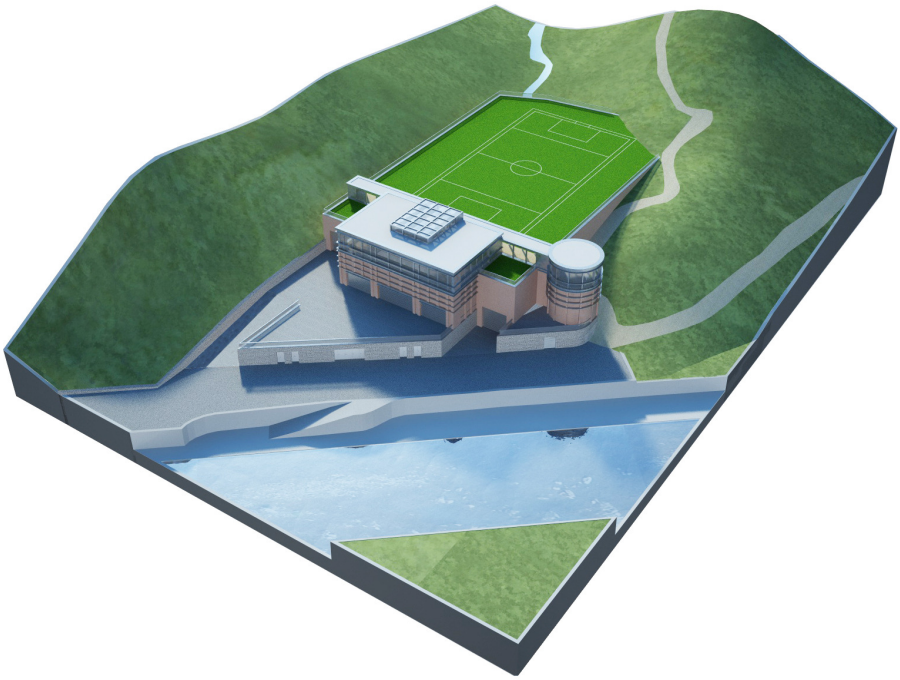
A.T.O. PROVINCIA DI GENOVA

PROGETTO PRELIMINARE
Comune di Rapallo
Opere di completamento del depuratore acque reflue
RELAZIONE DI SCREENING

Allegato 4
Valutazione Predittiva d'Impatto sulla Qualità dell'Aria



Coordinamento del progetto per Mediterranea delle Acque s.p.a.:
Ing. Gianluca Fontana

Data emissione: Luglio 2011

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA SIGE S.r.l.

Amministrazione, uffici e laboratori:
Via Castel Morrone, 15 H - 16161 Genova (Loc. Trasta)
Tel.: 010 / 7406583 (6 linee) – Fax: 010 / 7406584
E-mail: segreteria@sige.ge.it
Sito web: http://www.sige.ge.it
Sede LeRapallo: Via XX Settembre, 12/6 - 16121 Genova

C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: it 02687740106
Capitale Sociale interamente versato €90.000.00

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Genova lì, 06 luglio 2011

N rif.

REGIONE LIGURIA

Comune di Rapallo

Provincia di Genova

Richiedente
Mediterranea delle Acque S.p.A.
Gruppo IREN

PROGETTO PRELIMINARE

OPERE DI COMPLETAMENTO DEL DEPURATORE ACQUE REFLUE DEL COMUNE DI RAPALLO

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

Allegato

Valutazione predittiva d'impatto sulla qualità dell'aria

Indice

1 Introduzione 3

2 Descrizione Generale 4

3 Valutazione 6

3.1 Il modello di simulazione: SCREEN 3.0 6

3.1.1 Introduzione 6

3.1.2 Descrizione 7

3.2 Inquadramento meteoclimatico 9

3.3 Risultati delle simulazioni 11

3.3.1 Dati di emissione 12

3.3.2 Risultati 15

4 Conclusioni 21

Bibliografia 22

APPENDICE 1 – Modello Di Pennacchio Gaussiano 24

Funzioni σ di Briggs (urban σ-functions) 25

APPENDICE 2 – Gli Odori 27

1 INTRODUZIONE

La società Mediterranea delle Acque S.p.A. (Gruppo IREN) intende ampliare l'impianto di depurazione acque al servizio delle comunità di Rapallo e di parte del Comune di Zoagli.

L'impianto sarà caratterizzato dall'emissione in atmosfera dell'aria estratta dall'interno del nuovo impianto. L'emissione contiene, sia pure in piccola parte, sostanze odorose che possono rendere l'emissione potenzialmente fastidiosa per la popolazione anche se non dannosa alla salute umana.

Per le caratteristiche complessive del progetto, esso è sottoposto a procedura di *Screening* Ambientale secondo quanto previsto dalla normativa regionale.

Questo documento riporta la valutazione previsionale d'impatto in atmosfera di una sostanza odorosa "campione" rappresentante di tutte le sostanze odorose contenute nell'emissione dell'impianto in progetto.

Lo studio è stato realizzato utilizzando il programma di simulazione numerica *Screening Air Dispersion Model* (SCREEN3) edito dall'agenzia statunitense per la protezione dell'Ambiente U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

Il programma è utilizzato attraverso l'interfaccia per Windows® Screen View™ per messa a punto dalla società canadese Lakes Environmental Software.

SCREEN3 è un modello di dispersione in atmosfera del tipo a "pennacchio gaussiano" (si veda l'Appendice 1). Il programma fornisce il valore massimo della concentrazione al suolo per sorgenti puntuali, areali o volumetriche.

2 DESCRIZIONE GENERALE

Il nuovo comparto sorgerà nelle immediate vicinanze dell'attuale impianto di pretrattamento e scarico a mare, confinante con aree demaniali oggi sede della linea ferroviaria Genova-Pisa.

La struttura di contenimento dell'impianto sarà localizzata parzialmente in scavo e sarà altresì interessata interamente da una copertura terrosa destinata a verde. La struttura è quindi chiusa da un portale che permetterà all'impianto di funzionare in condizioni di leggera depressione.

Nel nuovo insediamento troveranno spazio, tra gli altri, **gli impianti di deodorizzazione**.

L'impianto di deodorizzazione – del tipo "*scrubbing* a secco" – è completamente installato al coperto ed è dotato di un potente impianto di aspirazione fumane e di deodorizzazione a zeoliti.

L'impianto ha una portata di circa 72.000 m^3/h, e l'espulsione dell'aria deodorizzata avviene mediante una tubazione di espulsione con diametro 1400 mm.

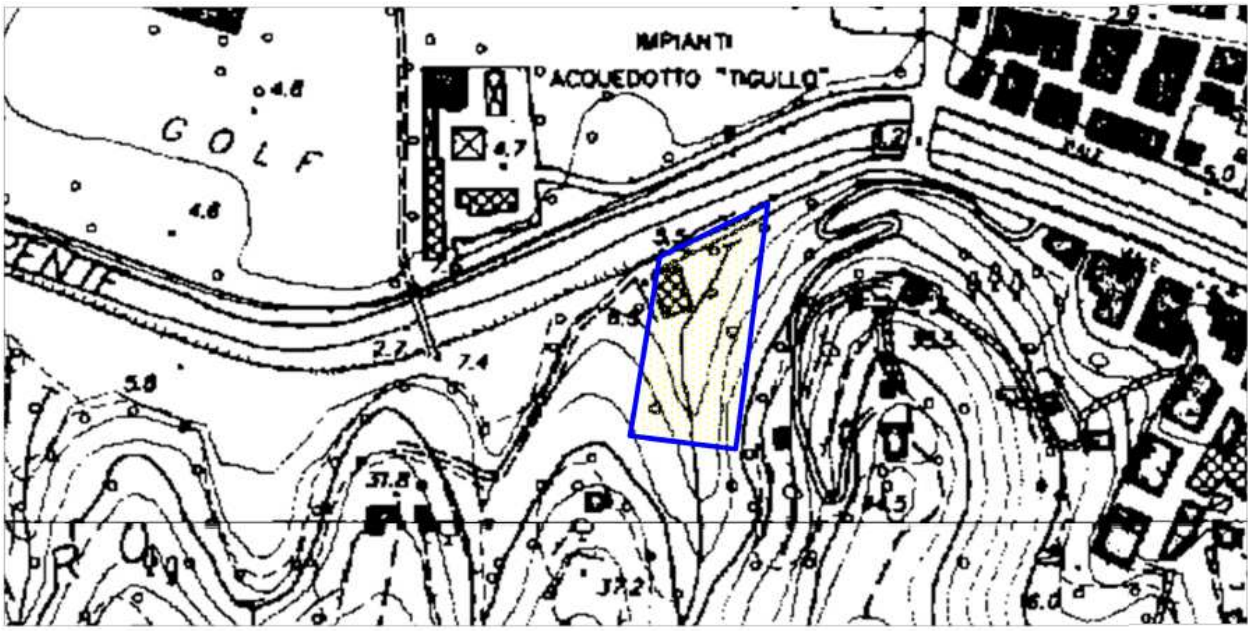


Figura 1 – Corografia con impronta di massima del nuovo impianto.

La Figura 1 illustra la posizione dell'impianto nel contesto urbano di Rapallo.

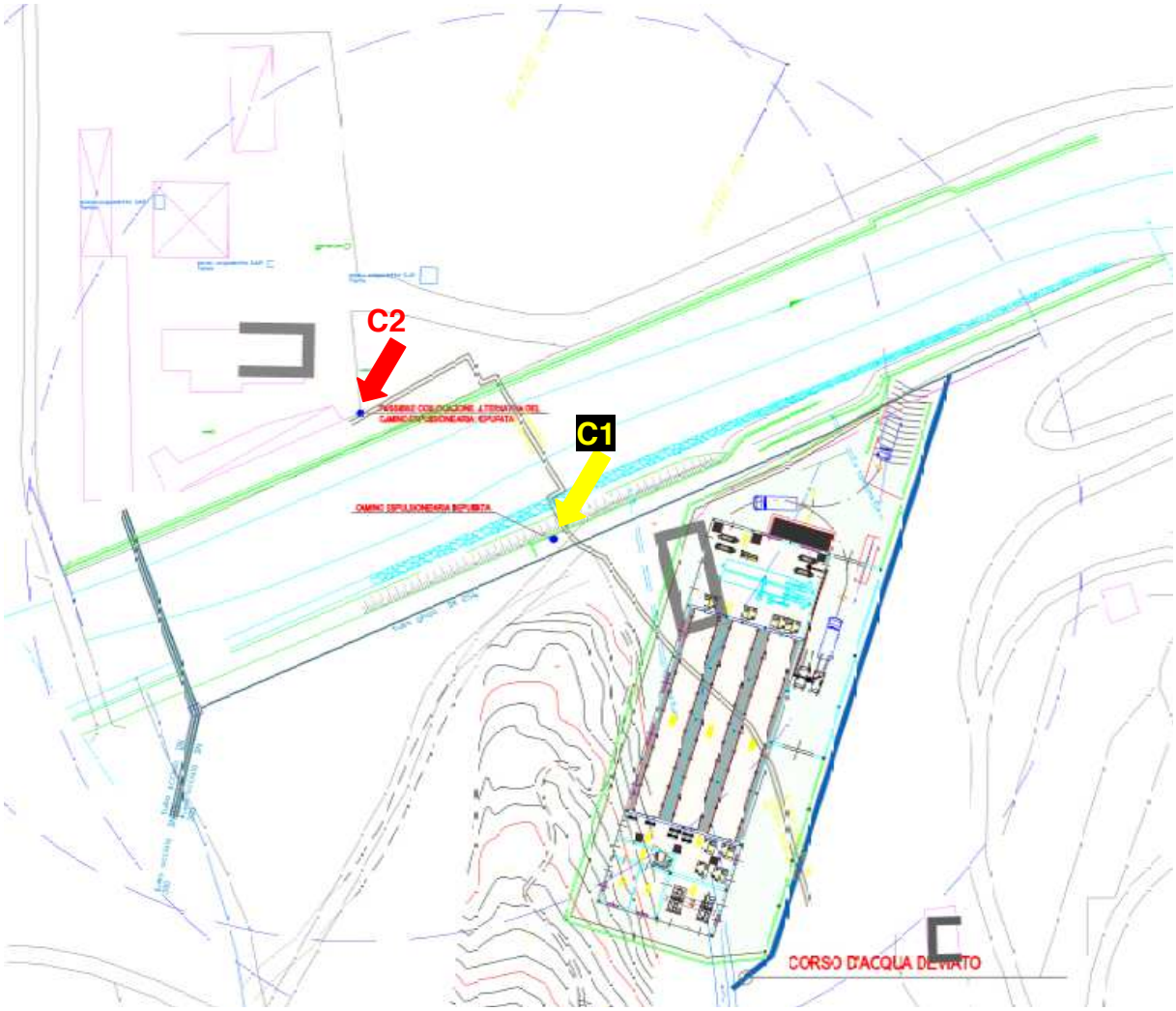


Figura 2 – Corpo dell'impianto di depurazione in galleria, del camino (posizione principale in giallo e possibile posizione alternativa in rosso)

La figura precedente, tratta dal disegno S.F. n.014 (marzo 2011), illustra l'inserimento dell'impianto sul rilievo topografico e l'ubicazione del camino di espulsione dell'aria tecnica depurata.

L'area di interesse ricade all'interno della carta n. 231 030 degli squadri 1:10.000 della Cartografia Tecnica Regionale acquisita presso i Servizi Informatici Territoriali e Ambientali Regionali della Regione Liguria.

Per i dettagli si rimanda al Progetto Preliminare.

3 VALUTAZIONE

La valutazione utilizzando SCREEN3 si è articolata nelle seguenti attività:

1. inquadramento territoriale,
2. inquadramento meteoclimatico,
3. definizione dei dati di emissione,
4. individuazione dei limiti applicabili,
5. definizione dello stato attuale,
6. simulazioni.

3.1 Il modello di simulazione: SCREEN 3.0

3.1.1 Introduzione

SCREEN3 è un modello di simulazione numerica, a livello di *screening*, proposto dall'agenzia statunitense per la protezione dell'ambiente (EPA, *Environmental Protection Agency*). Il modello si avvale dell'interfaccia utente Screen View™.

Si utilizza questo modello per due ragioni:

1. le portate in massa dell'impianto sono molto limitate,
2. i dati meteorologici dell'area di riferimento che si possono reperire sono limitati al vento ed alla temperatura dell'aria; in particolare non sono disponibili dati locali sulla copertura del cielo, sulla classe di stabilità e sulla quota dell'inversione (Hmix).

La mancanza di un completo corredo di dati meteorologici, a carattere climatologico, non permette il ricorso a modelli di simulazione più complessi (Safe_Air, AUSTAL2000, …).

Il modello SCREEN3 può essere usato per stimare le concentrazioni nel caso peggiore livello del suolo per una singola fonte, nonché le concentrazioni nella zona di cavità, e le concentrazioni a causa di inversione *break-up* e fumigazione litoranea. SCREEN3 è la versione di *screening* del più noto modello ISC3 e permette di valutare

la necessità di realizzare più approfondite e complesse simulazioni che richiedono dati meteoclimatici più strutturati e complessi di quelli necessari a SCREEN3.

3.1.2 Descrizione

Il modello di dispersione in atmosfera SCREEN è stato sviluppato per fornire un rapido metodo per la stima delle concentrazioni. Queste stime sono basate sui contenuti del documento "*Screening Procedures for Estimating The Air Quality Impact of Stationary Sources*" (EPA 1995). SCREEN3, versione 3.0 del programma originario SCREEN, è un programma monosorgente in grado di eseguire simulazioni orarie, o a breve termine (*short-term*), utilizzando le modalità di calcolo previste dalle procedure di screening dell'EPA.

Le principali caratteristiche di SCREEN3 sono le seguenti:

- stima delle concentrazioni massime al suolo e della distanza dalla sorgente;
- considerazione di una vasta gamma di condizioni meteorologiche, tra cui tutte le classi di stabilità e velocità del vento;
- calcolo delle concentrazioni nelle zone di ricircolo (sottovento);
- calcolo della concentrazione dovuta alla fumigazione presso le aree litoranee;
- calcolo delle concentrazioni per inversione (*break-up*);
- valutazione degli effetti dovuti all'elevazione del terreno sulle concentrazioni massime;
- inclusione degli effetti di dispersione dovuta al galleggiamento del pennacchio;
- calcolo della massima concentrazione in corrispondenza di un numero qualsiasi di distanze specificate dall'utente;
- calcolo degli effetti di riflessioni multiple del pennacchio contro lo strato di inversione;
- calcolo delle concentrazioni in condizioni di limitata miscelazione;
- inclusione degli effetti di:
    - *building downwash* nel calcolo del massimo delle concentrazioni sia nella

regione vicina della scia sia nella parte lontana della scia;

- fumigazione[1] (o *fumigation*, nella letteratura amglossassone) che si innesca in prossimità dell'interfaccia terra-mare.

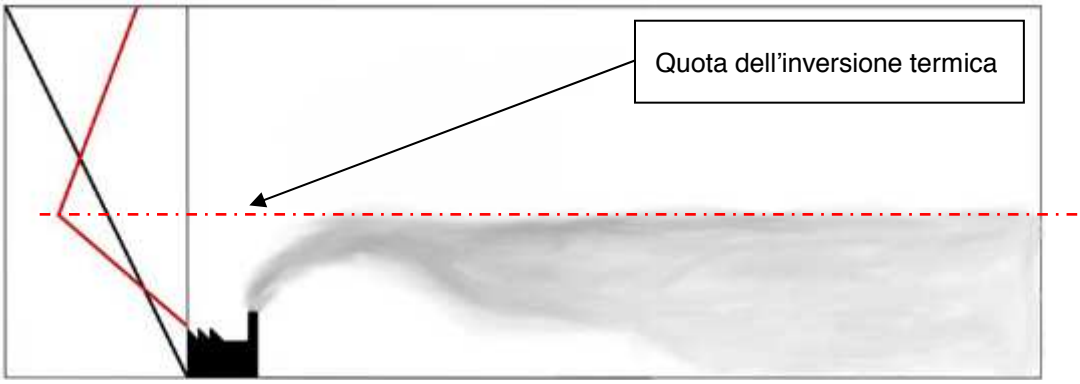


Figura 3 – Illustrazione schematica del fenomeno della "fumigazione".

Nonostante che SCREEN3 sia un modello a singola-sorgente, può essere utilizzato, in determinate situazioni (si veda il documento "*Screening Procedures for Estimating The Air Quality Impact of Stationary Sources*"), per l'impatto del modello da più sorgenti. In particolare, ciò è possibile per le sorgenti che emettono lo stesso inquinante da più camini, con caratteristiche geometriche simili e che sono nel giro di circa 100 metri l'uno dall'altro.

Il Documento "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria" [5] fornisce utili indicazioni per la scelta del modello di dispersione atmosferica da utilizzare in relazione al tipo di scenario che si intende affrontare.

[1] Il fenomeno della fumigazione (nella letteratura di settore si utilizza spesso l'espressione anglossassone **fumigation)** rappresenta la condizione dispersiva in cui la quota dell'inversione termica si trova al di sopra dell'emissione. Questa situazione sfavorisce la dispersione in quota e al di sotto della quota dell'inversione termica si trova uno strato di *instabilità* che favorisce una dispersione a terra.

3.2 Inquadramento meteoclimatico

Uno studio che riguarda la dispersione di un inquinante in atmosfera non può prescindere dal un inquadramento meteoclimatico dell'area di interesse.

Tale inquadramento si basa sui dati di uno studio [8] fatto realizzare a suo tempo dalla Regione Liguria. Lo studio citato suddivide la Liguria in otto aree omogenee dal punto di vista climatico e per ciascuna della quali fornisce una serie di dati meteoclimatici. Le tabelle seguenti riassumono i dati meteoclimatici tratti dal documento citato che si riferiscono alla zona climatica "Liguria di Levante" che fa specifico riferimento alla Riviera di Levante.

classe di stabilità	A	B	C	D	E	F+G	Totale
Frequenza	30	80	60	479	95	256	1000
%	3.0%	8.0%	6.0%	47.9%	9.5%	25.6%	
Temperatura minima	18	18	15	12	4	2	℃
Temperatura massima	21	20	18	14	6	4	℃

Tabella 1 – Frequenze annuali delle classi di stabilità per l'area climatica di interesse e temperature medie [8].

La tabella seguente riporta la climatologia anemologica

Intensità Direzione	< 0,5 m/s	(1,0÷2,0) m/s	(2.5÷3.5) m/s	(4,0÷6,0) m/s	(6,5÷11,5) m/s	>12,0 m/s	
N	3.167%	1.000%	2.483%	1.250%	0.183%	0.000%	**8.1%**
NE	3.167%	0.333%	1.500%	1.333%	0.417%	0.033%	**6.8%**
E	3.167%	0.100%	0.300%	0.017%	0.017%	0.000%	**3.6%**
SE	3.167%	2.233%	4.683%	1.283%	0.283%	0.017%	**11.7%**
S	3.167%	6.450%	11.700%	1.900%	0.117%	0.017%	**23.4%**
SW	3.167%	3.300%	4.517%	0.983%	0.150%	0.000%	**12.1%**
W	3.167%	1.567%	1.483%	0.233%	0.000%	0.000%	**6.5%**
NW	3.167%	6.350%	15.850%	2.550%	0.033%	0.000%	**28.0%**
	25.3%	**21.3%**	**42.5%**	**9.6%**	**1.2%**	**0.1%**	**100%**

Tabella 2 – Anemologia [8].

Il grafico delle figure seguenti illustrano i dati numerici della Tabella 2.

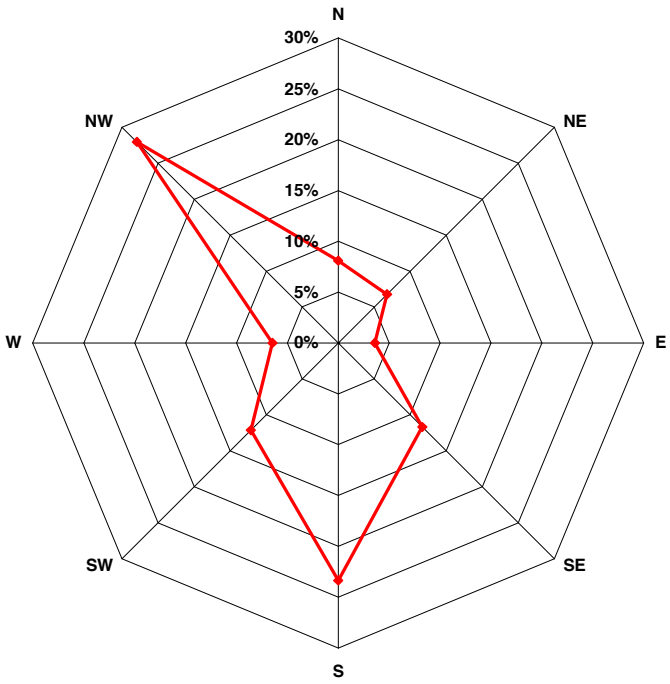


Figura 4 - Rosa dei venti.

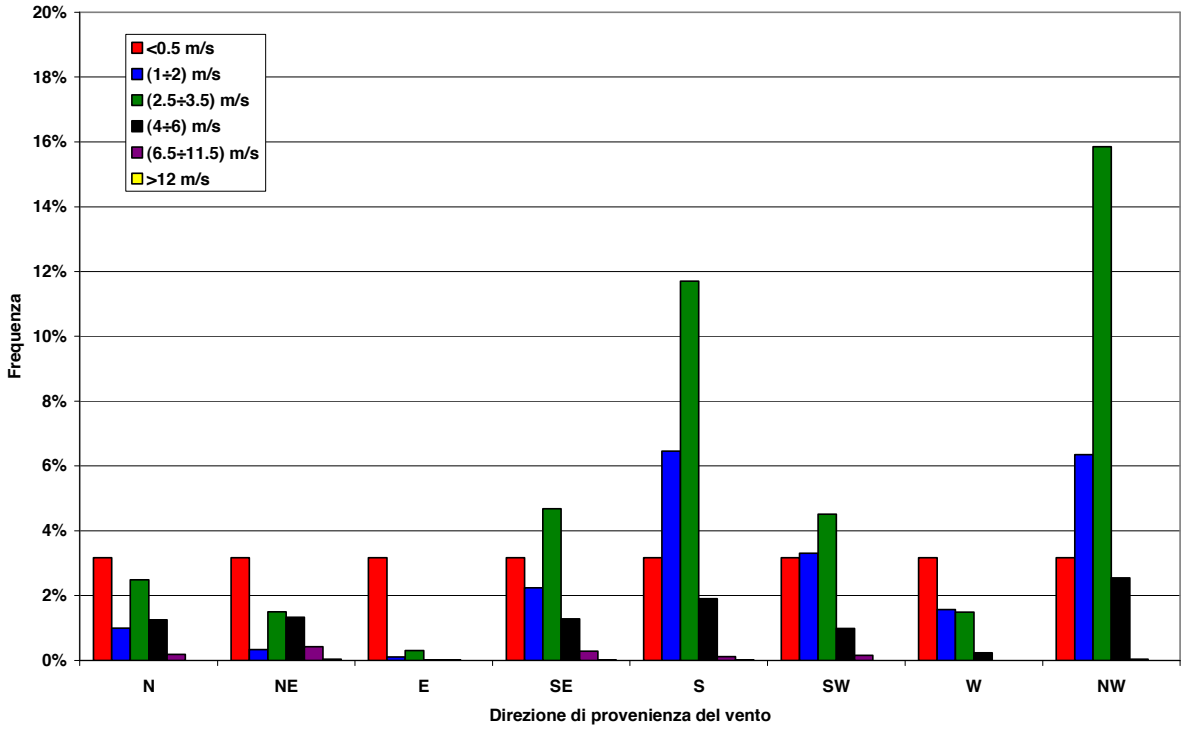


Figura 5 – Intensità del vento in funzione della direzione di provenienza.

I grafici delle figure precedenti illustrano che i venti prevalenti spirano dai quadranti meridionali e dal quadrante di Nord-Ovest. Il vento di NO (Maestrale) spinge le emissioni verso sud, quindi verso il mare; i venti dai quadranti meridionali – Scirocco

(S-SE) e Libeccio (SW) – spirano verso terra e sono potenzialmente sfavorevoli all'impatto delle emissioni del Progetto.

La tabella seguente riassume schematicamente lo stato dell'atmosfera in funzione delle condizioni del vento e di insolazione, secondo la descrizione di Pasquill.

	Condizioni diurne Insolazione			Condizioni notturne Copertura nuvolosa	
vento (m/s)	Forte	Media	Debole	Nuvoloso (> 4/8)	Sereno (< 4/8)
< 2	A	A ÷ B	B	--	--
2 ÷ 3	A ÷ B	B	C	E	F
3 ÷ 4	B	B ÷ C	C	D	E
4 ÷ 6	C	C ÷ D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Tabella 3 – Definizione delle classi di stabilità atmosferica secondo Pasquill.

SCREEN3 considera un'anemologia completa per classe di stabilità secondo lo schema della figura seguente tratto dal manuale d'utilizzo del programma.

Pasquill-Gifford Stability Class	10-Meter Wind Speed (m/s)												
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	8.0	10.0	15.0	20.0
A	√	√	√	√	√								
B	√	√	√	√	√	√	√	√	√				
C	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		
D	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
E	√	√	√	√	√	√	√	√	√				
F	√	√	√	√	√	√	√						

Figura 6 – Anemologia per classe di stabilità. (da Manuale Utente di SCREEN3).

La tabella della figura precedente mostra che nella modalità "climatologica" (Full Meteorology) il programma simula 54 situazioni "tipiche".

Le tabelle riportano i dati climatici che hanno permesso di individuare le condizioni meteorologiche più sfavorevoli per lo scopo dello studio.

3.3 Risultati delle simulazioni

Le simulazioni sono state condotte considerando per ciascuna classe di stabilità atmosferica una temperatura di riferimento (Tabella 1). Ciascuna classe di stabilità

atmosferica è caratterizzata da specifici regimi di vento (Tabella 3) che SCREEN3 considera come schematizzato nella Figura 6.

I risultati delle simulazioni sono valori massimi di concentrazione al suolo – i recettori sono stati posti a 1,5 m s.l.s. – in funzione della distanza dalla base del camino, indipendentemente dalla direzione del vento che non rientra nella legge gaussiana di dispersione in atmosfera (Appendice 1).

3.3.1 Dati di emissione

I dati che descrivono la geometria dell'emissione, tratti dal Progetto, sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Parametro	Valore
Altezza del camino (ipotesi progettuali)	
h15	15 m
h20	20 m
h25	25 m
Diametro equivalente	1,4 m
Temperatura dell'emissione	15 °C
Portata volumetrica	72.000 m^3/h

Tabella 4 – Dati geometrici di progetto

Sono state prese in considerazioni entrambe le posizioni – la principale (C1) e l'alternativa (C2) – del camino.

Considerato il sistema di abbattimento degli odori e considerando i dati di impianti analoghi, è stata ipotizzata una portata in massa di "sostanza odorosa" di circa 0.001 g/s nelle unità utilizzate da SCREEN3, quindi 3.6 g/h. Si tratta di un valore in linea con le emissioni di impianti di depurazione analoghi.

Le sostanze odorigene che si trovano nell'emissione di un tipico impianto di depurazione possono essere più di una ed in quantità variabili. In genere, gli odori emessi dai depuratori sono dovuti ad una miscela di gas contenenti principalmente ammoniaca, ammine, idrogeno solforato e mercaptani (quali, per esempio, indolo e scatolo).

Per poter valutare i risultati delle simulazioni si considerano i valori "soglia" dell'acido solfidrico (H_2S) sicuramente presente all'interno di un impianto di deputazione. I valori "soglia" tratti dalla letteratura [7] per l'acido solfidrico sono presentati nella seguente tabella

Concentrazione Soglia	in ppm	in mg/m^3	in μg/m^3
soglia olfattiva bassa	**0,0005**	**0,0007**	**0,70**
soglia olfattiva alta	0,0092	0,0140	14,00
soglia di riconoscimento	0,0047	0,0071	7,14

Tabella 5 – Soglie olfattive di riferimento per l'acido solfidrico.

I risultati delle simulazioni sono confrontati il valore cautelativo rappresentato dalla "soglia olfattiva bassa".

Si consideri, comunque che la concentrazione al suolo simulata con l'approccio "gaussiano" è lineare rispetto alla portata in massa (Appendice 1).

Ciò permette di "scalare" i risultati delle simulazioni della stessa percentuale di massa inquinante considerata rispetto alla portata campione considerata nelle simulazioni. In termini più espliciti, se le sostanze odorose sono il 50% della portata in massa considerata allora i valori simulati si possono ridurre anch'essi del 50%.

Sarà un obiettivo dei progettisti minimizzare per l'emissione la portata in massa della frazione odorigena.

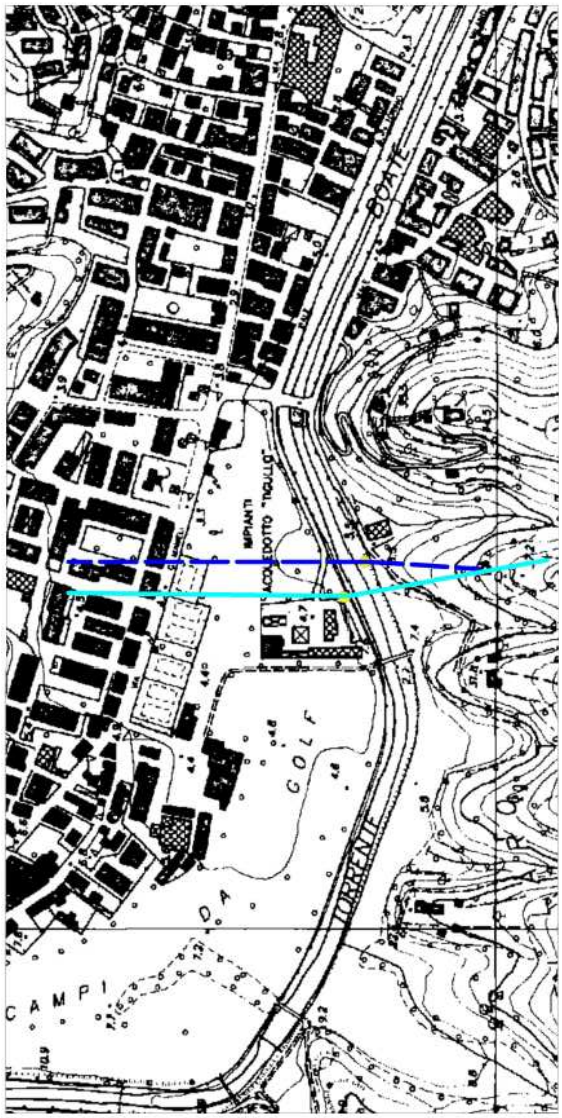


Figura 7 – Direttrici delle simulazioni.

Le Simulazioni sono state realizzate secondo la modalità "*Full Meteorology (All Stability Classes and Wind Speeds*)" prevista da SCREEN3. Ogni rappresentazione grafica si riferisce al complesso delle situazioni meteorologiche previste dando così ai risultati valenza "climatologica".

La direzione del vento non è considerata esplicitamente intendendo che i risultati sono riferibili a qualunque direzione del vento dato che questa grandezza è ininfluente rispetto alla legge gaussiana di dispersione. Si ricorda che i grafici nelle pagine seguenti devono essere interpretati come "valori massimi" per ciascuna delle 54 situazioni meteorologiche tipiche che rappresentano la modalità "Full Meteorology" di SCREEN.

I risultati delle simulazioni sono espressi in microgrammi al metro cubo ($\mu g/m^3$).

I grafici riportano la soglia di olfattiva bassa dell' H_2S per facilitare l'interpretazione dei risultati.

3.3.2 Risultati

SCREEN3 permette differenti modalità di utilizzo che fanno riferimento a più aspetti critici delle simulazioni: la meteoclimatologia, la tipologia del terreno, la posizione del sito rispetto al mare.

Si è già anticipato che, dal punto di vista merteoclimatico, le simulazioni sono state eseguite nella modalità "climatologica" (*Full Meteorology - All Stability Classes and Wind Speeds*) che comprende 54 situazione meteorologiche "tipiche".

Per tener conto della tipologia del terreno Le simulazioni sono state realizzate, nelle due differenti modalità di utilizzo permesse da SCREEN 3.0:

- nella modalità "*Simple terrain*" indicata per le situazioni ad orografia semplice;
- nella modalità "*Complex terrain*" indicata per le situazioni ad orografia complessa.

3.3.2.1 Simulazioni lungo la direzione nord

Verso nord la situazione orografica è piuttosto semplice non presentando particolarità orografiche. In questo caso SCREEN3 è stato utilizzato nella modalità "*Simple terrain*" fornendo i risultati rappresentati nei grafici seguenti.

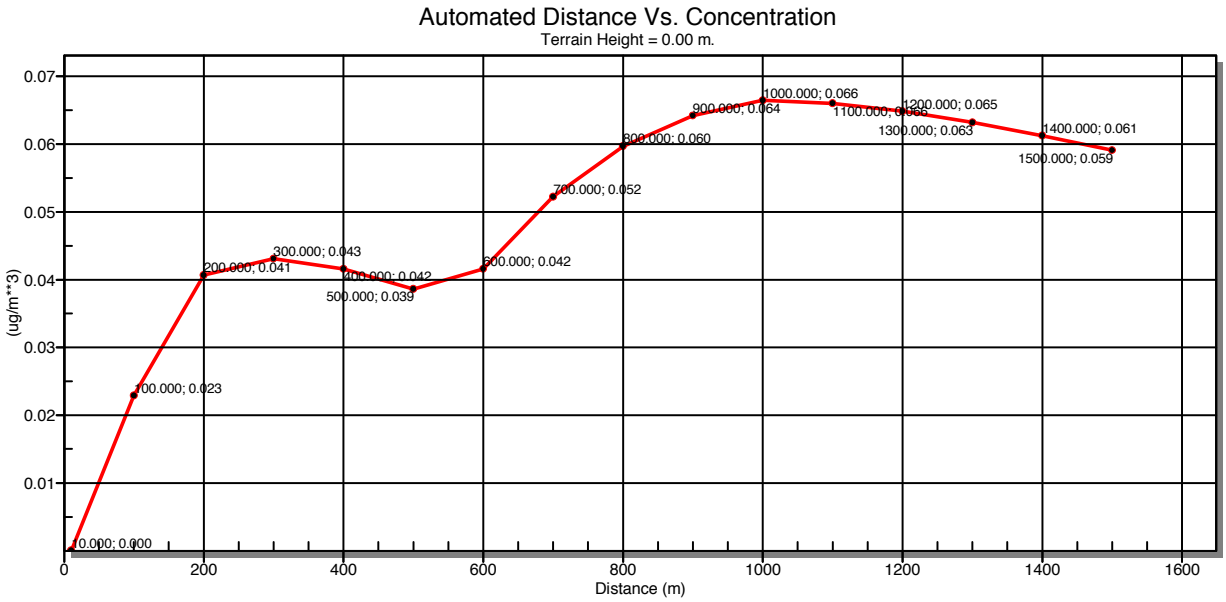


Figura 8 – Simulazione C1_h15.

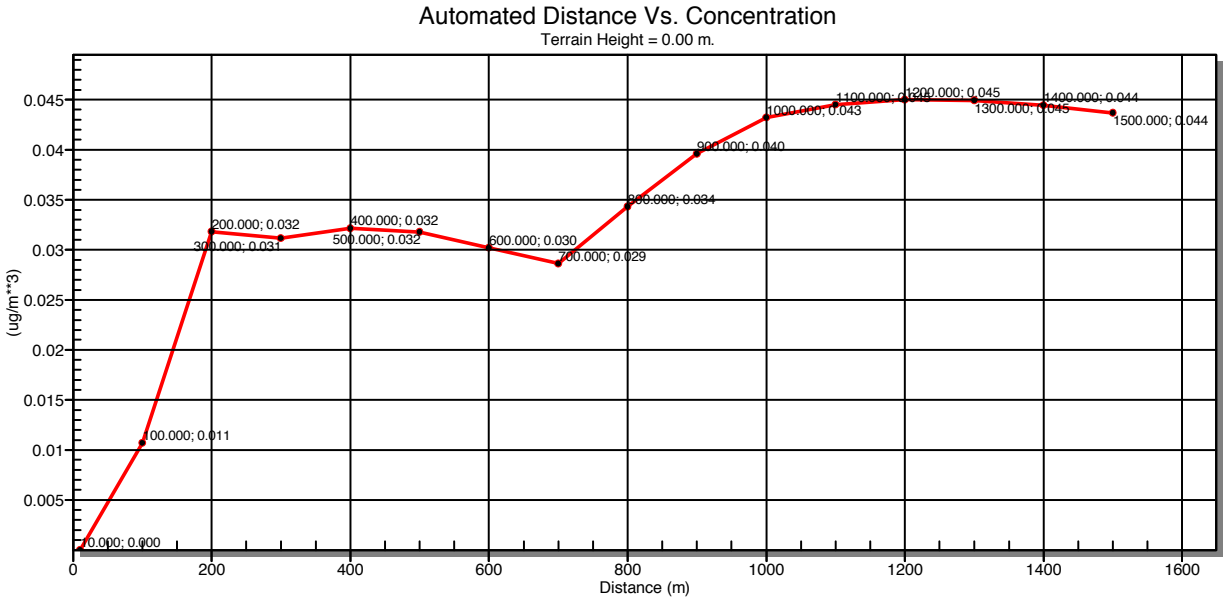


Figura 9 – Simulazione C1_h20.

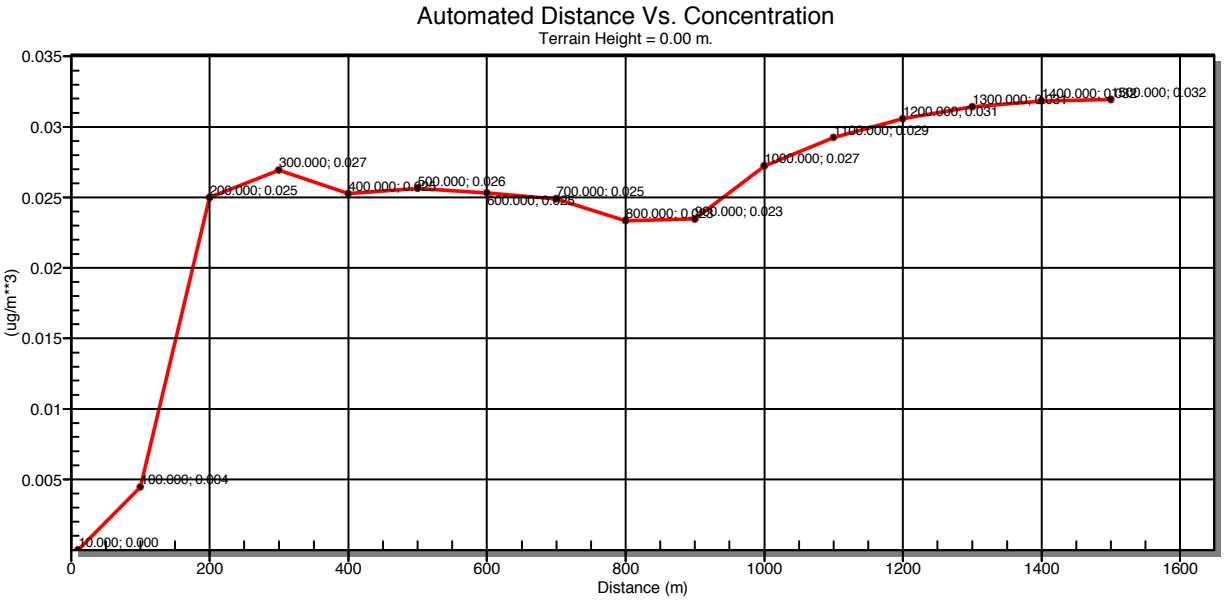


Figura 10 – Simulazione C1_h25.

Tutti i risultati sono molto inferiori al valore (0.7 μg/m^3) assunto come riferimento di valutazione.

La prossimità di C1 a C2 – la distanza tra di due camini è circa 30 m - e l'orografia sostanzialmente "piatta" nella direzione nord permette di estendere al camino C2 i risultati simulati per il camino C1.

3.3.2.2 Simulazioni lungo la direzione sud

A sud del camino l'orografia è complessa per la presenza di rilievi che sorgono in una posizione di relativa vicinanza al camino. Su questi rilievi collinari, per altro, la presenza di insediamenti residenziali è limitata a pochi casi.

Le simulazioni hanno tenuto conto, quindi, dell'orografia del sito: per le simulazione "verso sud" SCREEN3 è stato utilizzato nella modalità "*complex terrain*".

Le simulazioni sono state riferite alla sia alla posizione principale (C1) del camino sia, a titolo di confronto, con la posizione alternativa (C2).

I grafici che illustrano i valori simulati riportano i risultati delle simulazioni in funzione della distanza dalla base della sorgente emissiva. Inoltre è disegnata la cosiddetta "soglia di olfattiva bassa" dell'H_2S per facilitare la valutazione dei risultati.

La figura seguente illustra il "profilo orografico" considerato per la realizzazione delle simulazioni in modalità "*Complex terrain*" per camino C1.

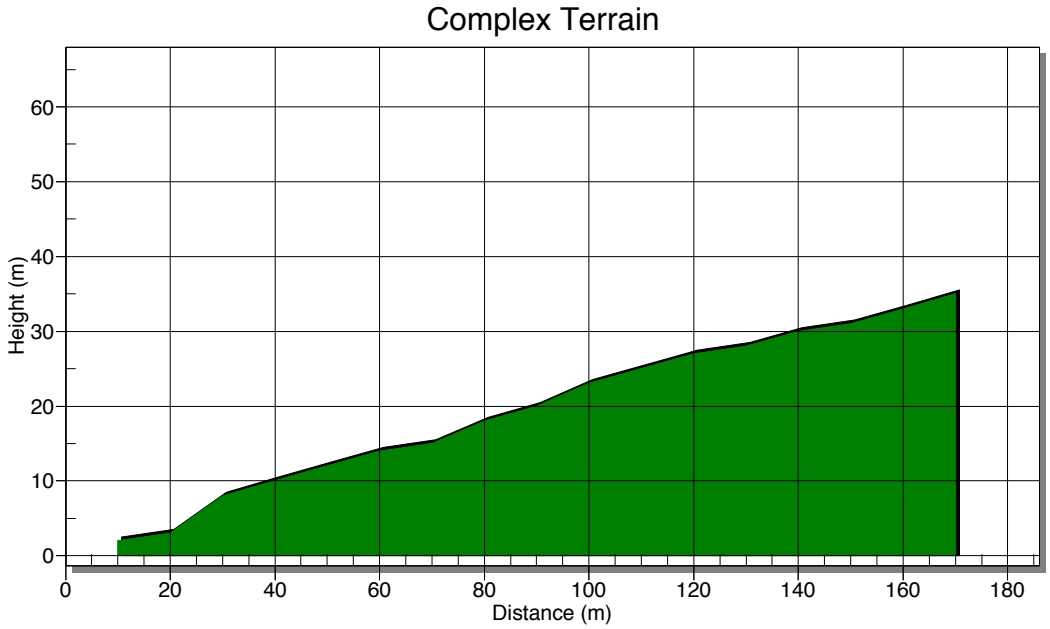


Figura 11 – Caso C1 - Profilo orografico nella direzione sud. Il livello di "0" è a quota +07.00 sul livello del mare.

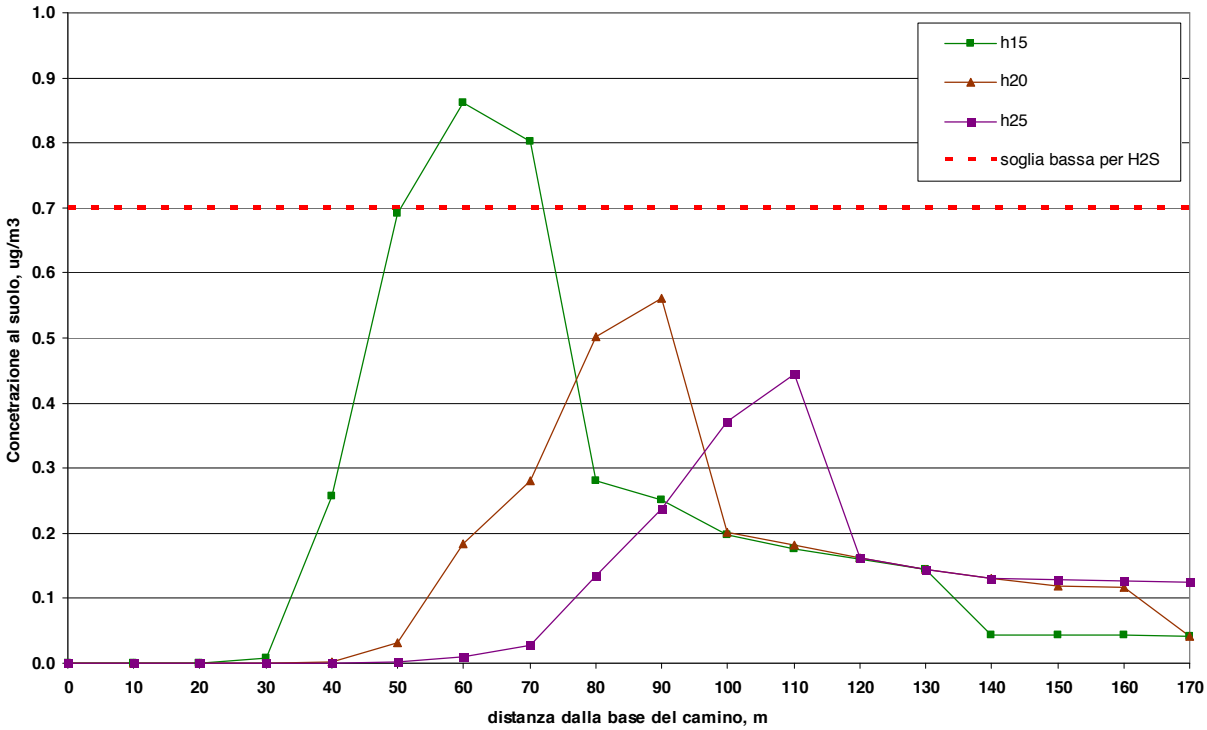


Figura 12 – Risultati delle simulazioni riferite all'ipotesi di camino in C1.

La figura seguente illustra il "profilo orografico" considerato per la realizzazione delle simulazioni in modalità "*Complex terrain*" per camino C1.

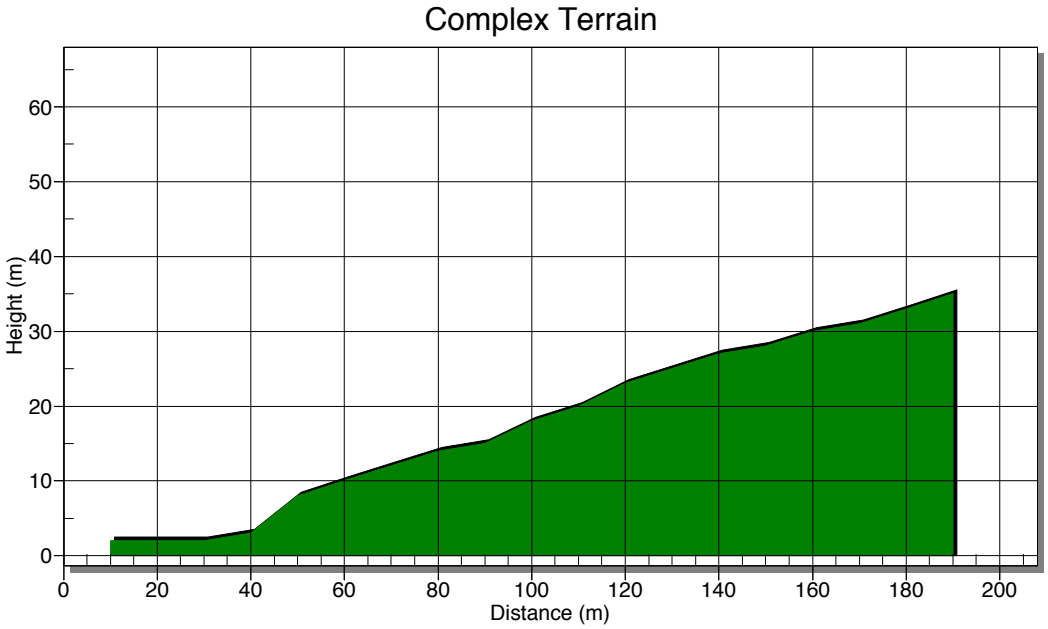


Figura 13 – Caso C2 - Profilo orografico nella direzione sud. Il livello di "0" è a quota +07.00 sul livello del mare.

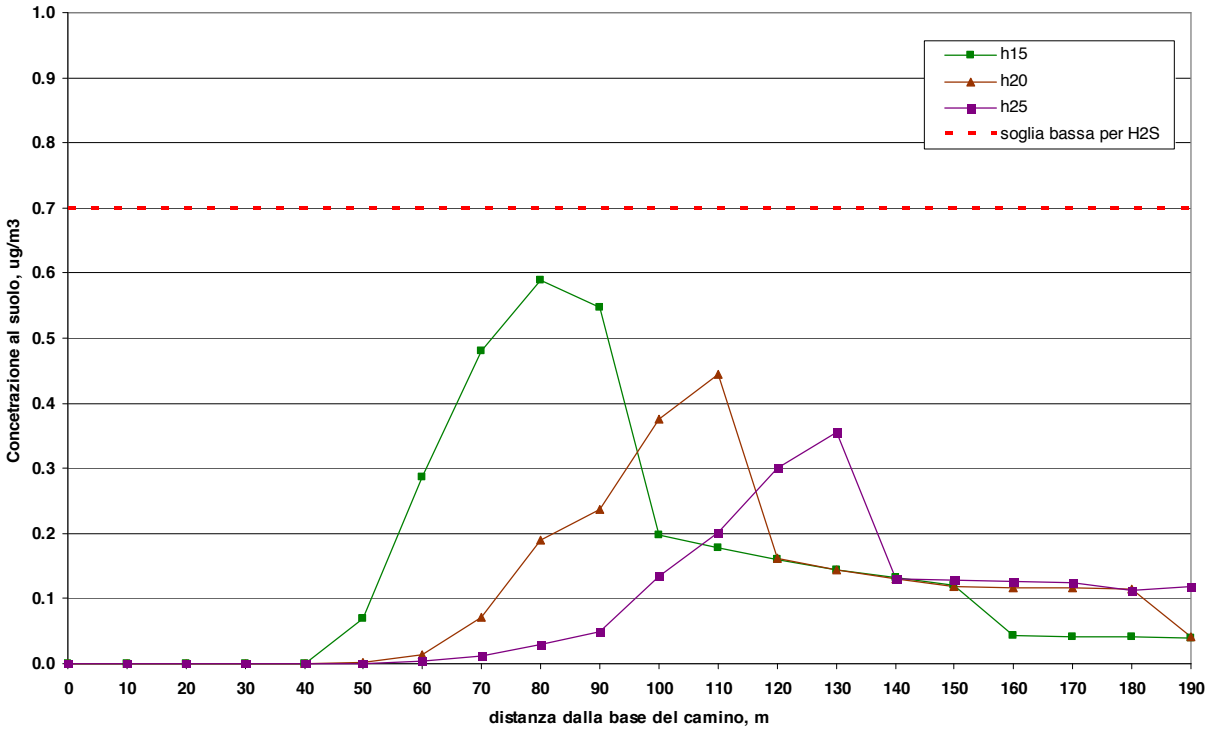


Figura 14 – Risultati delle simulazioni riferite all'ipotesi di camino in C2.

I risultati delle simulazioni indicano che la posizione in C2 è preferibile a quella in C1 perché allontanando la sorgente dei rilievi permette una maggiore diluizione degli effluvi riducendone l'impatto.

Per quanto attiene la quota dell'emissione (altezza del camino) le simulazioni indicano che è opportuno favorire il rilascio a una quota maggiore per facilitare i processi diffusivi, dispersione e diluizione.

Va comunque ricordato che i risultati simulati sono i "massimi" che si possono avere in corrispondenza delle diverse condizioni meteorologiche.

4 CONCLUSIONI

Lo studio predittivo condotto a livello di *screening* utilizzando il noto programma SCREEN3 dell'agenzia statunitense per l'ambiente EPA, ha evidenziato che le ricadute al suolo della sostanza "odorigena" campione si mantiene al di sotto della "soglia olfattiva bassa" dell'acido solfidrico, valore soglia scelto come riferimento per valutare i risultati ottenuti.

Le simulazioni presentate sono una parte di quelle effettivamente realizzate: esse si riferiscono ad una portata in massa di circa 3.6 g/h. Sarà un obiettivo dei progettisti garantire che la portata in massa dell'emissione sia non superiore a questo valore per la frazione odorigena dell'emissione.

I risultati delle simulazioni necessitano delle seguenti considerazioni e precisazioni:

1. i risultati riportati vanno riferiti alle percentuali di occorrenza dei regimi anemologici riferiti alla direzione di provenienza del vento; quindi le situazioni potenzialmente critiche si limitano alle percentuali di occorrenza del vento nelle direzione indicata;
2. la sostanza inquinante è una sostanza odorosa la cui percezione è definita per via statistica: anche se la "soglia olfattiva bassa" non è superata, non può essere escluso che soggetti particolarmente sensibili possano percepirne anche occasionalmente la presenza.
3. per valutare i risultati delle simulazione è stata scelta cautelativamente il valore cautelativamente più basso che si riferisce al 10% della popolazione e non ritiene conto dell'effetto competitivo di altre sostanze odorigene eventualmente presenti nell'aria.

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA SIGE S.r.l.

Dott. Alfonso Pavone



BIBLIOGRAFIA

[1] AA.VV., CTR vettoriale 3D (scala 1:5000) in formato DXF – Tavole 228 041, 228 042, 228 043 e 228 044, Servizi Informatici Territoriali e Ambientali Regionali della Regione Liguria

[2] Briggs G. A., 1973, *Diffusion Estimation for Small Emission*, ATDL Contribution File N.79, Atmospheric Tubolence and Diffusion Laboratory.

[3] Brode, R.W., 1991. A Comparison of SCREEN Model Dispersion Estimates with Estimates From a Refined Dispersion Model. Seventh Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology with A&WMA., 93-96.

[4] Hanna S.R., Briggs G.A., Hosker R.P., 1982. *Handbook on atmosferic diffusion*, DOE/TIC-11223, Department of Energy, Washington DC (USA).

[5] Lollobrigida F., Brusasca G., Clemente M., Deserti M., Desiato F., Lena F., Tinarelli G., Zanini G., 2001, *Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione amtosferica per la valutazione della qualità dell'aria*, RTI CTN_ACE 4/2001, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente – Dip. Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informatici – Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni, Roma.

[6] Petrarca S., Spinelli F., Cogliani E., Mancini M., 1999, Profilo climatico dell'Italia – Volume 1: Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, ENEA, Roma.

[7] Ruth J.H., 1986. Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances, American Industrial Hygiene Association.

[8] S. Farruggia, A. Conte, O. Frumento, M. Galluzzi, C. Ratto, Studio sulle informazioni meteoclimatiche esistenti in relazione al territorio ligure, finalizzato agli studi relativi al trasporto ed alla diffusione degli inquinnati atmosferici, Rapporto tecnico, Contratto di Ricerca Regione Liguria/CAP Gemini Sysgen, Genova, Novembre 1992.

[9] Schulman, L. L. and Scire, J.S., 1993. Building Downwash Screening Modeling for the Downwind Recirculation Cavity. Air and Waste., August, 1122-1127.

[10] Turner, D. B., 1964. *A Diffusion Model for an Urban Area*. Journal of Applied Meteorology, 3, 83-91.

[11] Turner, D.B., 1970. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*. Revised, Sixth printing, Jan. 1973. Office of Air Programs Publication No. AP-26.

[12] U.S. Environmental Protection Agency, 1977. *Guidelines for Air Quality Maintenance Planning and Analysis*, Volume 10 (Revised): Procedures for Evaluating Air Quality Impact of New Stationary Sources. EPA-450/4-77-001 (OAQPS Number 1.2-029R), Research Triangle Park, NC.

[13] U.S. Environmental Protection Agency, 1987a. *Guideline On Air Quality Models* (Revised) and Supplement A. EPA-450/2-78-027R. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.

[14] U.S. Environmental Protection Agency, 1987b. *Analysis and Evaluation of Statistical Coastal Fumigation Models*. EPA-450/4-87-002. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.

[15] U.S. Environmental Protection Agency, 1995 Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, Revised, EPA-454/R-92-019. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC 27711.

[16] U.S. Environmental Protection Agency, 1995. SCREEN3 Model User's Guide, EPA-454/B-95-004. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC 27711.

[17] U.S. Environmental Protection Agency, 1995b. Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Model User's Guide. EPA-454/B-95-003b. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC 27711.

[18] U.S. Environmental Protection Agency, 1995c. Guideline On Air Quality Models (Revised), EPA-450/2-78-027R. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC 27711.

APPENDICE 1 – MODELLO DI PENNACCHIO GAUSSIANO

Questa appendice tende a raccogliere e ordinare gli algoritmi utilizzati per la realizzazione dello studio. Le relazioni riportate sono tratte da uno dei testi fondamentali per affrontare il tipo di problemi proposti, si tratta dell'Handbook on Atmospheric Diffusion [12] edito dall'EPA (*Environment Protection Agency*), l'Agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente.

Se si considera un sistema di riferimento la cui origine coincide con la base della sorgente, l'asse *z* è coincidente con lo sviluppo del camino, l'asse *x* coincide con la direzione di propagazione del vento e *y* è la direzione trasversale all'asse di propagazione del pennacchi, allora la concentrazione C è data dalla formula seguente:

$$C(\vec{r}) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_h \sigma_z} \exp\left[-\frac{y_r^2}{2\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h - z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] \qquad \text{(Eq. 1)}$$

dove:

- *C* è la concentrazione di inquinante nel punto recettore (x_r, y_r, z_r)
- *Q* [mg/s] è la portata in massa dell'effluente inquinante,
- σ_h e σ_z sono le deviazioni standard della distribuzione *C* nella direzione orizzontale (piano *xy*) e verticale (piano *xz*),

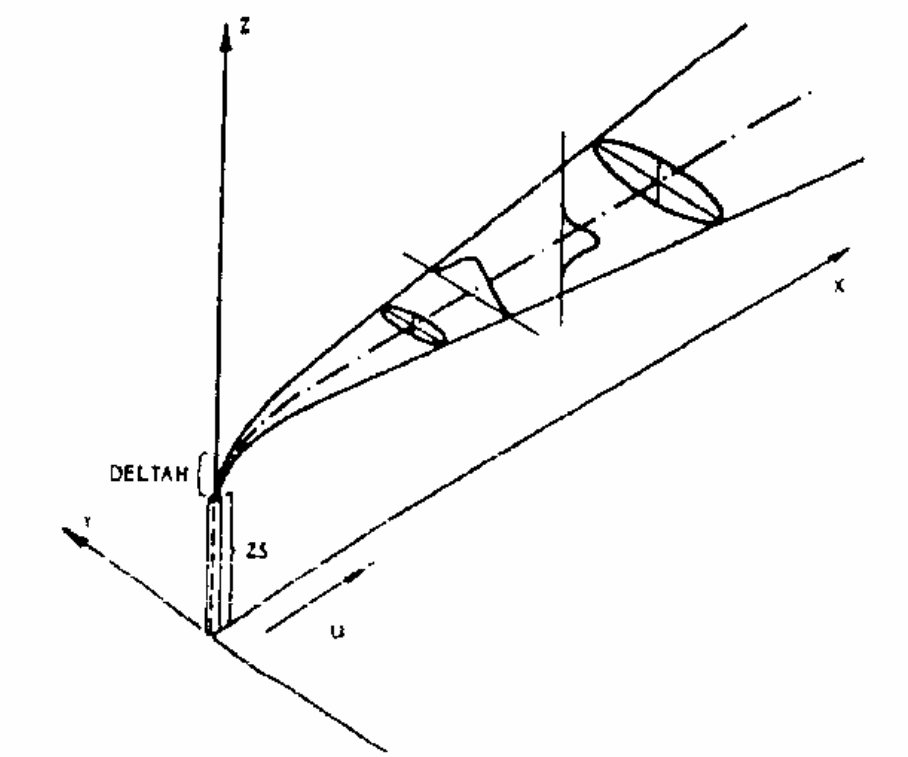


Figura 15 – Il modello gaussiano del pennacchio.

- *h* è l'altezza effettiva del pennacchio, cioè e la somma dell'altezza fisica del camino più la risalita (*Δh*) dell'emissione dovuta ai processi legati all'emissione stessa (velocità di uscita dei fumi) ed allo stato turbolento dell'atmosfera che dipende dal suo stato termodinamico.

Funzioni σ di Briggs (urban σ-functions)

$$\sigma_y = ax\left(1+0.0004x\right)^{-0.5} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

$$\sigma_z = bx\left(1+cx\right)^{d} \qquad \text{(Eq. 3)}$$

dove:

- *x* è la distanza [m] sottovento dalla sorgente, ricordiamo che si tratta della direzione di propagazione del vento;
- σ_y è la deviazione standard, in metri, della distribuzione orizzontale della concentrazione;

- σ_z è la deviazione standard, in metri, della distribuzione verticale della concentrazione;
- *c* è un coefficiente (espresso in m^{-1}) che dipende dalla stabilità atmosferica;
- *a, b, c* e *d* sono dei coefficienti adimensionali che dipendono anch'essi dalla stabilità atmosferica.

Classe di stabilità	***a***	***b***	***c***	***d***
A	0.32	0.24	0.0010	0.5
B	0.32	0.24	0.0010	0.5
C	0.22	0.20	0.0000	0.0
D	0.16	0.14	0.0003	-0.5
E	0.11	0.08	0.0015	-0.5
F	0.11	0.08	0.0015	-0.5
G	0.11	0.08	0.0015	-0.5

Tabella 6 – Coefficienti di Briggs per la determinazione delle funzioni σ.

APPENDICE 2 – GLI ODORI

L'odore costituisce sicuramente la forma più eclatante dell'inquinamento atmosferico, nel senso che essendo percettibile da un apparato di senso molto sensibile, costituisce un serio problema al benessere della popolazione, anche quando la concentrazione delle sostanze che lo generano non è tale da creare problemi apprezzabili alla salute come nel caso di specie.

L'odore è definito come la sensazione evocata dal cervello da alcune sostanze presenti nell'aria, che agiscono nei tratti superiori del naso. La sensazione può essere piacevole ed allora si definisce l'odore come profumo o può provocare repulsione o fastidio e si parla allora di odore nel senso comune del termine. Tale suddivisione in odore e profumo non è così netta: le sensazioni possono essere definite come odori da certe persone e profumi da altre ovvero la sensazione prodotta dalla stessa sostanza può essere diversa a seconda di vari fattori, ad esempio la concentrazione della sostanza e quindi l'intensità della sensazione.

L'intensità della sensazione odorosa varia a seconda delle condizioni di percezione e sulla base di particolari proprietà dell'olfatto, non solo generali, ma anche specifiche di una determinata persona, per cui la risposta allo stimolo è condizionata da una discreta componente soggettiva. Sottoposte alla stessa sostanza definita odorigena, in eguale concentrazione presente nell'aria, molte persone avvertiranno la sensazione, ma con gradi di intensità diversi sia qualitativamente ma anche quantitativamente.

Gli elementi che caratterizzano un odore sono quattro:

1. la soglia di identificazione,
2. l'intensità,
3. il tipo ovvero un termine descrittivo associato alla sostanza come, ad esempio, rancido, terroso, dolce, ecc.,
4. il carattere (piacevole, fastidioso, nauseante, sgradevole, ecc.).

Sui primi due elementi è opportuno spendere qualche parola in più. La soglia di identificazione è definita come la minima concentrazione alla quale la sostanza è non solo percepibile ma l'odore è qualitativamente identificato. La soglia di percezione dell'odore varia enormemente sino ad otto ordini di grandezza: si può passare dai 47 ppm dell'ammoniaca ai $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ ppm dell'o-iodofenolo e dell'o-bromofenolo.

La soglia odorigena o olfattiva è definita come la concentrazione minima per cui tutta la popolazione esposta percepisce la sensazione odorosa.

Se ad un gruppo di osservatori (*panel*) si fanno annusare concentrazioni via via più elevare di una sostanza, si osserva:

- a basse concentrazioni della sostanza odorigena in aria, l'odore non è percepito;
- mano a mano che si aumenta la concentrazione vi è una concentrazione detta "soglia olfattiva bassa" alla quale circa il 10% degli osservatori percepiscono la presenza dell'odore.
- All'aumentare della concentrazione si giunge alla cosiddetta "soglia di identificazione" in corrispondenza della quale la sostanza è riconosciuta in modo non equivoco ripetendo l'annusamento;
- all'aumentare della concentrazione tutti gli osservatori avvertono la sensazione e la identificano (soglia odorigena o soglia alta); oltre questa concentrazione-soglia, l'intensità della sensazione aumenta distintamente; la soglia odorigena è quella che ha prevalenza nell'ambientale.

In breve si possono considerare tre valori soglia

1. la soglia olfattiva bassa,
2. la soglia olfattiva di riconoscimento.
3. la soglia olfattiva alta,

Lo stimolo biologico di sensazione dell'odore, ovvero l'intensità dell'odore, è, in prima approssimazione, funzione scalare di tipo esponenziale della concentrazione che lo provoca secondo la seguente relazione.

$$I = kC^n \qquad \text{(Eq. 4)}$$

dove:

– I è l'intensità dello stimolo olfattivo in una scala arbitraria,

– C è la concentrazione,

– k è una costante di scala che dipende dal tipo di sostanza,

– n dipende anch'essa dal tipo di sostanza e varia nell'intervallo (0,2 ÷ 0,8).

Esistono, ovviamente altre relazioni matematiche, anch'esse di tipo empirico che non si riportano in questa sede per brevità.

Un'ultima nota riguarda la distanza alla quale un odore può essere percepito. Tale distanza dipende dalla quantità della sostanza odorigena immessa nell'ambiente, dalla soglia di olfattività e dalle caratteristiche fisiche dell'Atmosfera che determinano i processi dispersivi (trasporto e diffusione).