

Progetto PPPG-S IMPIANTO PEAKER PER BILANCIAMENTO RETE ELETTRICA	
Sito Giammoro, Pace del Mela (ME)	
Committente 	DUFERCO SVILUPPO S.p.A. Via Paolo Imperiale 4 16126 Genova (GE) Tel.: +39 030 21691 +39 010 27570 e-mail: info@dufercosviluppo.com Rappresentante società: D. Campanella
Responsabile del progetto 	DUFERCO ENGINEERING S.p.A. Via Paolo Imperiale 4 16126 Genova (GE) Tel.: +39 010 8930843 e-mail: info@dufercoeng.com Rappresentante società: Ing. E. Palmisani
Autore documento 	ENVIROWARE S.r.l. Via Dante Alighieri 142 20863 Concorezzo (MB) Tel.: 039 6203636 Email: info@enviroware.com Rappresentante società: Dott. R. Bellasio Enviroware srl Via Dante, 142 20049 Concorezzo (MB) - Italy C.F.e P. IVA 02665200966

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A V.I.A. (D.LGS. 152/06 e s.m.i.) Studio di impatto atmosferico

Solo per uso esterno			
Autorizzato per:	Autorizzato da:	Ufficio:	Data
Richiesta d'Offerta			
Ordine			
Costruzione			
Approvazione Cliente			
Autorizzazioni			
Informazioni			

			<i>Roberto Bellasio</i>		
0	11/10/19	Prima emissione	R. Bellasio	M. Facchin	E. Castelli
Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato

Codici gestionali				Identificazione documento					Pag.	di
G.1.7.0	ST	000	GE	PPPG	G01	ENVI	S	0201	1	39
Sistema	Fase	Area	Tipologia	Progetto	Lotto	Società	D/S	Numero		

Sommario

1	Introduzione.....	4
2	La normativa relativa alla qualità dell'aria.....	5
2.1	Livelli di riferimento per gli inquinanti non normati.....	10
3	Caratterizzazione della qualità dell'aria.....	11
3.1	La zonizzazione del territorio	11
3.2	La qualità dell'aria	13
3.2.1	La rete di monitoraggio.....	13
3.2.2	Biossido di azoto	14
3.2.3	Monossido di carbonio	16
3.2.4	Laboratorio mobile (15 maggio – 20 giugno, 2018).....	17
4	Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF	19
4.1	Criteri di selezione.....	19
4.2	CALMET	20
4.3	CALPUFF	21
5	Modalità di applicazione del modello.....	23
5.1	Dati geofisici in input a CALMET	23
5.2	Dati meteorologici in input a CALMET	26
5.3	CALPUFF	28
6	Caratterizzazione delle emissioni.....	30
7	Simulazioni di dispersione degli inquinanti	32
7.1	Dati di input del modello CALPUFF	32
7.2	Biossido di azoto	33

7.3	Monossido di carbonio	34
7.4	Ammoniaca	35
8	Conclusioni	37
9	Riferimenti	38

1 Introduzione

Il Gruppo Duferco è una Holding Internazionale nata per operare prevalentemente nel settore siderurgico, ma nel corso degli anni ha sviluppato business diversificati in diversi settori a livello internazionale, come ad esempio il settore energetico ed ambientale, in cui si inquadra il presente studio. Data la sempre maggiore importanza che la percentuale di energia da fonte non programmabile sta acquisendo, il progetto di Duferco Sviluppo Spa prevede la realizzazione di un nuovo impianto peaker per la produzione di energia elettrica destinata ad operare sul costituendo Mercato della Capacità, per fornire servizi di regolazione e bilanciamento della rete elettrica. L'impianto, per soddisfare i vincoli tecnici molto stringenti, in termini di disponibilità, velocità di risposta, sarà basato sull'uso di turbine a gas aeroderivate, operante in ciclo aperto (OCGT, senza ciclo sottoposto a vapore).

Questo documento descrive l'impatto atmosferico del futuro impianto peaker di Duferco Sviluppo Spa. È previsto che tale impianto entrerà in funzione solo poche centinaia di ore all'anno a seguito di una effettiva richiesta di picco di energia elettrica.

Relativamente all'impatto sulla qualità dell'aria sono state considerate le emissioni di tre inquinanti (ossidi di azoto, monossido di carbonio e ammoniaca) dalla futura turbina a gas.

Il campo meteorologico 3D con risoluzione oraria per l'intero anno 2018 è stato ricostruito per mezzo del modello CALMET utilizzando in input l'output del modello meteorologico regionale WRF (Weather Research and Forecasting). È stata quindi effettuata una stima degli impatti sulla qualità dell'aria per mezzo del modello di dispersione CALPUFF versione 7.2.1 (U.S. EPA, 2017). Infine, la valutazione degli impatti è stata effettuata mediante confronto con i limiti imposti dalla normativa ai livelli di concentrazione in termini di impatto a breve termine (data la tipologia di impianto). Per l'ammoniaca, per cui non esiste un limite di legge, si è fatto riferimento agli standard sulla qualità dell'aria del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario.

2 La normativa relativa alla qualità dell'aria

La normativa di interesse sulla qualità dell'aria per il presente studio è stabilita dal **D.Lgs. 155 del 13/08/2010** che recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE (relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa) e abroga una serie di leggi precedenti, tra cui il DM n. 60 del 2 aprile 2002 e il D.Lgs. 351 del 04/08/1999.

Le finalità del Decreto sono:

- a) individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- b) valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- c) ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- d) mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- e) garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- f) realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione Europea in materia di inquinamento atmosferico.

Per raggiungere tali finalità, il decreto stabilisce:

- a) i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di **biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10**;
- b) i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e **ossidi di azoto**;
- c) le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;

- d) il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di **PM2.5**;
- e) i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di **arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene**;
- f) i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'ozono.

Per **aria ambiente**, si intende l'aria esterna presente in troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro definiti dal D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008.

Il **valore limite** è un livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

La **soglia di allarme** è il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

La **soglia di informazione** è il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Il **valore obiettivo** è il livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

L'obiettivo a lungo termine è il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

Per ossidi di azoto (NOX) si intende la somma dei rapporti di mescolamento in volume (ppbv) di monossido di azoto e biossido di azoto, espressa in unità di concentrazione di massa di biossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

I valori limite fissati dal Decreto al fine della protezione della salute umana sono riepilogati in Tabella 1.

Il valore limite riportato per il biossido di zolfo può essere espresso anche in termini di percentili. Il percentile 99.73 della concentrazione media oraria non deve superare i $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il percentile 99.18 della concentrazione media giornaliera non deve superare i $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Analogamente per il biossido di azoto il percentile 99.79 della concentrazione media oraria non deve superare i $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda il PM10 il percentile 90.41 delle concentrazioni medie giornaliere non deve superare i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per il benzene il Decreto stabilisce un valore limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media annua.

Il valore limite per il monossido di carbonio è espresso tramite la media massima giornaliera su 8 ore. Essa viene individuata esaminando le medie mobili su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora.

Il Decreto stabilisce le soglie di allarme per il biossido di zolfo, per il biossido di azoto e per l'ozono:

- SO₂: $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 km^2 oppure in una intera zona o un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi.
- NO₂: $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 km^2 oppure in una intera zona o un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi.

- O3: 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su 1 ora per finalità di informazione; 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su 1 ora per tre ore consecutive per finalità di allarme.

In caso di superamenti delle soglie di allarme l'informazione deve essere resa pubblica, completa di data e ora del superamento, la causa (nel caso in cui sia nota), le previsioni sui futuri livelli di inquinamento, le categorie di popolazione potenzialmente sensibili al fenomeno e le precauzioni che la popolazione sensibile deve prendere per minimizzare gli eventuali danni.

I livelli critici per la protezione della vegetazione vengono riepilogati in Tabella 2, e sono pari a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media sull'anno civile rispettivamente per SO₂ e NO_x.

La Tabella 3 riepiloga i valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Infine, la Tabella 4 e la Tabella 5 riepilogano i valori obiettivo e gli obiettivi a lungo termine per l'ozono.

Tabella 1. Valori limite fissati dal D.Lgs 155/2010 per la protezione della salute umana.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Biossido di zolfo	1 ora	350 da non superare più di 24 volte per anno civile
Biossido di zolfo	24 ore	125 da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di azoto	1 ora	200 da non superare più di 18 volte per anno civile
Biossido di azoto	Anno civile	40
Benzene	Anno civile	5
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera di 8 ore ⁽¹⁾	10 <u>mg/m³</u>
Piombo	Anno civile	0.5
PM10	24 ore	50 da non superare più di 35 volte per anno civile
PM10	Anno civile	40
PM2.5	Anno civile	25

(1) Media mobile. Ogni media è riferita al giorno in cui si conclude. L'ultima fascia di calcolo per ogni giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00.

Tabella 2. Livelli critici fissati dal D.Lgs 155/2010 per la protezione della vegetazione.

Inquinante	Periodo di mediazione	Livello critico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Biossido di zolfo	Anno civile	20
Biossido di zolfo	1 ottobre – 31 marzo	20
Ossidi di azoto	Anno civile	30

Tabella 3. Valore obiettivo riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

Inquinante	Valore obiettivo (ng/m^3)
Arsenico	6.0
Cadmio	5.0
Nichel	20.0
Benzo(a)pirene	1.0

Tabella 4. Valori obiettivo fissati dal D.Lgs 155/2010 per l'ozono.

Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo ⁽¹⁾
Protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽²⁾	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni
Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ come media su cinque anni ⁽³⁾

Tabella 5. Obiettivi a lungo termine fissati dal D.Lgs 155/2010 per l'ozono.

Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine
Protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile ⁽²⁾	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ ⁽³⁾

(1) Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012, per la protezione della salute umana, e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010-2014, per la protezione della vegetazione.

(2) Media mobile. Ogni media è riferita al giorno in cui si conclude. L'ultima fascia di calcolo per ogni giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00.

(3) Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$) si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 08:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET).

2.1 Livelli di riferimento per gli inquinanti non normati

Per l'ammoniaca (NH₃) non esistono riferimenti normativi. Per tale inquinante verrà utilizzato come riferimento con cui confrontare le concentrazioni predette dal modello di dispersione l'AAQC (Ambient Air Quality Criteria) stabilito dal Ministero dell'Ambiente dell'Ontario (<http://www.airqualityontario.com/>).

Un AAQC è un livello “desiderabile” di concentrazione di una specie inquinante in aria stabilito al fine di proteggere la salute umana o l'ambiente. Gli AAQC sono definiti sulla base di diversi intervalli temporali di media (10 minuti, 1 ora, 24 ore, ...) in funzione degli effetti avversi che dovrebbero evitare.

L'AAQC stabilito per l'ammoniaca è pari a 100 µg/m³ per la media di 24 ore.

3 Caratterizzazione della qualità dell'aria

3.1 La zonizzazione del territorio

Le informazioni presenti in questo paragrafo derivano dal sito internet di ARPA Sicilia, ed in particolare dalla “Relazione annuale sullo stato della qualità dell’aria nella Regione Siciliana anno 2018”.

La legislazione italiana definisce che le Regioni sono l’autorità competente nel campo della misura della qualità dell’aria per garantire la tutela della salute della popolazione e la protezione degli ecosistemi, e prevede la suddivisione del territorio in zone e agglomerati sui quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite.

Il D.Lgs. 155/2010 ha introdotto indicazioni precise circa i criteri che le Regioni e le Province autonome sono tenute a seguire per la suddivisione dei territori di competenza in zone di qualità dell’aria, al fine di assicurare omogeneità alle procedure applicate sul territorio nazionale e diminuire il numero complessivo di zone.

Per conformarsi alle disposizioni del decreto e collaborare al processo di armonizzazione messo in atto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare tramite il Coordinamento istituito all’articolo 20 del decreto 155/2010, la Regione Siciliana con Decreto Assessoriale 97/GAB del 25/06/2012 ha modificato la zonizzazione regionale precedentemente in vigore, individuando cinque zone di riferimento, sulla base delle caratteristiche orografiche, meteo-climatiche, del grado di urbanizzazione del territorio regionale, nonché degli elementi conoscitivi acquisiti con i dati del monitoraggio e con la redazione dell’Inventario regionale delle emissioni in aria ambiente (Appendice I del D.Lgs. 155/2010). In base al D.A. 97/GAB del 25/06/2012 il territorio regionale è suddiviso in 3 Agglomerati e 2 Zone (Figura 1) di seguito riportate:

- IT1911 Agglomerato di Palermo. Include il territorio del Comune di Palermo e dei Comuni limitrofi, in continuità territoriale con Palermo.

- IT1912 Agglomerato di Catania. Include il territorio del Comune di Catania e dei Comuni limitrofi, in continuità territoriale con Catania.
- IT1913 Agglomerato di Messina. Include il Comune di Messina.
- IT1914 Aree Industriali. Include i Comuni sul cui territorio insistono le principali aree industriali ed i Comuni sul cui territorio la modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici individua una ricaduta delle emissioni delle stesse aree industriali.
- IT1915 Altro. Include l'area del territorio regionale non inclusa nelle zone precedenti.

Il Comune di Pace del Mela, dove è ubicato l'impianto oggetto dello studio, è situato all'interno della zona IT1914 (Aree Industriali).

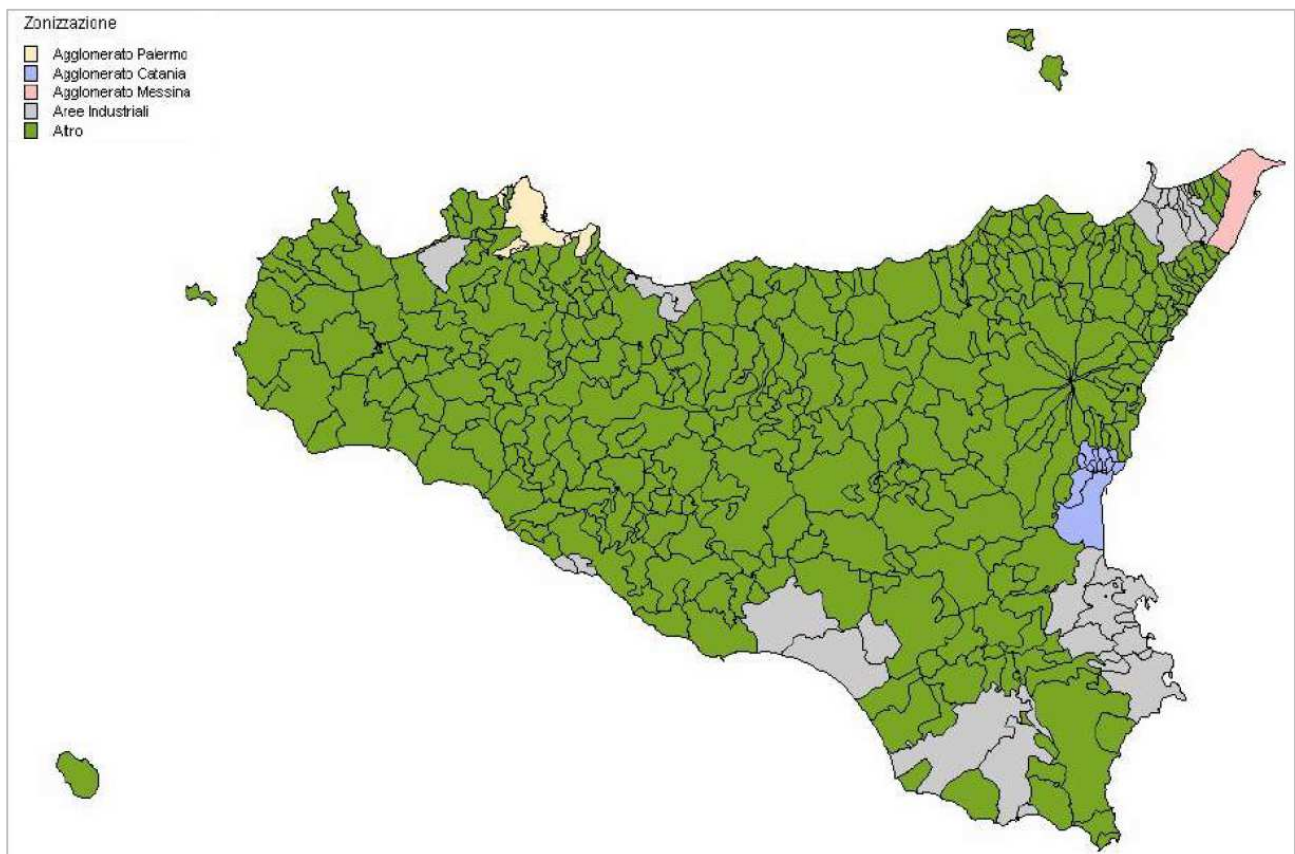


Figura 1. Zonizzazione del territorio in Sicilia.

3.2 La qualità dell'aria

3.2.1 La rete di monitoraggio

Le stazioni di qualità dell'aria vengono classificate in funzione del principale tipo di sorgente da cui sono maggiormente influenzate le loro misure, e del tipo di zona in cui sono ubicate.

Il tipo di stazione è definito come segue:

- **Traffico:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico media alta.
- **Industriale:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.
- **Fondo:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

Il tipo di zona in cui è ubicata la stazione di monitoraggio è da intendersi come segue:

- **Urbana:** area edificata in continuo o almeno in modo predominante
- **Suburbana:** area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate
- **Rurale:** tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione

Le stazioni di qualità dell'aria gestite da ARPA Sicilia¹ più prossime all'impianto sono mostrate in Figura 2. La loro distanza dall'impianto varia da circa 1.2 km (stazione di Pace del Mela, Contrada

¹ Sono presenti anche altre stazioni EdiPower, per le quali non è stato possibile reperire i dati.

Gabbia) e circa 5 km (stazione Santa Lucia del Mela). Per tali stazioni sono stati recuperati² ed analizzati i dati di qualità dell'aria misurati nel 2018 al fine di ottenere le statistiche di interesse normativo per gli inquinanti considerati in questo studio. Si osserva che non sono presenti misure di ammoniaca.



Figura 2. Stazioni di qualità dell'aria vicine all'impianto.

3.2.2 Biossido di azoto

Le statistiche di interesse normativo per il biossido di azoto relative all'anno 2018 sono riportate in Tabella 6. Nessuna delle statistiche supera i corrispondenti valori limite stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media oraria da non superare più di 18 volte per anno, e $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media

² <https://www.arpa.sicilia.it/temi-ambientali/aria/#1549960626901-54fa58c5-58e6>

annuale). Le massime medie orarie ed i percentili 99.79 sono riportati in Figura 3, mentre le medie annuali sono riportate in Figura 4.

Tabella 6. Statistiche di interesse per NO₂.

Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Massimo orario (µg/m ³)	Percentile 99.79 (µg/m ³)
Milazzo Termica	9.1	70.3	51.5
Pace del Mela	5.2	45.7	28.6
Santa Lucia del Mela	3.2	36.4	26.9

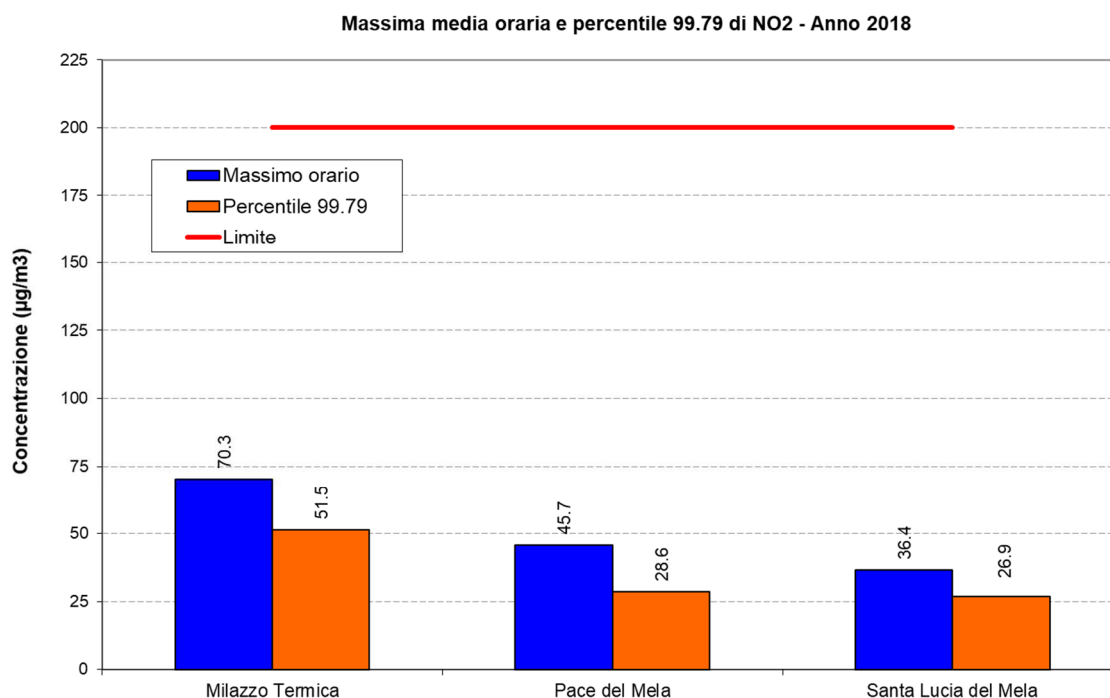


Figura 3. Massime medie orarie e percentili 99.79 di NO₂.

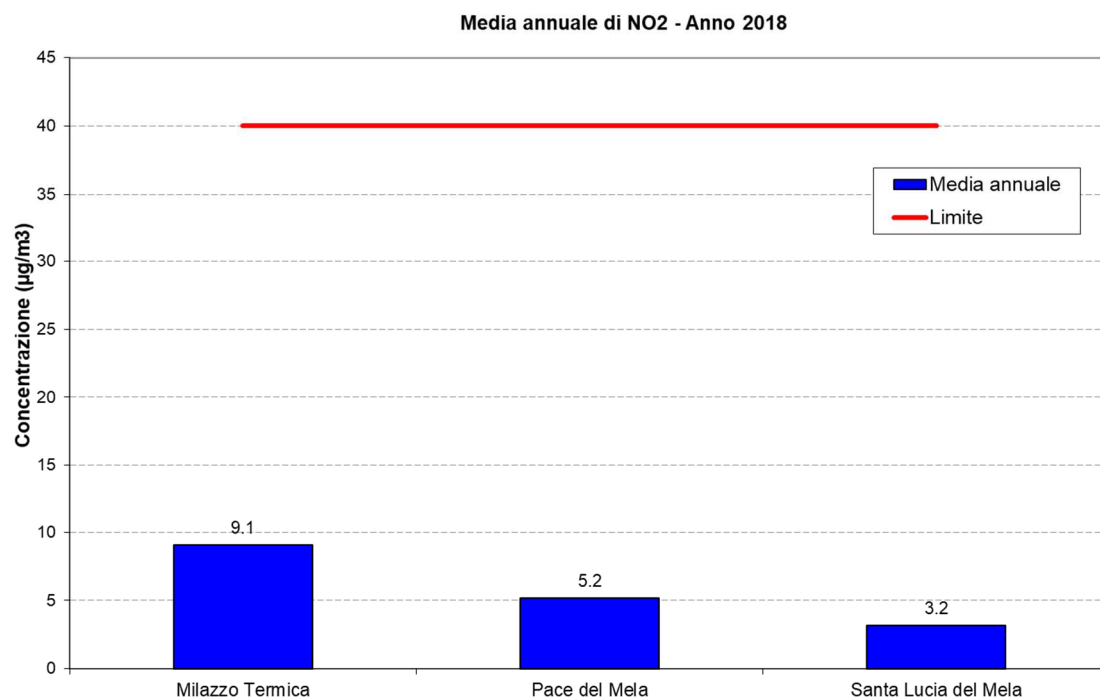


Figura 4. Medie annuali di NO2.

3.2.3 Monossido di carbonio

Le massime medie mobili di 8 ore di monossido di carbonio relative all'anno 2018 sono riportate in Tabella 7. Il valore limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 10 mg/m³ (10000 µg/m³) non viene mai superato. Si osserva che nel 2018 la stazione Milazzo Termica è stata caratterizzata da una validità molto bassa (poco più del 48%). Le massime medie mobili di 8 ore sono mostrate graficamente in Figura 5.

Tabella 7. Statistiche di interesse per CO.

Stazione	Massima media di 8 ore (mg/m ³)
Milazzo Termica	0.7
Pace del Mela	1.2

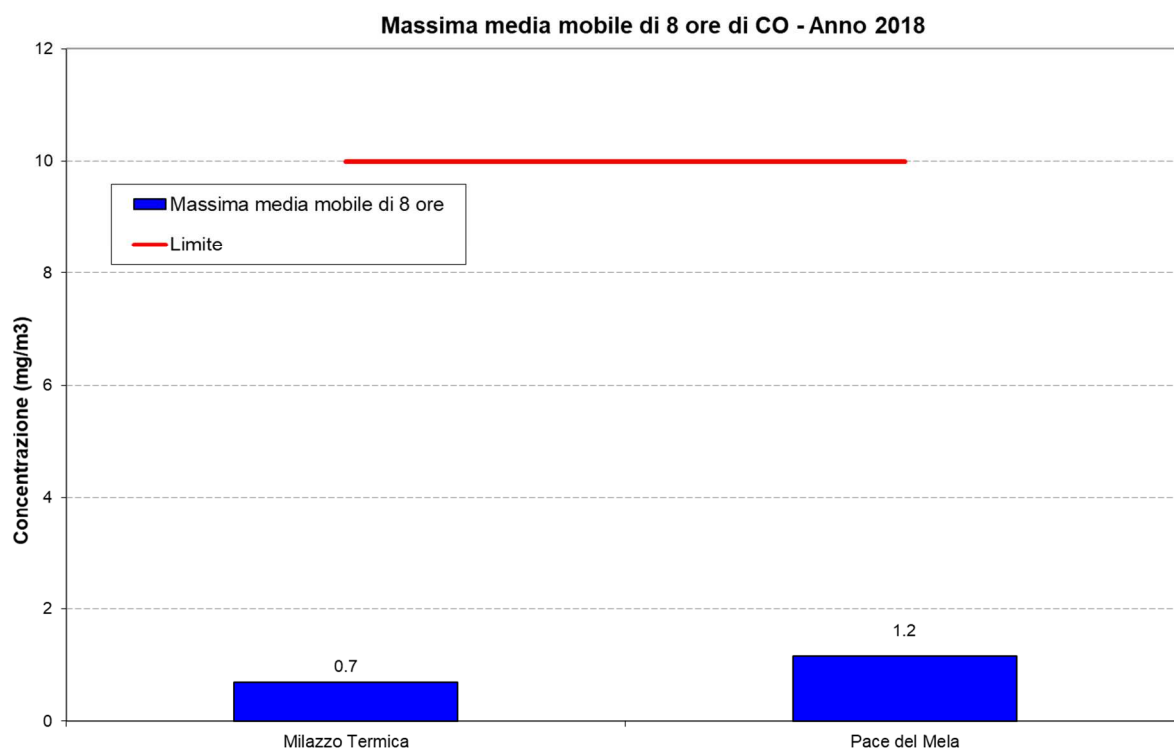


Figura 5. Massime medie mobili di 8 ore di CO.

3.2.4 Laboratorio mobile (15 maggio – 20 giugno, 2018)

Come descritto nella “Relazione annuale sullo stato della qualità dell’aria nella Regione Siciliana anno 2018”, dal 15 maggio al 20 giugno 2018 è stata effettuata una campagna di rilevamento per mezzo di un laboratorio mobile posizionato in Località Giammoro, in via Moro, nell’area antistante la scuola. Le coordinate esatte del sito di misura sono (38°11’57.84”N, 15°19’14.84”E), e la sua posizione rispetto all’impianto è mostrata in Figura 6 (circa 2 km a est rispetto all’impianto).

Per quanto riguarda gli inquinanti di interesse in questo studio, la massima media mobile di 8 ore di monossido di carbonio³ durante il mese abbondante di misura si è mantenuta nell’intervallo 0.2 mg/m³ – 0.4 mg/m³, quindi abbondantemente sotto il valore limite di 10 mg/m³. La massima media

³ Figura 7, pagina 370, Relazione annuale sullo stato della qualità dell’aria nella Regione Siciliana anno 2018.

oraria di NO₂⁴ ha oscillato all'incirca tra i 5 µg/m³ e gli 80 µg/m³, mantenendosi quindi sotto il valore limite di 200 µg/m³.



Figura 6. Ubicazione del laboratorio mobile rispetto all'impianto (poligono verde).

⁴ Figura 11, pagina 370, Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Siciliana anno 2018.

4 Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF

4.1 Criteri di selezione

Il sistema modellistico **CALMET/CALPUFF versione 7** (Scire et al, 2000a; Scire et al, 2000b) è stato scelto tra gli strumenti esistenti in base alle seguenti motivazioni (sulla base ad esempio di quanto suggerito in ANPA, 2000):

- Referenze. È indicato dalla US-EPA (2017) come uno dei possibili modelli adatti per la simulazione del trasporto degli inquinanti su lunghe distanze (da 50 km a diverse centinaia di km) e suggerito anche per la simulazione su distanze relativamente brevi quando le condizioni di orografia complessa possono generare situazioni di stagnazione, di ricircolo dei venti e variazioni spazio-temporali delle condizioni meteorologiche.
- Scala spaziale. Il modello prescelto è in grado di riprodurre efficacemente i fenomeni alla scala locale e nelle immediate vicinanze della sorgente (e.g. building downwash).
- Scala temporale. Il modello CALPUFF è in grado di predire per uno o più anni valori medi orari di concentrazione, quindi permette di determinare i parametri di interesse per la normativa vigente (numero di superamenti, percentili, ecc.).
- Complessità dell'area di studio. Il modello meteorologico diagnostico CALMET permette di riprodurre gli effetti dovuti all'orografia del territorio (presenza di rilievi), alle disomogeneità superficiali (presenza di discontinuità terra-mare, città campagna, presenza grandi masse di acqua interne) e alle condizioni meteodiffusive non omogenee (regimi di brezza di monte-valle, brezze di mare, inversioni termiche, calme di vento a bassa quota).
- Tipologia di inquinante. Tutti gli inquinanti di origine primaria possono essere efficacemente simulati dal modello di dispersione CALPUFF. Il modello è inoltre in grado di descrivere processi di rimozione (deposizione secca e deposizione umida) specifici per ciascun inquinante.

- Tipologia delle sorgenti. Tutte le sorgenti di interesse nello studio sono di tipo puntuale (o puntiforme), e vengono gestite dal modello CALPUFF. Oltre al building downwash a cui si è già accennato, il modello descrive altri fenomeni tipici di questa tipologia di sorgenti, quali il plume rise, lo stack tip downwash ed altri ancora.
- Tipologia di analisi. Lo studio prevede l'effettuazione di un'analisi di dettaglio tenendo conto dei dati meteorologici locali su base oraria per un periodo temporale di un anno. I valori di concentrazione media oraria ottenuti saranno ulteriormente processati per ottenere i parametri di interesse normativo.
- Disponibilità dei dati di input. Il sistema CALMET/CALPUFF richiede molti più dati di input rispetto ad un modello di tipo Gaussiano. Sono necessarie ad esempio misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria, almeno un radiosondaggio ogni 12 ore, informazioni sull'orografia e sull'utilizzo del suolo. A fronte di questa maggiore richiesta di dati, tutti disponibili per lo studio in oggetto, il sistema modellistica fornisce informazioni molto più dettagliate e precise rispetto a modelli più semplici basati su una meteorologia puntuale.

Nel seguito viene fornita una breve descrizione dei modelli CALMET e CALPUFF.

4.2 CALMET

CALMET (Scire et al., 2000b) è un modello meteorologico diagnostico, cioè in grado di ricostruire il campo di vento 3D su un dominio di calcolo con orografia complessa a partire da misure al suolo, da almeno un profilo verticale e dai dati di orografia e utilizzo del suolo. Esso contiene inoltre degli algoritmi per il calcolo di parametri micrometeorologici 2D fondamentali nell'applicazione di modelli di dispersione in atmosfera, come, ad esempio, l'altezza di rimescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov, la velocità di frizione e la velocità convettiva.

Il modulo per la ricostruzione del campo di vento utilizza un approccio costituito da due passi successivi. Nel primo passo modifica il vento iniziale (*Initial Guess Field*) in funzione degli effetti cinematici del terreno e dei venti di pendenza e produce un primo campo di vento. Nel secondo passo questo campo di vento viene modificato tramite una analisi oggettiva che introduce i dati misurati ed utilizza l'equazione di continuità.

L'output di CALMET viene utilizzato in maniera diretta dal modello di dispersione Lagrangiano a puff CALPUFF (Scire et al, 2000a), dal modello Lagrangiano a particelle open source LAPMOD (Bellasio e Bianconi, 2012; Bellasio et al., 2017; Bellasio et al., 2018) e dal modello di dispersione Euleriano fotochimico CALGRID (Yamartino et al, 1989; Yamartino et al, 1992). CALMET è stato modificato allo scopo di migliorare gli algoritmi di interpolazione della temperatura e del calcolo delle componenti diretta, riflessa e diffusa della radiazione solare tenendo conto dell'ombra indotta dall'orografia (Bellasio et al, 2005).

4.3 CALPUFF

CALPUFF (Scire et al, 2000a) è un modello di dispersione Lagrangiano a puff non stazionario. Esso simula il trasporto, la rimozione per deposizione secca ed umida, ed alcune semplici trasformazioni chimiche per diverse specie inquinanti contemporaneamente. Il campo meteorologico in input a CALPUFF può essere variabile sia nello spazio che nel tempo. Il modello CALPUFF utilizza in maniera diretta l'output prodotto dal modello meteorologico diagnostico CALMET. Oltre a un campo meteorologico tridimensionale complesso, CALPUFF può utilizzare in input anche misure di vento provenienti da una singola centralina, tuttavia ciò non permette di usufruire pienamente delle sue capacità di trattare campi meteorologici variabili nello spazio.

CALPUFF può essere utilizzato per simulare la dispersione su diverse scale. Esso infatti contiene sia algoritmi per la descrizione di effetti importanti in prossimità della sorgente che algoritmi importanti su scale regionali. Tra i primi ci sono fenomeni come il building downwash, legato alla presenza di

edifici vicino al camino, il *transitional plume rise* o il *partial plume penetration*, importanti nel caso di emissioni da camini di dimensioni paragonabili a quelle dello strato limite. Tra i secondi invece ci sono fenomeni come la deposizione secca e umida, lo *shear* verticale del vento che provoca il trasporto dell'inquinante con velocità e direzioni diverse in funzione della quota, o la descrizione della dispersione sul mare o vicino alle zone costiere.

Le sorgenti di emissione simulate dal modello possono essere puntuali, areali, lineari o volumetriche. Il rateo e gli altri parametri di emissione (velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.) possono essere costanti o variabili nel tempo.

CALPUFF ha la peculiarità di utilizzare 3 tipologie di domini di calcolo:

- il dominio meteorologico è definito dalla simulazione di CALMET ed è la massima area su cui possono essere effettuate simulazioni di dispersione;
- il dominio computazionale indica il dominio all'interno del quale vengono considerate le sorgenti emissive e su cui vengono simulati i fenomeni di avvezione e dispersione degli inquinanti; esso può al massimo coincidere con il dominio meteorologico;
- il dominio di campionamento è il dominio su cui vengono forniti gli output di concentrazione; esso può al massimo coincidere con il dominio computazionale.

CALPUFF produce in output per tutte le specie simulate valori orari di concentrazione, deposizione secca e deposizione umida e, per applicazioni in cui la visibilità è un parametro di interesse, coefficienti di estinzione.

5 Modalità di applicazione del modello

5.1 Dati geofisici in input a CALMET

Il dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET è rappresentato in Figura 7 con un quadrato blu; all'incirca al centro di tale dominio è posizionato l'impianto di interesse. Le coordinate UTM 33S dell'angolo di Sud Ovest del dominio di CALMET sono $E = 511000$ m, $N = 4213000$ m; la dimensione del dominio di simulazione è di 30×30 km² con risoluzione di 300 m. Il dominio del modello meteorologico CALMET è stato scelto potenzialmente più grande del dominio del modello di dispersione atmosferica CALPUFF, che è comunque in grado di innestarsi all'interno di un dominio di CALMET di maggiore estensione.

La zona di studio è situata all'interno di un'area con orografia complessa, caratterizzata dalla presenza dell'interfaccia terra-mare e di monti. L'orografia media e l'utilizzo prevalente del suolo sono stati determinati per ogni cella del dominio di calcolo descritto a partire da dati originali SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e CORINE Land Cover. Sia i dati di orografia sia i dati di utilizzo del suolo così ottenuti sono stati verificati utilizzando mappe satellitari. La mappa di utilizzo del suolo ottenuta a seguito del procedimento descritto è mostrata in Figura 8. L'orografia media sulle celle di lato pari a 300 m (Figura 9) varia dagli 0 metri del mare, a poco più di 1200 m nella zona sudorientale del dominio. In direzione verticale sono state utilizzate 12 griglie di calcolo per un'altezza totale di 3000 m. Il periodo temporale di simulazione è l'intero anno 2018.

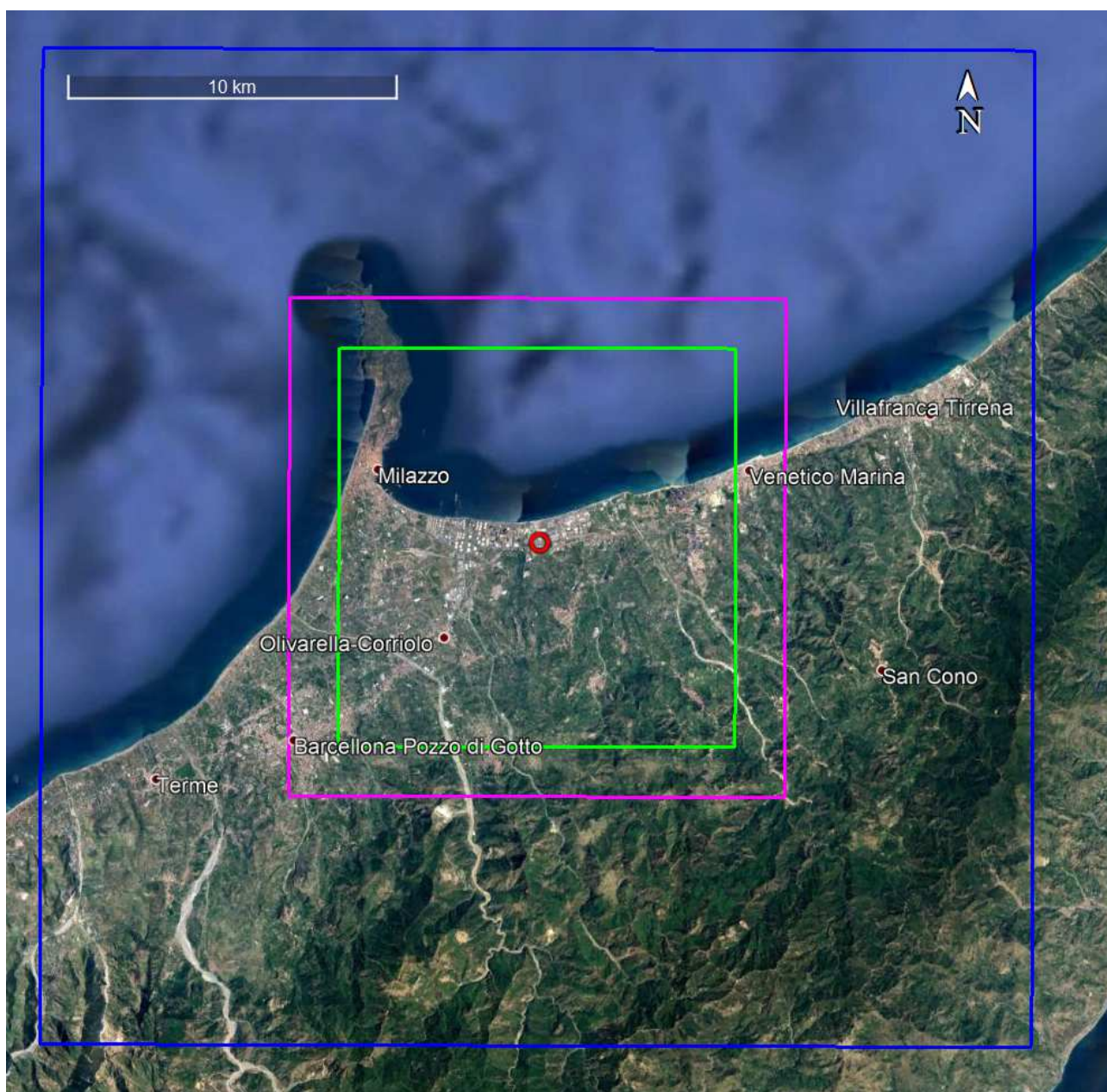


Figura 7. Dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET (quadrato blu), dominio computazionale (quadrato viola) e dominio di campionamento (quadrato verde) di CALPUFF.

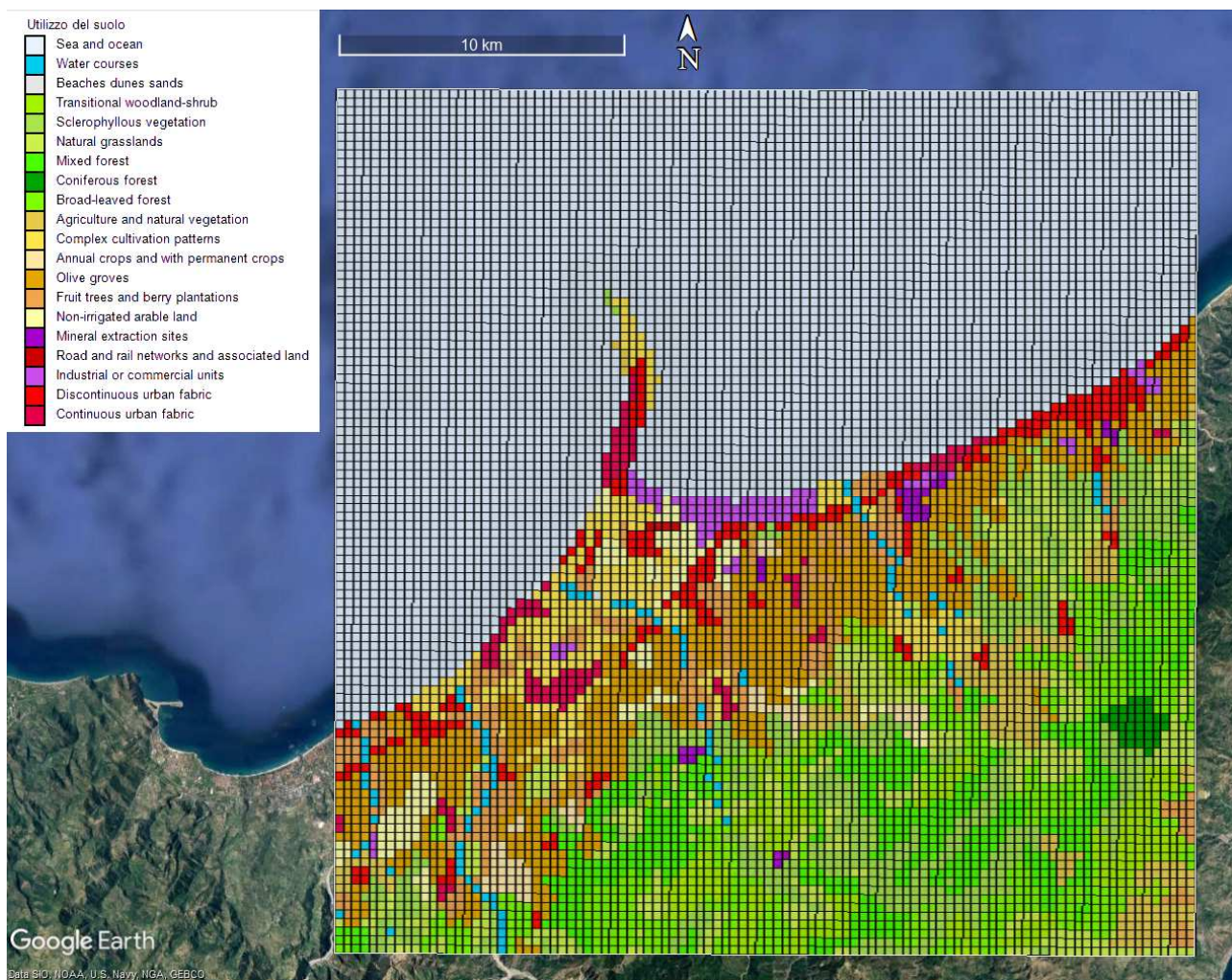


Figura 8. Utilizzo del suolo sul dominio discretizzato con celle di 300 m.

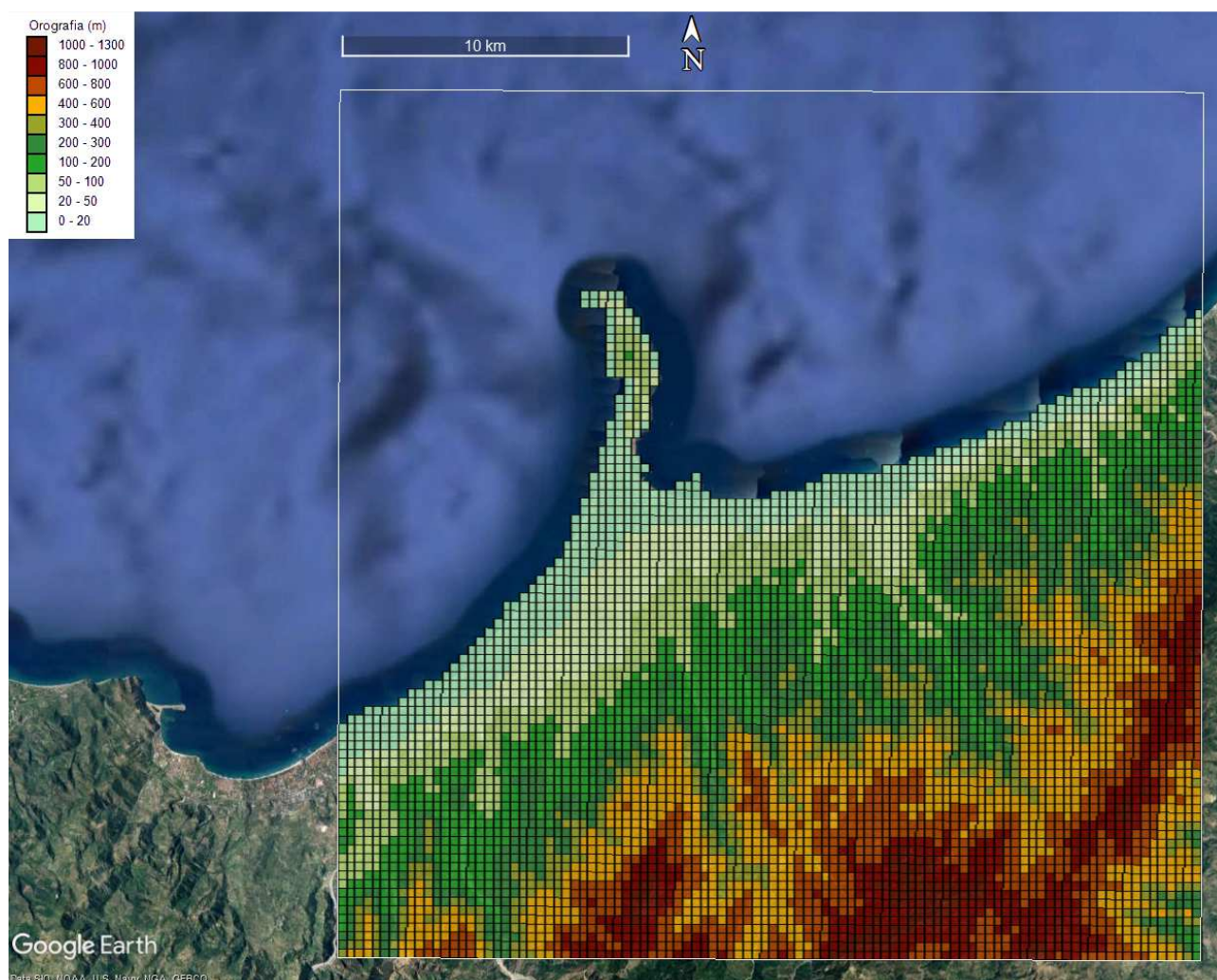


Figura 9. Orografia sul dominio discretizzato con celle di 300 m.

5.2 Dati meteorologici in input a CALMET

I dati meteorologici misurati al suolo necessari a CALMET sono velocità e direzione del vento, altezza del cielo, copertura nuvolosa, temperatura, umidità relativa, pressione e codice di precipitazione. I dati meteorologici necessari in quota sono pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento.

Il modello CALMET può funzionare utilizzando in input misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria e almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore. In alternativa o in aggiunta esso può utilizzare l'output orario di un modello meteorologico

prognostico che fornisce il campo meteorologico tridimensionale su una griglia più ampia rispetto a quella utilizzata da CALMET.

In questo studio CALMET è stato inizializzato a partire dall'output del modello WRF⁵ (Weather Research and Forecasting). Per ricostruire il campo meteorologico relativo all'anno 2018 sul dominio di interesse sono stati utilizzati gli output di WRF come first guess per inizializzare i campi meteorologici di CALMET in superficie ed in quota, senza l'ausilio di nessuna stazione meteorologica. È stata utilizzata la versione 4.0 di WRF (ARW core). Il modello è stato inizializzato con i dati NCEP FNL (Final) Operational Global Analysis data 3⁶, disponibili ogni sei ore su una griglia di 1x1 gradi. WRF è stato utilizzato con 45 livelli verticali, sino ad una quota di pressione di 50 mb. Sono stati utilizzati tre domini innestati con risoluzione, dall'esterno all'interno, di 27 km, 9 km e 3 km. Il dominio più interno ha un'estensione di circa 200 km di lato, e l'output su tale dominio, opportunamente processato, è stato utilizzato in input a CALMET.

Per valutare la ricostruzione del campo di vento di WRF, i dati di vento estratti dai punti di output di WRF più vicini alle stazioni meteorologiche di Messina (WMO: 164200) e di Reggio Calabria (WMO: 164220) sono stati utilizzati per creare una rosa del vento per l'intero anno 2018. La rosa del vento ottenuta da WRF è stata confrontata con la rosa del vento ottenuta dalle misure effettuate presso le stazioni durante lo stesso periodo temporale. I dati misurati presso le stazioni sono stati ottenuti dal database ISH/ISD del NOAA. Le rose del vento riportate in Figura 10 indicano un buon accordo tra i dati misurati e quelli ricostruiti dal modello WRF.

⁵ <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>

⁶ <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>

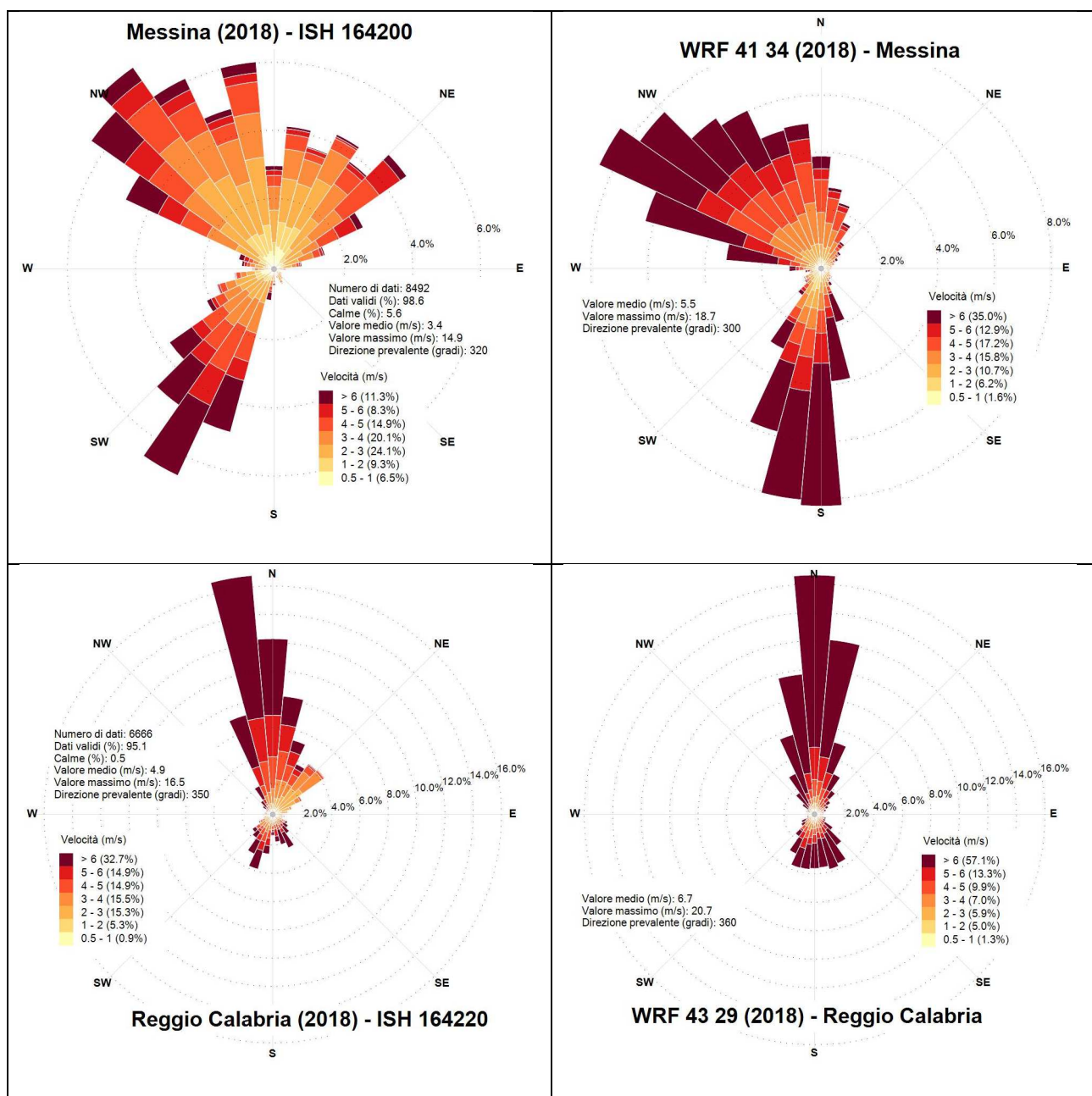


Figura 10. Rosa dei venti misurate (sinistra) e rose dei venti ottenuta da un punto di output di WRF (destra) per Messina (alto) e Reggio Calabria (basso).

5.3 CALPUFF

Le simulazioni di dispersione atmosferica degli inquinanti sono state effettuate utilizzando il modello CALPUFF (versione 7.2.1, livello 150618). Le simulazioni di dispersione sono state effettuate su un sottodominio del dominio meteorologico, selezionato in maniera tale da essere ragionevolmente sicuri che esso contenga i massimi di concentrazione. A tal fine è stato definito un

dominio computazionale di 15x15 km² (Figura 7). All'interno di tale dominio è stato definito il dominio di campionamento delle concentrazioni, di dimensione pari a 12x12 km². Il grigliato di output delle concentrazioni ha maglie quadrate di dimensione pari a 100 m, avendo applicato un fattore di nesting rispetto alle griglie del modello meteorologico pari a 3. Il dominio computazionale del modello CALPUFF è il dominio all'interno del quale il modello di dispersione simula la dispersione dei puff rilasciati da ciascuna sorgente. Il dominio di campionamento non può mai superare il dominio computazionale ed è l'area all'interno della quale vengono calcolate le concentrazioni.

Il modello CALPUFF è stato utilizzato con le seguenti opzioni:

- È stata calcolata la deposizione secca degli ossidi di azoto.
- È stata simulata la dispersione in condizioni convettive per mezzo delle probability density functions (PDF) in modo tale da riprodurre il comportamento asimmetrico degli updrafts e dei downdrafts.
- In prossimità della sorgente sono presenti edifici di altezza paragonabile all'altezza della sorgente stessa. Tali edifici possono modificare il campo di vento locale creando vortici sottovento ad essi e generando il fenomeno del building downwash. La piuma emessa dalle sorgenti, in particolari condizioni meteorologiche, viene catturata dal vortice presente sottovento agli edifici e viene spinta in basso provocando elevati valori di concentrazione in prossimità del punto di emissione. Le strutture opache al vento che possono dare origine al building downwash sono rappresentate in Figura 11. Le dimensioni e le posizioni degli edifici sono stati processati con il programma BPIPPRM, ed i risultati sono stati inseriti nel modello CALPUFF al fine di considerare l'effetto building downwash.

I valori orari predetti in ogni punto di calcolo dal modello CALPUFF per l'intero anno 2018 sono stati elaborati per ottenere le statistiche di interesse per gli inquinanti.

6 Caratterizzazione delle emissioni

Nel futuro impianto peaker di Duferco Sviluppo Spa di Pace del Mela (ME) sarà presente un turbogeneratore alimentato a gas naturale che entrerà in funzione solo poche centinaia di ore all'anno a seguito di una effettiva richiesta di picco di energia elettrica.

Le caratteristiche geometriche della futura sorgente sono riportate in Tabella 8. Le caratteristiche emissive sono invece riepilogate in Tabella 9. La posizione della sorgente è mostrata in Figura 11, assieme alle strutture opache al vento che possono dare origine al building downwash (edifici e cabinato del turbogeneratore).

Gli inquinanti di interesse in questo studio sono ossidi di azoto (NOX), monossido di carbonio (CO) e ammoniaca (NH₃). Si assume nello studio che la sorgente futura sia attiva per tutte le ore dell'anno, anche se il suo funzionamento, come anticipato, riguarderà poche centinaia di ore. Si valuteranno poi le statistiche sulle medie di breve termine, poiché non avrebbe senso valutare la media annuale per questa tipologia di sorgente.

Tabella 8. Caratteristiche geometriche della sorgente futura.

Emissione	Descrizione	E UTM33 (m)	N UTM32 (m)	H (m)	Area (m ²)	D (m)
EN	Turbogas	526081	4228137	25	10.7	3.69

Tabella 9. Caratteristiche emissive della sorgente futura.

Emissione	T (°C)	Q (Nm ³ /h)	NOX (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	NH ₃ (mg/Nm ³)
EN	429	518000	15	5	3

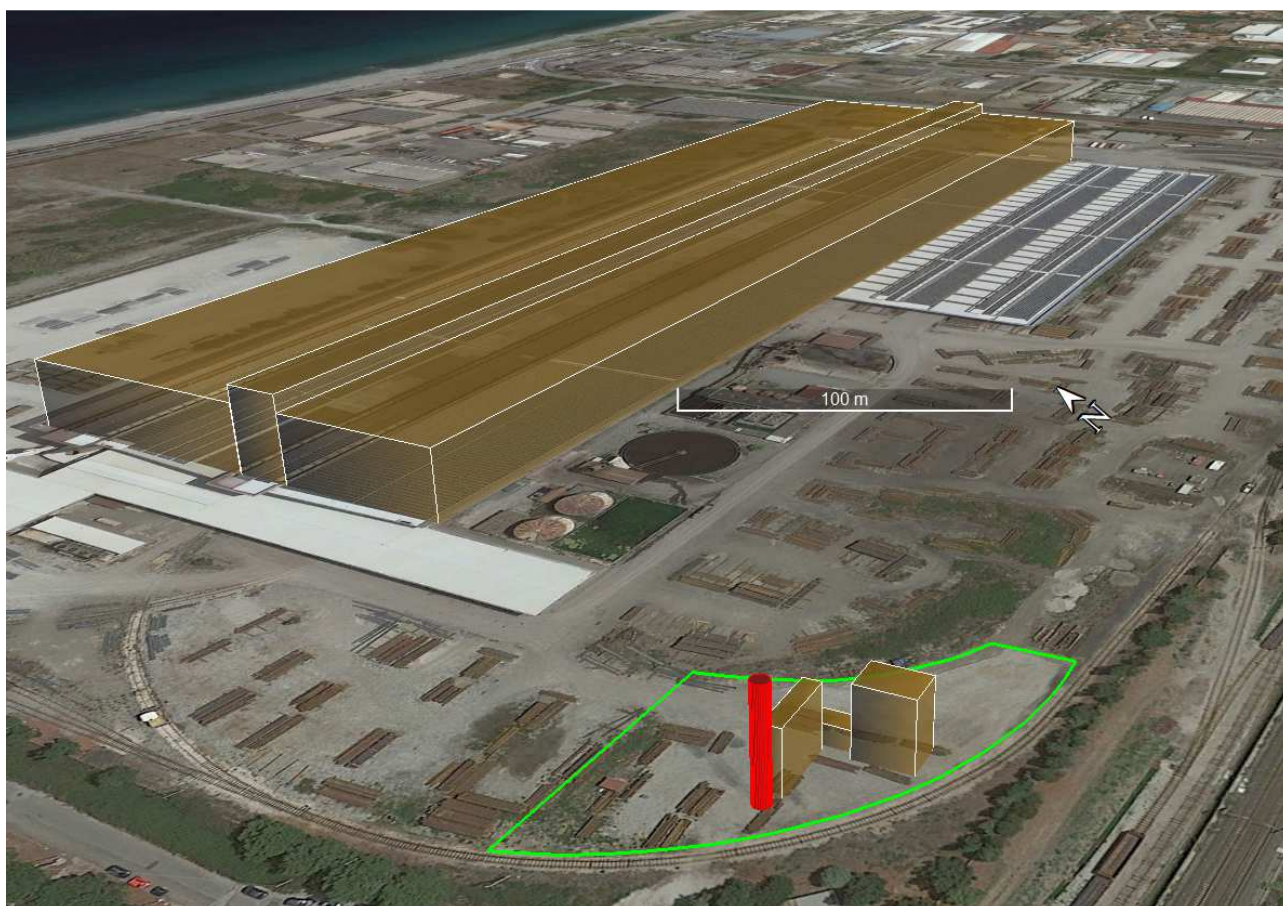


Figura 11. Posizione della sorgente e delle principali strutture opache al vento.

7 Simulazioni di dispersione degli inquinanti

7.1 Dati di input del modello CALPUFF

Le simulazioni di dispersione atmosferica degli inquinanti emessi dall'impianto sono state effettuate utilizzando il modello CALPUFF versione 7. Oltre ai recettori su griglia regolare di 100 m posti nel dominio di campionamento mostrato in Figura 7, sono stati considerati anche 7 recettori discreti posizionati in corrispondenza alle centraline di qualità dell'aria di ARPA e di EdiPower. La posizione dei recettori discreti rispetto all'impianto è mostrata in Figura 12, mentre le loro coordinate sono riepilogate in Tabella 10. I valori orari predetti in ogni punto di calcolo dal modello CALPUFF per l'intero anno 2018 sono stati elaborati per ottenere le statistiche di interesse sul breve periodo, poiché l'impianto peaker funzionerà solo per poche centinaia di ore all'anno, si farà riferimento alle sole medie di breve termine.

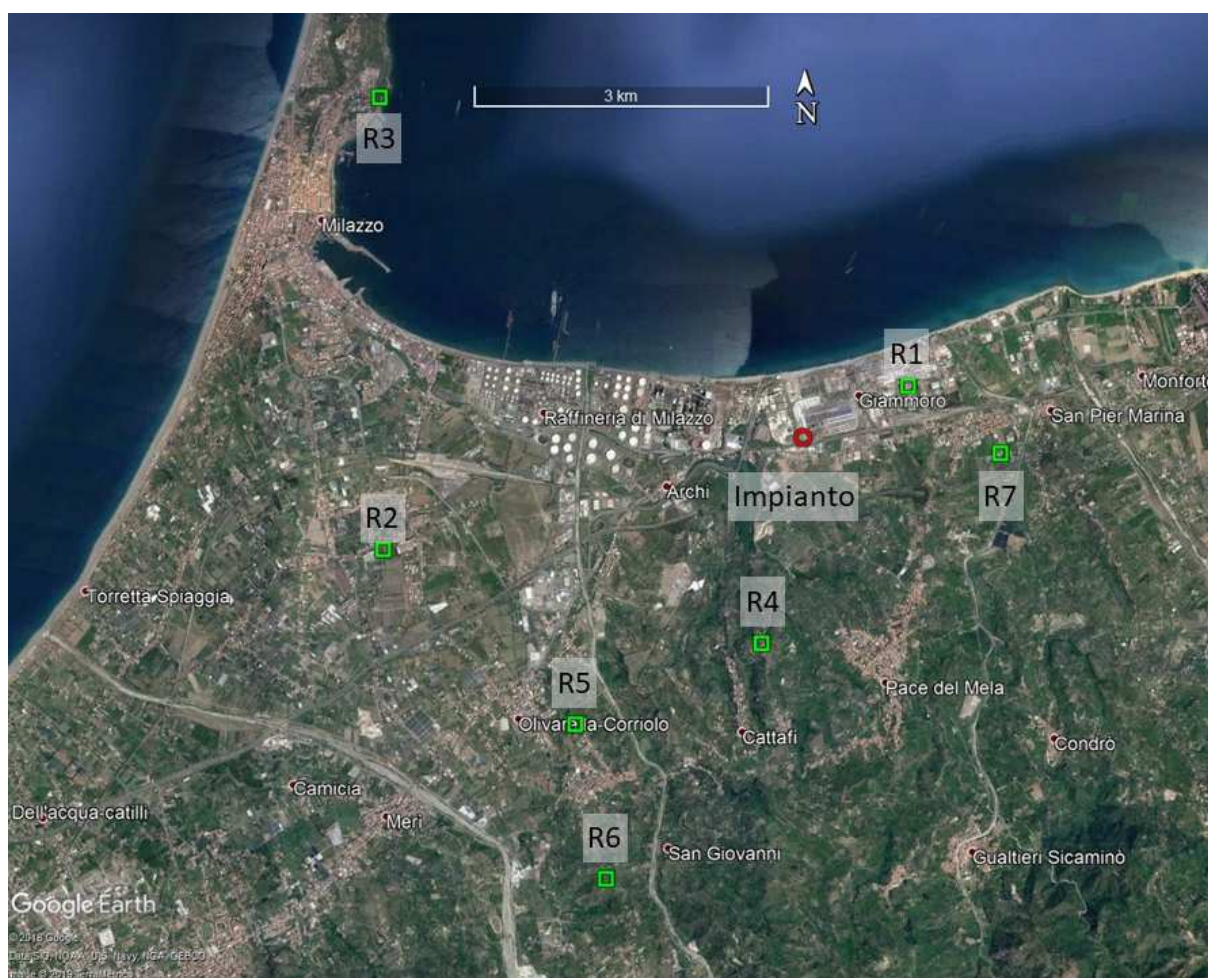


Figura 12. Recettori discreti.

Tabella 10. Coordinate UTM 33S dei recettori discreti.

Sigla	Nome	Easting (m)	Northing (m)
R1	Contrada Gabbia	527147	4228668
R2	Termica Milazzo	521815	4226993
R3	Edipower Milazzo	521764	4231577
R4	Ediower Pace del Mela	525667	4226052
R5	Edipower San Filippo del Mela	523774	4225225
R6	Santa Lucia del Mela	524092	4223659
R7	Laboratorio Mobile Contrada Gabbia	528088	4227988

7.2 Biossido di azoto

Si assume cautelativamente che tutti gli ossidi di azoto (NOX) vengano immediatamente trasformati in biossido di azoto (NO₂) all'emissione. Sotto questa ipotesi, il valore massimo predetto da CALPUFF per la media di 1 ora di NO₂ sull'intero dominio di simulazione esternamente al perimetro dell'impianto è pari a 14.3 µg/m³, ed è quindi minore del valore limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte in un anno. La Tabella 11 riporta le massime medie di 1 ora (Max 1h) predette in corrispondenza ai recettori discreti. Tutti i valori sono molto bassi rispetto al valore limite. La mappa delle massime medie di 1 ora di NO₂ è mostrata in Figura 13.

Tabella 11. Valori massimi orari (µg/m³) predetti in corrispondenza ai recettori discreti.

Recettore	Max 1h
R1	3.8
R2	1.1
R3	1.2
R4	2.6
R5	1.0
R6	0.9
R7	2.3

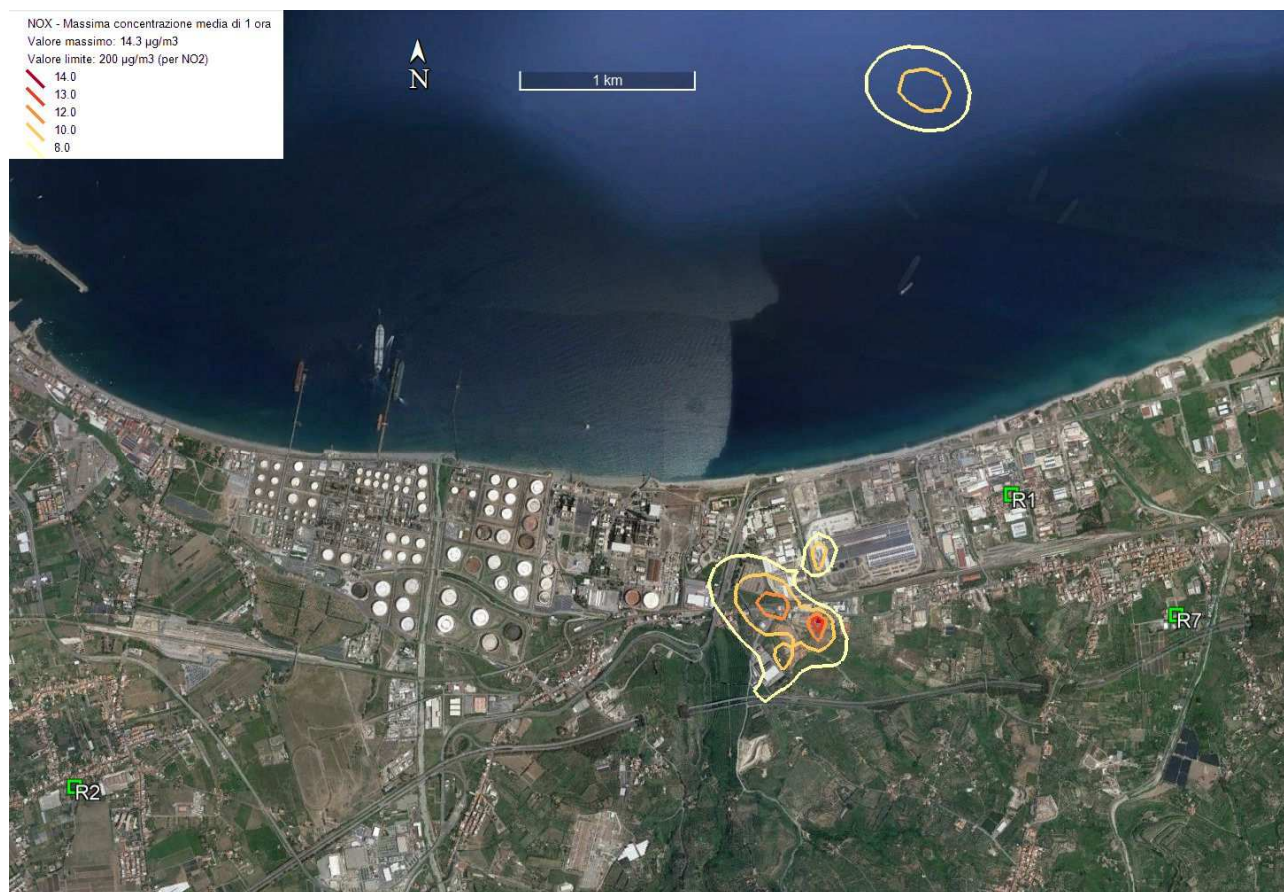


Figura 13. Isolivelli delle massime concentrazioni medie di 1 ora di NO2.

7.3 Monossido di carbonio

Il valore massimo predetto da CALPUFF per la media mobile di 8 ore di CO sull'intero dominio di simulazione esternamente al perimetro dell'impianto è pari a 2.2 µg/m³, ed è quindi minore del valore limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 10000 µg/m³ (10 mg/m³). La Tabella 12 riporta le massime medie mobili di 8 ore (Max 8h) predette in corrispondenza ai recettori discreti. Tutti i valori sono molto bassi rispetto al valore limite. La mappa delle massime medie mobili di 8 ore di CO è mostrata in Figura 14.

Tabella 12. Valori massimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) delle medie mobili di 8 ore predetti in corrispondenza ai recettori discreti.

Recettore	Max 8h
R1	0.38
R2	0.11
R3	0.12
R4	0.32
R5	0.13
R6	0.14
R7	0.28



Figura 14. Isolivelli delle massime concentrazioni medie mobili di 8 ore di CO.

7.4 Ammoniaca

Il valore massimo predetto da CALPUFF per la media di 24 ore di NH_3 sull'intero dominio di simulazione esternamente al perimetro dell'impianto è pari a $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ed è quindi minore del valore di riferimento indicato dagli AAQC del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario, pari a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La Tabella 13 riporta le massime medie di 24 ore (Max 24h) predette in corrispondenza ai recettori

discreti; tutti i valori sono molto bassi rispetto al valore di riferimento. La mappa delle massime medie di 24 ore di NH₃ è mostrata in Figura 15.

Tabella 13. Valori massimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) delle medie di 24 ore predetti in corrispondenza ai recettori discreti.

Recettore	Max 8h
R1	0.08
R2	0.03
R3	0.02
R4	0.07
R5	0.04
R6	0.04
R7	0.08

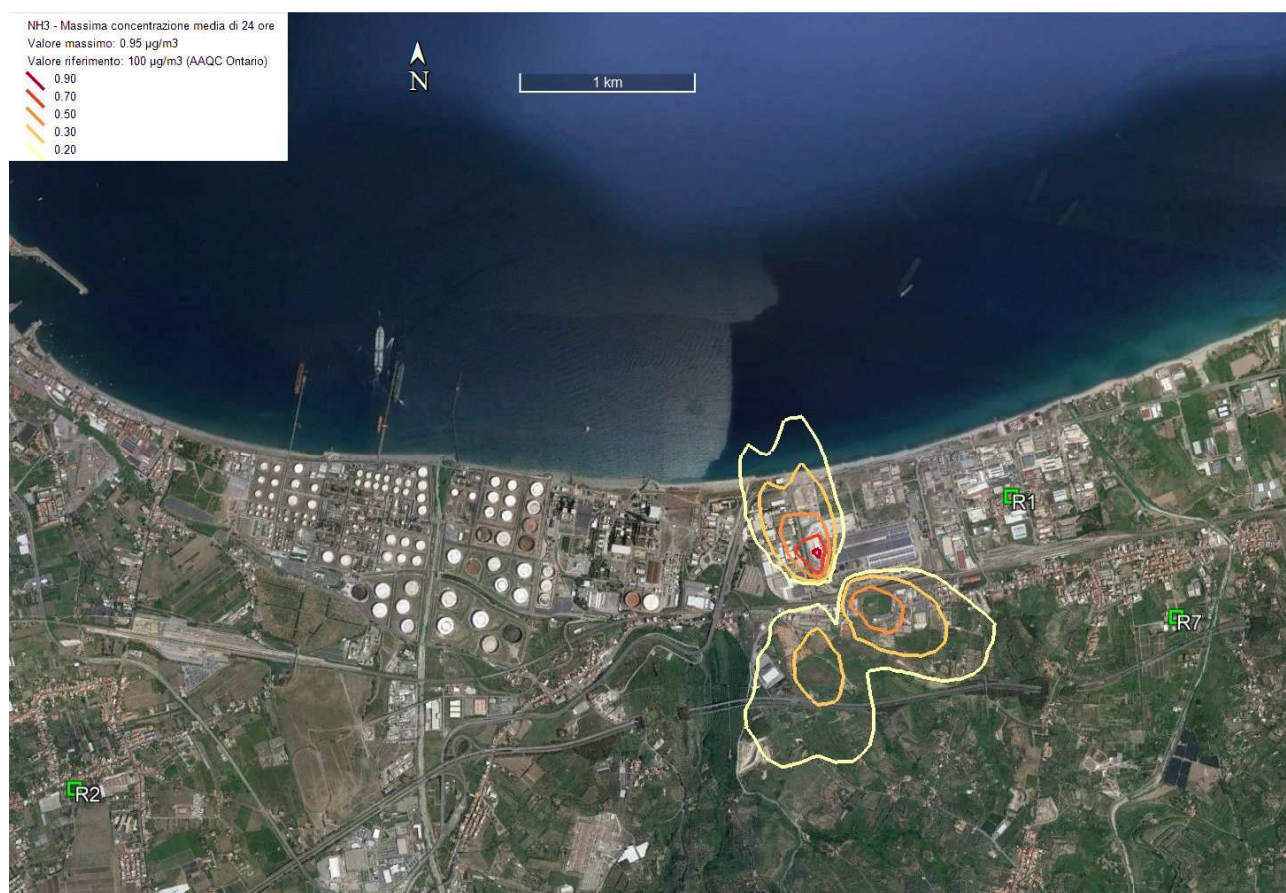


Figura 15. Isolivelli delle massime concentrazioni medie di 24 ore di NH₃.

8 Conclusioni

Il presente studio descrive l'impatto sulla componente atmosfera dell'impianto peaker di Duferco Sviluppo Spa di futura installazione nel Comune di Pace del Mela (ME).

Nello studio è stato utilizzato il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera CALPUFF, versione 7, indicato dall'EPA (Environmental Protection Agency) degli Stati Uniti come uno dei possibili strumenti modellistici da utilizzare per simulare l'impatto in atmosfera di sostanze inerti in presenza di terreno complesso e condizioni meteorologiche non uniformi sul dominio di simulazione. Il campo meteorologico per l'intero anno 2018 è stato ricostruito per mezzo del modello meteorologico diagnostico CALMET utilizzando in input l'output del modello meteorologico a mesoscala WRF.

Le simulazioni di dispersione degli inquinanti emessi dall'impianto (ossidi di azoto, monossido di carbonio e ammoniaca) sono state condotte con dettaglio orario su tutte le ore dell'anno 2018.

Nella valutazione degli impatti è stato utilizzato un approccio cautelativo poiché:

- L'impianto peaker sarà in funzione per poche centinaia di ore l'anno, mentre nelle simulazioni è stato ipotizzato in funzione per tutte le ore dell'anno al fine di determinare l'impatto anche in corrispondenza alle ore meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti.
- Si è ipotizzato che le emissioni di ossidi di azoto ($\text{NOX}=\text{NO}_2+\text{NO}$) siano completamente costituite da NO_2 mentre, come noto, tale inquinante è una parte minoritaria.

Dato il tipo di impianto sono state considerate solo le medie a breve termine e, nonostante l'approccio cautelativo, i valori predetti sono minori dei limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per NO_2 e CO (e del valore di riferimento utilizzato per NH_3).

Infine, le isolinee di concentrazione mostrano che l'impatto massimo è predetto per tutti gli inquinanti a poche centinaia di metri dal perimetro di impianto.

9 Riferimenti

ANPA (2000) I modelli nella valutazione della qualità dell'aria. RTI CTN_ACE 2/2000.

Bellasio R., G.Maffei, J.Scire, M.G.Longoni, R.Bianconi and N.Quaranta (2005) Algorithms to account for topographic shading effects and surface temperature dependence on terrain elevation in diagnostic meteorological models. Boundary-Layer Meteorology, 114: 595-614.

Bellasio R. e Bianconi R. (2012) Il sistema modellistico LAPMOD per la simulazione dell'inquinamento atmosferico in orografia complessa. Ingegneria Ambientale, vol. XLI, n. 6, 492-500.

Bellasio R., R. Bianconi, S. Mosca and P. Zannetti (2017) Formulation of the Lagrangian particle model LAPMOD and its evaluation against Kincaid SF6 and SO2 datasets. Atmospheric Environment, Vol. 163, pp. 87-98.

Bellasio, R., Bianconi, R., Mosca, S., and Zannetti, P. (2018) Incorporation of Numerical Plume Rise Algorithms in the Lagrangian Particle Model LAPMOD and Validation against the Indianapolis and Kincaid Datasets. Atmosphere, 9(10), 404, <https://doi.org/10.3390/atmos9100404>

Scire, J.S., D.G. Strimaitis and R.J. Yamartino, 2000a: A user's guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.

Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau and R.J. Yamartino, 2000b: A user's guide for the CALMET meteorological model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.

US-EPA (2017). Revisions to the Guideline on Air Quality Models: Enhancements to the AERMOD Dispersion Modeling System and Incorporation of Approaches To Address Ozone and Fine Particulate Matter. Federal Register, Vol. 82, No. 10, Tuesday, January 17, 2017. Rules and Regulations.

Yamartino, R.J., J.S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1989: CALGRID: A Mesoscale Photochemical Grid Model. Volume I: Model Formulation Document. California Air Resources Board, Sacramento, CA.

Yamartino, R.J., J.S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1992: CALGRID mesoscale photochemical grid model. I – Model formulation, Atmospheric Environment, 26A, 1493-1512.