


V.I.A.
VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e della Deliberazione G. R. n. 11/75 del 24.03.2021

***Modifiche al sito di recupero inerti per l'avvio di un impianto di
compostaggio in zona artigianale di Norbello (OR)***

COMMITTENTE	GRUPPO DI LAVORO
<p>RINAC S.r.l. Unipersonale Via dell'Agricoltura n° 5 - 09076 Sedilo (OR)</p> <p>L'Amministratore Salvatore Meloni</p>  <p>Sede Operativa: Zona artigianale loc. Perdu Cossu S.P. 64 09070 NORBELLO (OR) tel/fax 0785/896107 - cell. 3929776131 P.IVA : 01116080951 E-mail: info@rinacsrl.com</p>	<p>Il tecnico Responsabile S.I.A. Dott. Ing. Salvatore Manai Ordine ingegneri OR n.495</p> <p>Studi geologici, geotecnici e idrogeologici Dott. Geol. Antonello Frau</p> <p>Studi impatto odorigeno Dott. Giuseppe Carlino (Simularia S.r.l.)</p>

ET_07	STUDIO IMPATTO EMISSIONI ODORIGENE
--------------	---

SCALA	DATA	REV.	spazio per vidimazioni
-	FEBBRAIO 2024	-	



VALUTAZIONE MODELLISTICA DELL'IMPATTO ODORIGENO DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO NEL COMUNE DI NORBELLO (OR)

G. Carlino, R. Prandi

Riferimento: SIMULARIA.R2023.12

Dicembre 2023

Committente: Rinac s.r.l. unipersonale
Via dell'Agricoltura 5
09076 Sedilo (OR)

Relazione: SIMULARIA.R2023.12
Versione: dicembre 2023

Autori: G. Carlino, R. Prandi

Indice

1 Premessa.....	5
2 Inquadramento territoriale.....	6
3 Caratterizzazione meteorologica del sito.....	7
4 Stima delle emissioni dell'impianto.....	12
4.1 Descrizione dell'impianto.....	12
4.2 Metodologia di stima delle emissioni.....	14
5 Metodologia di stima e risultati.....	18
5.1 Scenario senza mitigazioni.....	19
5.2 Scenario con mitigazioni.....	22
5.3 Valori attesi in corrispondenza dei ricettori sensibili.....	25
6 Conclusioni.....	27
7 Bibliografia.....	28

1 Premessa

Il presente rapporto contiene la valutazione previsionale della molestia olfattiva di un impianto per la produzione di compost di qualità elevata da rifiuti di matrice organica. La potenzialità annua dell'impianto è di 990 t suddivisa in tre cicli produttivi di quattro mesi. L'attività proposta sorgerà nel territorio del Comune di Norbello (OR), nella parte a Sud dell'impianto di recupero di rifiuti inerti non pericolosi già operativo e di proprietà della medesima società committente.

L'area interessata dal progetto è di tipo prevalentemente agricolo con la presenza di pochi edifici rurali. Ad alcune centinaia di metri dall'impianto sono collocati edifici di carattere industriale e commerciale mentre i centri abitati di Abbasanta e Norbello distano a più 1 km in direzione Sud.

L'inquadramento territoriale e le caratteristiche anemologiche dell'area hanno suggerito di effettuare una valutazione della potenziale molestia olfattiva del nuovo impianto adottando il modello gaussiano Aria Impact (Aria Technologies, 2015) che, sebbene stazionario, include un modulo specifico per la trattazione delle calme di vento.

In mancanza di dati misurati localmente, il modello di dispersione è stato alimentato da una serie meteorologica derivata dal database modellistico COSMO-REA6 reso disponibile dal Hans-Ertel Centre for Weather Research e dal servizio modellistico tedesco (DWD), per l'anno 2018.

La definizione delle caratteristiche emissive delle sorgenti è stata effettuata sulla base dei risultati delle campagne sperimentali APAT (2003) condotte su 12 impianti per la produzione di compost mediante trattamento di tipologie diverse di rifiuti. Sono state considerate le emissioni delle diverse sezioni dell'impianto che possono dare luogo a emissioni fugitive di odore: i cumuli di rifiuti in ingresso, stoccati in attesa di essere conferiti alle platee di produzione; le tre andane con il materiale sottoposto al processo di compostaggio; il cumulo di stoccaggio del materiale finito. A partire dalle concentrazioni medie orarie, calcolate ad una risoluzione spaziale di 100 m, è stato poi stimato il potenziale impatto olfattivo espresso come la concentrazione oraria di picco di odore al 98° percentile su base annua. Per quantificare più puntualmente l'impatto, sono stati estratti i valori in corrispondenza di alcuni ricettori identificati nelle vicinanze dell'impianto.

Lo studio è stato impostato secondo gli "Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività" approvato con decreto direttoriale il 28/6/2023 dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), che costituiscono un quadro generale per tutte le procedure di verifica e/o autorizzazione ambientale che considerino le emissioni odorigene in atmosfera.

Nei paragrafi seguenti sono descritti: l'inquadramento territoriale; la metodologia adottata per la ricostruzione della meteorologia di riferimento; la stima delle emissioni; la modellazione della dispersione delle sostanze emesse in atmosfera. Infine, sono presentati i risultati in termini di mappe di impatto e di valori presso i ricettori sensibili.

sul lato orientale del dominio di calcolo di cui si è cautelativamente tenuto conto nella simulazione di dispersione.

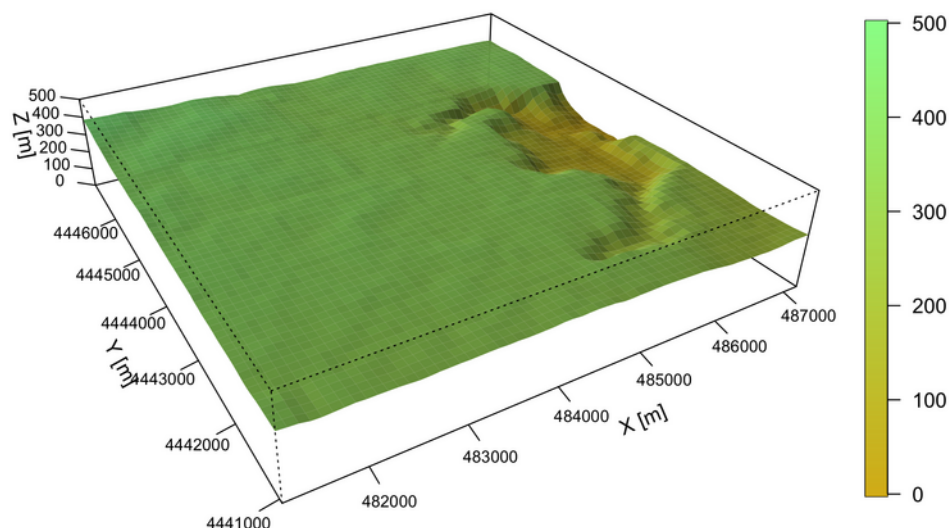


Figura 2: Modello digitale del terreno.

3 Caratterizzazione meteorologica del sito

Per procedere all'analisi della dispersione degli inquinanti e delle sostanze odorigene emesse dall'impianto è stato necessario reperire una serie temporale oraria di estensione annuale contenente le informazioni relative a direzione e velocità del vento, temperatura e parametri di turbolenza atmosferica.

Non essendo disponibili dati recenti misurati localmente, è stata sfruttata la possibilità di accedere ai dati contenuti nel database meteorologico modellistico COSMO-REA6¹ reso pubblicamente disponibile dal consorzio costituito tra le Università di Bonn e Colonia (Hans-Ertel-Centre for Weather Research) e il servizio meteorologico tedesco (DWD). Il database contiene una rianalisi dei dati meteorologici prodotti dal modello COSMO con condizioni al contorno ERA-Interim, alla risoluzione di 6 km in orizzontale e su 40 livelli verticali. I dati, su tutto il territorio europeo e riferiti al periodo 1995 – agosto 2019, sono stati validati in *numerosa* applicazioni (Kaspar et al., 2020). I campi meteorologici, disponibili ad una risoluzione orizzontale di 6 km, contengono la ricostruzione tridimensionale di vento, temperatura e altri parametri meteorologici con frequenza oraria.

Per il presente studio è stato pertanto utilizzato l'ultimo anno completo disponibile, il 2018, e la serie temporale meteorologica oraria è stata estratta alla quota di 10 m nel punto di coordinate UTM32 481060, 4457315 (WGS84) con il metodo dei primi vicini. La serie temporale è stata quindi confrontata con i dati di una centralina sita nel Comune di Macomer (NU) reperiti attraverso il *Integrated Surface Database* (ISD) del

¹ <https://reanalysis.meteo.uni-bonn.de/?COSMO-REA6> Specifications

NOAA (codice della centralina 165240-99999). I dati disponibili fanno riferimento agli anni 2005-2006 e, sebbene incompleti, consentono di effettuare un confronto qualitativo con i dati meteorologici del modello.

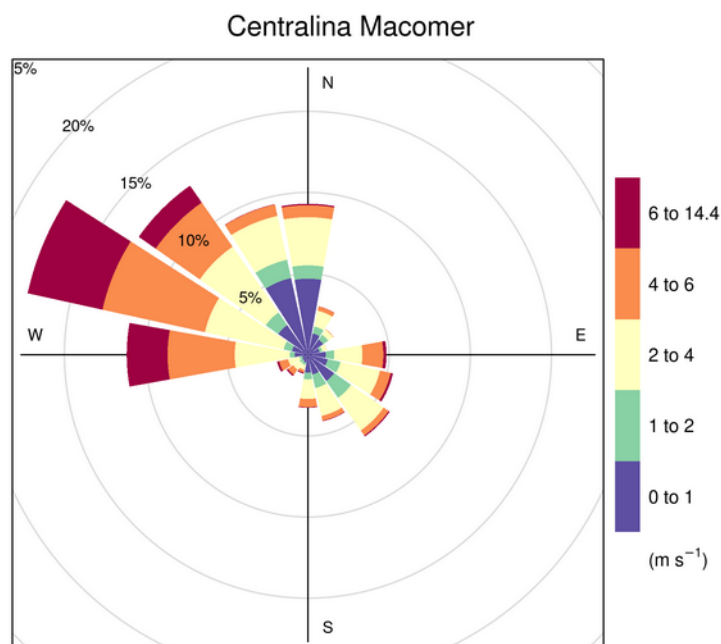


Figura 3: Rosa dei venti della centralina meteorologica sita presso il Comune di Macomer (NU). Dati relativi agli anni 2005 e 2006, estratti dal database ISD-NOAA, codice centralina 165240-99999.

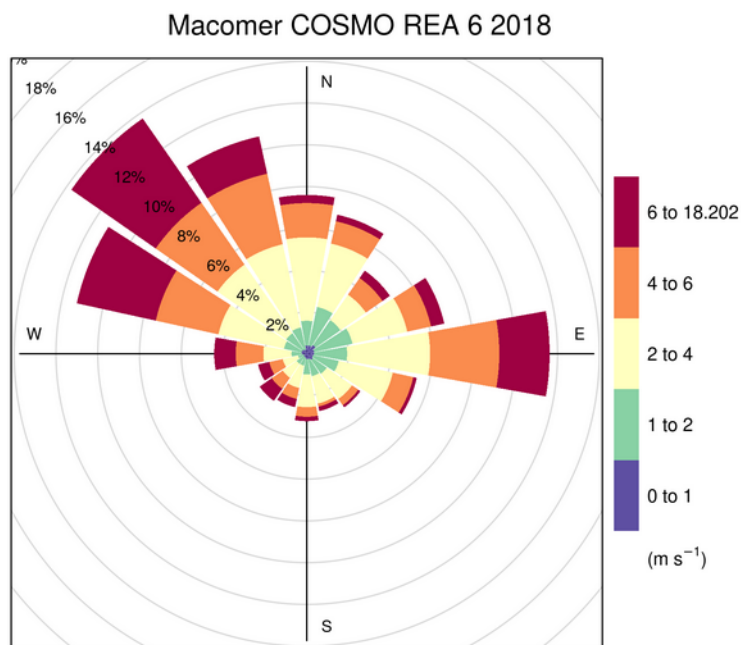


Figura 4: Rosa dei venti presso il Comune di Macomer (NU) alla quota di 10 m. Dati relativi all'anno 2018, estratti dal dataset modellistico COSMO-REA6.

In Figura 3 e Figura 4 sono mostrate rispettivamente le rose dei venti della centralina meteorologica e del modello COSMO-REA6 estratto in corrispondenza della centralina stessa, alle coordinate precedentemente indicate.

Entrambe le rose dei venti mostrano una direzione di provenienza principale relativa al settore Nord-Ovest, corrispondente al vento Maestrale. Anche l'intensità del vento nelle due rose appare confrontabile sebbene non sia disponibile alcuna informazione circa la quota dell'anemometro, per cui non è stato possibile riportare i valori di modello da 10 m alla stessa altezza per un confronto più preciso. Nel caso della centralina, i venti inferiori a 1 m/s, appaiono fortemente associati alle direzioni settentrionali; questo dato andrebbe analizzato rispetto alle specifiche di misura dell'anemometro in condizioni di calma di vento.

Considerando il confronto qualitativo con i dati misurati disponibili e i risultati riportati in letteratura relativamente alla validazione dei dati di modello; considerando inoltre che la zona è prevalentemente pianeggiante, si può ritenere che il vento estratto dal modello COSMO-REA6 sia rappresentativo del dominio di studio.

Scorporando le ore diurne da quelle notturne è possibile ricostruire la rosa dei venti nelle due parti della giornata (Figura 5). Si nota che la distribuzione delle direzioni e delle velocità durante il giorno sono molto simili a quelle della notte.

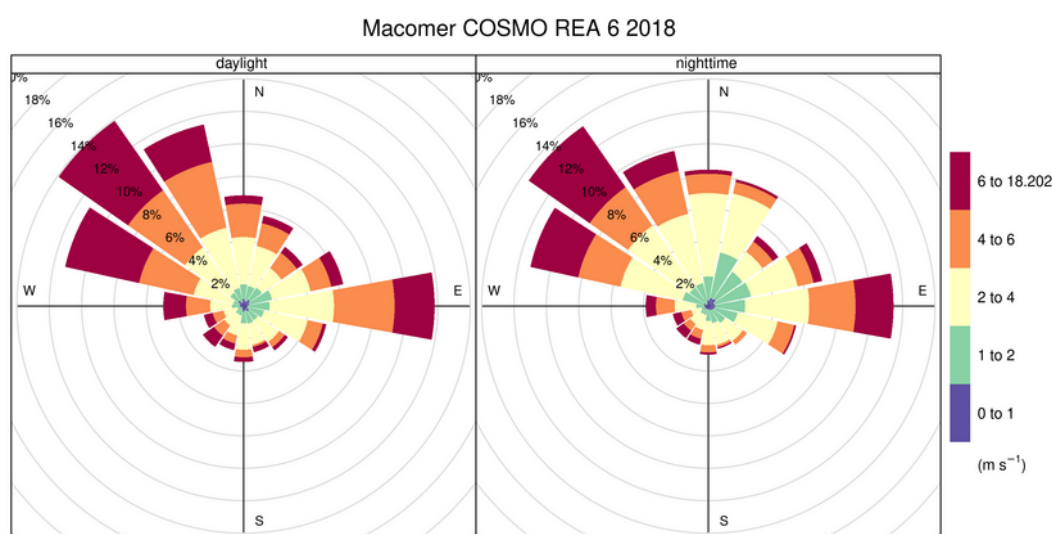


Figura 5: Rosa dei venti diurna (a sinistra) e notturna (a destra) presso il Comune di Macomer (NU) alla quota di 10 m. Dati relativi all'anno 2018, estratti dal dataset modellistico COSMO-REA6.

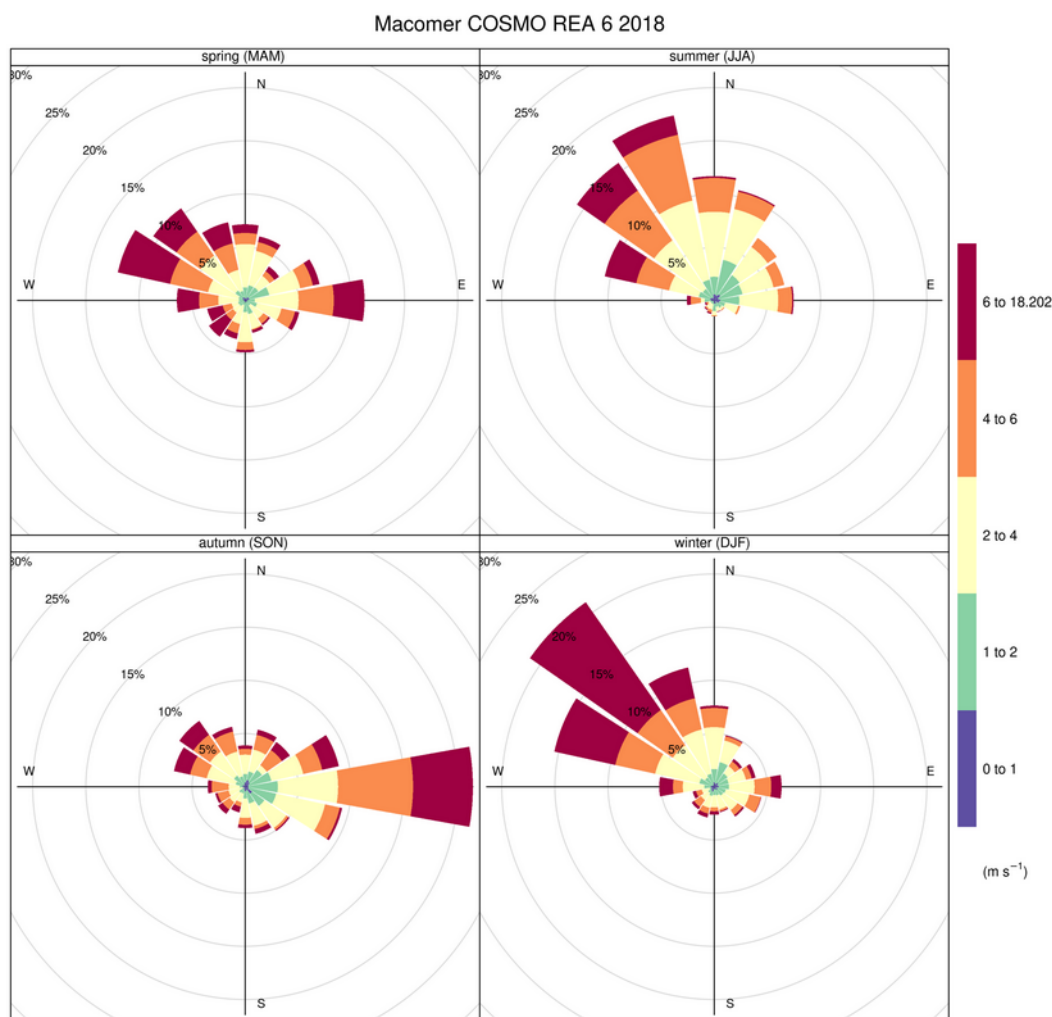


Figura 6: Rosa dei venti stagionale presso il Comune di Macomer (NU) alla quota di 10 m. Dati relativi all'anno 2018, estratti dal dataset modellistico COSMO-REA6.

L'analisi del vento per stagione (Figura 6) mostra infine che venti più intensi, superiori ai 4 m/s , si presentano nei mesi invernali con provenienza NO e nei mesi autunnali da E. Durante la stagione estiva risultano fortemente sopresse le direzioni di provenienza dai quadranti meridionali.

La distribuzione delle velocità del vento, alla quota di 10 m, ha un valore mediano di 3.49 m/s e media pari a 4.00 m/s , con valore massimo di 18.20 m/s . In Figura 7 è mostrata la distribuzione delle frequenze orarie delle velocità del vento. Il modello gaussiano Impact, utilizzato nel presente studio di impatto, classifica come "calma di vento" le ore con velocità inferiore alla soglia di 0.5 m/s attivando uno specifico modello di calcolo. La serie temporale utilizzata per la simulazione indica che nel corso dell'anno questa condizione, particolarmente critica per l'accumulo e il ristagno delle sostanze odorogene, si verifica circa il 12.1% del totale delle ore, dopo avere ricalcolato la velocità del vento alla quota tipica di emissione mediante legge logaritmica (quota = 2 m, $z_0 = 0.1$ m).

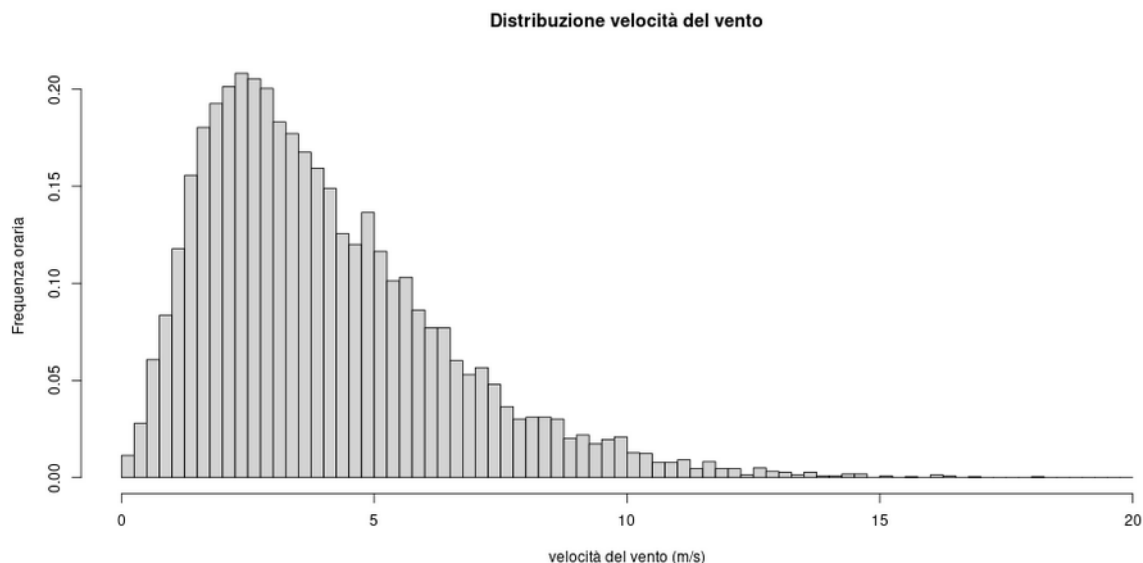


Figura 7: Istogramma delle intensità di velocità del vento (dati di modello COSMO-REA6) nel punto di estrazione alla quota di 10 m (anno 2018).

Nelle seguenti Figura 8 e Figura 9 sono rappresentate l'andamento mensile della temperatura e la media della temperatura dell'aria secondo il mese e l'ora.

Per conoscere il destino delle sostanze emesse nell'atmosfera, oltre alle caratteristiche del vento che domina il trasporto in direzione orizzontale, è necessario definire le caratteristiche della turbolenza atmosferica, cioè dei moti disordinati che hanno origine sia meccanica che termica e che favoriscono, in condizioni di instabilità, la dispersione anche nella direzione verticale.

Il parametro solitamente utilizzato per la classificazione sintetica delle caratteristiche della turbolenza è la classe di stabilità di Pasquill-Guilford-Turner (PGT), espressa in una scala a sei valori da A (condizioni molto instabili) a F (condizioni molto stabili), pertanto una stima di queste classi è stata calcolata a partire dalle serie temporali di copertura nuvolosa e di radiazione solare presenti nei dati COSMO-REA6.

La ripartizione stagionale dei valori del parametro PGT (Figura 10) mostra una certa uniformità nella prevalenza delle condizioni più critiche per la dispersione in atmosfera. Le classi più stabili E ed F si presentano per circa il 30% delle ore in tutte le stagioni, a parte in primavera quando questo valore è lievemente ridotto. Nei mesi estivi, grazie alla maggiore radiazione, si verificano con più frequenza condizioni di turbolenza convettiva.

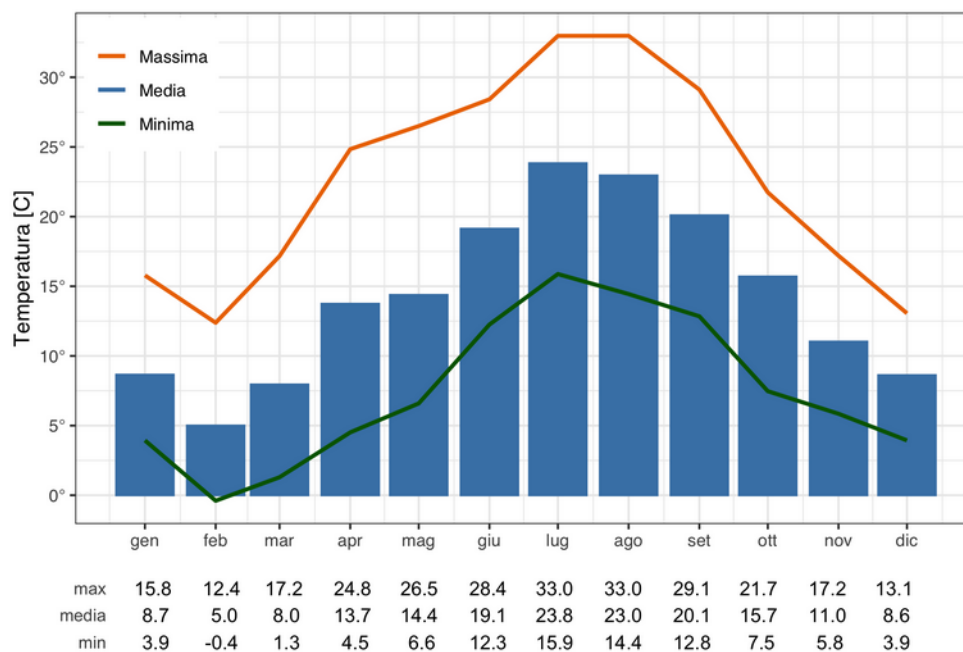


Figura 8: Andamento mensile della temperatura media, minima e massima (dati di modello COSMO-REA6 nel punto di estrazione alla quota di 10 m, anno 2018).

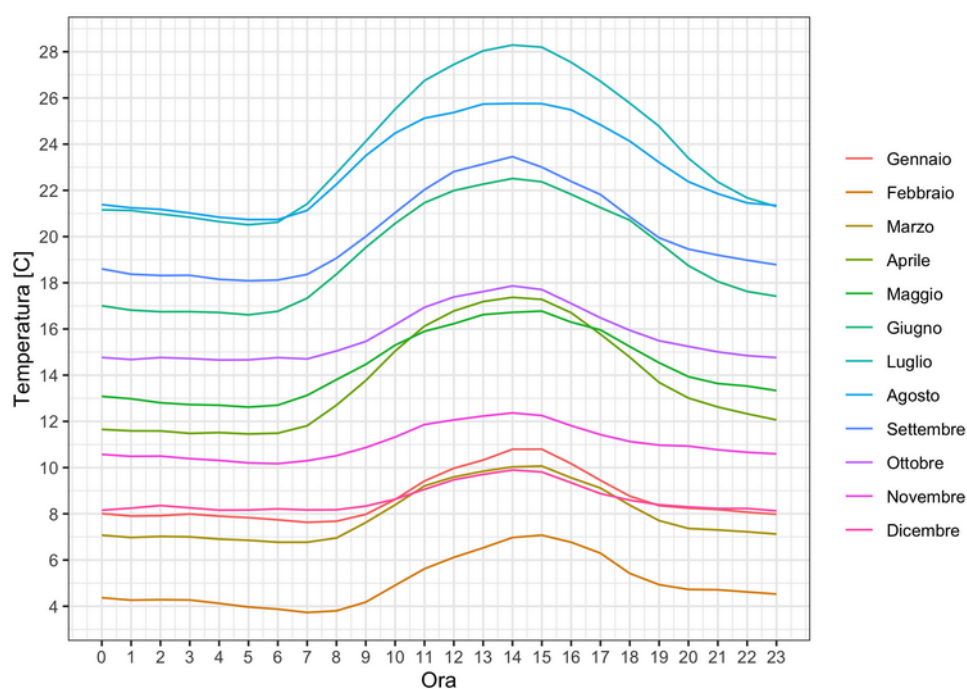


Figura 9: Media della temperatura dell'aria (in gradi Celsius) secondo il mese e l'ora (dati di modello COSMO-REA6 nel punto di estrazione alla quota di 10 m, anno 2018).

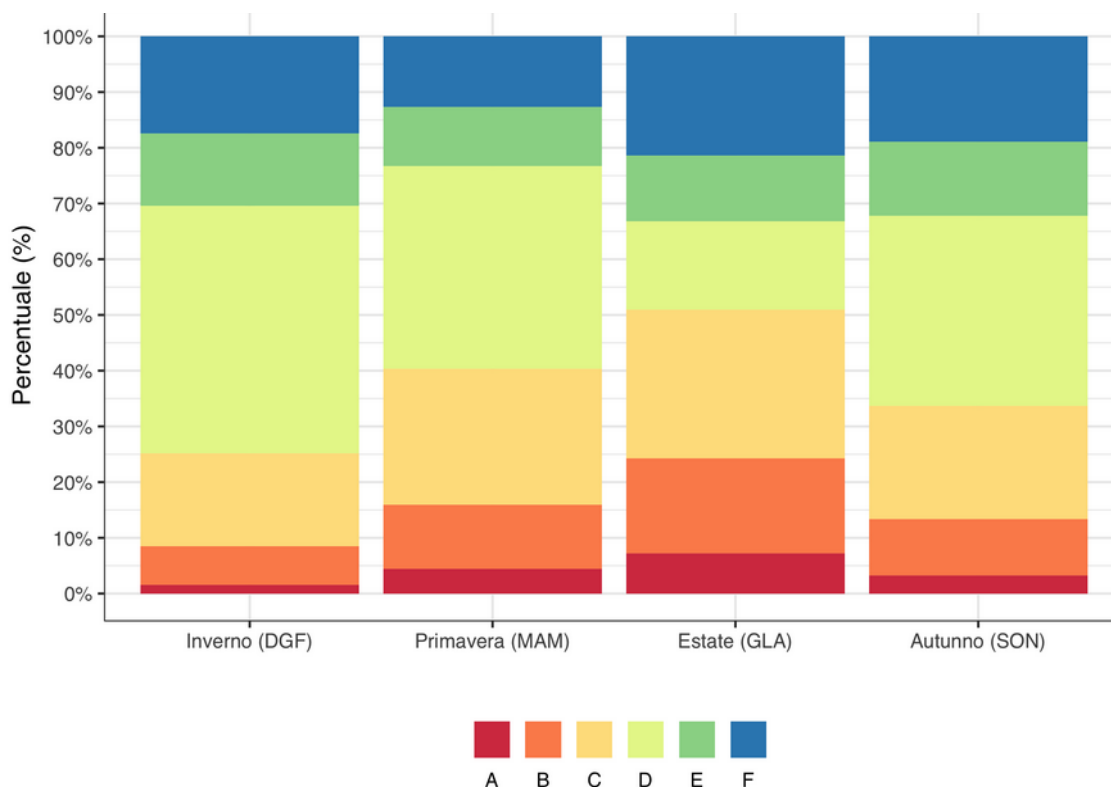


Figura 10: Distribuzione stagionale delle classi di stabilità PGT (dati COSMO-REA6, 2018).

4 Stima delle emissioni dell'impianto

4.1 Descrizione dell'impianto

Nell'impianto oggetto di valutazione verrà realizzato il recupero di rifiuti di matrice organica mediante produzione di ammendante compostato (misto e verde) appartenenti alla categoria del compost di qualità, secondo le quantità indicate in Tab. 1:

Tab. 1: Quantitativo di rifiuti in ingresso all'impianto in un anno e classificazione secondo il DM 05/02/1998.

Rifiuto compostabile	Rif. DM 05/02/98	Quantità [t/a]
Rifiuti vegetali da coltivazioni agricole	16.1 lett. b)	40
Segatura, trucioli, frammenti di legno, di sughero	16.1 lett. c)	30
Rifiuti vegetali derivanti da attività agroindustriali	16.1 lett. d)	20
Scarti di legno non impregnato	16.1 lett. h)	50
Rifiuti di legno cellulosici derivanti dalla manutenzione del verde	16.1 lett. l)	820
Fanghi di depurazione delle industrie alimentari	16.1 lett. m)	30
Totale		990

In Figura 11 è mostrato il layout dell'impianto con le aree di stoccaggio dei materiali. Le potenziali sorgenti di emissioni odorigene in atmosfera che saranno considerate per la valutazione previsionale dell'impatto olfattivo sono:

- Sette aree di stoccaggio del materiale in ingresso nell'impianto, indicate secondo la tipologia 16.1 "rifiuti compostabili per la produzione di compost di qualità" del DM 05/02/1998;
- Tre aree di lavorazione per le fasi di biossidazione e maturazione del compost di lunghezza 42 m e larghezza 4 m;
- Area di stoccaggio del compost finito con superficie pari a circa 245 m².

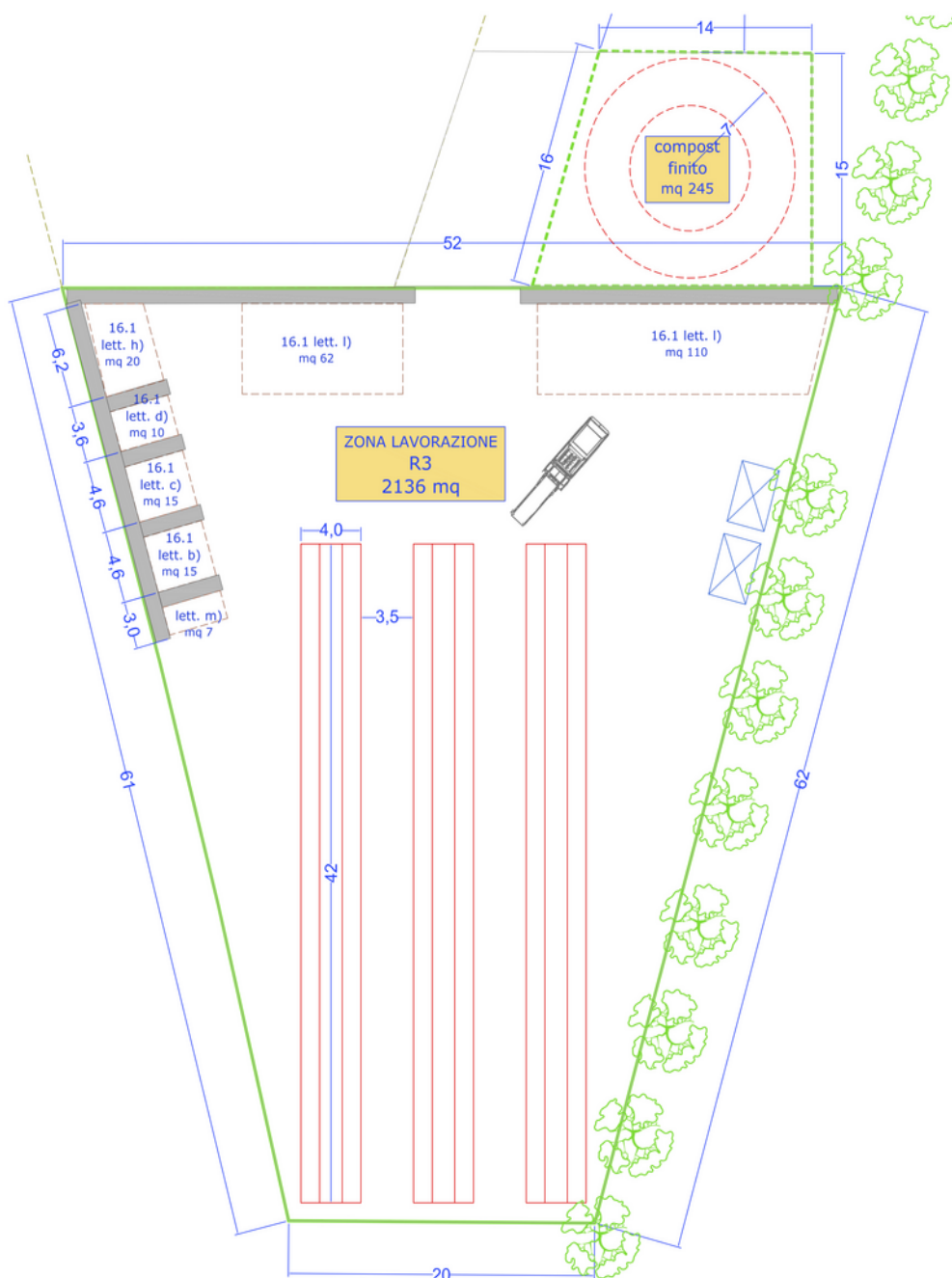


Figura 11: Layout dell'impianto con indicazione delle aree di stoccaggio del materiale in ingresso (indicate secondo la classificazione del DM 5/2/98); tre andane per il processo di compostaggio (in rosso, al centro); area di stoccaggio del prodotto finito (in rosso, in alto a destra).

L'area di stoccaggio dei rifiuti di tipo organico lett. m, così come le tre platee per la produzione di compost, saranno dotate di copertura superiore mobile in teli di Gore-Tex per il contenimento degli odori. In aggiunta, l'impianto sarà dotato di un sistema di nebulizzazione di prodotti a base di enzimi e microrganismi

selezionati per ulteriore abbattimento degli odori. Grazie all'uso combinato dei due metodi, si prevede che l'abbattimento di odore complessivo medio sia pari ad almeno il 90%. Tale abbattimento, come discusso in seguito, sarà ridotto durante le fasi di movimentazione in cui i teli saranno rimossi.

4.2 Metodologia di stima delle emissioni

Le sorgenti di odore dell'impianto sono di tipo areale passivo, pertanto è necessario utilizzare il flusso specifico di odore, Specific Odour Emission Rate (SOER) espresso in unità odorimetriche al secondo per unità di superficie ($\text{OU}/\text{m}^2/\text{s}$). In assenza di una caratterizzazione chimica dell'odore, per la stima delle emissioni dell'impianto, sono stati utilizzati i risultati pubblicati nel report APAT (2003). Tale studio riporta i risultati di misure olfattometriche di emissioni diffuse o canalizzate da impianti di discarica, compostaggio e trattamento di acque reflue. Per quanto riguarda il compostaggio sono state effettuate 12 campagne di misura in impianti di trattamento di rifiuti di tipologia diversa quali: rifiuto urbano indifferenziato (4 impianti); rifiuto organico (6 impianti); rifiuto misto (2 impianti). La sperimentazione ha consentito di caratterizzare, mediante l'uso di cappa dinamica, il potenziale odorigeno associato alle diverse tipologie di rifiuto e alle diverse fasi di processo in termini di concentrazione di odore (OU/m^3) e di SOER ($\text{OU}/\text{m}^2/\text{s}$). I valori utilizzati nel presente studio (Tab. 2) sono stati scelti sulla base del criterio di similitudine rispetto alla tipologia di impianto e di rifiuto e sempre nell'ottica del principio di massima cautela.

Per il calcolo della superficie esposta dei materiali stoccati in ingresso, si è ipotizzato che i cumuli abbiano la geometria di un tronco di piramide con base quadrangolare (Figura 12). Ad eccezione della base, il cumulo ha pertanto tutte le facce esposte all'aria con conseguente emissione, senza considerare la presenza di paratie laterali di protezione. L'altezza media dei cumuli è calcolata sulla base del quantitativo di rifiuti complessivamente trattato in un ciclo produttivo di 4 mesi (330 t) e varia da 2 a 4 m, a seconda dell'area di stoccaggio considerata; la superficie di base considerata è quella dell'area di stoccaggio prevista dal progetto. Complessivamente la superficie esposta dei cumuli di stoccaggio è di 628.4 m^2 . I fattori emissivi sono stati scelti sulla base di tre macro classi in cui sono state raggruppate le sei tipologie di rifiuto trattate nell'impianto: verde, verde triturato e organico. I valori di SOER individuati dalle misure APAT (2003) sono riportati in Tab. 2. Nello scenario di massimo impatto non sono stati considerati meccanismi di abbattimento degli odori, sebbene previsti in fase di progetto. Nello scenario più realistico, per il cumulo di rifiuti organici "non-verdi" lett. m (ID 7 in Tab. 2) è stata ipotizzata una emissione fugitiva pari al 10% di quella massima, tenendo conto della efficienza dei sistemi di abbattimento (teli in Gore-Tex più nebulizzatori). In questo scenario si è inoltre tenuto conto delle operazioni di scarico e di trattamento dei rifiuti necessarie al funzionamento dell'impianto, ipotizzando che in media per circa 1 ora al giorno (tutti i giorni dell'anno) i dispositivi di mitigazione non siano attivi. Pertanto, per la sola sorgente indicata, è stato applicato un abbattimento delle emissioni pari all'86%.

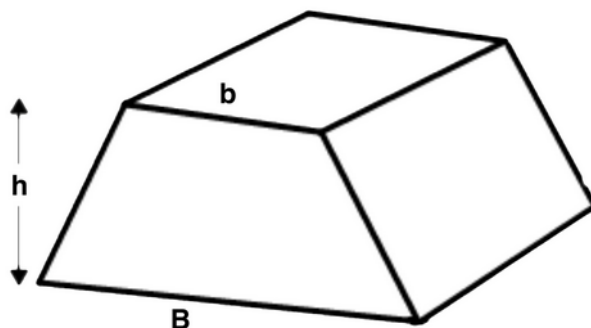


Figura 12: Caratterizzazione geometrica dei cumuli di rifiuti in ingresso all'impianto.

Per le tre platee di produzione, si è ipotizzata la geometria di un prisma retto con base trapezio isoscele, steso sulla faccia laterale con dimensione maggiore. La sezione laterale del solido è rappresentata nella

Figura 13 a sinistra. Le tre platee, con altezza media pari a 2 m, hanno una lunghezza di 42 m ciascuna e superficie laterale pari a 283.8 m². Le dimensioni corrispondono ad un riempimento completo con il materiale previsto per un singolo ciclo di lavorazione (330 t in 120 giorni). Il SOER varia da 7.64 a 1.35 OU/m²/s (Tab. 2) in funzione dei tre diversi stadi del processo di biossificazione e maturazione in cui si è ipotizzato che sia ciascuna delle platee. Nello scenario con mitigazione, è stata invece considerata una emissione fuggitiva pari al 10% del massimo tenendo conto dell'efficienza dei sistemi di abbattimento. Come per l'area di stoccaggio dei fanghi, l'efficacia dell'abbattimento è stata poi ridotta per tenere conto delle operazioni di rivoltamento dei cumuli. Tale riduzione è stata stimata pari a 1/24 di quella massima, ipotizzando che le coperture siano alzate in media per circa 1 ora al giorno. Si tratta di una ipotesi cautelativa perché la frequenza di lavorazione sarà tale solo nella fase iniziale del ciclo produttivo. Complessivamente, anche in questo caso, il fattore di abbattimento finale è pari a 0.86.

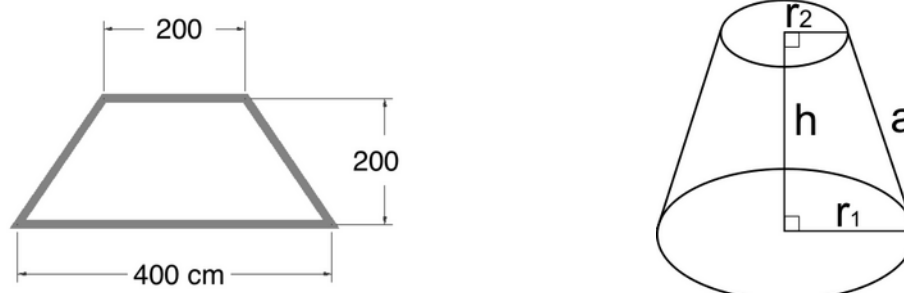


Figura 13: A sinistra, sezione trasversale del cumulo di rifiuti in produzione (andana). A destra, geometria della sorgente emissiva corrispondente al cumulo di prodotto finito.

Infine, l'area di stoccaggio del prodotto finito può ospitare un cumulo a forma di tronco di cono di altezza $h = 4$ m, raggio maggiore e minore $r_1 = 7$ m e $r_2 = 4.5$ m (Figura 13, a destra). La superficie laterale esposta è complessivamente pari a 234 m² senza considerare le paratie di contenimento. È opportuno notare che le dimensioni della sorgente sono tali da contenere tutta la produzione di un intero ciclo di 4 mesi. Secondo i risultati della campagna sperimentale di APAT (2003) è stato scelto un flusso specifico di odore pari a 0.7 OU/m²/s corrispondente ad una misura su un cumulo di prodotto ormai completamente stabilizzato, come è lecito attendersi alla fine del ciclo di 120 giorni. Per questa sorgente emissiva non sono stati considerati gli effetti di eventuali dispositivi di mitigazione degli odori.

Ai fini della simulazione modellistica, le sorgenti di emissione sono state georeferite secondo il layout di progetto (cfr. Figura 14). Per esigenze del modello di dispersione, le emissioni areali sono distribuite sulla griglia di calcolo, in maniera proporzionale alla frazione di area originale intercettata dalla griglia. Nello studio presente la griglia di calcolo è stata opportunamente scelta in modo che tutte le sorgenti areali ricadano nella stessa cella.

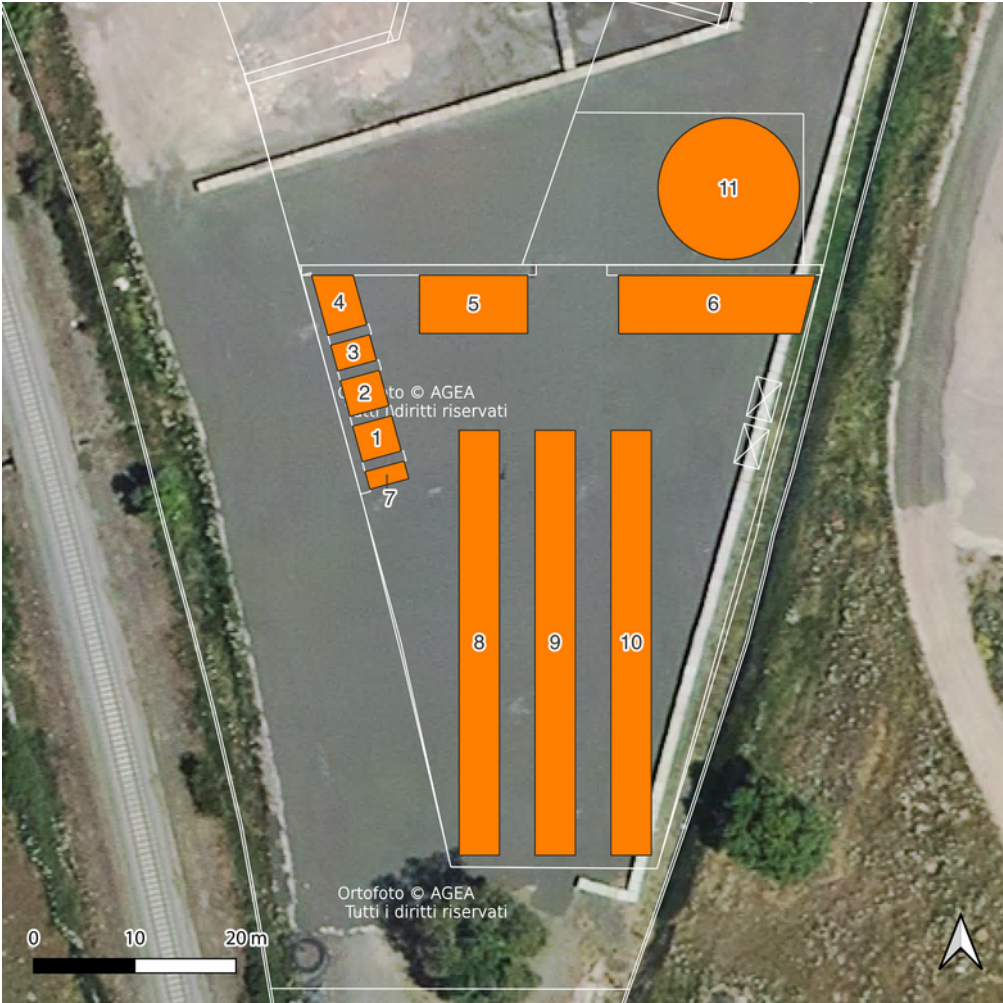


Figura 14: Localizzazione delle sorgenti emmissive considerate nella simulazione di impatto e corrispondente codice identificativo ID (ortofoto portale cartografico Regione Sardegna 2019).

In Tab. 2 sono riportate le undici sorgenti considerate nella simulazione numerica con la quantità di materiale per ciclo di produzione, le caratteristiche geometriche e il flusso specifico di odore. Per tutte le sorgenti di odore la temperatura è stata considerata uguale a quella ambientale, e la velocità di emissione pari a 0 m/s.

Tab. 2: Caratteristiche delle sorgenti odorigene areali passive e fattore di emissione specifico SOER.

ID	Descrizione	Quantità [t]	Altezza media [m]	Superficie emissiva [m ²]	Temperatura effluente	Velocità effluente [m/s]

1	Rifiuti vegetali da coltivazioni agricole (lett. b)	13.3	2.0	37.5	ambiente	0.0
2	Segatura, trucioli, frammenti di legno, di sughero (lett. c)	10.0	2.0	32.5	ambiente	0.0
3	Rifiuti vegetali derivanti da attività agroindustriali (lett. d)	6.7	2.0	20.7	ambiente	0.0
4	Scarti di legno non impregnato (lett. h)	16.7	2.0	51.6	ambiente	0.0
5	Rifiuti di legno cellulosici derivanti dalla manutenzione del verde (lett. l)	98.5	4.0	187.0	ambiente	0.0
6	Rifiuti di legno cellulosici derivanti dalla manutenzione del verde (lett. l)	174.8	4.0	276.2	ambiente	0.0
7	Fanghi di depurazione delle industrie alimentari (lett. m)	10.0	2.0	23.1	ambiente	0.0
8	Compost nella fase iniziale della biossidazione	110.0	2.0	283.8	ambiente	0.0
9	Compost nella fase finale della biossidazione	110.0	2.0	283.8	ambiente	0.0
10	Compost in fase di maturazione	110.0	2.0	283.8	ambiente	0.0
11	Compost di qualità finito	250.0	4.0	234.0	ambiente	0.0

La portata effettiva di odore delle sorgenti diffuse areali di tipo passivo è stata inoltre calcolata stimando l'effetto dovuto alle reali condizioni atmosferiche a cui sono soggette le sorgenti. È stata utilizzata la seguente espressione empirica che esprime la relazione tra l'emissione odorigena prodotta da una sorgente areale passiva e la velocità del vento:

$$OER_S = OER_R * (V_S / V_R)^{0.5}$$

dove:

- OER_S : portata di odore alla velocità dell'aria V_S ricalcolata sulla superficie emittente;
- OER_R : portata di odore alla velocità di riferimento V_R (conosciuta durante il campionamento);
- V_S : velocità dell'aria in prossimità della superficie emissiva;
- V_R : velocità dell'aria nella cappa dinamica durante il campionamento olfattometrico (pari a 0.05 m/s).

La velocità V_S in prossimità della superficie emittente è stata calcolata a partire dalla velocità del vento alla quota di 10 m ricorrendo alla formula del profilo logaritmico della velocità del vento in condizioni neutre:

$$V_S = V_H * (\ln(Z_S/Z_0) / \ln(Z_H/Z_0))$$

dove:

- V_H : velocità del vento alla quota dell'anemometro o alla quota del primo livello verticale del modello meteorologico (scelta pari alla velocità media annua di 4.01 m/s);
- Z_S : quota rispetto al suolo a cui si vuole calcolare V_S (assunta pari alla metà dell'altezza massima dei cumuli);
- Z_H : quota dell'anemometro o del primo livello verticale del modello rispetto al suolo;
- Z_0 : lunghezza di rugosità superficiale (cautelativamente scelta pari a 0.1).

Nella seguente Tab. 3 sono riassunte le portate di odore OER calcolate alla velocità dell'aria V_s in funzione delle tipologie di sorgenti, utilizzate per la simulazione di impatto. Il valore di portata OER_s utilizzato nella simulazione modellistica, risulta più alto rispetto a quello misurato con campionamento dinamico per via dell'aumento della velocità che lambisce le superfici di emissione. In tabella, è inoltre riportato il valore di portata di odore nello scenario realistico con applicazione delle eventuali misure di mitigazione delle emissioni precedentemente descritte.

Tab. 3: Valori di portata di odore OER (OU/s) alla velocità di riferimento del campionamento dinamico (OER_R) e alla velocità effettiva utilizzata nella simulazione di impatto (OER_s), negli scenari senza e con mitigazione.

ID	Descrizione	OER _R [OU/s]	OER _s senza mitigazioni [OU/s]	OER _s con mitigazioni [OU/s]
1	Rifiuti vegetali da coltivazioni agricole (lett. b)	139	736	736
2	Segatura, trucioli, frammenti di legno, di sughero (lett. c)	85	451	451
3	Rifiuti vegetali derivanti da attività agroindustriali (lett. d)	77	406	406
4	Scarti di legno non impregnato (lett. h)	135	716	716
5	Rifiuti di legno cellulosici derivanti dalla manutenzione del verde (lett. l)	724	4586	4586
6	Rifiuti di legno cellulosici derivanti dalla manutenzione del verde (lett. l)	490	3105	3105
7	Fanghi di depurazione delle industrie alimentari (lett. m)	91	479	67
8	Compost nella fase iniziale della bioossidazione	2167	11471	1606
9	Compost nella fase finale della bioossidazione	1931	10219	1431
10	Compost in fase di maturazione	383	2028	1284
11	Compost di qualità finito	153	972	972

In entrambi gli scenari emissivi considerati, ai fini della stima dell'impatto olfattivo, tutte le sorgenti sono state considerate come significative, incluse quelle con portata di odore inferiore alla soglia di 500 OU/s indicata dalle linee guida nazionali.

I cumuli di stoccaggio, le platee di bioossidazione e il cumulo di prodotto finito sono stati considerati sempre colmi al massimo della potenzialità dell'impianto, pertanto nella modellazione non è stata considerata variazione temporale della portata dell'odore.

5 Metodologia di stima e risultati

La stima dell'impatto di odore è stata condotta utilizzando il software **ARIA Impact™** (Aria Technologies, 2015) che integra un modello gaussiano coerente con le raccomandazioni della U.S E.P.A. (Environmental Protection Agency). Le equazioni di base del modello gaussiano sono quelle classiche che descrivono la dispersione rettilinea di un pennacchio in condizioni stazionarie. Tali equazioni, con alcune modifiche, sono usate per trattare diverse tipologie di sorgenti, classificabili in tre categorie principali: sorgenti di tipo puntiforme, sorgenti di tipo areale e sorgenti di tipo lineare.

L'equazione gaussiana di base, relativa ad una sorgente puntiforme con pennacchio stazionario, utilizzata per il calcolo della concentrazione media oraria ad una distanza sottovento x e ad una distanza laterale y , è la seguente:

$$\chi = \frac{QKVD}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2}$$

dove:

χ	concentrazione oraria (massa per unità di volume)
Q	rateo di emissione (massa per unità di tempo)
K	coefficiente per trasformazione le concentrazioni nelle unità di misura desiderate
V	termine di dispersione verticale
D	termine di decadimento
σ_y	deviazione standard della distribuzione laterale delle concentrazioni (m)
σ_z	deviazione standard della distribuzione verticale delle concentrazioni (m)
u_s	velocità del vento media alla quota di rilascio (m/s)

Il termine di dispersione verticale V , include gli effetti dovuti all'altezza fisica del punto di emissione, all'innalzamento del pennacchio (Briggs, 1975), alla quota dei recettori, allo strato di rimescolamento alla deposizione secca, ecc.

La formula necessita quindi in ingresso di 2 variabili fondamentali: la velocità del vento u_s e le deviazioni standard delle concentrazioni σ_y e σ_z . Queste ultime, che esprimono il grado di turbolenza atmosferica, vengono rappresentate mediante la classificazione di Pasquill, in funzione di velocità del vento e radiazione solare.

Dalla formula si può comprendere come, per velocità del vento basse, la concentrazione calcolata assume valori molto alti. Per questo motivo, ARIA Impact include un algoritmo di calcolo specifico per velocità del vento basse, in grado di migliorare il valore calcolato, con un aumento dei tempi macchina di calcolo. In queste condizioni, le concentrazioni al suolo sono calcolate mediante un modello di trasporto e dispersione gaussiano a puff. L'emissione viene suddivisa in un grande numero di puff emessi con un intervallo di alcune decine di secondi. La continuità del pennacchio è conservata tramite un algoritmo che integra le

concentrazioni tra due puff consecutivi. La dimensione di ciascun puff evolve nel tempo in funzione della distanza dalla sorgente e della stabilità atmosferica. La traiettoria del puff è rappresentata dal movimento del baricentro trasportato dal vento. Intorno a questo punto la concentrazione dell'inquinante segue una distribuzione gaussiana (inquinante maggiore al centro e minore ai bordi).

Il modello consente la trattazione di sorgenti di tipo puntuale, lineare, areale e volumetrico con disattivazione del plume rise. Le emissioni areali, associate a poligoni di geometria qualsiasi, vengono distribuite sulle celle della griglia di calcolo in ragione proporzionale alla superficie della sorgente intercettata, pertanto ogni cella emetterà una quantità diversa dell'agente inquinante.

In questo studio, le principali opzioni di lancio individuate come ottimali per condurre le simulazioni mediante il modello ARIA Impact sono:

- Trattazione delle calme di vento: Si
- Trattazione della orografia del terreno: Si
- Uso del suolo: Rurale coltivato
- Plume rise termico: Disattivato
- Plume rise meccanico: Disattivato
- Metodo per le deviazioni standard: Pasquill

Le concentrazioni al suolo sono state calcolate in celle di passo 100 m in orizzontale, ad intervalli temporali di 1 ora (dal 1 gennaio 2018 al 31 dicembre 2018), per considerare le diverse situazioni meteorologiche che si possono presentare nel corso dell'anno. A partire da queste 8760 concentrazioni medie orarie sono stati calcolati gli indicatori statistici richiesti dalla normativa in vigore.

Nel caso dell'impatto olfattivo, atteso che la soglia di rilevabilità di un odore è fissata per definizione alla concentrazione di 1 OU/m³, si è utilizzato l'indicatore di accettabilità (il 98° percentile) individuato dalle linee guida ministeriali emanate sul tema. Per identificare al meglio la presenza di eventuali episodi di disturbo, nel caso dell'odore le concentrazioni medie orarie sono state moltiplicate per un fattore di 2.3, che identifica il cosiddetto *peak-to-mean ratio*, come indicato dalle linee guida. Le mappe di impatto riportano le isolinee a 1, 2, 3, 4 e 5 OU/m³ tenendo conto che:

- 1 OU/m³ : il 50% della popolazione percepisce l'odore;
- 3 OU/m³ : l'85% della popolazione percepisce l'odore;
- 5 OU/m³ : il 95% della popolazione percepisce l'odore.

5.1 **Scenario senza mitigazioni**

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati della simulazione di impatto odorigeno nello scenario in cui non sono stati considerati i dispositivi di abbattimento dell'odore previsti dal progetto, realizzando quindi uno scenario di massimo impatto.

Dal momento che il modello utilizzato consente di separare in immissione il contributo delle singole sorgenti, si è ritenuto opportuno analizzare separatamente il potenziale disturbo arrecato dalle tre principali sezioni dell'impianto: le aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso, le platee per la produzione del compost e l'area di stoccaggio del prodotto finito. In questo modo è stato possibile identificare l'incidenza delle singole sezioni così da valutare l'efficacia delle misure di contenimento e minimizzare il possibile impatto sul territorio.

L'indicatore statistico rappresentativo della molestia olfattiva è il 98° percentile su base annua delle concentrazioni orarie di picco, calcolate a partire dalle concentrazioni medie orarie mediante applicazione del fattore di conversione "peak to mean ratio", convenzionalmente pari a 2.3.

Nella mappa riportata in Figura 14 è mostrata una visione di insieme dell'impatto dell'impianto in cui sono rappresentate le linee di livello pari a 1, 2, 3, 4 e 5 OU/m³. Nella seguente Figura sono mostrate invece le mappe di impatto per le sezioni dell'impianto considerate, ad eccezione di quella del cumulo di prodotto finito in cui il valore massimo è inferiore a 1 OU/m³.

La mappa di impatto totale in questa configurazione impiantistica mostra valori di concentrazione di odore rapidamente decrescenti al di fuori dell'impianto. Seppure lo scenario considerato sia molto conservativo (tutti i cumuli di rifiuti sono considerati costantemente occupati dal materiale corrispondente ad un ciclo produttivo) lo scenario di impatto al di fuori dell'impianto appare non particolarmente critico, essendo i valori previsti dal modello compatibili con il contesto agricolo dell'impianto. L'impatto maggiore ricade nell'area industriale a Nord del comune di Abbasanta con valori compresi tra 1 e 2 OU/m³, mentre i centri abitati non appaiono interessati dal potenziale impatto odorigeno dell'impianto.

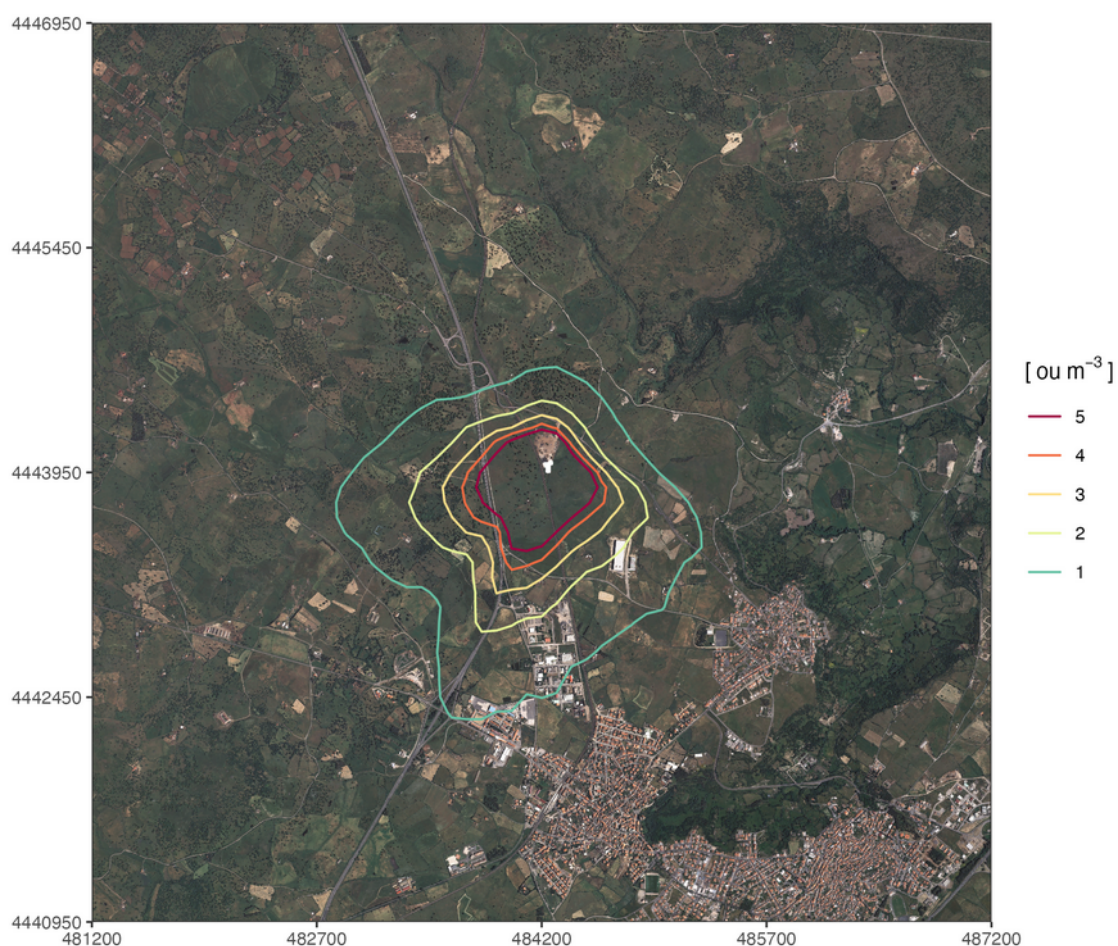


Figura 15: 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di picco nello scenario senza mitigazioni, emissioni totali. In bianco al centro è indicata la posizione dell'impianto di compostaggio (mappa di base, ortofoto PCN 2012).

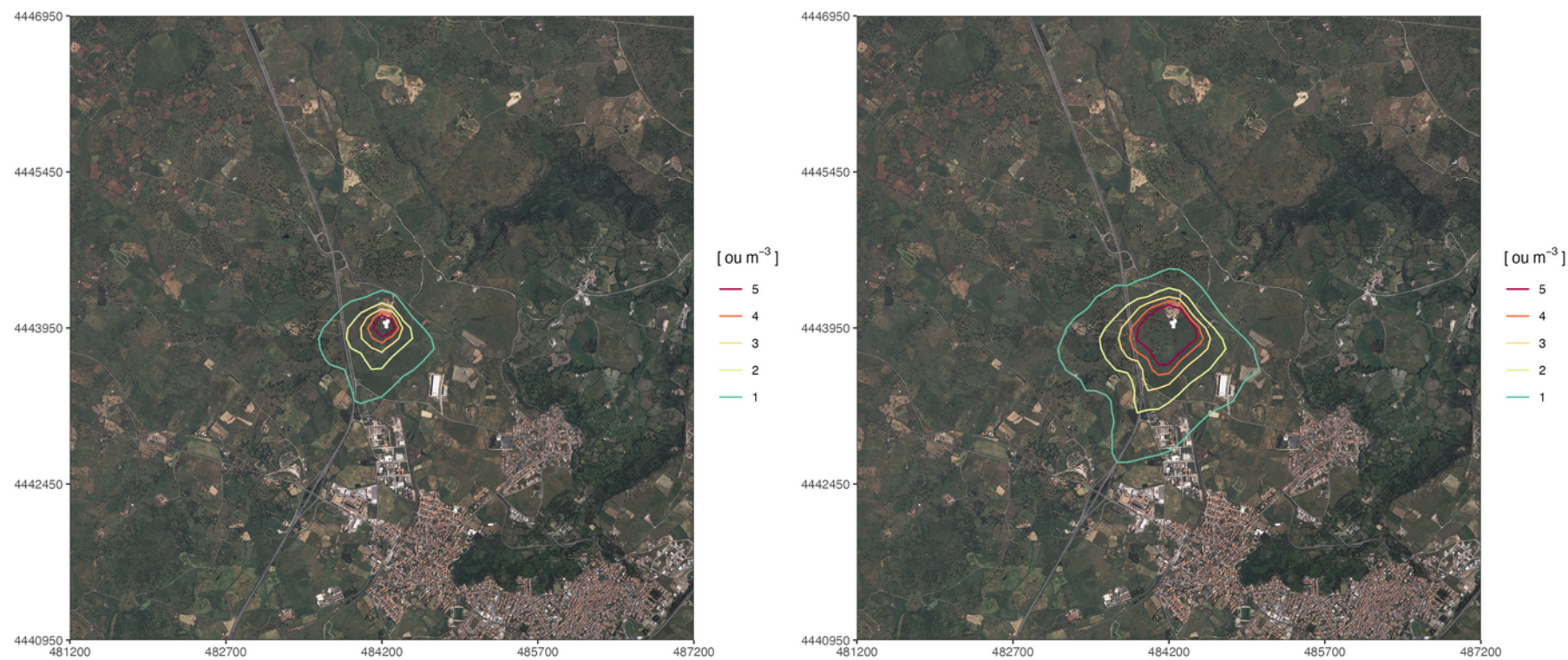


Figura 16: 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di picco nello scenario senza mitigazioni – Contributo delle singole sorgenti, nell'ordine da sinistra: aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso; platee di produzione del compost; lo stoccaggio del prodotto finito non è riportato perché le concentrazioni di picco sono inferiori a 1 OU/m^3 . Ortofoto PCN 2012.

5.2 **Scenario con mitigazioni**

In questo scenario sono stati considerati attivi tutti i dispositivi di mitigazione previsti dal progetto: le tre platee di produzione e i cumuli di rifiuti organici "non verdi" sono protetti da teli mobili in Gore-Tex e l'intero impianto è sottoposto a trattamento con prodotti specifici nebulizzati in aria. Le mitigazioni non sono state considerate attive per 1 ora al giorno così da includere il contributo alle emissioni dovuto alle attività di lavorazione sui rifiuti che comportano il sollevamento dei teli. La corrispondente emissione giornaliera è stata suddivisa nelle 24 ore, non avendo il ciclo di lavorazione orari predeterminati.

In questo scenario sono state cautelativamente mantenute le ipotesi relative ai quantitativi di materiale costantemente conservato nelle aree di produzione e di stoccaggio in entrata e uscita dall'impianto.

La mappa dell'impatto complessivo riportata in Figura mostra una ricaduta piuttosto limitata con un piccolo lobo in direzione Sud Ovest. L'area di soglia di 1 OU/m³ (in cui il 50% della popolazione esposta potrebbe essere disturbata nel 2% delle ore in un anno) lambisce l'area industriale di Abbasanta. Nei centri abitati di Norbello e Abbasanta l'impatto potenziale è trascurabile.

Nella seguente Figura sono riportati separatamente i contributi dei cumuli di rifiuti in ingresso e delle platee di produzione del compost. I valori massimi calcolati dal modello all'interno dell'impianto sono rispettivamente pari a 7.3 e 2.4 OU/m³. L'area di stoccaggio del prodotto finito ha impatto massimo pari a 0.7 OU/m³. In questo scenario, il contributo delle aree di stoccaggio in ingresso risulta prevalente rispetto a quello delle platee di compostaggio in quanto solo parzialmente oggetto di mitigazione. Al contrario, rispetto allo scenario di massimo impatto, il contributo delle tre andane di compostaggio si riduce sensibilmente.

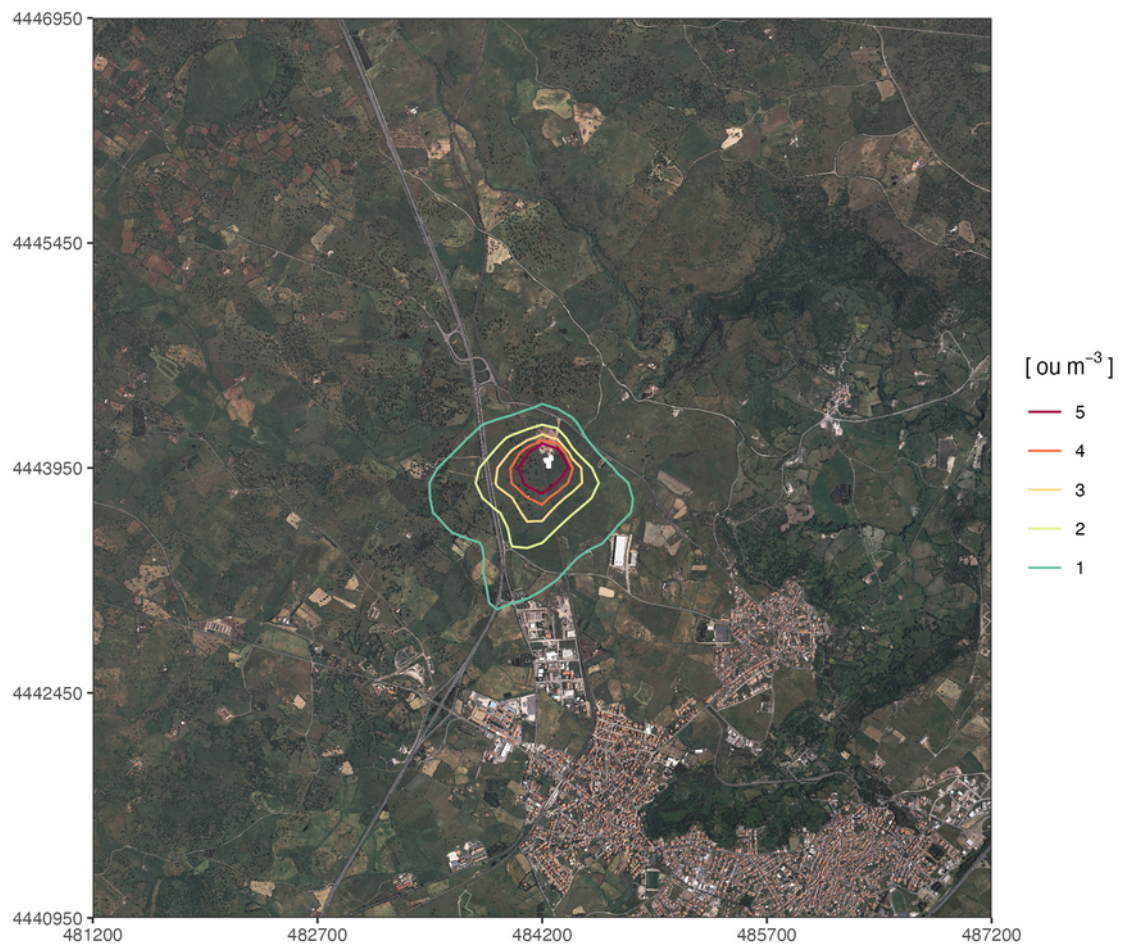


Figura 17: 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di picco nello scenario con mitigazioni, emissioni totali. In bianco al centro è indicata la posizione dell'impianto di compostaggio (mappa di base, ortofoto PCN 2012).

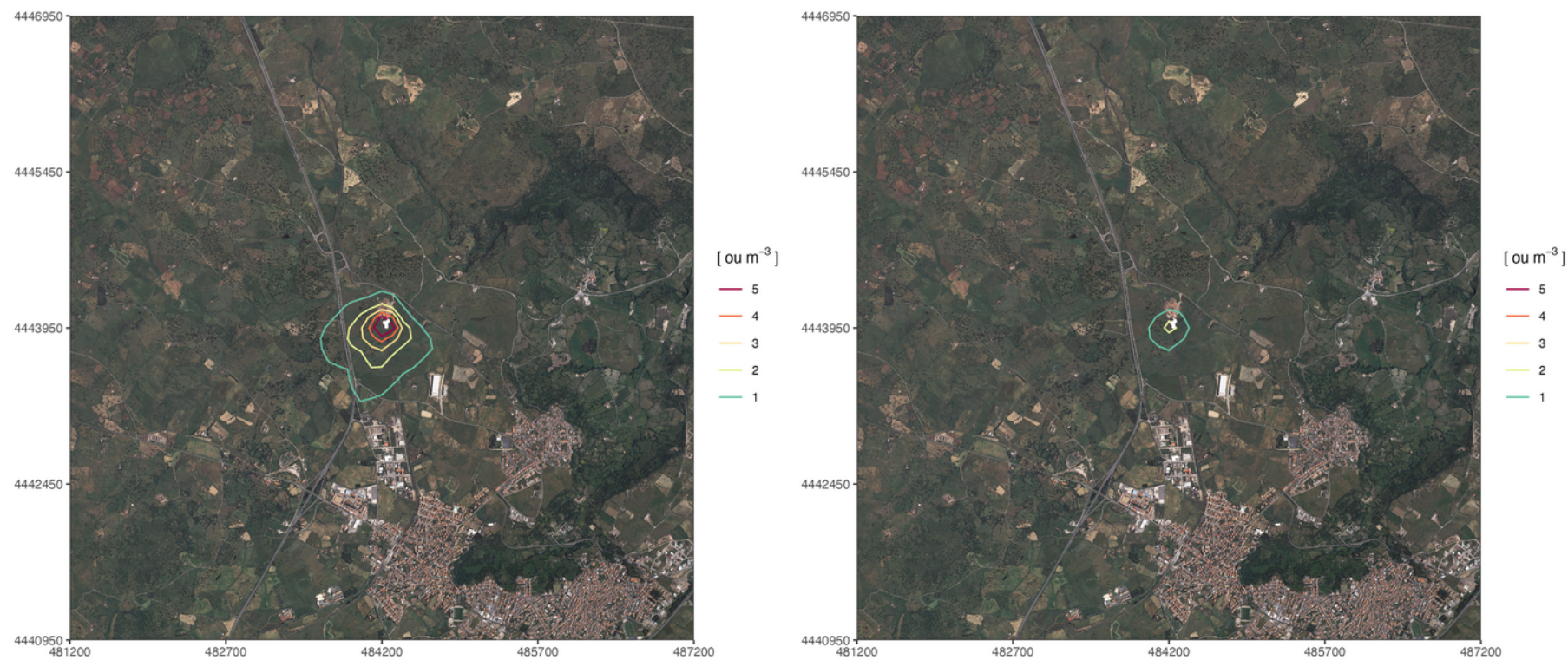


Figura 18: 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di picco nello scenario con mitigazioni – Contributo delle singole sorgenti, nell'ordine da sinistra: aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso; platee di produzione del compost; lo stoccaggio del prodotto finito non è riportato perché le concentrazioni di picco sono inferiori a 1 OU/m³. Ortofoto PCN 2012.

5.3 Valori attesi in corrispondenza dei ricettori sensibili

In prossimità dell'impianto, sono stati individuati alcuni ricettori presso cui valutare puntualmente l'impatto olfattivo dell'impianto. I ricettori, riportati in Tab. 4, sono stati classificati sulla base delle indicazioni riportate negli indirizzi nazionali già citati (classe di sensibilità). Tra di essi vi sono due edifici rurali, tre scuole, un parco e il confine di un'area commerciale/industriale. I ricettori, la cui localizzazione sul territorio è mostrata in Figura 19, si trovano a distanze uguali o superiori a 600 m dall'impianto.

Tab. 4: Elenco dei ricettori considerati, con indicazione della classe di sensibilità suggerita negli indirizzi ministeriali.

ID	Descrizione	Tipologia	Classe di sensibilità	Coord. X UTM32 [m]	Coord. Y UTM32 [m]	Distanza [m]
R1	Edificio rurale 1	Area a prevalente destinazione d'uso agricola	IV	484511	4443393	600
R2	Edificio rurale 2	Area a prevalente destinazione d'uso agricola	V	483989	4444558	640
R3	Scuola materna (Domusnovas)	Edificio a destinazione d'uso collettivo	I	486087	4444343	1860
R4	Parco comunale	Spazio aperto in centro abitato a destinazione d'uso non continuativo	III	485280	4442887	1497
R5	Scuola elementare (Norbello)	Edificio a destinazione d'uso collettivo	I	485910	4442877	1990
R6	Area industriale (Abbasanta)	Area a prevalente destinazione d'uso industriale	IV	484064	4443140	843
R7	Scuola elementare (Abbasanta)	Edificio a destinazione d'uso collettivo	I	484547	4441835	2150

I valori di impatto sono espressi come il 98° percentile su base annuale delle concentrazioni medie orarie di picco (rappresentati nelle Figure e) e sono stati estratti in corrispondenza dei ricettori sensibili individuati. I risultati sono riportati nella seguente Tab. 5 insieme ai valori di accettabilità indicati negli indirizzi nazionali.

Come già osservato per le mappe di ricaduta, le concentrazioni di odore decadono rapidamente con la distanza dall'impianto. Già nello scenario più cautelativo che non considera alcuna mitigazione, i valori di impatto sono inferiori alla soglia di accettabilità in corrispondenza di tutti i ricettori scelti. In particolare, nei centri abitati di Norbello e Abbasanta le concentrazioni di picco sono inferiori al valore unitario.

Il valore di concentrazione più alto, pari a 2.8 OU/m³, è stato calcolato presso il ricettore R6, collocato al limite più prossimo dell'area industriale a Nord del Comune di Abbasanta. Considerando i dispositivi di mitigazione proposti in fase di progetto, il valore presso il ricettore R6 si riduce a 1.2 OU/m³.

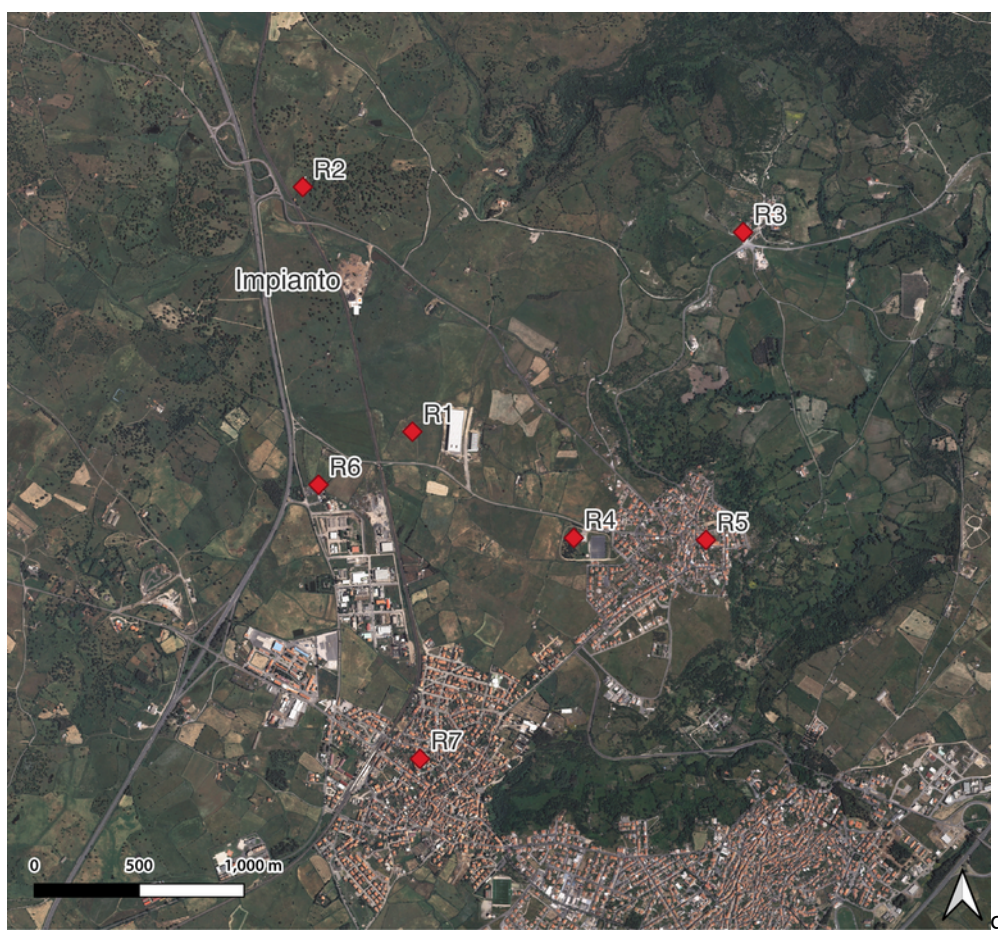


Figura 19: Localizzazione dei ricettori considerati nell'analisi puntuale (ortofoto PCN 2012).

Tab. 5: Valori del 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di picco presso i ricettori considerati.

ID	Descrizione	Classe di sensibilità	Valore di accettabilità [OU/m ³]	Valore di impatto SENZA MITIGAZIONI [OU/m ³]	Valore di impatto CON MITIGAZIONI [OU/m ³]
R1	Edificio rurale 1	IV	4	2.4	1.0
R2	Edificio rurale 2	V	5	1.0	0.4
R3	Scuola materna (Domusnovas)	I	1	0.1	0.0
R4	Parco comunale	III	3	0.7	0.3
R5	Scuola elementare (Norbello)	I	1	0.4	0.2
R6	Area industriale (Abbasanta)	IV	4	2.8	1.2
R7	Scuola elementare (Abbasanta)	I	1	0.4	0.2

6 Conclusioni

In questo rapporto è stata presentata una stima previsionale dell'impatto odorigeno determinato dalle attività connesse ad un nuovo impianto di produzione di compost di qualità elevata mediante trattamento di rifiuti organici selezionati, nel comune di Norbello (OR).

Sulla base dei dati reperiti nel progetto presentato e in studi su casi confrontabili pubblicati in letteratura, sono state stimate le emissioni odorigene associate alle diverse sezioni dell'impianto. Questa metodologia ha consentito di valutare le soluzioni progettuali per la mitigazione del potenziale disturbo ai ricettori più vicini. Sono stati analizzati uno scenario di massimo impatto e uno scenario più realistico che include le soluzioni tecniche proposte per abbattere l'emissione delle sostanze odorigene.

Oltre che nella scelta conservativa dei fattori di emissione, gli scenari sono stati definiti in maniera cautelativa ipotizzando:

- l'occupazione costante di tutte le 3 sezioni dell'impianto (aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso, platee di bioossidazione e stabilizzazione del compost, area di stoccaggio del prodotto finito) con un quantitativo pari ad un ciclo di produzione di quattro mesi per ciascuna sezione;
- la forma dei cumuli non tiene conto di paratie laterali aumentando l'estensione della superficie esposta al flusso naturale d'aria.

Anche sotto queste ipotesi cautelative, nello scenario realistico in corrispondenza dei ricettori residenziali individuati in prossimità dell'impianto, i valori dell'indicatore definito per la stima dell'impatto olfattivo (il 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di picco) è inferiore o uguale a 0.3 OU/m³, mentre nelle aree ad uso industriale e commerciale più prossime i valori sono inferiori a 1.2 OU/m³.

La valutazione previsionale indica che, per via delle dimensioni e della quantità di rifiuti trattate, l'impianto ha potenzialmente un impatto odorigeno limitato. Inoltre le soluzioni di mitigazione proposte consentono di ridurre ulteriormente il rischio di potenziale disturbo alla popolazione.

7 Bibliografia

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (2003), "Metodi di misura delle emissioni olfattive. Quadro normativo e campagna di misura".

ARIA Technologies (2013), "ARIA Impact - General design and user's manual", Rapporto ARIA 2013.070.

Briggs, G. A. (1975): "Plume rise prediction. Lectures on air pollution and environmental impact analyses", American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 59-111.

Carlino, G. (2023) simulariatools 2.5.1 (v2.5.1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4058108>.

Kaspar, F., Niermann, D., Borsche, M., Fiedler, S., Keller, J., Potthast, R., Rösch, T., Spangehl, T., and Tinz, B. (2020): "Regional atmospheric reanalysis activities at Deutscher Wetterdienst: review of evaluation results and application examples with a focus on renewable energy", Adv. Sci. Res., 17, 115–128, <https://doi.org/10.5194/asr-17-115-2020>.