2. emissioni di polveri dovute alla movimentazione del terreno;
3. emissioni di polveri causato dal movimento dei mezzi.

Ai fini della valutazione dell'impatto si è assunto che tutta l'emissione di polveri sia costituita da polveri sottili (PM₁₀).

Per la stima delle emissioni è stato considerato il seguente cantiere-tipo:

- ogni giorno di lavoro (10 ore) vengono posati 150 m di linea;
- il cantiere è assimilabile ad un rettangolo di area 150 mx16 m = 2400 m²;
- la sezione dello scavo è assimilabile a un trapezio isoscele di area pari a **3,60 m²** (b= base minore = 0,5 m; B= base maggiore= 3,5 m; h= altezza = 1,8 m);
- considerando una densità media del terreno pari a 1600 kg/m³, la quantità giornaliera di terreno movimentato è pari a circa 540 m³/giorno equivalente a ca. **864 t/giorno** di terreno movimentato.

Per la valutazione delle emissioni è stata considerata, sia per quanto concerne le Polveri che gli Ossidi di Azoto, la seguente configurazione di automezzi di cantiere tenendo conto che, data la morfologia del territorio, in alcuni tratti dovrà essere utilizzata un'area di passaggio ristretta con un numero di macchine operatrici ridotto:

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 16 di 80	Rev. 0

Linee principali ed allacciamenti, in progetto ed in dismissione

	Tipologia mezzi	Numero di mezzi	Potenze	
Veicoli commerciali	autocarro	1	90-190 kW/7-15 t	
	pulmino	1	1 t	
	fuoristrada	2	2 t	
Tratti con area di passaggio normale				
Macchine operatrici	trattori posatubi (side-boom)	6	135 kW/28 t	
	escavatore	1	100 kW/22 t	
	pala meccanica	1	105 kW/15 t	
	Tratti con area di passaggio ristretta			
	escavatore	3	100 kW/22 t	

4.1 Polveri sottili

4.1.1 Stima delle emissioni di Polveri Sottili dai fumi di scarico

Veicoli commerciali

L'evoluzione in questi ultimi anni della normativa comunitaria, che impone dei vincoli sempre più restrittivi alle emissioni veicolari, fa sì che il problema non sia riconducibile ad una semplice distinzione tra tipologia di veicoli, ma sia importante fare anche riferimento all'anno di immatricolazione degli stessi e, quindi, alla conformità con le varie direttive europee.

Per la stima degli inquinanti emessi con i fumi di scarico dei veicoli commerciali si fa così riferimento ai dati sul trasporto utilizzati per l'inventario nazionale, disponibili sul sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/dati-trasporto-stradale-1990-2016/view>, relativi alla serie storica 1990-2016 ed al programma di stima Copert 5 (versione 5.1, 2017).

Per ciascuna delle tipologie di veicoli d'interesse, il valore delle emissioni è stato calcolato considerando:

- un ciclo di guida di tipo urbano (HOT+COLD, orari di picco),
- la media ponderata in base alla effettiva composizione del parco mezzi circolante nel periodo 2011-16 classificato secondo le varie direttive europee (Conventional, HD Euro I - 91/542/EEC Stage I, HD Euro II - 91/542/EEC Stage II, HD Euro III - 2000 Standards, ecc...).

Questo approccio consente di ottenere un valore realistico ma al tempo stesso sufficientemente conservativo, in quanto le emissioni nel ciclo urbano sono sicuramente superiori agli scenari alternativi (extraurbano, autostradale); il mix tecnologico del parco circolante tende inoltre ad evolvere nel tempo in favore di mezzi meno inquinanti.

In particolare, per le polveri PM₁₀, sono stati dedotti i seguenti fattori di emissione:

- pulmino e fuoristrada (categoria di riferimento, Passenger cars, Diesel > 2,0 l) 0,040 g/veic*km
- autocarro (categoria di riferimento, Heavy Duty Trucks, Articulated 28-34 t) 0,310 g/veic*km

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 17 di 80	Rev. 0

Si ipotizza che in una normale giornata di cantiere i veicoli commerciali percorrano complessivamente 6 km, associando un percorso medio di 1,5 km/veicolo, per cui l'emissione di polveri ammonta complessivamente a *0,001 Kg/giorno*.

Macchine operatrici

Una particolarità di questa classe di veicoli è che le emissioni dipendono dalla potenza sviluppata dal motore e non dai chilometri percorsi in relazione all'utilizzo di tali macchine, che è molto più sensibile al carico trasportato che alla velocità del mezzo. E' da considerare, infatti, che tali macchine operatrici compiono minimi spostamenti o addirittura restano ferme, pur mantenendo i motori accesi: una metodologia di calcolo che si basi soltanto sui chilometri percorsi condurrebbe inevitabilmente ad una sottostima delle emissioni in atmosfera.

Per la stima degli inquinanti emessi con i fumi di scarico delle macchine operatrici si fa riferimento dunque ai fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emissions Factors dei mezzi.

I fattori di emissione considerati sono riportati nella tabella che segue. Essi sono stati ottenuti, con riferimento al singolo mezzo ed alla rispettiva potenza, mediando i valori relativi agli anni dal 2011 al 2016 in modo da ottenere un valore realistico ma al tempo stesso sufficientemente conservativo tenendo conto che il mix tecnologico dei mezzi di cantiere si evolve nel tempo verso mezzi meno inquinanti.

Tipologia mezzi	Mezzi SCAB	Ore al giorno	PM (lb/hr)	PM (g/hr)
Trattori posatubi (side-boom)	Tractors/loaders/Backhoes (175 Hp)	4	0.041	18.476
Escavatore	Excavators (120 HP)	6	0.056	25.227
Pala meccanica	Crawler tractors (120 HP)	2	0.065	29.657

Tenendo conto del numero dei mezzi, della loro potenza e del numero di ore di lavoro giornaliera di operatività delle singole macchine, il loro contributo emissivo totale è pari a *0,654 Kg/giorno* per il cantiere dei tratti con area di passaggio normale e *0,454 Kg/giorno* per il cantiere di dei tratti con area di passaggio ristretta.

Riassumendo, come evidenziato in **Tab. 4/A** e considerato il contributo sia dei veicoli commerciali che delle macchine di cantiere, l'emissione complessiva di polveri dai fumi di scarico è pari a *0,655 Kg/giorno* per il cantiere dei tratti con area di passaggio normale e *0,455 Kg/giorno* per il cantiere di dei tratti con area di passaggio ristretta.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 18 di 80	Rev. 0

Tab. 4/A: Stima delle emissioni giornaliere di PM₁₀ dei mezzi di cantiere

Tipo di mezzo	N.ro mezzi	Emissione unitaria			Utilizzo mezzo		Totale	
		g/veic*km	lb/hr	g/h	km/giorno	h/giorno	kg/giorno	
Veicoli commerciali (COPERT5-Sinanet APAT)	autocarro	1	0.310			1.5	0.0005	
	pulmino	1	0.040			1.5	0.0001	
	fuoristrada	2	0.040			1.5	0.0001	
	Totale veicoli commerciali							0.001
Macchine operatrici (SCAB, 2011-2016)	Tratti con area di passaggio normale							
	trattori posatubi (side-boom)	6		0.041	18.5		4	0.443
	escavatore	1		0.056	25.2		6	0.151
	pala meccanica	1		0.065	29.7		2	0.059
	Totale macchine operatrici tratti con area di passaggio normale							0.654
	Tratti con area di passaggio ristretta							
	escavatore	3		0.056	25.2		6	0.454
	Totale macchine operatrici tratti con area di passaggio ristretta							0.454
TOTALE Mezzi tratti con area di passaggio normale							0.655	
TOTALE Mezzi tratti con area di passaggio ristretta							0.455	

4.1.2 Emissioni di Polveri Sottili dovute alla movimentazione del terreno

Per quanto riguarda la stima della quantità di particolato fine (PM₁₀) sollevato in atmosfera durante le attività di scavo e movimentazione terre dalle macchine operatrici presenti nel cantiere si fa riferimento al documento "AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, Miscellaneous Source", (EPA 2007).

La metodologia, descritta al §13.2.4 "Aggregate Handling and storage Piles", appare adeguata in quanto consente di tenere conto di caratteristiche specifiche del sito quali l'umidità presente nel terreno movimentato, la velocità del vento e le dimensioni del particolato. Essa infatti fornisce il seguente fattore di emissione per le polveri emesse durante lo scavo:

$$E = 0.0016 \cdot k \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove

E = fattore di emissione espresso in kg di polveri per tonnellata di materiale rimosso;
 U = velocità del vento, assunta pari a 2 ed a 4 m/s, a seconda delle zone; come verrà discusso nel **para. 5.1**, lungo il tracciato possono distinguersi due classi di vento dominante, rispettivamente con intensità compresa tra 0,5 e 2 m/s e tra 2 e 4 m/s: i due valori assunti, essendo il valore massimo della rispettiva classe più

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 19 di 80	Rev. 0

- frequente, rappresentano un valore cautelativo in relazione al sollevamento delle polveri, per la zona considerata;
- M = contenuto percentuale di umidità del suolo, variabile da 0,25 a 4,8%, in mancanza di informazioni tale valore è stato conservativamente assunto pari all'1%;
- K = fattore che dipende dalle dimensioni del particolato; k=0,35 per il PM₁₀.

In base ai valori di cui sopra si ottiene un coefficiente di emissione pari a 0,001306 ed a 0,003215 Kg di polveri per tonnellata di materiale rimosso, rispettivamente per intensità del vento pari a 2 ed a 4 m/s.

Considerati i volumi movimentati durante le attività di posa/rimozione della condotta esplicitati sopra, l'emissione di polveri sottili derivanti dalla movimentazione del terreno ammonta a circa:

- intensità del vento pari a 2 m/s, **1,128 kg/giorno** (0,001306 kg/t x 864 t/giorno);
- intensità del vento pari a 4 m/s, **2,778 kg/giorno** (0,003215 kg/t x 864 t/giorno);

4.1.3 Emissioni di Polveri Sottili causato dal movimento dei mezzi

Anche per quanto riguarda l'emissione di polveri in atmosfera dovuta alla circolazione degli automezzi su strade non pavimentate, si fa riferimento al documento "AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, Miscellaneous Source", (EPA 2007). La metodologia, descritta al §13.2.2 "Unpaved Roads", appare adeguata in quanto consente di tenere conto di caratteristiche specifiche del sito quali le dimensioni del particolato, la tipologia di terreno su cui avviene il movimento dei mezzi ed il peso di questi. Essa fornisce infatti il seguente fattore di emissione per le polveri emesse con il transito dei veicoli all'interno del cantiere:

$$E = k \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^b$$

dove

- E = fattore di emissione espresso in libbre per miglia (1 lb/mile = 281,9 g/km);
- k = fattore che dipende dalle dimensioni del particolato; k=1,5 per il PM₁₀;
- s = contenuto percentuale di limo (silt); si è ipotizzato un terreno di tipo argilloso con 8,3% di silt;
- W = peso medio del veicolo, assunto pari a 25 tonnellate per l'autocarro (considerando conservativamente un peso di 15 t a vuoto e di 34 t a pieno carico), 1 tonnellata per il pulmino e 2 tonnellate per i fuoristrada;
- a = esponente che dipende dalle dimensioni del particolato; a=0,9 per il PM₁₀;
- b = esponente che dipende dalle dimensioni del particolato; b=0,45 per il PM₁₀;

Nella valutazione della quantità di polveri che vengono emesse durante il transito dei mezzi vengono presi in considerazione soltanto i veicoli commerciali in quanto il movimento dei mezzi pesanti - a causa degli spostamenti minimi e delle velocità limitate - non produce emissioni significative di polveri in atmosfera.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 20 di 80	Rev. 0

Nell'ipotesi che in una normale giornata di cantiere i veicoli commerciali percorrano complessivamente 6 km (1,5 km/giorno in media per ogni autoveicolo), si ottiene una emissione totale di PM₁₀ sollevata dai mezzi di cantiere pari a **2,207 kg/giorno**.

Sommando i vari contributi emissivi si ottiene che l'emissione complessiva di polveri durante le attività di cantiere ammonta a circa:

- tratti con area di passaggio normale
intensità del vento pari a 2 m/s, **3,990 kg/giorno**,
intensità del vento pari a 4 m/s, **5,640 kg/giorno**;
- tratti con area di passaggio ristretta
intensità del vento pari a 2 m/s, **3,790 kg/giorno**,
intensità del vento pari a 4 m/s **5,440kg/giorno**.

4.2 Ossidi di Azoto (NO_x)

Veicoli commerciali

Come per la stima delle emissioni di Polveri (**para. 4.1.1**) legate ai fumi di scarico dei veicoli commerciali, si fa riferimento ai dati sul trasporto utilizzati per l'inventario nazionale, disponibili sul sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/dati-trasporto-stradale-1990-2016/view>, relativi alla serie storica 1990-2016 ed al programma di stima Copert 5 (versione 5.1, 2017), utilizzando le stesse ipotesi di calcolo sul ciclo di guida e sulla classe di veicoli di cui al **para. 4.1.1**.

In particolare, per gli Ossidi di Azoto, sono stati dedotti i seguenti fattori di emissione:

- o pulmino e fuoristrada (categoria di riferimento, Passenger cars, Diesel > 2,0 l)
0,813 g/veic*km
- o autocarro (categoria di riferimento, Heavy Duty Trucks, Articulated 28-34 t)
12,135 g/veic*km

Si ipotizza che in una normale giornata di cantiere i veicoli commerciali percorrano complessivamente 6 km, associando un percorso medio di 1,5 km/veicolo, per cui l'emissione di Ossidi di Azoto ammonta complessivamente a **0,022 Kg/giorno**.

Macchine operatrici

Come per la stima delle emissioni di Polveri (**para. 4.1.1**) legate ai fumi di scarico dei mezzi pesanti si fa riferimento ai fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emissions Factors dei mezzi.

I fattori di emissione considerati sono riportati nella tabella che segue. Essi sono stati ottenuti, con riferimento al singolo mezzo ed alla rispettiva potenza, mediando i valori relativi agli anni dal 2011 al 2016 in modo da ottenere un valore realistico ma al tempo stesso sufficientemente conservativo in quanto il mix tecnologico dei mezzi di cantiere si evolve nel tempo verso mezzi meno inquinanti.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 21 di 80	Rev. 0

Tipologia mezzi	Mezzi SCAB	Ore al giorno	NOX (lb/hr)	NOX (g/h)
Trattori posatubi (side-boom)	Tractors/loaders/Backhoes (175 Hp)	4	0.734	332.7
Escavatore	Excavators (120 HP)	6	0.656	297.5
Pala meccanica	Crawler tractors (120 HP)	2	0.748	339.1

Tenendo conto del numero dei mezzi, della loro potenza e del numero di ore di lavoro giornaliera di operatività delle singole macchine, il loro contributo emissivo totale è pari a **10,448 Kg/giorno** per il cantiere dei tratti con area di passaggio normale e **5,355 Kg/giorno** per il cantiere di dei tratti con area di passaggio ristretta.

Riassumendo, come evidenziato in **Tab. 4/B** e considerato il contributo sia dei veicoli commerciali che delle macchine di cantiere, l'emissione complessiva di Ossidi di Azoto dai fumi di scarico è pari a **10,470 Kg/giorno** per il cantiere dei tratti con area di passaggio normale e **5,377 Kg/giorno** per il cantiere di dei tratti con area di passaggio ristretta.

Tab. 4/B Stima delle emissioni giornaliere di NOx dei mezzi di cantiere

Tipo di mezzo	N.ro mezzi	Emissione unitaria			Utilizzo mezzo		Totale	
		g/veic*km	lb/hr	g/h	km/giorno	h/giorno	kg/giorno	
Veicoli commerciali (COPERT5-Sinanet APAT)	autocarro	1	12.135		1.5		0.018	
	pulmino	1	0.813		1.5		0.001	
	fuoristrada	2	0.813		1.5		0.002	
	Totale veicoli commerciali							0.022
Macchine operatrici (SCAB, 2011-2016)	Tratti con area di passaggio normale							
	trattori posatubi (side-boom)	6		0.734	332.7		4	7.985
	escavatore	1		0.656	297.5		6	1.785
	pala meccanica	1		0.748	339.1		2	0.678
	Totale macchine operatrici tratti con area di passaggio normale							10.448
	Tratti con area di passaggio ristretta							
	escavatore	3		0.656	297.5		6	5.355
Totale macchine operatrici tratti con area di passaggio ristretta							5.355	
TOTALE Mezzi tratti con area di passaggio normale							10.470	
TOTALE Mezzi tratti con area di passaggio ristretta							5.377	

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 22 di 80	Rev. 0

5. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA

La dispersione degli inquinanti in atmosfera è fortemente dipendente dalle condizioni meteorologiche presenti nell'area in esame. Un ruolo particolarmente significativo è esercitato dalla dinamica meteorologica i cui effetti sulla dispersione possono essere sommariamente distinti in:

- trasporto, ad opera del campo di vento medio;
- diluizione, essenzialmente prodotta dalla turbolenza atmosferica che caratterizza lo strato limite atmosferico (PBL).

In territori che presentano forti disomogeneità orizzontali, quali le aree costiere, vallive, collinari e montuose, il problema si presenta inoltre complesso per l'influenza che queste caratteristiche topografiche possono esercitare sulla meteorologia.

A titolo di esempio si può ricordare come le linee di costa possano innescare sistemi di circolazione atmosferica termicamente indotti, noti come brezze di terra/mare.

Tali brezze presentano molteplici aspetti di interesse in uno studio di qualità dell'aria in quanto:

- possiedono un carattere ciclico, con fase diurna e notturna opposte, con conseguente grande variabilità spazio-temporale che richiede l'uso di modelli adeguati per rappresentarne la complessità;
- durante la fase diurna le brezze possono produrre trasporto dello strato limite atmosferico marino, tipicamente più basso di quello terrestre, per una certa porzione di territorio entro terra. Poiché il PBL costituisce, in ultima analisi, il volume utile alla diluizione degli inquinanti in atmosfera, una riduzione della sua altezza può costituire un elemento critico in quanto può provocare innalzamenti delle concentrazioni dei contaminanti.

Una situazione analoga si presenta in prossimità delle regioni vallive/montuose dove frequentemente possono innescarsi sistemi di circolazione termicamente indotti noti come brezze di monte/valle.

Gli aspetti fondamentali di tali sistemi di circolazione possono essere così riassunti:

- durante le ore notturne, il più rapido raffreddamento del suolo rispetto all'atmosfera, comporta un conseguente raffreddamento degli strati di aria più bassi e a diretto contatto col suolo. Questi strati più freddi e densi scivolano lungo i pendii e, successivamente, lungo i fondovalle producendo un flusso superficiale detto brezza da monte.
- viceversa, durante le ore diurne, il più rapido riscaldamento del suolo e degli strati di aria ad esso adiacenti, produce una risalita di questi ultimi lungo i pendii e lungo fondovalle identificabile nella fase di brezza da valle.

E' importante osservare che sia nella fase diurna che in quella notturna, al flusso superficiale in una certa direzione ne corrisponde uno in quota con direzione opposta; ciò completa la formazione della cella di brezza di monte/valle.

La loro influenza sulla dispersione degli inquinanti è quindi, per molti aspetti, simile a quella esercitata dalle brezze di mare.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 23 di 80	Rev. 0

Per quanto sopra, prima di effettuare le simulazioni di dispersione, occorre ricostruire, nel modo più dettagliato possibile, i campi tridimensionali delle principali grandezze meteorologiche. L'area di studio, oggetto di successive simulazioni modellistiche, è stata delimitata analizzando congiuntamente orografia, utilizzo del territorio, disponibilità di dati meteorologici ed ubicazione dei ricettori di interesse. Tenuto conto di ciò si è stabilito di considerare un'area di studio che inglobi l'intero sviluppo del metanodotto, nella quale ricostruire i campi tridimensionali orari di interesse attraverso l'impiego di input meteorologici campionati in situ. La successiva simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera si concentrerà poi su aree di dimensioni minori impiegando una risoluzione di calcolo maggiore.

Segue una preliminare analisi dei dati meteorologici di input al modello, allo scopo di caratterizzare i fenomeni meteorologici più significativi, quali:

- le calme di vento per il loro limitato potere di diluizione orizzontale degli inquinanti;
- le condizioni di stabilità atmosferica che inibiscono il rimescolamento verticale degli inquinanti;
- le condizioni di circolazione a larga scala (vento sinottico).

In particolare i dati impiegati, relativi all'anno 2017, sono campionati con frequenza oraria di campionamento, per i seguenti parametri meteorologici:

- **Vv** - Velocità del vento (m/s);
- **VDir** - Direzione del vento (°N);
- **T** - Temperatura (°C);
- **UR** - Umidità relativa (%);
- **P** - Pressione atmosferica (hPa)

In **Tab. 5/A** sono riportate le stazioni utilizzate, i parametri in esse rilevati e le loro coordinate, mentre la **Fig. 5/B** riporta la loro collocazione sul territorio. Le stazioni afferiscono all'Osservatorio Meteo Idrologico della Regione Liguria (da qui in avanti, OMIRL).

Tab. 5/A Stazioni di misura, loro quota e parametri meteorologici disponibili.

Stazione	Altitudine (m s.l.m.)	UTM zone 32N		Parametri				
		Est (m)	Nord (m)	Vv(m/s)	Vdir (gradi)	T(°C)	UR (%)	P (hPa)
Bargagli	702	508630.32	4920725.55	Si	Si	Si	Si	
Cichero	615	525711.36	4918889.8	Si	Si	Si	Si	
S.Margherita Ligure	20	516860.36	4909433.91	Si	Si	Si	Si	
Fontana Fresca	791	507503.09	4916825.36	Si	Si	Si		
Framura	421	543248.27	4895935.53	Si	Si	Si	Si	Si

Oltre ai dati delle centraline meteo superficiali sono stati impiegati i profili verticali dei dati orari (per l'intero anno 2017) di:

- direzione e velocità del vento
- temperatura

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 24 di 80	Rev. 0

- umidità
- pressione

Questi dati sono stati estratti dal database di QualeAria (<http://www.aria-net.it/qualearia/it/>) sui 16 livelli del modello, disposti su una griglia a passo variabile tra i 20 m s.l.m. e 10.000 m. I profili verticali sono relativi a due località del dominio considerato (Cicagna e Iscioli) e sono ottenuti come interpolazione lineare dei quattro punti più vicini (cfr. **Fig.5/A**). Inoltre, dallo stesso database sono stati forniti come valori al suolo:

- radiazione
- copertura nuvolosa
- precipitazioni

che risultano rilevanti per la stima della stratificazione termica, la quale a sua volta influenza fortemente la dispersione degli inquinanti attraverso la produzione di turbolenza termica (durante la stratificazione instabile) o la maggior concentrazione degli inquinanti attraverso la soppressione della turbolenza, prodotta per via meccanica dallo shear del vento.

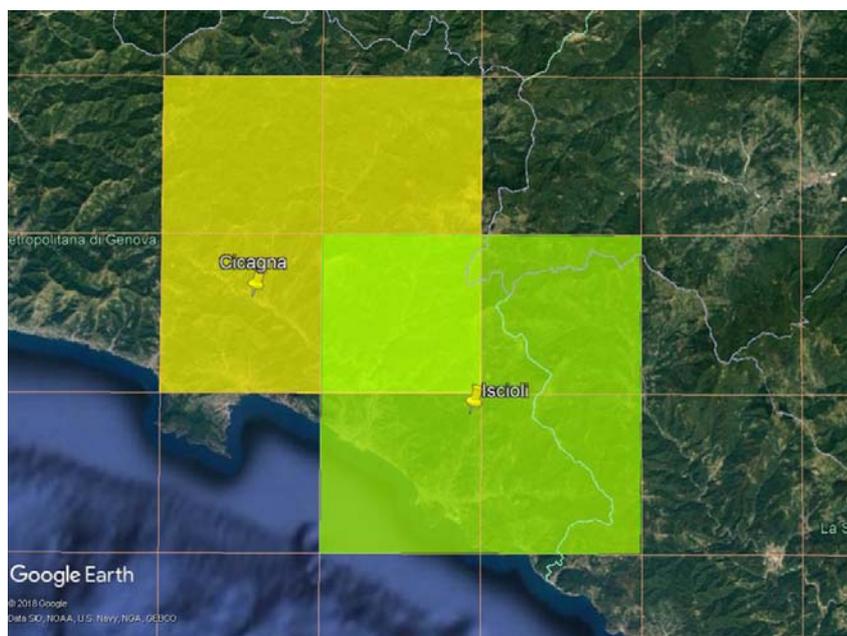


Fig. 5/A: Localizzazione delle due località per le quali sono stati utilizzati i profili verticali di direzione e velocità del vento, temperatura, umidità e pressione (16 livelli verticali) e i valori superficiali di radiazione, copertura nuvolosa e precipitazione. Database QualeAria (<http://www.aria-net.it/qualearia/it/>).

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 25 di 80	Rev. 0



Fig. 5/B Ubicazione delle stazioni di rilevamento meteorologico considerate: in bianco le stazioni superficiali, in giallo i siti dei due profili verticali e dei dati di radiazione, copertura nuvolosa e precipitazione, in rosso e azzurro il tracciato.

L'analisi climatologica ha i seguenti due obiettivi.

Il primo è quello di verificare l'attendibilità dei dati che costituiranno le informazioni di input per i modelli numerici, il secondo consiste nell'individuare le condizioni meteorologiche più significative ai fini della dispersione degli inquinanti. A tale scopo occorre considerare:

- la frequenza di occorrenza con la quale tale fenomeno si manifesta nel periodo di osservazione;
- la criticità dei differenti fenomeni meteorologici nei confronti del manifestarsi di fenomeni di accumulo degli inquinanti stessi. A titolo di esempio possono essere ricordate le calme di vento per il loro limitato potere di diluizione orizzontale degli inquinanti, e le condizioni di stabilità atmosferica che inibiscono il rimescolamento verticale degli stessi, aspetti che verranno comunque investigati anche mediante valutazione modellistica.

Non essendo noto a priori il periodo in cui il cantiere interesserà di fatto il territorio in esame nei vari punti, lungo il tracciato, l'analisi che segue è stata eseguita su base stagionale per

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 26 di 80	Rev. 0

meglio evidenziare le differenze nell'arco dell'anno. Le stagioni sono state suddivise secondo l'usuale classificazione meteorologica, vale a dire:

- **Inverno:** trimestre dicembre-gennaio-febbraio,
- **Primavera:** trimestre marzo-aprile-maggio,
- **Estate:** trimestre giugno-luglio-agosto,
- **Autunno:** trimestre settembre-ottobre-novembre.

5.1 **Analisi dei dati di Vento superficiali**

La relazione che lega l'intensità del vento con la concentrazione degli inquinanti è di tipo inverso in quanto maggiore è l'intensità del vento e maggiore è il volume in cui questi ultimi si diluiscono, con una conseguente riduzione della loro concentrazione a parità di distanza dalla sorgente. Viceversa a calme di vento possono corrispondere periodi di accumulo degli inquinanti.

Di seguito, per tutte le stazioni meteo superficiali, è stata analizzata la distribuzione della direzione di provenienza del vento suddiviso nelle classi di intensità 1-2, 2-4, 4-6, 6-8 e maggiore i 8 metri al secondo (d'ora in poi m/s). Tale analisi consente di mettere in evidenza il verificarsi di fenomeni di circolazione termicamente indotti, in genere con intensità al di sotto dei 4 m/s, separandoli da sistemi di circolazione a larga scala, con intensità superiori.

Nell'analisi seguente è stato eseguito anche il conteggio delle calme di vento (considerate tali quelle per cui l'intensità è inferiore a 1 m/s) che, come detto, possono rappresentare delle condizioni di criticità dal punto di vista dell'accumulo di inquinanti.

I risultati dell'analisi sono rappresentati nelle **Figg. 5/G-K** e riportati nelle **Tabb.5 /B-F**.

Stazione di Bargagli

La stazione di Bargagli è ubicata in un'area caratterizzata da topografia complessa (rif. **Fig.5/C**) ed è ben rappresentativa del territorio circostante.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 27 di 80	Rev. 0



Fig. 5/C Stazione di Bargagli (OMIRL)

I risultati dell'analisi dei dati di vento ivi campionati sono riportati in **Fig. 5/G** e **Tab. 5/B**.

I venti in regime di brezza (intensità inferiori a 4 m/s) si presentano con una occorrenza in media annua di ca. il 69%, con fluttuazioni stagionali relativamente modeste che vanno dal 65% di occorrenza della primavera all'73% dell'autunno. La classe di vento dominante risulta essere quella relativa ad intensità del vento comprese tra i 2 e i 4 m/s, presente in circa il 43% dei casi.

I venti attribuibili a circolazione sinottica (intensità maggiori di 4 m/s) si presentano con un'occorrenza media annua del 21%, con un minimo autunnale del 15% e un massimo invernale del 25%.

Le calme di vento hanno una frequenza media annuale dell'10%, transitando con regolarità dal 12% della primavera e dell'autunno, all'8% dell'inverno e dell'estate.

La direzione dominante di provenienza dei venti risulta fortemente influenzata dall'orografia con una marcata provenienza da E in tutte le stagioni.

Stazione di Fontana Fresca

La stazione di Fontana Fresca, la più elevata in quota tra quelle considerate (791 m slm), è caratterizzata da una posizione dominante (rif. **Fig.5/D**) ed aperta sia verso il mare che verso l'interno.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 28 di 80	Rev. 0



Fig. 5/D Stazione di Fontana Fresca (OMIRL)

L'analisi dei dati di vento campionati nella stazione di Fontana Fresca sono riportati in **Fig. 5/H** e **Tab. 5/C**.

La posizione di questa stazione fa sì che i venti a regime di brezza (intensità inferiori a 4 m/s) e quelli a regime sinottico (intensità maggiori a 4 m/s) siano circa equamente frequenti su media annua (46% e 51%, rispettivamente). Le brezze risultano dominanti in tutte le stagioni tranne che durante l'inverno, quando la loro frequenza di occorrenza crolla al 30% ed i venti sinottici dominano la situazione con il 67.5% dell'occorrenza. Si evidenzia come durante l'inverno le situazioni di vento molto intenso (intensità maggiori di 8 m/s), rappresentino addirittura la classe più frequente, con il 36.1% dei casi.

Per i venti deboli (intensità tra 2 e 4 m/s) la maggior frequenza di occorrenza (42%) si manifesta durante l'estate, soprattutto con provenienza dal mare.

Le direzioni principali sono le provenienze da NE e da S. Questi due quadranti dominano nettamente lo scenario invernale, mentre in primavera ed autunno la provenienza da NE tende a diminuire in frequenza ed a scomparire in estate quando dominano i quadranti meridionali, da S a SE.

Stazione di Cichero

La stazione di Cichero è rappresentativa delle condizioni meteorologiche a nord del tratto di metanodotto analizzato (rif. **Fig.5/E**). Essa è posizionata in posizione arretrata, protetta dai venti da mare così come dai venti da nord.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 29 di 80	Rev. 0



Fig. 5/E Stazione di Cichero (OMIRL)

Questa sua caratteristica risulta evidente osservando la frequenza di occorrenza delle brezze (intensità inferiori ai 4 m/s) che risulta del 57% su media annua, con un picco del 72% in estate ed un minimo invernale del 42%. E' utile osservare come queste occorrenze siano essenzialmente da attribuire alla classe più debole, i.e. quella con intensità compresa tra 1 e 2 m/s (42.4% su media annua).

I venti sinottici risultano piuttosto rari e si attestano su un'occorrenza del 6% in media annua con un picco del 15% in inverno e una quasi totale assenza in estate (1%).

Come atteso per un contesto simile, le calme di vento rivestono una particolare importanza interessando oltre un terzo dei casi (37.5%) su media annua.

Le direzioni dominanti sono SE e NNW-N interessate da flussi anabatici e catabatici legati all'orografia e tipici di un regime di brezza.

I risultati delle analisi per la stazione di Cichero sono riportati in **Fig 5/I** e **Tab. 5/D**.

Stazione di Santa Margherita Ligure

La stazione di Santa Margherita Ligure è posizionata in ambiente urbano (rif. **Fig.5/F**), lungo la linea di costa ed è caratterizzata dalla presenza di orografia ad ovest (nei settori da S a N). Di conseguenza i venti di brezza (intensità inferiori ai 4 m/s) risultano ampiamente dominanti durante tutto l'anno, con una frequenza media di occorrenza del 78% ed insignificanti variazioni stagionali. Le brezze sono inoltre caratterizzate da intensità modesta del vento, rappresentando la classe con intensità 1-2 m/s il 59% (media annua) del totale. I venti sinottici sono confinati ad un'occorrenza del 2% su media annua, a conferma della posizione particolarmente protetta. La massima occorrenza è esibita in inverno con circa il 5%. Le calme rappresentano circa il 20% dei casi, con piccole variazioni stagionali.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 30 di 80	Rev. 0

La provenienza dominante è rappresentata da venti da W in inverno ed autunno, cui in primavera ed estate si affianca una significativa presenza di venti da E.



Fig. 5/F Stazione di Santa Margherita Ligure (OMIRL)

I risultati delle analisi per la stazione di Santa Margherita Ligure sono riportati in **Fig 5/J** e **Tab. 5/E**.

Stazione di Framura

Anche la stazione di Framura è posta lungo la linea di costa, sebbene ad una quota maggiore rispetto a Santa Margherita Ligure. A differenza di questa essa non ha protezione orografica ad ovest per cui la circolazione, sebbene ancora dominata dalle situazioni di brezze (intensità inferiori a 4 m/s), risente dei venti sinottici (intensità superiori a 4 m/s). Le brezze rappresentano infatti circa il 60% dei casi su media annua, con un atteso massimo estivo (72.4%) ed un altrettanto atteso minimo invernale (43.5%).

Specularmente la circolazione sinottica è maggiormente determinante in inverno (51.4%) e più debole in estate (18%), con una media di occorrenza del 31% sull'anno. Le calme rappresentano il 9.5% dei casi in media annua, con valori che spaziano dal minimo del 5% in inverno ad un massimo del 12% in primavera ed autunno.

Le direzioni prevalenti sono quelle dei quadranti settentrionali e meridionali, con una dominanza dei primi in inverno e dei secondi in estate.

I risultati delle analisi per la stazione di Framura sono riportati in **Fig 5/K** e **Tab. 5/F**.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 31 di 80	Rev. 0

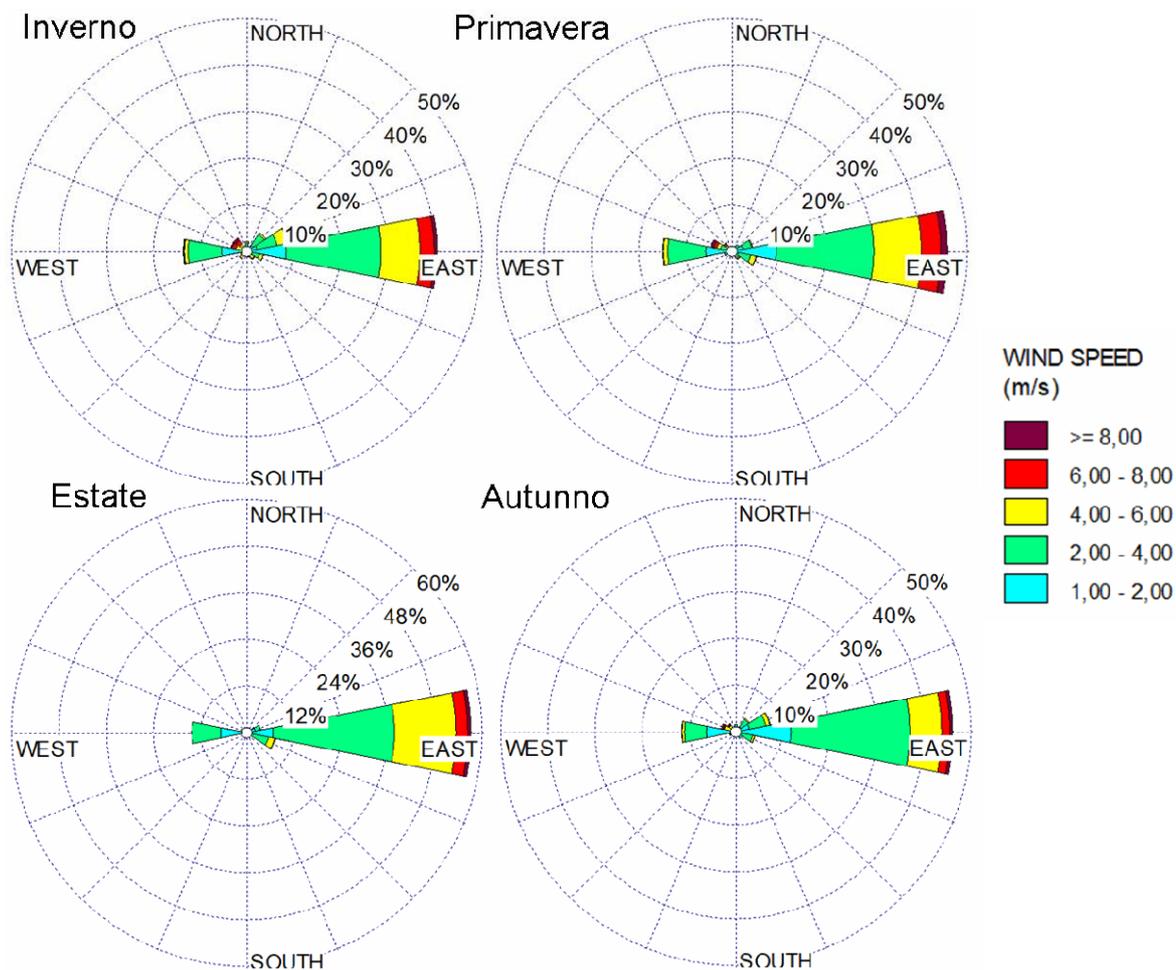


Fig. 5/G Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Bargagli.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 32 di 80	Rev. 0

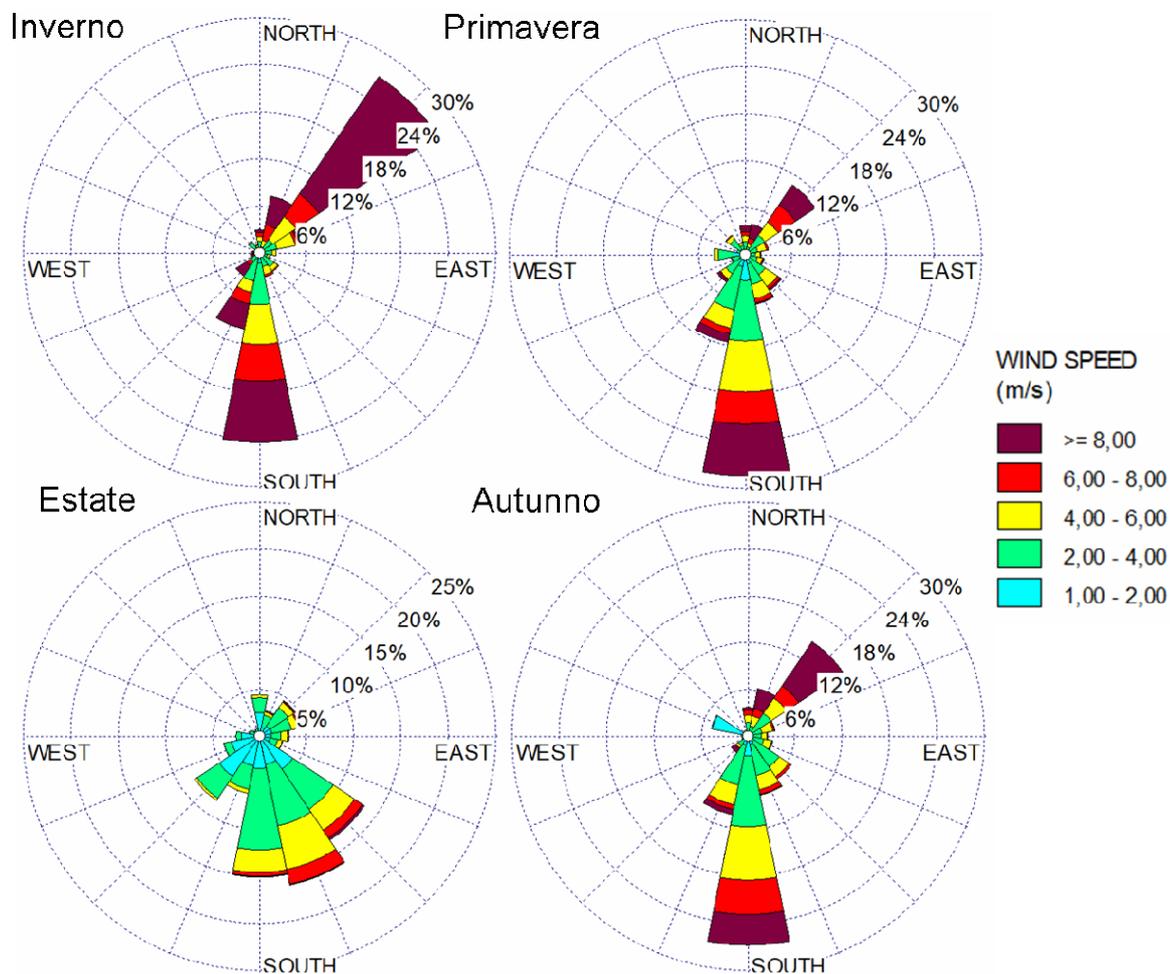


Fig. 5/H Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Fontana Fresca.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 33 di 80	Rev. 0

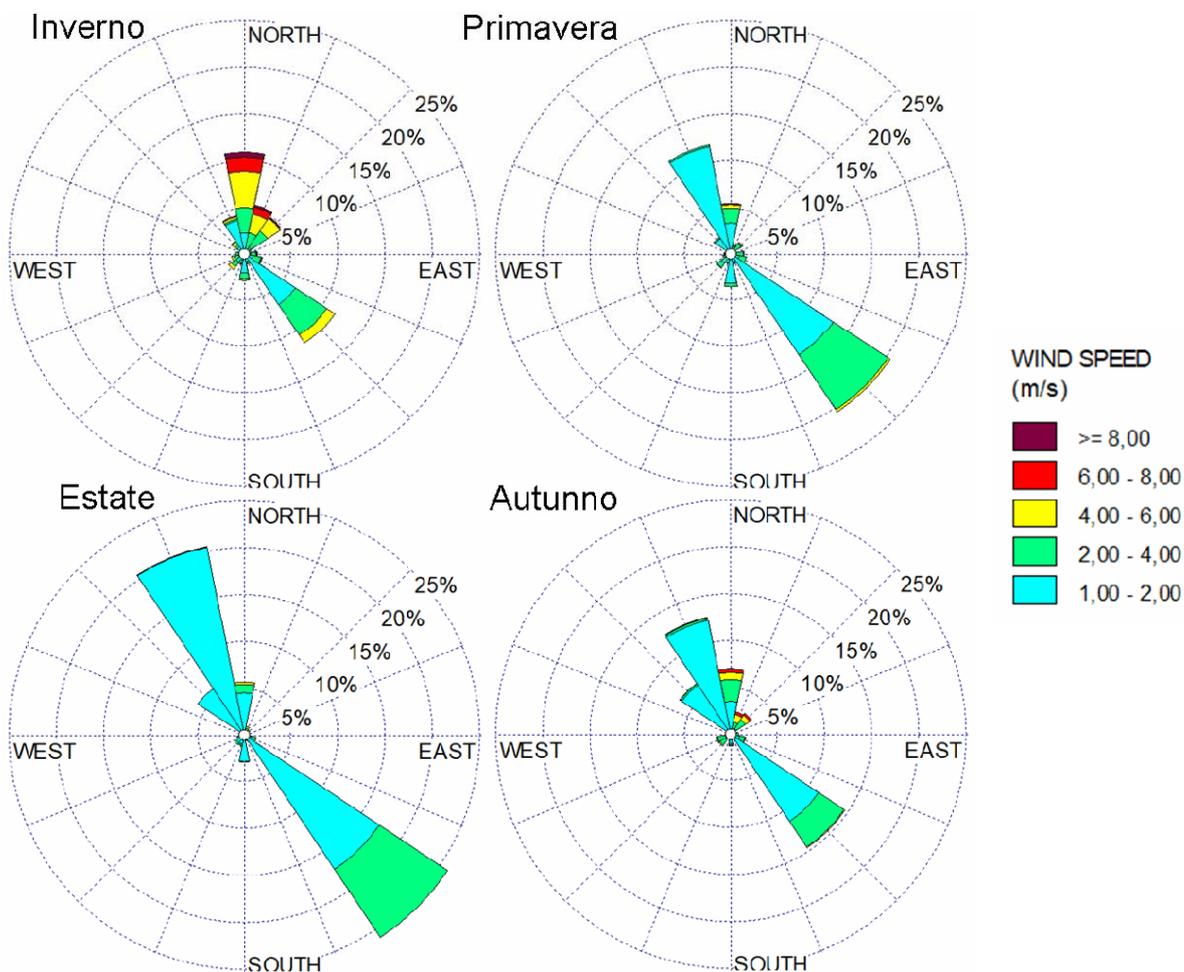


Fig. 5/I Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Cichero.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 34 di 80	Rev. 0

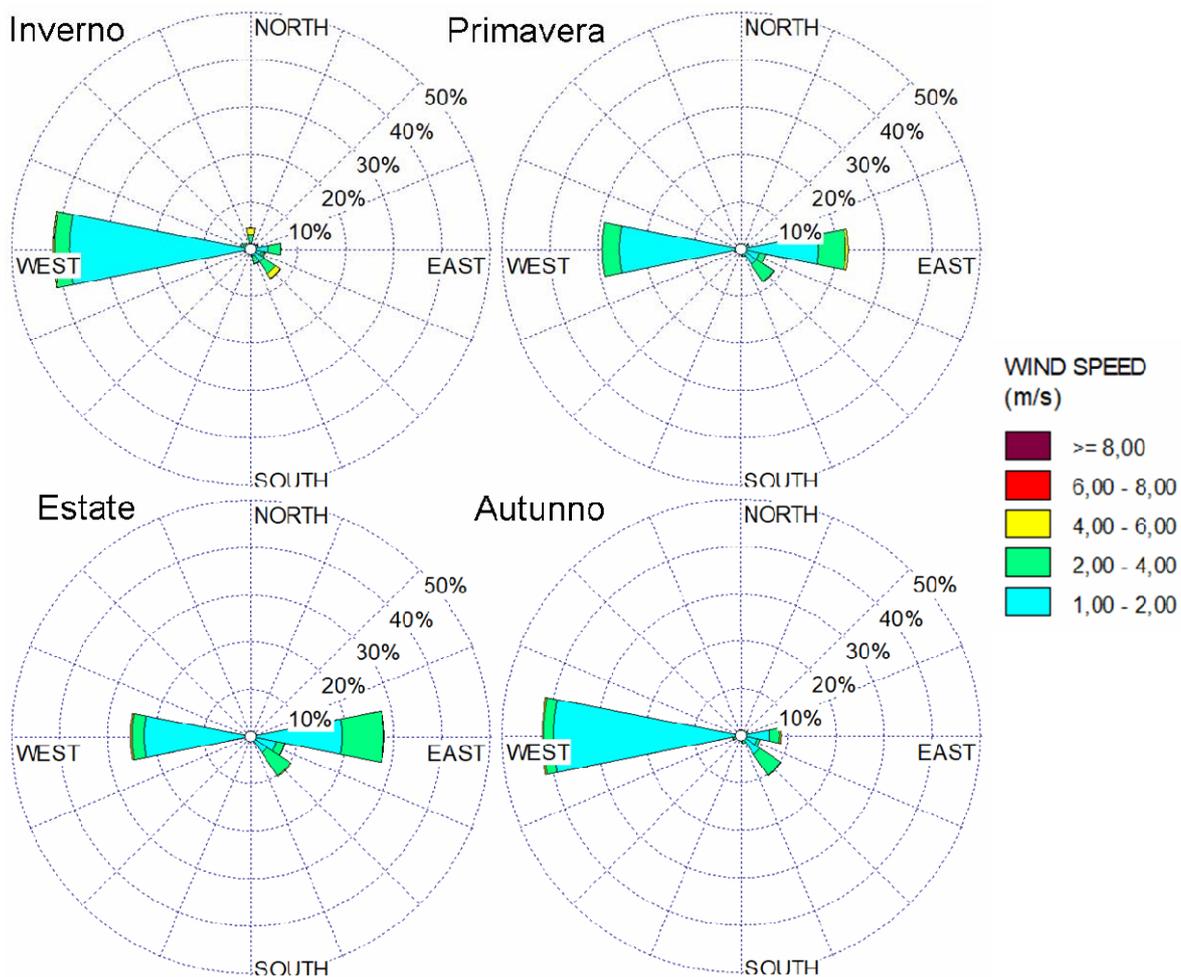


Fig. 5/J Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Santa Margherita Ligure.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 35 di 80	Rev. 0

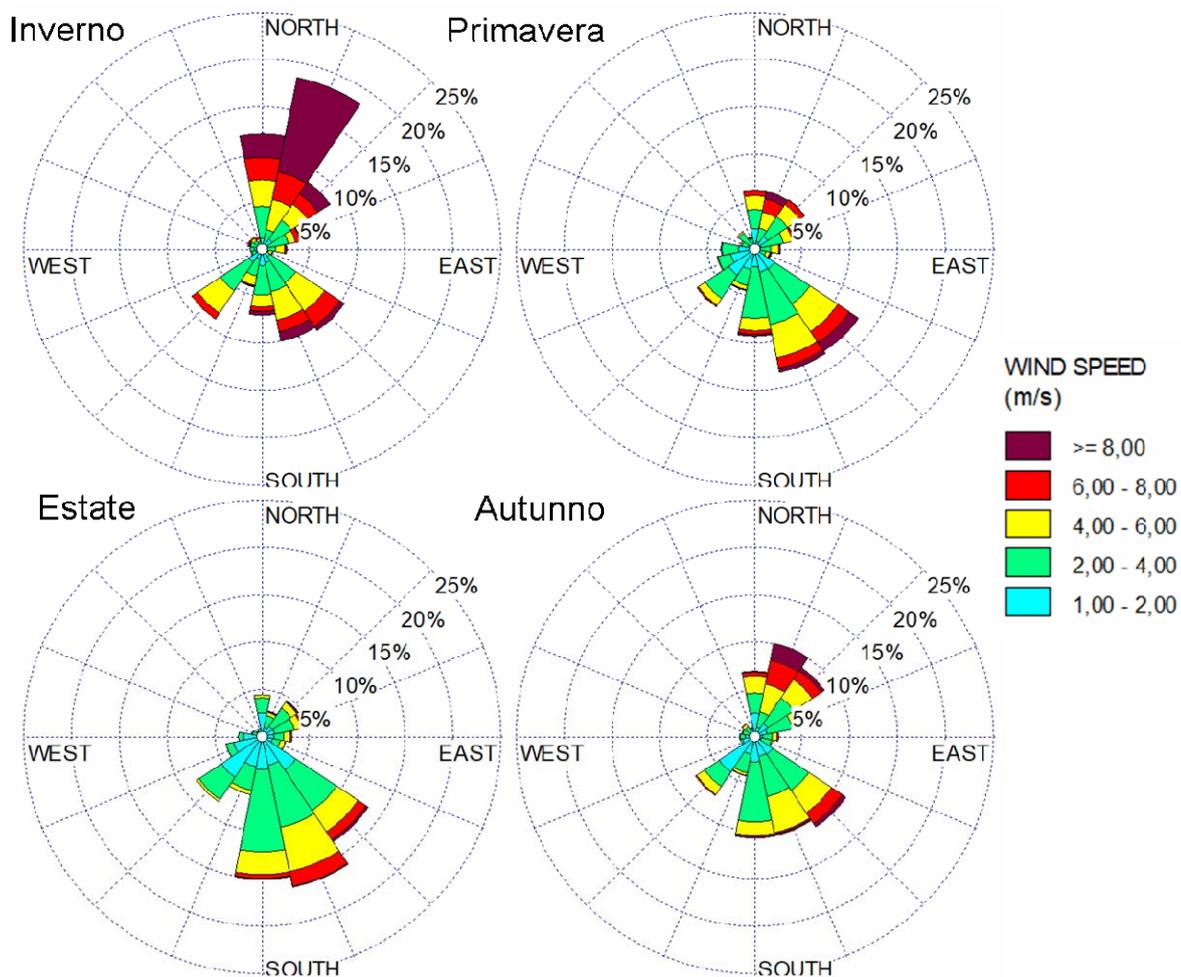


Fig. 5/K Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Framura.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 36 di 80	Rev. 0

Tab 5/B Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Bargagli

Settori	Inverno (calme 8%)					Primavera (calme 12%)					Estate (calme 8%)					Autunno (calme 4%)				
	Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)				
	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8
N	1.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.1	0.0	0.0
NNE	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0
NE	1.7	2.9	0.4	0.0	0.0	0.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4	2.2	0.3	0.0	0.0
ENE	2.3	4.4	2.3	0.5	0.0	2.4	1.9	0.2	0.0	0.0	2.4	1.3	0.1	0.0	0.0	3.1	4.0	0.9	0.2	0.0
E	8.4	20.1	8.2	3.0	0.6	9.6	20.6	10.1	4.1	1.4	6.8	30.8	15.5	3.0	0.8	11.8	28.5	7.7	2.0	0.6
ESE	1.0	1.9	0.8	0.0	0.0	1.5	2.8	1.0	0.1	0.0	1.4	4.4	1.6	0.1	0.0	1.1	3.1	0.5	0.1	0.0
SE	0.6	0.7	0.7	0.3	0.0	0.7	1.1	0.2	0.2	0.0	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.9	0.9	0.1	0.0	0.0
SSE	0.5	0.6	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0
S	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.1	0.0	0.0
SSW	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
SW	0.4	0.7	0.9	0.1	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0
WSW	0.5	0.8	0.2	0.0	0.0	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0
W	5.5	7.2	0.7	0.1	0.1	5.8	8.1	0.9	0.1	0.0	6.9	7.2	0.1	0.0	0.0	6.4	5.2	0.6	0.1	0.1
WNW	0.6	0.7	1.2	0.9	0.2	1.4	1.2	0.8	0.7	0.5	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.6	0.3	0.5
NW	0.6	0.9	0.6	1.0	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.0	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	0.5	0.2	0.5
NNW	0.2	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0
SUB-TOT	24.1	42.7	16.9	6.1	1.6	25.5	40.0	13.9	6.1	2.0	22.6	47.4	17.7	3.2	0.8	29.7	49.1	12.8	2.7	1.7

Tab 5/C Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Fontana Fresca.

Settori	Inverno (calme 2%)					Primavera (calme 4%)					Estate (calme 2%)					Autunno (calme 3%)				
	Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)				
	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8
N	0.6	0.9	0.7	0.5	0.4	0.7	1	0.8	0.5	0.9	0.7	1.6	0.7	0.1	0	0.5	1.4	1	0.7	0.4
NNE	0.2	0.6	0.9	2	3.8	0.3	0.8	0.4	0.8	1.8	0.5	0.6	0.7	0.3	0.2	0.4	1.1	1.3	1	2.7
NE	0.5	1.7	3.5	3.5	18.2	0.6	2.4	2.1	2.7	3.1	0.9	1.8	1.7	1.2	0.6	0.7	3	2.4	2	7.1
ENE	0.7	1.7	2.4	0.4	0.3	0.6	1.2	1.1	0.2	0	0.3	1.3	0.7	0.1	0	0.4	1.6	1.4	0.2	0
E	0.2	1.5	0.5	0	0	0.5	0.9	0.6	0.1	0	0.6	1.1	0.5	0	0.1	0.5	1.4	0.7	0.1	0
ESE	0.3	0.8	0.3	0	0	0.4	1.3	0.7	0.1	0	0.4	1.2	1.3	0.4	0	0.4	1.9	1.1	0.1	0
SE	0.7	1.7	0.6	0.1	0	0.8	2.4	1.8	0.4	0.2	0.7	3.2	5.3	0.5	0	1	4	1.6	0.4	0
SSE	0.7	1.3	1	0.3	0	1.3	2.7	1.9	0.6	0.2	0.7	3.9	4.9	0.4	0	1.2	4.2	2	0.6	0.1
S	1.5	5.4	5.2	4.7	7.9	3.4	7.9	6.6	4.1	6.7	3.2	11.8	7.2	4.9	3.8	2.7	9.4	7.1	4.6	4.1
SSW	1	2.8	1.5	1.6	3.3	1.7	5.7	2.4	0.8	1.1	1.4	10.4	3.6	0.6	0.6	1.3	5.4	2.7	0.6	0.7
SW	0.7	0.8	0.1	0.6	1.6	0.9	2.2	0.8	0.1	0.4	0.4	1.1	0.9	0	0.1	0.7	0.9	0.4	0.2	0.6
WSW	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.7	1	0.1	0	0	0.1	0.6	0.1	0	0	0.2	0.5	0	0	0.1
W	0.5	0.2	0.1	0	0.2	1.6	2	0.5	0	0	1.2	1.2	0.3	0.1	0	0.6	0.4	0	0	0
WNW	0.3	0.1	0	0	0	0.6	0.6	0	0	0	0.2	0.6	0.1	0	0	4.8	0.1	0	0	0
NW	0.7	0.9	0.2	0	0	0.9	1.6	0.6	0.1	0	0.6	0.5	0.3	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0
NNW	0.4	0.4	0.2	0.1	0	0.7	0.6	0.3	0.1	0	0.6	1	0.3	0	0	0.4	0.3	0.2	0	0
SUB-TOT	9.2	21.1	17.4	14.1	36.1	15.8	34.2	20.8	10.7	14.5	12.5	41.8	28.6	8.6	5.5	15.8	34.7	21.4	10.3	15.4

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 37 di 80	Rev. 0

Tab 5/D Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Cichero.

Settori	Inverno (calme 43%)					Primavera (calme 40%)					Estate (calme 27%)					Autunno (calme 40%)				
	Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)				
	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8
N	2.5	2.9	4.1	1.6	0.5	3.6	1.7	0.4	0.1	0	4.8	1	0.3	0	0	3.8	4.2	1.3	0.7	0
NNE	0.6	1.9	2.2	0.8	0.2	0.5	0.4	0.1	0	0	0	0.8	0.2	0	0	0.3	1.9	1.5	0.5	0
NE	1	2.2	1.7	0.1	0.1	0.4	1.1	0.1	0	0	0.2	0.5	0.1	0	0	0.8	2.1	1.1	0.3	0
ENE	0.2	0.5	0.1	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.7	0.1	0	0	
E	0.8	0.6	0.1	0	0	0.7	0.8	0.1	0	0	0.3	0.4	0	0	0	0.4	0.8	0	0	0
ESE	1.1	0.9	0.1	0	0	1.1	0.8	0	0	0	0.9	0.6	0	0	0	1.1	1.2	0.1	0	0
SE	7.1	4.3	1.1	0	0	14	7.5	0.3	0	0	18.1	9.2	0	0	0	12.2	5.9	0.2	0	0
SSE	1	0.2	0.1	0	0	1	0.2	0	0	0	0.6	0.1	0	0	0	0.3	0.2	0.1	0	0
S	2.2	0.7	0.2	0	0	3.4	0.4	0	0	0	3.1	0	0	0	0	1.2	0.2	0.2	0	0
SSW	0.8	0.4	0.1	0	0	0.7	0.4	0	0	0	1.1	0.2	0	0	0	0.4	0.2	0	0	0
SW	1.2	0.7	0.4	0	0	1.4	0.6	0	0	0	1.1	0.3	0	0	0	0.8	1.4	0.2	0	0
WSW	0.7	0.6	0.2	0	0	0.6	0.3	0.1	0	0	0.5	0.4	0	0	0	0.7	1.7	0.2	0	0
W	0.6	0.4	0	0	0	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0
WNW	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0
NW	1.1	0.3	0.4	0	0	2.2	0.1	0.1	0	0	6.3	0	0	0	0	6.8	0.3	0	0.1	0
NNW	4	0.2	0.2	0.1	0	12.5	0.2	0	0	0	21.5	0.1	0	0	0	13.4	0.4	0.1	0.1	0
SUB-TOT	25.2	17	11.4	2.8	0.9	42.9	15	1.5	0.2	0	58.5	13.6	0.6	0	0	42.8	12.9	2.9	1	0

Tab 5/E Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Santa Margherita Ligure

Settori	Inverno (calme 17%)					Primavera (calme 22%)					Estate (calme 20%)					Autunno (calme 16%)				
	Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)				
	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8
N	1.4	2.0	1.5	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.5	0.0	0.0
NNE	0.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0
NE	0.4	0.6	0.4	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0
ENE	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0
E	3.9	2.7	0.1	0.0	0.0	16.8	6.0	0.6	0.0	0.0	20.0	9.0	0.1	0.0	0.0	6.3	3.0	0.4	0.0	0.0
ESE	2.4	0.6	0.2	0.0	0.0	4.2	1.4	0.0	0.0	0.0	5.8	1.7	0.0	0.0	0.0	3.8	0.8	0.0	0.0	0.0
SE	3.5	3.2	1.2	0.1	0.0	4.3	4.3	0.1	0.0	0.0	4.4	6.1	0.2	0.0	0.0	5.2	6.8	0.2	0.0	0.0
SSE	1.6	1.8	0.1	0.0	0.0	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.9	1.4	0.0	0.0	0.0
S	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0
SSW	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
SW	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
WSW	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	0.1	0.0	0.0	1.1	0.8	0.3	0.0	0.0
W	39.7	3.3	0.3	0.0	0.0	26.3	3.8	0.0	0.0	0.0	23.3	2.5	0.3	0.0	0.0	40.9	2.7	0.5	0.0	0.0
WNW	1.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0
NW	1.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
NNW	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
SUB-TOT	60.1	18.1	4.3	0.3	0.0	56.8	20.4	0.8	0.0	0.0	57.3	21.6	0.9	0.0	0.0	61.9	19.9	2.0	0.0	0.0

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 38 di 80	Rev. 0

Settori	Inverno (calme 5%)					Primavera (calme 12%)					Estate (calme 9%)					Autunno (calme 3%)				
	Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)					Classi di intensità (m/s)				
	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8	1-2	2-4	4-6	6-8	>=8
N	1.2	3.3	2.8	2.4	2.5	2.2	2.0	1.4	0.6	0.0	2.5	1.6	0.3	0.0	0.0	2.5	2.4	2.1	0.4	0.1
NNE	0.6	1.6	3.2	3.0	10.0	0.9	1.4	1.7	1.4	0.8	1.0	1.3	0.4	0.1	0.0	1.1	1.9	3.4	2.9	2.0
NE	1.3	2.4	2.0	1.3	1.5	1.7	2.5	1.5	0.6	0.0	1.4	2.3	0.7	0.1	0.1	1.7	3.7	2.6	1.2	0.5
ENE	0.7	2.2	0.7	0.5	0.1	0.7	2.4	1.0	0.2	0.0	1.4	2.1	0.7	0.2	0.0	1.4	3.0	1.2	0.9	0.0
E	0.3	1.1	1.0	0.2	0.0	0.5	1.2	0.8	0.1	0.0	1.3	1.0	0.7	0.1	0.0	0.9	1.1	0.6	0.2	0.0
ESE	0.2	0.6	0.4	0.1	0.0	0.4	0.9	0.5	0.0	0.1	1.2	0.9	0.5	0.0	0.0	0.8	1.2	0.2	0.0	0.0
SE	1.1	3.2	3.6	1.9	0.6	2.6	4.4	3.5	1.4	1.2	4.3	5.1	2.7	1.0	0.3	2.3	5.1	3.2	1.5	0.5
SSE	1.6	3.1	3.1	1.3	1.0	2.5	5.6	3.7	1.1	0.5	3.2	6.6	4.7	1.6	0.1	2.2	4.8	4.4	0.2	0.2
S	1.8	3.1	1.3	0.5	0.4	1.9	5.4	1.3	0.4	0.2	3.5	8.6	2.4	0.4	0.1	2.7	7.1	1.6	0.1	0.3
SSW	1.2	1.8	1.0	0.1	0.1	2.3	1.7	0.5	0.0	0.0	3.3	2.5	0.5	0.0	0.0	2.0	2.2	0.3	0.1	0.0
SW	1.7	3.6	2.8	0.7	0.0	3.4	2.9	0.9	0.1	0.0	5.2	2.8	0.3	0.0	0.0	4.5	2.1	1.1	0.2	0.0
WSW	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	2.6	1.4	0.1	0.0	0.0	3.1	0.8	0.0	0.0	0.0	1.4	0.3	0.0	0.0	0.0
W	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	1.8	1.7	0.1	0.0	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0
WNW	0.6	0.7	0.1	0.2	0.0	0.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.1	0.0	0.0
NW	0.2	1.0	0.3	0.1	0.0	0.7	1.4	0.2	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.4	0.1	0.0
NNW	0.5	0.4	0.3	0.2	0.0	0.5	0.7	0.1	0.1	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.1	0.1	0.1
SUB-TOT	14.5	28.9	22.7	12.4	16.3	25.4	36.5	17.3	6.1	3.0	34.6	37.8	13.9	3.5	0.6	26.0	38.0	21.3	7.6	3.6

Tab 5/F Anno 2017. Distribuzione della direzione di provenienza del vento campionato nella stazione di Framura.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 39 di 80	Rev. 0

5.2 Analisi dei dati di Temperatura e Umidità Relativa

I dati di temperatura e umidità relativa costituiscono dati di input di cui necessitano i modelli numerici impiegati in questo studio.

I dati di temperatura al suolo, unitamente a quelli in quota, consentono infatti la stima della stabilità atmosferica, che condiziona in modo fondamentale l'intensità della diffusione degli inquinanti. L'umidità relativa è coinvolta nei processi di condensazione degli inquinanti e quindi contribuisce alla loro rimozione per deposizione umida, particolarmente rilevante in zone costiere ma anche in zone vallive, dove le basse temperature notturne causate dai venti catabatici (legati alla circolazione di brezza) possono portare ad alti valori nell'umidità relativa.

Come noto, l'umidità relativa rappresenta il grado di saturazione del vapore acqueo in atmosfera ad una data temperatura quindi temperatura ed umidità relativa debbono necessariamente presentare una relazione di anti-correlazione. I dati di umidità relativa forniscono pertanto anche un utile strumento di validazione dell'attendibilità dei dati di temperatura.

Le analisi che seguono ne mostrano i giorni tipici stagionali per le stazioni prese in esame.

In **Fig.5/L** (a sinistra) è possibile osservare come le temperature delle 5 stazioni considerate si differenzino in base alla quota della stazione stessa. Le stazioni di Bargagli e di Fontana Fresca, che hanno quote superiori ai 700 m s.l.m., esibiscono i valori più bassi. Le altre stazioni risultano a temperatura maggiore, in buon accordo con la variazione teorica della temperatura in funzione della quota (circa 6.5 gradi/100 m per una atmosfera con un grado medio di saturazione), confermando la bontà del dato analizzato. Le stazioni montane mostrano anche una minore escursione termica giornaliera, fatto questo che si rifletterà su una diversa dispersione atmosferica. Si noti, inoltre, come la stagione invernale sia caratterizzata da un tardivo riscaldamento mattutino e da un rapido raffreddamento pomeridiano. L'umidità relativa (a destra, non è riportato il dato per la stazione di Fontana Fresca poiché non disponibile) conferma l'atteso ciclo in controfase rispetto alla temperatura, con valori più elevati di umidità relativa per le stazioni situate a quota maggiore e con un minimo nelle ore centrali del giorno.

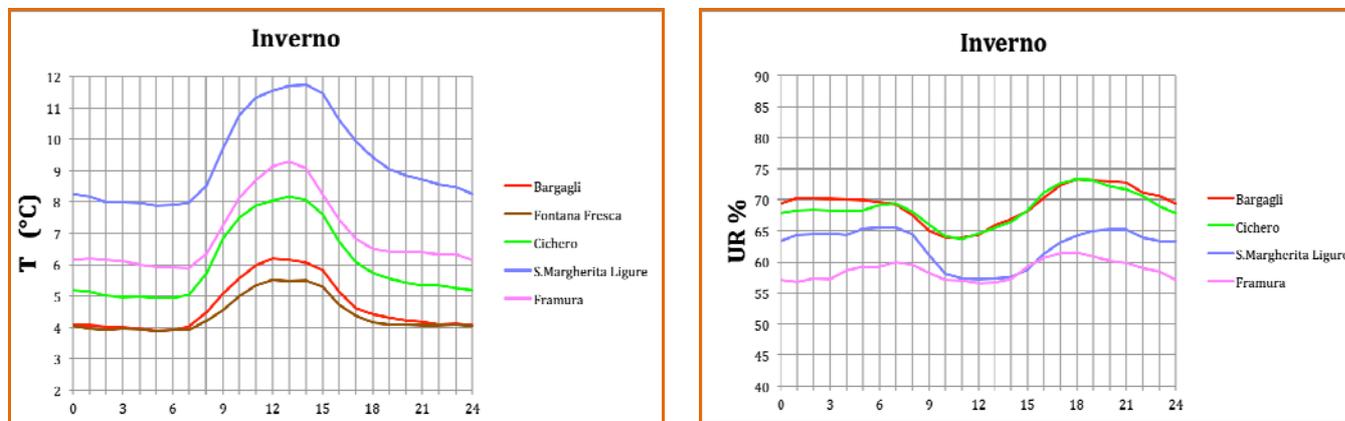


Fig. 5/L. Giorno tipico invernale per la temperatura (sinistra) e per l'umidità relativa (destra)

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 40 di 80	Rev. 0

Anche per la primavera il giorno tipico della temperatura (**Fig.5/M**, a sinistra) mostra una stratificazione in funzione della quota. Si noti come l'escursione giornaliera divenga più accentuata e come la maggior durata del giorno sia evidente in tutte le stazioni. Anche l'umidità relativa (**Fig.5/M** a destra), in controfase rispetto alla temperatura, mostra un ciclo diurno più esteso.

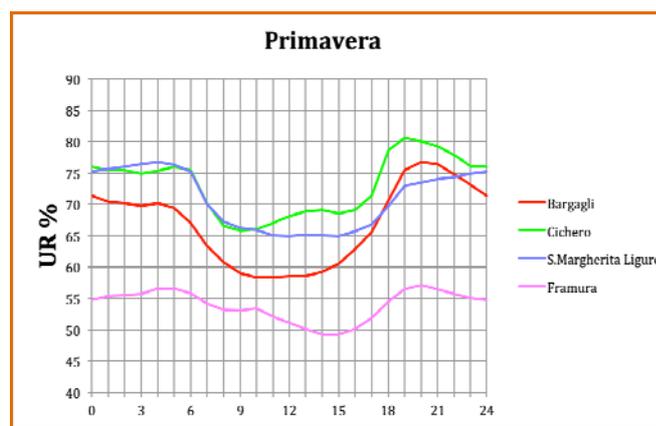
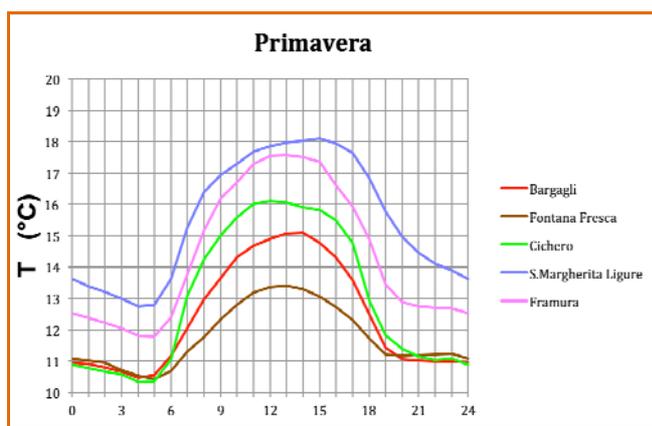


Fig. 5/M Giorno tipico primaverile per la temperatura (sinistra) e per l'umidità relativa (destra).

La stagione estiva (**Fig.5/N**) presenta la più grande variazione tra la temperatura notturna e quella diurna. La durata del giorno è al suo massimo. Si può osservare come il dato di Santa Margherita Ligure esibisca un andamento anomalo tra le 7 e le 15, deviando dall'andamento a campana standard e registrando valori più bassi rispetto alla stazione di Framura (che ha una quota di 400 m più elevata). L'anomalia è legata alla peculiare posizione della stazione, che si trova in ambiente urbano ed è "schermata" dall'orografia. Non si ritiene possa essere un problema del termometro, poiché l'umidità relativa mostra anch'essa un andamento anomalo (ma coerente con la temperatura misurata) nelle stesse ore.

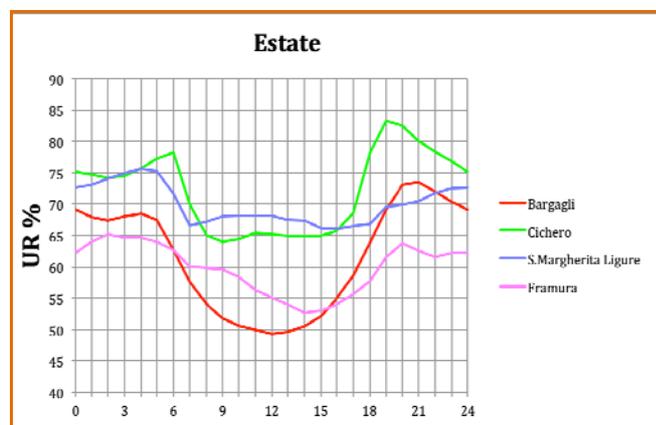
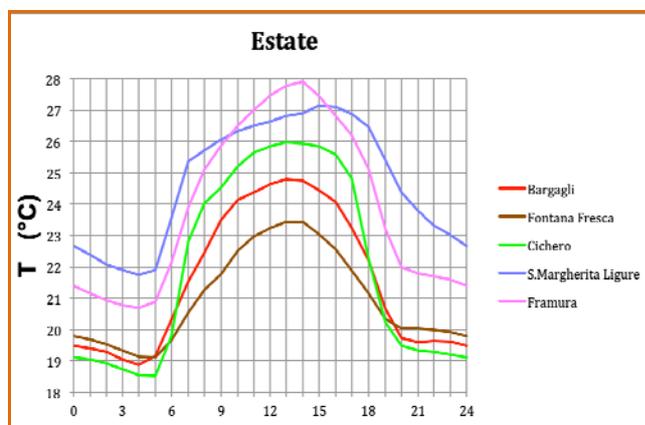


Fig. 5/N. Giorno tipico estivo per la temperatura (sinistra) e per l'umidità relativa (destra)

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 41 di 80	Rev. 0

I dati relativi all'autunno sono rappresentati in **Fig. 5/O**. Essi mostrano un'andamento a campana standard ed una perfetta anti-correlazione tra temperatura ed umidità relativa.

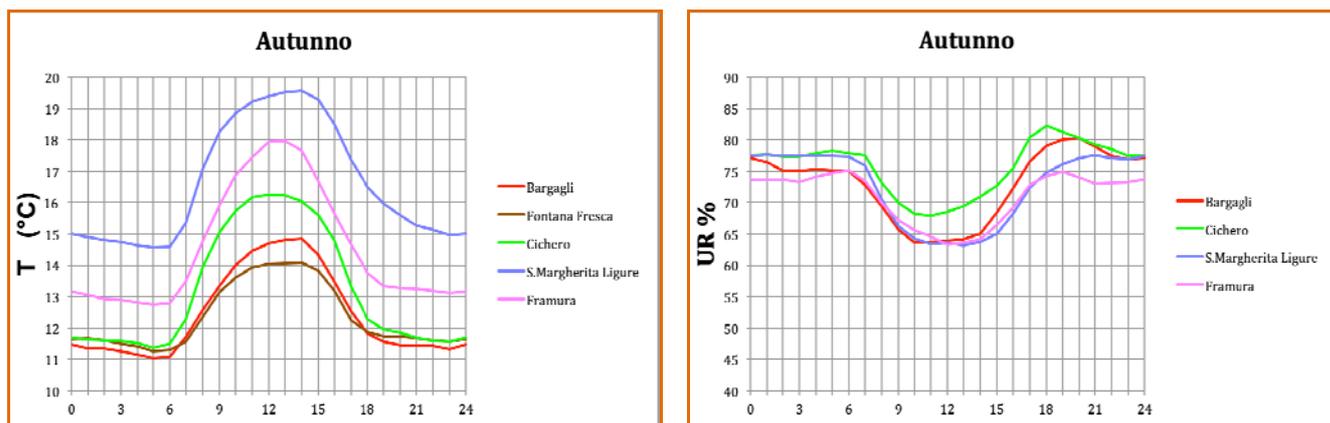


Fig. 5/O Giorno tipico autunnale per la temperatura (sinistra) e per l'umidità relativa (destra)

L'analisi svolta evidenzia una buona attendibilità dei dati di temperatura ed umidità relativa, confermando la possibilità di un loro utilizzo come dati di input per la modellistica della dispersione, unitamente ai dati in quota ottenuti per le località di Cicagna e Iscioli (cfr. **Fig.5/A-B**), discussi nel **para. 5.3** seguente..

5.3 Analisi dei dati di profilo verticale

I profili verticali delle quantità meteorologiche considerate giocano un duplice, importante ruolo nel presente studio.

Da un lato sono indispensabili nella ricostruzione del campo di vento tridimensionale, che risente sia della circolazione a scala sinottica che, quando questa si indebolisce, della circolazione di brezza, sia essa caratterizzata dalla presenza delle linee di costa che dalla presenza di valli/monti. Va sottolineato come la particolare conformazione orografica della zona in esame forzi entrambi i tipi di brezza.

Dall'altro lato, i profili forniscono anche importanti informazioni per la dispersione degli inquinanti considerati, per la quale il profilo verticale delle variabili è rilevante quanto il loro dato al suolo. Queste informazioni sono inoltre corroborate dai dati di copertura nuvolosa e di radiazione, forniti per le stesse località con frequenza oraria. La limitata estensione spaziale dell'area in esame rende queste informazioni estendibili all'intero dominio.

Per quanto i profili verticali forniti interessino i primi 10.000 m di quota, i grafici riportati di seguito si riferiscono solamente ai primi 5.000 m, essendo questa la zona più interessante per la circolazione modellata in questo lavoro. L'analisi dei profili verticali orari dei primi 5000 m è stata effettuata sull'intero anno e per entrambe le postazioni (Cicagna e Iscioli), tuttavia per semplicità vengono di seguito riportati solamente i dati relativi alla stazione di Cicagna per un caso invernale (1 gennaio 2017) e per un caso estivo (1 luglio 2017), **Fig. 5/P-R** e **5/S-U** rispettivamente.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 42 di 80	Rev. 0

Postazione di Cicagna, caso invernale.

Come caso invernale di esempio dei controlli effettuati, in **Fig. 5/P** sono riportati i profili ricostruiti per quattro orari (ore 6, 12, 18 e 24) del primo gennaio 2017, su un piano il cui asse verticale (che rappresenta la quota rispetto al suolo, in metri) è in scala logaritmica, limitatamente ai primi 5 livelli. I quattro profili verticali (ore 6, 12, 18 e 24) vengono riportati con sovrapposto il loro fit logaritmico in quanto, in caso di profilo verticale del vento su terreno piatto, in condizioni stazionarie e neutrali, la teoria prevede un andamento logaritmico. Nonostante nel caso reale considerato, non stazionario e su terreno fortemente complesso, non possiamo aspettarci una perfetta corrispondenza con la teoria, i dati approssimano bene il profilo teorico, rendendoci confidenti della loro bontà in termini di qualità del dato. Il controllo è stato limitato solamente ai primi strati poiché, salendo ancora di quota, la struttura baroclina (i.e. con campi di pressione spazialmente differenti alle varie quote) dell'atmosfera comporta un allontanamento da questo comportamento teorico.

I profili riportati in **Fig. 5/Q** mostrano l'evoluzione giornaliera del profilo dell'intensità (a sinistra) e della direzione (a destra) del vento. Si noti come i dati di intensità del vento riescano a cogliere la formazione di un low level jet (LLJ) diurno e l'abbassamento del "muso" del LLJ al trascorrere delle ore.

Con riferimento al profilo di direzione del vento, si noti (a conferma della attendibilità del dato) la formazione della spirale di Ekman negli strati inferiori ai 1000 m, con la caratteristica rotazione in senso antiorario previsto dalla teoria.

I profili di temperatura (**Fig. 5/R**, a sinistra) esibiscono in quota (al di sopra dei 2.000 m) un andamento coerente con il lapse rate atteso (circa -6.6 °C per chilometro), mentre i valori al suolo variano in funzione della forzatura termica giornaliera.

I profili di umidità relativa (**Fig. 5/R**, a destra) mostrano un chiaro disaccoppiamento tra i valori in quota (al di sopra dei 2.000 m) ed i valori più prossimi al suolo, che risentono dei flussi di vapor d'acqua emessi dal mare e dal suolo.

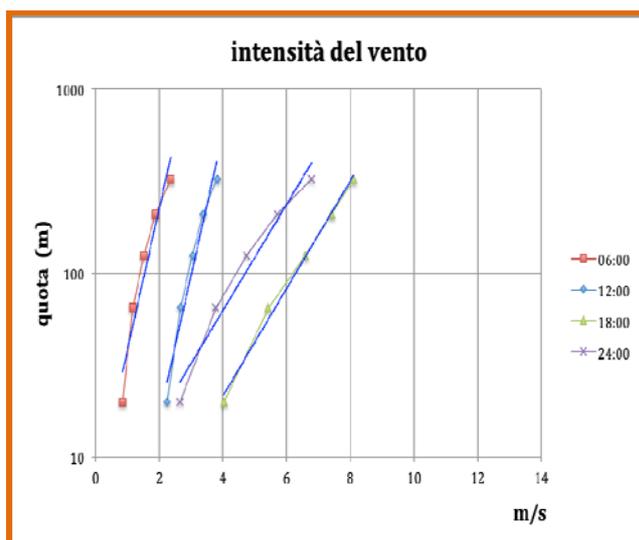


Fig. 5/P Caso invernale (primo gennaio 2017). Profili relativi alla località di Cicagna. Controllo della qualità del dato utilizzando la relazione teorica per un profilo di intensità del vento stazionario su terreno piatto. Curve con simboli: andamento reale; rette blu: andamento teorico. Si noti che l'ordinata è in scala logaritmica.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 43 di 80	Rev. 0

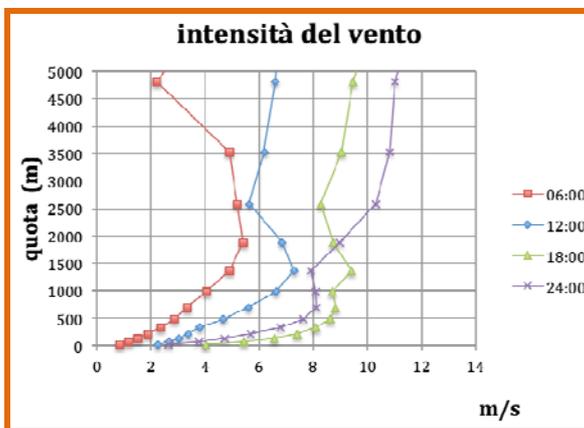


Fig. 5/Q. Caso invernale (primo gennaio 2017). Profili relativi alla località di Cicagna. Evoluzione giornaliera del profilo dell'intensità e direzione del vento, considerato fino alla quota di 5.000 m. Curve con simboli: differenti orari considerati.

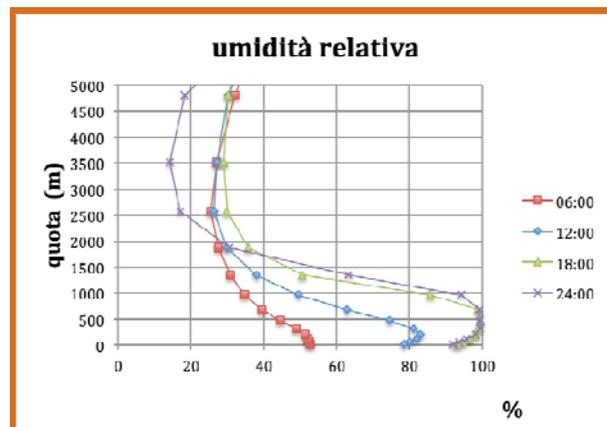
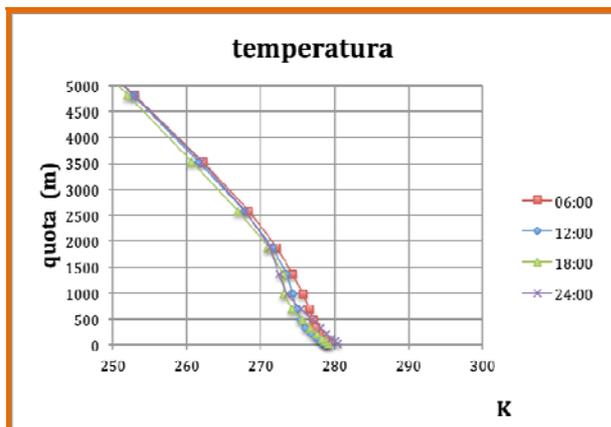


Fig. 5/R. Caso invernale (primo gennaio 2017). Profili relativi alla località di Cicagna. Evoluzione giornaliera del profilo temperatura ed umidità relativa, considerato fino alla quota di 5.000 m. Curve con simboli: differenti orari considerati.

Postazione di Cicagna, caso estivo.

Come caso estivo di esempio dei controlli effettuati, in **Fig. 5/S** sono riportati i profili ricostruiti per quattro orari (ore 6, 12, 18 e 24) del primo luglio 2017, su un piano il cui asse verticale (che rappresenta la quota rispetto al suolo, in metri) è in scala logaritmica, limitatamente ai primi 5 livelli.

Come per il caso invernale, il profilo logaritmico è ben rappresentato dai dati, con la rilevante eccezione del dato relativo alle ore 12. Nelle ore centrali del giorno è infatti prevedibilmente presente una stratificazione termica fortemente instabile che allontana i dati dal profilo logaritmico, come in effetti si riscontra in **Fig. 5/S**.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 44 di 80	Rev. 0

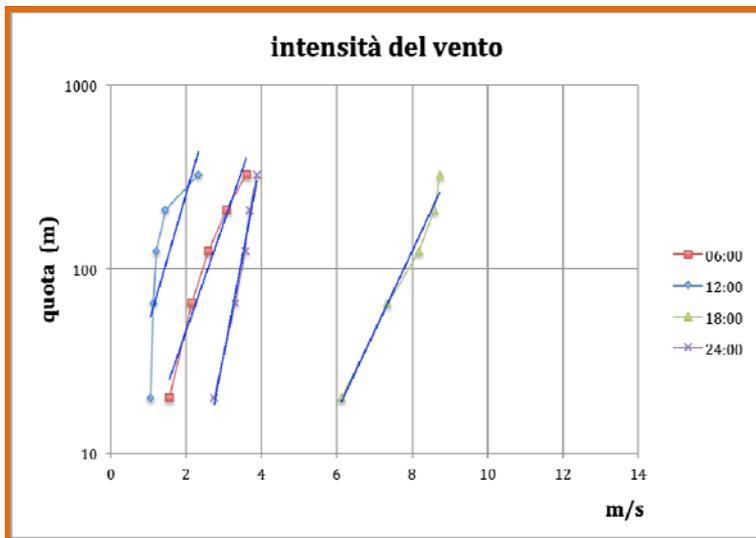


Fig. 5/S Caso estivo (primo luglio 2017). Profili relativi alla località di Cicagna. Controllo della qualità del dato utilizzando la relazione teorica per un profilo di intensità del vento stazionario su terreno piatto. Curve con simboli: andamento reale; rette blu: andamento teorico. Si noti che l'ordinata è in scala logaritmica.

I profili riportati in **Fig. 5/T** mostrano l'evoluzione giornaliera del profilo dell'intensità (a sinistra) e della direzione del vento (a destra). Si nota un disaccoppiamento verticale con venti molto intensi durante il giorno sopra i 2.000 m, mentre a quote basse le intensità rimangono moderate, con l'eccezione di un LLJ alle ore 18, non legato ad un ciclo di brezza (la direzione del vento nei primi 1.000 m rimane infatti costante alle 18).

Il profilo della direzione del vento mostra un disaccoppiamento tra gli strati più alti (sopra i 2.000 m) e quelli inferiori; questi ultimi caratterizzati dalla spirale di Ekman.

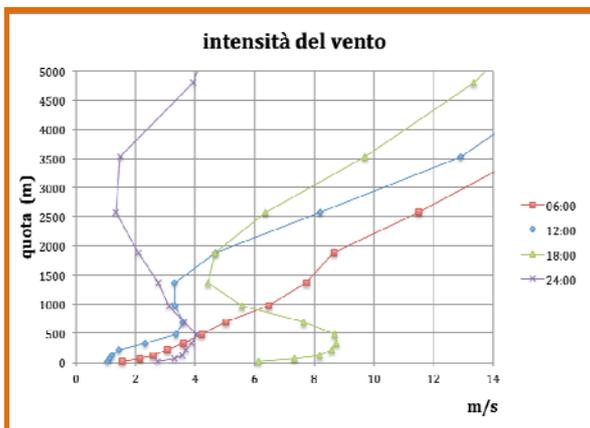


Fig. 5/T. Caso estivo (primo luglio 2017). Profili relativi alla località di Cicagna. Evoluzione giornaliera del profilo dell'intensità (a sinistra) e direzione (a destra) del vento, considerato fino alla quota di 5.000 m. Curve con simboli: differenti orari considerati.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 45 di 80	Rev. 0

I profili riportati in **Fig. 5/U** mostrano l'evoluzione giornaliera del profilo della temperatura (a sinistra) e della umidità relativa (a destra). I profili di temperatura esibiscono ovunque un andamento coerente con il lapse rate atteso (circa -6.6 °C per chilometro), tranne vicino al suolo dove la forzatura termica estiva gioca un ruolo rilevante. Anche in una scala lineare per la quota è possibile vedere (in particolare alle ore 18) il tipico profilo della stratificazione instabile. I profili di umidità relativa si differenziano nettamente da quelli visti nel caso invernale. Nel caso estivo, infatti l'influenza del suolo si spinge chiaramente a quote più alte, causando valori elevati di umidità relativa anche a quote elevate.

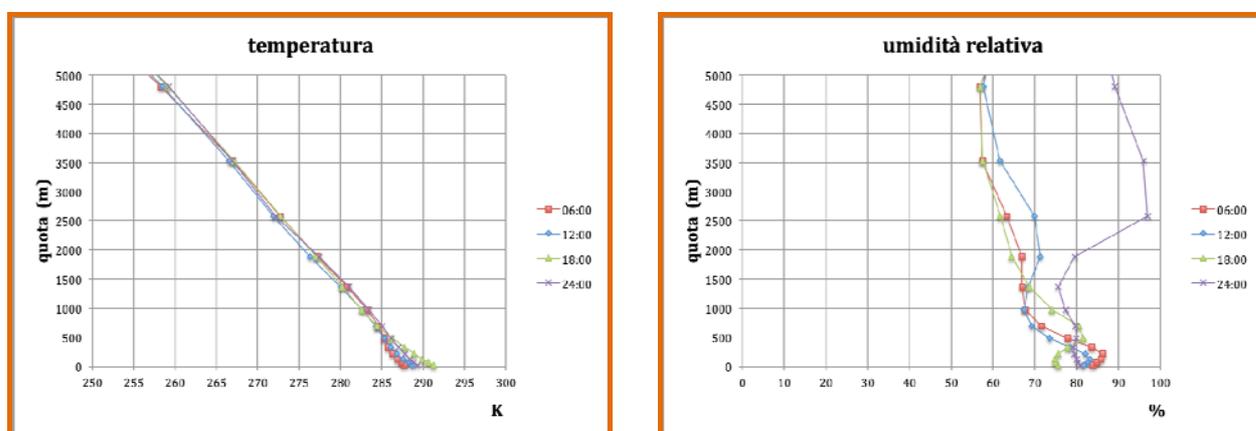


Fig. 5/U. Caso estivo (primo luglio 2017). Profili relativi alla località di Cicagna. Evoluzione giornaliera del profilo di temperatura (a sinistra) e umidità relativa (a destra), considerato fino alla quota di 5.000 m. Curve con simboli: differenti orari considerati.

5.4 Conclusioni

Il metanodotto in studio si colloca in area caratterizzata da forte disomogeneità orizzontali. La presenza di orografia complessa e la contemporanea presenza di un costante gradiente orizzontale forzato dalla linea di costa, richiedono una particolare attenzione sia nella ricostruzione del campo di vento, che nella successiva simulazione dei processi dispersivi.

Per questo motivo è necessario ricorrere ad un idoneo sistema modellistico di dispersione per la ricostruzione dei campi delle variabili meteorologiche in condizioni disomogenee e non stazionarie, con l'impiego come input di stazioni al suolo e di profili verticali, che consentano la ricostruzione della dinamica in quota.

I dati analizzati, relativi sia a stazioni al suolo che a profili verticali, hanno dimostrato di essere robusti ed affidabili.

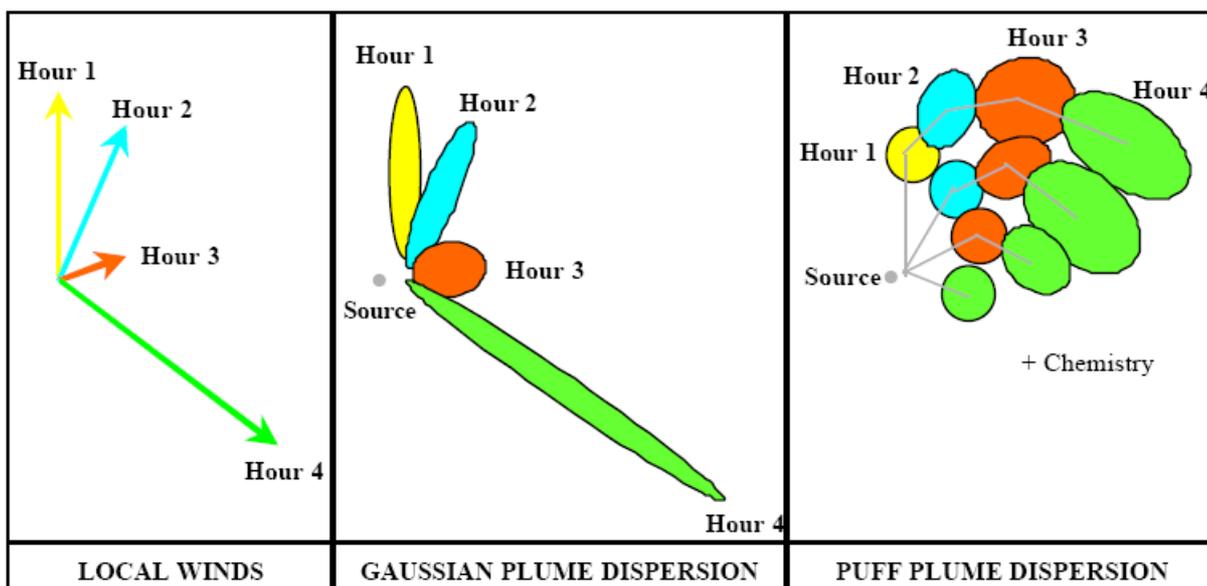
Al campo di vento ricostruito verrà sovrapposto un modello non stazionario di dispersione per la valutazione dei campi di concentrazione degli inquinanti al suolo (rif. **cap.6**).

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 46 di 80	Rev. 0

6. I MODELLI DI SIMULAZIONE NUMERICA

La simulazione numerica della dispersione degli inquinanti emessi durante la posa della condotta (e rimozione di quella esistente) è stata eseguita con il sistema modellistico CALPUFF (U.S.EPA, 2006), che si compone di due moduli:

- CALMET, modello di simulazione del campo di vento e delle caratteristiche dello strato limite atmosferico
- CALPUFF, modello dispersivo a puff. A differenza dei modelli di prima generazione (modelli gaussiani a plume) Calpuff è un modello di dispersione non stazionario, cioè il calcolo della concentrazione su un ricettore al tempo t è funzione dell'emissione al tempo t e a tutti i tempi precedenti, come esemplificato nello schema seguente:



Calpuff rientra nella categoria dei regulatory model, cioè strumenti di calcolo di complessità intermedia che a partire da misure meteorologiche di facile reperibilità (rilevate cioè in ogni stazione di campionamento) sono in grado di calcolare le concentrazioni al suolo e le deposizioni secche e umide.

Per una descrizione di dettaglio si rimanda a *U.S. EPA, 2006- "The CALPUFF Modelling System"*, (<http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>)

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 47 di 80	Rev. 0

6.1 Definizione dati di ingresso

Il modello di simulazione meteorologica utilizzato richiede una caratterizzazione delle variabili anemologiche e meteorologiche al suolo e in quota, fino alla sommità dello strato limite planetario.

Nell'ambito delle presenti simulazioni, per la caratterizzazione delle condizioni al suolo si è fatto riferimento alle misure orarie delle centraline OMIRL, presenti nell'area in esame ed analizzate in precedenza (rif. **cap.5**).

Le caratteristiche anemologiche e meteorologiche in quota sono state fornite dai profili orari estratti dal database QualeAria per le località di Cicagna e Iscioli (rif. **cap.5**).

6.2 Definizione del dominio di calcolo

Il dominio di simulazione meteorologico del modello CALMET è stato dimensionato in modo tale da far ricadere al suo interno un numero sufficiente di stazioni meteorologiche superficiali ed i profili verticali. In particolare il dominio di calcolo ha una estensione di 50x35 km², con risoluzione di griglia di 500 metri.

Per quanto riguarda il dominio di calcolo usato per il modello CALPUFF, considerato che:

- gran parte del dominio non risulta interessato dagli impatti dell'opera in progetto;
- l'elevato numero di celle di griglia renderebbe il calcolo molto pesante e proibitive le simulazioni numeriche di dispersione.

si è scelto di operare le simulazioni di dispersione in sottodomini di dimensioni di 5x5 km², tali da includere la linea del metanodotto (tratto sorgente) ed il recettore di interesse, con risoluzione spaziale della griglia di calcolo pari a 50 metri.

In **Fig. 6/A** sono rappresentati, oltre al dominio CALMET, tutti i domini di calcolo considerati al suo interno per il modello CALPUFF, tali da includere tutti i 9 tratti sorgente considerati nelle simulazioni, indicati con le sigle S1, S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, S10.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 48 di 80	Rev. 0

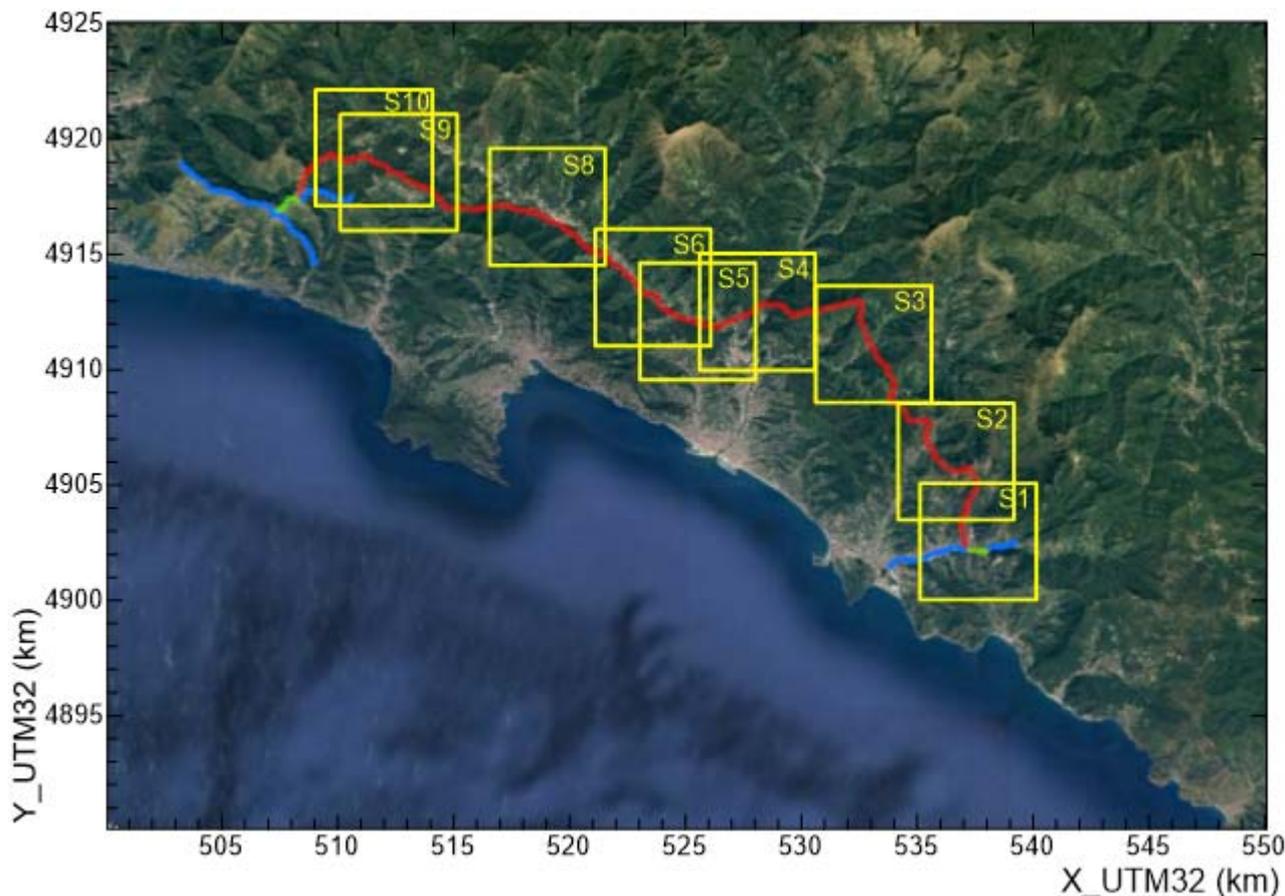
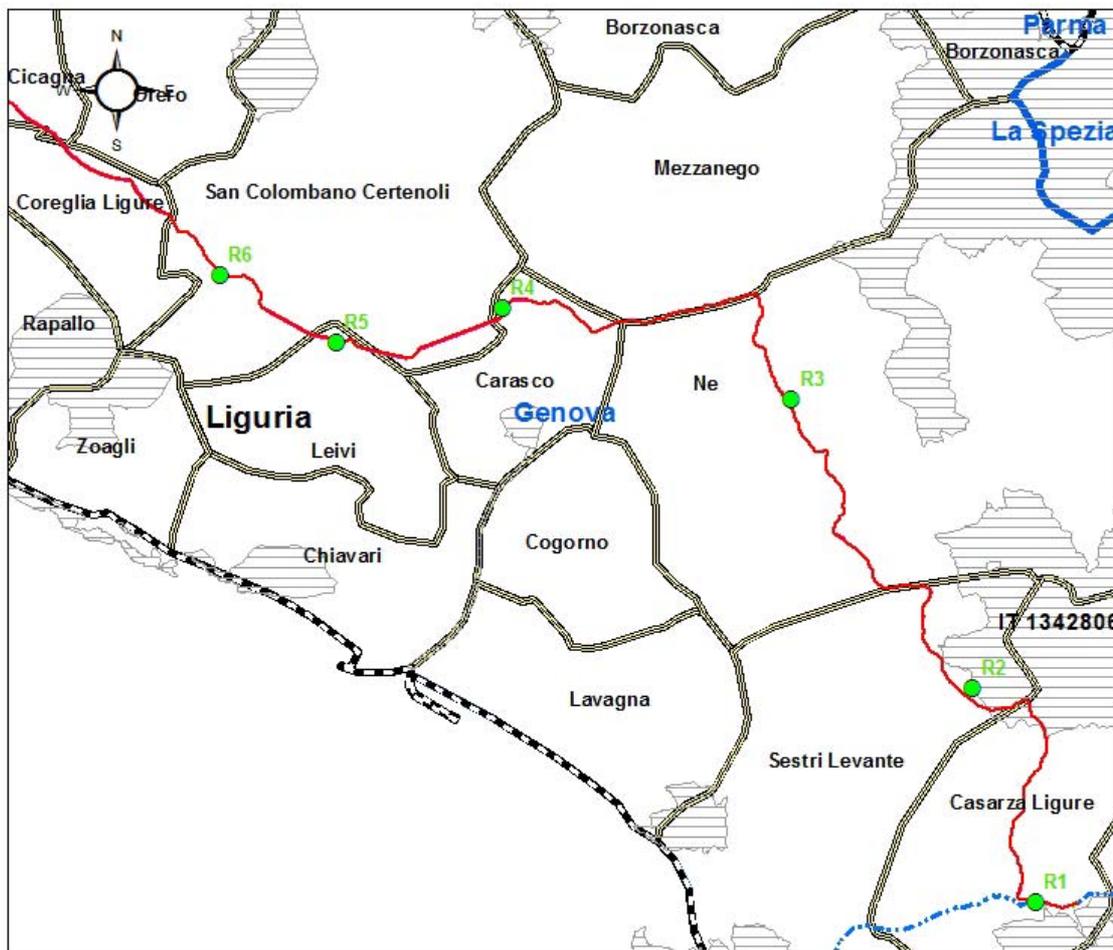


Fig. 6/A. Dominio di simulazione del modello CALMET e sottodomini di simulazione del modello di dispersione CALPUFF (quadrati gialli).

La scelta dei tratti-sorgente, deriva dall'ubicazione dei singoli recettori oggetto di monitoraggio acustico (**Fig. 6/B-C**), tutti ubicati nella Regione Liguria in provincia di Genova.

In particolare, fissato il singolo ricettore R_x è stato individuato il punto del metanodotto più vicino (punto sorgente S_x) e si è considerata come sorgente l'area di cantiere con baricentro in questo punto (area sorgente S_x), individuata centrando un'area rettangolare di dimensioni pari a $150 \times 16 \text{ m}^2$. Tutte le aree sorgente così individuate sono rappresentative del cantiere della linea principale in progetto ma i risultati ottenuti possono essere, da un punto di vista qualitativo, generalizzati ed estesi ad ogni altro tratto sorgente sia lungo la linea in progetto che lungo il breve tratto in dismissione.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 49 di 80	Rev. 0



- Legenda**
- | | |
|-----------------------|--------------------|
| Recettori | Aree SIC |
| Linee esistenti | Aree ZPS |
| Linea in progetto | Limite regionale |
| Linea in dismissione | Limite provinciale |
| Linea di collegamento | Limite comunale |
| Tunnel | |

Fig. 6/B – Regione Liguria – Provincia di Genova. Ubicazione dei ricettori considerati (da R1 a R6)

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 50 di 80	Rev. 0

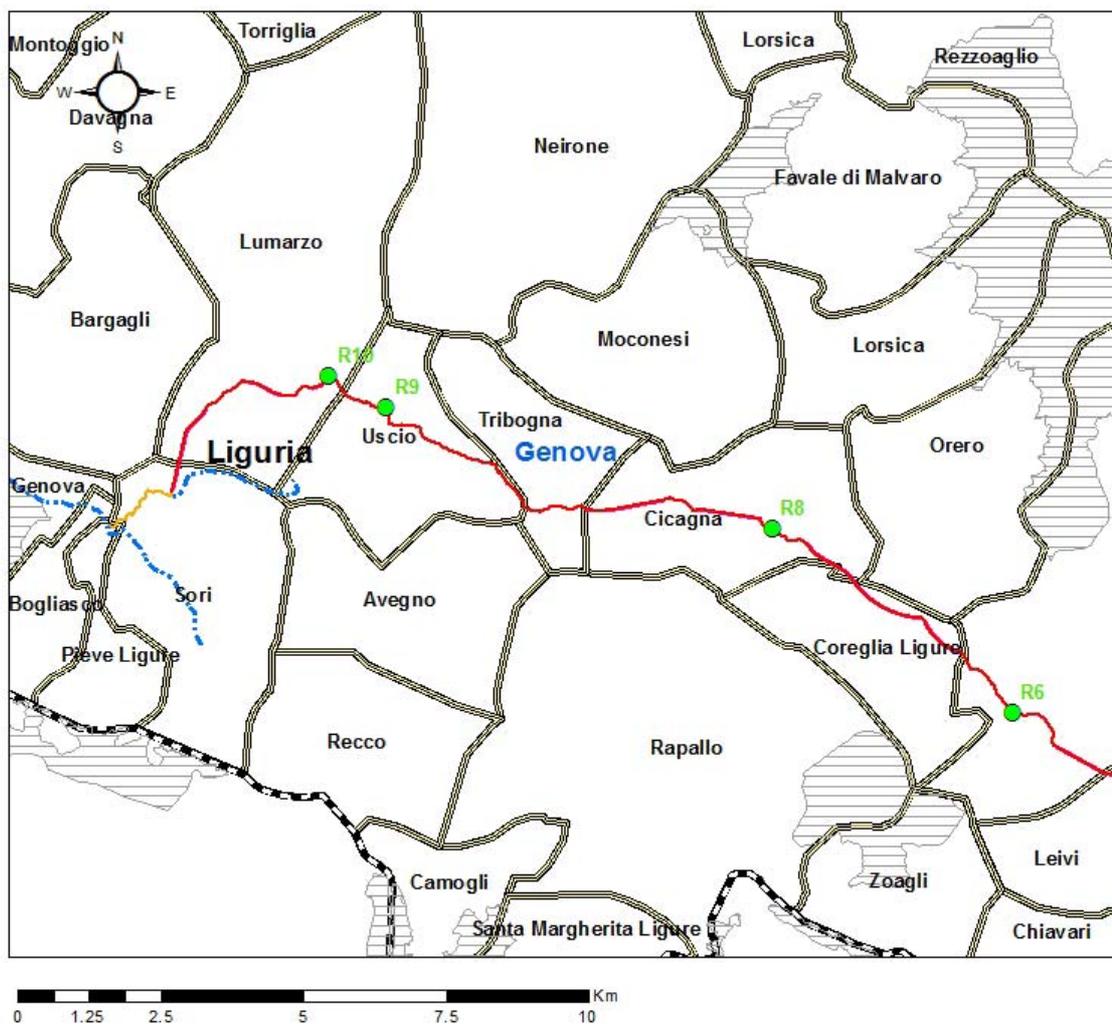


Fig. 6/C – Regione Liguria – Provincia di Genova. Ubicazione dei ricettori considerati (da R6 a R10)

6.3 Scelta dei periodi di simulazione

Allo scopo di simulare gli scenari dispersivi caratteristici di ogni stagione sono state effettuate quattro simulazioni meteorologiche e di dispersione per i seguenti periodi:

- Marzo - Aprile - Maggio;

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 51 di 80	Rev. 0

- Giugno - Luglio - Agosto;
- Settembre – Ottobre - Novembre;
- Dicembre - Gennaio - Febbraio,

rappresentativi, rispettivamente, della stagione primaverile, estiva, autunnale ed invernale. Tutti i mesi considerati si riferiscono al 2017.

Un periodo di 3 mesi si considera sufficientemente lungo da fornire una base statistica significativa nel calcolo delle concentrazioni delle ricadute al suolo: le simulazioni sono state infatti effettuate con frequenza oraria, per circa 2200 ore per ogni stagione (e per ogni dominio).

6.4 Scenario emissivo

I composti presi in considerazione nelle simulazioni sono le Polveri e gli Ossidi di Azoto. Lo scenario emissivo di riferimento considera un cantiere assimilabile ad una sorgente areale di estensione pari all'area di cantiere stessa, stimata in ca. 2400 m², nella quale l'emissione di ogni inquinante viene ipotizzata distribuita uniformemente. Ipotizzando conservativamente che durante il giorno le attività si protraggano per 10 ore consecutive, si hanno le emissioni di **Tab 6/A**.

Tab. 6/A – Sorgenti considerate. Emissioni totali ed unitarie

2400 m ²	Tratti con area di passaggio normale (R1/S1, R5/S5, R6/S6)		Tratti con area di passaggio ristretta (R2/S2, R3/S3, R4/S4, R8/S8, R9/S9, R10/S10)			
	Polveri		Ossidi di Azoto	Polveri		Ossidi di Azoto
10 ore/giorno	2 m/s (R5, R6)	4 m/s (R1)		2 m/s (R7, R8)	4 m/s (R2, R3, R4, R9, R10)	
Movimento terre (kg/giorno)	1,128	2,778		1,128	2,778	
Fumi (kg/giorno)	0,655	0,655	10,470	0,455	0,455	5,377
Piste (kg/giorno)	2,207	2,207		2,207	2,207	
Totale (kg/giorno)	3,990	5,640	10,470	3,790	5,440	5,377
Totale (10⁻⁵ g/s/m²)	4,618	6,527	12,118	4,387	6,296	6,223

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 52 di 80	Rev. 0

7 RISULTATI DELL'ANALISI DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

7.1 Scenari di dispersione

Gli scenari dispersivi simulati sono riportati in **Annesso I**.

L'analisi è stata focalizzata sul campo di concentrazione massima delle medie giornaliere per le Polveri Sottili e sul campo di concentrazione massima oraria per gli Ossidi di Azoto. Le specie chimiche simulate sono in realtà diverse ma le scale spaziali di nostro interesse non consentono a queste differenze di manifestarsi in modo sensibile tanto che si può assumere una proporzionalità tra le quantità emesse per ogni inquinante e le concentrazioni delle ricadute al suolo degli stessi. Data, tuttavia, la rappresentazione di indicatori diversi per ogni tipo di composto, tale proporzionalità non è sempre evidente, come invece ci si aspetterebbe.

Si consideri infine che le isolinee ricostruite e riportate in **Annesso I** non rappresentano una situazione istantanea bensì l'involuppo delle situazioni più critiche che possono aversi per ogni cella di calcolo considerata.

Caratteristica comune a tutti gli scenari di concentrazione simulati (per entrambi gli inquinanti e per tutte le stagioni) è la esigua distanza in cui ricade il massimo di concentrazione rispetto alla sorgente di emissione. Ciò è in accordo sia con il fatto che il rilascio dell'inquinante avviene in prossimità del suolo sia con il fatto che sulle emissioni non si verifica il fenomeno di galleggiamento dell'effluente in misura significativa in quanto esso viene emesso con velocità iniziale trascurabile.

Come atteso, gli scenari dispersivi mostrano una certa variabilità stagionale meglio e più spesso osservabile non tanto sulle concentrazioni massime raggiunte, quanto piuttosto sull'estensione delle aree ad impatti relativamente inferiori.

Ciò è in accordo con la dinamica dello Strato Limite Atmosferico che, durante la stagione estiva, sperimenta condizioni di turbolenza maggiormente sviluppata ed efficace nei confronti della diluizione degli inquinanti. Viceversa, nei periodi dell'anno con minor irraggiamento solare, come per esempio l'inverno, la dinamica dello Strato Limite Atmosferico tende a condizioni più stabili che inibiscono il rimescolamento verticale degli inquinanti. Ne deriva che in stagioni a minore irraggiamento solare, in relazione ad un minore effetto diluente verticale dell'atmosfera, possono aversi aree ad isoconcentrazione più estese rispetto a quanto può accadere in stagioni a maggiore irraggiamento durante le quali, essendo favorita la diluizione verticale, a parità di concentrazione, le aree impattate possono risultare più contenute.

Sugli Ossidi di Azoto stimati al **para. 4.2** occorre fare alcune considerazioni.

Fra tutti gli Ossidi di Azoto che possono essere rilevati nell'aria di fatto il Monossido di Azoto (NO) e il Biossido di Azoto (NO₂) sono le specie presenti in concentrazioni più elevate e insieme vengono generalmente indicati come NO_x. Dei due composti, il Monossido di Azoto non è soggetto a normativa nazionale in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Sono invece soggetti a normativa il Biossido di Azoto e gli Ossidi di Azoto (rif. **Tab.2/A**).

Gli Ossidi di Azoto intesi come NO ed NO₂ vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito dei processi di combustione ad alta temperatura: nel caso specifico dello studio, la

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 53 di 80	Rev. 0

loro emissione è legata ai motori a combustione interna dei veicoli (mezzi di cantiere e commerciali).

Durante tali processi, al momento dell'emissione gran parte degli Ossidi di Azoto è in forma di NO, con un rapporto NO/NO₂ decisamente a favore del primo. La letteratura fornisce, come dato relativo al contenuto di NO₂ nelle emissioni di NO_x, un valore compreso tra il 5 ed il 10% del totale degli Ossidi di Azoto.

Una volta emessi, gli Ossidi di Azoto (costituiti dal 5-10% di NO₂ e dal 90-95% di NO) si mescolano con l'aria circostante (dispersione turbolenta) e reagiscono con le altre molecole presenti in aria andando a modificare la proporzionalità iniziale fra NO ed NO₂. In particolare, il rapporto iniziale NO₂/NO_x (pari a ca. 0,05-0,10) tende ad aumentare con la distanza dalla sorgente per effetto delle reazioni chimiche che si innescano, nello stesso tempo però aumenta la diluizione in aria.

Numerosi studi di letteratura hanno trattato l'argomento per tenere conto di entrambi questi aspetti: in **Tab.7/A** è riportato, indicativamente, l'andamento che può essere assunto per tale rapporto in funzione della distanza dal punto di emissione (Vilà-Guerau de Arellano J., Talmon A.M., Builtjes P.J.H., 1990, "A chemically reactive plume model for the NO-NO₂-O₃ system", Atmospheric Environment, 24A, 2237-2246) e che dovrebbe tenere conto tanto dell'incremento, con la distanza, del rapporto NO₂/NO_x quanto della progressiva riduzione per diluizione della sua concentrazione.

Tab. 7/A - Valori stimati del rapporto NO₂/NO_x in funzione della distanza da punto di emissione

d (m)	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
$\frac{NO_2}{NO_x}$	0,14	0,21	0,29	0,33	0,35	0,39	0,48	0,57

In sintesi, assimilare ad NO₂ tutti gli Ossidi di Azoto emessi è di fatto un'assunzione conservativa ma anche piuttosto lontana da quanto effettivamente accade: per una valutazione non rigorosa ma senz'altro realistica occorre tenere conto di quanto detto sopra e dell'andamento riportato in **Tab.7/A** in modo tale da ricondurre i valori delle concentrazioni delle ricadute al suolo stimate come NO_x a valori rappresentativi delle concentrazioni di NO₂.

7.1.1 Biossido di Azoto (NO₂)

Le tavole riportate in **Annesso I** mostrano la distribuzione della concentrazione massima al suolo delle medie orarie di NO_x, per ognuna delle sorgenti considerate. Gli NO_x rappresentati sono, nel confronto con la normativa vigente (D.Lgs.155/10), assimilati ad NO₂, pur con l'ampio margine di sicurezza descritto sopra (**Tab.7/A**).

Fra i vari siti in esame si osserva una differenza significativa negli scenari di concentrazione prodotti, presumibilmente attribuibile alle disomogeneità topografiche del territorio in cui si estende il tracciato del metanodotto.

Alla risoluzione di griglia a cui è stata effettuata la simulazione di dispersione, l'isolinea di concentrazione massima rappresentata è quella corrispondente a 200 µg/m³ di NO_x (valore limite di NO₂ per la "Protezione della salute umana" secondo il D.Lgs.155/10 e

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 54 di 80	Rev. 0

ss.mm.ii.), e si può osservare in tutti i siti simulati negli scenari invernali ed autunnali, nei siti S1, S2, S5, S6 per lo scenario primaverile e nei siti S1, S5, S6 per lo scenario estivo. Quando presente essa interessa aree di estensione diversa a seconda della stagione, della ventosità e dell'orografia con aree di impatto ad estensione maggiore generalmente in inverno ed in autunno.

In particolare:

- è presente limitatamente all'area di cantiere negli scenari invernali dei siti S2 ed S3, nello scenario primaverile dei siti S2, S8 ed S10, nello scenario estivo del sito S5 ed autunnale del sito S2;
- si estende fino a distanze massime superiori ai 100 m (max 140 m ca., sito S5 scenario invernale) nello scenario invernale ed autunnale dei siti S1, S5 ed S6;
- è assente in primavera nei siti S3, S4 ed S9 ed in estate nei siti S2, S3, S4, S8, S9 ed S10 (6 siti su 9).

E' importante evidenziare come solamente negli scenari invernali ed autunnali dei siti 1,5 e 6 l'isolinea dei 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ può espandersi al di là dell'area coinvolta dai lavori, per un'estensione massima di poco superiore ai 100 m. In tutti gli altri casi, l'isolinea dei 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ quando presente racchiude piccole superfici strettamente confinate all'area dei lavori o poco più ampie.

Il livello di concentrazione immediatamente inferiore rappresentato è quello corrispondente a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e si può osservare in tutti i siti simulati ed in tutti gli scenari stagionali.

Quando presente essa interessa aree di estensione diversa a seconda della stagione, della ventosità e dell'orografia con aree di impatto ad estensione maggiore generalmente in inverno ed in autunno.

In particolare:

- è presente limitatamente all'area di cantiere nello scenario estivo dei siti S2, S3;
- si estende fino a distanze massime superiori ai 100 m (max 300 m ca.),
 - in tutti i siti dello scenario invernale ad esclusione dei siti S2, S3, S4
 - nei soli siti S1, S5 ed S6 dello scenario primaverile;
 - in tutti i siti nello scenario autunnale ad esclusione dei siti S2 ed S9.

Come evidenziato al **para. 7.1**, assimilare, nel confronto con la normativa vigente (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.), le ricadute orarie stimate per gli NOx ad NO₂ risulta estremamente conservativo per cui, nell'analisi delle isolinee riferite agli Ossidi di Azoto, è opportuno tenere conto dell'andamento di **Tab.7/A** per riproporzionare i valori calcolati ed ottenere stime più realistiche per le concentrazioni di NO₂. Ovviamente non possono farsi considerazioni rigorose ma solo qualitative.

Così, considerato che l'isolinea dei 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tracciata per gli NOx non si estende mai oltre i 500 m dall'area sorgente, si può indicativamente ritenere che, con riferimento ad NO₂, le concentrazioni massime orarie delle ricadute al suolo nella zona interessata da tale impatto siano di almeno un ordine di grandezza inferiori ai 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e si attestino, quindi, intorno a ca. 28-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (considerando orientativamente un abbattimento al 14%, **Tab.7/A**).

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 55 di 80	Rev. 0

Si segnala inoltre come le stime di cui sopra relative al valore orario di NO₂ (a partire dai valori di NO_x), rappresentino un valore indicativo del massimo stagionale che, nel confronto con il limite di legge (200 µg/m³, D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) viene implicitamente e cautelativamente assimilato al valore del 99,8 percentile (o 18-esimo massimo su base annuale) indicato dalla legge.

Tutte queste considerazioni definiscono un buon margine tra i valori massimi stimati per le concentrazioni delle ricadute al suolo di NO₂ (indicativamente ottenute a partire dai valori massimi orari di NO_x) rispetto al valore limite di legge, e ci consentono di concludere che, data anche la temporaneità delle lavorazioni, non sono prevedibili criticità per la salute umana legate al cantiere.

7.1.2 Effetti indotti sulla vegetazione dagli Ossidi di Azoto

Per quanto riguarda gli effetti sulla vegetazione degli Ossidi di Azoto, il D.Lgs. 155/10 e ss.mm.ii. pone un limite, su base annua, pari a 30 µg/m³. Sono stati inoltre documentati in letteratura danni evidenti e significativi quando i valori di concentrazione media annua superano il limite di 1,06 ppm di NO₂ e 2 ppm di NO¹, come valori limite per la vegetazione (Mezzetti,1987).

Va detto che l'approccio stagionale dell'analisi modellistica² non consente, a priori, un confronto diretto con tali limiti, essendo le basi temporali di mediazione diverse. Le considerazioni che seguono hanno quindi un carattere conservativo in quanto, se si ipotizzasse, ad esempio, che i lavori interessino una sola stagione e che si esauriscano con essa, il contributo aggiuntivo legato alla presenza del cantiere nel ricettore considerato si annullerebbe durante il resto dell'anno ed il valore medio su base annua calcolato si ridurrebbe a ca. un quarto.

Nella **Tab. 7/B** sono riportati i valori medi stagionali di NO_x calcolati dal modello CALPUFF in corrispondenza dell'area ZSC IT1342806. Da questi, mediante opportuna conversione in ppm, sono stati ottenuti i corrispondenti valori di NO₂ ed NO.

Il valore medio stagionale di NO_x risulta compatibile con il limite di legge (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) inoltre, anche nell'ipotesi cautelativa che l'intera quantità di NO_x simulata possa essere assimilata ad NO₂, tali valori risultano inferiori a quelli considerati dannosi di 3 ordini di grandezza; allo stesso modo, anche assimilando cautelativamente gli NO_x ad NO, il limite di 2 ppm risulta ampiamente rispettato.

Tale analisi, dal carattere qualitativo e tutt'altro che rigoroso ma al tempo stesso cautelativo per quanto sopra evidenziato, mostra un certo margine tra i valori stimati ed i valori limite di riferimento (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii. e Mezzetti 1987).

¹ Il coefficiente di conversione da mg/m³ a ppm (a 20 °C e 760 mm Hg) è pari a 0,52 per l'NO₂ ed a 0,80 per l'NO; viceversa nella conversione da ppm a mg/m³ (a 20 °C e 760 mm Hg) è pari a 1,91 per l'NO₂ ed a 1,25 per l'NO.

² Tale approccio è ritenuto opportuno in relazione alla temporaneità del cantiere nel punto sorgente in prossimità del recettore considerato

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 56 di 80	Rev. 0

Tabella 7/B •ZSC IT1342806 “Monte Verruga, Monte Zenone, Roccagrande, Monte Pu”. Concentrazioni medie stagionali per gli Ossidi di Azoto (NOx, NO₂ ed NO)

	Concentrazione media stagionale (µg/m ³)					
	Valore limite	INV	PRI	EST	AUT	
Recettore 2						
NOx (µg/m ³) (°)	30 (*)	0.7	0.8	0.9	0.8	
NO ₂ (10 ⁻³ ppm) (°°)	1060 (**)	0.4	0.4	0.5	0.4	
NO (10 ⁻³ ppm) (°°)	2000 (**)	0.6	0.6	0.7	0.6	

(°) Valore ottenuto dall'output del modello CALPUFF

(°°) Il calcolo degli NO ed NO₂ è stato effettuato nell'ipotesi cautelativa che la quantità di NO_x simulata possa alternativamente essere considerata come NO o NO₂.

(*) D.Lgs. 155/10 e ss.mm.ii.

(**) Mezzetti, 1987

Si evidenzia un possibile impatto marginale anche nei confronti dell'area ZSC IT1333307, posta in prossimità del recettore R1, il cui confine arriva a un minimo di 80 m dal tracciato in progetto e di 40 m dal breve tratto in dismissione. Tale interferenza non è stata approfondita nel presente studio data la trascurabilità dell'impatto atteso in considerazione di quanto ottenuto per l'area ZSC IT1342806 di cui sopra (rif. **Tab.7/B**). Per la stessa ragione si escludono interferenze indirette indotte dalle attività di cantiere sulla qualità dell'aria di tutte gli altri siti Natura 2000 situati oltre il chilometro di distanza dal tracciato. In conclusione, data anche la temporaneità delle lavorazioni e di eventuali effetti indotti peraltro reversibili, non sono prevedibili criticità sulla vegetazione legate al cantiere.

7.1.3 Polveri Sottili (PM₁₀)

Le tavole riportate in **Annexo I** mostrano la distribuzione della concentrazione massima al suolo delle medie giornaliere di PM₁₀, per ognuna delle sorgenti considerate.

Le Polveri Sottili possiedono delle caratteristiche chimico-fisiche (volatilità, reattività, stato fisico, etc...) differenti rispetto agli altri composti che possono influire sugli scenari dispersivi da esse prodotti.

Tuttavia, nel caso specifico, date le caratteristiche delle sorgenti, le ricadute al suolo avvengono su tempi e spazi di scala sufficientemente brevi da rendere queste differenze intrinseche fra gli inquinanti trascurabili ai fini della loro dispersione in atmosfera.

Si può affermare pertanto che le differenze osservabili fra gli scenari dispersivi di PM₁₀ e quelli degli NOx sono principalmente attribuibili alle diverse quantità emesse (rif. **par.6.4**) ed alla tipologia di indicatore rappresentato (campi medi giornalieri per le polveri e valori massimi orari per gli ossidi di azoto).

Alla risoluzione di griglia cui è stata effettuata la simulazione di dispersione, l'isolinea di concentrazione massima rappresentata è quella corrispondente a 50 µg/m³ che tuttavia si può osservare solo limitatamente all'area di cantiere e nei soli siti S10 nello scenario invernale ed S1, S3 ed S10 nello scenario autunnale. Va osservato che questi valori sono raggiunti in limitatissime zone all'interno dell'area cantiere e non vengono ritenute significative.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 57 di 80	Rev. 0

Il livello di concentrazione immediatamente inferiore rappresentato è quello corrispondente ai 20 µg/m³ ed è generalmente confinato a distanze massime di ca. 50 metri dall'area sorgente per tutte le stagioni. In particolare tale livello è limitato all'area di cantiere nei siti S5 ed S6 in estate. Fa eccezione il sito S1 in inverno quando può raggiungere i 100 m di distanza dalla sorgente..

Il raggiungimento della concentrazione di 10 µg/m³ avviene sempre a distanze inferiori ai 100 metri ad esclusione dello scenario autunnale e di alcuni casi invernali (S1, S4, S5, S6, S10).

Considerato il margine esistente tra i valori massimi stimati delle concentrazioni delle ricadute al suolo di PM₁₀ rispetto al valore limite di legge, si può concludere che, data anche la temporaneità delle lavorazioni, non sono prevedibili criticità per la salute umana legate alle attività di cantiere.

7.1.4 Valutazione degli impatti indotti rispetto al livello di fondo

Le predizioni del modello di dispersione CALPUFF rappresentano il contributo aggiuntivo (CA) della sorgente rispetto alle concentrazioni di fondo (F). Il livello finale (LF) è ottenuto dalla somma del dato rappresentativo della concentrazione di fondo (F) nel punto di interesse e dei valori ricostruiti dal modello (CA) in corrispondenza dello stesso. Indicando con SQA gli standard di qualità ambientale presi come riferimento e rappresentati da quanto stabilito dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. (rif. **Tab.2/A**) si considerano i seguenti criteri di soddisfazione:

CA << SQA ovvero CA/SQA << 1
 LF < SQA ovvero LF/SQA < 1

Fra gli indicatori della qualità dell'aria disponibili presso le centraline di riferimento, per la valutazione degli impatti indotti rispetto al livello di fondo sono stati considerati il valore medio annuo per il Biossido di Azoto, le polveri PM₁₀ e PM_{2,5} (rif. **Tab. 3/C**).

Va detto che l'approccio stagionale dell'analisi modellistica non consente, a priori, un confronto diretto con i valori delle concentrazioni di fondo, essendo le basi temporali di mediazione diverse. Se poi si considera che il contributo aggiuntivo di NO₂ è ottenuto a partire da quello calcolato per NO_x attraverso le considerazioni di cui alla **Tab.7/A** si comprende come le valutazioni che seguono abbiano, nel complesso, un carattere più descrittivo che rigoroso ma comunque conservativo.

Per i composti esaminati il valore della concentrazione di fondo (F) è stato ottenuto a partire dalla media pluriennale (periodo 2010-2018) dei valori medi delle concentrazioni misurate in corrispondenza della centraline di monitoraggio (rif. **para. 3.2**). Il valore massimo fra quelli ottenuti per le varie centraline è stato considerato conservativamente indicativo delle concentrazioni di fondo per le zone attraversate dal tracciato (IT0714 ed IT0716). In **Tab 7/C** sono riportati i valori così ottenuti, indicativi delle concentrazioni di fondo degli inquinanti simulati.

Tabella 7/C – Valori indicativi della concentrazione di fondo (F) considerati

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 58 di 80	Rev. 0

Zona	NO ₂ (µg/m ³) Valore medio annuo	PM _{2,5} (µg/m ³) Valore medio anno	PM ₁₀ (µg/m ³) Valore medio anno
IT0714 (R1, R2, R4)	39.6	12	22.5
IT0716 (R3, R5, R6, R8, R9, R10)	21.4	11	15.5

Come valore stagionale rappresentativo del contributo aggiuntivo (CA) può essere considerato conservativamente il massimo tra i quattro valori stagionali calcolati. Se inoltre si ipotizza conservativamente³ che i lavori interessino una sola stagione e che si esauriscano con essa, il contributo aggiuntivo legato alla presenza del cantiere nel ricettore considerato si annulla durante il resto dell'anno ed un valore indicativo della media annuale può essere ottenuto considerando il 25% del suddetto valore. Per quanto concerne il Biossido di Azoto inoltre, considerato che i recettori analizzati si trovano tutti a distanza inferiore ai 500 m dalla sorgente, il valore può essere ottenuto moltiplicando la concentrazione di NO_x per 0.14 (rif. **Tab.7/A**). Si noti anche come per il contributo aggiuntivo legato alle polveri PM_{2,5} sia stato ottenuto assimilandone conservativamente il valore a quello calcolato per le polveri PM₁₀.

La **Tab. 7/D** che segue, mostra e sintetizza le considerazioni di cui sopra. Dall'analisi della stessa si evince come entrambi i criteri di accettabilità (CA/SQA << 1 e LF/SQA < 1) risultino sempre soddisfatti ad esclusione del caso relativo al Livello Finale calcolato per il recettore R1 (concentrazione media di NO₂ come NO_x) per il quale si nota tuttavia come la condizione non venga rispettata non in relazione al valore del CA quanto in relazione al valore considerato per la concentrazione di Fondo. Si noti infatti come, in questo caso, il valore del CA sia trascurabile rispetto al valore del fondo F considerato.

³ Le attività di cantiere considerate interferiscono in realtà con i singoli ricettori per pochi giorni

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 59 di 80	Rev. 0

Tab. 7/D NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5}. Livello di Fondo, Contributo Aggiuntivo, Livello Finale

Recettore	Zona	Concentrazione di Fondo (µg/m ³) (F)	Valore medio stagionale (µg/m ³)		Valore medio annuale (**) (µg/m ³) (F)	LF = CA + F (µg/m ³)	SQA (µg/m ³) (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.)	CA<<SQA	LF<SQA
			NO _x (*)	NO ₂ (***)					
Concentrazione media NO_x / NO₂ (µg/m³)									
R1	IT0714	39.6	12.9	1.8	0.5	40.1	40	Si	No
R2	IT0714	39.6	0.9	0.1	0.0	39.6	40	Si	Si
R3	IT0716	21.4	1.9	0.3	0.1	21.5	40	Si	Si
R4	IT0714	39.6	8.0	1.1	0.3	39.9	40	Si	Si
R5	IT0716	21.4	9.7	1.4	0.3	21.7	40	Si	Si
R6	IT0716	21.4	7.1	1.0	0.2	21.6	40	Si	Si
R8	IT0716	21.4	4.4	0.6	0.2	21.6	40	Si	Si
R9	IT0716	21.4	5.9	0.8	0.2	21.6	40	Si	Si
R10	IT0716	21.4	4.4	0.6	0.2	21.6	40	Si	Si
Concentrazione media PM₁₀ (µg/m³)									
R1	IT0714	22.5	7.0		1.8	24.3	40	Si	Si
R2	IT0714	22.5	1.0		0.2	22.7	40	Si	Si
R3	IT0716	15.5	1.9		0.5	16.0	40	Si	Si
R4	IT0714	22.5	8.2		2.1	24.6	40	Si	Si
R5	IT0716	15.5	3.7		0.9	16.4	40	Si	Si
R6	IT0716	15.5	2.7		0.7	16.2	40	Si	Si
R8	IT0716	15.5	3.1		0.8	16.3	40	Si	Si
R9	IT0716	15.5	6.0		1.5	17.0	40	Si	Si
R10	IT0716	15.5	4.4		1.1	16.6	40	Si	Si
Concentrazione media PM_{2,5} (µg/m³) (****)									
R1	IT0714	12.0	7.0		1.8	13.8	25	Si	Si
R2	IT0714	12.0	1.0		0.2	12.2	25	Si	Si
R3	IT0716	11.0	1.9		0.5	11.5	25	Si	Si
R4	IT0714	12.0	8.2		2.1	14.1	25	Si	Si
R5	IT0716	11.0	3.7		0.9	11.9	25	Si	Si
R6	IT0716	11.0	2.7		0.7	11.7	25	Si	Si
R8	IT0716	11.0	3.1		0.8	11.8	25	Si	Si
R9	IT0716	11.0	6.0		1.5	12.5	25	Si	Si
R10	IT0716	11.0	4.4		1.1	12.1	25	Si	Si

(*) Massimo tra i 4 valori stagionali calcolati in corrispondenza del recettore

(**) Calcolato come 25% del valore medio stagionale

(***) Calcolato come 14 % del valore di NO_x (rif. Tab.7/A)

(****) Il contributo aggiuntivo per le Polveri PM_{2,5} è stato conservativamente assimilato a quello calcolato per le polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 60 di 80	Rev. 0

8 CANTIERE TRATTI IN MICROTUNNEL

Lungo il tracciato esaminato sono presenti alcuni tratti in microtunnel la cui tipologia di cantiere in termini di lavorazioni, mezzi, ore di lavoro, ecc... è diversa rispetto a quella considerata per i tratti in trincea.

Per tali tratti sono, in particolare, previste due tipologie di cantiere, uno per la realizzazione del pozzo di spinta ed uno per la realizzazione del microtunnel vero e proprio che opererà successivamente al primo. Fra le macchine operanti all'interno dei due cantieri identificate come sorgenti di emissione in atmosfera, si considerano i mezzi di **Tab. 8/A** e **Tab. 8/B** rispettivamente. Per quanto concerne il cantiere del microtunnel, si fa presente che i motori elettrici presenti nel cantiere (centrifuga, discambiatore, sghiaiatore,...), non generando direttamente emissioni in atmosfera, non sono considerati ai fini della stima delle emissioni ed al loro posto sono invece considerati i gruppi elettrogeni (motore diesel) di alimentazione (**Tab. 8/B**).

Tab. 8/A Cantiere pozzo di spinta– Motori Diesel

<i>Motori Diesel</i>	<i>Quantità</i>	<i>Potenza (KW)</i>	<i>Note</i>
Gru cingolata	1	120	movimentazione attrezzature e tubazioni
Escavatore idraulico	1	96	movimento terra
Pianale	1	350	trasporto attrezzature e tubi

Tab. 8/B Cantiere microtunnel – Motori Diesel

<i>Motori Diesel</i>		<i>Quantità</i>	<i>Potenza (KW)</i>	<i>Note</i>
Gruppo elettrogeno principale	Postazione di spinta (3500 m ²)	1	600	produzione energia elettrica per perforazione
Gruppo elettrogeno secondario (di emergenza)		1	110	produzione energia elettrica per impianti accessori
Gru cingolata		1	120	movimentazione attrezzature e tubazioni
Pianale		1	350	trasporto attrezzature e tubi
Escavatore idraulico	Postazione di arrivo (2500 m ²)	1	96	movimento terra

Il cantiere del pozzo di spinta, che come detto opererà prima di quello per la realizzazione del microtunnel vero e proprio dato sopra, utilizzerà un numero di mezzi inferiore rispetto a quello allestito per la realizzazione del microtunnel (rif. **Tab. 8/A** e **8/B**) dando luogo ad una quantità inferiore di emissioni e, quindi, a minori concentrazioni delle ricadute al suolo. Per tale motivo, tutte le considerazioni che seguono fanno riferimento al solo cantiere di **Tab. 8/B**.

Per quest'ultimo si considera un'area complessiva di ca. 6000 m² ripartita in due zone di lavoro distinte costituite dalla postazione di spinta, di ca. 3500 m² in cui operano la gru cingolata, il pianale ed il generatore, e dalla postazione di arrivo, di ca. 2500 m² in cui opera l'escavatore idraulico.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 61 di 80	Rev. 0

In una normale giornata di cantiere si prevede che il lavoro si articoli su due turni, per 16 ore complessive. E' previsto che il gruppo elettrogeno principale funzioni per tutte le 16 ore ed il gruppo elettrogeno secondario solo in condizioni di emergenza in caso di avaria del primo. Per la gru cingolata e per l'escavatore si prevede un utilizzo indicativo di 2 ore per turno (4 ore sui due turni).

Come per i cantieri dei tratti in trincea, sono considerate le emissioni in atmosfera di Ossidi di Azoto (NO_x) e di polveri sottili (PM₁₀). Per queste ultime è considerato il solo contributo legato ai fumi di scarico dei motori dei mezzi impegnati in cantiere: il contributo all'emissione giornaliera di polveri legato alla movimentazione di terreno ed al movimento dei mezzi viene trascurato.

Per quanto concerne la movimentazione del terreno infatti la realizzazione del microtunnel non prevede operazioni di scavo. Qualunque movimentazione di terreno inoltre, per ovvie motivazioni legate allo stato di umidità del materiale in questa zona, darebbe comunque un contributo di emissione trascurabile.

Per quanto concerne il movimento dei mezzi, il "pianale" previsto per il trasporto di attrezzature e tubi è l'unico mezzo in potenziale movimento all'interno dell'area di cantiere. Data l'esiguità del percorso anche in considerazione dei pochi viaggi previsti, il contributo di tale mezzo viene trascurato. Per quanto riguarda i veicoli pesanti, a causa dei loro spostamenti minimi e delle velocità limitate, è prevedibile che non producano emissioni significative di polveri in atmosfera.

Per la stima degli inquinanti emessi con i fumi di scarico delle macchine operatrici si fa riferimento, come per i tratti in trincea, ai fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emissions Factors dei mezzi. I fattori di emissione considerati sono riportati nella **Tab. 8/D** per le Polveri e nella **Tab. 8/E** per gli Ossidi di Azoto.

Essi sono stati ottenuti, con riferimento al singolo mezzo ed alla rispettiva potenza (massima erogabile dal motore), mediando i valori relativi agli anni dal 2011 al 2016 in modo da ottenere un valore realistico ma al tempo stesso sufficientemente conservativo tenendo conto che il mix tecnologico dei mezzi di cantiere si evolve nel tempo verso mezzi meno inquinanti.

Tab. 8/D Cantiere tratti in microtunnel. Fattori di emissione ed emissioni totali giornaliere di Polveri PM₁₀

Motori Diesel	N.ro	Tipo	Potenza (KW)	FE	FE (**)	Ore/Giorno	Totale
				(libbre/ora)	(Kg/ora)		(Kg/giorno)
Gruppo elettrogeno principale	1	Generator sets	600	0.110	0.050	16	0.798
Gruppo elettrogeno secondario (di emergenza)	1	Generator sets	110	0.056	0.026	-	
Gru cingolata	1	Cranes	120	0.044	0.020	4	0.080
Escavatore idraulico	1	Excavator	96	0.054	0.025	4	0.099

(**) 1 libbra = 453,59 g

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 62 di 80	Rev. 0

Tab. 8/E Cantiere tratti in microtunnel. Fattori di emissione ed emissioni totali giornaliere di Ossidi di Azoto

Motori Diesel	N.ro	Tipo	Potenza (KW)	FE	FE (**)	Ore/Giorno	Totale
				(libbre/ora)	(Kg/ora)		(Kg/giorno)
Gruppo elettrogeno principale	1	Generator sets	600	3.816	1.731	16	27.694
Gruppo elettrogeno secondario (di emergenza)	1	Generator sets	110	0.954	0.433	-	
Gru cingolata	1	Cranes	120	0.694	0.315	4	1.259
Escavatore idraulico	1	Excavator	96	0.692	0.314	4	1.255

(**) 1 libbra = 453,59 g

A partire dai fattori di emissione di cui alle **Tab. 8/D** e **8/E** si riportano in **Tab. 8/F** i tassi emissivi calcolati riferiti ad una normale giornata lavorativa durante la quale si distingue un momento di funzionamento contemporaneo di tutti i mezzi presenti (*peak*) della durata massima di ca. 4 ore (non consecutive, indicativamente 2 per turno) dal resto della giornata lavorativa (*off-peak*) della durata di 12 ore in cui è in funzione solo il generatore principale.

Tab. 8/F Cantiere tratti in microtunnel. Tassi emissivi per Polveri PM₁₀ ed Ossidi di Azoto

Motori Diesel	FE (kg/ora)	FE (kg/ora)	Peak (4 h/giorno)	Off-Peak (12 ore/giorno)	Peak (4 h/giorno)	Off-Peak (12 ore/giorno)
Postazione di spinta (area considerata 3500 m ²)						
	PM ₁₀	NOx	Operativo		PM ₁₀	NOx
Gruppo elettrogeno principale	0.050	1.731	Sì	Sì	0.050	1.731
Gruppo elettrogeno secondario (di emergenza)	0.026	0.433	-	-	-	-
Gru cingolata	0.020	0.315	Sì	No	0.020	0.315
Totale (kg/ora)					0.070	2.046
Totale (g/s/m ²)					0.56	16.24
Postazione di arrivo (area considerata 2500 m ²)						
	PM ₁₀	NOx	Operativo		PM ₁₀	NOx
Escavatore idraulico	0.025	0.314	Sì	No	0.025	0.314
Totale (kg/ora)					0.025	0.314
Totale (g/s/m ²)					0.28	3.48

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 63 di 80	Rev. 0

Le emissioni unitarie ottenute risultano, per le polveri PM₁₀, significativamente inferiori (2 ordini di grandezza) rispetto a quelle ottenute per i cantieri dei tratti in trincea pertanto, stando anche ai risultati ottenuti con le simulazioni delle ricadute al suolo dei siti esaminati, non sono prevedibili criticità per la salute umana legate alle conseguenti ricadute al suolo.

Le emissioni unitarie di Ossidi di Azoto risultano maggiori ma confrontabili con quelle ottenute per i cantieri dei tratti in trincea con valori che, durante la giornata, vanno dal 15 al 30% in più ca. a seconda delle attività e lavorazioni (Peak ed Off-peak).

Considerato che:

- la fase giornaliera di picco (Peak) ha una durata massima di 4 ore/giorno distribuite nelle 16 ore lavorative;
- le emissioni stimate sono associate alla massima potenza erogabile dal motore che, durante una normale giornata di cantiere, è prevedibile venga impiegata limitatamente a poche ore al giorno;
- l'ampia superficie del cantiere favorisce l'eventuale ricaduta delle massime concentrazioni proprio all'interno del cantiere con influenza ridotta e temporanea nei confronti dell'ambiente limitrofo

si può concludere che, come per i tratti in trincea, non sono prevedibili criticità per la salute umana legate alle conseguenti ricadute al suolo.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 64 di 80	Rev. 0

9 MITIGAZIONI

Nelle elaborazioni di cui sopra non si è mai tenuto conto dell'abbattimento delle emissioni legato a tutti quegli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la diffusione delle polveri e di contaminanti in genere che l'impresa, nell'ambito di una buona pratica cantieristica, dovrà adottare durante la gestione del cantiere. Questo fatto rafforza il carattere conservativo dei risultati ottenuti.

Premesso che la principale azione mitigatrice da adottare è quella di evitare lavorazioni polverigene in condizioni di vento elevato, si elencano di seguito alcuni sistemi di abbattimento e controllo che potrenno essere messi in pratica.

Attività di formazione e stoccaggio cumuli (AP42 13.2.4)

Per ridurre le emissioni dovute a questo tipo di attività

- ✓ trattamento della superficie dei cumuli tramite bagnamento con acqua (*wet suppression*);
- ✓ copertura dei cumuli di materiale polverulento stoccato nelle aree di cantiere con teli nei periodi di inattività e durante le giornate con vento intenso;
- ✓ dove previsto dal progetto, procedere al rinverdimento delle aree (ad esempio i rilevati) in cui siano già terminate le lavorazioni senza aspettare la fine lavori dell'intero progetto;
- ✓ innalzare barriere protettive, di altezza idonea, intorno ai cumuli e/o alle aree di cantiere;
- ✓ evitare le movimentazioni di materiali polverulenti durante le giornate con vento intenso.

Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP42 13.2.2)

Per ridurre le emissioni dovute a questo tipo di attività

- ✓ pulire le ruote dei veicoli in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali, prima che i mezzi impegnino la viabilità ordinaria;
- ✓ coprire con teloni eventuali materiali polverulenti trasportati;
- ✓ attuare idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere non asfaltate. A tale scopo eventualmente installare cunette per limitare la velocità dei veicoli sotto un certo limite di velocità (tipicamente 20- 30 km/h);
- ✓ effettuare una costante e periodica bagnatura o pulizia delle strade utilizzate, pavimentate e non. Per le strade non pavimentate i trattamenti di superficie consistono nel bagnamento (*wet suppression*) e nel trattamento chimico (*dust suppressants*). Sono richieste applicazioni periodiche e costanti con monitoraggio per verificare l'efficacia delle applicazioni.

Fumi di scarico

Ai fini del contenimento delle emissioni contenute nei fumi di scarico, i veicoli a servizio dei cantieri devono essere omologati con emissioni rispettose delle seguenti normative europee (o più recenti):

- ✓ veicoli commerciali leggeri (massa inferiore a 3,5 t, classificati N1 secondo il Codice della strada): Direttiva 1998/69/EC, Stage 2000 (Euro 3);

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 65 di 80	Rev. 0

- ✓ veicoli commerciali pesanti (massa superiore a 3,5 t, classificati N2 e N3 secondo il Codice della strada): Direttiva 1999/96/EC, Stage I (Euro III);
- ✓ macchinari mobili equipaggiati con motore diesel (non-road mobile sources and machinery, NRMM: elevatori, gru, escavatori, bulldozer, trattori, ecc.): Direttiva 1997/68/EC, Stage I.

La tabella che segue, integralmente estratta da “Western Regional Air Partnership (WRAP) Fugitive Dust Handbook”, chapter 6, riporta una sintesi delle varie misure di controllo e della relativa efficacia.

Table 6-6. Control Efficiencies for Control Measures for Unpaved Roads^{36, 37}

Control measure	PM10 control efficiency	References/Comments
Limit maximum speed on unpaved roads to 25 miles per hour	44%	Assumes linear relationship between PM10 emissions and vehicle speed and an uncontrolled speed of 45 mph.
Pave unpaved roads and unpaved parking areas	99%	Based on comparison of paved road and unpaved road PM10 emission factors.
Implement watering twice a day for industrial unpaved road	55%	MRI, April 2001
Apply dust suppressant annually to unpaved parking areas	84%	CARB April 2002

Con riferimento alla tecnica di “wet suppression” l’efficienza di abbattimento può essere indicativamente valutata utilizzando la **Fig.8/A** riportata sotto che ne mostra il legame con il parametro M, dato dal rapporto tra il contenuto di umidità della strada trattata e non trattata.

Si nota come ad un raddoppio del contenuto di umidità iniziale a seguito del trattamento corrisponda un significativo incremento dell’efficienza di abbattimento (75%). Per contenuti di umidità finali che vanno oltre il doppio del valore iniziale l’efficienza di abbattimento aumenta più lentamente.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 66 di 80	Rev. 0

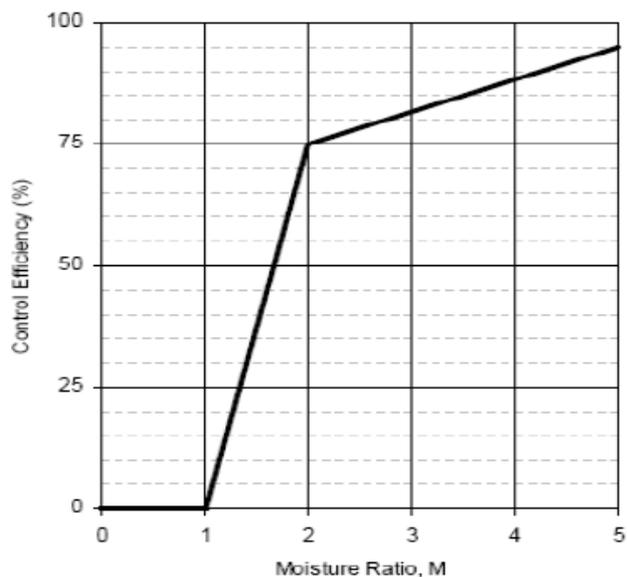


Fig. 8/A Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 67 di 80	Rev. 0

10 CONCLUSIONI

La realizzazione del nuovo Metanodotto Collegamento Sestri Levante - Recco DN 400 (16"), DP 75 bar con partenza dal Comune di Casarza Ligure (GE) e arrivo nel territorio di Sori (GE) e la rimozione, per dismissione, dei due brevi tratti di metanodotto esistente iniziale e finale, comporterà prevalentemente l'emissione in atmosfera di:

- Polveri Sottili (PM10), prodotte dalla movimentazione del terreno, dal movimento dei mezzi impiegati nella realizzazione dell'opera e presenti nei fumi di scarico dei mezzi stessi;
- Ossidi di Azoto (NOX), presenti nei fumi di scarico dei mezzi impiegati nella realizzazione dell'opera.

La stima degli impatti indotti dalle attività di cantiere sulla qualità dell'aria ambiente, è stata eseguita, per tutti i composti analizzati, in base ai seguenti punti:

- ogni giorno di lavoro (10 ore) vengono posati 150 m di linea;
- il cantiere è assimilabile ad un rettangolo di area 150 mx16 m = 2400 m²;
- ogni giorno di lavoro vengono movimentate circa 864 t/giorno di terreno lungo la linea principale in progetto;
- l'emissione di ogni inquinante viene distribuita uniformemente sull'area cantiere;
- le condizioni meteorologiche sono quelle ricostruibili dai dati orari riferiti all'anno 2017 delle stazioni della rete meteorologica dell'Osservatorio Meteo Idrologico della Regione Liguria (OMIRL) di Bargagli, Cichero, S. Margherita Ligure, Fontana Fresca, Framura;
- allo scopo di valutare eventuali differenze stagionali sull'entità degli impatti, per ogni sito di interesse, sono state effettuate 4 simulazioni rappresentative di ogni stagione attraverso l'impiego del modello CALMET-CALPUFF;
- per entrambi gli inquinanti simulati emessi, è stata valutata la conformità delle concentrazioni in aria ambiente simulate con i limiti stabiliti dal D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii..

Tutti gli scenari di concentrazione simulati sono caratterizzati da una ridotta distanza a cui ricade il massimo di concentrazione rispetto alla sorgente di emissione; gli scenari dispersivi mostrano inoltre una significativa variabilità stagionale in ogni sito d'interesse più evidente non tanto in termini di concentrazioni massime raggiunte, quanto piuttosto in termini di estensione delle aree interessate da livelli di concentrazione delle ricadute al suolo relativamente più bassi.

In tutti i siti di simulazione, l'isolinea dei 200 µg/m³ per gli Ossidi di Azoto, prevalentemente assente o confinata all'area di cantiere per gli scenari primaverili ed estivi, si riscontra in tutti gli scenari invernali ed autunnali ed equivale, indicativamente a ca. 28-30 µg/m³ di NO₂. Si osservi come tali valori, il cui andamento spaziale è dato dalle mappe dell'**Annesso I**, rappresentino il valore massimo orario stagionale: il confronto di questo con il limite posto dalla norma (200 µg/m³, D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) per il 99,8 percentile che, su base annua, è dato dal 18-esimo massimo, rappresenta un aspetto conservativo dell'analisi effettuata.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 68 di 80	Rev. 0

Per quanto riguarda gli effetti indotti sulla vegetazione dagli Ossidi di Azoto, si stimano valori delle concentrazioni delle ricadute al suolo significativamente inferiori ai valori limite di riferimento, sia di legge (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) che di letteratura (Mezzetti, 1987) ed anche gli impatti indotti rispetto al livello di fondo soddisfano i criteri di accettabilità adottati.

Gli scenari dispersivi per le Polveri Sottili risultano più contenuti rispetto a quelli relativi agli NOx in relazione al fatto che la quantità emessa per questo inquinante risulta essere inferiore ma anche poiché essi vengono analizzati come massimo stagionale delle medie giornaliere, in accordo alle indicazioni della normativa vigente (D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) che impone limiti giornalieri e non orari.

Alla risoluzione di griglia cui è stata effettuata la simulazione di dispersione, l'isolinea di concentrazione corrispondente ai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è mai presente ad esclusione di rarissimi casi invernali ed autunnali in cui è limitata all'area di cantiere.

Anche per le Polveri, si osservi come i valori commentati sopra, il cui andamento spaziale è dato dalle mappe dell'**Annesso I**, rappresentino il valore massimo giornaliero stagionale: il confronto di questo con il limite posto dalla norma ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, D.Lgs.155/10 e ss.mm.ii.) per il 90,4 percentile che, su base annua, è dato dal 35-esimo massimo, rappresenta un aspetto conservativo dell'analisi effettuata.

Anche gli impatti indotti rispetto al livello di fondo soddisfano i criteri di accettabilità adottati, sia per le polveri $\text{PM}_{2,5}$ che PM_{10} .

Considerato il margine esistente tra i valori stimati rispetto ai valori limite di riferimento per gli Ossidi di Azoto, il Biossido di Azoto e per le Polveri ma anche la valutazione degli impatti indotti rispetto al livello di fondo e la piena soddisfazione dei criteri di accettabilità (para.7.1.4), non sono prevedibili criticità legate al cantiere, né ai fini della protezione della salute umana né della vegetazione, ciò anche tenuto conto che nelle elaborazioni di cui sopra e nei risultati discussi non è mai stato considerato il possibile abbattimento delle emissioni legato a tutti quegli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la diffusione delle polveri e di contaminanti in genere che l'impresa, nell'esercizio di una buona pratica cantieristica, potrà adottare durante la gestione del cantiere.

Anche per i tratti in microtunnel, data l'entità delle emissioni associate ad un cantiere tipo, e considerato che:

- la fase giornaliera di picco interessa una parte ridotta della giornata lavorativa;
- le emissioni stimate sono associate alla massima potenza erogabile dal motore impiegata limitatamente a situazioni particolari;
- l'ampia superficie del cantiere favorisce l'eventuale ricaduta delle massime concentrazioni all'interno del cantiere con influenza ridotta e temporanea nei confronti dell'ambiente limitrofo

si può concludere che, come per i tratti in trincea, non sono prevedibili criticità per la salute umana legate alle conseguenti ricadute al suolo.

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 69 di 80	Rev. 0

11 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

U.S. EPA, 2006- “The CALPUFF Modelling System”,
 (<http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>)

ANPA, 2000 - “Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale – I fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia”

CEQA, 2005 - “Air Quality Analysis Guidance Handbook - Off-Road Mobile Source Emission Factors” (<http://www.aqmd.gov/ceqa/handbook/offroad/offroad.html>)

U.S. EPA, 2007 - “AP 42, Volume I, Fifth Edition” (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>)

Beyrich F., 1997 - “Mixing height estimation from SODAR data: a critical discussion”, Atmospheric Environment, 31, 3941-3953

Seinfeld J.H., 1986, - “Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution”, Wiley & Sons, Inc.

Vilà-Guerau de Arellano J., Talmon A.M., Builtjes P.J.H., 1990, - “A chemically reactive plume model for the NO-NO₂-O₃ system”, Atmospheric Environment, 24A, 2237-2246

Countess Environmental, 2006 - “WRAP fugitive dust Handbook”

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 70 di 80	Rev. 0

ANNESSO I
Ossidi di Azoto e Polveri PM₁₀
Rappresentazione delle isolinee di concentrazione

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITA: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 71 di 80	Rev.: 0

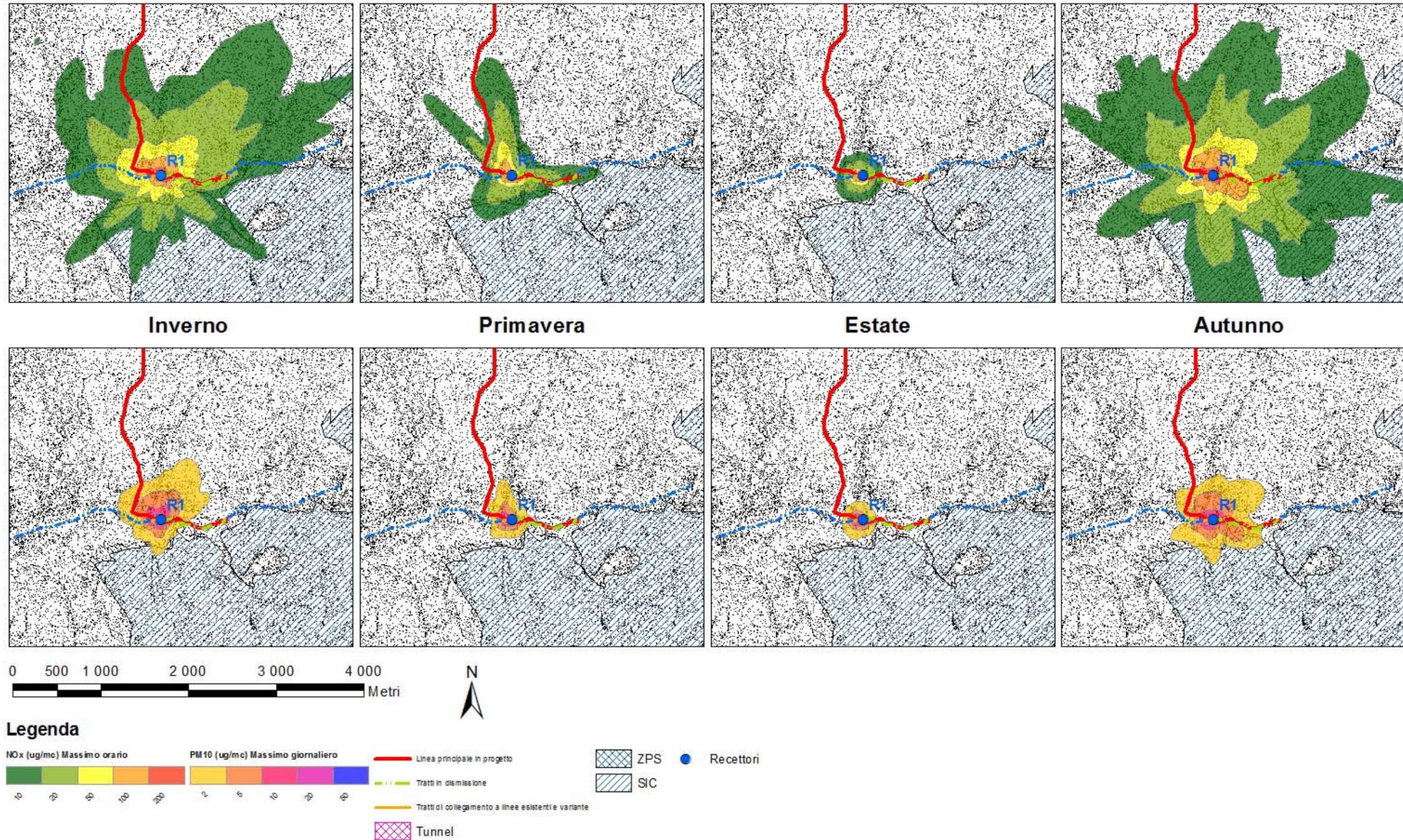


Figura A/1- Sito 1. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITA: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 72 di 80	Rev.: 0

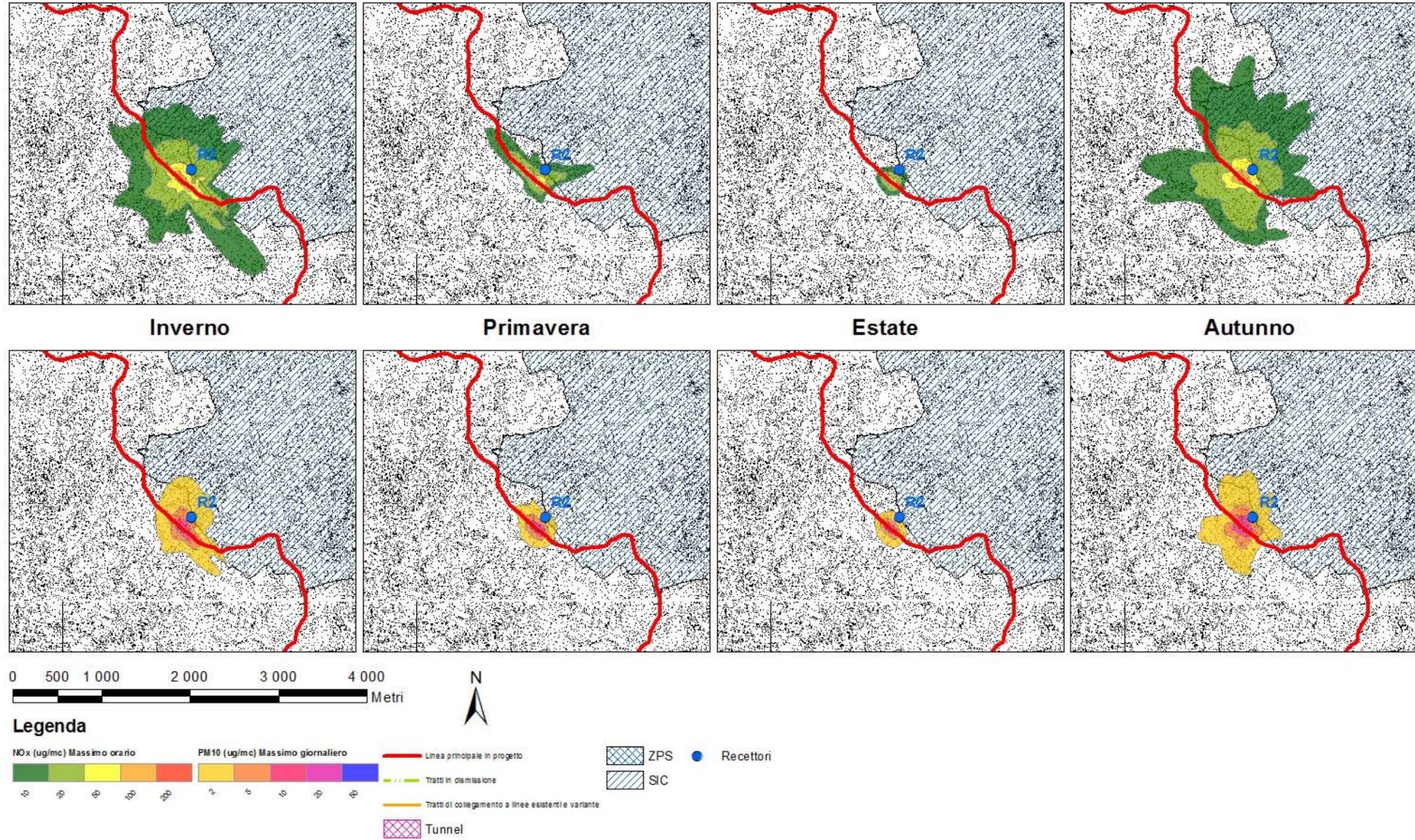


Figura A/2- Sito 2. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITA: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 73 di 80	Rev.: 0

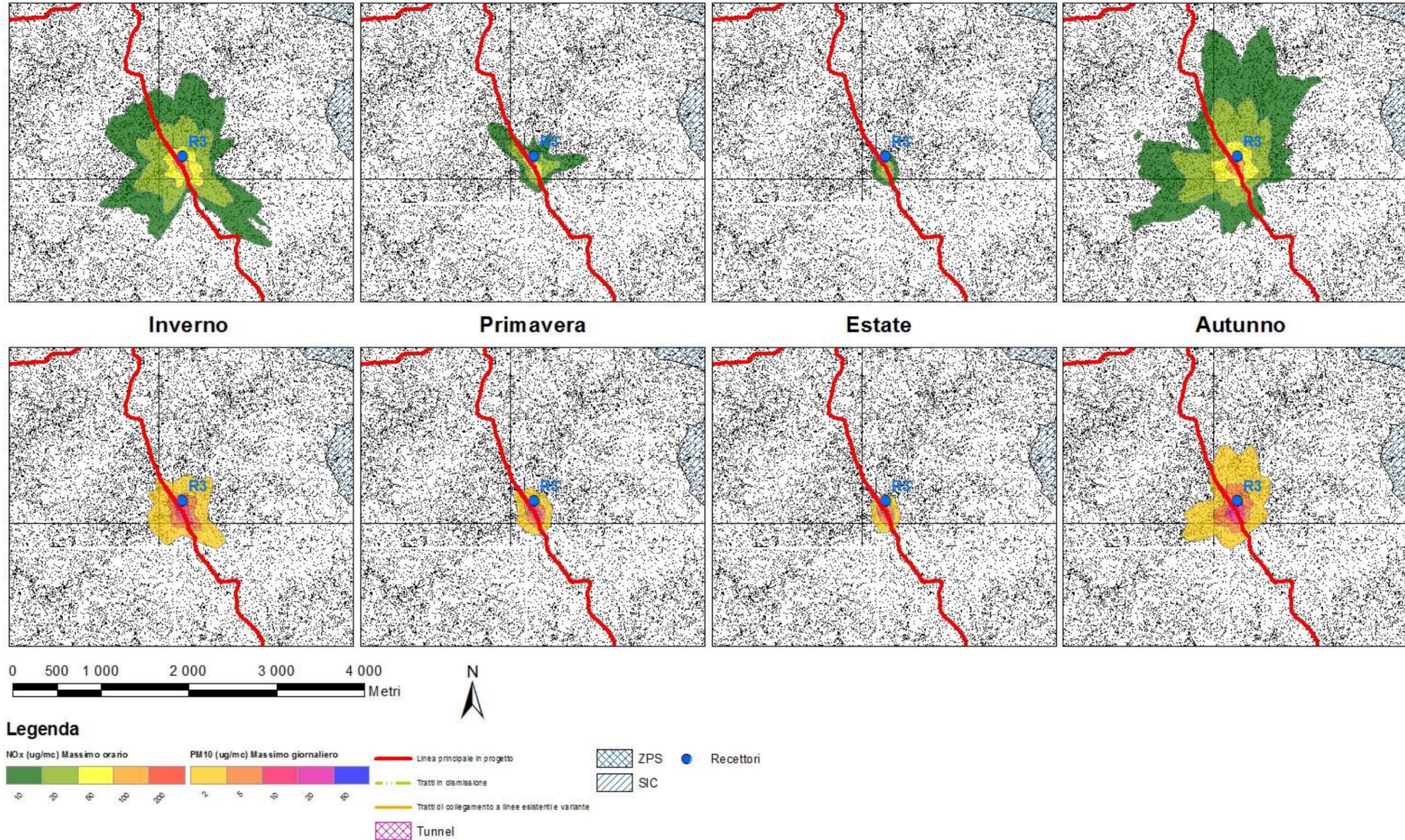


Figura A/3– Sito 3. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITA: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 74 di 80	Rev.: 0

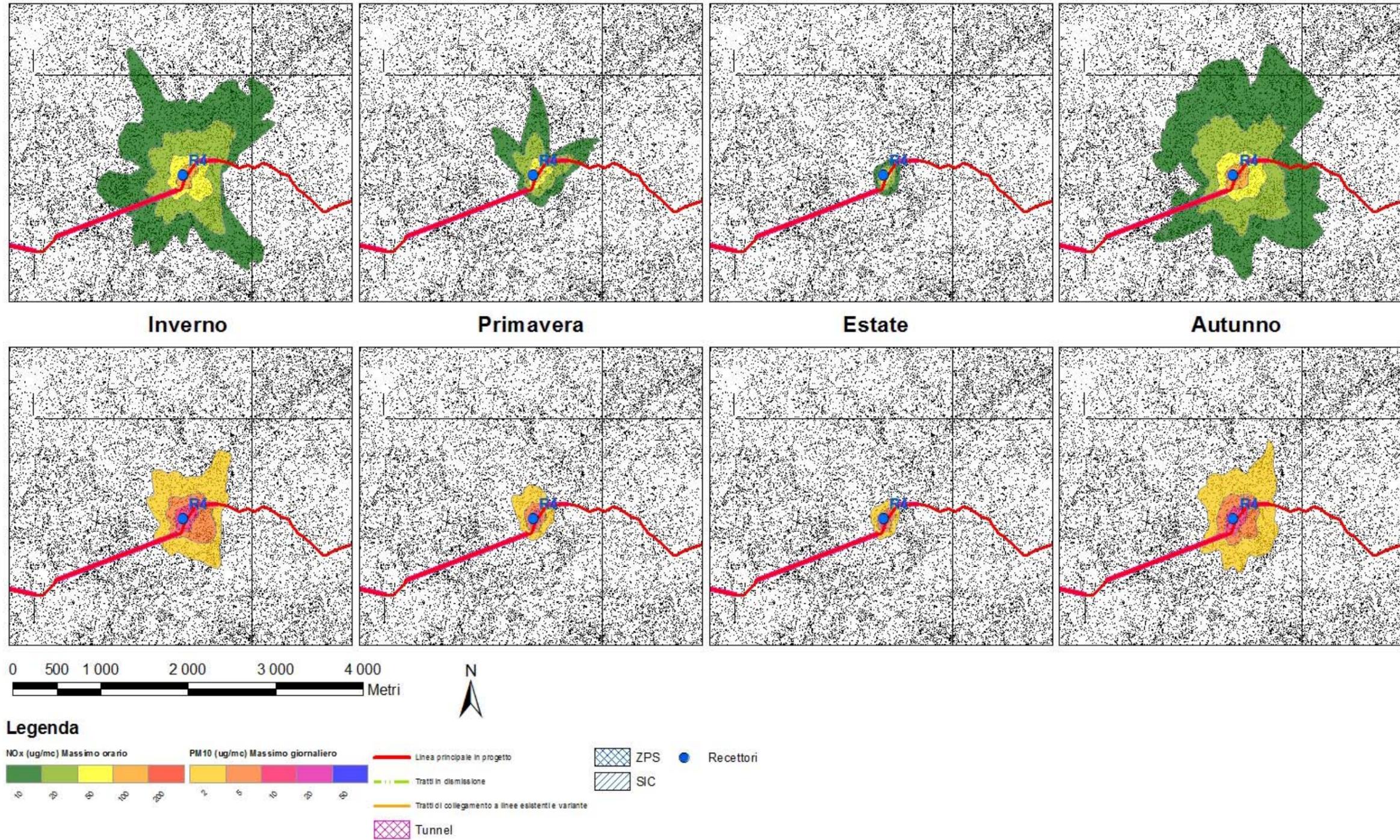
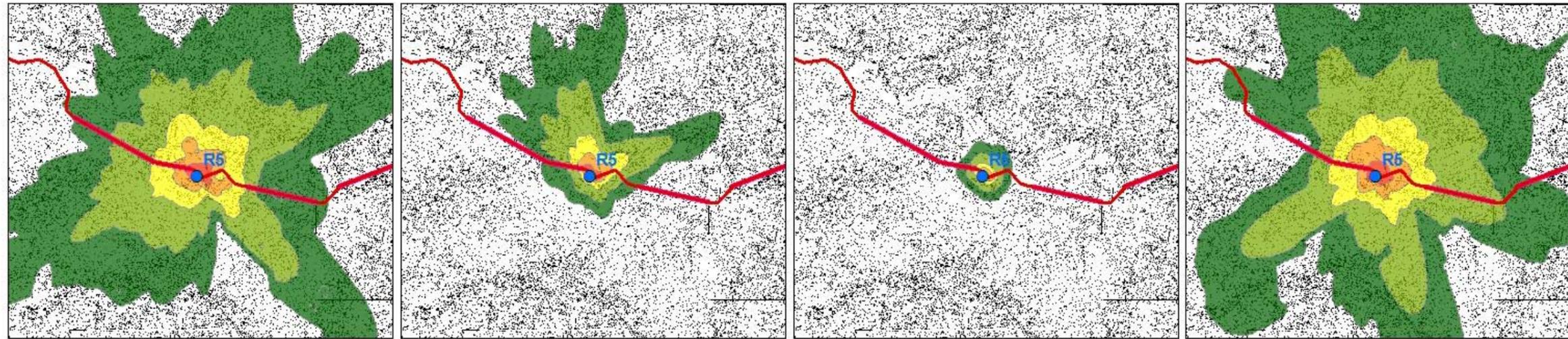


Figura A/4- Sito 4. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITA 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 75 di 80	Rev. 0

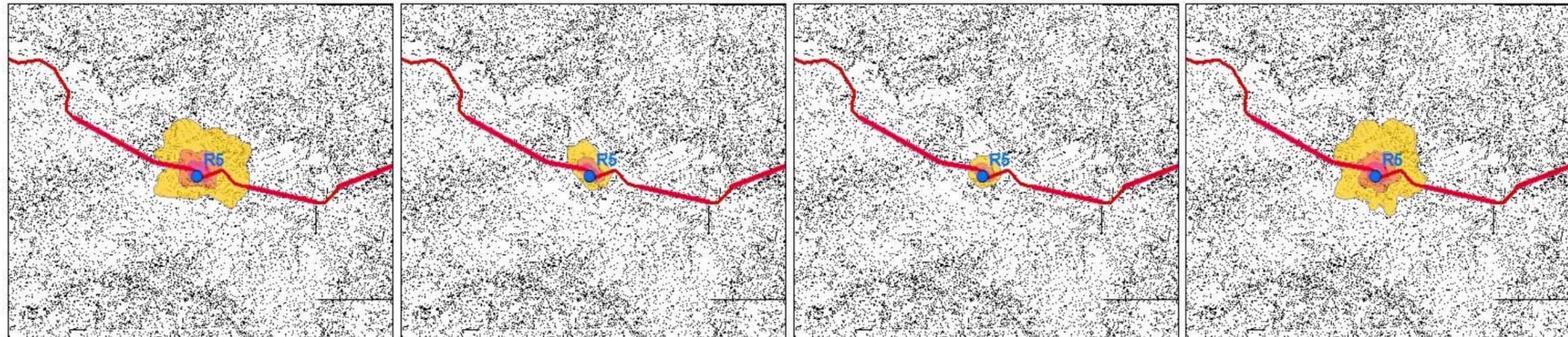


Inverno

Primavera

Estate

Autunno



Legenda

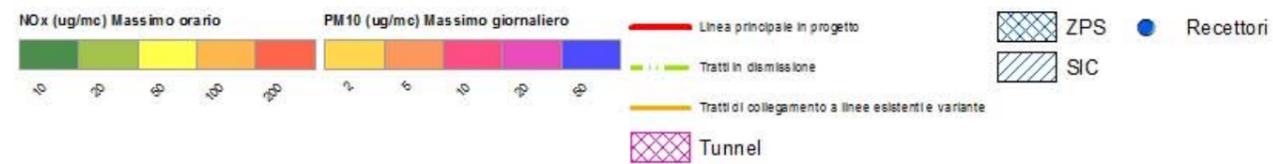


Figura A/5– Sito 5. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITÀ: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 76 di 80	Rev.: 0

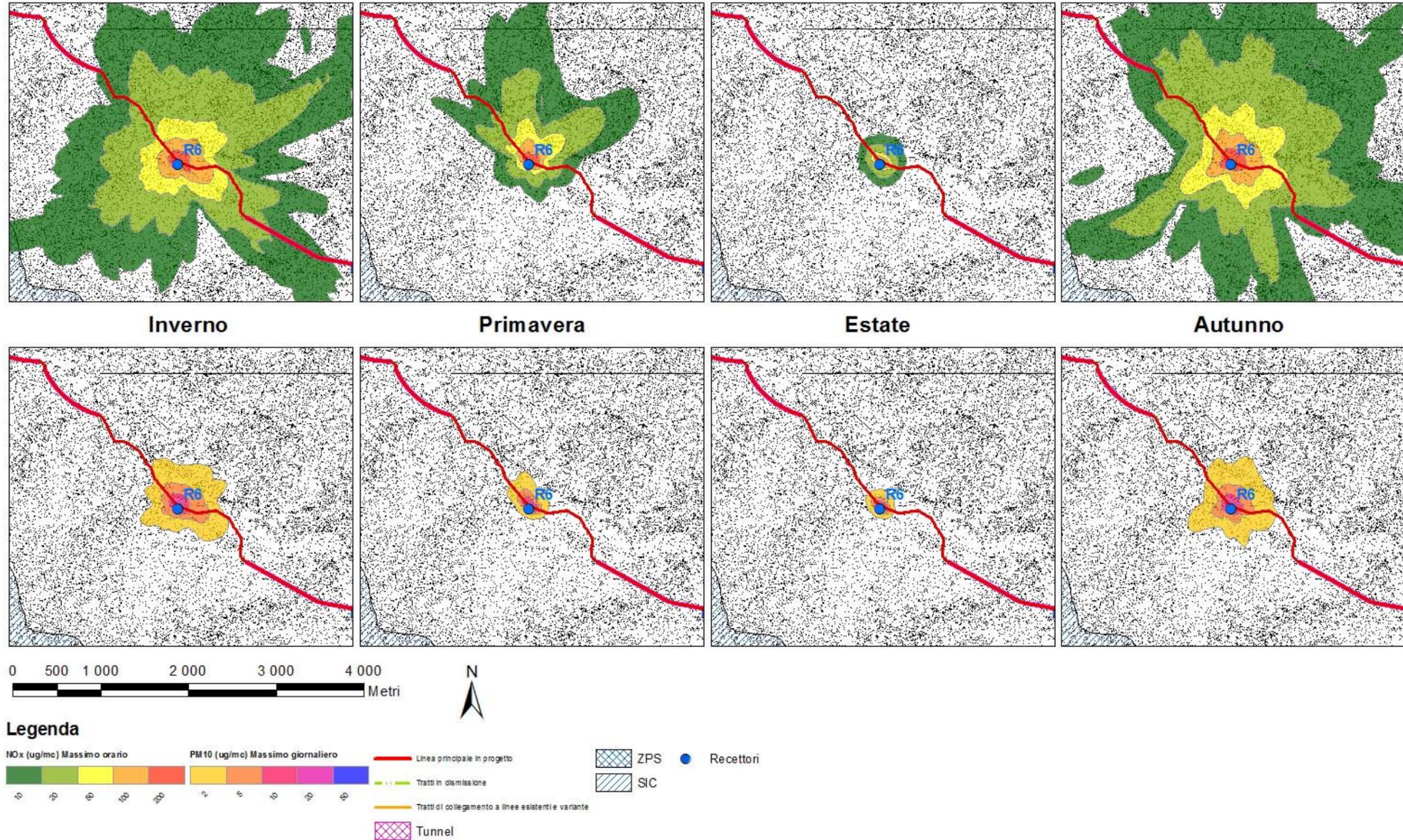


Figura A/6– Sito 6. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITÀ: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 77 di 80	Rev.: 0

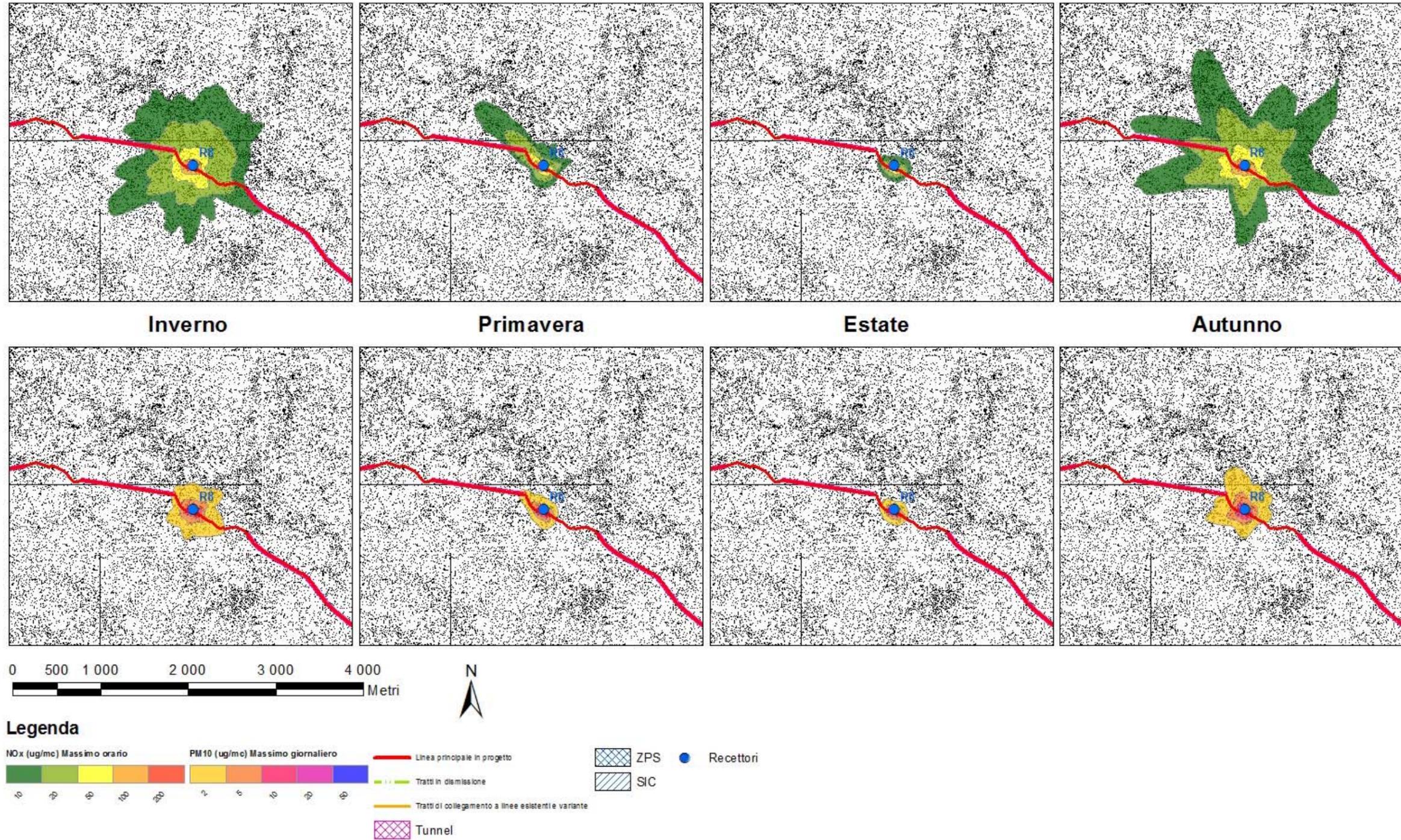


Figura A/8- Sito 8. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA: 023089	UNITA: 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE: NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 78 di 80	Rev.: 0

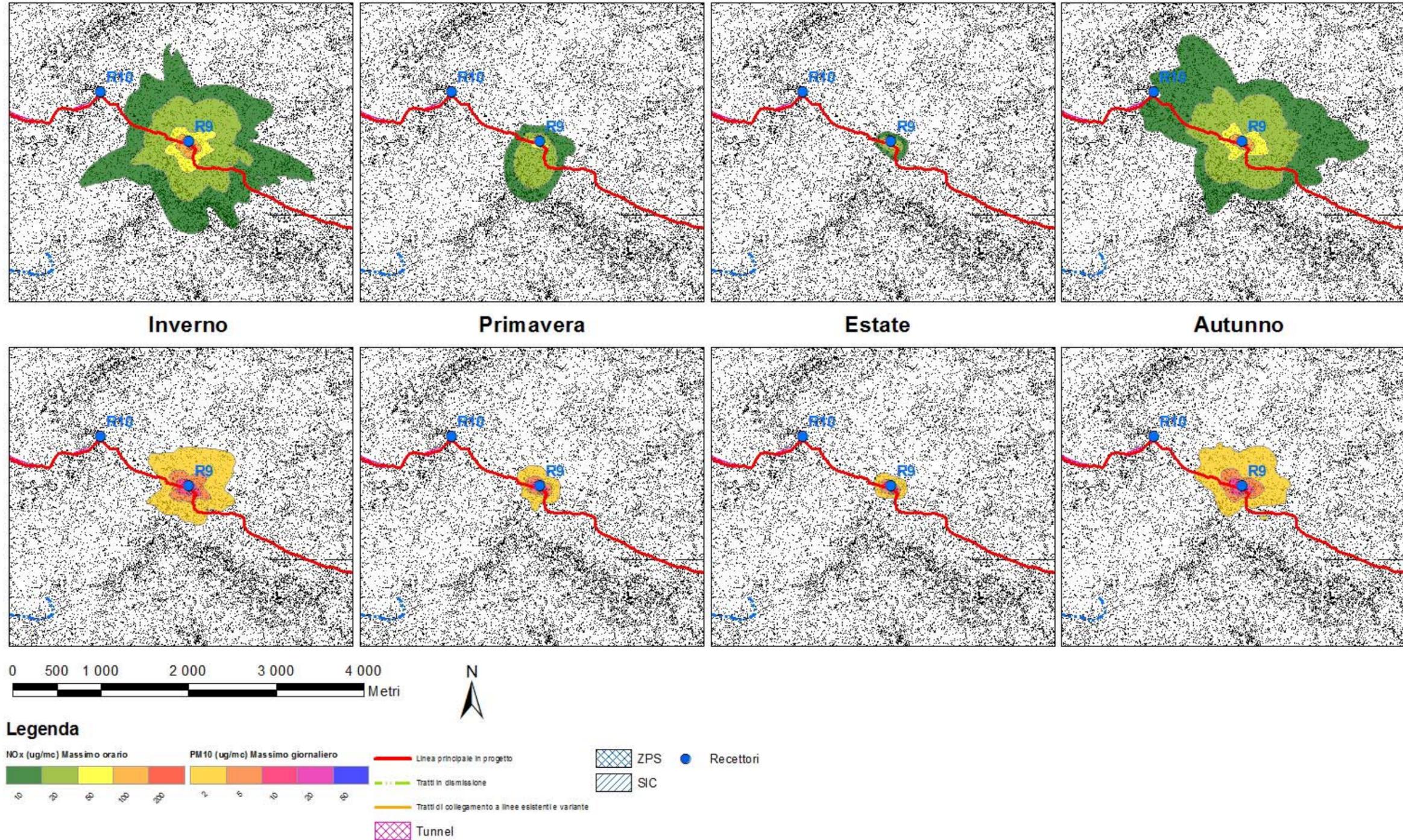


Figura A9– Sito 9. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITA 000
	LOCALITÀ: Regione Liguria	SPC. BG-E-94701	
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 79 di 80	Rev. 0

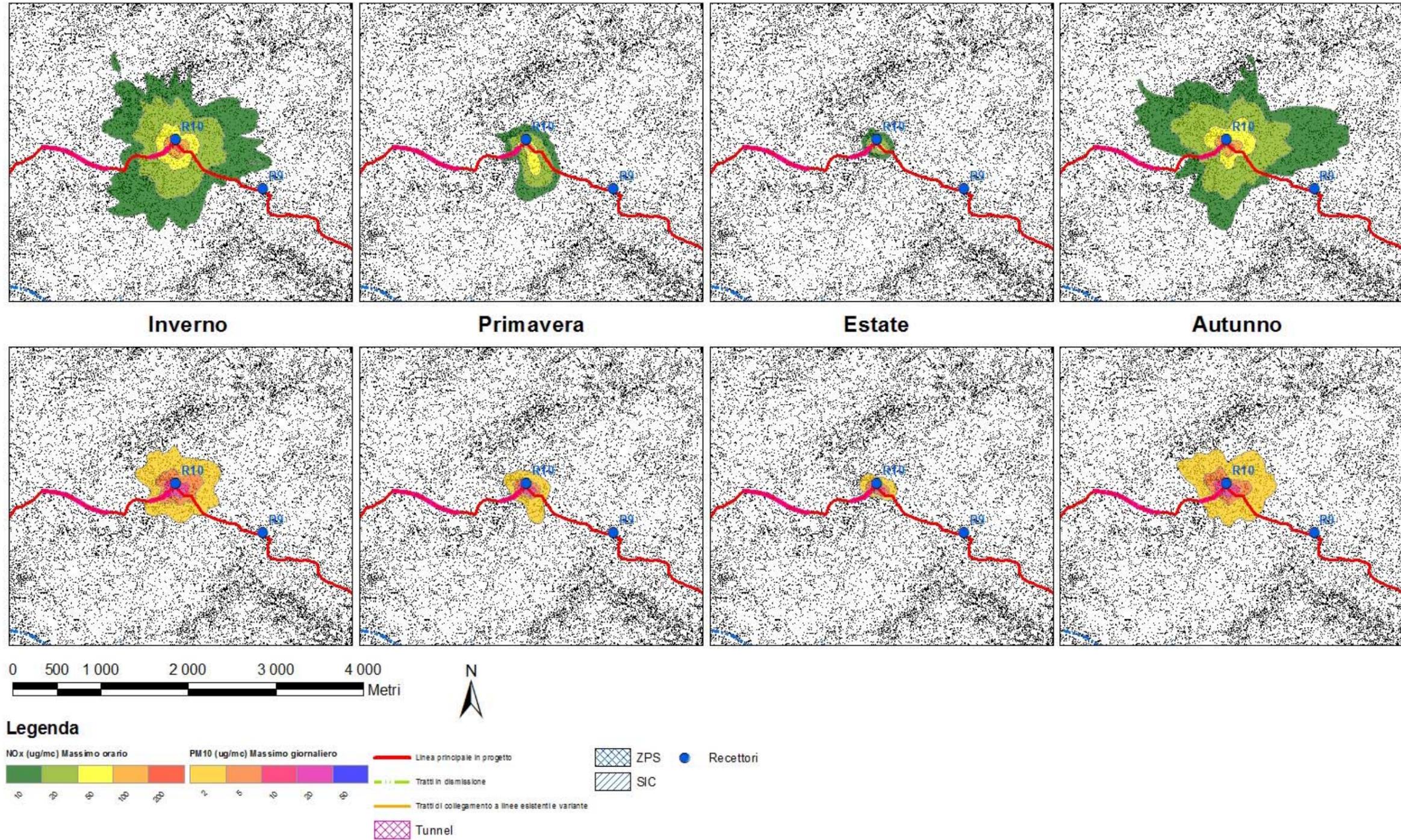


Figura A/10- Sito 10. Concentrazione delle ricadute al suolo di Ossidi di Azoto e polveri PM₁₀

CLIENTE: 	PROGETTISTA: 	COMMESSA 023089	UNITÀ 000
WBS CLIENTE NR / NR / 17144	LOCALITÀ: Regione Liguria PROGETTO: Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	SPC. BG-E-94701 Fg. 80 di 80 Rev. 0	