

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

COMUNE DI UDINE

LABORATORIO



Via Sondrio, 2 - Udine
33100 (UD)

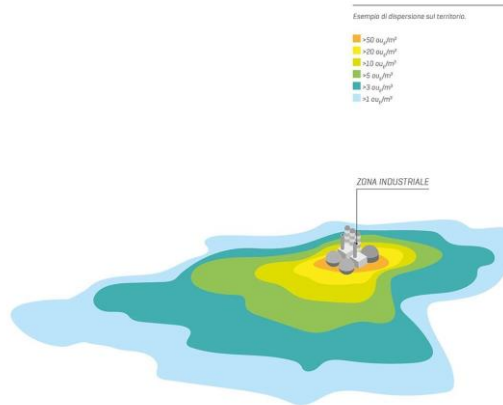
COMMITTENTE



Via Cussignacco, 5
33100 Udine (UD)

OGGETTO RELAZIONE

Valutazione numerica della dispersione



Data	Revisione	Redatto	Verificato	Approvato
31/01/2024	02	Dott. Capellari Piero 	Dott. Ing. Rivilli Silvia 	Responsabile Ufficio Tecnico Dott. Ing. Rivilli Silvia

LOD RT 706/23

Sommario

SOMMARIO	1
1. PREMESSA E PRESENTAZIONE	2
2. INTRODUZIONE	3
2.1 Glossario.....	3
3. INDIVIDUAZIONE DELLO SCENARIO E DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA NUMERICA	4
3.1 Introduzione.....	4
3.2 Definizione dello scenario.....	4
3.3 Elaborazione dei risultati.....	5
4. DATI DI INPUT DEL MODELLO	7
4.1 Dati meteorologici.....	7
4.2 Esame dei dati cartografici e dell'uso del suolo.....	8
4.3 Recettori sensibili.....	10
4.4 Sorgenti emissive.....	12
5. RISULTATI	15
5.1 Polveri (PM ₁₀).....	15
5.2 Ossidi di azoto NO _x (NO ₂).....	18
5.3 Metalli: Cadmio (Cd).....	21
5.4 Metalli: Nichel (Ni).....	22
5.5 Metalli: Manganese (Mn).....	23
6. VALUTAZIONE DEI RISULTATI	24
ALLEGATO 1: DESCRIZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE CALPUFF	26
<i>CALMET: Pre-processore meteorologico</i>	26
<i>Caratteristiche del puff e concentrazioni al suolo</i>	27
ALLEGATO 2: STABILIMENTI UBICATI IN ZIAF	30
ALLEGATO 3: EMISSIONI CONVOGLIATE SIMULATE	33

1. Premessa e presentazione

Il Gruppo Luci è una realtà friulana nata nel 1951 che, in virtù dell'esperienza acquisita, progetta e sviluppa **soluzioni integrate per l'ambiente** a supporto delle aziende industriali e pubbliche, con un team dedicato all'accompagnamento delle aziende alla sostenibilità.

Grazie alla sinergia delle aziende che lo compongono, il Gruppo Luci propone soluzioni innovative, in un'**ottica di economia circolare**, con costanti investimenti in formazione, ricerca e sviluppo.

Fanno parte del Gruppo LUCI:

Gesteco - opera in diverse aree, tra cui bonifiche, smaltimento rifiuti, analisi di laboratorio, demolizioni, estrazione e lavorazione di materiali inerti, progettazione e costruzione di prefabbricati in calcestruzzo, il tutto con una particolare attenzione alla sostenibilità.

Labiotest - ricerca, sviluppa e installa tecnologie innovative per il miglioramento della qualità dell'aria e l'abbattimento degli odori. Si occupa di progettare e realizzare nuovi impianti, riattivare impianti esistenti, oltre a fornire consulenza tecnica e normativa.

LOD - laboratorio di Olfattometria Dinamica, si occupa di misurazione e monitoraggio degli odori. Il LOD è nato in collaborazione con l'Università degli Studi di Udine, caso emblematico del nostro approccio scientifico e innovativo.

Metaplas - impegnata nel recupero e riutilizzo di plastiche e legno.

Ecofarm - si occupa di ritiro, trasporto, stoccaggio e smaltimento di rifiuti sanitari, derivanti da attività ambulatoriali, mediche e affini, nel rispetto della normativa vigente.

Argesteco - azienda argentina specializzata nella consulenza ambientale, sostenibilità, formazione e audit ambientale.

LBIT - distributore esclusivo di Labiotest sul mercato asiatico di attrezzature speciali per la protezione dell'ambiente, prodotti sanificanti, attrezzature meccaniche.

2. Introduzione

Nel presente documento si riportano i risultati delle elaborazioni modellistiche svolte per la valutazione dell'impatto delle emissioni di inquinanti della Z.I.A.F.

Il modello utilizzato per le simulazioni è *CALPUFF*.

I parametri presi in considerazione nella seguente simulazione della dispersione sono i medesimi dello studio già condotto per la ZIU:

- PM_{10} (intesi come PTS);
- NO_2 (intesi come NO_x),
- Cd,
- Ni,
- Mn.

2.1 Glossario

PM_{10} Polveri sottili = è l'insieme delle particelle atmosferiche [...] di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai $10 \mu m$ ⁽¹⁾.

NO_2 Biossido di azoto = è un gas di colore bruno-rossastro, poco solubile in acqua. [...] è un inquinante ad ampia diffusione che ha effetti negativi sulla salute umana e insieme al monossido di azoto contribuisce ai fenomeni di smog fotochimico ⁽²⁾.

Metalli = In questa categoria si inseriscono differenti elementi la cui origine è varia ma legata in genere alle attività umane. Nel presente studio sono stati considerati il Cadmio (Cd), Nichel (Ni) e il Manganese (Mn). In generale l'esposizione cronica e in alte concentrazioni può dare origine a malattie renali e cardiovascolari o della pelle.

¹ Fonte: Ministero della Salute,

² Fonte: Ministero della Salute,

3. Individuazione dello scenario e descrizione della metodologia numerica

3.1 Introduzione

La valutazione della dispersione degli inquinanti è stata realizzata mediante il modello di dispersione *CALPUFF*, raccomandato da *US EPA* per attività di pianificazione, monitoraggio e controllo della qualità dell'aria. In base all'esperienza maturata in seno a LOD Srl, *CALPUFF* è risultato essere particolarmente adatto per la simulazione della dispersione di inquinanti ed odori su scala locale. Si rimanda all'allegato 1 per le specifiche tecniche del modello di dispersione utilizzato.

3.2 Definizione dello scenario

Entrando nello specifico del caso oggetto di studio, è possibile individuare i seguenti elementi rappresentativi dello scenario in cui avverrà la simulazione numerica:

- Scala spaziale:** L'applicazione del modello riguarda la valutazione dell'impatto su un territorio in prossimità della zona industriale considerata: per tale ragione la scala di riferimento sarà di tipo locale, limitata a qualche chilometro in linea d'aria attorno al sito.
- Indice temporale:** La simulazione valuta la dispersione per un periodo di un anno solare; in questo modo sarà possibile valutare il contributo stagionale dei venti e della meteorologia sulla dispersione. Nella simulazione è stato considerato l'anno 2019. L'anno scelto è stato ritenuto rappresentativo del recente regime climatico Regionale sulla base delle informazioni contenute nei report meteo annuali ARPA FVG. Si sottolinea che lo scopo dei dati meteorologici è quello di fornire un dataset di casistiche meteorologiche in grado di descrivere le condizioni dispersive dell'area oggetto di studio.
- Ambito territoriale:** Il sito su cui verrà applicato il modello si trova presso la Zona Industriale Alto Friuli posizionata a nord di Udine e presenta un'orografia semplice, senza rilievi montuosi e collinari. Un'ulteriore descrizione dei dati orografici è presentata nel paragrafo 4.2.
- Sorgente:** Ai fini del modello verranno considerate diverse sorgenti corrispondenti alle emissioni dei vari impianti insediati. Ulteriori indicazioni sulla tipologia di sorgente sono riportate nel paragrafo 4.3.
- Sostanze simulate:** La valutazione dell'impatto riguarda principalmente le polveri, gli ossidi di azoto NO_x (NO_2) e metalli, quali Cadmio, Manganese e Nichel. Ulteriori approfondimenti sono riportati nel paragrafo 4.3.

3.3 Elaborazione dei risultati

A seconda della diversa specie chimica oggetto d'indagine, la metodologia per il calcolo e la valutazione dei valori di concentrazione al suolo può variare nei termini previsti della specifica normativa.

La valutazione della qualità dell'aria può essere effettuata per la specie chimica PM₁₀ sulla base dei valori limite (40 µg/m³ in termini di media annuale) riportati nell'Allegato XI del **D.Lgs 13 agosto 2010, n.155 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"**.

Tabella 1: Limiti di concentrazione riferiti al particolato fine PM10

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
Particolato Fine (PM ₁₀)	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 35 volte per anno civile, 50 µg/m ³	24 ore	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, 40 µg/m ³	Anno civile	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI

La valutazione della qualità dell'aria per gli ossidi di azoto NO_x (NO₂) può essere effettuata sulla base dei valori limite riportati nell'Allegato XI del **D.Lgs 13 agosto 2010, n.155 e s.m.i.**

Tabella 2: Limiti di concentrazione riferiti al Biossido di Azoto

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
Biossido di Azoto (NO ₂)	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 18 volte per anno civile, 200 µg/m ³	1 ora	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, 40 µg/m ³	Anno civile	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI
	Soglia di allarme 400 µg/m ³	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.Lgs. 155/2010 Allegato XII

Alla categoria dei metalli pesanti appartengono circa 70 elementi (con densità >5 g/cm³), anche se quelli rilevanti da un punto di vista ambientale sono solo una ventina. La normativa nazionale con il DLgs 1552/2010 ha stabilito gli obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria per alcuni metalli, tra cui Cadmio (Cd) e Nichel (Ni).

Tabella 3: Limiti di concentrazione riferiti ai Metalli

Inquinante	Periodo di mediazione	Unità di misura	Valore obiettivo	Soglia val. sup.	Soglia val. inf.
Cadmio (Cd)	Anno civile	ng/m ³	5,0	3	2
Nichel (Ni)	Anno civile	ng/m ³	20,0	14	10

Per il Manganese (Mn), gli unici riferimenti sono forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) che stabilisce, con il documento Air Quality Guidelines, i seguenti limiti o valori di riferimento calcolati nelle polveri totali campionate:

Tabella 4: Limiti di concentrazione riferito al Manganese

Inquinante	Periodo di mediazione	Unità di misura	Valore limite di riferimento
Manganese (Mn)	Anno civile	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,15

4. Dati di input del modello

Il modello di dispersione necessita di dati di *input* relativi alle condizioni meteorologiche, orografiche e allo scenario emissivo. Tali dati vanno esaminati attentamente per:

- valutare se sono sufficienti a descrivere la dispersione delle sostanze simulate;
- effettuare opportune semplificazioni che facilitino le operazioni di calcolo;
- comprendere ed interpretare in seguito i risultati ottenuti.

4.1 Dati meteorologici

Dati al suolo	
<i>Fornitore dei dati</i>	Stazioni ARPA Friuli-Venezia-Giulia ARPA Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima (ARPAE SIMC)
<i>Periodo</i>	Intero anno 2019
<i>Stazioni utilizzate</i>	Stazioni ARPA FVG: Gemona Monte Prat Osoppo Dataset LAMA su punto di estrazione più prossimo all'impianto.
<i>Coordinate UTM WGS-84</i>	Stazione ARPA FVG Gemona: 355,278 km E 5124,789 km N Stazione ARPA FVG Monte Prat: 345,264 km E 5122,818 km N Stazione ARPA FVG Osoppo: 351.305 km E 5122,121 km N Dati LAMA estratti su punto 349,996 km E 5123,287 km N 33 T
<i>Distanza dal centro della griglia di calcolo</i>	Stazione ARPA FVG Gemona: 2,3 km Stazione ARPA FVG Monte Prat: 6,2 km Stazione ARPA FVG Osoppo: 0,4 km Punto di estrazione LAMA: 2 km
<i>Parametri acquisiti</i>	Velocità del vento, direzione del vento, temperatura dell'aria, pressione barometrica al suolo, copertura nuvolosa

Tabella 5: **caratteristiche dei dati meteorologici, dati in quota.**

Dati meteo	
<i>Fornitore dei dati</i>	ARPA Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima (ARPAE SIMC)
<i>Periodo</i>	Intero anno 2019
<i>Stazioni utilizzate</i>	Dataset LAMA su punto di estrazione più prossimo all'impianto.
<i>Coordinate UTM WGS84</i>	Dati LAMA estratti su punto 349,996 km E 5123,287 km N 33 T
<i>Distanza dal centro della griglia di calcolo</i>	2 km
<i>Parametri acquisiti</i>	Pressione atmosferica, altezza, temperatura, direzione del vento, velocità del vento

4.2 Esame dei dati cartografici e dell'uso del suolo

Il modello di dispersione *CALPUFF* permette di tenere conto degli effetti indotti dall'orografia del territorio sulla dispersione. L'informazione sull'orografia viene introdotta tramite una matrice di quote altimetriche del terreno e di usi del suolo nel dominio spaziale.

Nel caso oggetto di studio si vuole valutare la dispersione degli inquinanti su scala locale. Si è deciso, pertanto, di realizzare in prima fase la simulazione con il preprocessore meteorologico CALMET utilizzando una griglia di 20 x 20 km e con un passo di 200 metri.

In Figura 1 si riporta il posizionamento territoriale del dominio di calcolo studiato con l'evidenza in rosso dei limiti area ZIAF.



Figura 1: Rappresentazione della zona oggetto d'indagine. In rosso il perimetro di ZIAF.

La griglia di calcolo delimita un'area di studio, pianeggiante nella parte inferiore mentre nella parte più settentrionale include una porzione significativa di territorio montano. L'orografia risulta per tanto eterogenea all'interno dell'area di studio.

All'interno della griglia ricadono diversi centri abitati, tra cui Osoppo, Gemona, San Daniele del Friuli, Majano.

I dati di ingresso sono stati ottenuti a partire dalle scansioni radar effettuate dallo Shuttle (S.R.T.M. Shuttle Radar Topography Mission) reperibili sul sito internet: http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/.

L'orografia della griglia di calcolo è rappresentata in Figura 2:

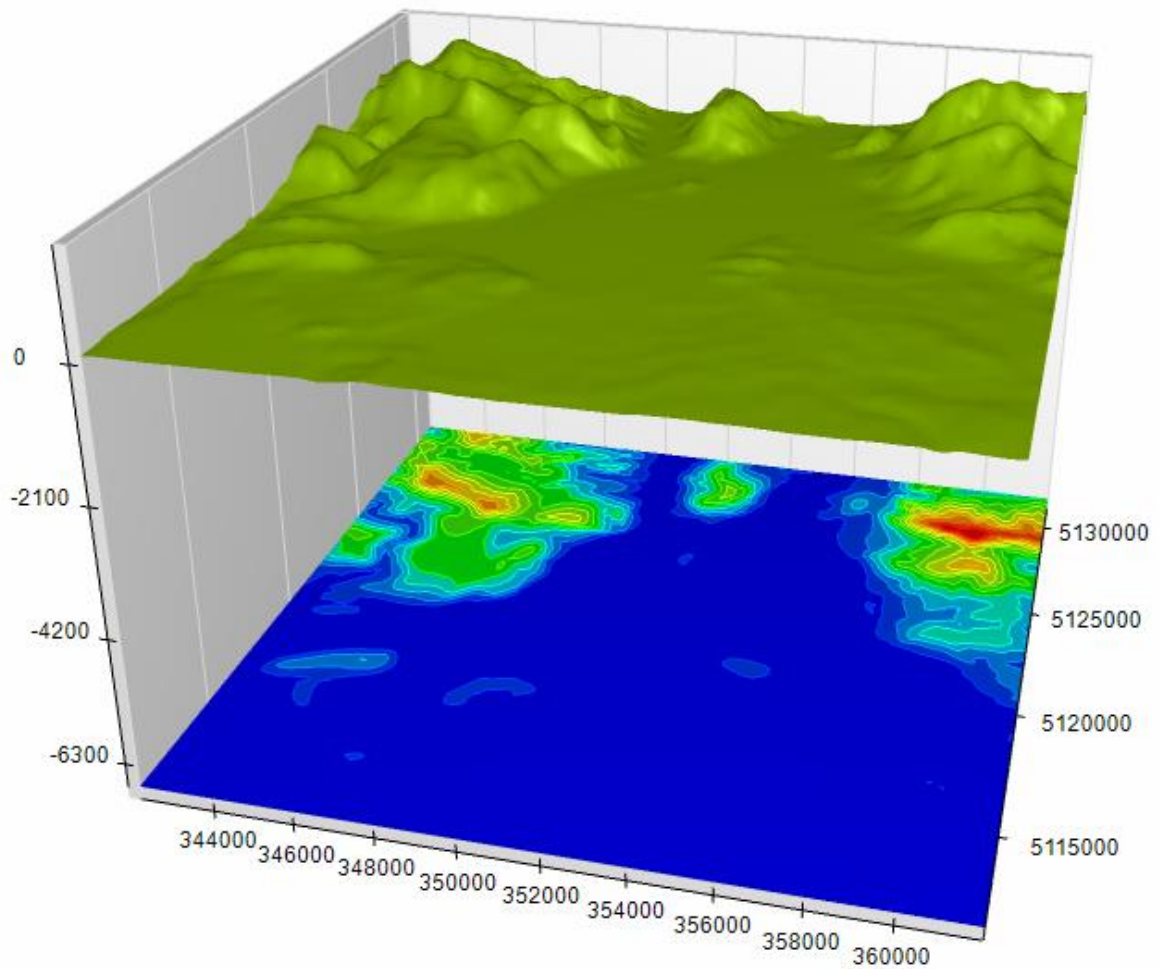


Figura 2: Orografia del dominio di calcolo

L'orografia può essere considerata complessa nonostante buona parte del dominio di calcolo sia su terreno pianeggiante, a causa dei rilievi presenti nella parte settentrionale. L'origine della griglia è situata in basso a sinistra e corrisponde alle coordinate (342.022 km E, 5111.303 km N) espresse in coordinate UTM.

4.3 Recettori sensibili

Al fine di valutare la ricaduta sul territorio in modo puntuale sono stati individuati alcuni recettori sensibili posti entro qualche chilometro dai punti emissivi.

Per lo studio sono stati considerati un totale di undici recettori posizionati nei pressi dell'impianto (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Tabella 6: recettori sensibili.

	Recettore	Coordinate WGS-84 – m E	Coordinate WGS-84 – m N	Distanza da sorgente puntuale più prossima (m)
A	Abitazione privata	352.272	5.123.579	310
B	Abitazione privata	354.142	5.123.011	1000
C	Abitazione privata	353.356	5.121.249	540
D	Abitazione privata	352.281	5.119.951	80
E	Abitazione privata	351.831	5.120.566	180
F	Abitazione privata	351.426	5.120.716	90
G	Abitazione privata	351.229	5.120.936	30
H	Abitazione privata	351.295	5.121.273	30
I	Abitazione privata	351.677	5.122.302	40
M	Abitazione privata	352.001	5.119.845	300
N	Abitazione privata	351.682	5.122.946	170
O	RRQA	351.048	5120.479	230



Figura 3 recettori discreti individuati sull'area circostante ZIAF, il cui perimetro è in figura delimitato da una linea rossa.

4.4 Sorgenti emissive

Per valutare la dispersione degli inquinanti nei pressi della ZIAF è necessario definire le caratteristiche delle sorgenti emissive:

- **Caratteristiche tecniche:** (le assunzioni qui esposte sono le medesime già fatte per la ZIU; per linearità dello studio e coerenza) i dati relativi alla caratterizzazione dei punti emissivi sono spesso carenti in termini di altezza dello sbocco del camino, durata / frequenza dell'emissione e velocità dell'effluente allo sbocco. Per sopperire a tali lacune si è deciso di:
 - Stimare l'altezza dell'emissione pari a 10 m, quando non siamo in possesso di altre indicazioni;

- Qualora non sia disponibile il posizionamento esatto dei camini, vengono fittiziamente posizionati al centro del capannone dell'azienda;
 - Valutare la velocità dell'effluente all'emissione a partire dalla portata autorizzata, qualora non siano disponibili dati misurati.
 - Viene incluso il contributo, per quanto riguarda PM₁₀ e NO_x del traffico stradale. I dati di traffico sono dedotti dai rilievi allegati al documento **“Studio di impatto sulla viabilità – Ambito Alto Friuli Variante n°1”** redatto dall'Ing. Honsell nel marzo 2020 e aggiornato nel 2023. I fattori emissivi sono desunti dai dati 2020 del database Fetransp edito dall'ISPRA (<https://fetransp.isprambiente.it/#/home>). Si precisa che i dati devono essere considerati al momento decisamente cautelativi, tuttavia, si è ritenuto di comune accordo con il Consorzio, valutare anche questo contributo.
 - Ulteriore contributo incluso, per quanto riguarda PM₁₀ e NO_x, è quello del traffico ferroviario della linea e delle aree di interscambio a servizio della zona industriale. Il dato fornito dal committente indica che in ZIAF si registrano 1100 treni in ingresso e 1150 treni in uscita, tutti a motorizzazione diesel (dati aggiornati a giugno 2023). A fini del tutto cautelativi si è supposto che ci sia una motrice operativa in maniera continuativa all'interno dell'area per 7 ore al giorno. Il fattore emissivo è stato desunto dal documento 1.A.3.c Railways EMEP/European Environment Agency (rif. shunting locomotives).
- **Inquinanti:** la simulazione modellistica è stata condotta per:
 - **Polveri:** le aziende analizzate presentano limiti in emissione per le polveri e non per i PM₁₀, previsti nei documenti analizzati per la valutazione della qualità dell'aria allo stato attuale.

Il valore introdotto nella simulazione sarà pari:

- al dato misurato dalle aziende a cui verrà sommato un 20% a livello cautelativo (condizioni medie di esercizio),
- oppure, quando non sono disponibili dati misurati, all'80% del valore limite di emissione indicato/riportato negli atti relativi all'autorizzazione alle emissioni della ditta.

In via assolutamente cautelativa, ai fini della presente modellizzazione, le polveri emesse dalle ditte insediate in ZIAF saranno considerate come PM₁₀, al fine di un raffronto con il limite proposto dal D.Lgs 155/2010 in aria ambiente;

- **Metalli:** le aziende presentano limiti specifici di Legge per Nichel e Cadmio, mentre per gli altri composti sono riportati dei limiti cumulativi, come sommatoria. Sulla falsa riga di quanto già effettuato in passato per ZIU, si è deciso di valutare la dispersione dei metalli a partire dalla loro presenza nelle PM₁₀, basandosi sugli studi condotti da ARPA stessa relativamente alla ZIAF (**Relazione Tecnica anno 2022, Qualità dell'aria nell'intorno della zona industriale alto Friuli. ARPA FVG**). Il riferimento è la centralina di Rivoli di Osoppo. Tale approccio è stato applicato solamente alle emissioni industriali di cui fosse disponibile un limite in

autorizzazione e quindi per le quali fosse lecito attendersi la presenza di metalli nelle polveri.

Tabella 7: coefficienti utilizzati per il calcolo della concentrazione dei metalli a partire dalle PM10.

PM10	Nichel	Cadmio	Manganese
1	PM ₁₀ * 0.0607	PM ₁₀ * 0.0121	PM ₁₀ * 0.0017
ug/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ug/m ³

- **Ossidi di azoto (NO_x):** Il valore introdotto nella simulazione sarà pari:
 - al dato misurato dalle aziende a cui verrà sommato un 20% a livello cautelativo (condizioni medie di esercizio),
 - oppure, quando non sono disponibili dati misurati, all'80% del valore limite di emissione indicato/riportato in autorizzazione;
 - si considerano gli ossidi in termini di NO₂. Il biossido di azoto presenta una tossicità decisamente superiore rispetto al monossido, è un gas fortemente reattivo, ritenuto tra gli inquinanti atmosferici più pericolosi in quanto irritante per propria natura (concorre alla formazione dello "smog fotochimico"). Come per le polveri sottili, i limiti alle emissioni delle industrie sono relativi agli NO_x, cautelativamente quindi si è assunto che tutti gli NO_x siano composti per il 100% da NO₂.

I dati di dettaglio riferiti alle singole sorgenti emmissive delle diverse aziende sono riportati nell'allegato 2, a cui si rimanda per approfondimenti.

Le assunzioni poste a base del seguente studio devono essere ritenute molto cautelative rispetto alla situazione di fatto, in particolare per le polveri e per gli ossidi di azoto. Per le polveri non è stato preso in considerazione il possibile contributo di eventuali cantieri relativi alla costruzione di opere o stabilimenti.

5. Risultati

5.1 Polveri (PM₁₀)

Si riporta nelle successive figure le mappe di dispersione delle polveri (PM₁₀) espresse in termini di massimo annuale delle medie giornaliere calcolate nel dominio di studio.

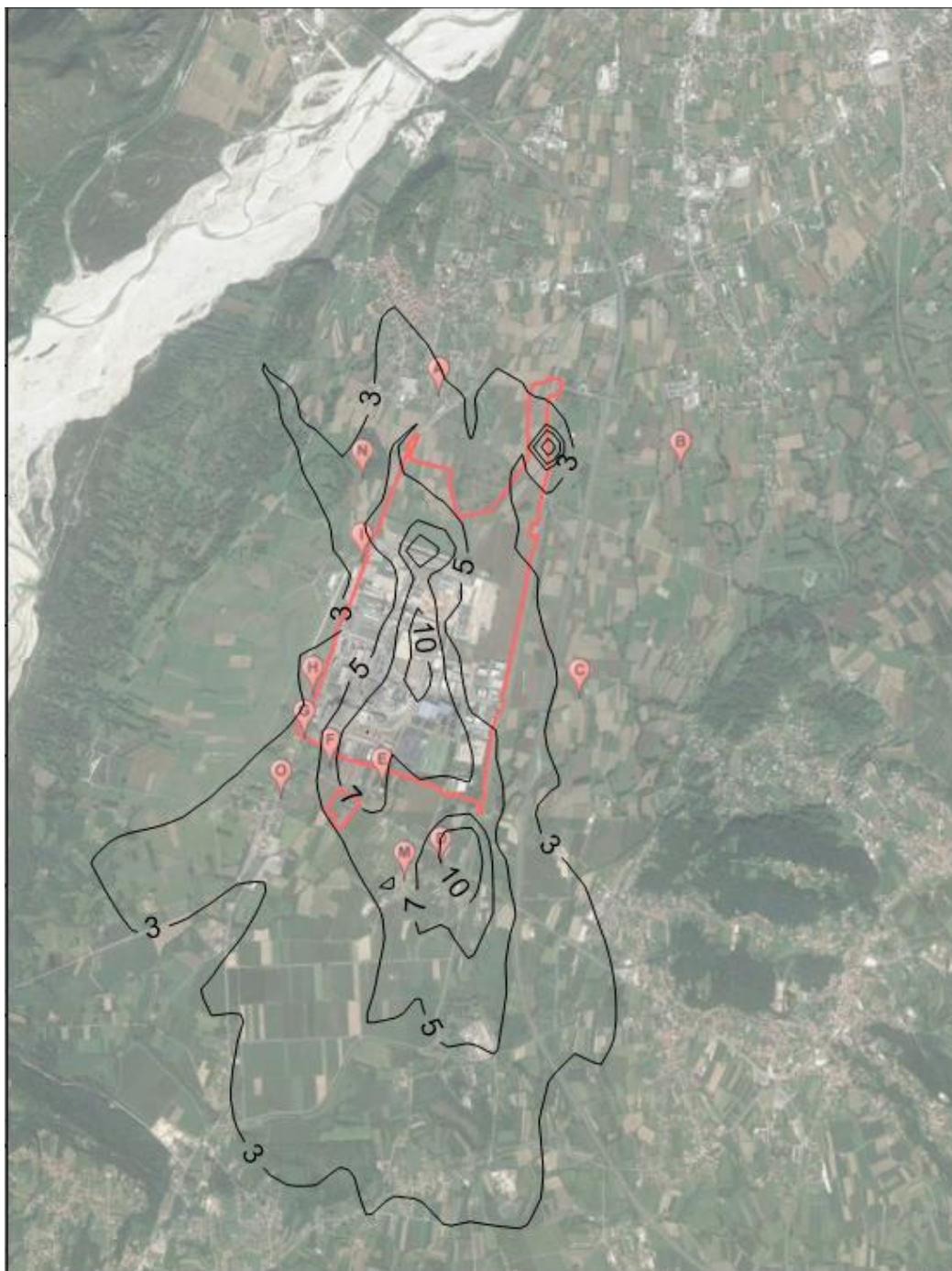


Figura 4: Mappa di ricaduta delle polveri (PM₁₀) espressa come **massimo annuale** delle medie giornaliere. Le concentrazioni sono espresse in ug/m³.

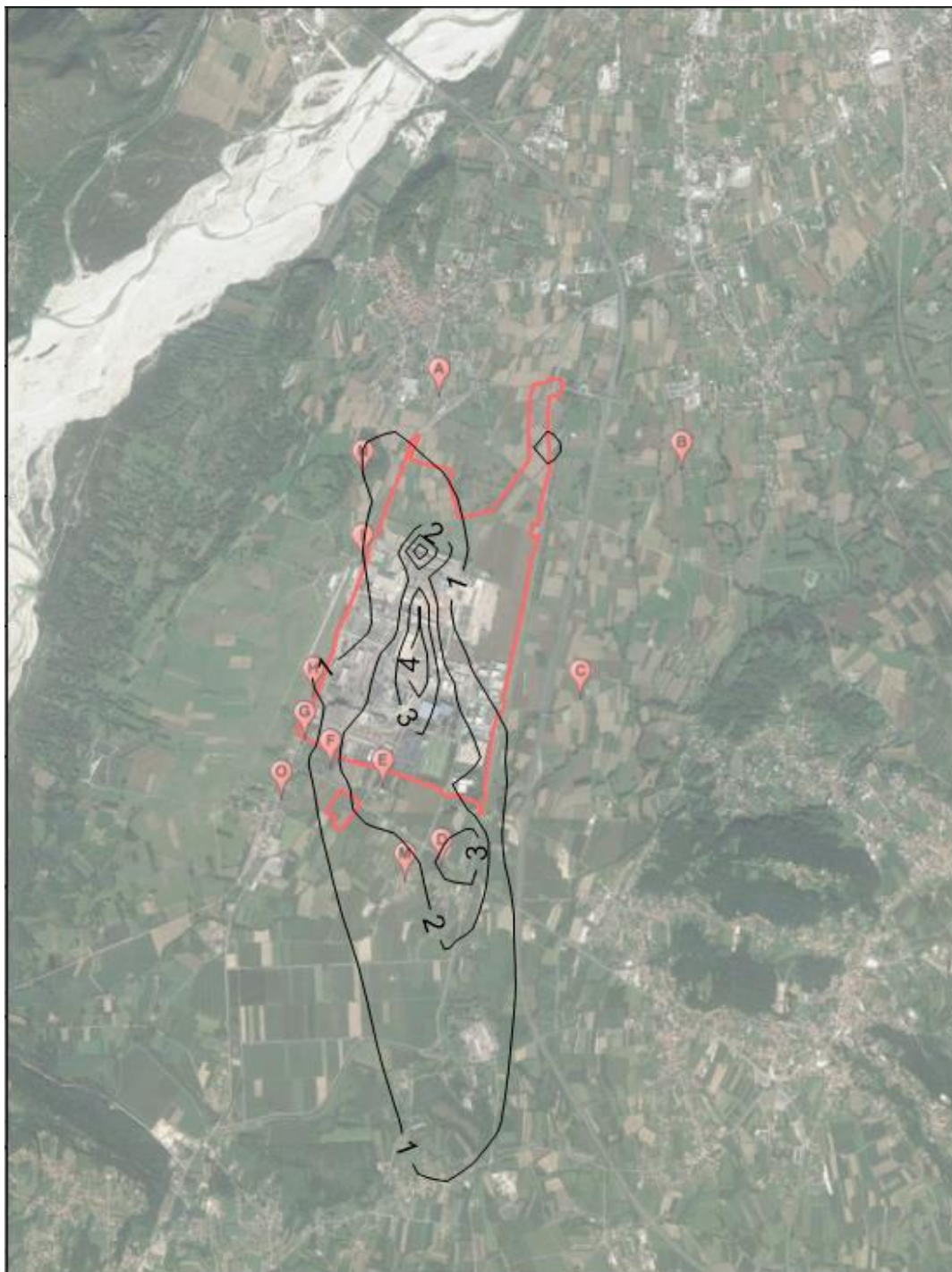


Figura 5: Mappa di ricaduta delle polveri (PM₁₀) espressa come **media annuale**. Le concentrazioni sono espresse in ug/m³.

Le precedenti mappe consentono di affermare che **in nessun punto della ZIAF si nota un superamento del valore di riferimento**, definito dal D.Lgs 155/2010 e s.m.i. come 40 ug/m³ espresso come media annua e 50 ug/m³ espresso come media giornaliera.

Di seguito in tabella si riportano i valori di PM₁₀ presso i recettori discreti espressi come massimo annuale delle medie giornaliere e come media annuale:

	Recettore	PM10 massimo annuale delle medie giornaliere (ug/m3)	PM ₁₀ media annua (ug/m3)
A	Abitazione privata	3.5	0.7
B	Abitazione privata	1.9	0.1
C	Abitazione privata	2.2	0.3
D	Abitazione privata	10.4	2,8
E	Abitazione privata	6.6	1,9
F	Abitazione privata	5.8	1,4
G	Abitazione privata	4.5	0.9
H	Abitazione privata	3.1	0.7
I	Abitazione privata	3.8	0.9
M	Abitazione privata	5.5	1,6
N	Abitazione privata	3.7	0.9
O	RRQA	3.8	0.4

Il **D.Lgs 155/2010** e s.m.i. riporta anche una soglia ai superamenti dei limiti imposti a livello giornaliero, pari a **35 volte/anno**. Come desumibile già dalla mappa di ricaduta, non si riscontrano superamenti per quanto riguarda l'inquinante in oggetto. Si riportano di seguito il numero di superamenti stimati dal modello di dispersione relativamente al PM₁₀:

	Recettore	Superamenti/anno civile
A	Abitazione privata	0
B	Abitazione privata	0
C	Abitazione privata	0
D	Abitazione privata	0
E	Abitazione privata	0
F	Abitazione privata	0
G	Abitazione privata	0
H	Abitazione privata	0
I	Abitazione privata	0
M	Abitazione privata	0
N	Abitazione privata	0
O	RRQA	0

5.2 Ossidi di azoto NO_x (NO₂)

Si riporta nella figura successiva la mappa di dispersione degli ossidi di azoto, espressi come NO₂, espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.

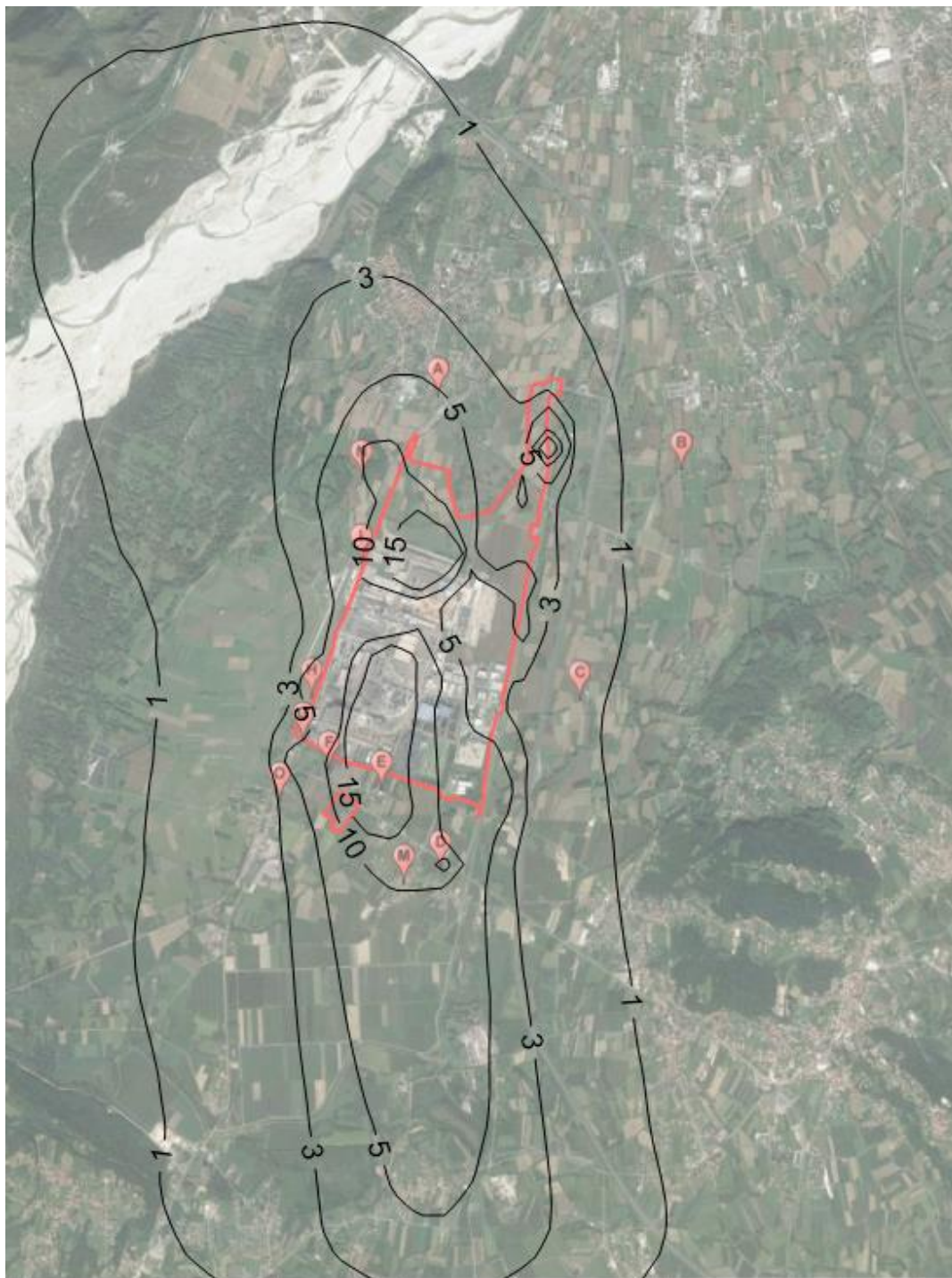


Figura 6: Mappa di ricaduta di NO₂ espressa come **media annuale**. Le concentrazioni sono espresse in ug/m³.



Figura 9: Mappa di ricaduta di NO₂ espressa come **massimo annuale** dei valori orari. Le concentrazioni sono espresse in ug/m³.

Il valore di riferimento per quanto riguarda NO₂, definito dal **D.Lgs. 155/2010** è pari a **40 ug/m³ espresso come media annuale e 200 ug/m³ espresso come massimo annuale dei valori orari**. Dalla mappa di isoconcentrazione in figura 9 si può notare come, per il limite su base oraria, emergano superamenti nell'area limitrofa alla ZIAF e nel comune di Osoppo.

Di seguito in tabella si riportano i valori di NO₂ presso i recettori discreti espressi come massimo annuale dei valori orari e come media annuale, in ug/m³.

	Recettore	NO ₂ massimo annuale dei valori orari (ug/m ³)	NO ₂ media annua (ug/m ³)
A	Abitazione privata	169.1	5.4
B	Abitazione privata	114.1	0.5
C	Abitazione privata	78.4	1.2
D	Abitazione privata	196.8	11.1
E	Abitazione privata	303.7	15.5
F	Abitazione privata	212.8	7.5
G	Abitazione privata	181.5	7.1
H	Abitazione privata	176.5	5.4
I	Abitazione privata	294.8	9.4
M	Abitazione privata	144.0	10.2
N	Abitazione privata	235.5	9.4
O	RRQA	184.6	2.8

Il **D.Lgs 155/2010 e s.m.i.** riporta anche una soglia ai superamenti dei limiti imposti a livello giornaliero, pari a **18 volte/anno**. Si riportano di seguito il numero di superamenti stimati dal modello di dispersione relativamente al NO₂ e si può notare che non si riscontrano superamenti di questo parametro per quanto riguarda l'inquinante in oggetto.

	Recettore	Superamenti/anno civile
A	Abitazione privata	0
B	Abitazione privata	0
C	Abitazione privata	0
D	Abitazione privata	0
E	Abitazione privata	5
F	Abitazione privata	2
G	Abitazione privata	0
H	Abitazione privata	0
I	Abitazione privata	7
M	Abitazione privata	0
N	Abitazione privata	4
O	RRQA	0

5.3 Metalli: Cadmio (Cd)

Si riporta nella figura successiva la mappa di dispersione di Cadmio (Cd), espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.

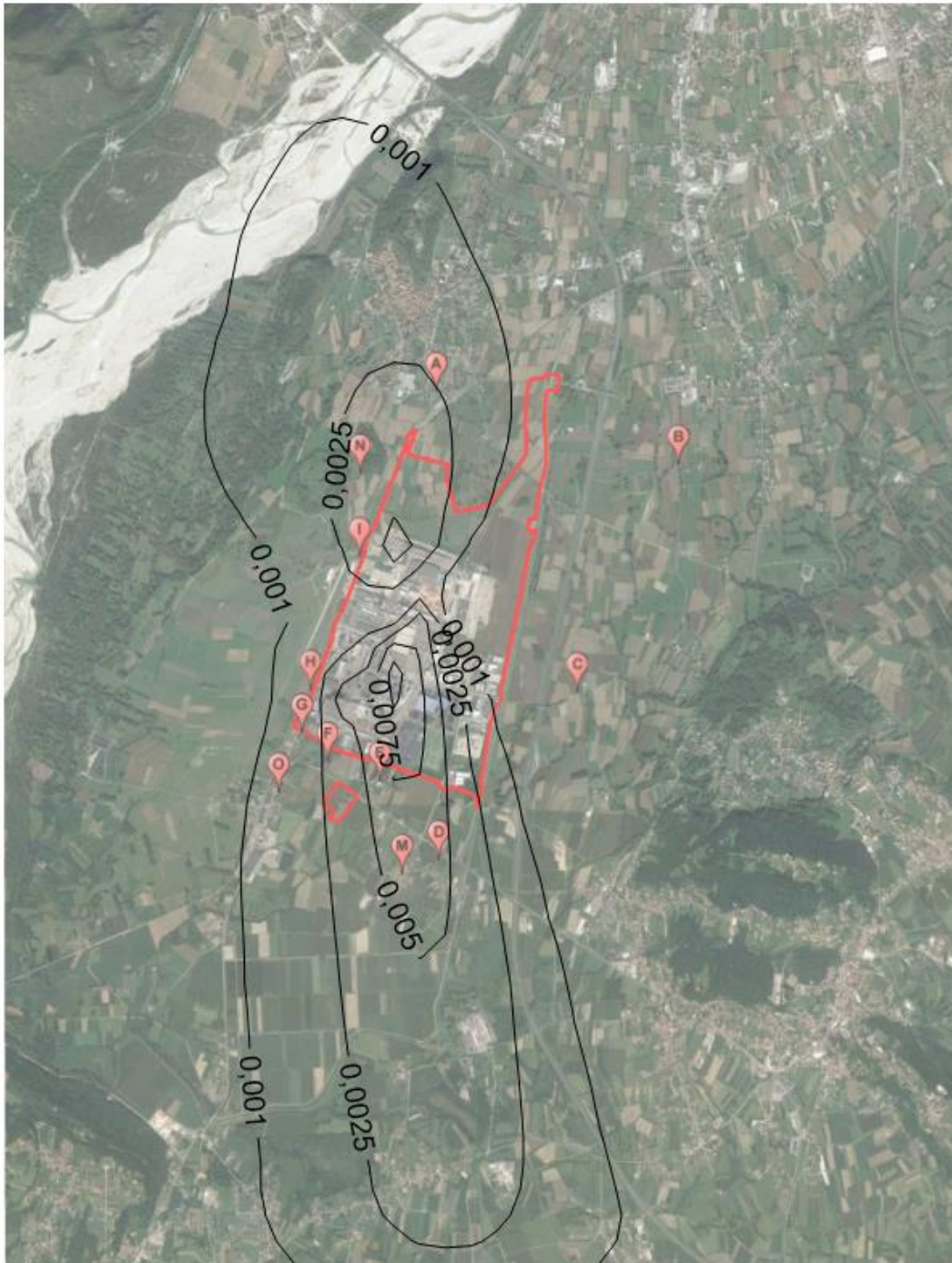


Figura 7: Mappa di ricaduta di Cd espressa come **media annuale**. I valori sono espressi in ng/m^3 .

Per quanto riguarda il Cadmio il valore obiettivo per la qualità dell'ambiente definito dal **D.Lgs. 155/2010** e s.m.i. è di **5 ng/m^3** e riferito alla **media annuale**. Non si evidenziano superamenti di tale valore obiettivo.

5.4 Metalli: Nichel (Ni)

Si riporta nella seguente figura la mappa di dispersione di Nichel (Ni), espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.

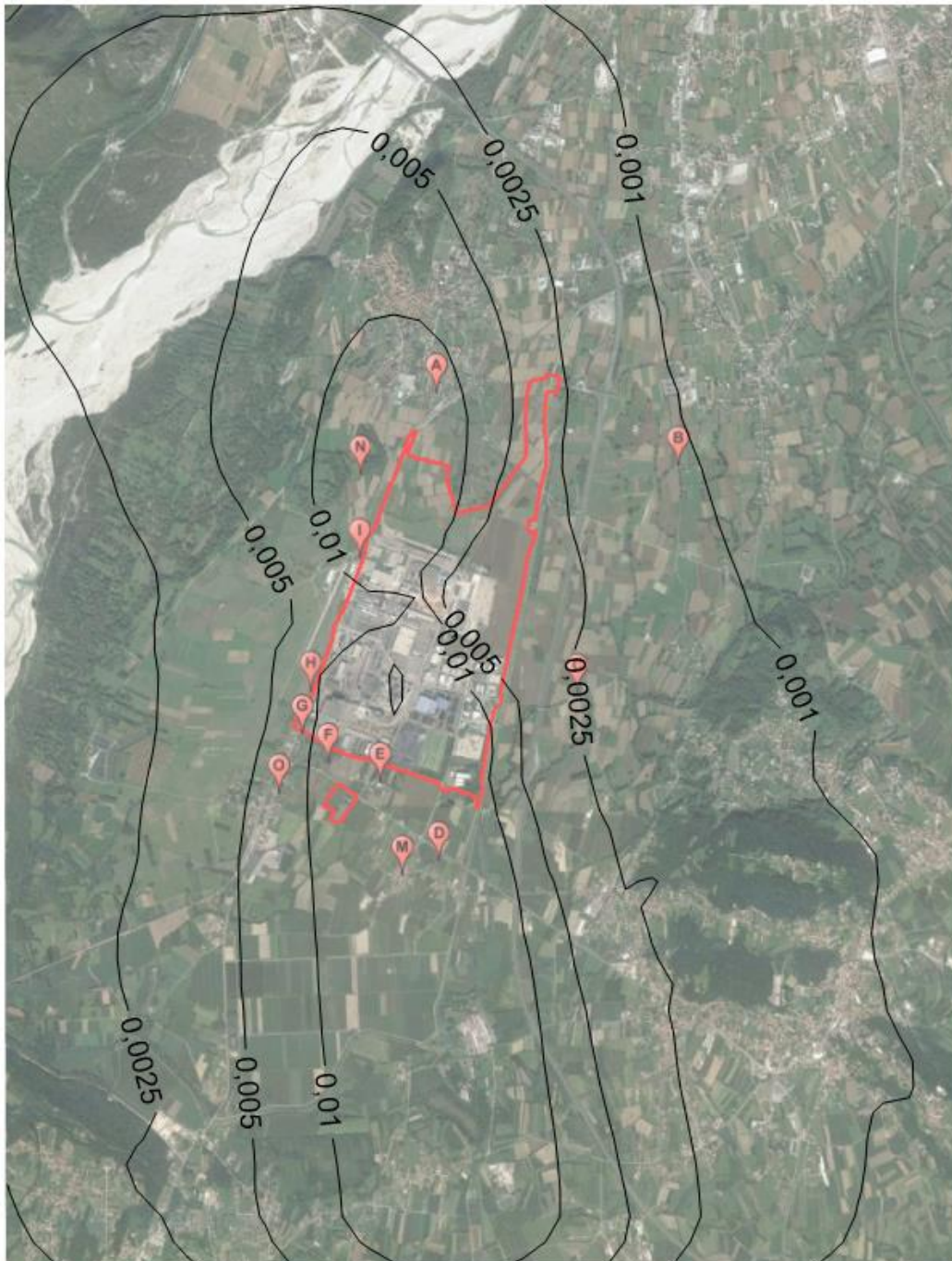


Figura 8: Mappa di ricaduta di Ni espressa come **media annuale**. valori sono espressi in ng/m^3 .

Per quanto riguarda il Nichel il valore obiettivo per la qualità dell'ambiente definito dal **D.Lgs. 155/2010** e s.m.i. è di **20 ng/m^3** e riferito alla **media annuale**. Non si evidenziano superamenti di tale valore obiettivo.

5.5 Metalli: Manganese (Mn)

Si riporta nella seguente figura la mappa di dispersione di Manganese (Mn), espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.

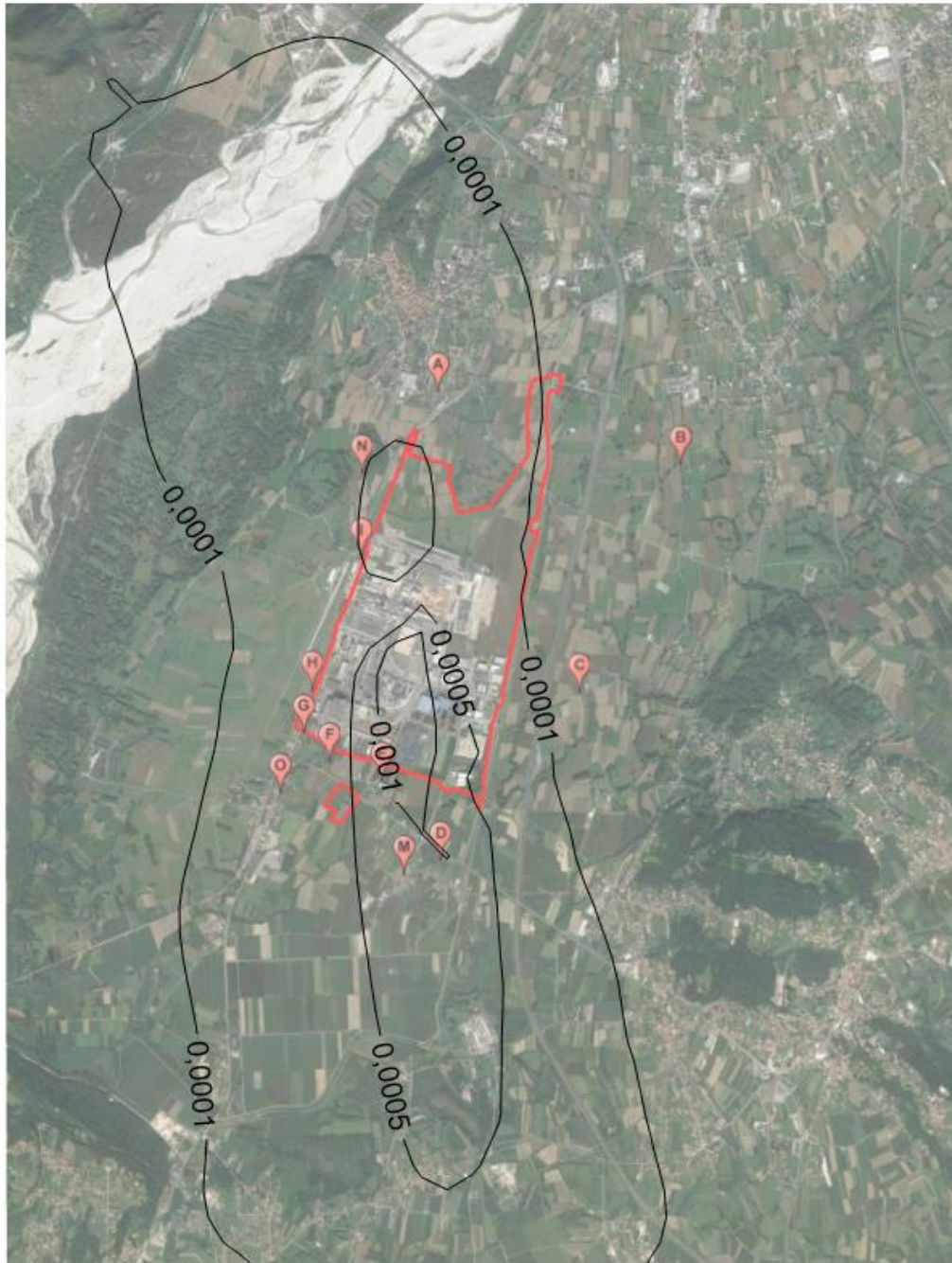


Figura 9: Mappa di ricaduta di Mn espressa come **media annuale**. valori sono espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per il Manganese (Mn), gli unici riferimenti sono forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) che stabilisce, con il documento **Air Quality Guidelines**, il valore di riferimento di **0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** come **media annuale** dei valori medi sulle 24 ore calcolati nelle polveri totali campionate. Non si evidenziano superamenti di tale valore obiettivo.

6. Valutazione dei risultati

Nella seguente tabella 8 si riportano i risultati per i recettori sensibili, inclusi quelli relativi alle simulazioni condotte escludendo le emissioni della viabilità ferroviaria, in prima battuta, e quelle della viabilità stradale e ferroviaria in seconda battuta. Le considerazioni in merito ai risultati ottenuti dalle simulazioni possono essere le seguenti:

- Nessuno dei composti oggetto di simulazione supera le soglie e/o i limiti definiti in ricaduta;
- Il contributo delle emissioni veicolari e ferroviarie è frutto di inevitabili semplificazioni modellistiche, che possono eventualmente essere oggetto di ulteriori approfondimenti. Tuttavia, è opportuno evidenziare come, in particolare le emissioni ferroviarie, assumano un ruolo non trascurabile all'interno dell'area ZIAF;
- Le aziende prese in considerazione sono quelle per cui è stato possibile reperire dati emissivi. Lo studio potrà essere integrato in futuro qualora ulteriori emissioni vengano autorizzate o siano reperibili più dati.

Tabella 8: Confronto tra risultati delle simulazioni

		esclusa viabilità ferroviaria	esclusa viabilità ferroviaria e stradale		esclusa viabilità ferroviaria	esclusa viabilità ferroviaria e stradale			
recettori	PM10 anno $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 anno $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 anno $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOX anno $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOX anno $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOX anno $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cd anno ric. ng/m^3	Mn anno ric. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ni anno ric. ng/m^3
A	0.7	0.7	0.6	5.4	4,5	3.8	0,0026	0,0004	0,0127
B	0.1	0.1	0.1	0.5	0,5	0.4	0,0002	3,45E-05	0,0012
C	0.3	0.3	0.3	1.2	1.1	0.6	0,0004	0,0001	0,0024
D	2.8	2.7	2.5	11.1	10.8	7.9	0,0057	0,0010	0,0341
E	1.9	1.8	1.6	15.5	13.2	10.8	0,0065	0,0009	0,0323
F	1.4	1.4	1.3	7.5	6.5	4.2	0,0029	0,0003	0,0151
G	0.9	0.9	0.5	7.1	6.8	2.5	0,0016	0,0002	0,0082
H	0.7	0.7	0.5	5.4	4.9	2.4	0,0016	0,0002	0,0081
I	0.9	0.9	0.8	9.4	8.7	7.7	0,0036	0,0005	0,0176
M	1.6	1.6	1.6	10.2	9.8	9.11	0,0060	0,0009	0,0295
N	0.9	0.9	0.7	9.4	8.5	5.8	0,0035	0,0005	0,0172
O	0.4	0.4	0.4	2.8	2.6	2.2	0,0013	0,0002	0,0068

Lod Srl

Via Sondrio, 2
33100 Udine_Italy
www.gruppoluci.it

t +39 0432 1715695
f +39 0432 1715683
lod@gruppoluci.it



Allegato 1: Descrizione del modello di dispersione CALPUFF

Come già accennato in precedenza, *CALPUFF* è un modello di dispersione di tipo lagrangiano a *puff*, nel quale le equazioni di conservazione di massa vengono scritte e risolte in riferimento a rilasci emissivi sferici detti *puff*, con i quali viene approssimata l'emissione continua.

Le equazioni per ogni *puff* sono determinate a partire dal campo di moto del vento. Tale campo di moto è calcolato tramite un pre-processore meteorologico (*CALMET*) che utilizza, come dati di input, i dati provenienti dall'archivio meteorologico e dalla cartografia riferiti al sito in esame e relativi al periodo di cui si vuole ottenere la simulazione. Il file di *output* di *CALMET* viene processato, mediante *CALPUFF*, assieme ai dati relativi alle emissioni, per ottenere i campi di concentrazione desiderati.

Lo schema di funzionamento del modello *CALPUFF* è riportato in Figura.

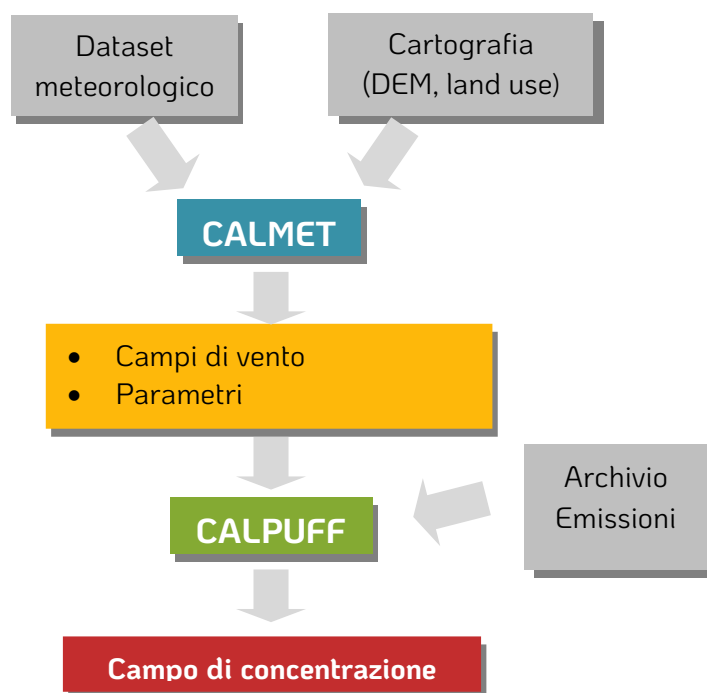


Figura 10: schema di funzionamento del modello di dispersione CALPUFF

CALMET: Pre-processore meteorologico

Il preprocessore *CALMET* è in grado di elaborare i dati meteorologici e orografici, per determinare il campo di vento tridimensionale ed altri parametri meteorologici fondamentali per la simulazione della dispersione. A tal fine, *CALMET* necessita, come dati di *input*, i valori medi orari relativi ai seguenti dati meteorologici osservati al suolo:

- direzione ed intensità del vento;
- temperatura e umidità relativa dell'aria;

- pressione atmosferica;
- copertura del cielo;
- precipitazioni;

dei valori dei profili verticali, ottenuti tramite radiosondaggi, di:

- direzione ed intensità del vento;
- temperatura e pressione;

ed inoltre dei dati relativi al terreno, in particolare

- altimetria;
- uso del suolo.

Attraverso l'elaborazione di questi dati, *CALMET* è in grado di determinare il valore nel tempo e nello spazio di:

- componenti tridimensionali del vento;
- altezza di rimescolamento;
- lunghezza di Monin-Obukhov;
- classe di stabilità atmosferica, secondo Pasquille-Gifford.

Caratteristiche del puff e concentrazioni al suolo

Ogni *puff* emesso dalle sorgenti in esame può essere descritto mediante:

- una *massa della sostanza simulata* Q_k , contenuta al suo interno;
- un *baricentro* (o centroide) che individua la sua posizione nello spazio;
- una *condizione iniziale di moto*, funzione della temperatura e della velocità allo sbocco dell'emissione;
- una dimensione spaziale che varierà durante il moto del *puff* a causa dei fenomeni diffusivi e di turbolenza

Dopo il suo rilascio in atmosfera, ogni *puff* subisce l'azione del campo di vento tridimensionale che ne fa variare la posizione e ne determina il *trasporto*: il suo percorso sarà dunque regolato da direzione ed intensità dei venti locali. Durante tale percorso, ogni *puff* è inoltre soggetto a fenomeni diffusivi e turbolenti che ne faranno variare la dimensione. In particolare, i vortici di media e piccola dimensione, generati a livello dello strato limite planetario, vengono inglobati all'interno del *puff* facendone aumentare la dimensione e, nel contempo, diminuendone la concentrazione di odore.

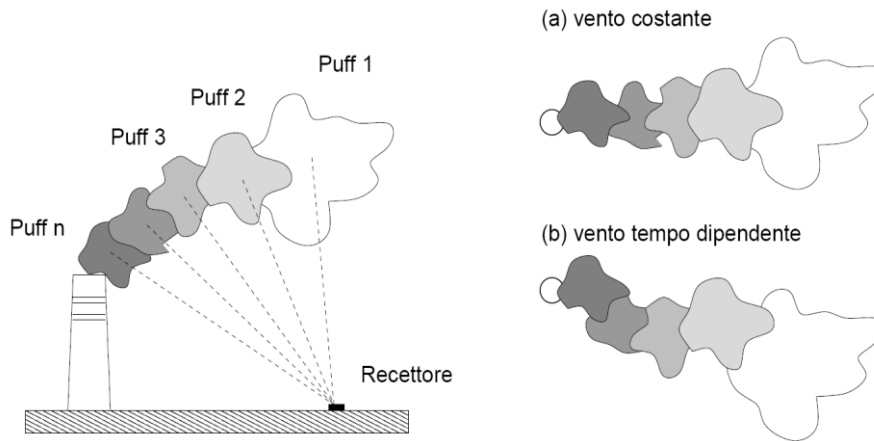


Figura 11: dispersione di un pennacchio rappresentato come somma di emissioni discrete. Il vento ne determina il trasporto e le turbolenze su scala locale ne fanno variare la dimensione. La concentrazione al suolo viene calcolata in corrispondenza ad alcuni recettori discreti.

La ricaduta dell'odore al suolo viene calcolata in *CALPUFF* sommando il contributo di ogni singolo *puff* su alcuni generici punti dello spazio denominati *recettori*. Fissando un sistema di riferimento cartesiano centrato nel pacchetto emesso, la posizione del generico recettore è identificata dalle due coordinate d_c e d_a , che rappresentano rispettivamente la distanza trasversale e longitudinale rispetto alla direzione del vento. La concentrazione C della specie simulata in un generico recettore a distanza (d_c, d_a) dal *puff* è descritta dall'equazione:

$$C = \frac{Q_k}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

dove il termine g è definito dalla:

$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

con:

- C è la concentrazione di odore al suolo;
- Q_k è la massa della sostanza simulata del generico *puff* k ;
- σ_x, σ_y e σ_z sono i coefficienti di dispersione rispettivamente lungo la direzione del vento, la sua perpendicolare orizzontale e la sua perpendicolare verticale;
- g è il contributo verticale della dispersione;
- H_e è la quota del baricentro del *puff*;
- h è l'altezza di rimescolamento.

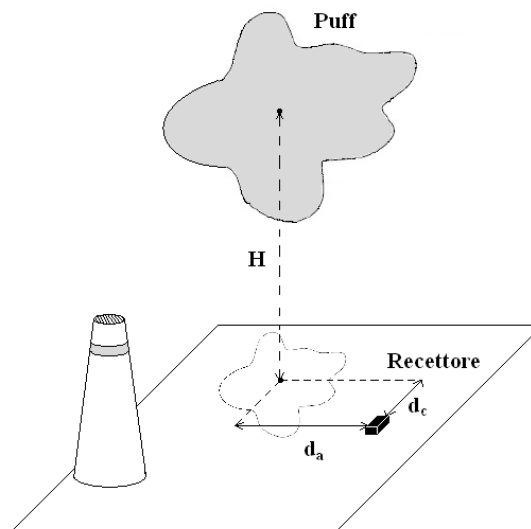


Figura 12: proiezione del puff sul piano di un generico recettore

La massa di odore Q_k del generico *puff* k può essere calcolata a partire dal tasso di emissione. Supponendo che l'emissione sia costante con tasso di emissione pari a q e che nell'intervallo di tempo t_2-t_1 siano stati emessi N *puff*, si può scrivere la seguente equazione:

$$Q_k = \frac{q(t_2 - t_1)}{N}$$

Nel corso del tempo, la massa della specie simulata Q_k del generico *puff* può variare a causa di alcuni fenomeni che ne determinano l'impovertimento. Con la *deposizione umida* le sostanze simulate possono venire inglobate all'interno delle particelle aerodisperse nelle nubi, nella pioggia e nella neve con successivo trasferimento al suolo mediante precipitazione. La *deposizione secca* si verifica invece in assenza di umidità ed il trasferimento al suolo avviene per sedimentazione o per impatto. Infine, alcune specie possono andare incontro in atmosfera a *reazioni chimiche* con conseguente trasformazione della sostanza in uno o più composti diversi.

Allegato 2: Stabilimenti ubicati in ZIAF

DITTA	tipologia attività	comune	indirizzo
ADRIA DIESEL SRL	Vendita e manutenzione mezzi pesanti	BUJA	EUROPA UNITA 1
AUTOTECHNICS ITALIANA SRL	Officina metallurgica	BUJA	EUROPA 12
BARDUS METAL SRL		BUJA	VIA VILSBIBURG 8/1
BE.OIL DI FABBRO EDOARDO SAS	Distribuzione carburanti	CERVIGNANO	UDINE 8
BS CARPENTERIE SRLS	Carpenteria	BUJA	CASALI LEONCINI 16
C.M.B. SOLUTIONS SRL	Carpenteria	BUJA	VIA VILSBIBURG, 12
CARPENTERIA METALLICA VATTOLO E PEZZETTA SRL	Carpenteria	BUJA	EUROPA 12
CARROZZERIA AITA SNC	Officina e carrozzeria	BUJA	EUROPA UNITA 7
CIME SRL	Installazione di impianti elettrici in edifici o in altre opere di costruzione	BUJA	VILSBIBURG 4/5
COFIM SRL	consulenza	BUJA	CASALI LEONCINI 5
CORTE SPA	Logistica e riciclaggio rifiuti metallici	BUJA	VIA PRAZ DAI TROIS 4
CPF DI SAVIO LOREDANA	fabbricazione schede elettroniche	OSOPPO	GARIBALDI 43
DRY BAR SRL		BUJA	EUROPA 5
ECOPOINT SRL	Impianti idraulici	BUJA	VILSBIBURG 8/2
FANTONI SPA	Pannelli e rivestimenti fonoassorbenti	OSOPPO	EUROPA 1

DITTA	tipologia attività	comune	indirizzo
FERRIERE NORD SPA	Produzione acciai	OSOPPO	ZONA INDUSTRIALE RIVOLI
FIMEX SRL	Edilizia e impianti	OSOPPO	G. DE SIMON 6
FISA SRL	produzione di sedili per v. di trasp. pubblico	OSOPPO	G. DE SIMON 6
FRA.VA SRL		BUJA	BATTIFERRO 9
HPG SRL	costruzione impianti idroelettrici	BUJA	PRADARIES 7
LEALE SNC	Edilizia e impianti	GEMONA DEL FRIULI	PIAZZA GARIBALDI
LEDRAGOMMA SRL	Manufatti	OSOPPO	GIOVANNI DE SIMON
LMB SRL A SOCIO UNICO	carpenteria metallica	BUJA	VIA EUROPA NR. 12/B
LOGIKA EXPRESS SNC	Autotrasporti	BUJA	PRAZ DAI TROIS
LOGIKA PM SRLS		BUJA	VILSBIBURG 118
LOGIST SNC DI FELICE FLAVIO	movimentazione merci	BUJA	VILSBIBURG 20
M.W.A. Srl	lavorazioni meccaniche	BUJA	VIA CASALI LEONCINI 5
MECHANICS SRL	Macchine e carpenterie metalliche	BUJA	VIA CASALI LEONCINI 5
MERCI ITALI ST SRL		OSOPPO	ZONA INDUSTRIALE RIVOLI
MINISINI SRL	Metallurgia	BUJA	CASALI LEONCINI
MOBILIFICIO DIESSE	Vendita mobili	BUJA	EUROPA 2
PAULUZZO GABRIELE & FELICE SNC	Autotrasporti	BUJA	VILSBIBURG 20/22

DITTA	tipologia attività	comune	indirizzo
PELFA GROUP SRL A S.U	Produzione macchine e impianti industriali	BUJA	VIA EUROPA NR. 4
PEZZETTA FERRUCCIO	Carpenteria	BUJA	EUROPA 2/C
PEZZETTA INNOCENZO	Carpenteria	BUJA	EUROPA 2/F
PLANET AUTOMATION SRL	Impianti elettrici e automazione	BUJA	VIA PRAZ DAI TROIS SNC
PROMOSTAR SRL	Progettazione e prod. Macchine industriali	BUJA	CASALI LEONCINI 2/C
RIGOMMA SRL	Vendita pneumatici	BUJA	EUROPA
SAITEL SRL	Automazione per gru e sistemi di movimentazione	BUJA	PRAZ DAI TROIS 10
SEI LASER CONVERTING SRL	Taglio di precisione	BUJA	PRAZ DAI TROIS 16
TAU SYSTEM SRL	Taglio semilavorati e lamiera	BUJA	VIA VILSBIBURG, 24
TECNOCOORD DI MINUTELLO ANDREA	Controsoffitti e rivestimenti	BUJA	PRAZ DAI TROIS 24
TERNA SPA	Distribuzione elettrica	ROMA	VIALE ELGIDIO GALBANI 70
TRA.VEL DI MONFREDO ERASMO	Autotrasporti	BUJA	PRAZ DAI TROIS 12/B INT. 2
TS TRACTION E SERVICE SRL	Movimentazione ferroviaria	BUJA	VIA VILSBIBURG 6B/1
VEGA SAS	compravendita immobili	BUJA	EUROPA 5

Allegato 3: emissioni convogliate simulate

Impianto	Sigla	X(m)	Y(m)	Altezza Camino(m)	Velocità Emissione (m/s)	Temperatura Emissione (°K)	Diametro Camino(m)	PMX (g/s)	NOX (g/s)
Fantoni S.p.a.	1COG1	351825	5121959	37,8	7,7	293,2	1,6		3.11000
	PX6-1	352049	5121849	49,5	10,8	323,9	4,4	0.21000	5.08000
	PX6-2	352038	5121850	8,6	18,9	303,5	1,4	0.00410	
	PX6-3	352142	5121807	17,0	3,5	291,5	0,4	0.00013	
	PX6-4	352129	5121812	16,0	5,7	293,2	0,5	0.00440	
	PX6-5	352188	5121803	15,0	35,5	298,8	1,4	0.11100	
	PX6-6	352221	5121794	16,0	3,9	293,2	0,6	0.00444	
	PX6-7	352218	5121796	16,0	7,0	293,2	0,5	0.00440	
	FA-14	352155	5121705	11,0	6,9	296,5	0,6	0.00026	
	PX7-1	352091	5122149	49,5	8,4	316,2	4,0	0.61200	6.21000
	PX7-2a	352074	5122105	13,0	16,7	293,2	1,0	0.05240	
	PX7-2b	352050	5122118	13,0	11,3	296,9	0,8	0.00380	
	PX7-2c	352063	5122109	13,0	12,2	293,2	1,0	0.03820	
	PX7-3a	352104	5122189	20,0	7,9	293,2	1,6	0.06320	
	PX7-3b	352099	5122192	20,0	7,9	293,2	1,6	0.06320	
	PX7-4	352109	5122186	17,0	11,5	293,2	1,0	0.03600	
	PX7-5	352123	5122115	26,0	8,7	294,9	1,5	0.00530	
	PX7-6	352118	5122078	30,0	13,6	293,2	0,5	0.01060	
PX7-7	352118	5122187	3,5	13,5	326,2	0,3	0.00069		

Impianto	Sigla	X(m)	Y(m)	Altezza Camino(m)	Velocità Emissione (m/s)	Temperatura Emissione (°K)	Diametro Camino(m)	PMX (g/s)	NOX (g/s)
	PX7-8	352117	5122075	28,0	6,4	296,2	0,3	0.00094	
	NO-1	351767	5121835	12,0	17,8	296,5	1,0	0.00201	
	NO-2	351780	5121833	20,5	5,7	293,2	1,0	0.01770	
	PX8-1	352159	5121834	20,0	13,1	301,7	1,6	0.13780	
	PX8-2	351968	5121891	57,0	10,5	308,1	2,5	0.02099	
	PX8-3	352027	5121874	33,0	13,9	300,2	2,5	0.02690	
	PX8-4	352175	5121829	17,0	8,0	304,9	1,2	0.00586	
	PX45-1	351774	5121950	9,7	25,9	295,9	0,8	0.00266	
	PX45-2	351741	5121847	9,5	32,7	295,9	1,3	0.02200	
	PX45-3	351893	5121944	21,3	2,8	293,2	0,5	0.00177	
	PX45-4	351882	5121938	21,3	2,8	293,2	0,5	0.00177	
	PX45-5	351881	5121925	26,1	1,2	293,2	1,0	0.00355	
	PX4-1	351835	5121913	45,0	15,1	326,1	2,0	0.26235	2.47180
	PX5-1	351856	5121929	45,0	12,5	324,3	2,9	0.45230	5.96150
	ACS-1	352163	5122067	25,0	12,2	290,0	2,0	0.01050	
	FA-1	351986	5121712	11,0	5,7	296,9	0,6	0.00044	
	FA-2	352044	5121693	15,0	4,5	293,2	0,6	0.00152	
	FA-3	352042	5121625	11,0	9,7	296,2	0,6	0.00069	
	FA-4	352090	5121539	11,0	7,9	296,2	0,6	0.00183	
	FA-15	352100	5121568	11,0	3,8	293,2	1,3	0.03787	
Ferriere Nord S.p.a.	P E1	352275	5121120	12,0	12,7	308,2	1,1	0.01446	
	P E2	352272	5121133	16,0	15,8	309,7	1,3	0.05449	
	P E6	351600	5121180	12,0	9,4	293,2	0,9	0.04800	

Impianto	Sigla	X(m)	Y(m)	Altezza Camino(m)	Velocità Emissione (m/s)	Temperatura Emissione (°K)	Diametro Camino(m)	PMX (g/s)	NOX (g/s)
	P E13	351689	5121144	13,0	10,2	302,3	0,8	0.01060	
	P E14	351449	5121201	8,0	8,4	293,2	0,9	0.04266	
	P E17	352278	5121120	12,0	3,9	359,7	1,1	0.00434	
	E8b	351854	5121093	45,0	15,2	311,3	6,6	0.16200	3.02400
	P E15	351490	5121291	8,0	9,2	293,2	0,4	0.00711	
	P ELB	351589	5121308	49,6	10,6	690,0	2,2		3.35520
	P E2LV	351684	5121285	49,5	10,2	665,6	2,2		2.08680
Corte S.p.a.	C E1	352453	5120595	21,0	11,8	293,2	0,6	0.01333	
	C E2	352451	5120570	12,8	11,8	293,2	0,6	0.26670	