

**ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD AUTOSTRADALE
IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI TRA
LA PROG. KM 201+285 E LA PROG. KM 203+930
E RIFACIMENTO DEI SOVRAPPASSI AUTOSTRADALI
N°68 "RIVOLI - ZUANE" E N°69 "S.C. RIVOLI - CAPRINO"**

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
STUDI SPECIALISTICI**



**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.
BRENNERAUTOBAHN AG**



A.03

**STUDIO SUGLI EFFETTI IN
ATMOSFERA**

Data	Revisione	Il Progettista e Responsabile SIA	Il Professionista
05-2022	00		

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	SINTESI DEGLI INTERVENTI PREVISTI	3
1.3	APPROCCIO METODOLOGICO	4
2.	ANALISI TIPOLOGIA SORGENTI	5
2.1	SORGENTI DI EMISSIONE ANALIZZATI PER LA FASE DI CANTIERE	5
2.1.1	Tipologia sorgenti	5
2.1.2	Tempi ed attività considerate	5
2.1.3	Numero di passaggi previsti	7
2.2	SORGENTI DI EMISSIONE ANALIZZATI PER LA FASE DI ESERCIZIO	7
2.2.1	Tipologia sorgenti	7
2.2.2	Valori di traffico considerati	7
3.	QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI	10
3.1	STIMA EMISSIONI IN FASE DI CANTIERE	10
3.1.1	Risospensione delle polveri in fase di cantiere	10
3.1.2	Emissioni da combustione dei motori degli automezzi e dei mezzi d'opera in fase di cantiere ..	15
3.2	STIMA EMISSIONI IN FASE DI ESERCIZIO	18
3.2.1	Emissioni diffuse da traffico circolante in fase di esercizio	18
4.	RECETTORI POTENZIALI	24
5.	ANALISI DEGLI IMPATTI IN ATMOSFERA	27
5.1	DATI CLIMATICI CONSIDERATI	27
5.2	MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO	27
5.3	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE	29
5.4	LIMITI DI LEGGE	30
5.4.1	Limiti polveri sottili (PM ₁₀)	30
5.4.2	Limiti polveri fini (PM _{2.5})	30
5.4.3	Limiti ossidi di azoto (NO _x)	31
5.4.4	Limiti monossido di carbonio (CO)	31
5.4.5	Limiti benzene	32
5.5	FASE DI CANTIERE	33
5.5.1	Polveri sottili (PM ₁₀) in fase di cantiere	33
5.5.2	Polveri fini (PM _{2.5}) in fase di cantiere	37
5.5.3	Ossidi di azoto (NO ₂) in fase di cantiere	39
5.6	FASE DI ESERCIZIO	43
5.6.1	Polveri sottili (PM ₁₀) nei tre scenari (fase di esercizio)	43
5.6.2	Polveri fini (PM _{2.5}) nei tre scenari (fase di esercizio)	53
5.6.3	Ossidi di azoto (NO ₂ /NO _x) nei tre scenari (fase di esercizio)	58
5.6.4	Monossido di carbonio (CO) nei tre scenari (fase di esercizio)	68
5.6.5	Benzene (C ₆ H ₆) nei tre scenari (fase di esercizio)	73
6.	EFFETTI SULLA SALUTE PUBBLICA	78
6.1	RISCHI DA CONTAMINAZIONE DELL'ARIA	78
6.1.1	Rischi legati alle polveri sottili (PM ₁₀)	79
6.1.2	Rischi legati agli ossidi di azoto (NO _x)	80
6.2	CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBIENTE DAL PUNTO DI VISTA DELLA SALUTE UMANA	80

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

6.3	VALUTAZIONE IMPATTI SULLA SALUTE UMANA	85
6.3.1	Rischi da benzene.....	87
6.3.2	Rischi da polveri sottili.....	88
6.3.3	Rischi da ossidi di azoto.....	90
6.3.4	Sintesi dei rischi	91
7.	CONCLUSIONI	92

1. INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il presente Studio è stato redatto al fine di valutare la significatività degli impatti in atmosfera derivanti dall'attuazione del progetto per l'"**Allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra la progr. Km 201+285 e la progr. Km 203+930 e rifacimento dei sovrappassi autostradali n. 68 "Rivoli Zuane" e n. 69 "S.C. Rivoli Caprino"**", in corrispondenza della cosiddetta "salita di Affi", in provincia di Verona promosso da Autostrada del Brennero S.p.a..

1.2 SINTESI DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Il progetto di "**Allargamento della carreggiata Sud in corrispondenza della salita di Affi tra la progr. Km 201+285 e la progr. Km 203+930 e rifacimento dei sovrappassi autostradali n. 68 "Rivoli Zuane" e n. 69 "S.C. Rivoli Caprino"**", prevede la realizzazione di una nuova corsia dedicata ai veicoli lenti e le conseguenti opere per l'adeguamento dell'infrastruttura.

Gli INTERVENTI PRINCIPALI ricomprendono:

- allargamento della **carreggiata sud** tra la progr. km 201+285 e la progr. km 203+930, con realizzazione di muri di sostegno e controripa;
- allargamento del **ponte sul canale S.I.M.A.** (prog. km 202+021)
- allargamento del **viadotto Zuane** (prog. km 202+085)
- rifacimento del **sovrappasso n° 68** "Rivoli - Zuane" (prog. km 202+957)
- rifacimento del **sovrappasso n° 69** "S. C. Rivoli – Caprino" (alla progr. km 203+506)

Le nuove opere d'arte saranno realizzate con criteri idonei alle attuali esigenze di portata, di sicurezza e di resistenza sismica, adeguando nel contempo le sezioni trasversali agli attuali carichi di traffico e il livello di resistenza al degrado a quello tipico delle tecnologie attuali.

L'intervento di adeguamento geometrico della piattaforma autostradale prevede anche la realizzazione di ALTRI INTERVENTI:

- adeguamento del tratto iniziale della **strada di accesso al monumento napoleonico** (km 201+936);
- adeguamento di un tratto della **strada di accesso alla centrale del Consorzio di Bonifica Veronese** (km 202+085);
- realizzazione di una **nuova piazzola di emergenza** (km 203+000) per limitare i disagi e per migliorare le condizioni di sicurezza in situazioni di emergenza che costringono alla fermata dei veicoli;
- creazione di una **pista** destinata a via di fuga e accesso **di emergenza** (km 203+000);
- rimodellazione morfologica e sistemazione ambientale della **particella 1080** del Foglio 13 del comune di Rivoli Veronese, in **località Vanzelle**, situata nella parte finale dell'intervento di allargamento (dal km 203+900 al km 204+200);
- rimodellazione morfologica e sistemazione ambientale dello **svincolo autostradale di Affi** tra le rampe di accesso e uscita della carreggiata Nord (km 206+615).

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Il progetto prevede anche la realizzazione di alcuni INTERVENTI DI MITIGAZIONE a tutela dell'ambiente in cui si interviene:

- realizzazione di una **barriera antirumore** (da km 201+695 a 202+212) nel tratto più a Nord della zona oggetto di intervento;
- completo rifacimento del **sistema di raccolta delle acque meteoriche** di tutto il tratto in oggetto (da Km 201+285 a 203+930), con sedimentazione e disoleazione di quelle di prima pioggia.

1.3 APPROCCIO METODOLOGICO

Per poter stimare l'impatto potenzialmente prodotto dal progetto in atmosfera è stato necessario codificare ed analizzare la tipologia di sorgenti ed emissioni, in fase di cantiere ed esercizio, individuando i recettori potenziali presenti sul territorio su cui concentrare le valutazioni.

La fase successiva è stata quella di stimare gli impatti in atmosfera implementando un modello matematico in grado di simulare i fenomeni complessi di trasporto (orizzontale e verticale) e di diffusione in atmosfera degli inquinanti, tenendo conto delle assegnate condizioni meteorologiche.

Il risultato finale è stata la stima e la quantificazione delle concentrazioni al suolo di ognuno degli inquinanti considerati ed il suo confronto con i limiti indicati dalla normativa di settore.

Il calcolo e la quantificazione degli impatti sono stati sviluppati attraverso:

- la quantificazione del contributo dovuto alla **fase di cantiere** per la realizzazione delle opere in progetto;
- quantificazione del contributo durante la **fase di esercizio** delle opere in progetto, mettendo a confronto tre distinti scenari:
 - soluzione "**esistente**" (SDF) – descrive la situazione di traffico esistente, dove come anno di riferimento è stato considerato il 2018;
 - soluzione "**programmatica**" (SDP0) – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la configurazione stradale attuale (soluzione zero);
 - soluzione "**progettuale**" (SDP) – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la realizzazione degli interventi progettuali.

2. ANALISI TIPOLOGIA SORGENTI

2.1 SORGENTI DI EMISSIONE ANALIZZATI PER LA FASE DI CANTIERE

2.1.1 Tipologia sorgenti

I contributi in atmosfera, nella fase di cantiere per la realizzazione delle opere in progetto, sono quelli derivanti da:

- la risospensione del particolato proveniente dalle attività proprie di gestione del cantiere e dei movimenti terra ad esso collegato; tali sorgenti, per le caratteristiche che sono proprie di esse, sono di tipo areale e passivo;
- l'emissione di sostanze gassose provenienti dalla combustione dei motori degli automezzi e dei mezzi d'opera utilizzati per la movimentazione ed il carico/scarico dei rifiuti e delle materie prime; tali sorgenti, per le caratteristiche che sono loro proprie, sono di tipo areale e passivo.

2.1.2 Tempi ed attività considerate

Per la realizzazione dei lavori in progetto si prevede un totale di circa **500 giorni**. Indicativamente le varie attività, che possono anche sovrapporsi tra loro, avranno le seguenti durate:

- Allestimento cantiere, recinzioni e bonifica bellica, circa 140 gg
- Allargamento carreggiata sud, circa 440 gg
- Rimodellazione ambientale in località Vanzelle (mappale 1080), circa 425 gg
- Rimodellazione ambientale svincolo di Affi, circa 405 gg
- Attività complementari, circa 390 gg
- Demolizione e ricostruzione del sovrappasso n° 69, circa 295 gg
- Demolizione e ricostruzione del sovrappasso n° 68, circa 365 gg
- Allargamento ponte sul canale SIMA, circa 175 gg
- Allargamento ponte Zuane, circa 215 gg

Per l'esecuzione dei lavori previsti dal progetto, saranno approntate diverse aree di lavoro, che si possono distinguere in:

- AREE LOGISTICHE fisse o temporanee (basi logistiche)
- AREE OPERATIVE corrispondenti ai lavori da eseguire.

In Tabella 2-i sono riportati i mezzi utilizzati per le diverse lavorazioni nelle aree operative, che saranno i medesimi circolanti nelle aree logistiche.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

CANTIERE	LAVORAZIONI	MEZZI													
		Escavatore cingolato con pinze idrauliche	Escavatore	Grader	Autocarro	Trivella perforatrice	Autobetoniera	Autogrù	Compressore	Perforatore per pareti chiodate	Finitrice	Pala gommata	Rullo compattatore	Battipali	Elevatore telescopico
AO1	- Muri di sostegno gettati in opera; muri di controripa con sostegno degli scavi tramite pareti chiodate; sistema di raccolta delle acque di piattaforma e vasche di sedimentazione/disoleazione delle stesse. - Realizzazione di barriera antirumore dalla sezione 28 alla 68 circa. - Allargamento dello scatolare al km 201+935 con muri e soletta di calcestruzzo gettato in opera, riprofilatura e asfaltatura della strada di accesso.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AO2	- Allargamento del viadotto Zuane con travi di acciaio e soletta in calcestruzzo; allargamento pile e spalle con realizzazione di pali di fondazione di grosso diametro con utilizzo di fanghi bentonitici. - Allargamento ponte S.I.M.A. sul canale Biffis con travi di calcestruzzo precompresso, allargamento delle spalle fondate su micropali. - Realizzazione di berlinese tirantata per allargamento della strada di accesso alla centrale di pompaggio del Consorzio di Bonifica e pavimentazione della stessa con asfalto.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
AO3	- Realizzazione della pista di accesso di emergenza al km 203+000		X	X	X					X	X	X	X	X	X
AO4	Demolizione e ricostruzione del sovrappasso n. 68 con impalcato a lastra ortotropa e spalle fondate su pali di grosso diametro con utilizzo di fanghi bentonitici.	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
AO5	Demolizione e ricostruzione del sovrappasso n. 69 con impalcato costituito da travi di acciaio e soletta in calcestruzzo gettato in opera; per le spalle è prevista la realizzazione di pali di grosso diametro con utilizzo di fanghi bentonitici.	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
AO6	Modellazione della particella 1080 in località Vanzelle con le terre in esubero dagli scavi e sistemazione ambientale.		X		X				X			X	X		
AO7	Modellazione dello svincolo di Affi con le terre in esubero dagli scavi e piantumazioni.		X		X							X	X		

Tabella 2-i: Schema riepilogativo dei mezzi di cantiere utilizzati nelle diverse aree

2.1.3 Numero di passaggi previsti

In base alle stime effettuate nel QUADRO DEGLI IMPATTI dello SIA, sulla base del cronoprogramma e dei volumi di materiale interessati, per la fase di cantiere sono stati considerati **30 viaggi/giorno** per tutta la durata dei lavori. Tale dato è estremamente cautelativo, in quanto corrisponde al picco durante la fase di scavo nei primi mesi di cantiere.

Mediamente sono previsti circa 13 viaggi al giorno.

2.2 SORGENTI DI EMISSIONE ANALIZZATI PER LA FASE DI ESERCIZIO

2.2.1 Tipologia sorgenti

I contributi in atmosfera, per la fase di messa a regime delle opere in progetto, sono quelli derivanti da:

- l'emissione di sostanze gassose e particolate provenienti dalla combustione dei motori delle automobili circolanti sull'arteria stradale in esame; tale sorgente, per le caratteristiche che le sono proprie, è di tipo diffuso, areale e "passivo", sia per quanto riguarda la quantificazione dello stato attuale, sia per gli scenari post operam.

2.2.2 Valori di traffico considerati

La società Autostrada del Brennero ha fornito i valori dei flussi di traffico orari, relativi alla tratta autostradale oggetto di studio, con le corrispondenti percentuali di traffico pesante e le velocità, sia per lo stato attuale sia per la previsione di traffico futura al 2038.

Per la valutazione degli impatti sono stati considerati due scenari, in linea con quanto calcolato nello Studio del Traffico:

- soluzione "programmatica" (SDP0) – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la configurazione stradale attuale (soluzione zero);
- soluzione "progettuale" (SDP) – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la realizzazione degli interventi di allargamento previsti in progetto.

Per il progetto specifico è stata effettuata un'ulteriore analisi, al fine di distribuire in maniera razionale il traffico all'interno della carreggiata. Il numero dei mezzi leggeri e pesanti in transito è stato suddiviso sulle diverse corsie di marcia.

Inoltre, la scomposizione relativa al traffico totale è diversificata per il periodo diurno e per quello notturno, in considerazione delle differenti condizioni di traffico che tipicamente vi si riscontrano.

Nella distribuzione del traffico per corsia si è anche tenuto in considerazione che in carreggiata sud i mezzi percorrono una salita e quindi, soprattutto i mezzi pesanti, sono rallentati; mentre in carreggiata nord i mezzi percorrono una discesa.

In Tabella 2-ii si riportano il traffico medio orario totale, suddiviso per corsie e per periodo di riferimento diurno e notturno per la soluzione "esistente" (SDF) al 2018, la soluzione "programmatica" (SDP0) al 2038 senza intervento e la soluzione "progettuale" (SDP) al 2038 con intervento.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

DATI DI TRAFFICO SOLUZIONE ESISTENTE (SDF)								
	Carreggiata Sud				Carreggiata Nord			
	Media oraria giorno		Media oraria notte		Media oraria giorno		Media oraria notte	
	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso
Num. Veicoli leggeri	189	841	13	129	189	834	15	150
Velocità leggeri (km/h)	100	120	100	120	110	130	110	130
Num. Veicoli pesanti	372	-	117	-	367	-	135	-
Velocità pesanti (km/h)	65	-	65	-	80	-	80	-

Tabella 2-ii: Valori di traffico considerati per la soluzione "esistente" (SDF)

Per la soluzione "esistente" (SDF) si è ipotizzato che il passaggio dei mezzi pesanti avvenga solamente sulla corsia di marcia.

DATI DI TRAFFICO SOLUZIONE PROGRAMMATICA (SDP0)								
	Carreggiata Sud				Carreggiata Nord			
	Media oraria giorno		Media oraria notte		Media oraria giorno		Media oraria notte	
	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso
Num. Veicoli leggeri	236	1030	16	159	254	1018	25	180
Velocità leggeri (km/h)	100	120	100	120	110	130	110	130
Num. Veicoli pesanti	451	-	142	-	425	-	156	-
Velocità pesanti (km/h)	65	-	65	-	80	-	80	-

Tabella 2-iii: Valori di traffico considerati per la soluzione "programmatica" (SDP0)

Per la soluzione "programmatica" (SDP0) si è ipotizzato che il passaggio dei mezzi pesanti avvenga solamente sulla corsia di marcia.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

DATI DI TRAFFICO SOLUZIONE PROGETTUALE (SDP)										
	Carreggiata Sud						Carreggiata Nord			
	Media oraria giorno			Media oraria notte			Media oraria giorno		Media oraria notte	
	Corsia marcia lenta	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia lenta	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso	Corsia marcia	Corsia sorpasso
Num. Veicoli leggeri	5	316	945	4	44	127	254	1018	25	180
Velocità leggeri (km/h)	70	100	120	70	100	120	110	130	110	130
Num. Veicoli pesanti	338	113	-	107	35	-	425	-	156	-
Velocità pesanti (km/h)	65	80	-	65	80	-	80	-	80	-

Tabella 2-iv: Valori di traffico considerati per la soluzione "progettuale" (SDP)

Per la soluzione "progettuale" (SDP) si è ipotizzato che il passaggio dei mezzi pesanti avvenga principalmente sulla corsia di marcia lenta e che il passaggio dei mezzi pesanti non avvenga sulla corsia di sorpasso.

3. QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI

3.1 STIMA EMISSIONI IN FASE DI CANTIERE

Per ogni tipologia di sorgente, in fase di cantiere e di esercizio, sono stati individuati i fattori emissivi proposti dalla letteratura di settore più adatti al caso in esame.

3.1.1 Risospensione delle polveri in fase di cantiere

L'US-EPA (ovvero l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense) ha proposto nella pubblicazione "AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors" nella sezione "2.A.5.b Construction and demolition", una formula sperimentale per il calcolo del fattore emissivo di PM₁₀ e PM_{2.5} in atmosfera per il settore delle costruzioni:

$$EM_{PM_{10}} = EF_{PM_{10}} \cdot A_{affected} \cdot d \cdot (1 - CE) \cdot \left(\frac{24}{PE}\right) \cdot \left(\frac{s}{9\%}\right)$$

PM ₁₀ emission factor	Affected area	Construc- tion duration	1 - control efficiency	Correction for soil moisture	Correction for silt content
--	------------------	-------------------------------	---------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

Dove:

- $EM_{PM_{10}}$ = emissione PM10 [kg]
- $EF_{PM_{10}}$ = fattore di emissione di PM10 [kg/(m²*anno)]
- $A_{affected}$ = area in cui avvengono i lavori [m²]
- d = durata delle lavorazioni [anni]
- CE = efficienza delle misure di contenimento [-]
- PE = indice di evapotraspirazione di Thornthwaite [-]
- s = percentuale di limo nel suolo [%]

Si rimanda ai paragrafi successivi per descrizione e individuazione di ognuno di questi valori.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

3.1.1.1 Fattore di emissione standard ($EF_{PM_{10}}$)

Come spesso succede nel caso di emissioni di polveri di origine meccanica, nel PM_{10} si ha un contenuto relativamente basso di $PM_{2.5}$. Secondo MRI (2006), la frazione totale di $PM_{2.5}$ nel PM_{10} delle emissioni diffuse varia tra 5 e 15%, mentre Muleski et al. (2205) hanno misurato 1-10% (mediamente 3%) per un certo numero di sorgenti specifiche. Complessivamente, nelle operazioni di costruzione, viene raccomandato di assumere un contenuto di $PM_{2.5}$ pari al 10% del PM_{10} .

In Tabella 3-i si riportano i fattori di emissione del particolato da considerare nei cantieri stradali.

Table 3.4 Tier 1 emission factors for uncontrolled fugitive emissions for source category 2.A.5.b Construction and demolition – Road construction

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.A.5.b	Construction and demolition – Road construction			
Fuel	NA				
Not applicable	NOx, CO, SOx, NH ₃ , NMVOC, BC, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, HCH, PCBs, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, HCB				
Not estimated	NA				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
TSP	7.7	kg/[m ² . year]	0.8	20	WRAP 2006, MRI 2006
PM ₁₀	2.3	kg/[m ² . year]	0.2	7	WRAP 2006, MRI 2006
PM _{2.5}	0.23	kg/[m ² . year]	0.02	0.7	WRAP 2006, MRI 2006

Tabella 3-i: fattori di emissione del particolato da considerare nei cantieri stradali (US-EPA)

3.1.1.2 Area di lavoro ($A_{affected}$)

In generale, le emissioni relative ai lavori stradali sono principalmente determinate dai movimenti terra che avvengono all'interno del cantiere.

Nel caso in esame le aree interessate dai lavori considerate ai fini del calcolo delle emissioni, sono state genericamente quantificate pari a poco meno di 40.000 m², considerando una larghezza media dell'area operativa di cantiere pari a circa 15 m su tutta la lunghezza del cantiere pari a circa 2.650 m.

3.1.1.3 Durata delle lavorazioni (d)

Questo parametro include, cautelativamente, tutte le possibili operazioni per realizzare l'opera in progetto che, nel caso specifico, avranno una durata totale prevista di circa 500 giorni.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

3.1.1.4 Efficienza delle misure di contenimento considerate (CE)

La bagnatura delle superfici non pavimentate è una semplice ed efficace misura di controllo delle emissioni largamente usata in tutta Europa, specialmente nei periodi più secchi.

Assumendo di effettuare la bagnatura regolarmente durante i periodi secchi, si ottiene una riduzione delle emissioni pari al 50% (WRAP, 2006).

In Tabella 3-ii si riportano i valori di efficienza per le varie tipologie di lavori, che possono essere utilizzati in Europa in mancanza di informazioni più specifiche.

Type of construction	Fractional overall control efficiency (-)
Construction of houses (detached single family, detached two family and single family terraced)	0
Construction of apartments (all types)	0
Non-residential construction (all construction except residential construction and road construction)	0.5
Road construction	0.5

Tabella 3-ii: valori di efficienza della bagnatura per le varie tipologie di lavori

3.1.1.5 Indice di evapotraspirazione di Thornthwaite (PE)

Uno dei parametri più importanti per valutare la tendenza di sollevamento delle polveri è il contenuto di umidità nel suolo. Come indicatore si usa l'indice di evapotraspirazione di Thornthwaite (PE).

In Tabella 3-iii si riportano i valori da considerare per tale parametro.

Climate	PE Index
Wet	More than 128
Humid	64 - 127
Sub-humid	32 - 63
Semi-arid	16 - 31
Arid	Less than 16

Tabella 3-iii: valori da considerare per l'indice di evapotraspirazione di Thornthwaite (PE)

Nel caso specifico è stato assunto un valore d'indice di evapotraspirazione pari a 60.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

3.1.1.6 *Contenuto di limo nel suolo (s)*

Il limo è quella parte di suolo con un diametro delle particelle compreso tra 0,002 e 0,075 mm (o 0,063 mm secondo la definizione ISO).

Si tratta della componente del suolo più soggetta al sollevamento e quindi la stima delle emissioni delle lavorazioni deve essere corretta sulla base del contenuto medio di limo del suolo superficiale nell'area interessata dai lavori.

In Tabella 3-iv si riportano le percentuali di limo presente nelle diverse tipologie di terreno (EAP, 1999).

Soil type	Silt content (%)
Silt loam	52
Sandy loam	33
Sand	12
Loamy sand	12
Clay	29
Clay loam	29
Loam	40

Tabella 3-iv: percentuali di limo presente nelle diverse tipologie di terreno (EAP, 1999)

Nel caso specifico siamo in presenza di un terreno ghiaioso-sabbioso per cui si è assunta una percentuale di limo pari al 12%.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

3.1.1.7 Stima emissioni di polveri in fase di cantiere

In base ai valori definiti nei paragrafi precedenti, applicando la formula sperimentale per il calcolo del fattore emissivo di PM₁₀ e PM_{2.5} in atmosfera per il settore delle costruzioni (esplicitata all'inizio del paragr.3.1.1):

$$EM_{PM_{10}} = EF_{PM_{10}} \cdot A_{affected} \cdot d \cdot (1 - CE) \cdot \left(\frac{24}{PE}\right) \cdot \left(\frac{s}{9\%}\right)$$

si riportano in Tabella 3-v le emissioni di particolato previste nel cantiere in esame, considerando un contenuto di PM_{2.5} pari al 10% del PM₁₀.

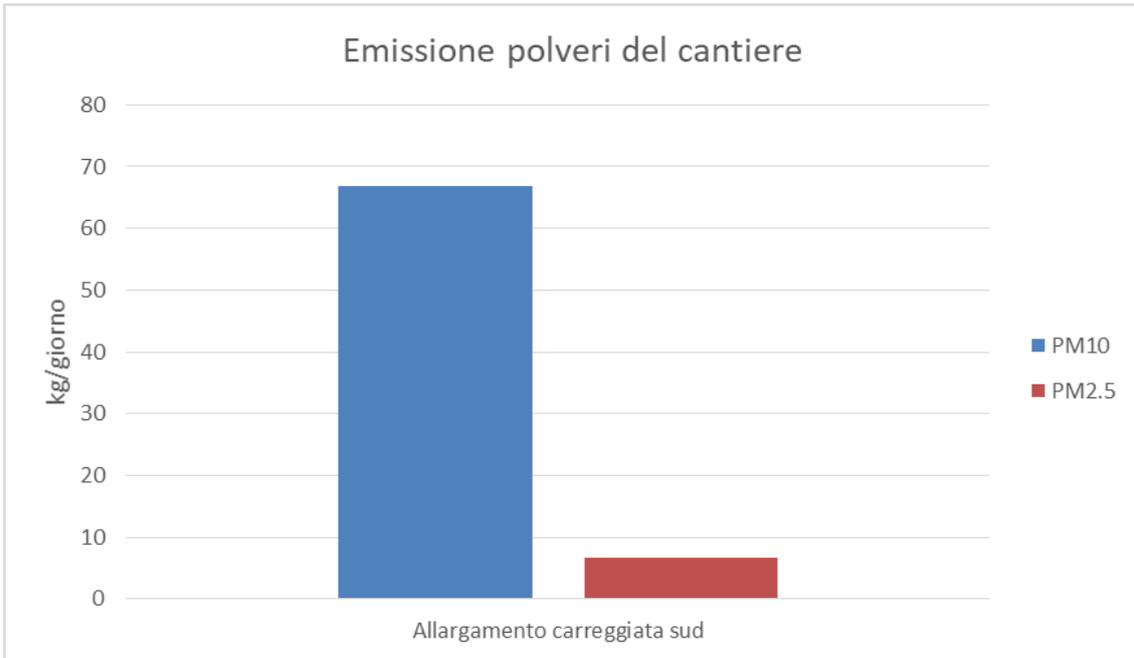


Tabella 3-v: Emissione complessiva polveri per la fase di cantiere

3.1.2 Emissioni da combustione dei motori degli automezzi e dei mezzi d'opera in fase di cantiere

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto (NO_2 e NO_x), la valutazione delle emissioni generate dai motori degli automezzi è stata condotta mediante l'applicazione della metodologia adottata nelle principali fonti bibliografiche di riferimento nazionali ed internazionali (U.S. EPA, EMEP CORINAIR 2009; ANPA 2000). Tale metodologia è basata sul prodotto di un'emissione specifica (fattore d'emissione) per un opportuno indicatore di quantificazione dell'attività inquinante.

3.1.2.1 Fattori emissivi ($EF_{\text{NO}_2/\text{NO}_x}$)

AUTOCARRI DI TRASPORTO INERTI

Per quanto riguarda gli **autocarri di trasporto inerti**, si è sovrapposto al traffico indotto il parco veicolare nella Provincia di Verona fornito dall'ACI, aggiornato al 2020 (Tabella 3-vi). La **metodologia Corinair** consente, in funzione della **velocità** del veicolo, di calcolare uno specifico fattore di emissione chilometrico al variare degli **standard Euro** e del **carburante utilizzato**.



Tabella 3-vi: Parco autocarri circolante in Provincia di Verona, aggiornato al 2020. Fonte ACI

Nel nostro caso, per il calcolo del fattore emissivo è stata utilizzata la formulazione fornita dalla banca dati dell'Artemis Project "heavy duty vehicle and bus emission factors". In questi studi è associato il fattore emissivo alla **velocità** dell'automezzo, alla **pendenza** della strada e al **carico** che viene trasportato. Lo studio ha previsto l'osservazione e la misura di una serie di dati sperimentali, dalle quali è stata ricavata una legge di interpolazione con un R^2 mai inferiore a 0,98. Pertanto, l'utilizzo di tali dati è da considerarsi assolutamente rappresentativo della realtà.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

MEZZI OPERATIVI DA CANTIERE

Per quel che riguarda i **mezzi operativi da cantiere** è stata utilizzata la classificazione dell'ANPA, che associa il fattore emissivo di ogni singolo mezzo non alla distanza percorsa ma alla potenza del motore diesel installato.

Nella Tabella 3-vii vengono mostrate le emissioni orarie di una macchina operatrice che rispetta gli standard Stage IIIB.

Ovviamente maggiore è la potenza del motore installato, maggiore (cresce con una funzione lineare) risulta essere l'emissione generata.

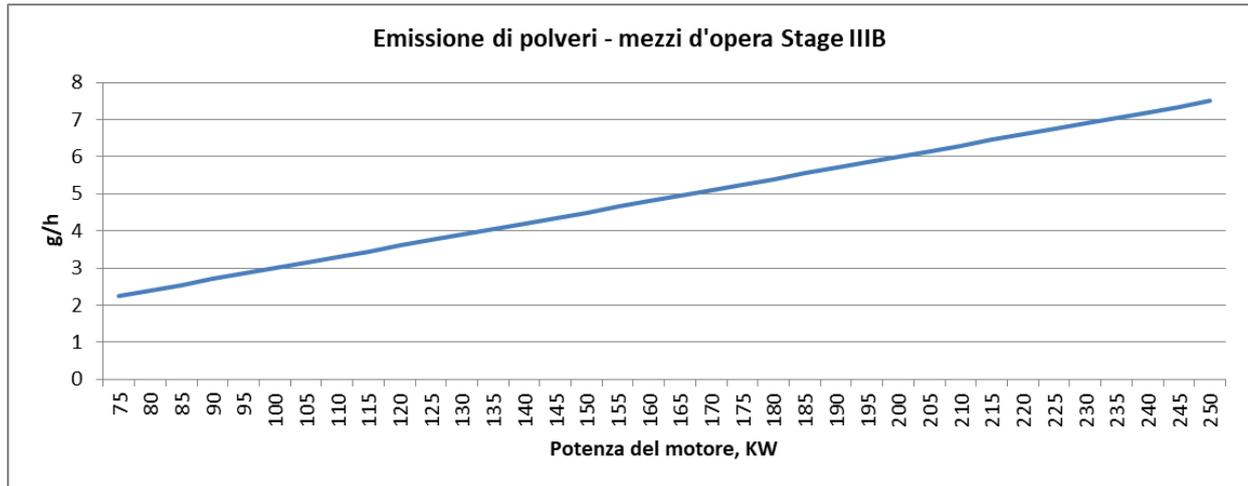


Tabella 3-vii: Fattore emissivo orario di polveri, per i mezzi d'opera Stage IIIB; al variare della potenza netta del motore installato (stima EMEP-Corinair)

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

3.1.2.2 Stima emissioni composti azotati in fase di cantiere

Per valutare le emissioni degli autocarri sono stati considerati i seguenti aspetti:

- i fattori emissivi propri degli automezzi;
- il picco cautelativo di 30 viaggi/giorno (vedasi paragr. 2.1.3) per movimentazione terreno scavato;
- una velocità di percorrenza degli automezzi, in via cautelativa, pari a 6 km/h (considerando che più è lento un mezzo, più emissioni produce);
- la distanza percorsa all'interno dell'area operativa di cantiere, pari a circa 1.000 metri (distanza media tra accessi).

Per quanto riguarda invece i mezzi d'opera, sono stati considerati i mezzi di cantiere maggiormente utilizzati nelle varie lavorazioni tra quelli riportati al paragr. 2.1.2, in particolare:

MEZZO DI CANTIERE	NUM. MEZZI	POTENZA [KW]	ORE LAVORATIVE AL GIORNO
Escavatore cingolato con pinze idrauliche	2	140	8
Escavatore	2	140	8
Grader	1	140	8
Trivella perforatrice	2	320	4
Autobetoniera	1	85	8
Autogru	1	270	4
Finitrice	1	36	8
Pala gommata	2	200	8
Rullo compattatore	2	100	8

In Tabella 3-viii si riportano le emissioni di ossidi di azoto da autocarri e mezzi d'opera relativi alla fase di cantiere.

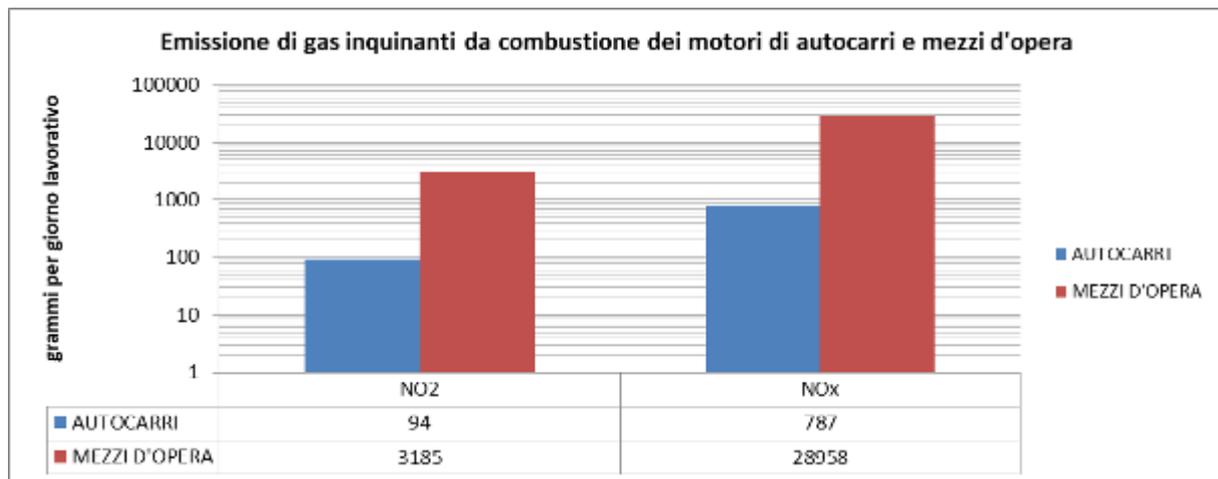


Tabella 3-viii: Emissione di NO₂ e NO_x da autocarri e mezzi d'opera (stima EMEP-Corinair)

3.2 STIMA EMISSIONI IN FASE DI ESERCIZIO

3.2.1 Emissioni diffuse da traffico circolante in fase di esercizio

3.2.1.1 Fattori emissivi

Il processo di combustione nei motori degli autoveicoli produce delle emissioni sia in termini gassosi (NO₂, NO_x, CO, benzene) sia in termini di particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}).

I fattori di emissione sono stati calcolati, per questo studio, con il modello COPERT 5.2, che utilizza gli standard europei.

Copert 5.2 è un software sviluppato come strumento europeo per il calcolo delle emissioni appositamente per il settore del trasporto su strada. Le emissioni calcolate includono diversi tipi di contaminanti tra cui CO, NO₂, NO_x, VOC, PM, ma anche NH₃, SO₂, etc...

Copert 5.2 è in grado di valutare le emissioni di diversi tipi di veicoli, che utilizzano diverse tecnologie, tenendo conto del carburante utilizzato e della classificazione Europea. Il software offre tre metodologie differenti per la stima delle emissioni da trasporto su strada:

- **Tier 1:** l'approccio utilizza il combustibile come indicatore di attività, in combinazione con i fattori di emissione medi specifici per ciascun combustibile, secondo la seguente espressione:

$$E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right)$$

In cui E_i è l'emissione di inquinante [g], FC_{j,m} rappresenta il consumo di carburante della categoria di veicolo j che utilizza il combustibile m [kg], EF_{i,j,m} rappresenta il fattore di emissione specifico per combustibile del contaminante i per il veicolo di categoria j e combustibile m. I valori di FC_{j,m} e EF_{i,j,m} sono valori generali e nel caso di FC sono sito specifici (variabili da nazione a nazione europea).

- **Tier 2:** questo approccio considera il combustibile utilizzato dalle differenti categorie di veicoli e le loro emissioni standard, tenendo conto delle differenti tecnologie utilizzate secondo gli standard europei (Euro 1, Euro 2, etc.)

Vehicle category (j)	Type	Legislation/technology (k)
Passenger cars	Petrol Mini	Euro 4, Euro 5, Euro 6
	Petrol Small, Medium, Large-SUV-Executive	PRE ECE, ECE 15/00-01, ECE 15/02, ECE 15/03, ECE 15/04, Improved Conventional, Open-Loop, Euro 1 - Euro 6 2020+
	Diesel Mini	Euro 4, Euro 5, Euro 6 2020+
	Diesel Small, Medium, Large-SUV-Executive	Conventional, Euro 1 - Euro 6 2020+
	LPG Mini	Euro 4, Euro 5, Euro 6
	LPG Small, Medium, Large-SUV-Executive	Conventional, Euro 1 - Euro 6
	2-stroke	Conventional
	Petrol Hybrids	Euro 4, Euro 5, Euro 6 2020+
	CNG	Euro 4, Euro 5, Euro 6
Light commercial vehicles	Petrol	Conventional, Euro 1 - Euro 6 2021+
	Diesel	Conventional, Euro 1 - Euro 6 2021+
Heavy-duty vehicles	Petrol and Diesel	Conventional, Euro I - Euro VI
Buses	Urban CNG buses	Euro I, Euro II, Euro III, EEV
	Urban buses, Coaches	Conventional, Euro I - Euro VI
	Urban biodiesel buses	Conventional, Euro I - Euro VI
Mopeds	2-stroke < 50 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke < 50 cm ³	
Motorcycles	2-stroke > 50 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke 50-250 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke 250-750 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
	4-stroke > 750 cm ³	Conventional, Euro 1 - Euro 5
Mini-cars	Diesel	Conventional, Euro 1 - Euro 5
ATVs	Petrol	Conventional, Euro 1 - Euro 5

Tabella 3-ix: Tipologie di veicoli implementati in Copert 5.2

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

In questo approccio occorre fornire al software anche il numero e tipologia di veicoli e il chilometraggio annuale per tecnologia. I fattori di emissione e il consumo di carburante in questo caso tengono conto della tecnologia utilizzata (standard Euro 1, Euro 2, etc...).

- **Tier 3:** in questo approccio le emissioni calcolate tengono conto anche della temperatura del motore e delle emissioni transienti durante le varie operazioni del motore. Infatti le emissioni dipendono fortemente dalle condizioni di utilizzo del motore. Differenti condizioni di guida (urbano, rurale e autostrada) determinano differenti condizioni sul motore e quindi diverse emissioni. Incidono inoltre le condizioni climatiche, la distanza media del viaggio, la velocità media, la pendenza della strada e la percentuale di carico (nel caso di mezzi pesanti).

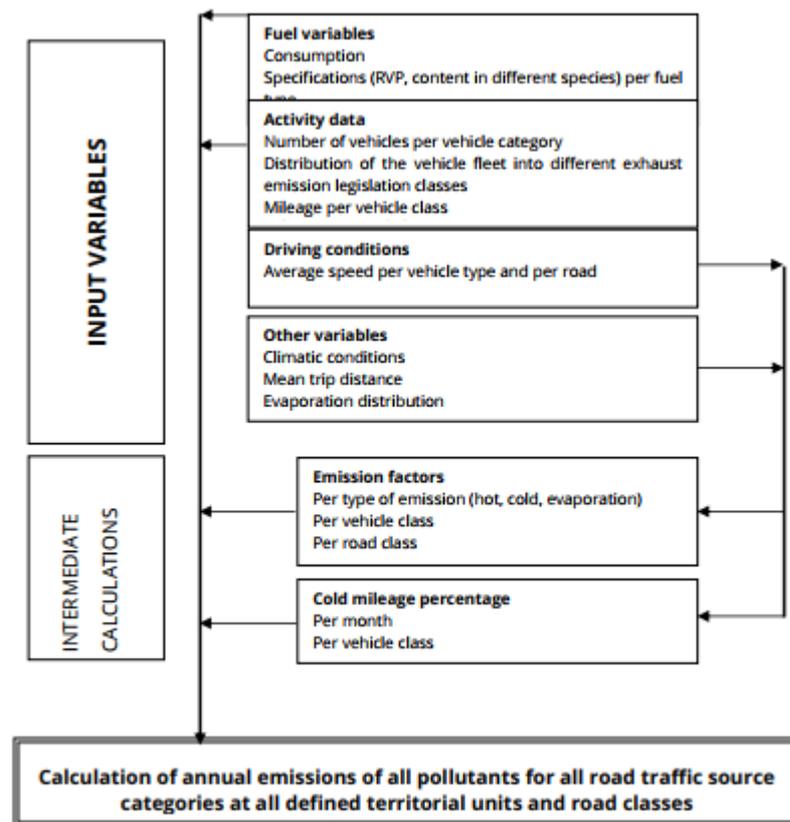


Tabella 3-x: Variabili in ingresso per l'approccio Tier 3 in Copert 5.2

Per questo studio, per valutare i fattori di emissione dei mezzi di trasporto allo stato attuale è stato utilizzato l'approccio **Tier3**, mentre per la **tipologia di mezzi** si sono utilizzati i dati del parco veicolare nella Provincia di Verona fornito dall'ACI, aggiornati al 2020 (Tabella 3-vii e Tabella 3-viii).

Per quanto riguarda le simulazioni con la **previsione di traffico futura al 2038**, per la tipologia di mezzi, tenendo conto dell'evoluzione delle tecnologie a disposizione e delle politiche ambientali sempre più mirate alla riduzione delle emissioni globali, **si è considerato che tutti i mezzi circolanti fossero almeno Euro 6.**

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

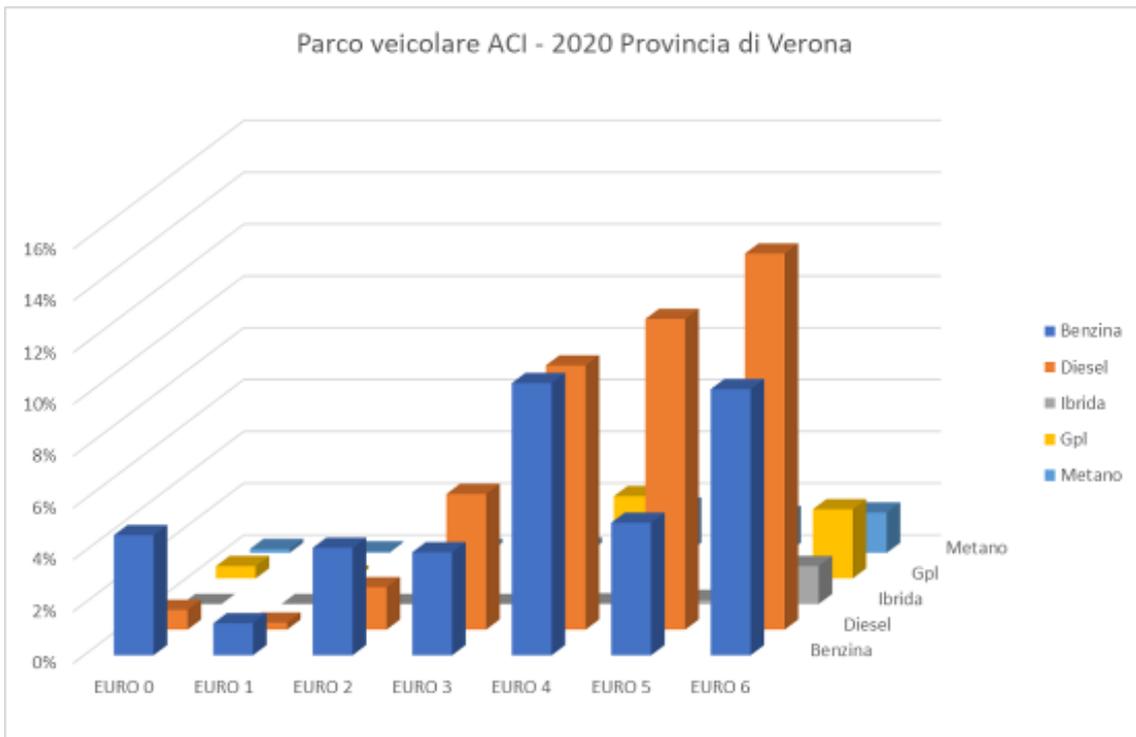


Tabella 3-xi: Parco macchine circolante in Provincia di Verona (automobili), aggiornato al 2020. Fonte ACI



Tabella 3-xii: Parco autocarri circolante in Provincia di Verona, aggiornato al 2020. Fonte ACI

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

In Tabella 3-xiii e Tabella 3-xiv è rappresentato graficamente il fattore emissivo di ossidi di azoto totali, per quanto riguarda un autoveicolo.

Le cose principali che si notano:

- il fattore emissivo, al migliorare degli standard Euro, ha la tendenza a calare (in maniera netta per le auto alimentate a benzina, meno per quelle alimentate a diesel);
- il fattore emissivo, all'aumentare della velocità, tende a diminuire fino ad una velocità "critica" e poi tende a risalire.

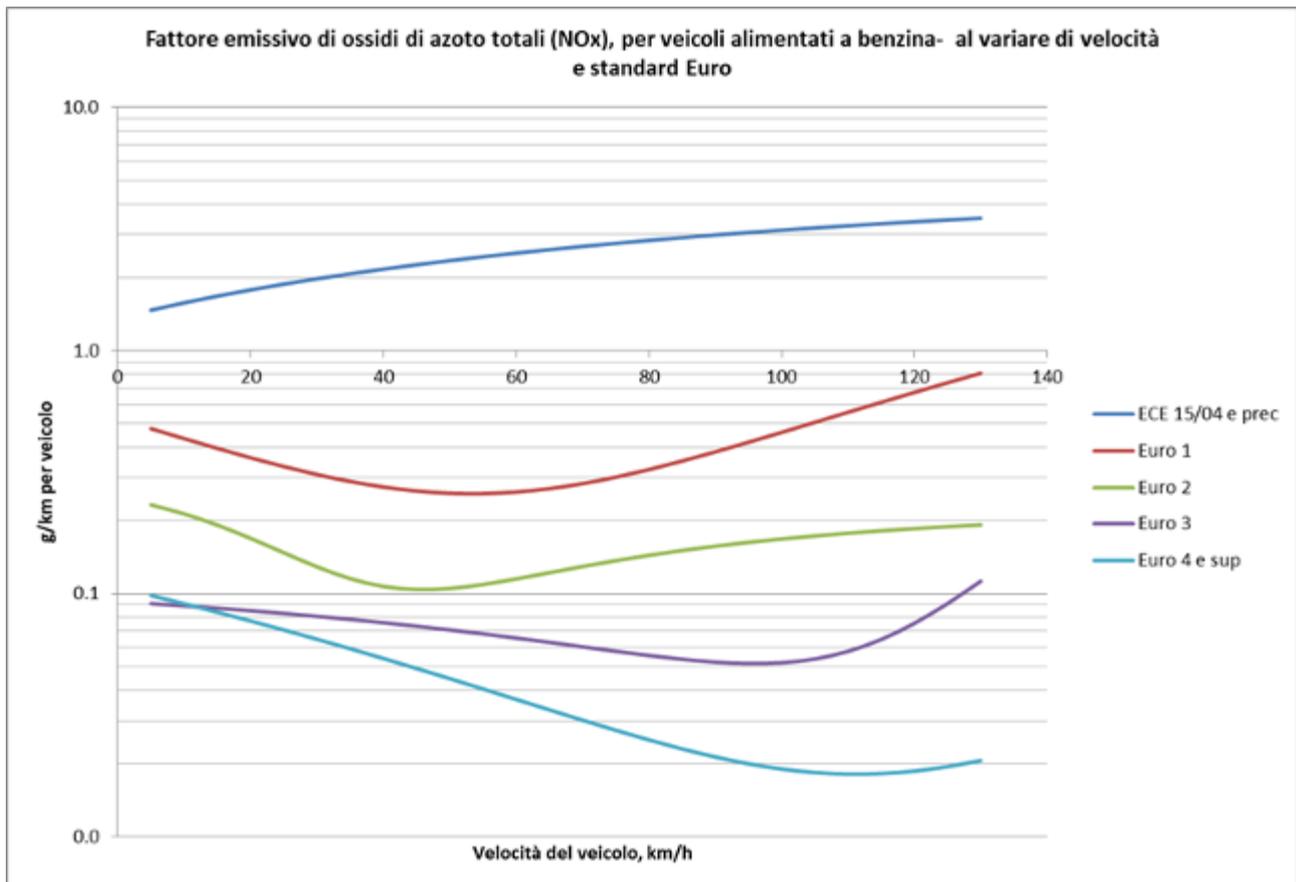


Tabella 3-xiii: Fattore di emissione per ossidi di azoto totali, al variare degli standard Euro e della velocità di marcia.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

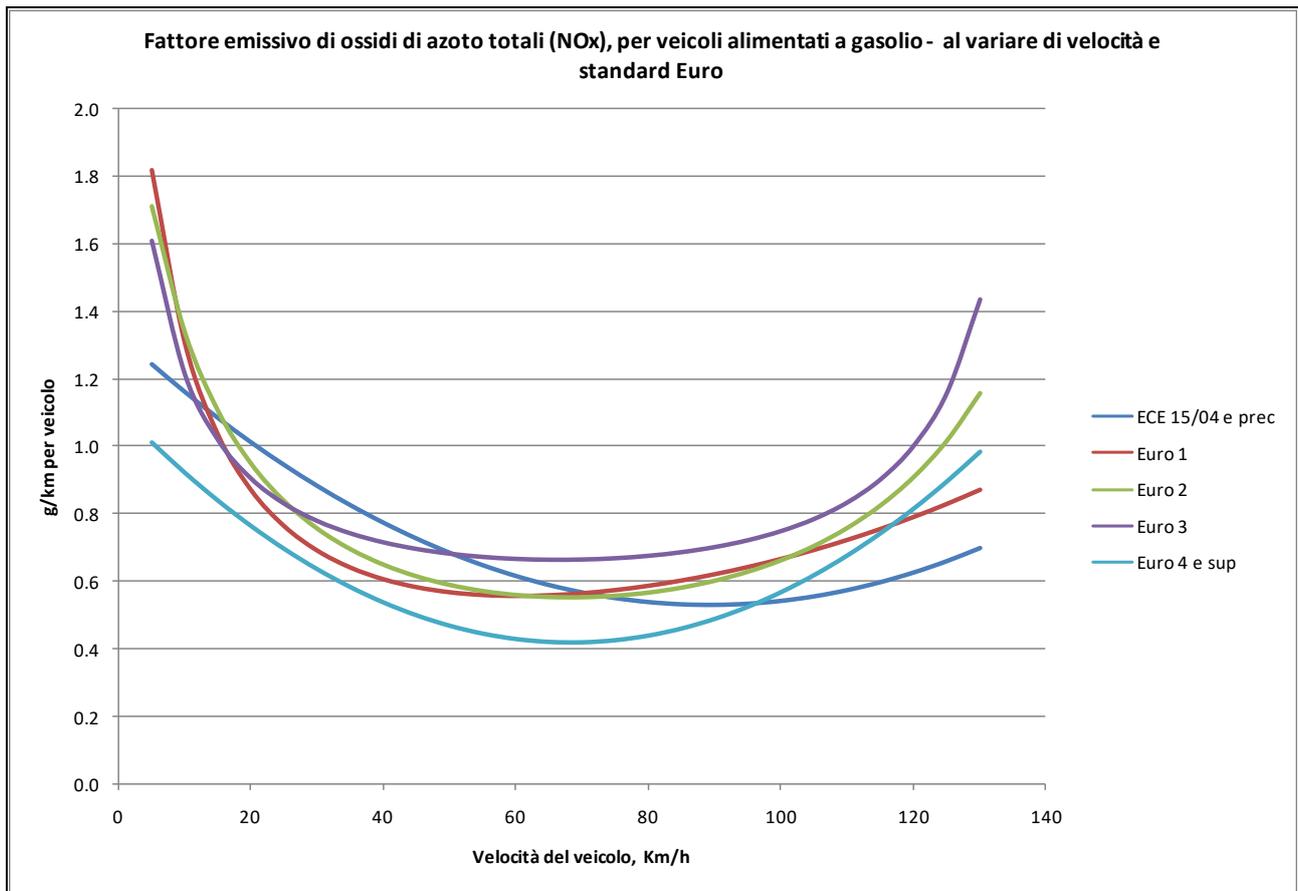


Tabella 3-xiv: Fattore di emissione per ossidi di azoto totali, al variare degli standard Euro e della velocità di marcia.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

3.2.1.2 Stima delle emissioni complessive da traffico circolante

In base alla tipologia delle sorgenti e ai valori di traffico riportati nel paragr. 2.2 ed ai fattori emissivi rilevati al paragr. 3.2.1.1, sono state stimate le emissioni complessive da traffico circolante relativamente a questo tratto di A22.

In accordo con la letteratura presente sull'argomento, si è considerata la rete stradale come una sorgente emissiva areale/volumetrica, in cui l'emissione totale è pari al fattore emissivo per il numero di veicoli circolanti e per la lunghezza del tratto stradale considerato.

In Tabella 3-xv è rappresentato graficamente l'emissione complessiva di inquinanti in atmosfera da traffico circolante nell'ora di punta.

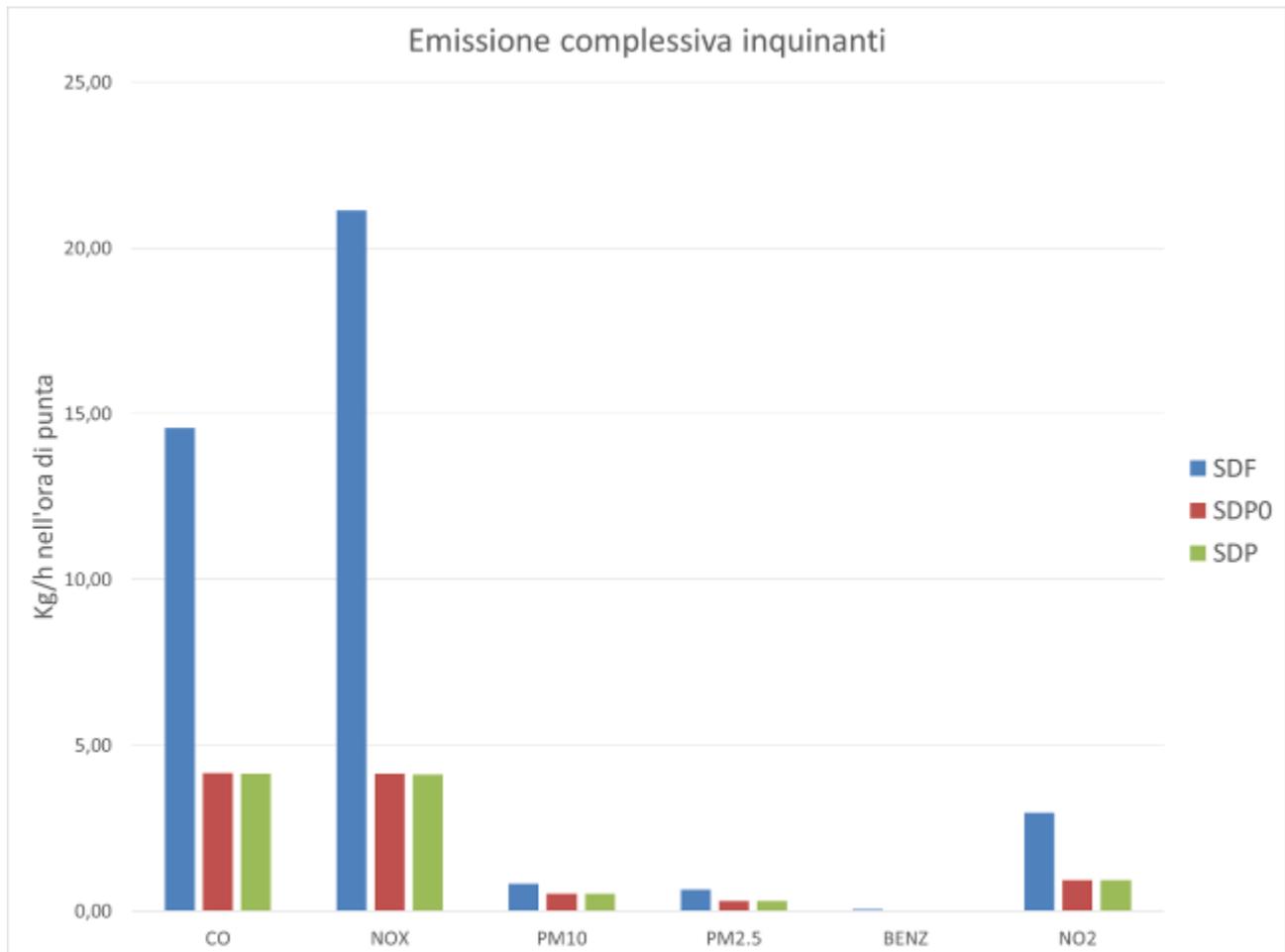


Tabella 3-xv: Emissione complessiva di inquinanti in atmosfera da traffico circolante nell'ora di punta.

4. RECETTORI POTENZIALI

Per ricettori si intendono, in generale, quegli edifici ubicati lungo l'asse autostradale che sono rappresentativi di aree potenzialmente disturbate, e caratterizzati dalla presenza di uno o più gruppi di abitazioni.

Nelle zone in prossimità dell'area di progetto si riscontra inoltre la presenza di due siti d'importanza comunitaria, che verranno considerati come recettori ecosistemici (RE):

- SIC IT3210043 - "Fiume Adige tra Belluno Veronese e Verona Ovest" (RE1).
- SIC IT3210041 - "Monte Baldo Est" (RE2-RE3-RE4-RE5).



Figura 4-i: Identificazione dei recettori considerati (1 di 5)

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA



Figura 4-ii: Identificazione dei recettori considerati (2 di 5)



Figura 4-iii: Identificazione dei recettori considerati (3 di 5)

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA



Figura 4-iv: Identificazione dei recettori considerati (4 di 5)



Figura 4-v: Identificazione dei recettori considerati (5 di 5)

5. ANALISI DEGLI IMPATTI IN ATMOSFERA

5.1 DATI CLIMATICI CONSIDERATI

La presente relazione è redatta secondo le "Indicazioni per l'utilizzo di tecniche modellistiche per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera dell'ARPAV" (Dicembre 2020).

Per ricostruire il quadro clima-meteorologico di dettaglio dell'area, si sono utilizzate le stazioni meteo ARPAV di Dolcè, Caprino e Bardolino relative al quinquennio 2017-2021.

Per la modellazione sono stati considerati dati meteo 2017, in quanto più cautelativo (meno dispersivo) nell'area di interesse, ritenuti rappresentativi rispetto all'ambito territoriale oggetto di analisi.

5.2 MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

L'emissione di inquinanti o di composti odorigeni ha luogo, normalmente, nei pressi della superficie terrestre ed interessa una porzione relativamente limitata di atmosfera. Lo studio delle caratteristiche fisiche di tale strato (indicato come *Planetary Boundary Layer*, PBL o Strato Limite Planetario) normalmente non rientra negli interessi della Meteorologia Generale e costituisce attualmente una disciplina autonoma denominata Micrometeorologia. La difficoltà insita nello studio del PBL deriva dal fatto che l'elemento che sovrintende al suo comportamento dinamico è la turbolenza dell'aria, concetto molto sfuggente, ma essenziale per comprendere perché e come gli inquinanti si diffondano nell'aria e perché la loro distribuzione spaziale e temporale sia tanto bizzarra e per certi versi imprevedibile.

L'equazione di riferimento è quella denominata come equazione euleriana semiempirica della dispersione in atmosfera:

$$\frac{\partial \bar{c}_i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \left(\bar{u}_j \cdot \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial x_j} \right) = \sum_{j=1}^3 \left\{ \frac{\partial}{\partial x_j} \cdot \left[K_{jj} \cdot \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial x_j} \right] \right\} + \bar{S}_c + R_i(\bar{c}_1, \dots, \bar{c}_N)$$

Dove \bar{c}_i è la concentrazione media dell'inquinante i-simo, \bar{u}_j è la velocità media del vento nelle 3 direzioni,

K_{jj} è il tensore che rappresenta la diffusività atmosferica, \bar{S}_c rappresenta il tasso di produzione (sorgente) o di decadimento, R_i rappresenta i termini di reazione chimica dell'inquinante i-simo.

Se gli inquinanti di interesse sono N, si avranno N equazioni del tipo sopra. Questa equazione costituisce il punto di riferimento della teoria della dispersione degli inquinanti in aria. Tale equazione differenziale alle derivate parziali è irrisolvibile in maniera analitica se non facendo ipotesi e semplificazioni.

Il modello scelto per questo tipo di analisi è AERMOD, un modello stazionario a pennacchio di tipo gaussiano, particolarmente idoneo per simulare la dispersione di inquinanti nello Strato Limite Atmosferico.

Per ogni recettore il modello simula l'andamento della concentrazione dovuto ad una sorgente inquinante, definendo appositamente una superficie rappresentativa del dominio in prossimità del recettore.

AERMOD utilizza il modello gaussiano semplice solo in caso di stabilità atmosferica e terreno piatto, in caso contrario cambiano la funzione densità di probabilità del pennacchio (da gaussiana a bi-gaussiana), per tener conto della mancanza di simmetria nelle velocità verticali turbolente in uno strato convettivo (condizioni instabili) e/o il modo di calcolare la concentrazione in caso di terreni complessi (combinazione lineare tra i casi di terreni perfettamente piatti e terreni perfettamente complessi).

Il modello utilizza il concetto della linea di flusso intermedia (streamline) o altezza critica (H_c). La frazione di pennacchio che si trova al di sotto di H_c tenderà a comportarsi come nel caso dei terreni piatti, mentre quella che si trova al di sopra di H_c tenderà a risalire il terreno. La concentrazione al recettore è ottenuta come media ponderale dei valori compresi tra i due casi limite: tutto il pennacchio ignora la complessità del terreno, tutto il pennacchio segue il terreno. Per tener conto degli effetti legati al tipo di dominio, viene modificata la geometria della superficie tra sorgente e recettore tramite elaborazione una nuova superficie detta effettiva, questo viene fatto per ogni singolo recettore. Da tale superficie è poi possibile ricavare il valore di H_c .

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Questo approccio è stato pensato per essere fisicamente realistico e semplice da implementare; infatti, non bisogna differenziare il dominio in semplice, complesso o intermedio, ma si considera unicamente la posizione della massa d'inquinante rispetto alla linea di flusso intermedia.

Nel caso di Atmosfera Turbolenta il trasporto e la dispersione sono simulati attraverso tre tipi di pennacchi: il pennacchio diretto, indiretto e penetrato.

Il pennacchio diretto rappresenta la concentrazione all'interno dello strato di mescolamento (z_i), il pennacchio diretto è detto anche sorgente reale. L'altezza raggiunta dal pennacchio sarà legata ai flussi di galleggiamento e di momento (F_b, F_m), alla velocità calcolata alla quota raggiunta dal pennacchio stesso u_p (si procederà nel calcolo per via iterativa) e alla distanza sottovento (x).

Il pennacchio indiretto tiene conto della quantità di inquinante che venutosi a trovare ai margini dello strato limite atmosferico a causa dei fenomeni di galleggiamento, può essere trasportato nuovamente all'interno dello strato di mescolamento per mezzo dei flussi discendenti (*downdrafts*). L'altezza, propria di questo pennacchio, è dipendente da z_i , da F_b , da u_p , da x e dalle dimensioni della sezione trasversale del pennacchio (r_y, r_z). Il pennacchio penetrato rappresenta la parte di inquinante che sfuggita dallo strato di mescolamento verso quote più alte e stabili (oltre lo strato d'inversione) può successivamente rientrare a causa delle variazioni temporali della z_i . Anche a questo pennacchio è associata una specifica altezza, mentre l'atmosfera che lo caratterizza è stabile e quindi stratificata; z_i , u_p , F_b , N (frequenza di Brunt-Vaisala), h_s (quota camino) sono ora i parametri importanti, mentre si riduce la dipendenza dalla distanza sottovento.

Nel caso di Atmosfera Stabile si considera un solo pennacchio, che raggiunge un'altezza dipendente da:

- F_b, F_m, x, u_p ed N , se $x < x_f$;
- solo da: F_b, u_p ed N se $x > x_f$.

Il calcolo della concentrazione si ottiene valutando l'influenza del terreno sul pennacchio.

$$C_T\{x_r, y_r, z_r\} = f \cdot C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\} + (1 - f) \cdot C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$$

Il parametro f tiene conto della complessità del dominio, per cui una parte del pennacchio seguirà il terreno ed un'altra impatterà contro questo. I profili verticali della turbolenza laterale sono elaborati in base alle misure o alle simulazioni, considerando sia la turbolenza meccanica, sia quella convettiva. AERMOD è inoltre inserito come modello matematico *preferred and recommended* nella pubblicazione "Guideline on air Quality Models" dell'EPA.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

L'implementazione del modello matematico¹ ha dato origine ad una serie di risultati.

È stata simulata la dispersione in atmosfera dei principali macroinquinanti: polveri sottili (PM₁₀), polveri fini (PM_{2,5}), biossido di azoto (NO₂), ossidi azoto totali (NO_x), monossido di carbonio (CO) e benzene (C₆H₆).

Per la stima di ricaduta delle polveri sottili (PM₁₀) è stato ipotizzato un diametro aerodinamico avente media geometrica di 0,48 µm, per le polveri fini (PM_{2,5}) un diametro aerodinamico di 0,2 µm; entrambi sono valori scientificamente accettabili per la rappresentazione di tali classi di particolato.

Da segnalare che sono stati simulati quegli inquinanti che avessero una concentrazione alla sorgente già di per sé stessa significativa; per gli altri è stata considerata trascurabile la concentrazione alla sorgente e di conseguenza la ricaduta al suolo non è stata simulata.

inquinante	normativa	UM	valore concentrazione
PM₁₀			
media 24h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	50
media 8760h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	40
PM_{2,5}			
media 8760h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	25
NO₂			
media 99,8 %-tile 1h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	200
media 8760h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	40
NO_x			
media 8760h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	30 (per la protezione degli ecosistemi)
CO			
/media 8h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	10.000
C₆H₆			
media 8760h	D.Lgs. 155/10	µg/Nm ³	5

Tabella 5-i: Limiti normativi per gli inquinanti, assunti nel presente studio

Come detto in premessa i risultati sono presentati nel seguente modo:

- quantificazione del contributo dovuto alla fase di cantiere per la realizzazione delle opere in progetto;
- quantificazione del contributo durante la fase di messa a regime delle opere in progetto, a sua volta suddivisa in:
 - soluzione "esistente" (SDF) – descrive la situazione di traffico esistente, dove come anno di riferimento è stato considerato il 2018;
 - soluzione "programmatica" (SDP0) – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la configurazione stradale attuale (soluzione zero);
 - soluzione "progettuale" (SDP) – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la realizzazione degli interventi progettuali.

Infine, una precisazione riguardo la restituzione dei risultati. Le curve rappresentano l'involuppo dei diversi valori di concentrazione stimati su ogni punto della griglia di calcolo riferiti a diversi periodi di mediazione, a seconda di come sono espressi i limiti legislativi di riferimento. Esse non sono quindi la fotografia di una condizione che si verifica in un determinato momento dell'anno, ma sono la **rappresentazione dei massimi valori che si possono verificare ad ogni recettore per diverse condizioni meteo in differenti periodi dell'anno**.

Si ricorda che per valutare la significatività dell'impatto di una o più sorgenti emissive, in assenza di criteri nazionali, la metodologia di prassi utilizzata per i progetti di VIA regionale prevede di utilizzare, come valore meramente indicativo, un criterio elaborato a partire dalla Linea Guida ANPA del 2001 "Linee Guida V.I.A. Parte Generale, ANPA Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 18 giugno 2001": pertanto si considera l'impatto di una fonte di emissione "significativo" se è superiore al 5% del valore limite fissato dal D.Lgs 155/10.

¹ A cura dell'Ing. Emanuele Albrigi

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.4 LIMITI DI LEGGE

5.4.1 Limiti polveri sottili (PM₁₀)

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda le polveri sottili (Tabella 5-ii):

Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
PM10 **			
1 giorno	50 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante	— (1)
Anno civile	40 µg/m ³	fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005 20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	— (1)

Tabella 5-ii: limiti di legge per quanto riguarda le polveri sottili (PM₁₀) - Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10

5.4.2 Limiti polveri fini (PM_{2.5})

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda le polveri fini (Tabella 5-iii):

Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
PM2,5			
FASE I			
Anno civile	25 µg/m ³	20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015

Tabella 5-iii: limiti di legge per quanto riguarda le polveri fini (PM_{2.5}) - Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.4.3 Limiti ossidi di azoto (NOx)

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda gli ossidi di azoto, rispettivamente per la protezione della salute umana e della vegetazione (Tabella 5-iv):

Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Biossido di azoto *			
1 ora	200 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Anno civile	40 µg/m ³	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

Livelli critici per la protezione della vegetazione

Ossidi di azoto	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
	30 µg/m ³ NOx		Nessuno

Tabella 5-iv: limiti di legge per quanto riguarda gli ossidi di azoto (NOx) - Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10

5.4.4 Limiti monossido di carbonio (CO)

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda il monossido di carbonio (Tabella 5-v):

Valore limite per il Monossido di Carbonio				
	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media giornaliera su 8 ore massima	10 mg/m ³	6 mg/m ³ . Tale valore è ridotto ogni 12 mesi per raggiungere il valore limite al 01/01/2010	01/01/2005

Tabella 5-v: limiti di legge per quanto riguarda il monossido di carbonio (CO) - Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.4.5 Limiti benzene

La normativa (Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10) prevede i seguenti limiti di legge per quanto riguarda il benzene (Tabella 5-vi):

Valore Limite per il Benzene				
	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³	5 µg/m ³ . Tale valore verrà ridotto il 01/01/2006 e successivamente ogni 12 mesi per raggiungere il valore limite al 01/01/2010	01/01/2010

Tabella 5-vi: limiti di legge per quanto riguarda il benzene - Decreto Ministeriale n.° 60 del 02/04/2002, così come ripreso dal D.Lgs. 155/10

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.5 FASE DI CANTIERE

5.5.1 Polveri sottili (PM₁₀) in fase di cantiere

In Figura 5-i e Figura 5-ii è rappresentato il contributo durante la fase di cantiere in termini di concentrazioni al suolo di polveri sottili.

Per quanto riguarda le medie annuali, i più sollecitati sono i recettori R27-R28-R31 con valori di concentrazione superiori a 10 µg/m³.

Considerando invece i massimi giornalieri, i più sollecitati sono i recettori R16-R24-R27-R28-R31 con valori di concentrazione superiori a 20 µg/m³.

Nonostante il contributo durante la fase di cantiere risulti abbastanza significativo, soprattutto in termini di massimi giornalieri, si può notare come tutti i valori ottenuti presso i recettori siano inferiori ai valori limite previsti da normativa (40 µg/m³ per la media annua, 50 µg/m³ nelle 24 h).

Recettori (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
R1	0,703
R2	0,863
R3	0,932
R4	1,028
R5	1,341
R6	1,419
R7	1,833
R8	2,102
R9	2,272
R10	2,441
R11	3,053
R12	3,208
R13	0,611
R14	0,338
R15	0,862
R16	8,686
R17	4,841
R18	3,842
R19	2,779
R20	2,916
R21	3,193
R22	4,242
R23	4,471

Recettori (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
R24	8,352
R25	6,882
R26	5,145
R27	12,296
R28	11,217
R29	3,149
R30	4,403
R31	12,027
R32	2,522
R33	1,897
R34	2,775
R35	2,469
R36	2,877
R37	2,477
R38	2,395
R39	1,188
R40	1,112
R41	0,564
R42	0,530
R43	0,403
R44	0,584
R45	0,456
MAX sui recettori	12,296

Tabella 5-vii: Fase di cantiere - Valore medio annuo di polveri sottili (PM₁₀) per ogni recettore

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore 90.4° sulle 24h)	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	1,187
R2	1,859
R3	2,042
R4	2,570
R5	3,592
R6	4,196
R7	5,361
R8	6,270
R9	6,818
R10	7,446
R11	8,894
R12	9,168
R13	1,169
R14	0,764
R15	1,784
R16	20,967
R17	13,086
R18	10,450
R19	9,107
R20	9,340
R21	8,252
R22	13,715
R23	14,409

Recettori (Valore 90.4° sulle 24h)	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R24	23,529
R25	19,816
R26	15,055
R27	33,390
R28	30,420
R29	10,696
R30	13,466
R31	32,003
R32	5,486
R33	4,266
R34	8,869
R35	7,089
R36	8,712
R37	8,073
R38	6,316
R39	3,625
R40	3,448
R41	1,264
R42	1,140
R43	0,943
R44	1,333
R45	0,990
MAX sui recettori	33,390

Tabella 5-viii: Fase di cantiere - Valore 90.4° sulle 24h di polveri sottili (PM_{10}) per ogni recettore

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

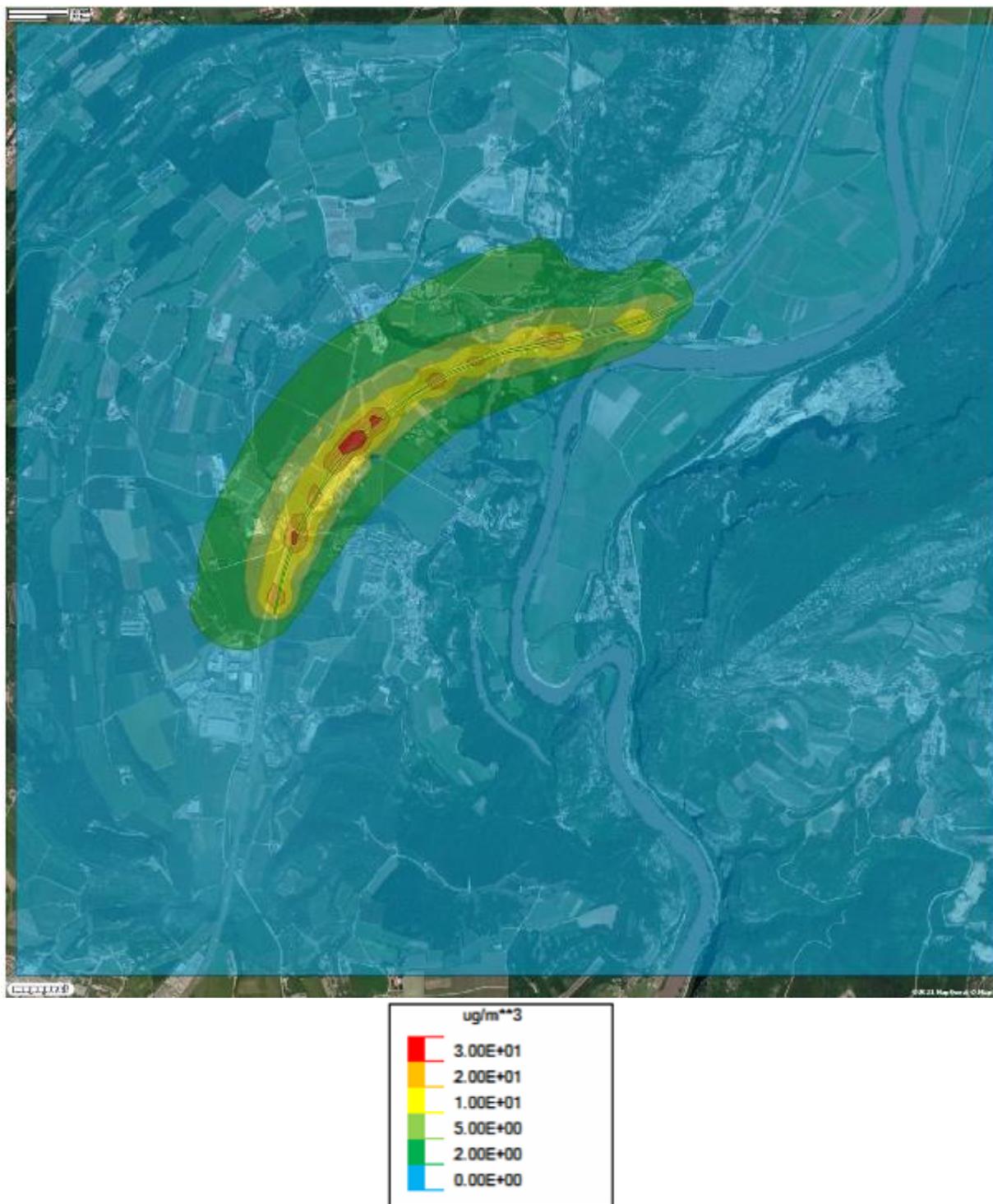


Figura 5-i: Fase di cantiere - Mappa dei valori medi nell'anno di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

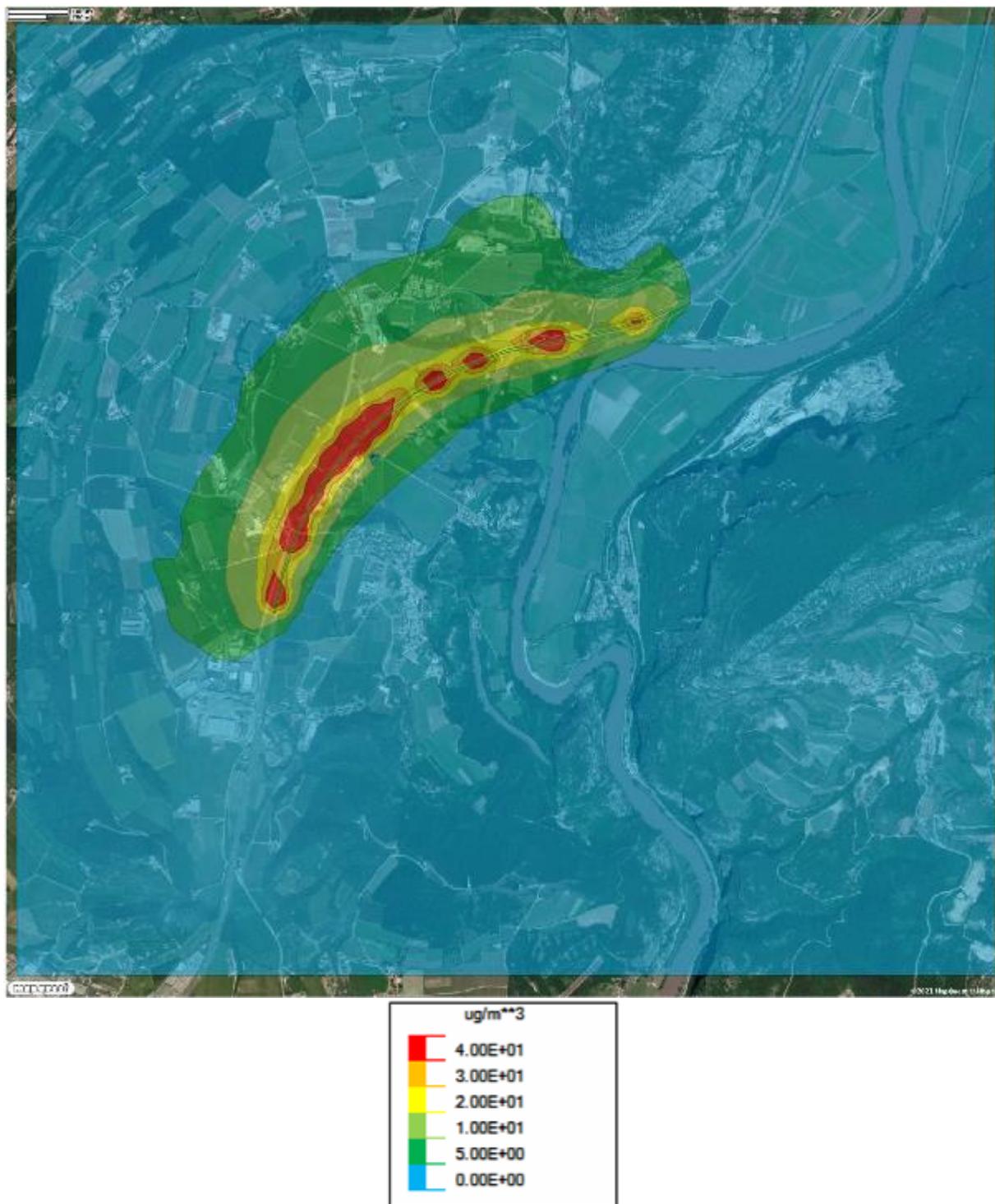


Figura 5-ii: Fase di cantiere - Mappa dei valori massimi (90.4°) sulle 24 ore di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.5.2 Polveri fini (PM_{2.5}) in fase di cantiere

In Figura 5-iii è rappresentato il contributo durante la fase di cantiere in termini di concentrazioni al suolo di polveri fini (PM_{2.5}).

Tale contributo risulta trascurabile, dato che tutti i recettori considerati presentano valori di concentrazione inferiori a 1.5 µg/m³.

Pertanto, il contributo durante la fase di cantiere risulta poco significativo, dato che tutti i valori ottenuti presso i recettori sono ampiamente inferiori al valore limite previsto da normativa (25 µg/m³).

Recettori (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
R1	0,073
R2	0,094
R3	0,102
R4	0,113
R5	0,149
R6	0,156
R7	0,193
R8	0,216
R9	0,234
R10	0,268
R11	0,321
R12	0,348
R13	0,049
R14	0,022
R15	0,066
R16	0,919
R17	0,495
R18	0,391
R19	0,275
R20	0,287
R21	0,305
R22	0,413
R23	0,436

Recettori (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
R24	0,787
R25	0,640
R26	0,465
R27	1,240
R28	1,151
R29	0,283
R30	0,414
R31	1,231
R32	0,229
R33	0,176
R34	0,279
R35	0,256
R36	0,316
R37	0,280
R38	0,268
R39	0,124
R40	0,119
R41	0,051
R42	0,047
R43	0,036
R44	0,063
R45	0,044
MAX sui recettori	1,240

Tabella 5-ix: Fase di cantiere - Valore medio annuo di polveri fini (PM_{2.5}) per ogni recettore

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

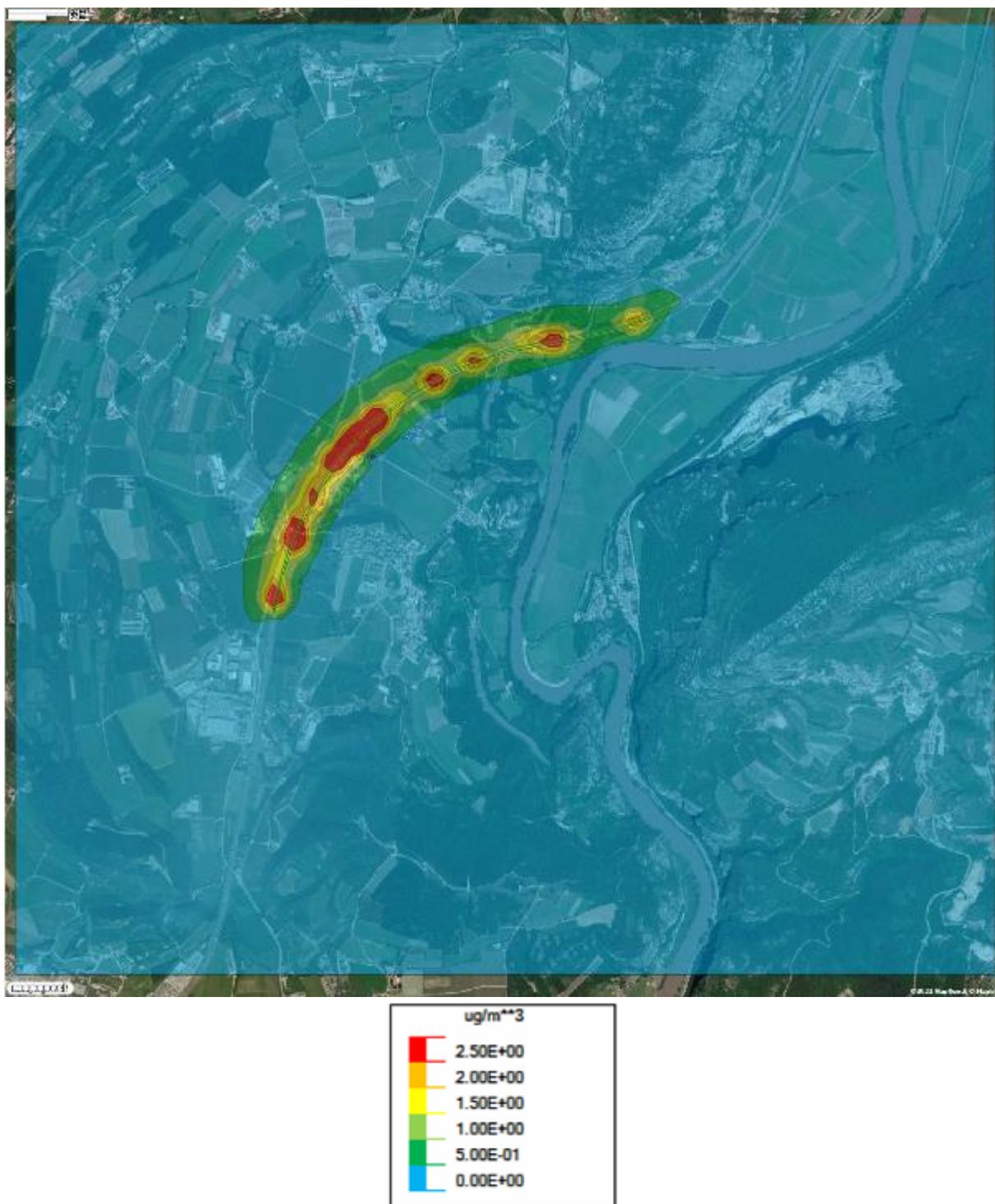


Figura 5-iii: Fase di cantiere - Mappa dei valori medi nell'anno di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.5.3 Ossidi di azoto (NO₂) in fase di cantiere

In Figura 5-iv e Figura 5-v è rappresentato il contributo durante la fase di cantiere in termini di concentrazioni al suolo di ossidi di azoto.

Per quanto riguarda le medie annuali, tale contributo risulta trascurabile, dato che tutti i recettori considerati presentano valori di concentrazione inferiori a 0.5 µg/m³.

Considerando invece i massimi orari, i più sollecitati sono i recettori R24-R25-R27-R28-R31 con valori di concentrazione superiori a 10 µg/m³.

Complessivamente il contributo durante la fase di cantiere risulta poco significativo, dato che tutti i valori ottenuti presso i recettori sono ampiamente inferiori ai valori limite previsti da normativa sia per la protezione della salute umana sia per la vegetazione.

Recettori NO ₂ (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
R1	0,025
R2	0,032
R3	0,034
R4	0,038
R5	0,050
R6	0,052
R7	0,065
R8	0,073
R9	0,079
R10	0,090
R11	0,108
R12	0,117
R13	0,017
R14	0,007
R15	0,022
R16	0,309
R17	0,166
R18	0,131
R19	0,093
R20	0,097
R21	0,103
R22	0,139
R23	0,147

Recettori NO ₂ (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
R24	0,265
R25	0,215
R26	0,156
R27	0,427
R28	0,387
R29	0,095
R30	0,139
R31	0,414
R32	0,077
R33	0,059
R34	0,094
R35	0,086
R36	0,106
R37	0,094
R38	0,090
R39	0,042
R40	0,040
R41	0,017
R42	0,016
R43	0,012
R44	0,021
R45	0,015
MAX sui recettori	0,427

Tabella 5-x: Fase di cantiere - Valore medio annuo di ossidi di azoto (NO₂) per ogni recettore

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori NO ₂ (Valore 99.8° media oraria)	Concentrazione (µg/m ³)
R1	1,223
R2	1,750
R3	1,920
R4	2,204
R5	3,034
R6	3,582
R7	3,954
R8	4,192
R9	4,133
R10	5,580
R11	5,703
R12	6,214
R13	0,624
R14	0,307
R15	0,576
R16	8,564
R17	6,321
R18	5,782
R19	5,689
R20	6,254
R21	4,997
R22	9,465
R23	9,933

Recettori NO ₂ (Valore 99.8° media oraria)	Concentrazione (µg/m ³)
R24	12,959
R25	11,498
R26	9,322
R27	14,071
R28	13,545
R29	6,348
R30	7,531
R31	14,122
R32	3,351
R33	2,889
R34	5,680
R35	4,745
R36	5,945
R37	5,259
R38	5,108
R39	2,622
R40	2,156
R41	0,966
R42	0,907
R43	0,683
R44	1,346
R45	0,844
MAX sui recettori	14,122

Tabella 5-xi: Fase di cantiere - Valore 99.8° media oraria di ossidi di azoto (NO₂) per ogni recettore

Per quanto riguarda i valori degli ossidi di azoto totali per la protezione della vegetazione, il contributo durante la fase di cantiere risulta poco significativo, dato che tutti i valori ottenuti presso i recettori ecosistemici (Tabella 5-xii) risultano ampiamente inferiori al valore limite (30 µg/m³) previsto da normativa.

Recettori ecosistemici NO _x (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
RE1	0,961
RE2	0,202
RE3	0,798

Recettori ecosistemici NO _x (Valore medio annuo)	Concentrazione (µg/m ³)
RE4	1,918
RE5	0,990

Tabella 5-xii: Fase di cantiere - Valore medio annuo di ossidi di azoto (NO_x) per ogni recettore ecosistemico

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

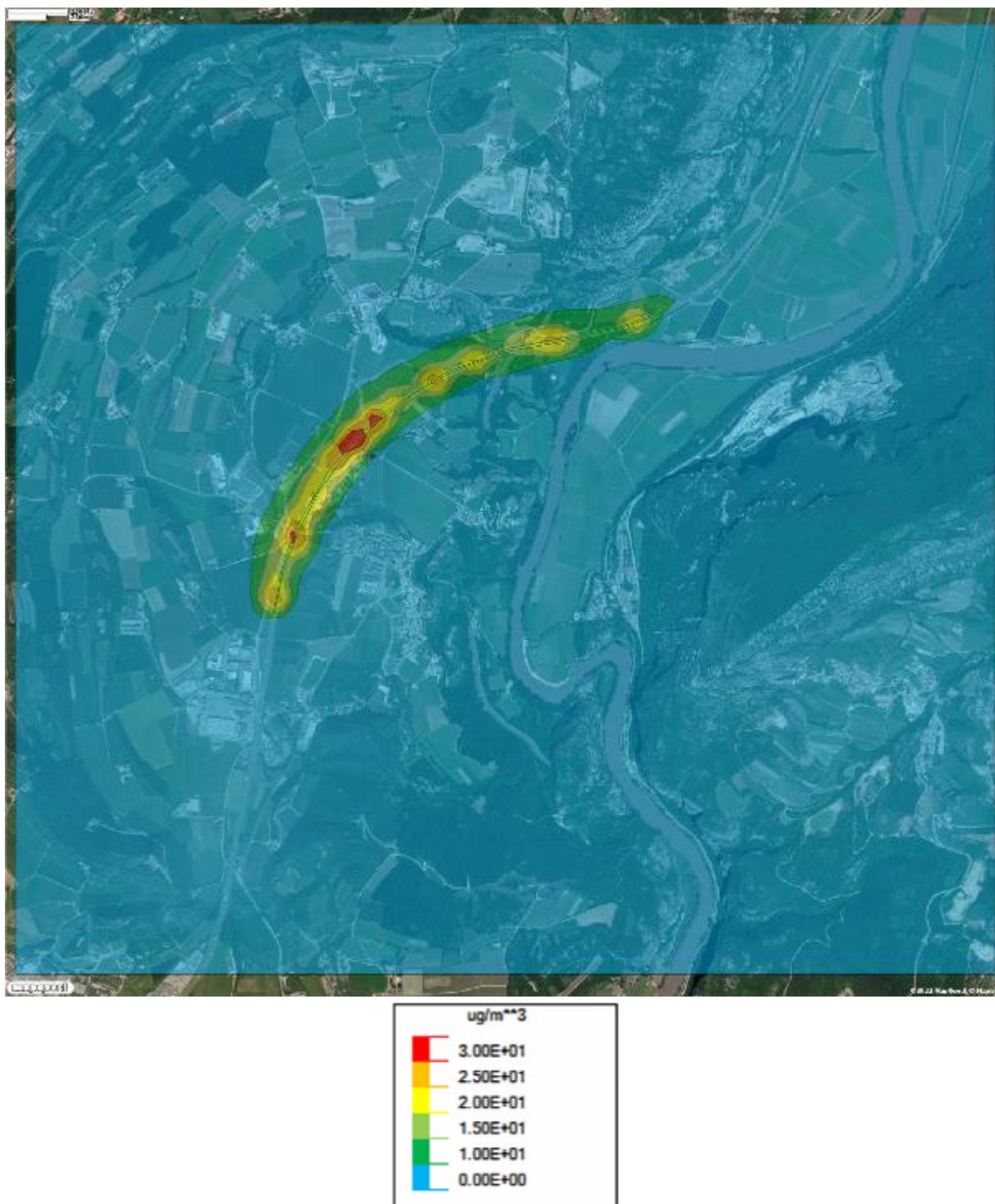


Figura 5-iv: Fase di cantiere - Mappa dei valori medi nell'anno di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

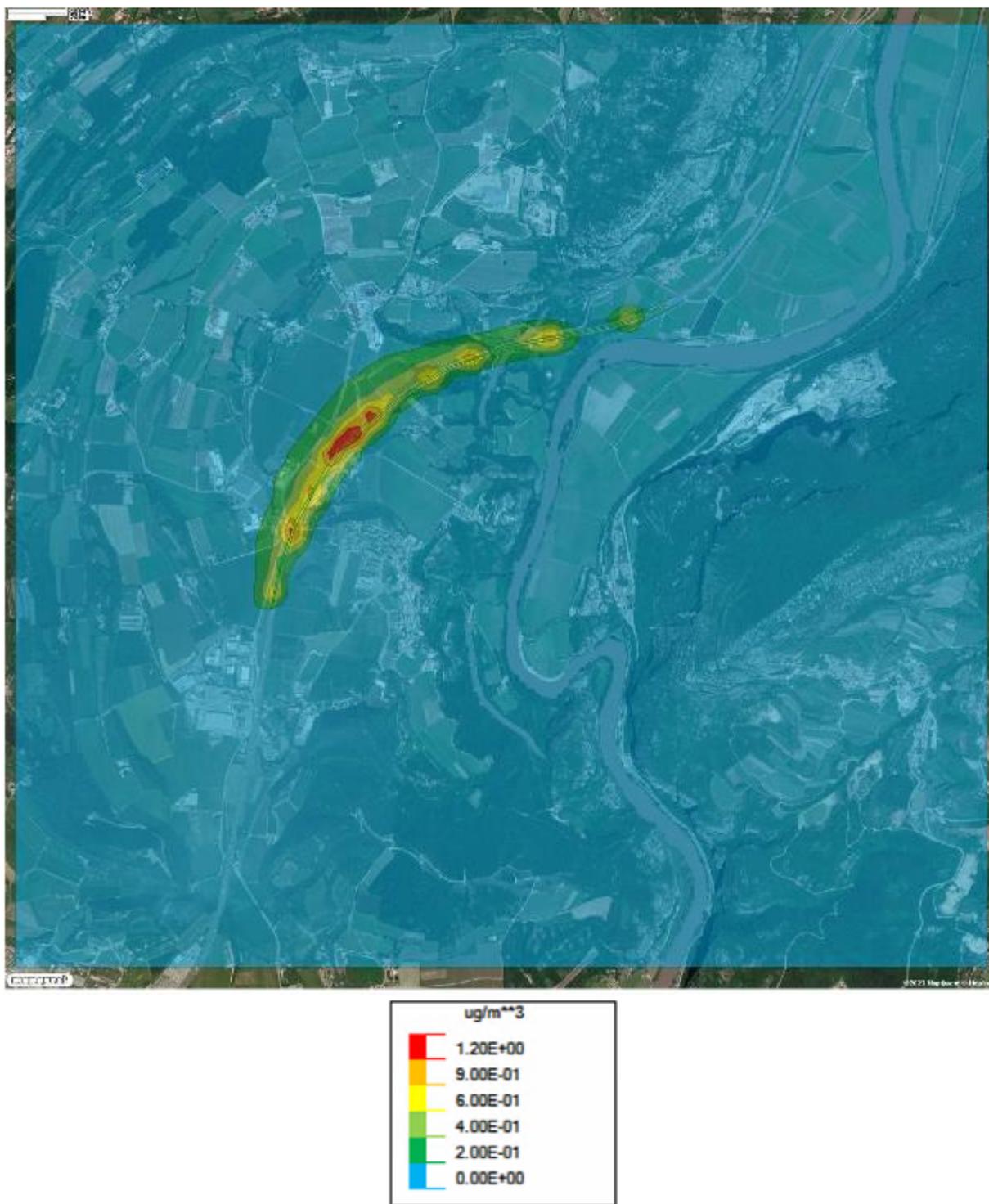


Figura 5-v: Fase di cantiere - Mappa dei valori massimi (99.8°) orari di NO₂ (µg/m³) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

5.6 FASE DI ESERCIZIO

La valutazione del contributo durante la **fase di esercizio** dell'autostrada è stata fatta mettendo a confronto tre distinti scenari:

- **soluzione "esistente" (SDF)** – descrive la situazione di traffico esistente, dove come anno di riferimento è stato considerato il 2018;
- **soluzione "programmatica" (SDP0)** – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la configurazione stradale attuale (soluzione zero);
- **soluzione "progettuale" (SDP)** – descrive la situazione di traffico prevista al 2038 con la realizzazione degli interventi progettuali.

5.6.1 Polveri sottili (PM₁₀) nei tre scenari (fase di esercizio)

Da Figura 5-vi a Figura 5-xi viene mostrato il contributo dell'autostrada in termini di concentrazioni al suolo di polveri sottili.

Per quanto riguarda le medie annuali, i più sollecitati sono i recettori R41-R45 che presentano valori di concentrazione superiori a 5% del valore limite, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP).

Tuttavia, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa 1.3%, con un decremento massimo superiore al 3%, che si osserva proprio nel caso del recettore più esposto, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

Considerando invece i massimi giornalieri, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP), i più sollecitati sono i recettori R1-R13-R38-R41-R45 con valori di concentrazione superiori a 5% del valore limite.

Tuttavia, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa l'1.7% e con un decremento massimo superiore al'4%, che si osserva nel caso del recettore più esposto, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

In generale per entrambi i parametri, quindi, risulta un significativo miglioramento dei valori di concentrazione degli inquinanti rispetto allo stato attuale (SDF), sia nel caso della soluzione progettuale (SDP) che in quella programmatica (SDP0), dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, risulta un lievissimo miglioramento nel caso della soluzione progettuale (SDP) rispetto a quella programmatica (SDP0), dovuto alla presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud e ai correlati minori rallentamenti dei mezzi pesanti.

Complessivamente il contributo del progetto risulta non significativo, dato che presso tutti i recettori considerati risulta nello scenario di progetto un miglioramento rispetto allo scenario programmatico ossia all'opzione zero (SDP0) e tutti i valori ottenuti sono inferiori ai valori limite previsti da normativa, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

Recettori (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R1	3,166	1,993	1,959	-2,93%	-3,02%
R2	1,742	1,103	1,085	-1,60%	-1,64%
R3	1,594	1,009	0,993	-1,46%	-1,50%
R4	1,062	0,674	0,663	-0,97%	-1,00%
R5	1,312	0,832	0,818	-1,20%	-1,23%
R6	1,138	0,722	0,710	-1,04%	-1,07%
R7	1,048	0,666	0,655	-0,96%	-0,98%
R8	1,030	0,655	0,644	-0,94%	-0,97%
R9	1,025	0,651	0,641	-0,93%	-0,96%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore medio annuo)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% Δ 1/VL	% Δ 2/VL
R10	1,616	1,023	1,006	-1,48%	-1,52%
R11	1,500	0,951	0,935	-1,37%	-1,41%
R12	1,835	1,161	1,141	-1,69%	-1,73%
R13	2,854	1,863	1,838	-2,48%	-2,54%
R14	0,881	0,568	0,559	-0,78%	-0,80%
R15	1,457	0,943	0,929	-1,29%	-1,32%
R16	1,961	1,238	1,217	-1,81%	-1,86%
R17	0,609	0,387	0,381	-0,56%	-0,57%
R18	0,480	0,305	0,300	-0,44%	-0,45%
R19	0,325	0,207	0,204	-0,30%	-0,30%
R20	0,310	0,198	0,194	-0,28%	-0,29%
R21	0,910	0,584	0,576	-0,81%	-0,84%
R22	0,503	0,320	0,315	-0,46%	-0,47%
R23	0,527	0,336	0,330	-0,48%	-0,49%
R24	1,549	0,983	0,967	-1,42%	-1,45%
R25	1,332	0,846	0,833	-1,21%	-1,25%
R26	0,987	0,628	0,618	-0,90%	-0,92%
R27	2,385	1,509	1,484	-2,19%	-2,25%
R28	2,204	1,395	1,372	-2,02%	-2,08%
R29	0,793	0,505	0,496	-0,72%	-0,74%
R30	1,009	0,642	0,631	-0,92%	-0,95%
R31	2,361	1,496	1,471	-2,16%	-2,22%
R32	0,778	0,499	0,491	-0,70%	-0,72%
R33	0,514	0,329	0,324	-0,46%	-0,48%
R34	0,840	0,535	0,526	-0,76%	-0,79%
R35	0,980	0,623	0,613	-0,89%	-0,92%
R36	1,358	0,862	0,848	-1,24%	-1,27%
R37	1,535	0,974	0,958	-1,40%	-1,44%
R38	2,616	1,652	1,624	-2,41%	-2,48%
R39	0,674	0,429	0,423	-0,61%	-0,63%
R40	0,865	0,550	0,541	-0,79%	-0,81%
R41	3,898	2,568	2,536	-3,32%	-3,40%
R42	1,509	0,974	0,960	-1,34%	-1,37%
R43	0,652	0,418	0,412	-0,58%	-0,60%
R44	1,180	0,748	0,736	-1,08%	-1,11%
R45	3,207	2,005	1,969	-3,01%	-3,10%
MAX sui recettori	3,898	2,568	2,536	-3,32%	-3,40%

Tabella 5-xiii: Fase di esercizio - Valore medio annuo di polveri sottili (PM_{10}) per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore 90.4° sulle 24h)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% $\Delta 1/\text{VL}$	% $\Delta 2/\text{VL}$
R1	4,984	3,140	3,086	-3,69%	-3,80%
R2	2,835	1,797	1,768	-2,08%	-2,13%
R3	2,614	1,653	1,626	-1,92%	-1,98%
R4	1,737	1,101	1,083	-1,27%	-1,31%
R5	2,120	1,345	1,323	-1,55%	-1,59%
R6	1,852	1,175	1,156	-1,35%	-1,39%
R7	1,726	1,096	1,078	-1,26%	-1,30%
R8	1,689	1,072	1,055	-1,23%	-1,27%
R9	1,677	1,066	1,049	-1,22%	-1,26%
R10	2,626	1,662	1,634	-1,93%	-1,98%
R11	2,407	1,527	1,502	-1,76%	-1,81%
R12	2,998	1,897	1,865	-2,20%	-2,27%
R13	4,445	2,899	2,860	-3,09%	-3,17%
R14	1,437	0,926	0,912	-1,02%	-1,05%
R15	2,279	1,476	1,455	-1,61%	-1,65%
R16	3,200	2,020	1,986	-2,36%	-2,43%
R17	1,056	0,670	0,660	-0,77%	-0,79%
R18	0,838	0,534	0,525	-0,61%	-0,63%
R19	0,599	0,381	0,375	-0,43%	-0,45%
R20	0,579	0,368	0,362	-0,42%	-0,43%
R21	1,417	0,910	0,897	-1,01%	-1,04%
R22	0,954	0,608	0,598	-0,69%	-0,71%
R23	1,016	0,645	0,634	-0,74%	-0,76%
R24	2,626	1,665	1,639	-1,92%	-1,97%
R25	2,314	1,469	1,446	-1,69%	-1,74%
R26	1,727	1,099	1,082	-1,25%	-1,29%
R27	3,931	2,491	2,450	-2,88%	-2,96%
R28	3,657	2,315	2,277	-2,68%	-2,76%
R29	1,388	0,884	0,870	-1,01%	-1,03%
R30	1,737	1,103	1,085	-1,27%	-1,30%
R31	3,926	2,498	2,459	-2,86%	-2,94%
R32	1,263	0,810	0,797	-0,91%	-0,93%
R33	0,848	0,543	0,534	-0,61%	-0,63%
R34	1,482	0,946	0,931	-1,07%	-1,10%
R35	1,600	1,017	1,001	-1,17%	-1,20%
R36	2,174	1,380	1,358	-1,59%	-1,63%
R37	2,462	1,562	1,536	-1,80%	-1,85%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore 90.4° sulle 24h)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% $\Delta 1/\text{VL}$	% $\Delta 2/\text{VL}$
R38	4,110	2,596	2,553	-3,03%	-3,11%
R39	1,069	0,681	0,670	-0,78%	-0,80%
R40	1,399	0,890	0,876	-1,02%	-1,05%
R41	6,158	4,055	4,004	-4,20%	-4,31%
R42	2,468	1,592	1,569	-1,75%	-1,80%
R43	1,089	0,698	0,687	-0,78%	-0,80%
R44	1,887	1,197	1,177	-1,38%	-1,42%
R45	4,945	3,096	3,042	-3,70%	-3,81%
MAX sui recettori	6,158	4,055	4,004	-4,20%	-4,31%

Tabella 5-xiv: Fase di esercizio - Valore 90.4° sulle 24h di polveri sottili (PM_{10}) per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

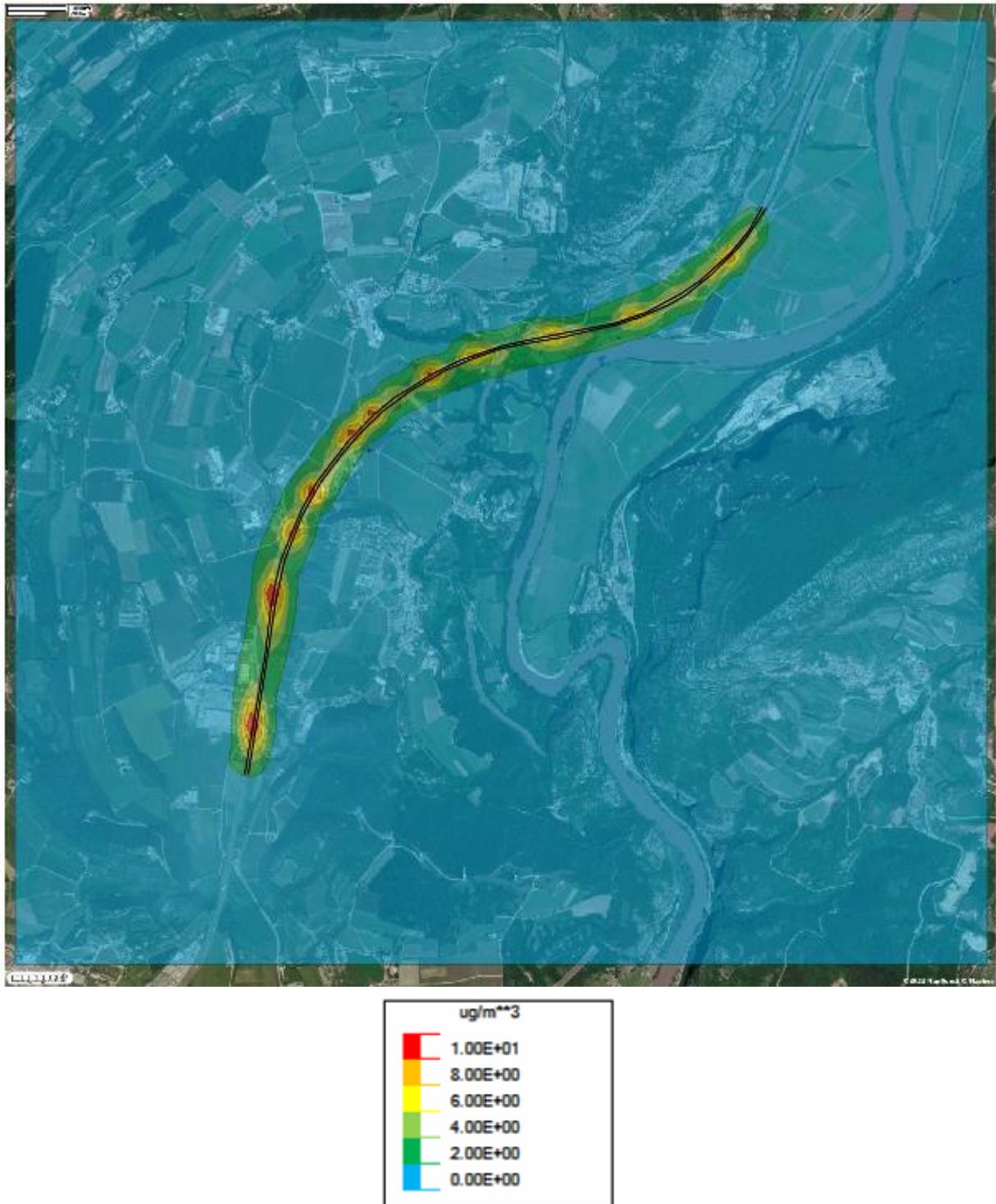


Figura 5-vi: SDF - Mappa dei valori medi nell'anno di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

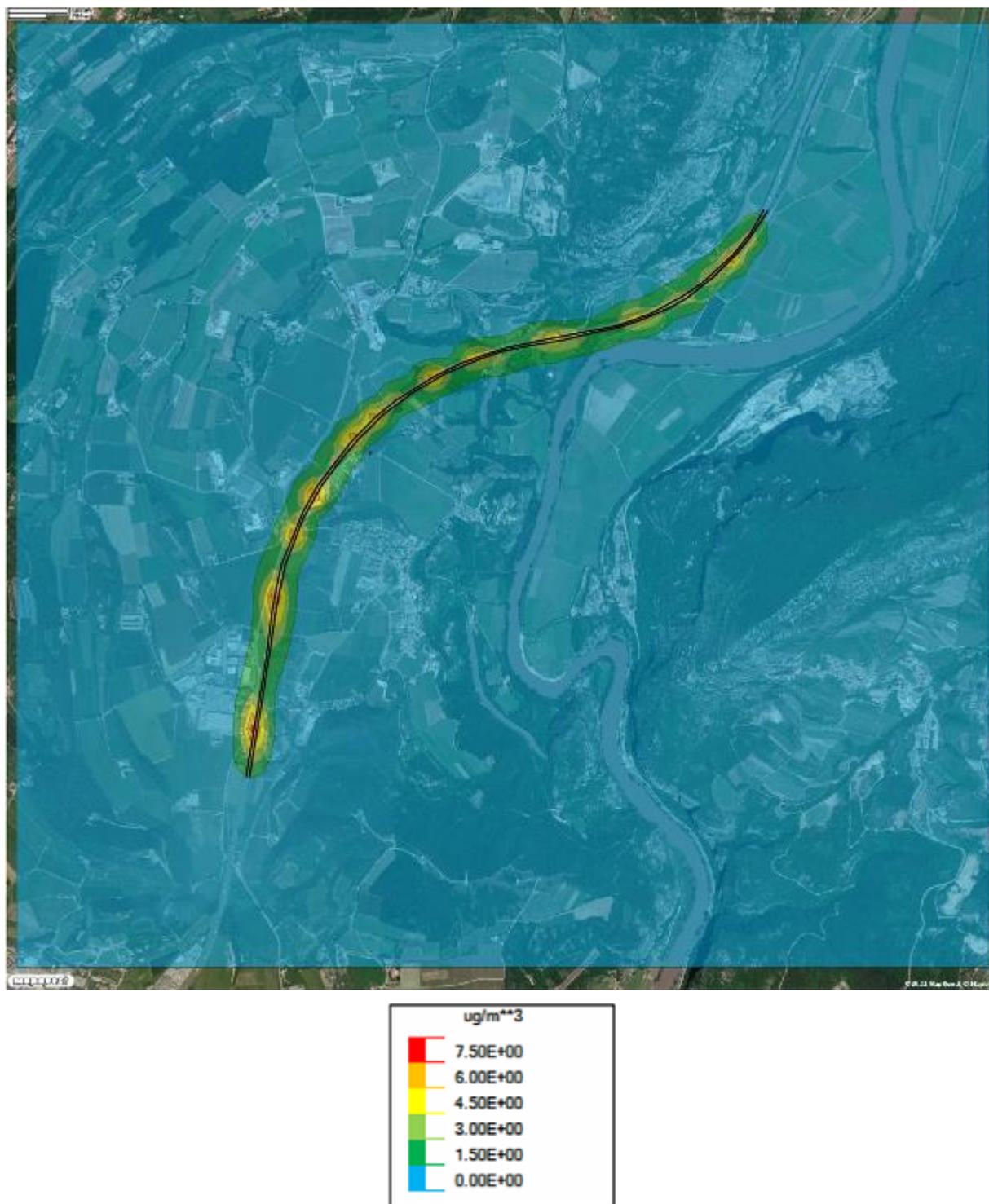


Figura 5-vii: SDP0 - Mappa dei valori medi nell'anno di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

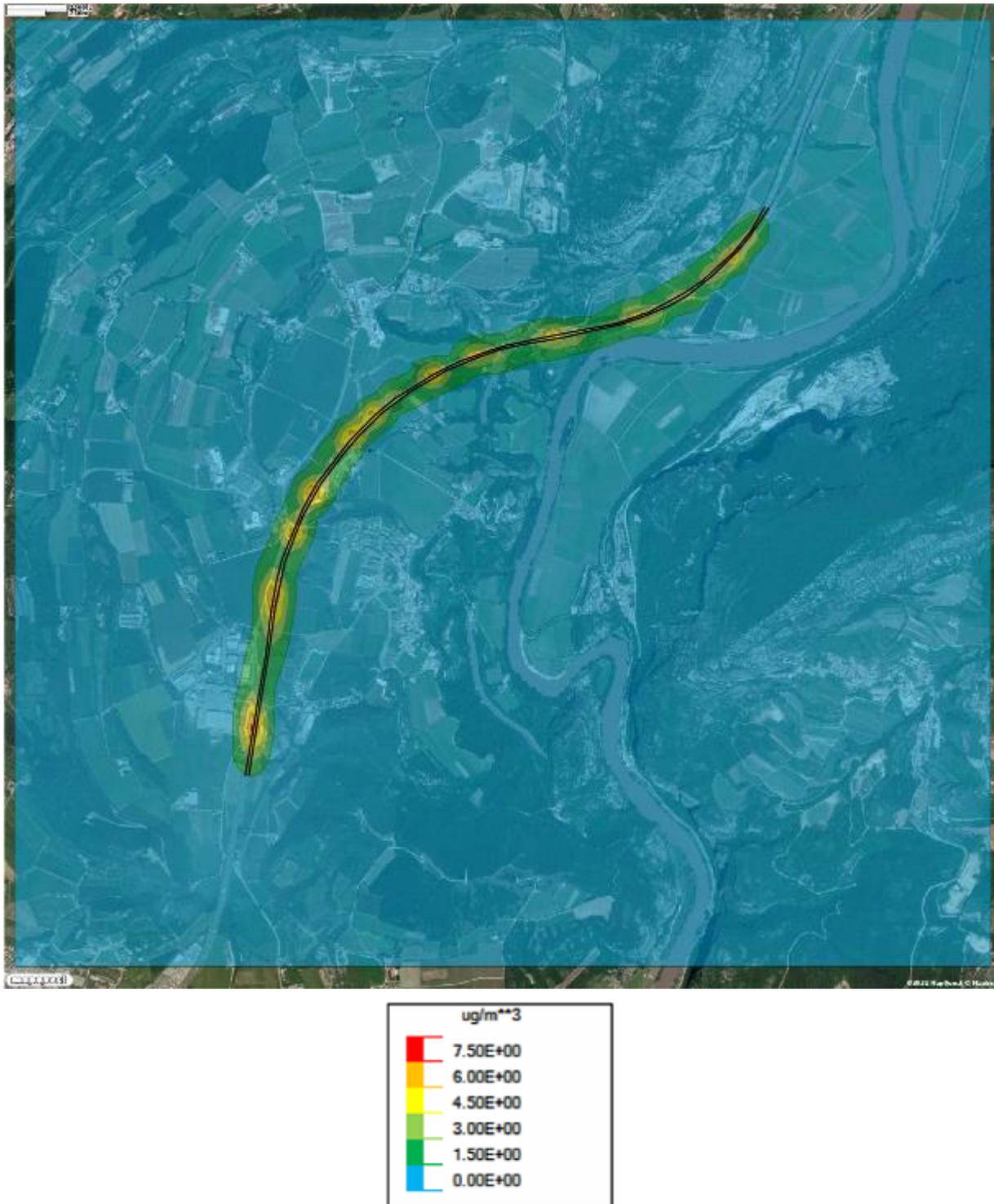


Figura 5-viii: SDP - Mappa dei valori medi nell'anno di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

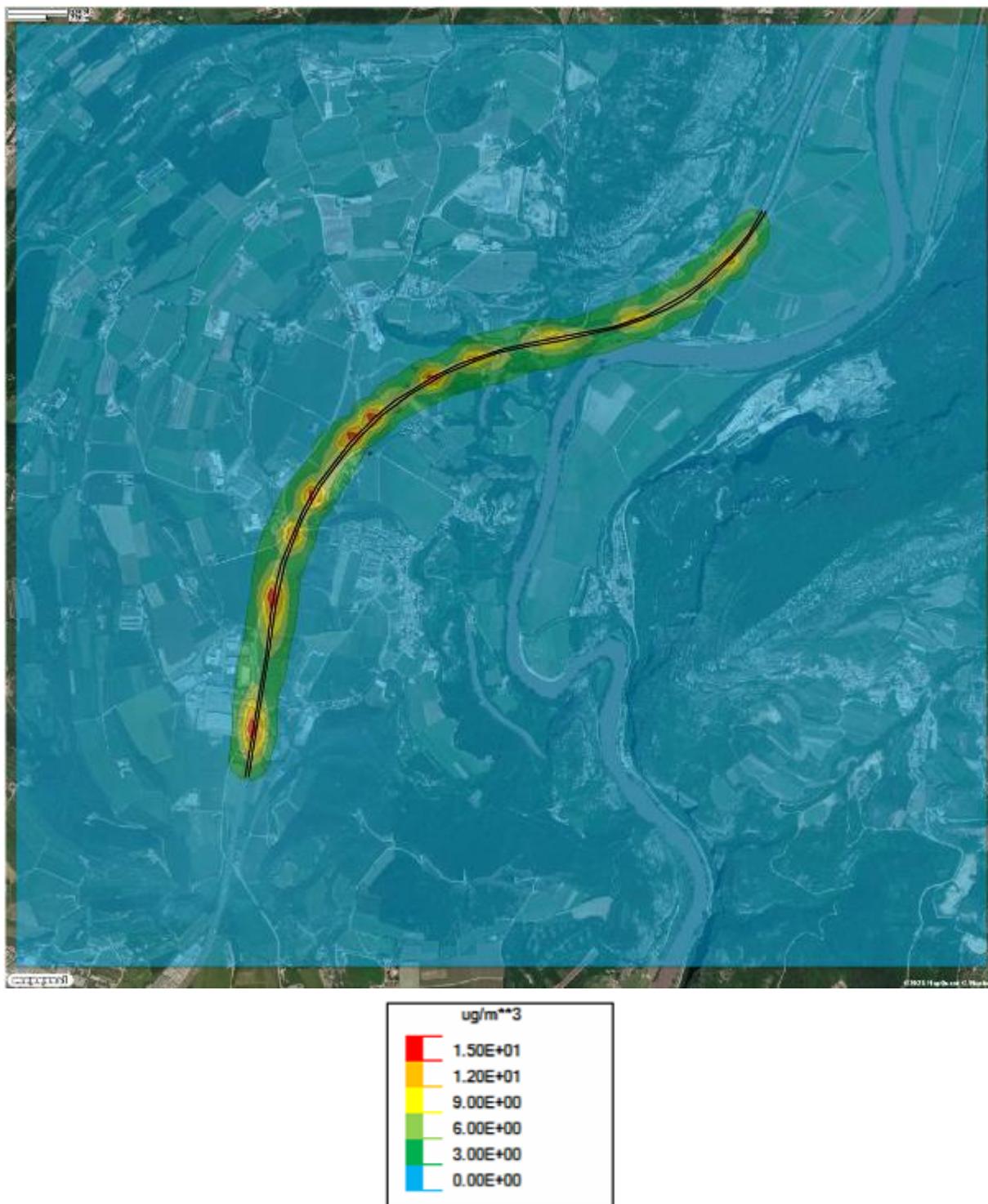


Figura 5-ix: SDF - Mappa dei valori massimi (90.4°) sulle 24 ore di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

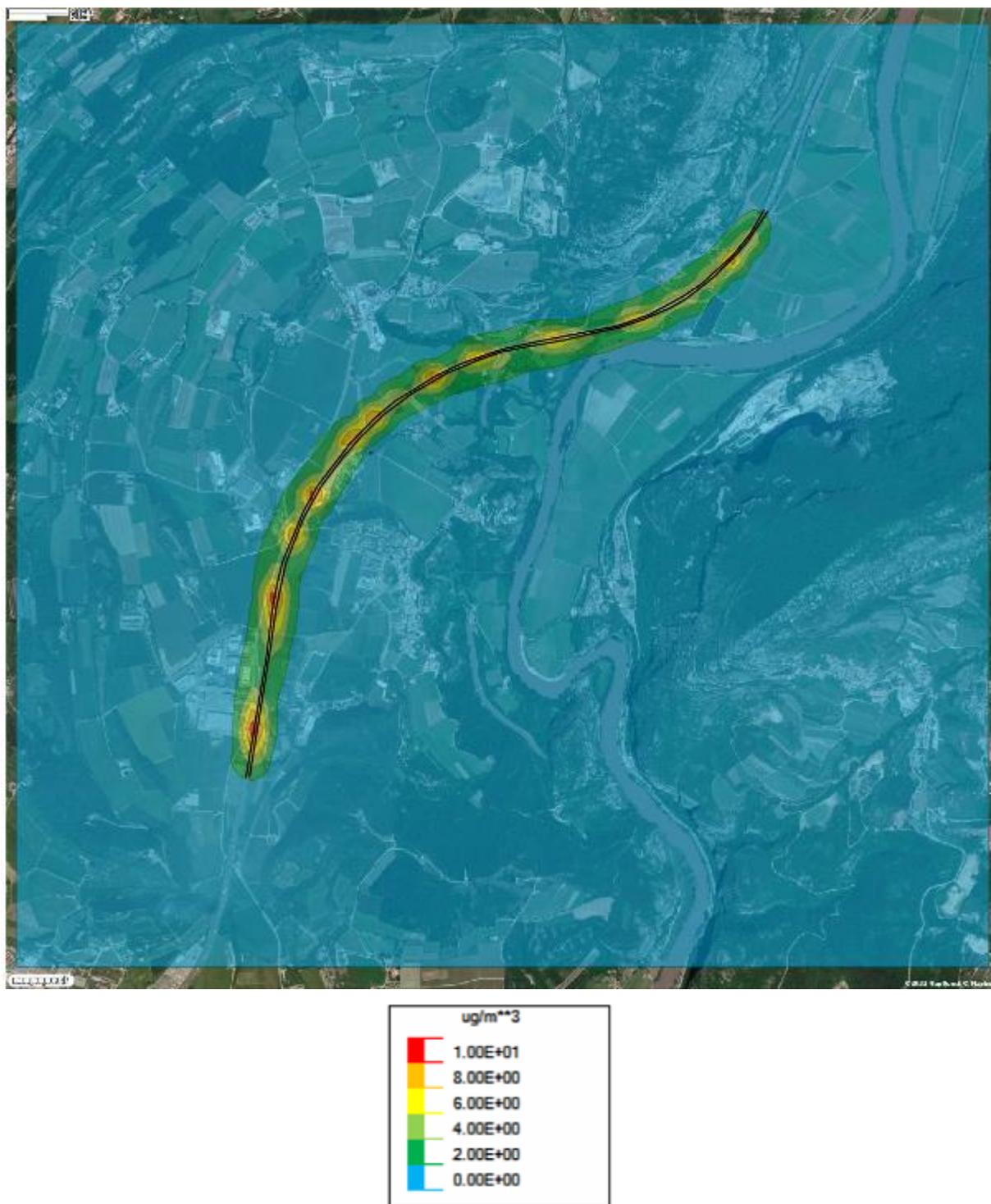


Figura 5-x: SDP0 - Mappa dei valori massimi (90.4°) sulle 24 ore di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

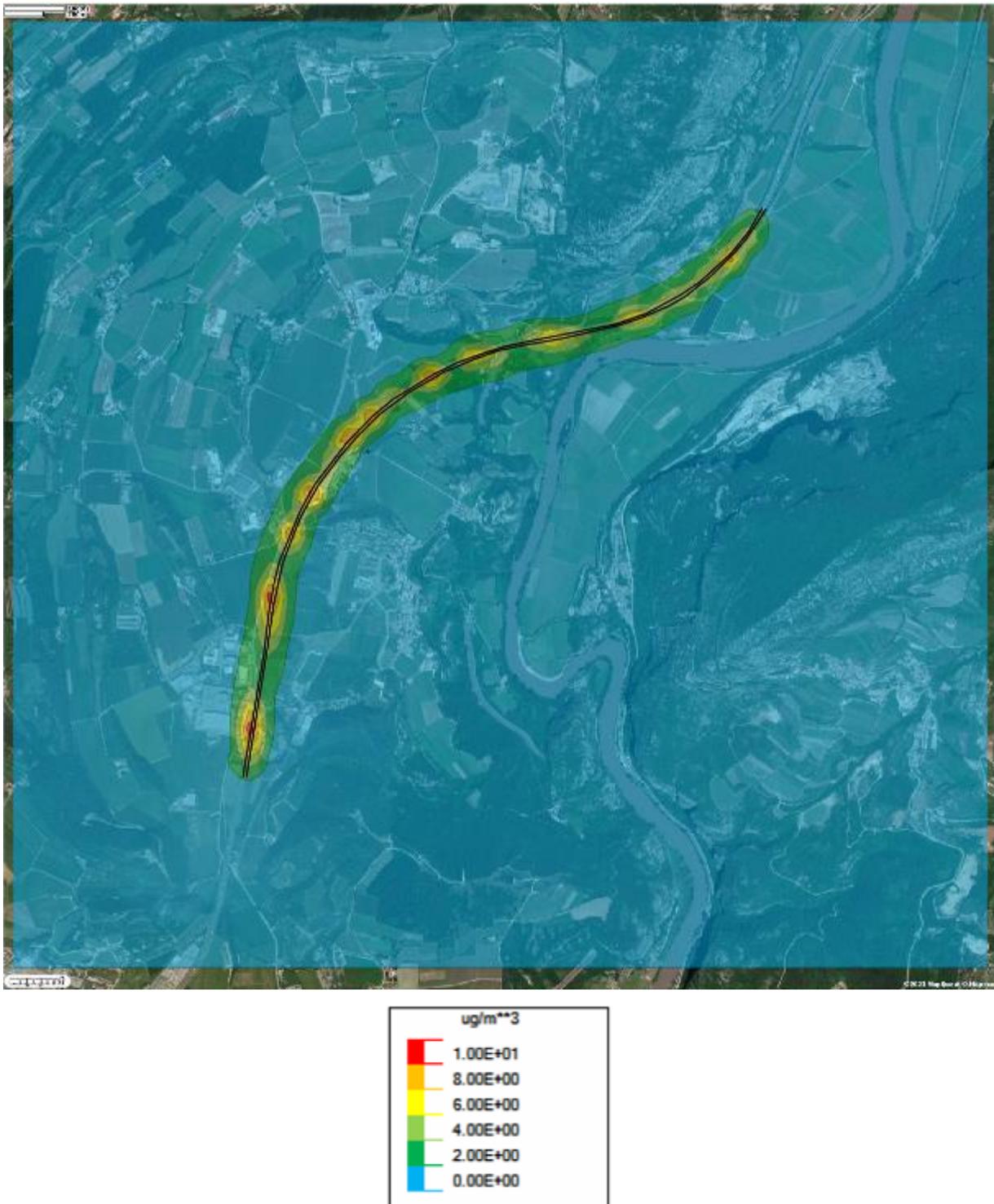


Figura 5-xi: SDP - Mappa dei valori massimi (90.4°) sulle 24 ore di PM₁₀ (ug/m³) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.6.2 Polveri fini (PM_{2.5}) nei tre scenari (fase di esercizio)

Da Figura 5-xii a Figura 5-xiv viene mostrato il contributo dell'autostrada in termini di concentrazioni al suolo di polveri fini.

Il più sollecitato è il recettore R41 che presenta un valore di concentrazione superiore al 5% del valore limite, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP).

Tuttavia, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa 2.3%, con un decremento massimo superiore al'6%, che si osserva nel caso del recettore più esposto, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

In generale, quindi, risulta un significativo miglioramento dei valori di concentrazione degli inquinanti rispetto allo stato attuale (SDF), sia nel caso della soluzione progettuale (SDP) che in quella programmatica (SDP0), dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, risulta un lieve miglioramento nel caso della soluzione progettuale (SDP) rispetto a quella programmatica (SDP0), dovuto alla presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud e ai correlati minori rallentamenti dei mezzi pesanti.

Complessivamente il contributo del progetto risulta non significativo, dato che presso tutti i recettori considerati risulta nello scenario di progetto un miglioramento rispetto allo scenario programmatico ossia all'opzione zero (SDP0) e tutti i valori ottenuti sono inferiori ai valori limite previsti da normativa, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

Recettori (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R1	2,469	1,150	1,134	-5,28%	-5,34%
R2	1,357	0,637	0,628	-2,88%	-2,91%
R3	1,241	0,583	0,575	-2,63%	-2,66%
R4	0,826	0,389	0,384	-1,75%	-1,77%
R5	1,021	0,480	0,474	-2,16%	-2,19%
R6	0,885	0,417	0,411	-1,87%	-1,90%
R7	0,815	0,384	0,379	-1,72%	-1,74%
R8	0,801	0,378	0,373	-1,69%	-1,71%
R9	0,797	0,376	0,371	-1,69%	-1,71%
R10	1,258	0,591	0,583	-2,67%	-2,70%
R11	1,167	0,549	0,542	-2,47%	-2,50%
R12	1,429	0,670	0,661	-3,04%	-3,07%
R13	2,201	1,076	1,064	-4,50%	-4,55%
R14	0,682	0,328	0,324	-1,42%	-1,43%
R15	1,127	0,544	0,538	-2,33%	-2,35%
R16	1,528	0,714	0,705	-3,26%	-3,29%
R17	0,474	0,223	0,220	-1,00%	-1,02%
R18	0,373	0,176	0,174	-0,79%	-0,80%
R19	0,253	0,120	0,118	-0,53%	-0,54%
R20	0,241	0,114	0,113	-0,51%	-0,51%
R21	0,706	0,337	0,333	-1,47%	-1,49%
R22	0,391	0,185	0,183	-0,82%	-0,83%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore medio annuo)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% Δ 1/VL	% Δ 2/VL
R23	0,410	0,194	0,191	-0,86%	-0,87%
R24	1,205	0,567	0,560	-2,55%	-2,58%
R25	1,036	0,488	0,482	-2,19%	-2,22%
R26	0,768	0,362	0,358	-1,62%	-1,64%
R27	1,858	0,871	0,859	-3,95%	-3,99%
R28	1,716	0,805	0,795	-3,64%	-3,68%
R29	0,616	0,291	0,287	-1,30%	-1,32%
R30	0,785	0,370	0,365	-1,66%	-1,68%
R31	1,838	0,863	0,852	-3,90%	-3,94%
R32	0,603	0,288	0,284	-1,26%	-1,28%
R33	0,399	0,190	0,188	-0,84%	-0,85%
R34	0,653	0,309	0,305	-1,38%	-1,39%
R35	0,762	0,360	0,355	-1,61%	-1,63%
R36	1,057	0,498	0,491	-2,24%	-2,26%
R37	1,194	0,562	0,555	-2,53%	-2,56%
R38	2,039	0,953	0,940	-4,34%	-4,39%
R39	0,524	0,248	0,245	-1,11%	-1,12%
R40	0,672	0,317	0,313	-1,42%	-1,44%
R41	2,998	1,483	1,468	-6,06%	-6,12%
R42	1,168	0,562	0,556	-2,42%	-2,45%
R43	0,505	0,241	0,238	-1,06%	-1,07%
R44	0,919	0,432	0,426	-1,95%	-1,97%
R45	2,507	1,157	1,140	-5,40%	-5,47%
MAX sui recettori	2,998	1,483	1,468	-6,06%	-6,12%

Tabella 5-xv: Fase di esercizio - Valore medio annuo di polveri fini ($\text{PM}_{2.5}$) per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

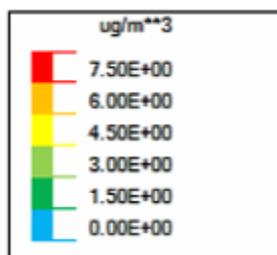
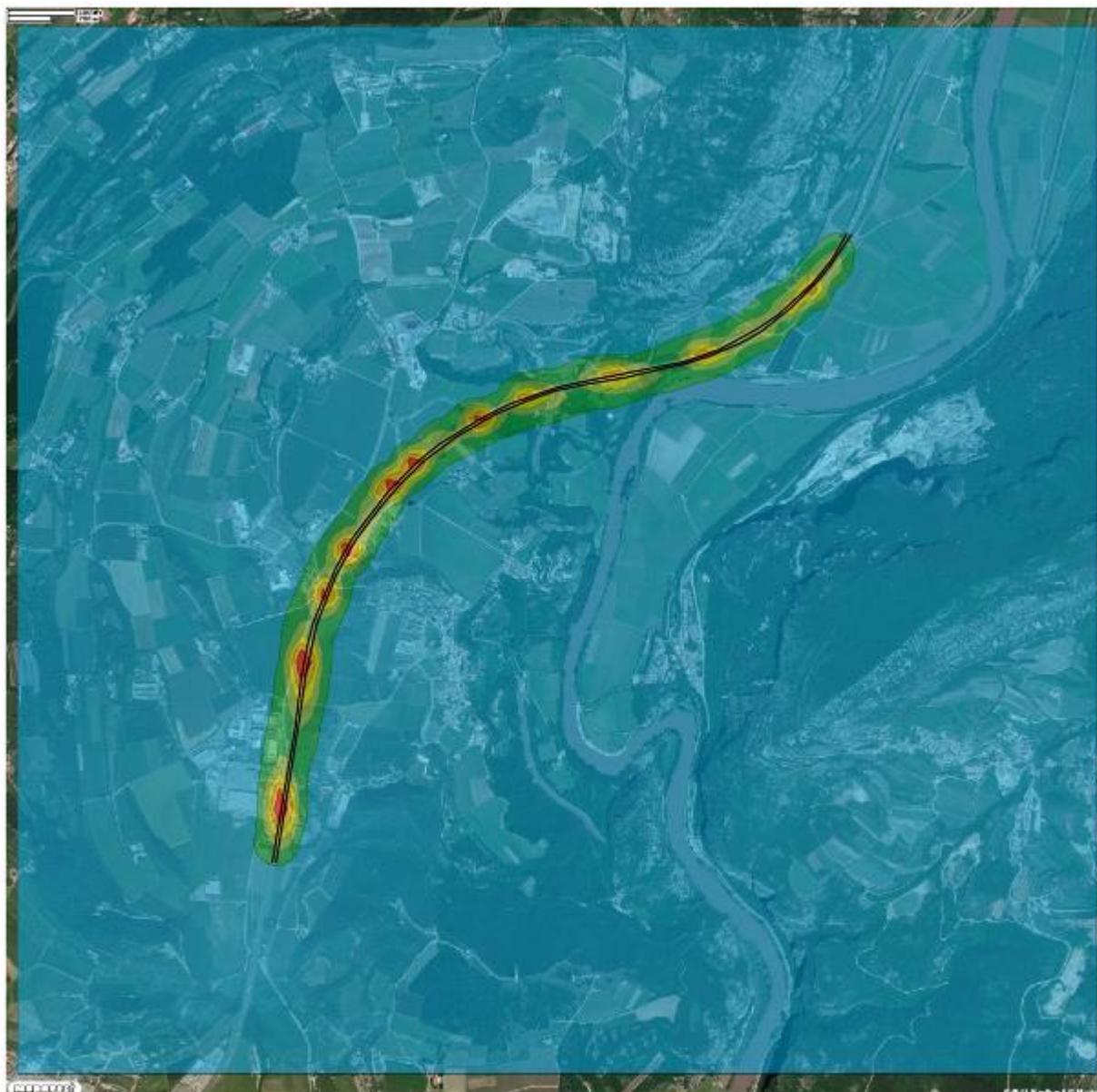


Figura 5-xii: SDF - Mappa dei valori medi nell'anno di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

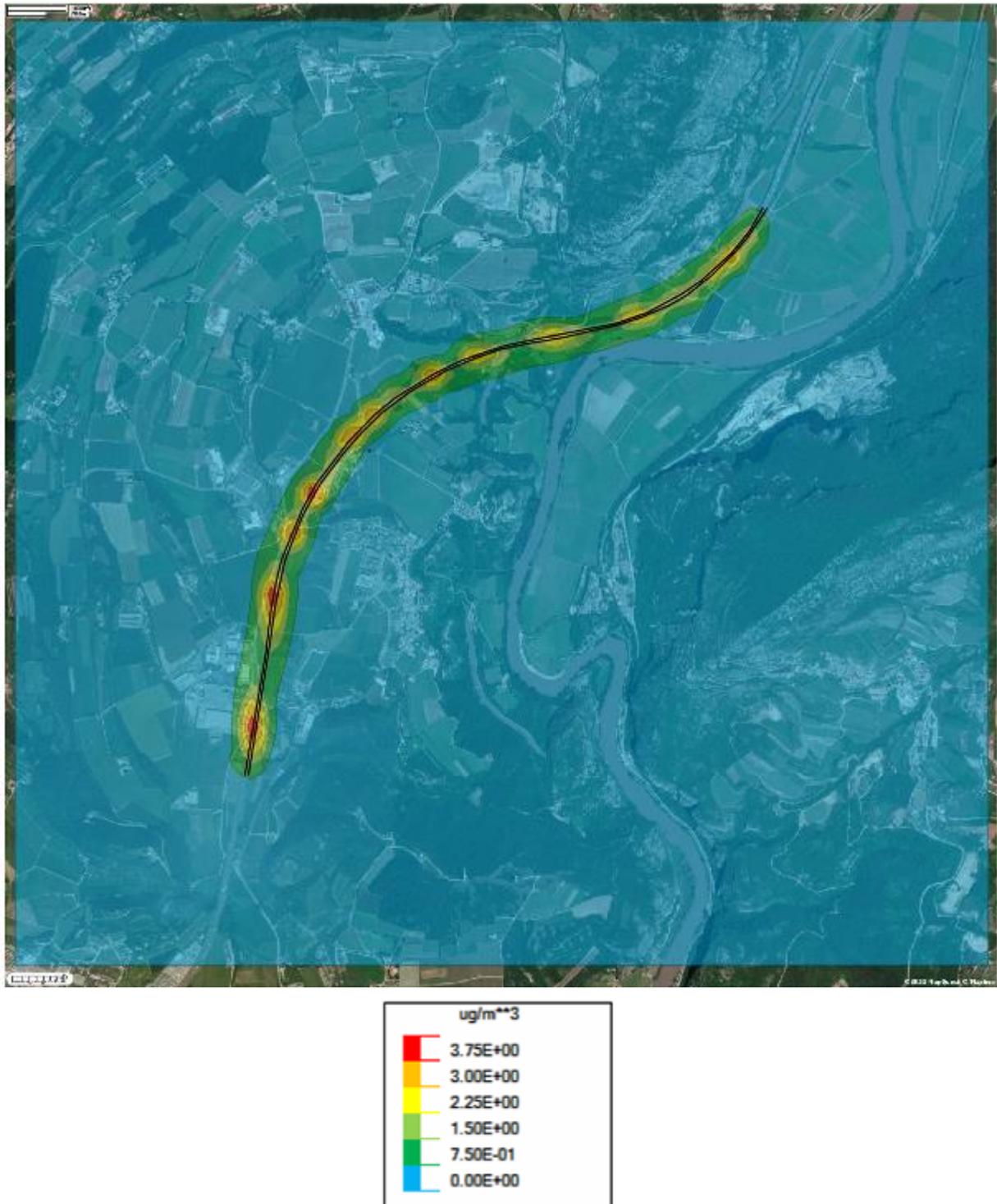


Figura 5-xiii: SDP0 - Mappa dei valori medi nell'anno di PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

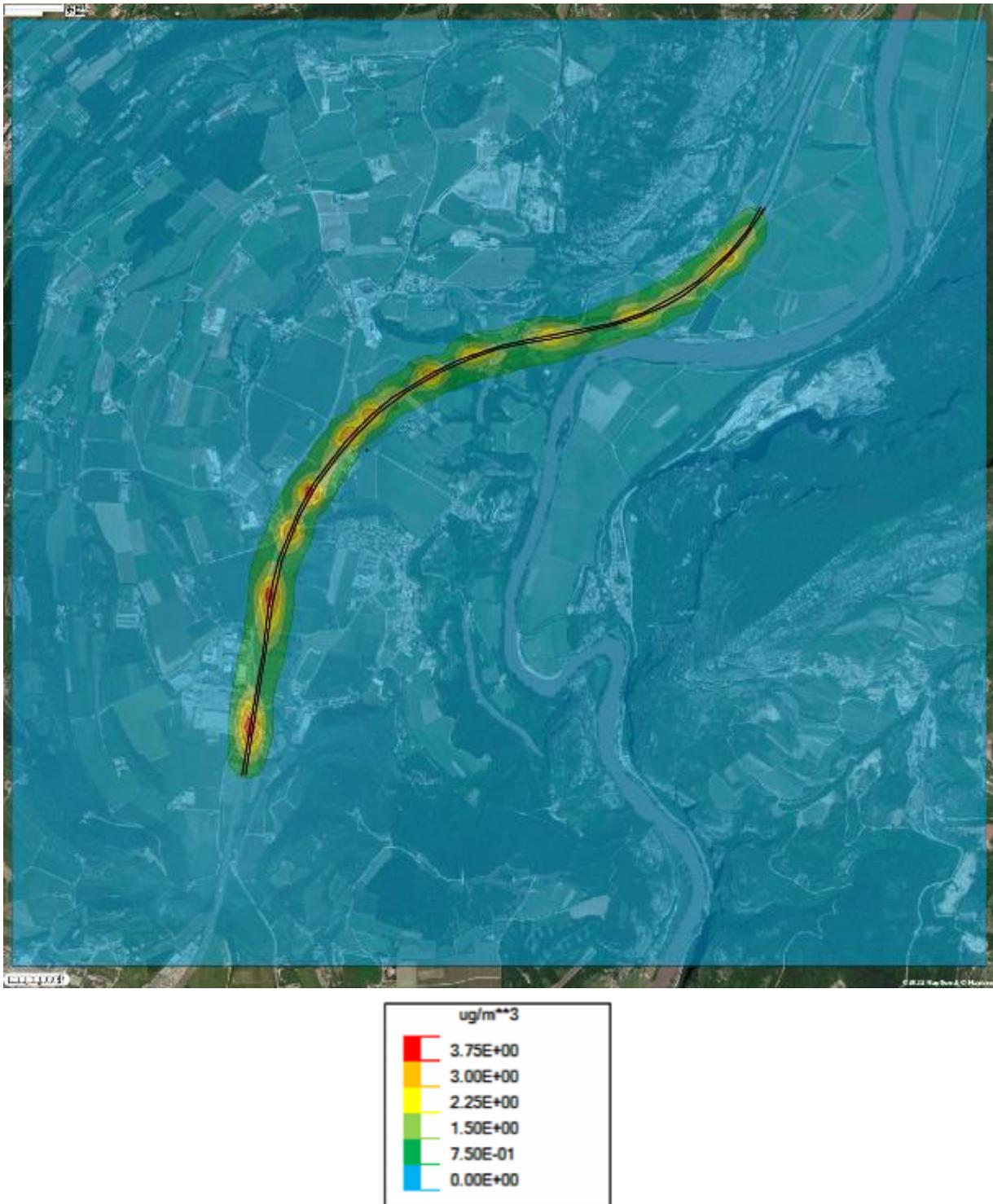


Figura 5-xiv: SDP - Mappa dei valori medi nell'anno di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.6.3 Ossidi di azoto (NO₂/NO_x) nei tre scenari (fase di esercizio)

Da Figura 5-xv a Figura 5-xx viene mostrato il contributo dell'autostrada in termini di concentrazioni al suolo di ossidi di azoto.

Per quanto riguarda le medie annuali, il più sollecitato è il recettore R41 con un valore di concentrazione superiore a 10% del valore limite, seguito dai recettori R1-R12-R13-R16-R27-R28-R31-R38-R45 che presentano valori di concentrazione compresi tra il 5% e il 10% del valore limite, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP).

Tuttavia, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa il 9%, con un decremento massimo superiore al 20%, che si osserva proprio nel caso del recettore più esposto, per entrambi gli scenari progettuali (SDP0 e SDP).

Considerando invece i massimi orari, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP), circa il 45% del totale dei recettori presenta valori di concentrazione superiori al 5% del valore limite, ed in particolare alcuni (R13-R27-R41) superano anche il 10% del valore limite.

Tuttavia, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa 12.6%, con decrementi massimi intorno al 30%, nei casi dei recettori più esposti, per entrambi gli scenari progettuali (SDP0 e SDP).

In generale per entrambi i parametri, quindi, risulta un notevole miglioramento dei valori di concentrazione degli inquinanti rispetto allo stato attuale (SDF), sia nel caso della soluzione progettuale (SDP) che in quella programmatica (SDP0), dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, risulta un lievissimo miglioramento nel caso della soluzione progettuale (SDP) rispetto a quella programmatica (SDP0), dovuto alla presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud e ai correlati minori rallentamenti dei mezzi pesanti.

Complessivamente il contributo del progetto risulta non significativo, dato che presso tutti i recettori considerati nello scenario di progetto (SDP) risulta un miglioramento rispetto all'opzione zero (SDP0) e tutti i valori ottenuti sono inferiori ai valori limite previsti da normativa, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

Recettori NO ₂ (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R1	11,557	3,424	3,417	-20,33%	-20,35%
R2	6,300	1,907	1,903	-10,98%	-10,99%
R3	5,756	1,746	1,742	-10,03%	-10,04%
R4	3,825	1,168	1,165	-6,64%	-6,65%
R5	4,729	1,441	1,438	-8,22%	-8,23%
R6	4,096	1,251	1,248	-7,11%	-7,12%
R7	3,769	1,154	1,152	-6,54%	-6,54%
R8	3,704	1,135	1,133	-6,42%	-6,43%
R9	3,684	1,130	1,128	-6,38%	-6,39%
R10	5,838	1,769	1,766	-10,17%	-10,18%
R11	5,410	1,646	1,643	-9,41%	-9,42%
R12	6,644	2,004	2,000	-11,60%	-11,61%
R13	9,774	3,318	3,313	-16,14%	-16,15%
R14	3,091	0,998	0,997	-5,23%	-5,24%
R15	5,069	1,665	1,663	-8,51%	-8,52%
R16	7,125	2,133	2,128	-12,48%	-12,49%
R17	2,194	0,670	0,669	-3,81%	-3,81%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori NO ₂ (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R18	1,720	0,530	0,529	-2,97%	-2,98%
R19	1,164	0,360	0,359	-2,01%	-2,01%
R20	1,110	0,344	0,343	-1,92%	-1,92%
R21	3,211	1,025	1,023	-5,46%	-5,47%
R22	1,802	0,557	0,556	-3,11%	-3,11%
R23	1,889	0,584	0,582	-3,26%	-3,27%
R24	5,578	1,704	1,700	-9,69%	-9,69%
R25	4,788	1,468	1,465	-8,30%	-8,31%
R26	3,541	1,090	1,088	-6,13%	-6,13%
R27	8,634	2,607	2,601	-15,07%	-15,08%
R28	7,966	2,412	2,407	-13,89%	-13,90%
R29	2,843	0,876	0,875	-4,92%	-4,92%
R30	3,626	1,113	1,111	-6,28%	-6,29%
R31	8,525	2,588	2,582	-14,84%	-14,86%
R32	2,751	0,874	0,872	-4,69%	-4,70%
R33	1,824	0,576	0,575	-3,12%	-3,12%
R34	3,011	0,930	0,928	-5,20%	-5,21%
R35	3,511	1,083	1,081	-6,07%	-6,08%
R36	4,887	1,495	1,492	-8,48%	-8,49%
R37	5,531	1,686	1,683	-9,61%	-9,62%
R38	9,504	2,847	2,841	-16,64%	-16,66%
R39	2,414	0,747	0,745	-4,17%	-4,17%
R40	3,102	0,955	0,953	-5,37%	-5,37%
R41	13,117	4,616	4,610	-21,25%	-21,27%
R42	5,275	1,717	1,714	-8,90%	-8,90%
R43	2,305	0,732	0,730	-3,93%	-3,94%
R44	4,258	1,295	1,292	-7,41%	-7,42%
R45	11,850	3,419	3,412	-21,08%	-21,09%
MAX sui recettori	13,117	4,616	4,610	-21,25%	-21,27%

Tabella 5-xvi: Fase di esercizio - Valore medio annuo NO₂ per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori NO ₂ (Valore 99.8° media oraria)	SDF (µg/m ³)	SDPO (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R1	64,851	19,455	19,416	-22,70%	-22,72%
R2	39,156	11,949	11,925	-13,60%	-13,62%
R3	36,569	11,176	11,154	-12,70%	-12,71%
R4	27,225	8,366	8,350	-9,43%	-9,44%
R5	31,516	9,667	9,649	-10,92%	-10,93%
R6	28,439	8,737	8,720	-9,85%	-9,86%
R7	26,300	8,109	8,094	-9,10%	-9,10%
R8	25,871	7,990	7,975	-8,94%	-8,95%
R9	25,715	7,950	7,935	-8,88%	-8,89%
R10	37,160	11,374	11,352	-12,89%	-12,90%
R11	34,711	10,676	10,656	-12,02%	-12,03%
R12	41,834	12,775	12,750	-14,53%	-14,54%
R13	67,057	22,460	22,424	-22,30%	-22,32%
R14	24,408	7,857	7,843	-8,28%	-8,28%
R15	35,413	11,693	11,674	-11,86%	-11,87%
R16	48,938	14,808	14,779	-17,06%	-17,08%
R17	20,168	6,130	6,118	-7,02%	-7,03%
R18	19,099	5,782	5,770	-6,66%	-6,66%
R19	17,456	5,586	5,576	-5,93%	-5,94%
R20	17,954	5,508	5,497	-6,22%	-6,23%
R21	24,717	7,829	7,815	-8,44%	-8,45%
R22	23,406	7,231	7,217	-8,09%	-8,09%
R23	24,219	7,469	7,454	-8,38%	-8,38%
R24	46,719	14,532	14,505	-16,09%	-16,11%
R25	44,756	13,722	13,696	-15,52%	-15,53%
R26	33,262	10,261	10,241	-11,50%	-11,51%
R27	69,263	21,008	20,965	-24,13%	-24,15%
R28	64,505	19,573	19,535	-22,47%	-22,49%
R29	27,334	8,543	8,527	-9,40%	-9,40%
R30	30,442	9,435	9,417	-10,50%	-10,51%
R31	63,657	19,701	19,663	-21,98%	-22,00%
R32	23,904	7,568	7,554	-8,17%	-8,17%
R33	16,620	5,202	5,192	-5,71%	-5,71%
R34	30,636	9,350	9,332	-10,64%	-10,65%
R35	26,047	8,057	8,042	-8,99%	-9,00%
R36	31,963	9,982	9,963	-10,99%	-11,00%
R37	35,456	10,811	10,790	-12,32%	-12,33%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori NO ₂ (Valore 99.8° media oraria)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R38	55,645	16,781	16,748	-19,43%	-19,45%
R39	18,433	5,839	5,828	-6,30%	-6,30%
R40	22,399	6,927	6,914	-7,74%	-7,74%
R41	90,620	31,251	31,203	-29,68%	-29,71%
R42	42,810	13,869	13,845	-14,47%	-14,48%
R43	21,498	6,807	6,794	-7,35%	-7,35%
R44	25,877	7,932	7,917	-8,97%	-8,98%
R45	61,805	17,989	17,951	-21,91%	-21,93%
MAX sui recettori	90,620	31,251	31,203	-29,68%	-29,71%

Tabella 5-xvii: Fase di esercizio - Valore 99.8° media oraria NO₂ per ogni recettore nei tre scenari indagati

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto totali, sui recettori ecosistemici, allo stato attuale (SDF) i valori ottenuti presso alcuni recettori (RE1-RE4-RE5) risultano superiori ai valori limite previsti da normativa.

Considerando invece entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP), tutti i valori di concentrazione ottenuti presso i recettori sono inferiori al valore limite previsto da normativa (30 µg/m³) e si ha un netto miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio pari a circa l'80%, dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, nel caso della soluzione progettuale (SDP) risulta un lieve miglioramento rispetto a quella programmata ossia all'opzione zero (SDP0), dovuto alla presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud e ai correlati minori rallentamenti dei mezzi pesanti. Infine, i valori ottenuti in tale scenario (SDP) risultano ovunque inferiori al valore limite di legge per la protezione della vegetazione.

Recettori ecosistemici NO _x (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/SDF	% Δ2/SDF
RE1	49,365	10,336	10,297	-79,06%	-79,14%
RE2	8,561	1,652	1,645	-80,71%	-80,79%
RE3	21,408	4,139	4,122	-80,66%	-80,75%
RE4	38,688	7,213	7,181	-81,36%	-81,44%
RE5	48,341	10,015	9,977	-79,28%	-79,36%

Tabella 5-xviii: Fase di esercizio - Valore medio annuo NO_x per ogni recettore ecosistemico nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

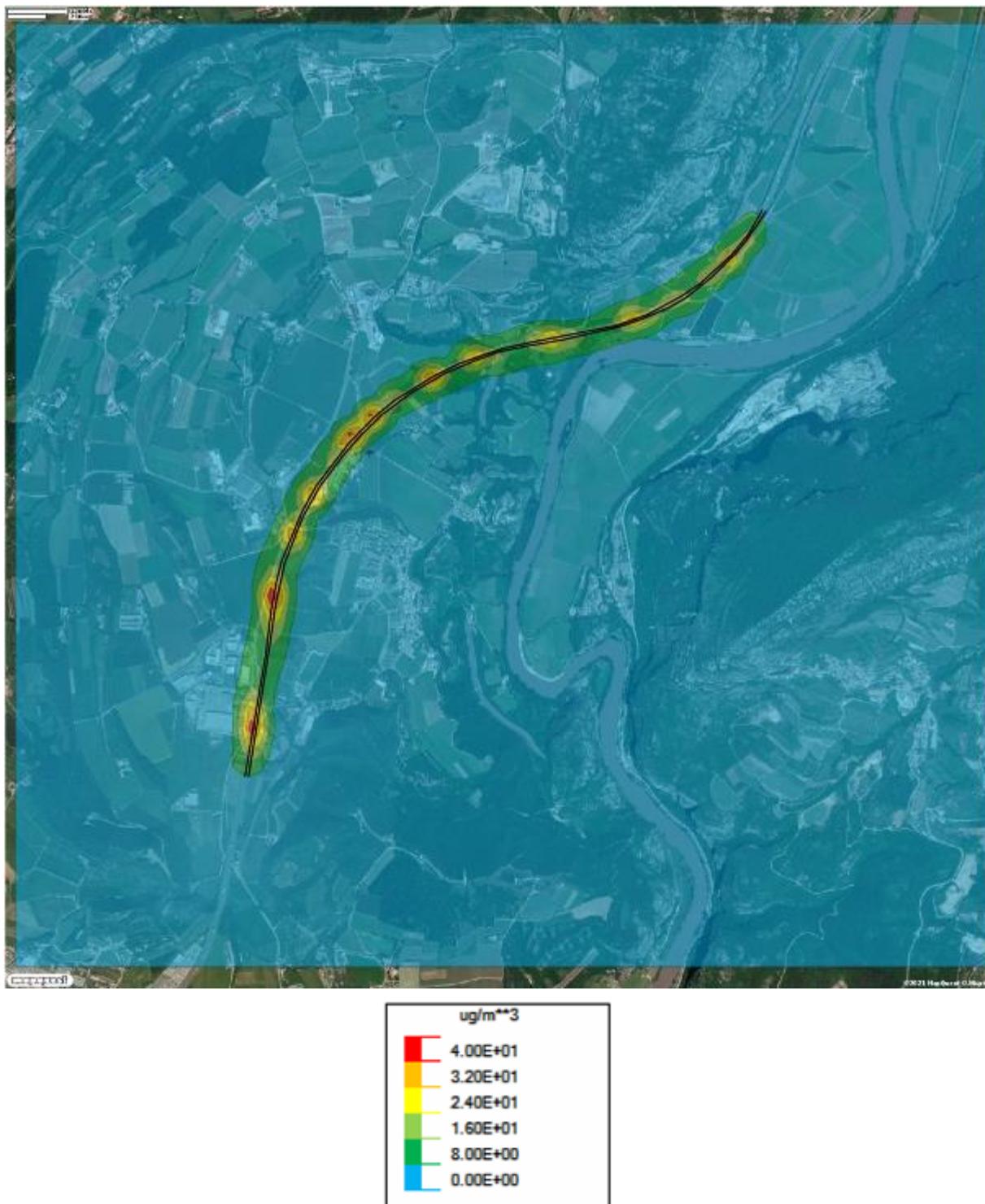


Figura 5-xv: SDF - Mappa dei valori medi nell'anno di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

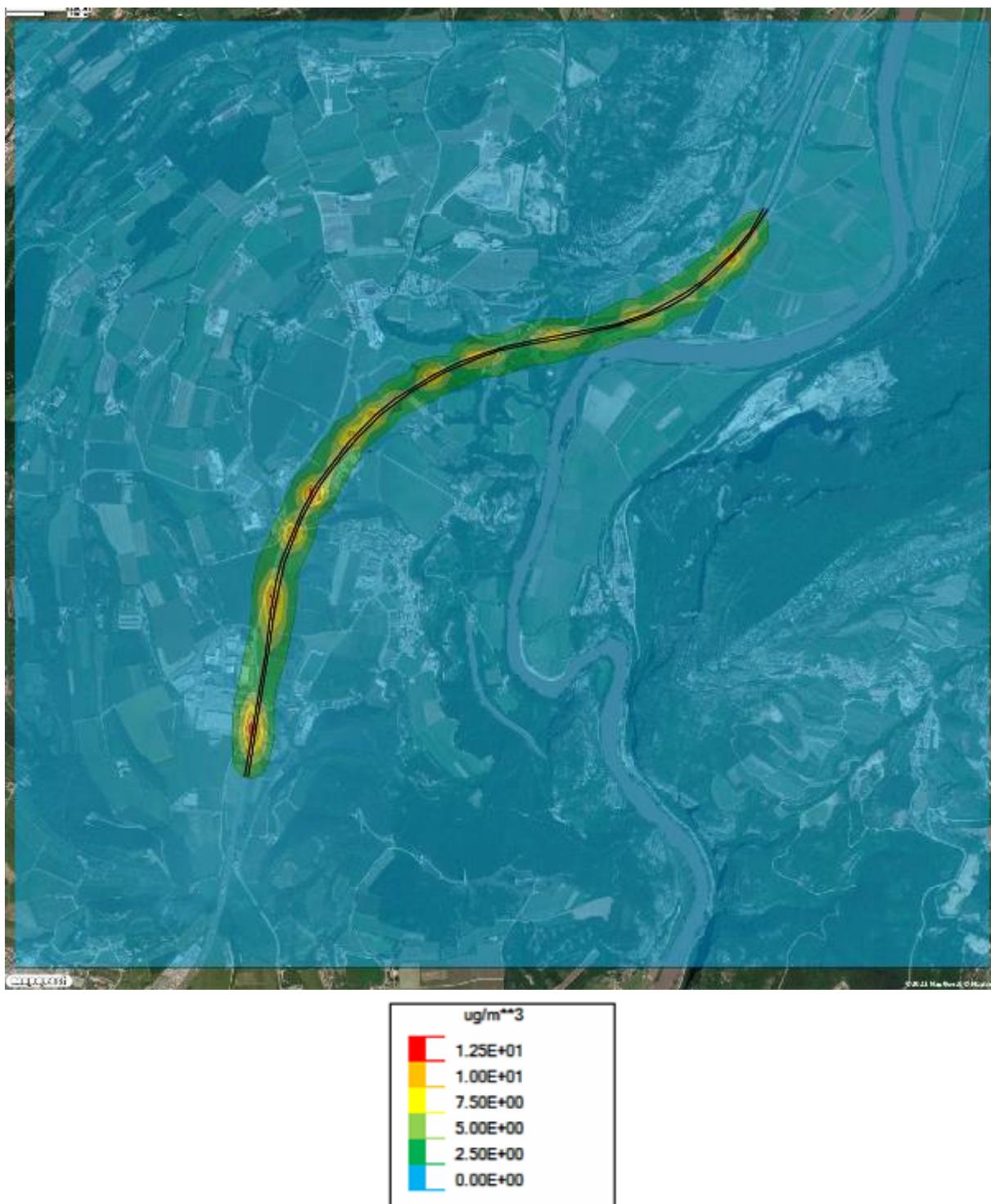


Figura 5-xvi: SDP0 - Mappa dei valori medi nell'anno di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

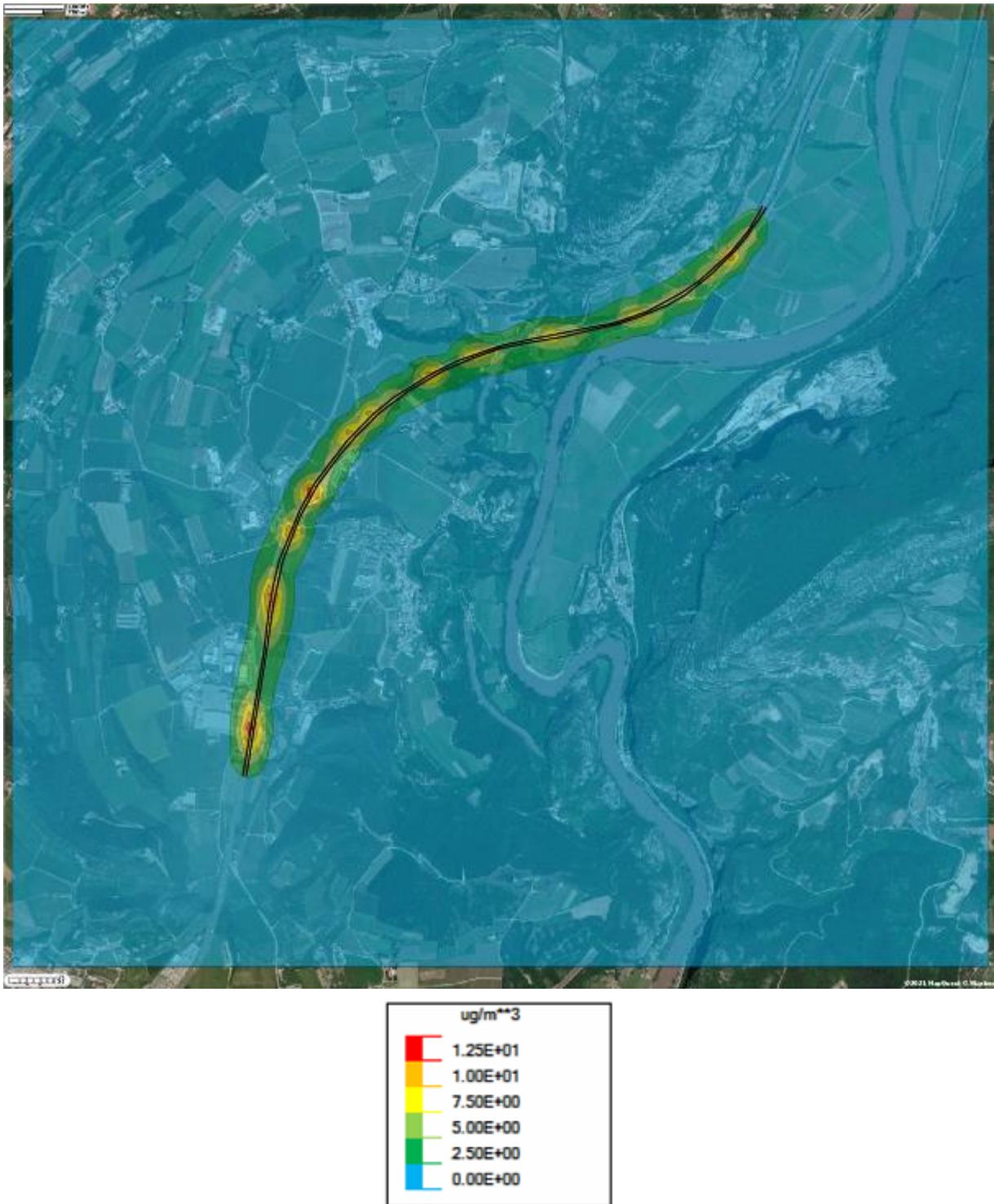


Figura 5-xvii: SDP - Mappa dei valori medi nell'anno di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

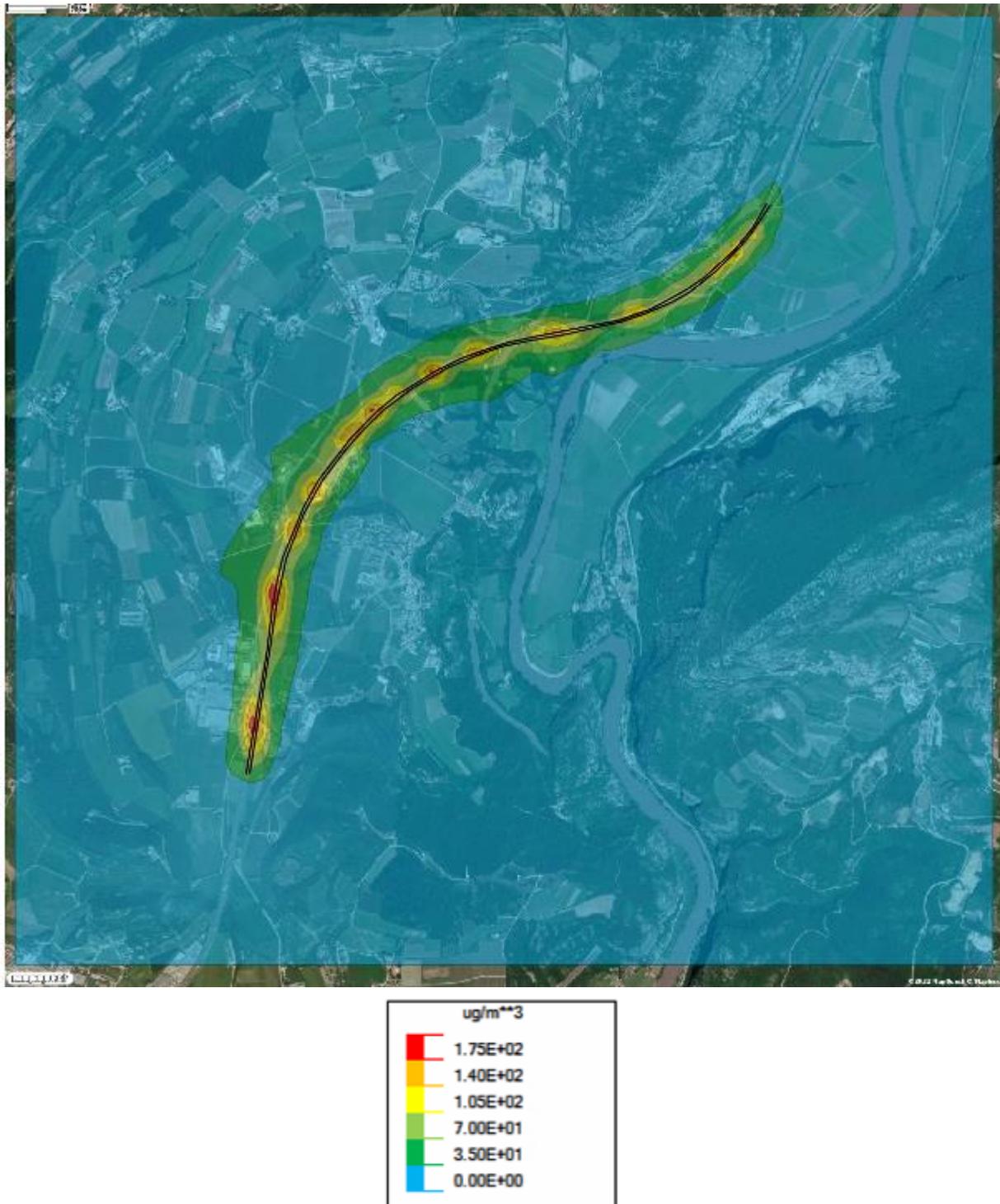


Figura 5-xviii: SDF - Mappa dei valori massimi (99.8°) orari di NO₂ (µg/m³) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

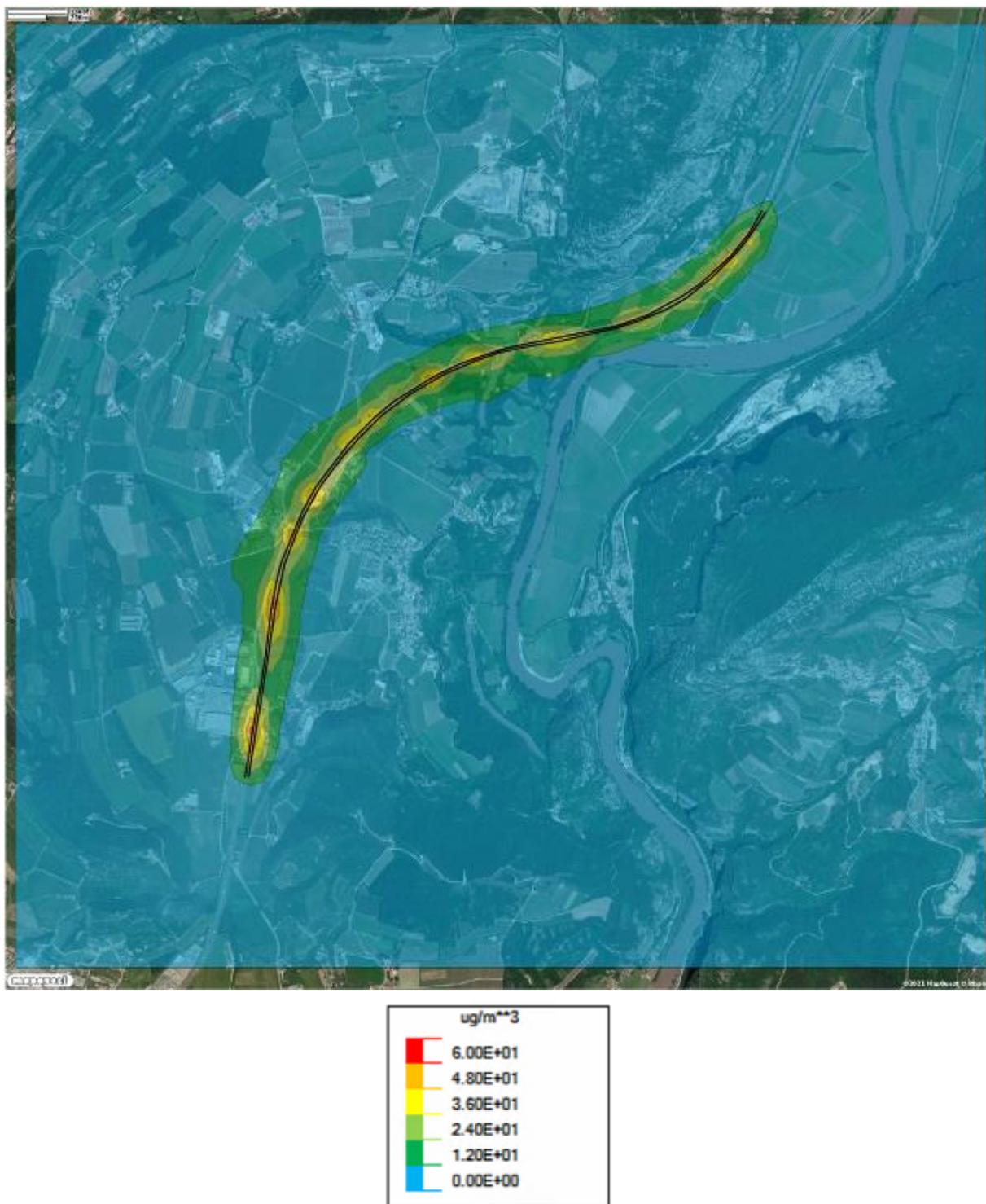


Figura 5-xix: SDP0 - Mappa dei valori massimi (99.8%) orari di NO₂ (µg/m³) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

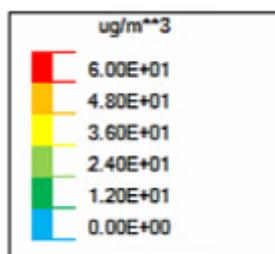
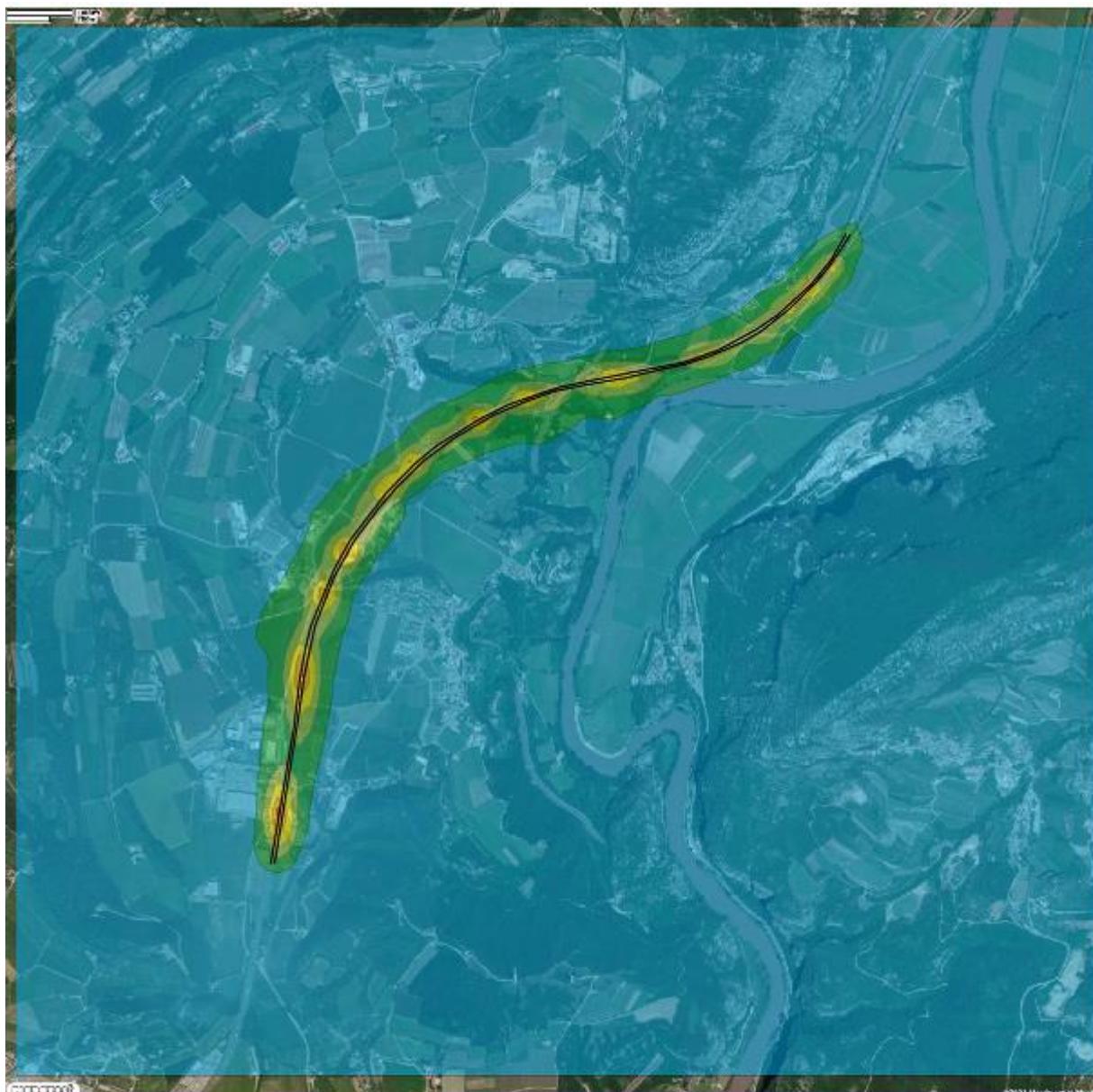


Figura 5-xx: SDP - Mappa dei valori massimi (99.8%) orari di NO₂ (µg/m³) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.6.4 Monossido di carbonio (CO) nei tre scenari (fase di esercizio)

Da Figura 5-xxi e Figura 5-xxiii viene mostrato il contributo del progetto in termini di concentrazioni al suolo di monossido di carbonio.

Tutti i recettori presentano valori di concentrazione inferiori al 5% del valore limite (pari a $10 \text{ mg/m}^3 = 10.000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$), sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP).

Inoltre, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa lo 0.8%, con decrementi massimi pari a circa il 2%, nel caso dei recettori più esposti, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

In generale, quindi, risulta un miglioramento dei valori di concentrazione degli inquinanti rispetto allo stato attuale (SDF), dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, risulta un lieve miglioramento nel caso della soluzione progettuale (SDP) rispetto a quella programmatica (SDP0), dovuto alla presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud e ai correlati minori rallentamenti dei mezzi pesanti.

Complessivamente il contributo del progetto risulta non significativo, dato che presso tutti i recettori considerati nello scenario di progetto (SDP) risulta un miglioramento rispetto all'opzione zero (SDP0) e tutti i valori ottenuti sono inferiori al valore limite previsto da normativa, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

Recettori (Valore massimo su 8h)	SDF ($\mu\text{g/m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g/m}^3$)	SDP ($\mu\text{g/m}^3$)	% $\Delta 1/\text{VL}$	% $\Delta 2/\text{VL}$
R1	206,416	58,688	58,397	-1,48%	-1,48%
R2	121,186	34,548	34,381	-0,87%	-0,87%
R3	111,223	31,711	31,558	-0,80%	-0,80%
R4	76,117	21,727	21,623	-0,54%	-0,54%
R5	91,736	26,167	26,041	-0,66%	-0,66%
R6	79,628	22,729	22,620	-0,57%	-0,57%
R7	74,371	21,240	21,139	-0,53%	-0,53%
R8	73,379	20,960	20,861	-0,52%	-0,53%
R9	73,114	20,887	20,788	-0,52%	-0,52%
R10	112,876	32,182	32,026	-0,81%	-0,81%
R11	104,492	29,805	29,662	-0,75%	-0,75%
R12	126,906	36,158	35,982	-0,91%	-0,91%
R13	195,294	56,490	56,261	-1,39%	-1,39%
R14	68,863	19,807	19,721	-0,49%	-0,49%
R15	100,817	29,210	29,095	-0,72%	-0,72%
R16	152,064	43,313	43,102	-1,09%	-1,09%
R17	55,675	15,882	15,805	-0,40%	-0,40%
R18	58,145	16,643	16,567	-0,42%	-0,42%
R19	49,194	14,052	13,986	-0,35%	-0,35%
R20	48,768	13,932	13,866	-0,35%	-0,35%
R21	70,264	20,161	20,071	-0,50%	-0,50%
R22	61,834	17,686	17,604	-0,44%	-0,44%
R23	63,030	18,030	17,946	-0,45%	-0,45%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore massimo su 8h)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% Δ 1/VL	% Δ 2/VL
R24	154,194	44,038	43,830	-1,10%	-1,10%
R25	139,376	39,817	39,629	-1,00%	-1,00%
R26	106,873	30,561	30,419	-0,76%	-0,76%
R27	191,476	54,660	54,400	-1,37%	-1,37%
R28	178,093	50,839	50,597	-1,27%	-1,27%
R29	86,742	24,811	24,696	-0,62%	-0,62%
R30	105,153	30,041	29,899	-0,75%	-0,75%
R31	171,535	49,009	48,778	-1,23%	-1,23%
R32	60,464	17,343	17,265	-0,43%	-0,43%
R33	40,015	11,473	11,421	-0,29%	-0,29%
R34	88,034	25,195	25,078	-0,63%	-0,63%
R35	77,338	22,086	21,981	-0,55%	-0,55%
R36	89,104	25,448	25,327	-0,64%	-0,64%
R37	97,609	27,868	27,736	-0,70%	-0,70%
R38	159,500	45,389	45,166	-1,14%	-1,14%
R39	49,321	14,110	14,045	-0,35%	-0,35%
R40	60,421	17,261	17,180	-0,43%	-0,43%
R41	285,296	82,940	82,625	-2,02%	-2,03%
R42	121,025	34,843	34,693	-0,86%	-0,86%
R43	53,284	15,287	15,219	-0,38%	-0,38%
R44	80,147	22,865	22,756	-0,57%	-0,57%
R45	193,931	54,916	54,631	-1,39%	-1,39%
MAX sui recettori	285,296	82,940	82,625	-2,02%	-2,03%

Tabella 5-xix: Fase di esercizio - Valore massimo su 8 h del monossido di carbonio (CO) per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

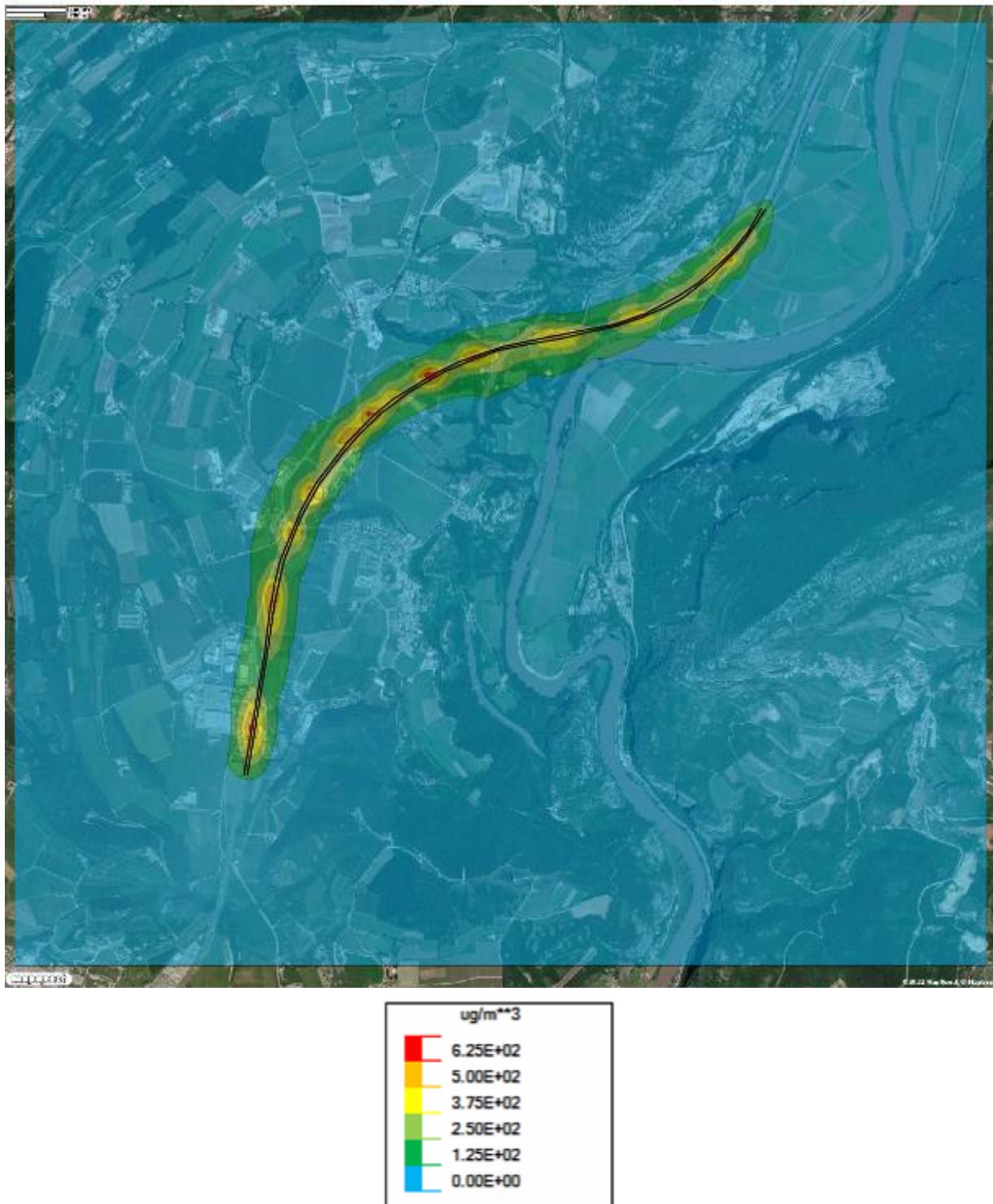


Figura 5-xxi: SDF - Mappa dei valori massimi sulle 8 ore di CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

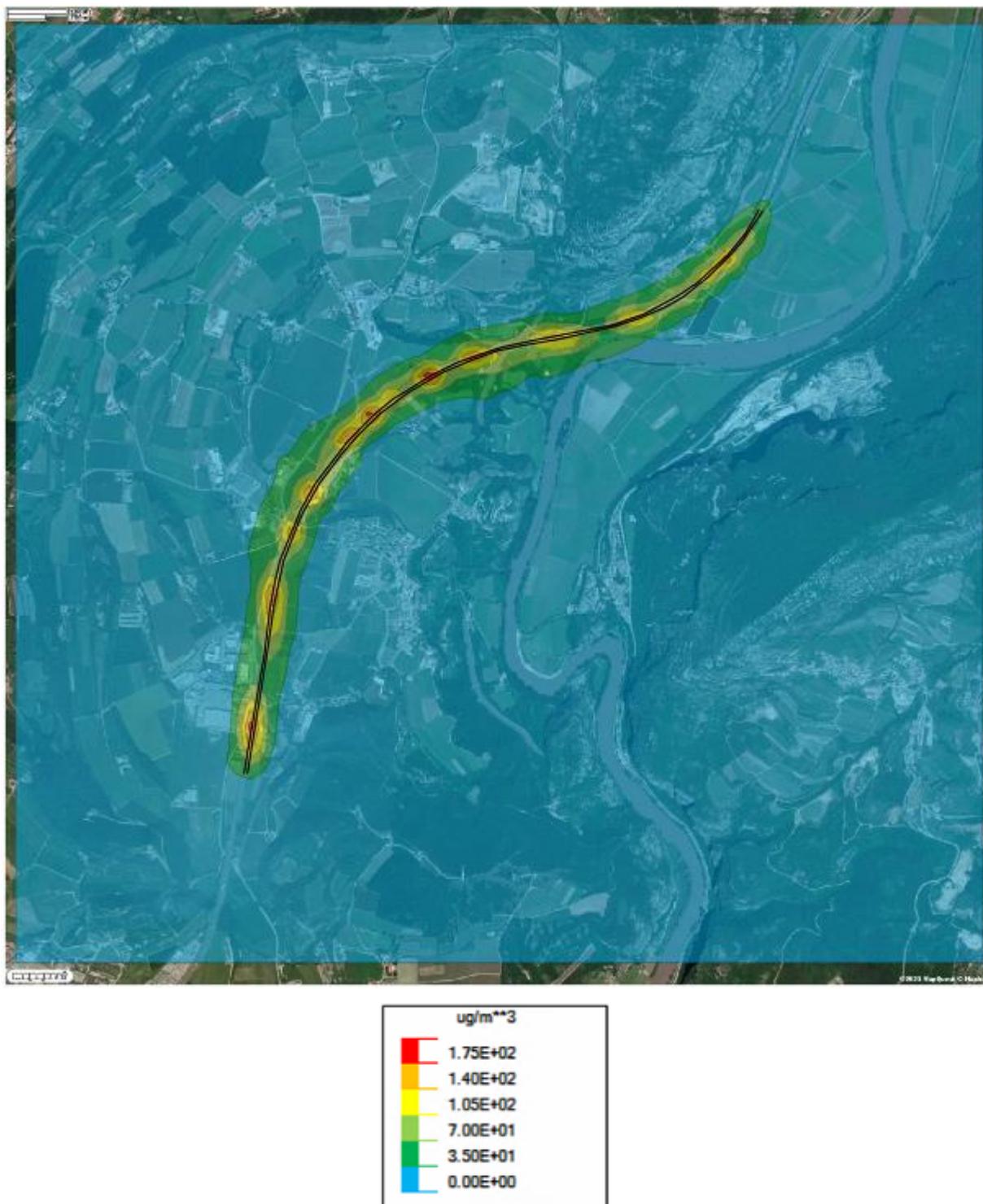


Figura 5-xxii: SDP0 - Mappa dei valori massimi sulle 8 ore di CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

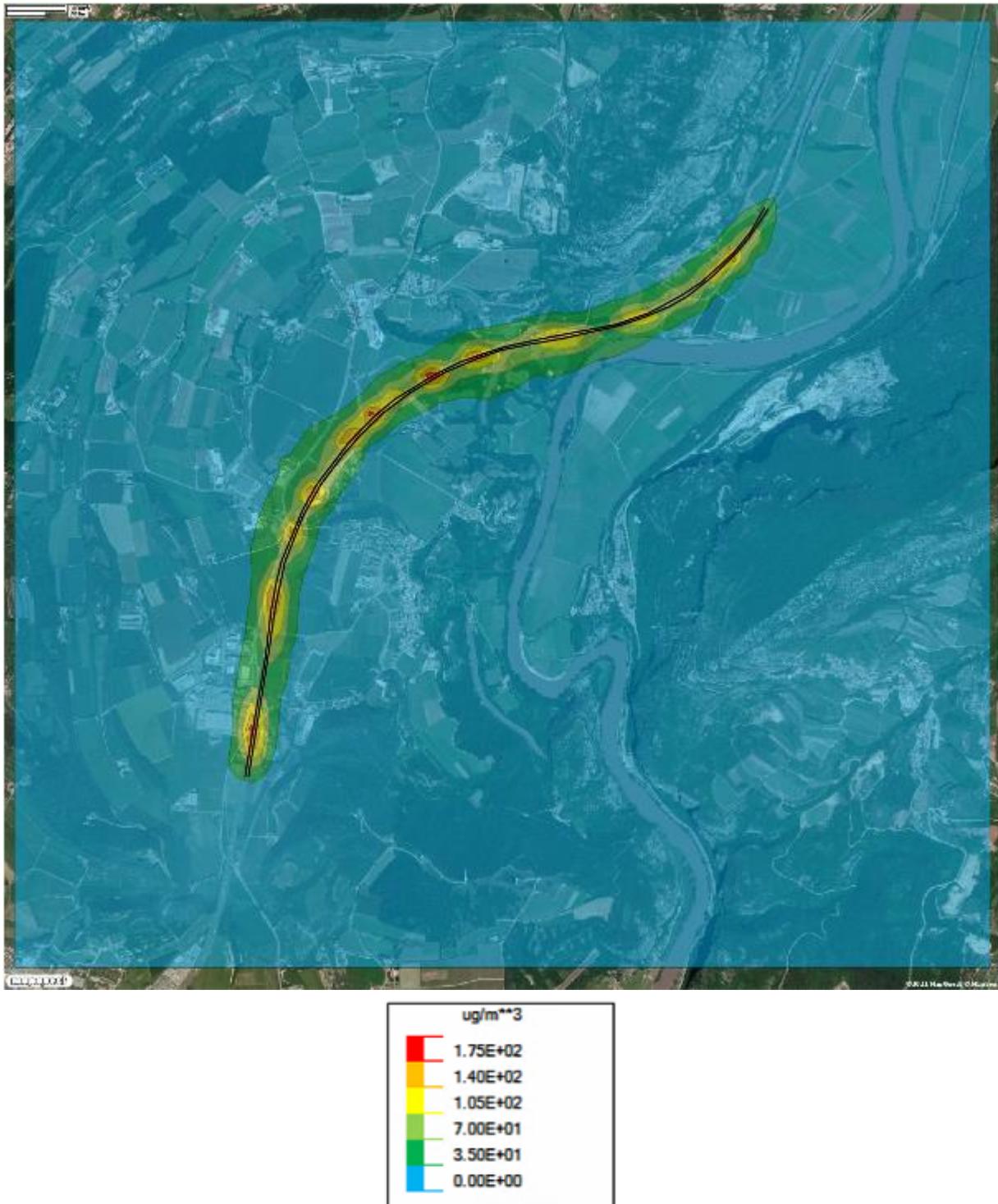


Figura 5-xxiii: SDP - Mappa dei valori massimi sulle 8 ore di CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

5.6.5 Benzene (C₆H₆) nei tre scenari (fase di esercizio)

Da Figura 5-xxiv a Figura 5-xxvi viene mostrato il contributo del progetto in termini di concentrazioni al suolo di benzene.

Tutti i recettori presentano valori di concentrazione inferiori al 5% del valore limite (pari a 5,00 µg/m³), sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP).

Inoltre, presso tutti i recettori considerati risulta un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF), con un decremento percentuale medio rispetto al valore limite pari a circa l'1.8%, con un decremento massimo pari a circa il 5% nel caso del recettore più esposto, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

In generale, quindi, risulta un significativo miglioramento dei valori di concentrazione degli inquinanti rispetto allo stato attuale (SDF), dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, risulta un lieve miglioramento nel caso della soluzione progettuale (SDP) rispetto a quella programmatica (SDP0), dovuto alla presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud e ai correlati minori rallentamenti dei mezzi pesanti.

Complessivamente il contributo del progetto risulta non significativo, dato che nello scenario di progetto non risulta alcuna variazione rispetto all'opzione zero (SDP0) (variazioni inferiori alla terza cifra decimale) e tutti i valori ottenuti sono inferiori al valore limite previsto da normativa, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).

Recettori (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	% Δ1/VL	% Δ2/VL
R1	0,227	0,031	0,031	-3,91%	-3,92%
R2	0,125	0,017	0,017	-2,16%	-2,16%
R3	0,114	0,016	0,016	-1,98%	-1,98%
R4	0,076	0,010	0,010	-1,32%	-1,32%
R5	0,094	0,013	0,013	-1,63%	-1,63%
R6	0,082	0,011	0,011	-1,41%	-1,41%
R7	0,075	0,010	0,010	-1,30%	-1,30%
R8	0,074	0,010	0,010	-1,28%	-1,28%
R9	0,074	0,010	0,010	-1,27%	-1,27%
R10	0,116	0,016	0,016	-2,00%	-2,01%
R11	0,108	0,015	0,015	-1,86%	-1,86%
R12	0,132	0,018	0,018	-2,27%	-2,28%
R13	0,206	0,027	0,027	-3,58%	-3,59%
R14	0,064	0,008	0,008	-1,10%	-1,10%
R15	0,105	0,014	0,014	-1,82%	-1,83%
R16	0,141	0,019	0,019	-2,43%	-2,43%
R17	0,044	0,006	0,006	-0,76%	-0,76%
R18	0,035	0,005	0,005	-0,60%	-0,60%
R19	0,023	0,003	0,003	-0,40%	-0,40%
R20	0,022	0,003	0,003	-0,39%	-0,39%
R21	0,066	0,009	0,009	-1,14%	-1,14%
R22	0,036	0,005	0,005	-0,63%	-0,63%
R23	0,038	0,005	0,005	-0,66%	-0,66%

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore medio annuo)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% $\Delta 1/\text{VL}$	% $\Delta 2/\text{VL}$
R24	0,111	0,015	0,015	-1,92%	-1,92%
R25	0,096	0,013	0,013	-1,65%	-1,66%
R26	0,071	0,010	0,010	-1,23%	-1,23%
R27	0,171	0,024	0,023	-2,96%	-2,96%
R28	0,158	0,022	0,022	-2,73%	-2,74%
R29	0,057	0,008	0,008	-0,99%	-0,99%
R30	0,073	0,010	0,010	-1,25%	-1,26%
R31	0,170	0,023	0,023	-2,93%	-2,93%
R32	0,056	0,008	0,007	-0,97%	-0,97%
R33	0,037	0,005	0,005	-0,64%	-0,64%
R34	0,060	0,008	0,008	-1,04%	-1,05%
R35	0,070	0,010	0,010	-1,22%	-1,22%
R36	0,098	0,013	0,013	-1,69%	-1,69%
R37	0,110	0,015	0,015	-1,90%	-1,91%
R38	0,188	0,026	0,026	-3,24%	-3,24%
R39	0,049	0,007	0,007	-0,84%	-0,84%
R40	0,062	0,008	0,008	-1,07%	-1,08%
R41	0,282	0,036	0,036	-4,92%	-4,92%
R42	0,109	0,014	0,014	-1,89%	-1,89%
R43	0,047	0,006	0,006	-0,81%	-0,81%
R44	0,085	0,012	0,012	-1,46%	-1,47%
R45	0,230	0,032	0,032	-3,95%	-3,96%
MAX sui recettori	0,282	0,036	0,036	-4,92%	-4,92%

Tabella 5-xx: Fase di esercizio - Valore medio annuo benzene per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

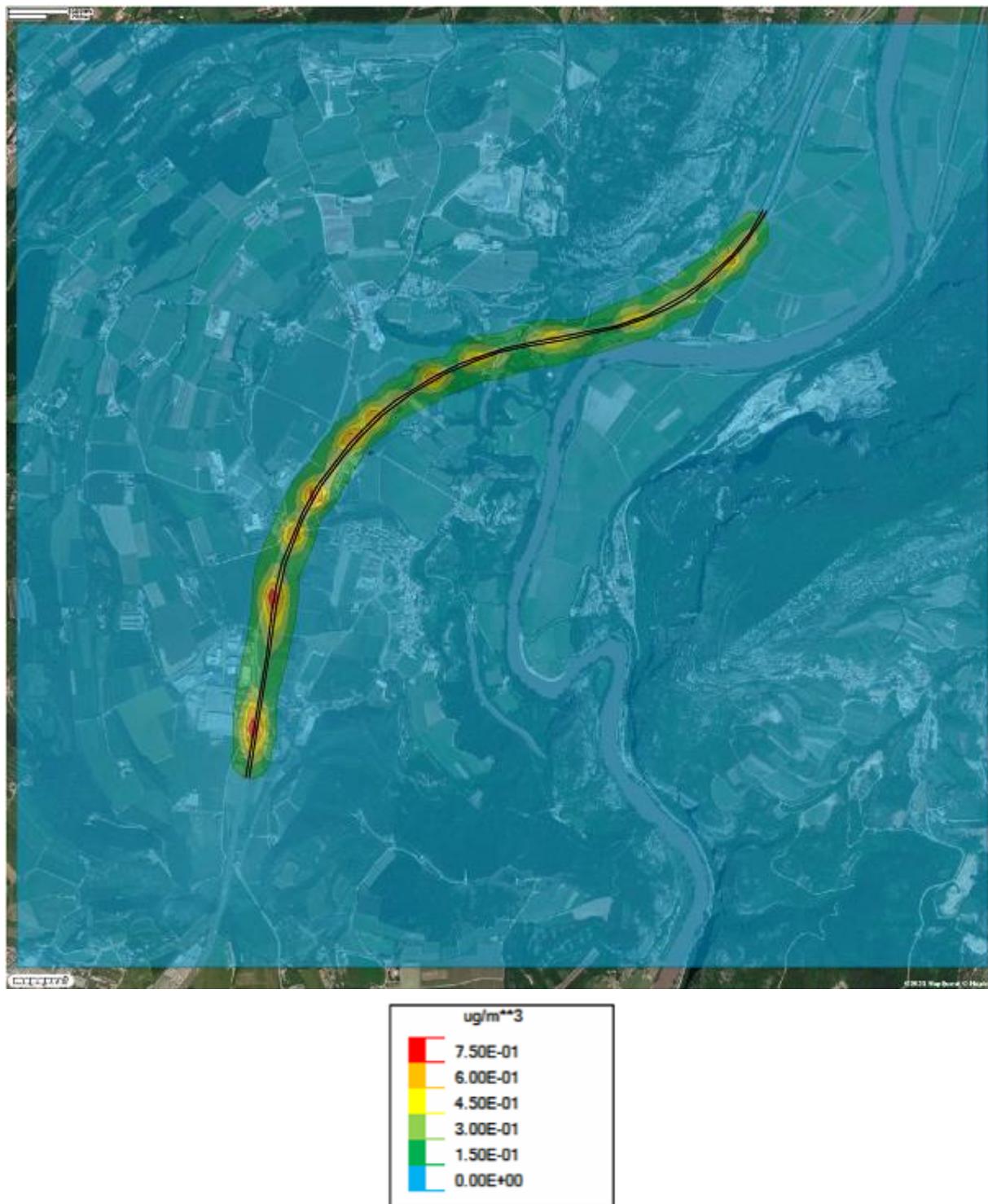


Figura 5-xxiv: SDF - Mappa dei valori medi nell'anno di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

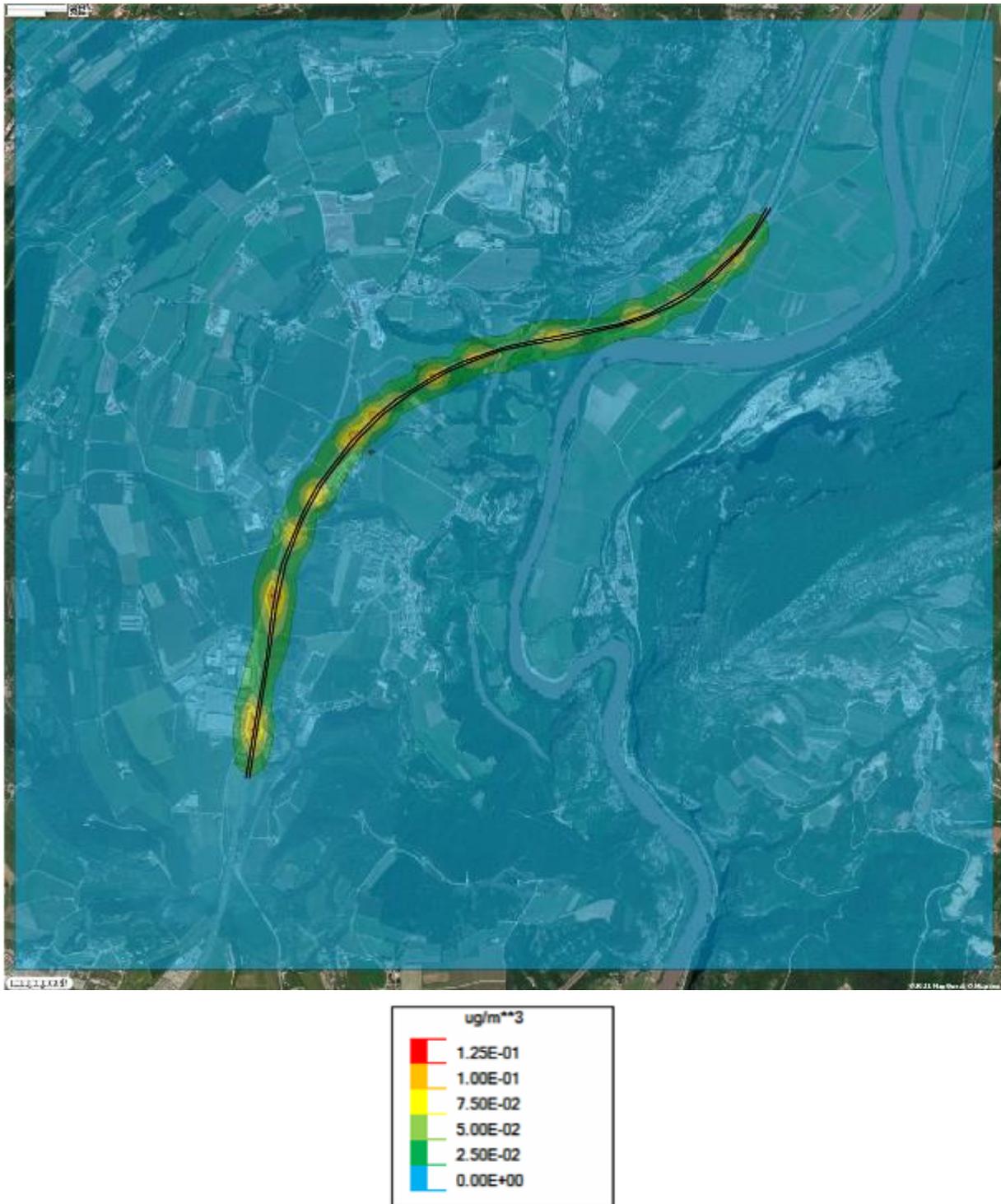


Figura 5-xxv: SDP0 - Mappa dei valori medi nell'anno di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

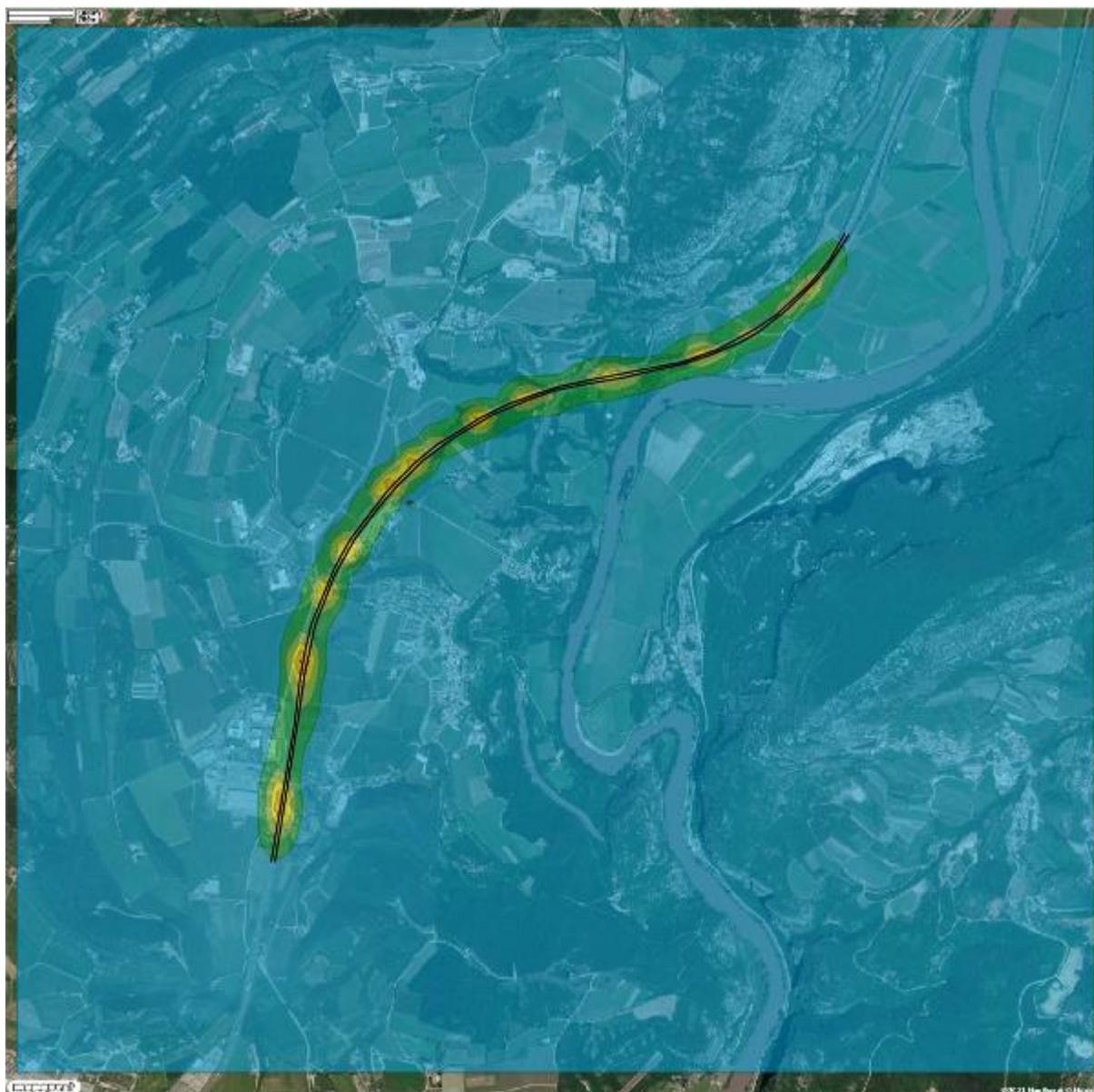


Figura 5-xxvi: SDP - Mappa dei valori medi nell'anno di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolati dal modello utilizzando dati meteo 2017

6. EFFETTI SULLA SALUTE PUBBLICA

6.1 RISCHI DA CONTAMINAZIONE DELL'ARIA

Il meccanismo d'azione delle emissioni in atmosfera è studiato da lungo tempo e le concentrazioni attualmente ammissibili sono normate dalla legge italiana che impone il rispetto di valori limite per la tutela della salute. Tuttavia, è da sottolineare che la normativa è un giusto compromesso fra la tutela della salute e quanto è possibile ottenere in termini di contenimento con gli attuali strumenti tecnici a disposizione, senza compromettere le attività produttive e commerciali.

Per la stima dei rischi attribuibili all'inquinamento atmosferico è più opportuno non far riferimento alle normative, quanto piuttosto ai modelli messi a disposizione dalla comunità scientifica e validati a livello internazionale. A tale riguardo l'OMS ha prodotto numerose linee guida sia per la stima dei rischi attribuibili che per il calcolo dei casi indotti da eventuali variazioni della contaminazione dell'aria.

L'esposizione all'inquinamento atmosferico è associata ad un ampio spettro di effetti sulla salute, sia acuti che cronici e varia dalla semplice irritazione delle vie aeree fino alla probabile morte di soggetti particolarmente suscettibili. In generale la frequenza degli eventi è inversamente proporzionale alla severità (Figura 6-i).

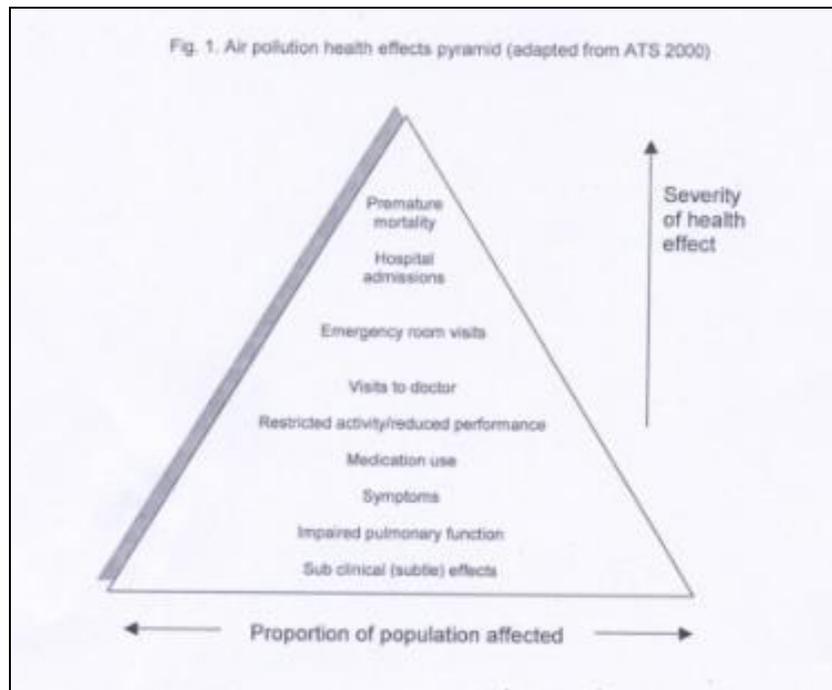


Figura 6-i: Frequenza degli eventi di malattia

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Alcuni effetti sono difficilmente dimostrabili in quanto soggetti ad ampia variabilità sia di reale comparsa dei sintomi, sia in rapporto alla diversa sensibilità individuale degli esposti.

In Tabella 6-i sono riportati per l'Europa e per i Paesi industrializzati, di cui fa parte l'Italia i dati relativi alla quota di mortalità e il numero di morti attribuibili all'inquinamento atmosferico, stimati dall'OMS e relativi alle patologie ad esso correlabili.

	Europa/Asia		Paesi industrializzati	
	Maschi	femmine	Maschi	femmine
Cancro trachea bronchi polmoni				
frazione attribuibile	4%	4%	3%	3%
totale morti attribuibili	5.000	1.000	8.000	4.000
Malattie cardiopolmonari				
frazione attribuibile	2%	2%	2%	2%
totale morti attribuibili	37.000	41.000	31.000	33.000
Mortalità totale				
frazione attribuibile	1%	2%	1%	1%
totale morti attribuibili	42.000	42.000	39.000	37.000

Tabella 6-i: Frazione attribuibile e numero di morti attribuibili all'inquinamento atmosferico (da Global Burden of Disease and Risk Factors. WHO 2002, chapter 4).

Nel presente studio si può ritenere che la frazione di morti attribuibili all'inquinamento atmosferico sia sovrapponibile a quella dei Paesi industrializzati e quindi stimabile intorno al 3%, al 2% e all' 1% rispettivamente per la mortalità per cancro trachea, bronchi e polmone, per la mortalità da patologie cardiopolmonari e per la mortalità totale: a tali valori si fa riferimento nel presente studio.

6.1.1 Rischi legati alle polveri sottili (PM₁₀)

Il valore di PM10 al quale si stima che non siano associati effetti sulla salute è di 15 µg/m³ (Global Burden of Disease, Comparative Quantification of Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors, pag 244).

L'OMS Europa propone come valore guida 20 µg/m³ per la media annuale e 50 µg/m³ come valore medio giornaliero da non superare per più di 3 giorni l'anno: a questi livelli di contaminazione non dovrebbero essere osservati effetti sulla salute, sia di tipo acuto che cronico.

Attualmente si ritiene che il modello predittivo più idoneo per stimare gli effetti delle variazioni di contaminazione sia di tipo lineare semplice. Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti di incremento dei casi in rapporto all'incremento della contaminazione da PM10.

Variabile	Incremento
Aumento di morti totali per incremento di 10 µg/m ³ di PM10	0,6%
Aumento di morti malattie respiratorie per incremento di 10 µg/m ³ di PM10	1,3%
Aumento di morti malattie cardiovascolari per incremento di 10 µg/m ³ di PM10	0,9%

Tabella 6-ii: Valori di riferimento dei coefficienti per il calcolo dei casi attribuibili in rapporto alle modificazioni della contaminazione da PM10.

6.1.2 Rischi legati agli ossidi di azoto (NOx)

In studi di popolazione il biossido di azoto è stato associato con effetti cronici ed acuti.

Il valore guida stabilito dall'OMS per la concentrazione media annua, per altro recepito anche dalla normativa italiana, è di 40 µg/m³: tale valore, nelle attuali condizioni, è un compromesso fra la minimizzazione degli effetti dell'esposizione cronica e la possibilità di raggiungerlo con le tecnologie a disposizione. Vi è da sottolineare che risulta difficile con gli studi a disposizione scorporre l'effetto del biossido di azoto da quello degli altri inquinanti che vengono liberati dalle medesime sorgenti (ad esempio polveri sottili).

In esperimenti condotti sull'uomo, la concentrazione alla quale sembra si verificano effetti acuti è stata stimata superiore a 500 µg/m³ orario, mentre una meta-analisi condotta su studi ecologici riporta un valore di 200 µg/m³ come valore medio orario: tale valore, recepito dalle normative nazionali sembra di garanzia per la tutela da effetti acuti.

Attualmente, a causa della difficoltà di separare il contributo del biossido di azoto da quello di altri inquinanti non sono disponibili dati relativamente all'incremento di casi di malattia in rapporto all'incremento della contaminazione specifica.

6.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBIENTE DAL PUNTO DI VISTA DELLA SALUTE UMANA

Lo scopo di questo paragrafo è di evidenziare, sostanzialmente, quali siano la mortalità e le cause di morte principali nel Comune di Rivoli Veronese.

Si sono utilizzati gli atlanti regionali della mortalità. I dati sono relativi al periodo 1981 – 2000.

Nella popolazione del Veneto le malattie che colpiscono il sistema cardiocircolatorio costituiscono la prima causa di morte negli anziani e adulti, dopo le neoplasie, mentre i tumori maligni sono la prima causa nelle fasce di età comprese tra i 25 e i 64 anni per le femmine e tra i 45 e i 64 anni per i maschi.

Nella pubblicazione menzionata si stabilisce che tra i principali fattori di rischio sia per le malattie del sistema circolatorio (infarti ed ischemie, principalmente) sia per le malattie dell'apparato respiratorio (neoplasie, asma, BPCO) si registra il mix di inquinanti presenti nell'atmosfera, soprattutto polveri fini e ossido di azoto.

Le figure riportate in questo capitolo mostrano la mappatura in scala cromatica (variazioni del blu per i maschi e rosso per le femmine) dell'insorgenza di malattie del sistema circolatorio e dell'apparato respiratorio per il ventennio 1981-2000. Per ognuna delle cause di morte sono stati calcolati e rappresentati i valori del tasso di mortalità standardizzato SMR (*Standardized Mortality Ratio*), uniformati mediante lo stimatore CAR, che ha l'utilità di correggere l'instabilità dei valori dovuta al basso numero di eventi in alcune aree, fornendo perciò lo stimatore BMR (*Bayesian Mortality Ratio*).

Se lo stimatore BMR è maggiore di 100 significa che in un dato comune, la mortalità per quel tipo di malattia è superiore alla media regionale, per cui presumibilmente un tasso di mortalità relativamente alto. Il comprensorio territoriale analizzato comprende il comune di Rivoli Veronese.

² Atlante di mortalità regionale. Regione del Veneto, anni 1991-2000.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

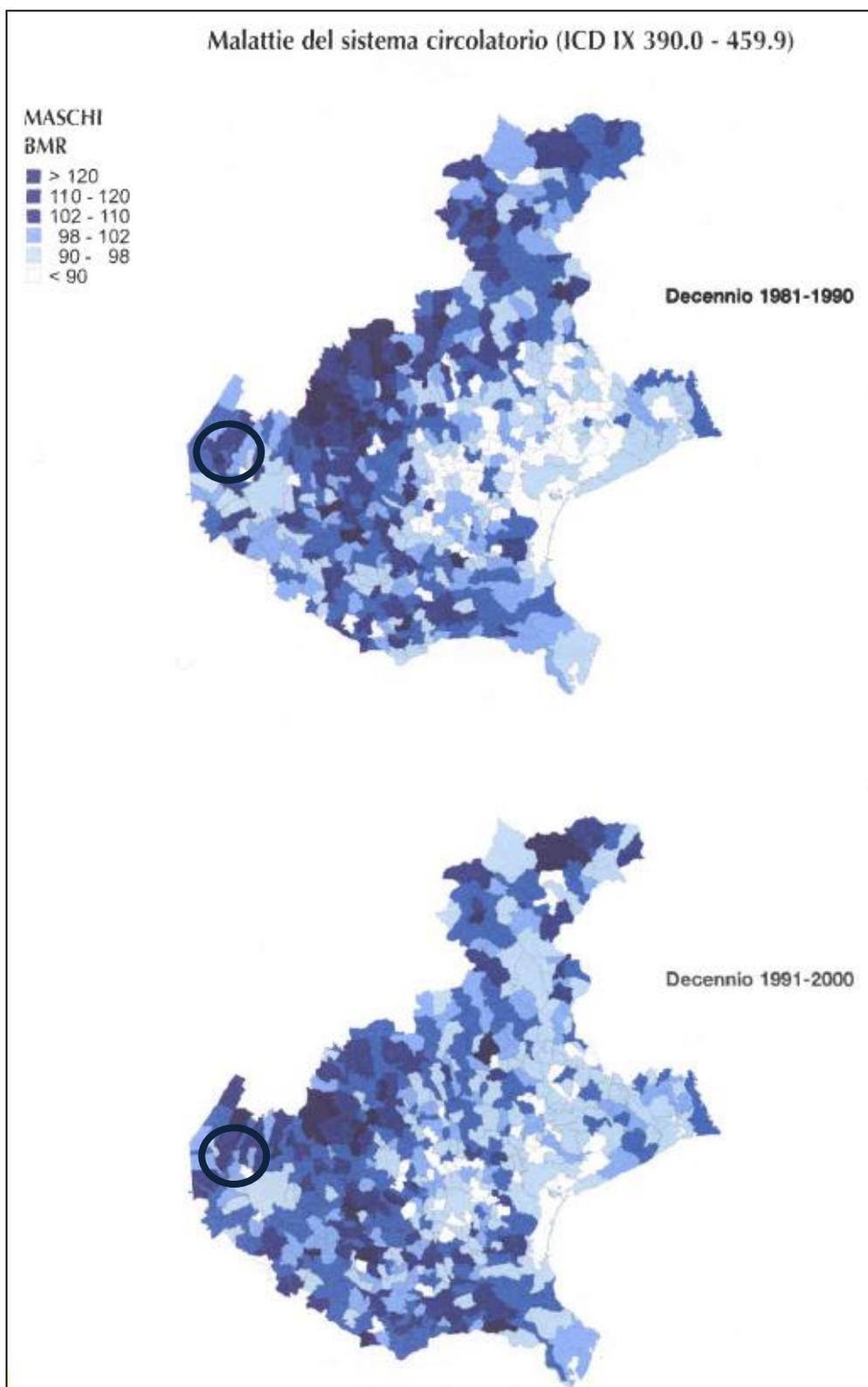


Figura 6-ii: malattie circolatorie – maschi.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

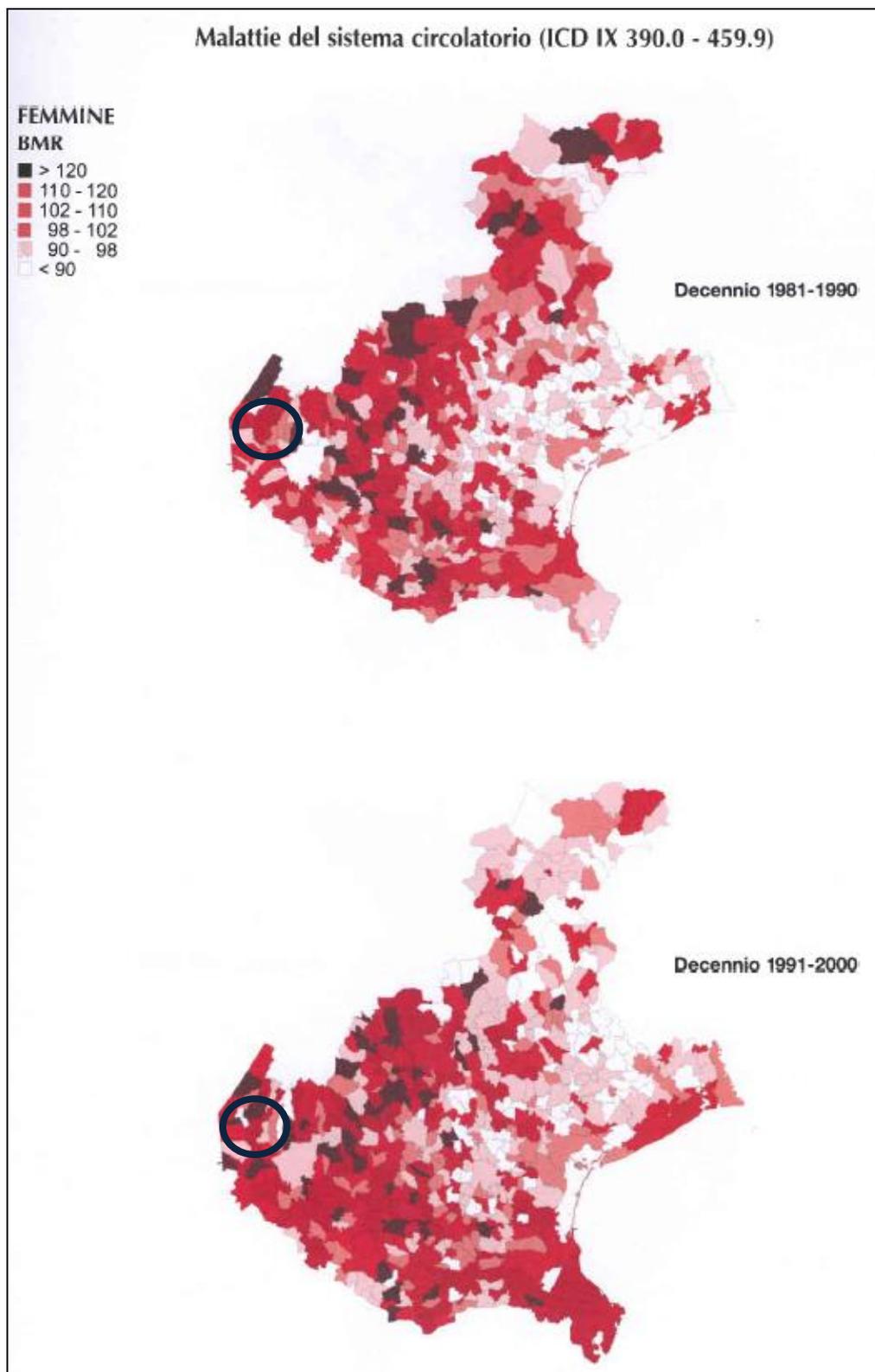


Figura 6-iii: malattie circolatorie – femmine.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

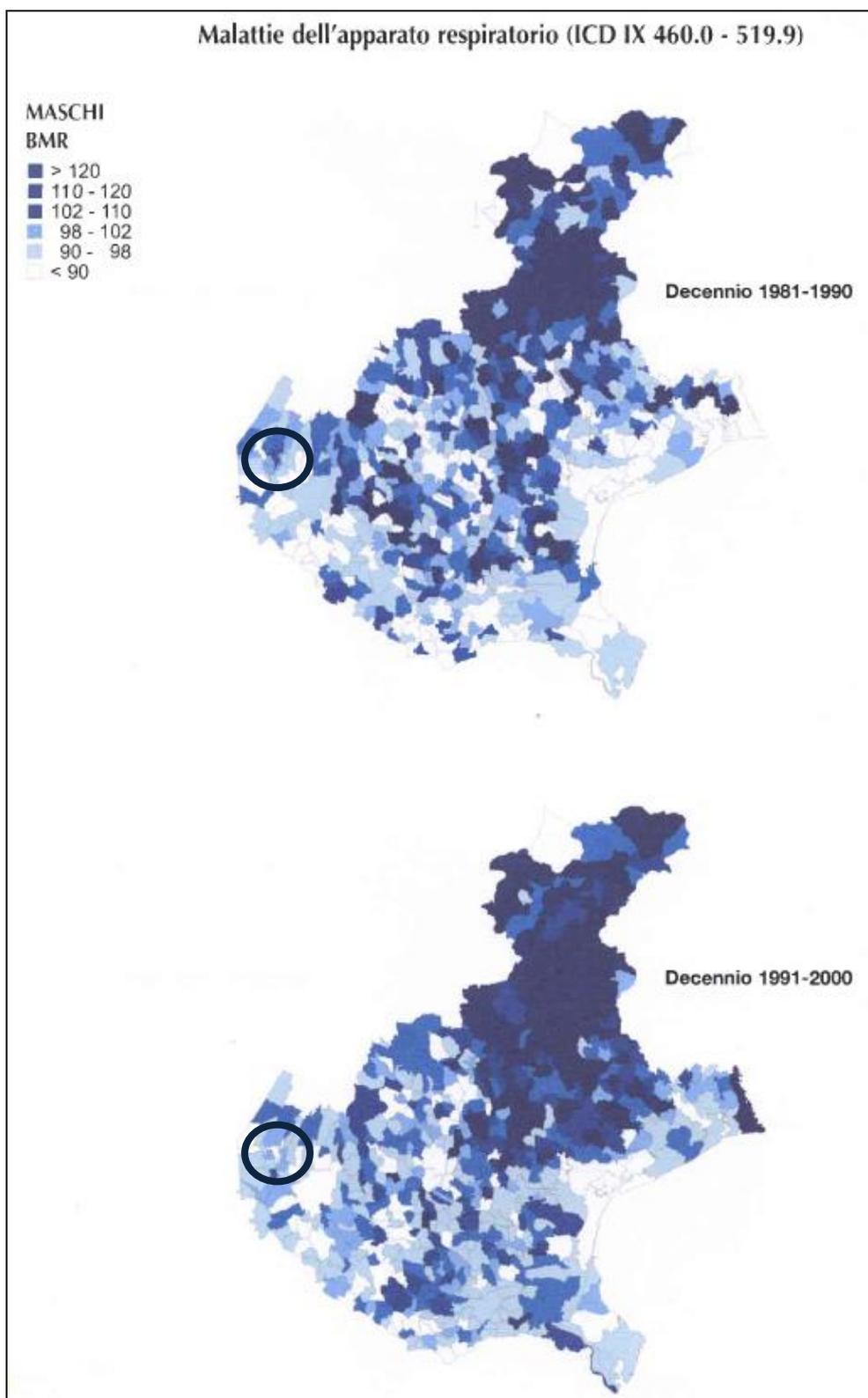


Figura 6-iv: malattie dell'apparato respiratorio – maschi.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

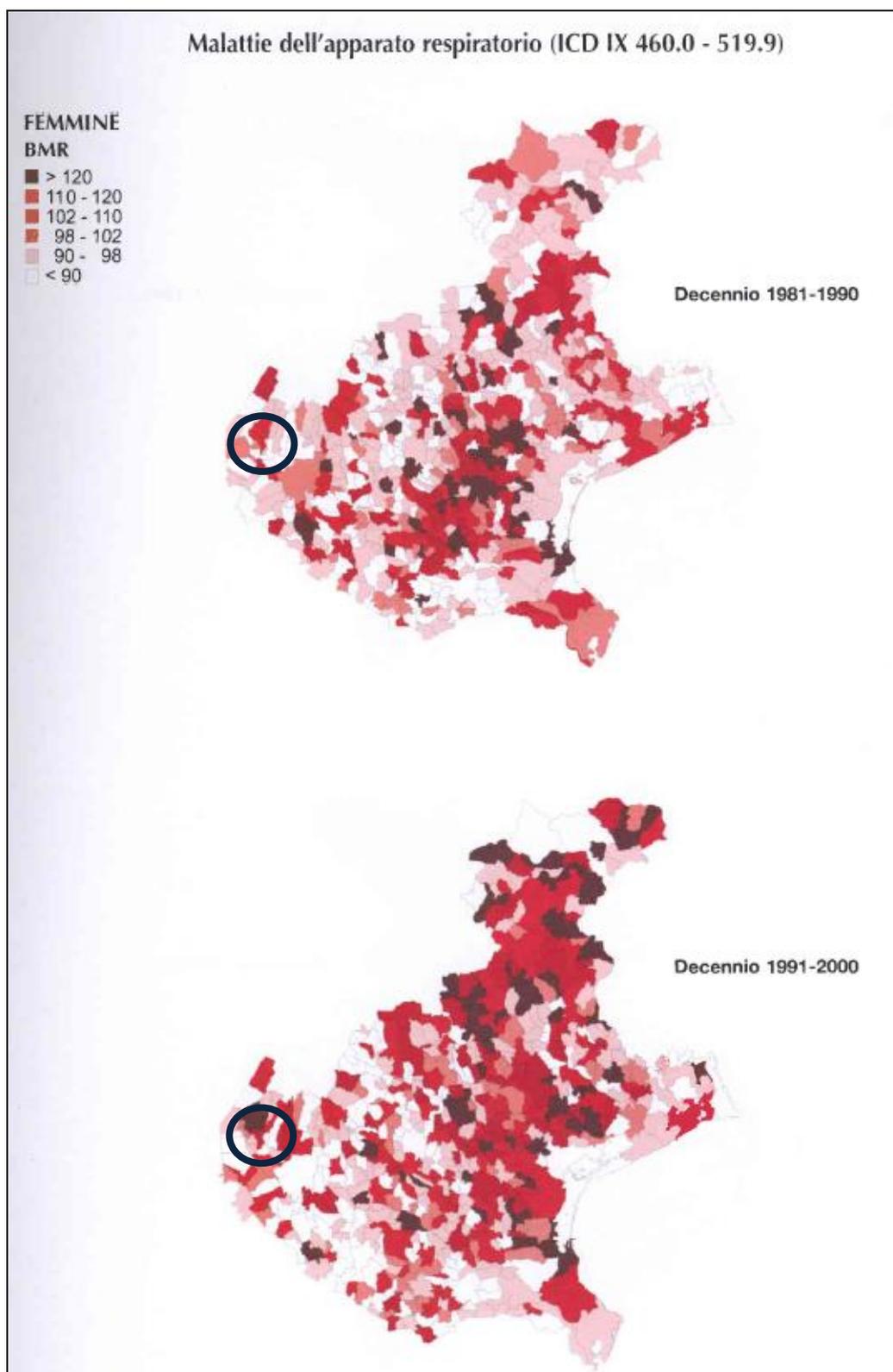


Figura 6-v: malattie dell'apparato respiratorio – femmine.

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

6.3 VALUTAZIONE IMPATTI SULLA SALUTE UMANA

Il primo step in una valutazione del rischio sanitario è la definizione delle dosi assunte dai recettori individuati e la caratterizzazione degli stessi.

Senza entrare in dettagli facilmente reperibili in letteratura, la dose assunta o meglio l'esposizione (*Intake*) è espressa come massa del COC su peso corporeo per giorno [$mg/(kg \times giorno)$] ed è definita dalla seguente relazione:

$$I = \frac{C_{air} \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED \cdot 0,001mg / \mu g}{BW \cdot AT \cdot 365 gg / anno}$$

C_{air} = concentrazione in aria ambiente del COC [$\mu g/m^3$]

IR = coefficiente di inalazione [m^3/h]

ET = tempo di esposizione [$ore/anno$]

EF = frequenza dell'esposizione [$giorni/anno$]

ED = durata dell'esposizione [$anni$]

BW = peso corporeo [kg]

AT = durata dell'esposizione [$anni$]

Fattore di esposizione	Simbolo	Residenziale		Ricreativo		Commerciale
		Adulti	Bambini	Adulti	Bambini	Adulti
Tasso di inalazione outdoor [m^3/h]	IR	0,9	0,7	3,2	1,9	2,5
Frequenza giornaliera di esposizione outdoor [$h/giorno$]	ET	24	24	3	3	8
Frequenza di esposizione [$giorni/anno$]	EF	350	350	350	350	250
Durata di esposizione [$anni$]	ED	24	6	24	6	25
Peso corporeo [kg]	BW	70	15	70	15	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene [$anni$]	AT_{canc}	70	70	70	70	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene [$anni$]	$AT_{non\ canc}$	24	6	24	6	25

Tabella 6-iii: valori di riferimento per il calcolo dell'esposizione

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Per considerare le diverse nature dei rischi cancerogeni e tossici, devono essere usate delle concentrazioni differenti: in particolare le medie annuali per il rischio cancerogeno (effetti a lungo termine prodotti dall'esposizione prolungata) e i massimi orari per il rischio tossico (effetti a breve termine prodotti da un'elevata esposizione estemporanea).

La curva dose-risposta è la relazione esistente tra la dose di un particolare COC e l'incidenza di un effetto avverso alla salute. Tale valutazione è intesa a determinare la natura e l'incidenza degli effetti avversi nella popolazione "bersaglio". Ciò solitamente si ottiene da studi sperimentali su animali, essendo insufficienti i dati disponibili che si riferiscono all'uomo.

A causa della differente natura delle sostanze a carattere tossico rispetto a quelle a carattere cancerogeno le relazioni dose-risposte tra le due categorie sono molto diverse.

Per le sostanze tossiche esiste infatti una soglia al disotto della quale non si manifestano effetti avversi (*NOEL No Observed Effect Level*) anche a seguito di esposizioni prolungate.

Ottenuto il NOEL da analisi di laboratorio e dividendolo per un opportuno fattore di incertezza (tra 10 e 1000) si ricava la *Reference Dose (RfD) [mg/(kg x g)]*, quantità giornaliera di un composto chimico che, assunta da una persona per tutto il periodo della vita, appare essere priva di apprezzabili rischi per la salute.

Per quello che concerne invece le sostanze chimiche cancerogene, è comunemente accettato che anche una sola molecola possa indurre la formazione di cellule tumorali. La stima del rischio è ottenuta da due fattori che congiuntamente determinano il rischio globale:

- la potenzialità cancerogena;
- l'esposizione.

Per questa categoria di sostanze la curva dose-risposta può essere ricavata solamente per alti dosaggi, ai bassi dosaggi si deve ricorrere necessariamente a tecniche statistiche per estrapolare la risposta. Non essendoci quindi una dose soglia si ricorre allo *Slope Factor (SF) [(mg/(kg x g))⁻¹]*, definito come il coefficiente di correlazione tra l'effetto incrementale di comparsa di nuovi casi di tumore e dose, in altri termini è l'aumento del rischio di contrarre il cancro per effetto di una dose unitaria.

Per quanto riguarda le sostanze cancerogene si deve valutare se la dose che l'organismo assumerà comporterà un eccesso di rischio di contrarre forme tumorali (*ICR Individual Cancer Risk*). Sostanzialmente la procedura si riduce a moltiplicare l'*Intake* del COC *i-esimo* con il relativo *Slope Factor* e valutare se il valore ottenuto (l'effettivo incremento della probabilità di contrarre il cancro) è inferiore alla soglia normativa sotto la quale il rischio è ritenuto trascurabile:

$$ICR_i = I_i \times SF_i < 10^{-6}$$

Per quanto concerne, invece, il pericolo connesso all'esposizione a sostanze tossiche si deve valutare se l'*Intake* calcolato è inferiore alla Reference Dose della sostanza in esame attraverso il calcolo del quoziente di pericolo (*HQ Hazard Quotient*) che deve essere inferiore a 1:

$$HQ_i = I_i / RfD_i < 1$$

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

6.3.1 Rischi da benzene

In Figura 6-v e Figura 6-vii è mostrato il rischio (tossico e cancerogeno) da inalazione di benzene, per i valori massimi registrati presso tutti i recettori considerati, sia per la soluzione programmatica (SDPO) che per la soluzione progettuale (SDP).

Sia per il rischio tossico sia per quello cancerogeno, i risultati dei due scenari sono pressoché identici, con un leggero miglioramento per la soluzione progettuale (SDP).

In tutti i casi analizzati non si evidenziano superamenti della soglia di trascurabilità del rischio sanitario.

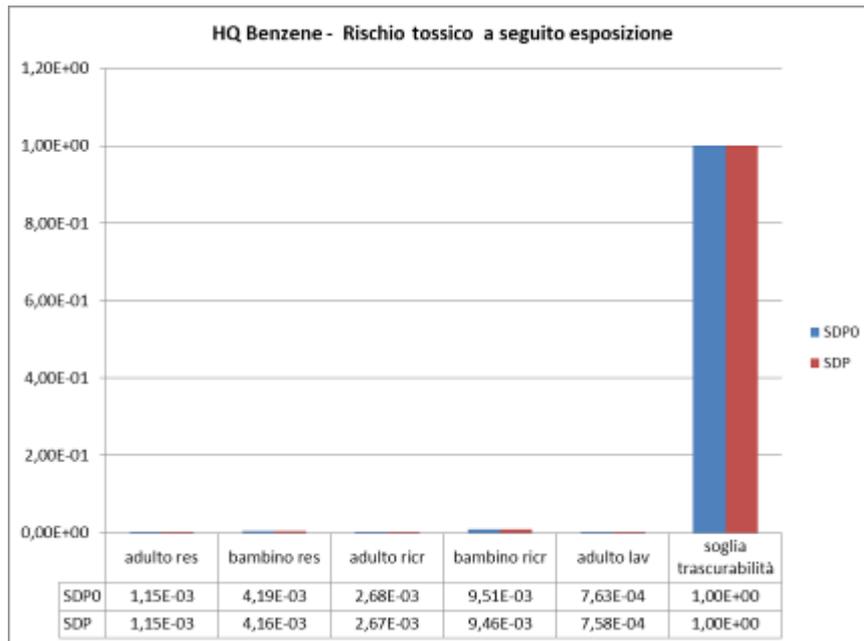


Figura 6-vi: Rischio tossico da inalazione benzene

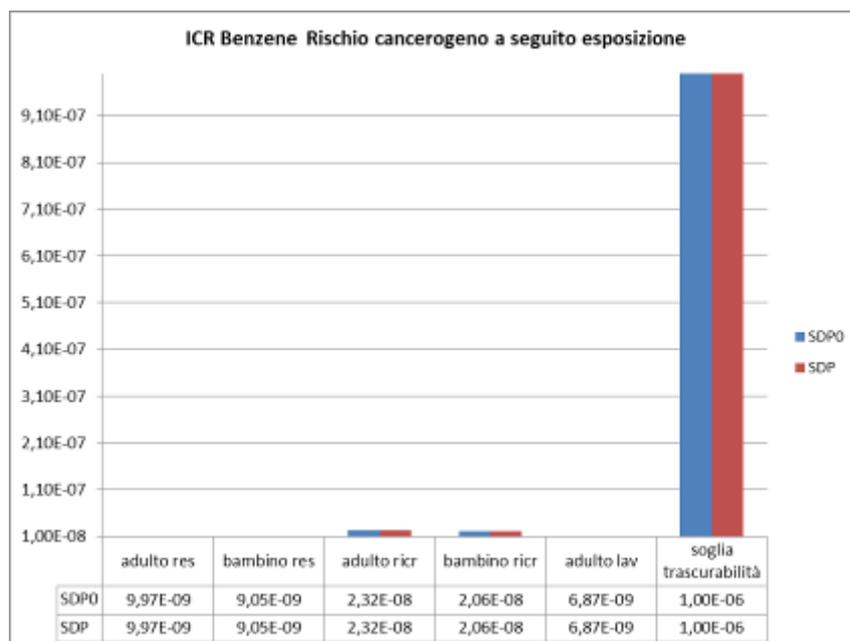


Figura 6-vii: Rischio cancerogeno da inalazione benzene

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

6.3.2 Rischi da polveri sottili

Così come detto in precedenza, viene attribuito un aumento dei casi di morte dello 0.6% per un incremento del valore medio annuo di PM10 di 10 µg/m³.

La Tabella 6-iv mostra, considerando la previsione di traffico futura al 2038, un abbassamento della concentrazione di polveri sottili registrata presso tutti i recettori considerati, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP), pertanto non si prevede alcun incremento del tasso di mortalità.

Recettori (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)	Δ1	Δ2
R1	3,166	1,993	1,959	-1,17	-1,21
R2	1,742	1,103	1,085	-0,64	-0,66
R3	1,594	1,009	0,993	-0,58	-0,60
R4	1,062	0,674	0,663	-0,39	-0,40
R5	1,312	0,832	0,818	-0,48	-0,49
R6	1,138	0,722	0,710	-0,42	-0,43
R7	1,048	0,666	0,655	-0,38	-0,39
R8	1,030	0,655	0,644	-0,38	-0,39
R9	1,025	0,651	0,641	-0,37	-0,38
R10	1,616	1,023	1,006	-0,59	-0,61
R11	1,500	0,951	0,935	-0,55	-0,56
R12	1,835	1,161	1,141	-0,67	-0,69
R13	2,854	1,863	1,838	-0,99	-1,02
R14	0,881	0,568	0,559	-0,31	-0,32
R15	1,457	0,943	0,929	-0,51	-0,53
R16	1,961	1,238	1,217	-0,72	-0,74
R17	0,609	0,387	0,381	-0,22	-0,23
R18	0,480	0,305	0,300	-0,17	-0,18
R19	0,325	0,207	0,204	-0,12	-0,12
R20	0,310	0,198	0,194	-0,11	-0,12
R21	0,910	0,584	0,576	-0,33	-0,33
R22	0,503	0,320	0,315	-0,18	-0,19
R23	0,527	0,336	0,330	-0,19	-0,20
R24	1,549	0,983	0,967	-0,57	-0,58
R25	1,332	0,846	0,833	-0,49	-0,50
R26	0,987	0,628	0,618	-0,36	-0,37
R27	2,385	1,509	1,484	-0,88	-0,90
R28	2,204	1,395	1,372	-0,81	-0,83
R29	0,793	0,505	0,496	-0,29	-0,30
R30	1,009	0,642	0,631	-0,37	-0,38
R31	2,361	1,496	1,471	-0,87	-0,89

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori (Valore medio annuo)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\Delta 1$	$\Delta 2$
R32	0,778	0,499	0,491	-0,28	-0,29
R33	0,514	0,329	0,324	-0,19	-0,19
R34	0,840	0,535	0,526	-0,31	-0,31
R35	0,980	0,623	0,613	-0,36	-0,37
R36	1,358	0,862	0,848	-0,50	-0,51
R37	1,535	0,974	0,958	-0,56	-0,58
R38	2,616	1,652	1,624	-0,96	-0,99
R39	0,674	0,429	0,423	-0,24	-0,25
R40	0,865	0,550	0,541	-0,31	-0,32
R41	3,898	2,568	2,536	-1,33	-1,36
R42	1,509	0,974	0,960	-0,54	-0,55
R43	0,652	0,418	0,412	-0,23	-0,24
R44	1,180	0,748	0,736	-0,43	-0,44
R45	3,207	2,005	1,969	-1,20	-1,24
MAX sui recettori	3,898	2,568	2,536	-0,11	-0,12

Tabella 6-iv: Valore medio annuo di PM_{10} per ogni recettore nei tre scenari indagati

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

6.3.3 Rischi da ossidi di azoto

Così come detto in precedenza, anche per il biossido di azoto si prescrive un limite medio annuale a protezione dai rischi cronici sulla salute umana, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La Tabella 6-iv mostra come la concentrazione degli ossidi di azoto sia ampiamente inferiore ai limiti di legge presso tutti i recettori considerati, sia per la soluzione programmatica (SDP0) che per la soluzione progettuale (SDP), e i valori registrati presso tutti i recettori considerati risultano inferiori rispetto allo stato attuale.

Recettori NO ₂ (Valore medio annuo)	SDF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SDP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	11,557	3,424	3,417
R2	6,300	1,907	1,903
R3	5,756	1,746	1,742
R4	3,825	1,168	1,165
R5	4,729	1,441	1,438
R6	4,096	1,251	1,248
R7	3,769	1,154	1,152
R8	3,704	1,135	1,133
R9	3,684	1,130	1,128
R10	5,838	1,769	1,766
R11	5,410	1,646	1,643
R12	6,644	2,004	2,000
R13	9,774	3,318	3,313
R14	3,091	0,998	0,997
R15	5,069	1,665	1,663
R16	7,125	2,133	2,128
R17	2,194	0,670	0,669
R18	1,720	0,530	0,529
R19	1,164	0,360	0,359
R20	1,110	0,344	0,343
R21	3,211	1,025	1,023
R22	1,802	0,557	0,556
R23	1,889	0,584	0,582
R24	5,578	1,704	1,700
R25	4,788	1,468	1,465
R26	3,541	1,090	1,088
R27	8,634	2,607	2,601
R28	7,966	2,412	2,407
R29	2,843	0,876	0,875
R30	3,626	1,113	1,111
R31	8,525	2,588	2,582
R32	2,751	0,874	0,872

STUDIO SUGLI EFFETTI IN ATMOSFERA

Recettori NO ₂ (Valore medio annuo)	SDF (µg/m ³)	SDP0 (µg/m ³)	SDP (µg/m ³)
R33	1,824	0,576	0,575
R34	3,011	0,930	0,928
R35	3,511	1,083	1,081
R36	4,887	1,495	1,492
R37	5,531	1,686	1,683
R38	9,504	2,847	2,841
R39	2,414	0,747	0,745
R40	3,102	0,955	0,953
R41	13,117	4,616	4,610
R42	5,275	1,717	1,714
R43	2,305	0,732	0,730
R44	4,258	1,295	1,292
R45	11,850	3,419	3,412
MAX sui recettori	13,117	4,616	4,610

Tabella 6-v: Valore medio annuo di NO₂ per ogni recettore nei tre scenari indagati

6.3.4 Sintesi dei rischi

In sintesi, dai dati raccolti e dalle analisi effettuate si può concludere che l'intervento in oggetto produrrà un impatto non significativo sulle potenziali fonti di pressione riguardanti la salute pubblica.

In particolare, le analisi eseguite sul rischio sanitario (sia tossico che cancerogeno) a seguito di inalazione da parte della popolazione di inquinanti imputabili all'allargamento della carreggiata Sud in corrispondenza della salita di Affi (ed al traffico ed esso collegato) non hanno evidenziato alcun superamento della soglia di trascurabilità del rischio sanitario.

7. CONCLUSIONI

Nel presente Studio sono stati valutati gli impatti della realizzazione dell'allargamento della carreggiata Sud in corrispondenza della salita di Affi tra la progr. Km 201+285 e la progr. Km 203+930 e rifacimento dei sovrappassi autostradali n. 68 "Rivoli Zuane" e n. 69 "S.C. Rivoli Caprino", rispetto allo stato di fatto, sulla base dei risultati mostrati nello Studio del Traffico allegato al progetto.

Per l'implementazione del modello sono stati considerati:

- fase di cantiere
- soluzione "esistente" (SDF) – describe la situazione di traffico esistente, dove come anno di riferimento è stato considerato il 2018;
- soluzione "programmatica" (SDP0) – describe la situazione di traffico prevista al 2038 con la configurazione stradale attuale (soluzione zero);
- soluzione "progettuale" (SDP) – describe la situazione di traffico prevista al 2038 con la realizzazione degli interventi progettuali.

È stata simulata la dispersione in atmosfera dei principali macroinquinanti: polveri sottili (PM₁₀), polveri fini (PM_{2,5}), biossido di azoto (NO₂), ossidi azoto totali (NO_x), monossido di carbonio (CO) e benzene (C₆H₆).

Nella determinazione dell'impatto **in fase di cantiere**, si è tenuto conto dell'applicazione delle classiche misure di mitigazione applicabili per limitare la produzione e dispersione di polveri ed emissioni gassose inquinanti.

In particolare, per quanto riguarda le misure di mitigazione per la produzione di polveri nell'area di cantiere, a tutela della salute dei lavoratori operanti nel cantiere saranno osservate le prescrizioni generali:

- le principali attività lavorative dovranno essere condotte all'interno dei mezzi d'opera;
- i mezzi d'opera dovranno essere opportunamente cabinati e climatizzati;
- gli sportelli dei mezzi d'opera dovranno rimanere chiusi;
- ove necessario, dovrà essere osservato l'utilizzo dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) per i lavoratori impiegati nelle mansioni che comportano la produzione di polveri.

Ciò premesso, durante i periodi siccitosi sarà prevista la periodica bagnatura con acqua dei cumuli di terre da scavo temporaneamente stoccati prima del reimpiego in loco.

La bagnatura sarà effettuata mediante l'impiego di un carro botte e dovrà essere eseguita in modo costante ed uniforme, utilizzando acqua non additivata con flocculanti.

Per quanto riguarda la produzione di polveri lungo la viabilità al cantiere si evidenzia che verranno adottati i seguenti accorgimenti:

- a) umidificazione periodica nei periodi siccitosi dei tratti di piste bianche di cantiere ancora non asfaltati, in particolare durante le fasi di lavorazione iniziali nei tratti più prossimi a potenziali ricettori;
- b) moderazione della velocità dei mezzi d'opera nelle aree interne al cantiere (max. 15 km/h) e lungo la viabilità di servizio (max 30 km/h);
- c) per il conferimento di inerti da costruzione utilizzo di mezzi dotati di cassoni telonati per limitare ulteriormente il sollevamento e la dispersione di polveri e frazioni fini.

Per quanto riguarda la **fase di esercizio**, in generale, si registra un miglioramento dei valori di concentrazione degli inquinanti rispetto allo stato attuale (SDF), dovuto all'evoluzione delle tecnologie a disposizione e alla diminuzione dei fattori di emissione dei veicoli circolanti nel 2038.

Inoltre, si registra un leggero miglioramento nel caso della soluzione progettuale (SDP) rispetto a quella programmatica ossia rispetto all'opzione zero (SDP0), dovuto ai minori rallentamenti in presenza della terza corsia lungo la carreggiata Sud.

Complessivamente il contributo del progetto risulta non significativo, dato che presso tutti i recettori considerati si registra un miglioramento rispetto allo stato attuale (SDF) e tutti i valori registrati sono inferiori ai valori limite previsti da normativa, per entrambi gli scenari futuri (SDP0 e SDP).