



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Area Metropolitana
Venezia Padova Rovigo Treviso



Modellistica di impatto odorigeno

Principi fondamentali, criticità ed applicazioni nel quadro di riferimento normativo

Massimo Bressan

ARPAV - Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Unità Organizzativa Qualità dell'Aria

Marghera, 18/09/2025

last updated: 2025-09-17

Parte prima

Il caposaldo

Ho ancora nel naso l'odore ...

Il sergente nella neve, M. Rigoni Stern

1953

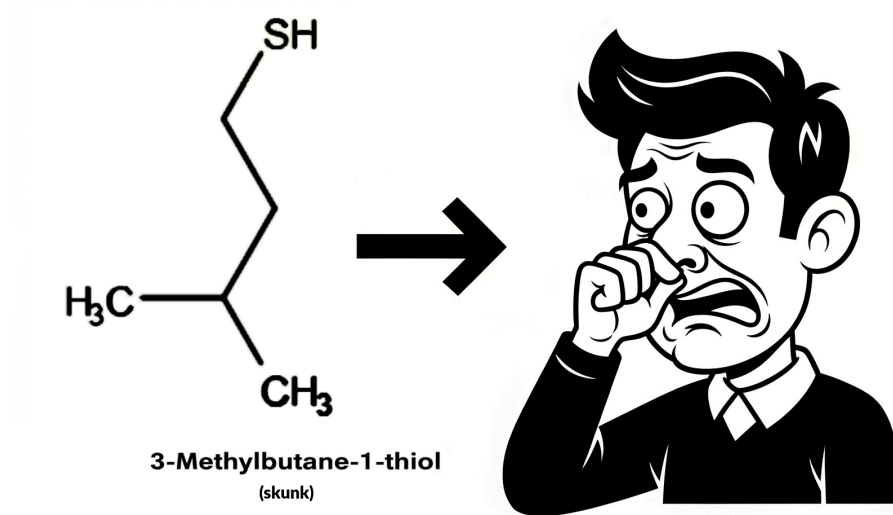


Contenuti

1. La letteratura tecnico-scientifica e gli orientamenti normativi stabiliscono il "governo" delle emissioni odorigene (sorgenti) tramite la **valutazione degli effetti presso i recettori (target)**.
2. La verifica di **conformità ai valori di accettabilità presso i recettori** definita negli "Indirizzi" (MASE, 2023) si basa su una **simulazione modellistica odorigena**.
3. Il percorso regolatorio (iter) previsto dagli "Indirizzi" inquadra la **modellistica** come strumento operativo integrato nel **ciclo di miglioramento continuo** di performance ambientale d'impianto.
4. La definizione delle classi di sensibilità e dei valori di accettabilità degli "Indirizzi" apre ad una possibile **"valutazione di impatto strategica"** (zonizzazione osmogena del territorio)?
5. La **parametrizzazione della simulazione modellistica** ha un ruolo cruciale (critico) per la riproducibilità (trasparenza) della valutazione. **Analisi di sensitività dei risultati** di un caso studio.

Parole chiave

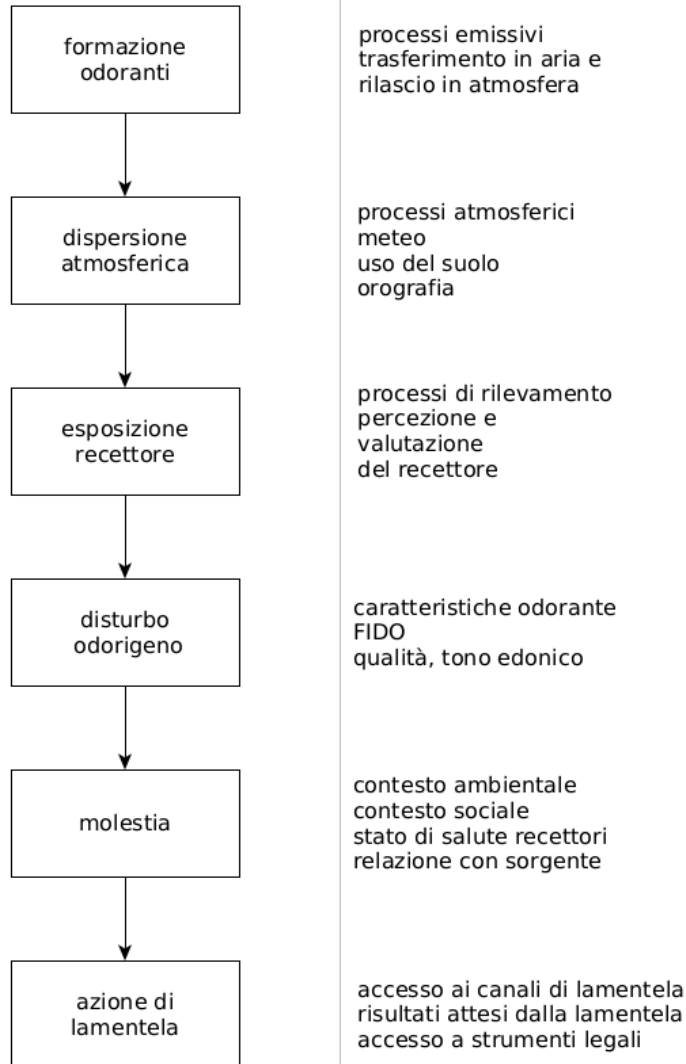
Odore vs. odorante



l'odore (effetto)

- **non** coincide con l'**odorante (causa)** e **non** rappresenta una caratteristica intrinseca (tipica) delle molecole.
- corrisponde alla **sensazione** che la(e) molecola(e) provoca(no) nel recettore (uomo) attraverso il sistema olfattivo.

Complessità (dagli odoranti alla lamentela)



Domanda:
quale "metrica"
utilizzare per
misura/monitoraggio
odoranti/odore?

Van Harreveld, 2001. From odorant formation to odour nuisance: new definitions for discussing a complex process, Water Science & Technology, 44: 9-15.

Metrica (misura, monitoraggio, stima)



approccio multi-modale e multi-dimensionale

target (righe) vs. **metodo** (colonne)

\	sensoriale	strumentale	matematico
emissioni- sorgente	olfattometria dinamica	analisi chimica	db emissioni
		IOMS	modellistica inversa
		anemometro sonico e campionatore gas (*)	metodi stima micro-met (*)
immissioni- recettore	field inspection	analisi chimica	modellistica dispersione
	field olfactometry	IOMS	
	schede odori		equazioni empiriche
	citizen science		

Adapted from:

Bax et al., 2020, How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Application. Atmosphere, 11, 92; doi:10.3390/atmos11010092

(*) Applicability of "eddy covariance" and "gradient method from similarity theory" for the estimation of gas vertical fluxes: Lotesoriere et al., 2022: Micrometeorological Methods for the Indirect Estimation of Odorous Emissions, Critical Reviews in Analytical Chemistry, <https://doi.org/10.1080/10408347.2022.2036092>

Valori di accettabilità



Verifica di conformità presso i ricettori da effettuare con una **valutazione modellistica di dispersione odorigena**.

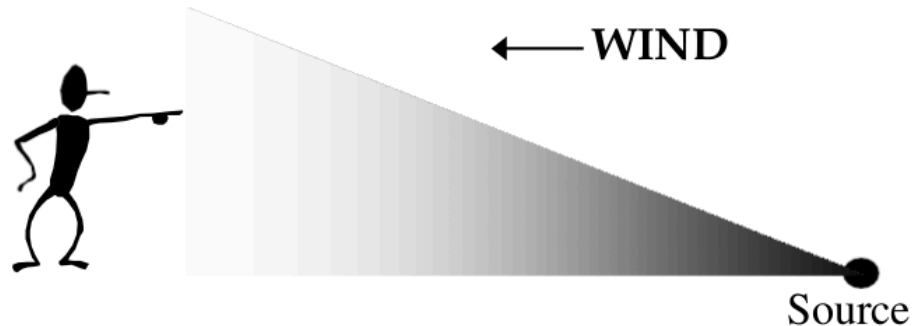
Classe	Descrizione	Valori
PRIMA	Aree ad uso residenziale , ZTO tipo A o B: aree in centri abitati o nuclei ad uso collettivo continuativo ad alta concentrazione	1 OUE/m ³
SECONDA	Aree ad uso residenziale , ZTO tipo C: aree in centri abitati o nuclei ad uso collettivo continuativo, commerciale, terziario o turistico	2 OUE/m ³
TERZA	Aree ad uso residenziale non ricomprese in ZTO tipo A, B, C : edifici o spazi aperti in centri abitati o nuclei ad uso collettivo non continuativo	3 OUE/m ³
QUARTA	Aree ad uso industriale, artigianale, agricolo, zootecnico	4 OUE/m ³
QUINTA	Aree che non prevedono ordinaria presenza di gruppi di persone : terreni agricoli e zone non abitate	5 OUE/m ³

ex Indirizzi Nazionali, Decreto Direttoriale MASE n. 309/2023

Modellistica odorigena



Strumento matematico che fornisce una valutazione quantitativa del processo di "trasporto e diluizione" dell'odore nell'aria ambiente, dalla sorgente al recettore.



Analogia rispetto agli obiettivi di valutazione con olfattometro

Strumento di *laboratorio* che *diluisce* un campione di aria per determinare il "livello" (concentrazione) di odore "misurato" dagli esaminatori tramite il riconoscimento sensoriale ("naso") della soglia olfattiva; la diluizione del campione in laboratorio *"simula"* il processo di diluizione dell'emissione odorigena nell'aria ambiente.

Impatto odorigeno



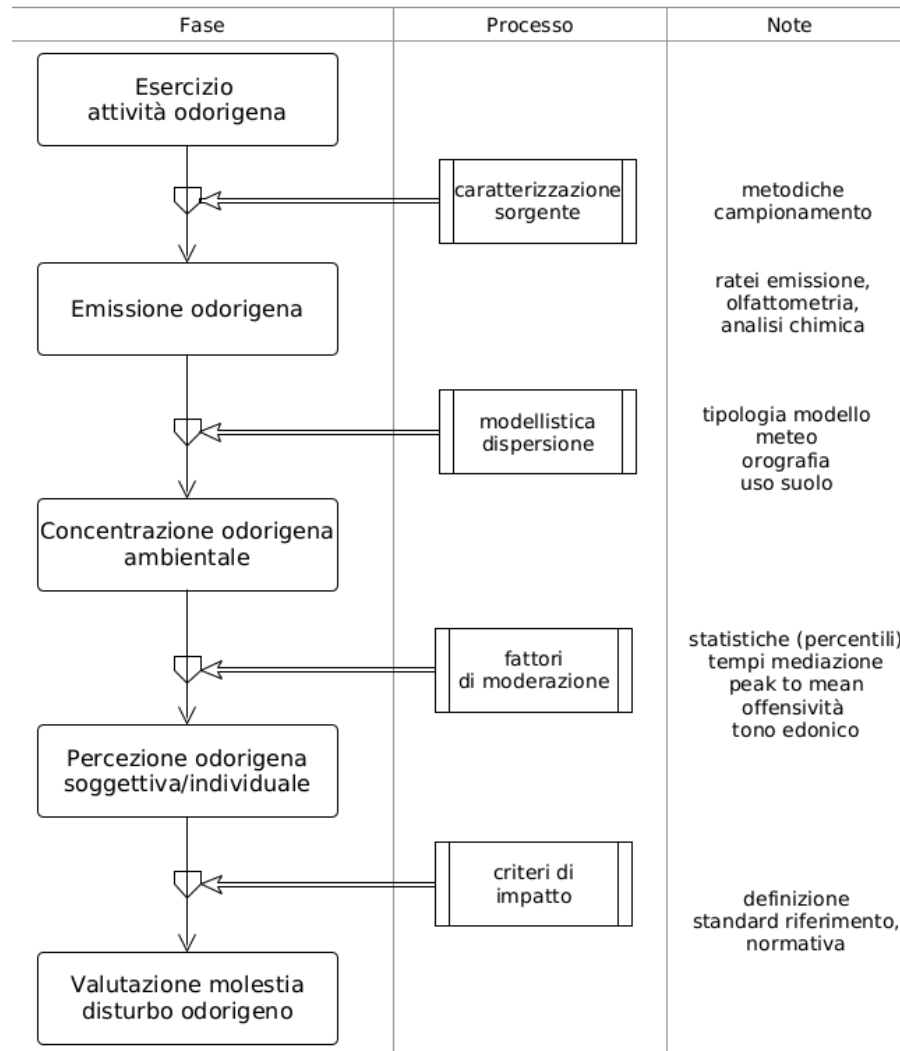
Ricerca di una soluzione operativa per "tradurre":

- la **concentrazione di una miscela di odoranti**
quantità chimica in aria ambiente in [ppm, ppb] o [mg/m³, ug/m³]
- in **concentrazione odorigena**
quantità di odore percepito dal naso umano in [OUE/m³]
 - alla sorgente -> olfattometria dinamica
 - ai recettori -> modellistica di dispersione odorigena
- in **intensità odorigena** e/o **tono edonico**
"forza" e "s-piacevolezza" della sensazione percepita dal ricettore (varie scale)
- in **disturbo/molestia olfattiva (schema FIDO*)**
manifestazione e percezione "globale" impatto odorigeno presso i recettori

Nota bene!

NON sono note relazioni quantitative univoche ed universalmente riconosciute tra: **composizione e concentrazione chimica** di un'aria osmogena, **concentrazione odorigena** misurata con il naso umano, **intensità odorigena** e **tono edonico**, **disturbo/molestia odorigena** percepita dal recettore.

Impatto odorigeno: fasi e processi



Disturbo vs. molestia



- **Disturbo (Annoyance)**

reazione immediata determinata dall'esposizione all'odore che porta ad una valutazione cognitiva negativa;

il potenziale di disturbo di un odore è uno specifico attributo del composto (miscela) che determina una reazione (negativa) da parte dei recettori

- **Molestia (Nuisance)**

effetto cumulativo prodotto da ripetuti eventi di disturbo in un lungo periodo di tempo, che genera un comportamento modificato o alterato nel recettore;

il potenziale di molestia di un odore è un attributo specifico della una popolazione (recettori) che indica la propensione dei recettori di verificare condizioni di molestia olfattiva

Le caratteristiche del fenomeno odorigeno

Tempi di mediazione



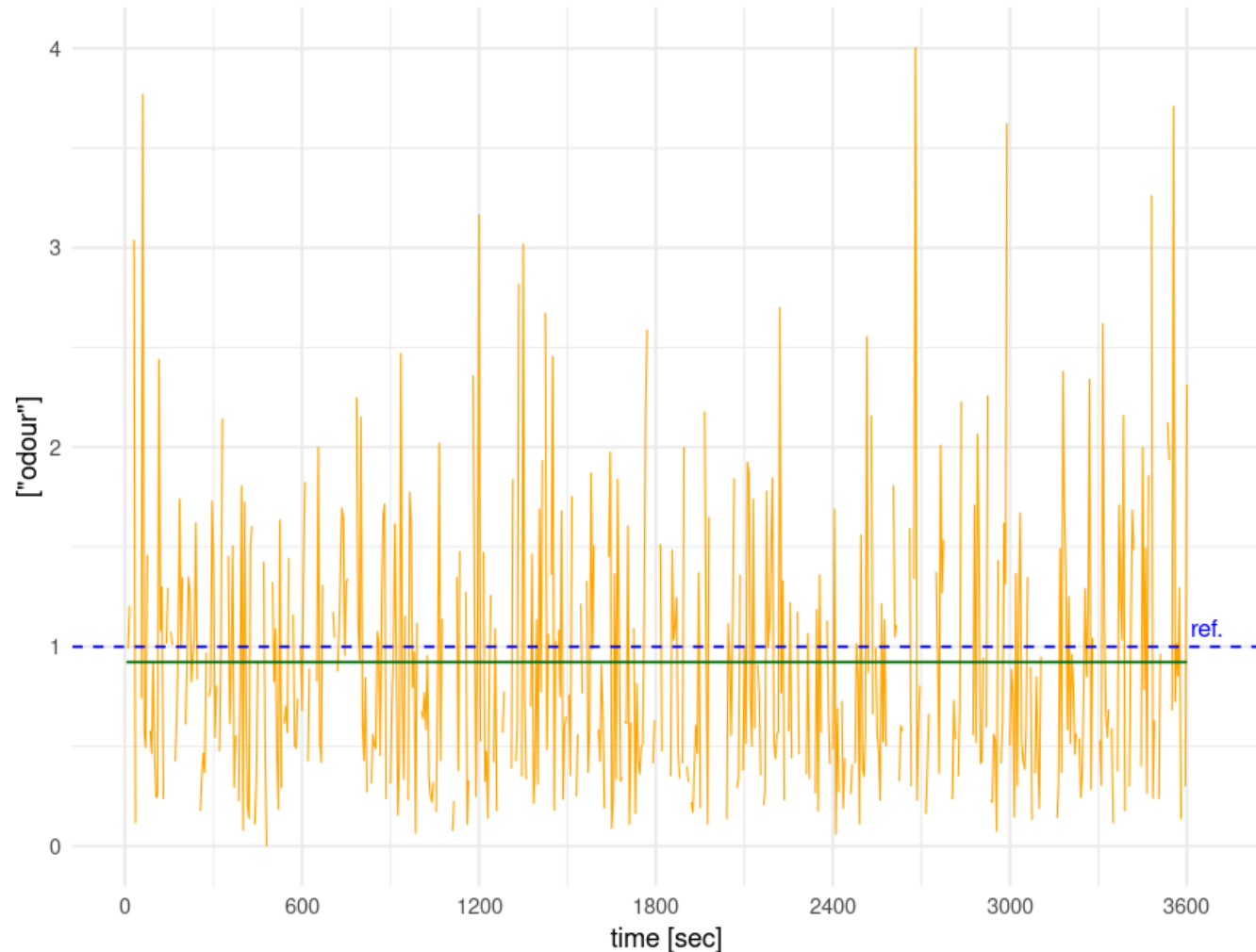
- **percezione dei recettori: su "tempi brevissimi"**
 - concentrazioni di picco su **pochi secondi** (Brancher et al. 2017);
 - durata fisiologica inalazione umana: **1.6 s** (Mainland and Sobel, 2006);
 - risposta stimolo olfattivo: tempo medio di un respiro **3.6 s** (Freeman & Cudmore, 2002);
 - valore di riferimento per ciclo "inalazione, percezione, espirazione": per convenzione **5 s** (Ruijten et al., 2009);
- **"misure" (valutazioni) presso i recettori: su "tempi lunghi"**
 - standard QA (breve termine): medie **1 h** (ex DLgs. 155/2010);
 - strumentazione QA: **tempi di risposta** non adeguati (tranne eccezioni ≥ 1 min);
 - modellistica dispersione atmosferica (standard): medie **1 h**;
 - modellistica odorigena: ricerca di un adeguato **"fattore di correzione"** delle medie 1h.

La differenza nei tempi di mediazione caratteristici tra:

- **percezione (manifestazione) vs. misura (osservazione, stima)**

rappresenta l'elemento di principale criticità nel determinare l'efficacia (correttezza) della valutazione di impatto odorigeno.

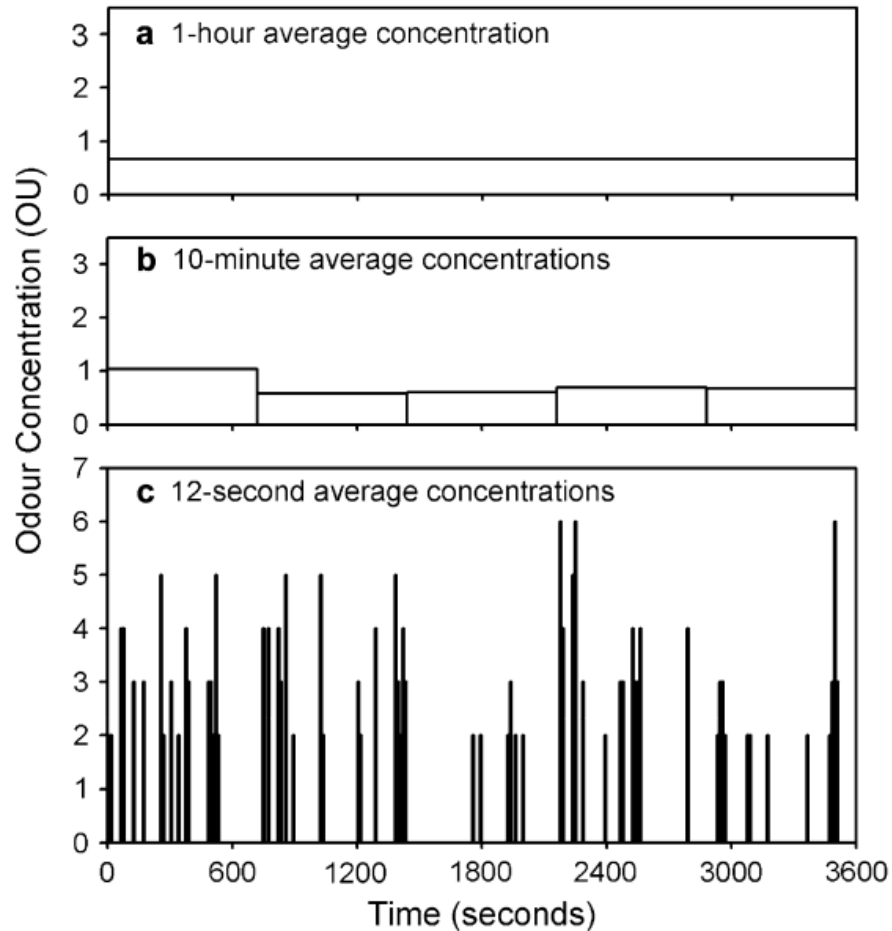
Il problema dal punto di vista teorico...



synthetic data (esempio)

avg time — 1 h — 5 s

...e dal punto di vista sperimentale



< 1 OU

t_m : 1 h

~ 1 OU

t_m : 10 min

0-6 OU

t_m : 12 s

Conseguenze operative



- **paradosso logistico ed organizzativo**

normali tempi di intervento ($\gg 1h$) determinano la difficoltà e, a volte, l'impossibilità di trovare "traccia" di un evento di disturbo o molestia olfattiva caratterizzato da intervalli temporali molto brevi ed una significativa intermittenza.

- **paradosso "strumentale" (misura)**

monitoraggio in continuo di un odorante (miscela) viene effettuata su tempi di mediazione "lunghi", tipicamente orari (per standard QA e normale operatività strumentazione);

impiego di sistemi modellistici configurati secondo la "parametrizzazione classica" per gli inquinanti atmosferici "tradizionali" (media 1h).

Problema:

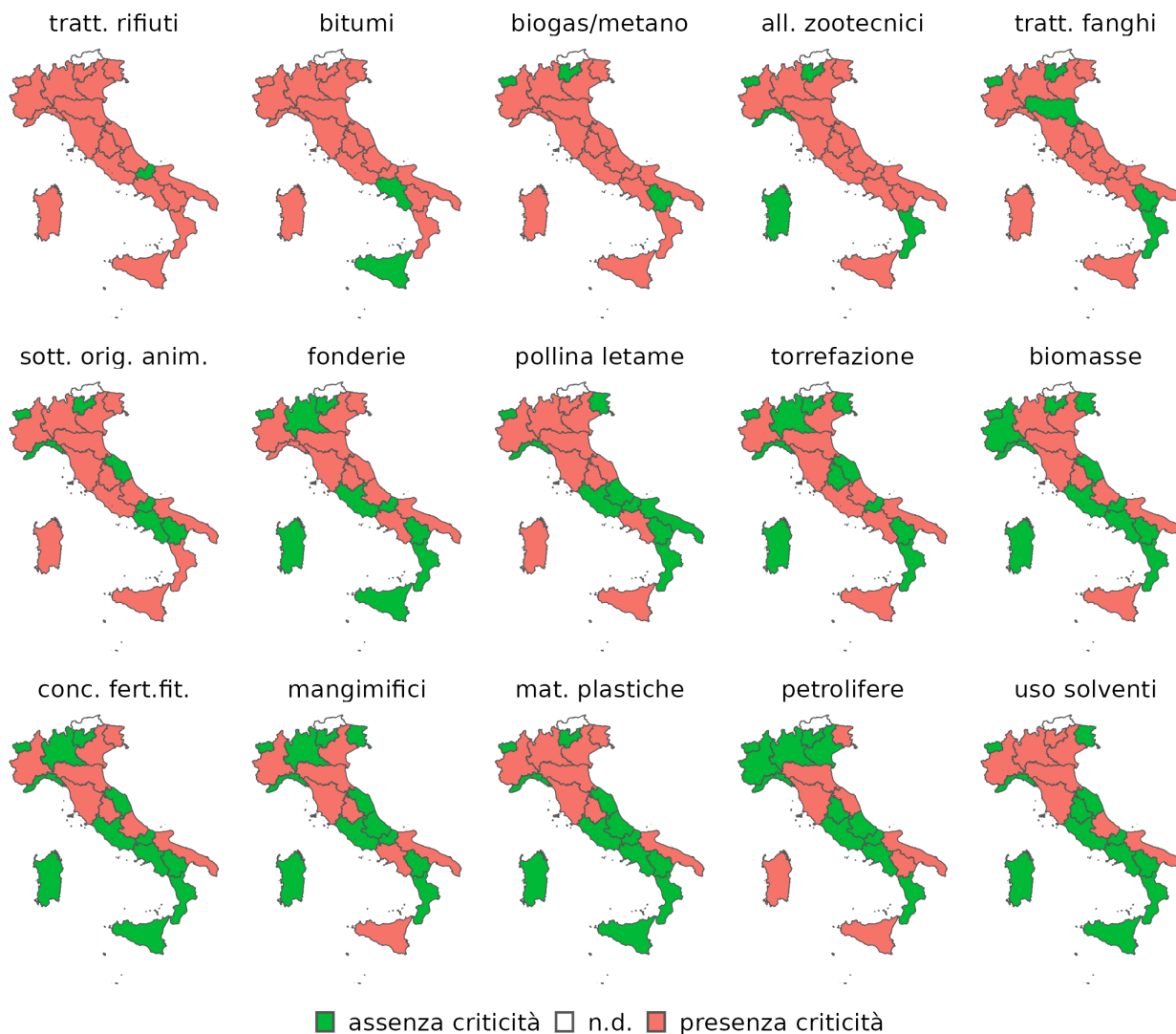
necessità di individuare sistemi e strumenti di misura (monitoraggio, stima) che in termini di "risoluzione temporale" siano adeguati per "trattare" in modo accurato la complessità e la specificità del fenomeno odorigeno *presso i recettori*.

La simulazione modellistica fornisce una risposta utile?
Ed eventualmente in quali termini?

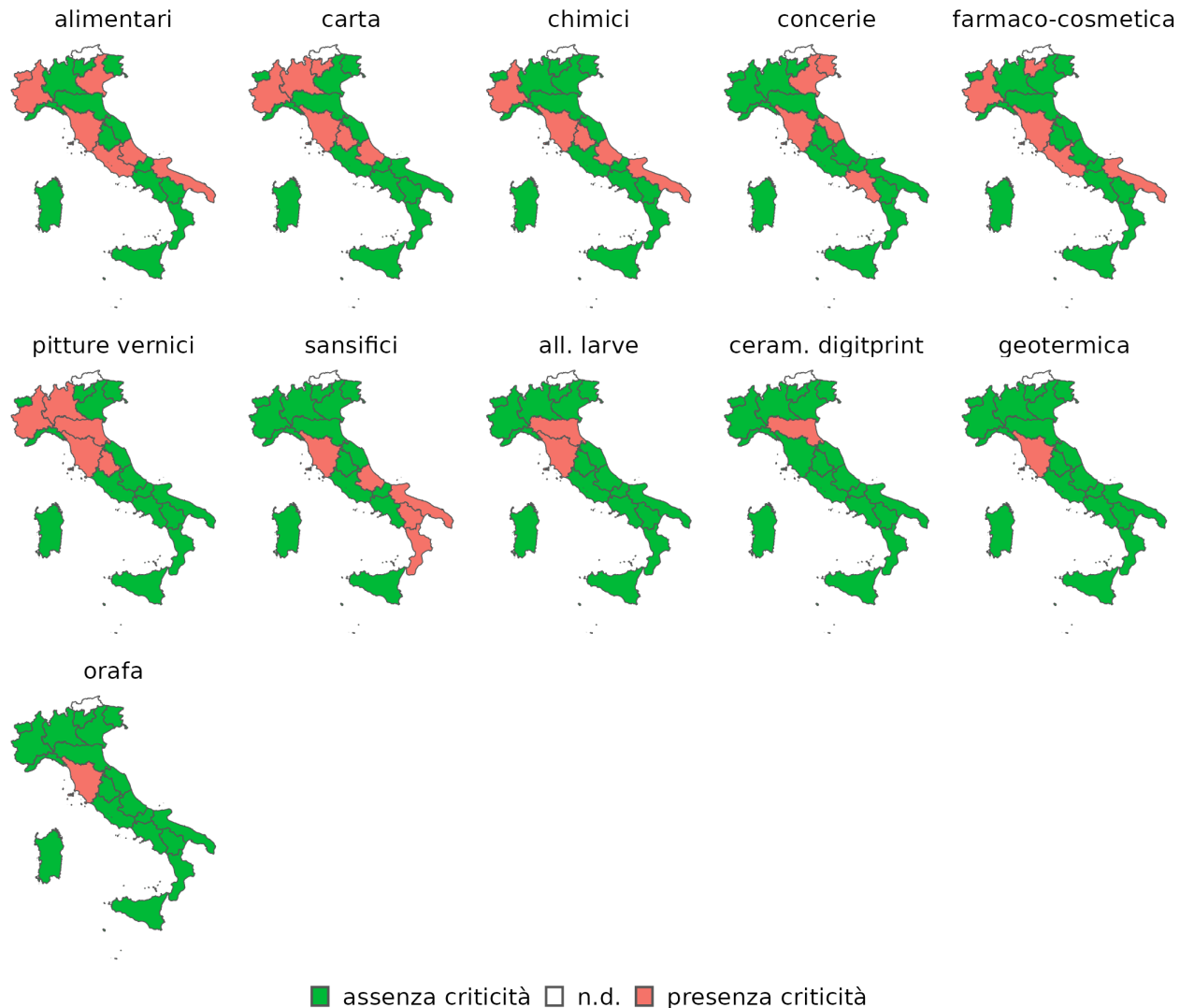
Quali sorgenti con più frequente criticità?

Questionario RRTEM05 SNPA 2023

Mappatura sorgenti criticità (1/2)



Mappatura sorgenti criticità (2/2)



WORKS

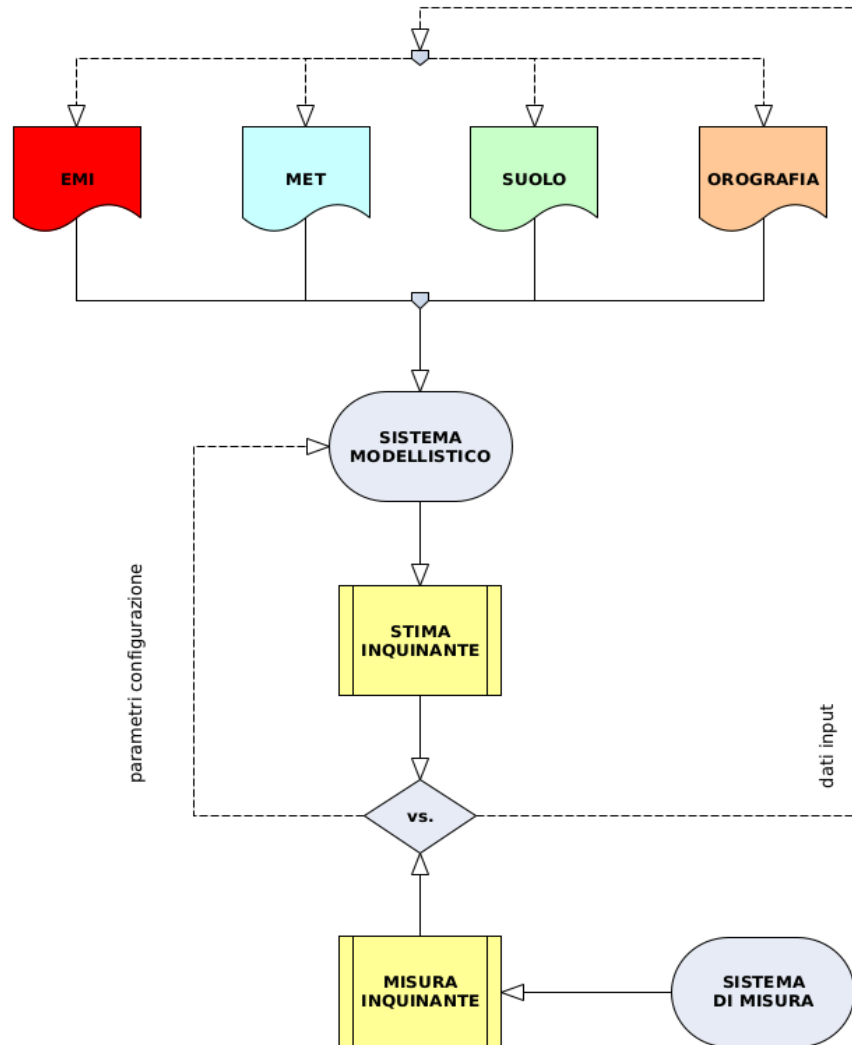
WARNING
ODOUR
SENSITIVE
WORKS

...gestione d'impianto!

Modellistica di dispersione atmosferica (introduzione un po' filosofica)



Flow chart modellistica atmosferica



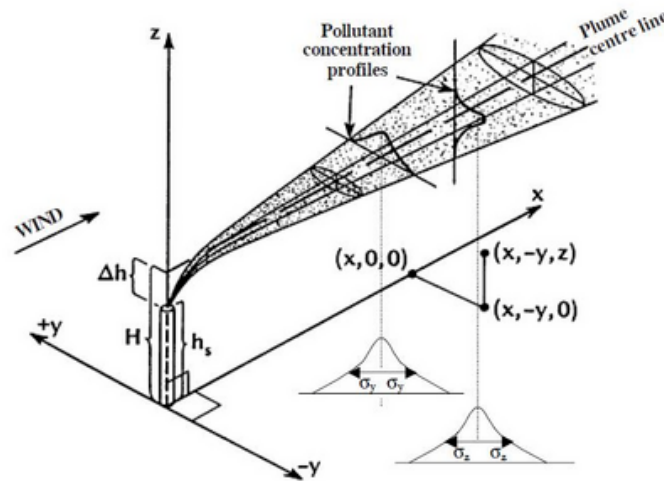
Modellistica
odorigena:
stime vs. misure?

Come fare?

Che cos'è un modello?

- rappresentazione semplificata del reale, necessariamente!
- i modelli, anche i più complessi e sofisticati, non prescindono mai dall'utilizzo di misure (...a loro volta dei modelli!)

dal reale al modello per **semplificazioni, astrazioni, assunzioni**



"Tanto peggio per i fatti (se non si accordano con la teoria)", attribuita a Hegel.

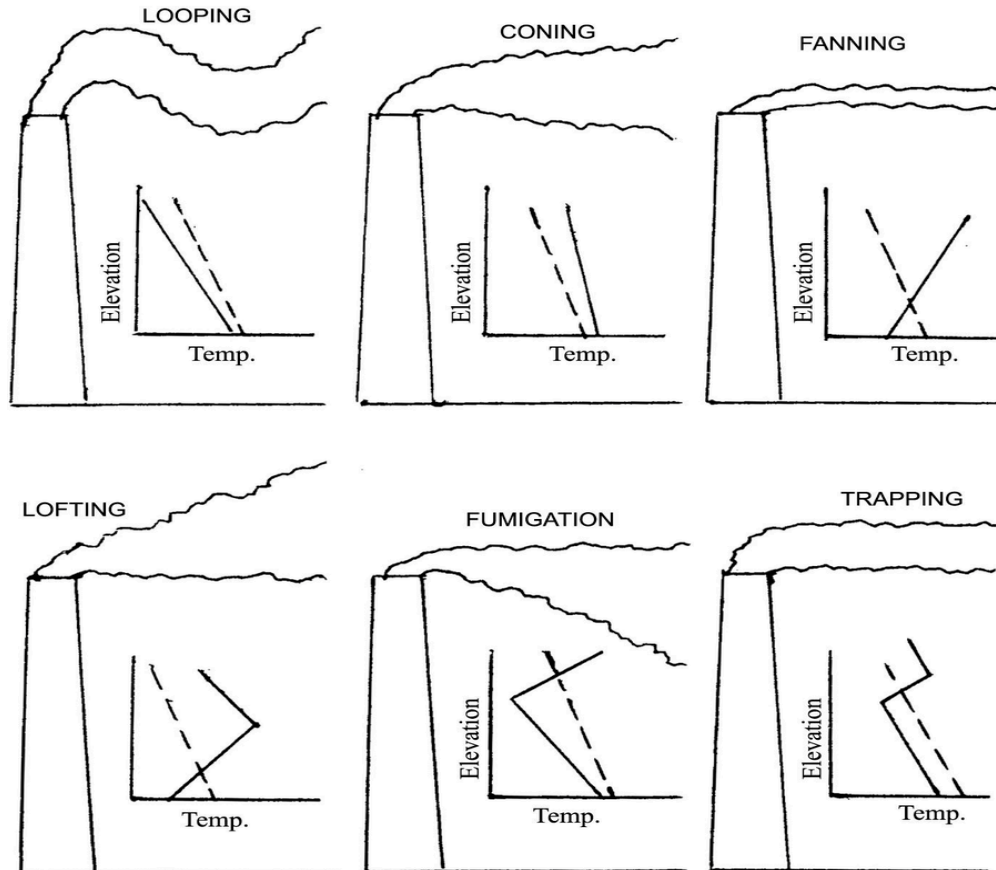
"All models are wrong, but some are useful", Box.



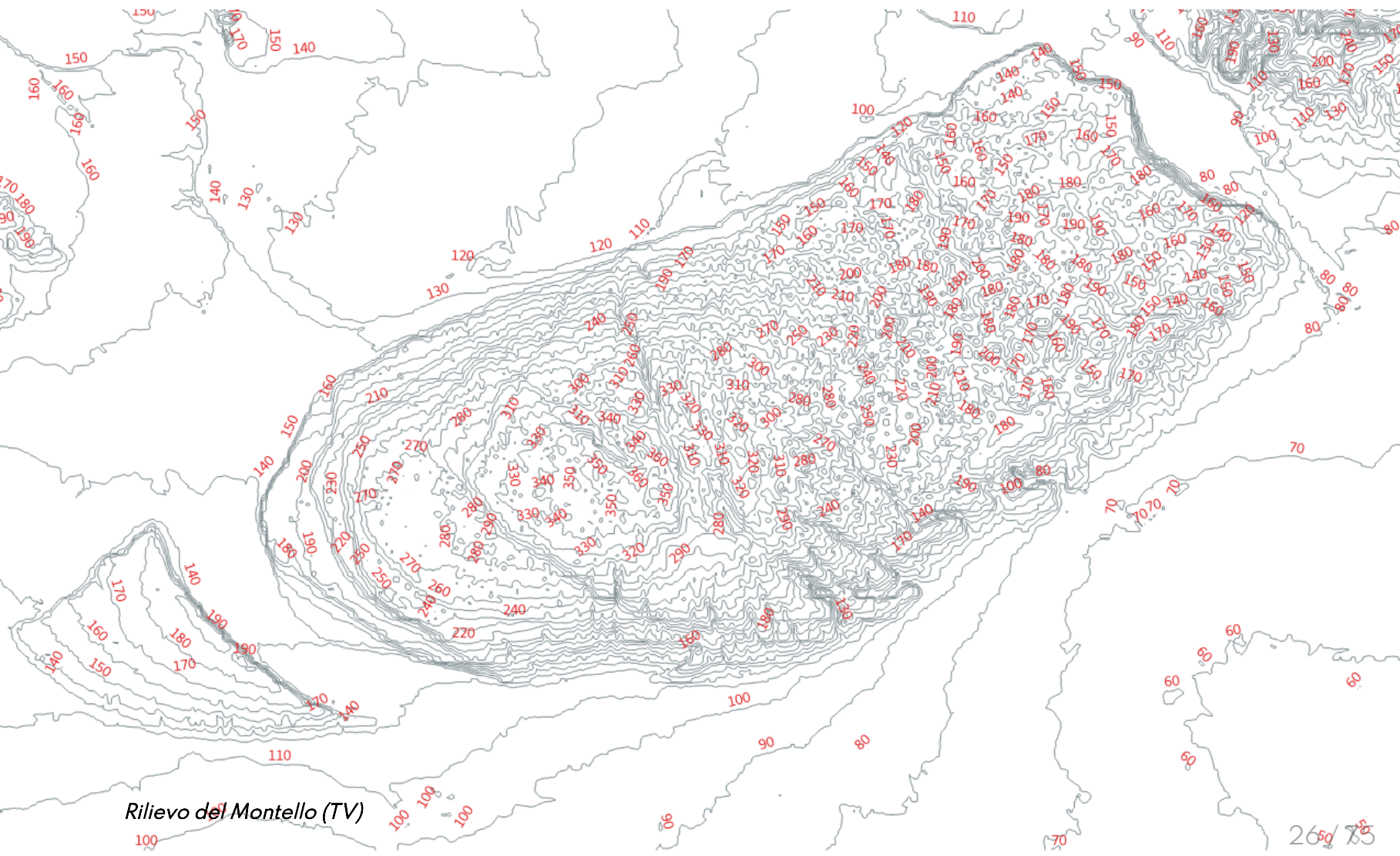
Plume spread: semplificazioni!

ENVIRONMENTAL LAPSE RATE —————

ADIABATIC LAPSE RATE - - - - -



Altimetria: semplificazioni!



Altezza rimescolamento: astrazioni!

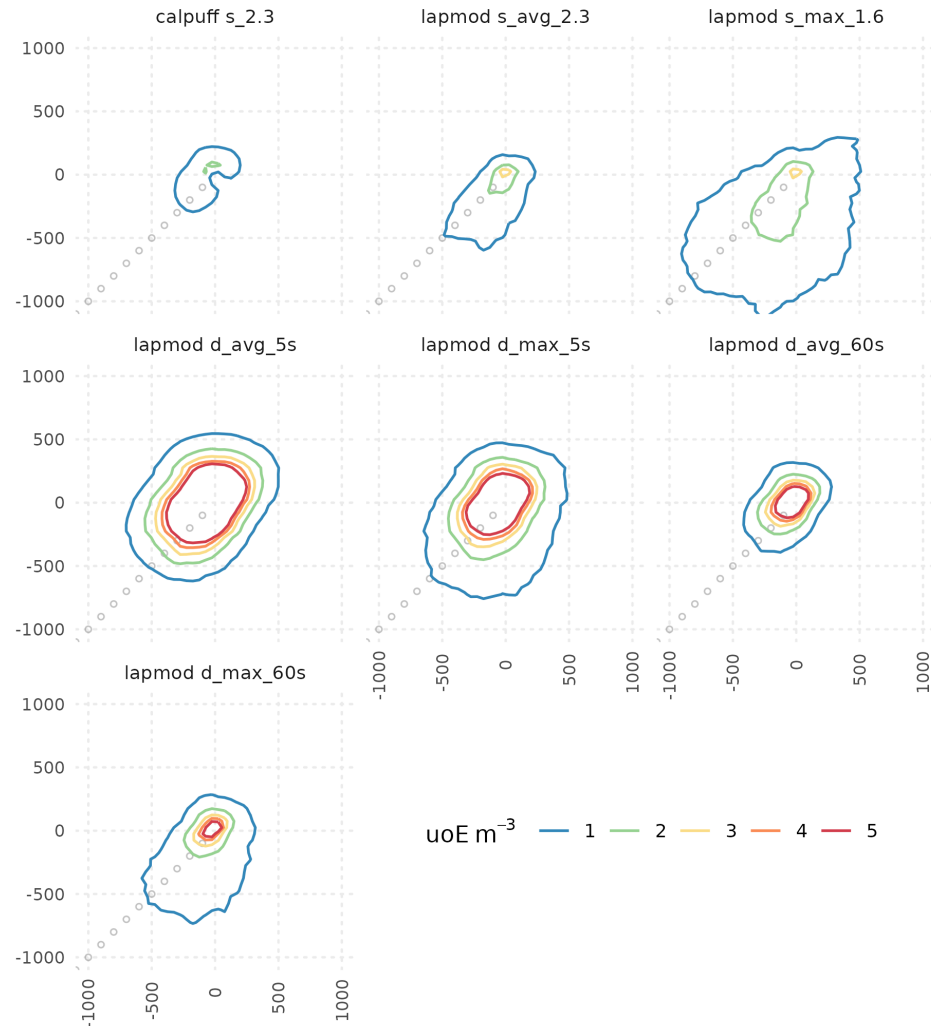


2011-01-18 11:00, vista da Pianezze (~1000 m slm), M.te Cesen, TV



Parametrizzazioni: assunzioni!

98th percentile of annual peak odour units





Perchè utilizzare un modello?

... non posso sempre misurare!

- nuovi progetti o modifiche progettuali per impianti esistenti

... non conviene sempre misurare!

- tecnicamente ed economicamente impossibile misurare in ogni punto dello spazio e del tempo

... non basta solo misurare!

- valutazione del contributo relativo ad una o più sorgenti

L'utilizzo di un modello permette di:

- estendere la misura puntuale nello spazio e nel tempo
- effettuare valutazioni 'contro-fattuali' (analisi di scenario)

Modellistica odorigena e schema FIDO*



Fattori (elementi) nella valutazione dell'impatto odorigeno:

- **F**requency (frequenza)
- **I**ntensity (intensità)
- **D**uration (durata)
- **O**ffensiveness (offensività)

In letteratura tecnico-scientifica le differenti varianti dello schema FIDO prevedono un **fattore di valutazione aggiuntivo**:

- FIDOS → **S**ensitivity (sensitività)
- FIDOL → **L**ocation (luogo)
- FIDOR → **R**eceptor (recettore)

Frequency (FIDO)



Misura la **frequenza di accadimento degli eventi odorigeni** presso i recettori che dipende dalla variazione temporale delle emissioni e dalle condizioni meteorologiche e dispersive dell'atmosfera.

Due approcci tipici:

- **conteggio delle ore di odore ("odour hours"):**

esprime la frequenza (percentuale) di ore sopra la soglia minima di concentrazione (intensità) odorigena (soglia di percezione); è considerato un'espressione del LOD_{field}

- **ranking delle concentrazioni odorigene ("percentile"):**

esprime la concentrazione odorigena (intensità) di soglia che si verifica con una frequenza predefinita (98° percentile delle concentrazioni orarie di picco su base annuale)

Implicazioni modellistiche:

- scelta dei tempi di mediazione
- definizione dei criteri di impatto: es. 98° percentile

Intensity (FIDO)



Misura "quanto forte" viene percepito l'odore, cioè descrive la "magnitudo" della sensazione percepita tramite l'olfatto umano.

Natura logaritmica della percezione olfattiva: al decrescere della concentrazione odorigena (misurata con un olfattometro, tipicamente di un fattore 10), l'intensità è diminuita di una "quantità/forza" molto inferiore.

La concentrazione odorigena sopra la soglia di percezione non è un'indicazione diretta dell'intensità odorigena (forza di percezione dell'odore) perchè non è mai stata osservata e definita una relazione univoca (universalmente valida) tra disturbo o molestia olfattiva e misura dei livelli di concentrazione odorigena.

Implicazioni modellistiche:

- stima della magnitudo delle emissioni odorigene
- stima output concentrazioni odorigene (peak-to-mean ratio)

Duration (FIDO)



Misura la **durata di esposizione** di un recettore alle **concentrazioni di picco** di odore.

L'entità del disturbo/molestia olfattiva risulta strettamente correlata all'intervallo temporale di esposizione del recettore.

Implicazioni modellistiche:

- trattazione delle stime di concentrazione odorigena ai recettori come **percentile "alto"** (98° percentile medie 1h, in Italia!).

Offensiveness (FIDO)



Misura il **tono edonico** dell'odore cioè una **misura soggettiva dell'accettabilità** dell'odore: è un fattore chiave nella valutazione del disturbo/molestia odorigena.

Il tono edonico **non è un attributo "indipendente"** di un odorante ma dipende strettamente da intensità, concentrazione, durata, frequenza dell'esposizione e **rappresenta una misura soggettiva** correlata all'esperienza, allo stato emotivo ed alle circostanze ambientali in cui si trova il recettore.

Implicazioni modellistiche (warning):

- aspetto non esplicitamente trattato nelle simulazioni (in Italia): difficile da "chiudere" in modo rigoroso ed obiettivo.

*"Offensiveness must be considered at the level of odour exposure without extrapolation of potential evolution for lower or higher concentrations."**

Location-Sensitivity-Receptor (FIDOL-S-R)



Il **luogo** dove si verifica il disturbo o molestia olfattiva presuppone una **sensibilità** differente in funzione:

- della destinazione d'uso del territorio, del contesto ambientale, economico (*pecunia non olet*) e sociale (accettabilità);
- dello stato di benessere e/o di salute dei **recettori**, anche per contemporanea presenza di altre fonti di "pressione ambientale".

Implicazioni modellistiche:

- criteri di selezione dei recettori (distanza da sorgente, luogo, sensibilità recettore)
- destinazione d'uso (classificazione urbanistica) del territorio
- normativa di riferimento e criteri di impatto



Quali fattori FIDO* sono risolti con la simulazione modellistica?

Modellistica odorigena	schema FIDO*
Criteri di impatto, Percentili	Frequency, Duration
Valori di accettabilità (1, 3, 5 OUE/m3) Peak-to-Mean (2.3, in Italia)	Intensity (pars!)
Classi di Sensibilità (prima, ...,quinta)	Location, Sensitivity, Receptors

Ricomposizione FIDO secondo i contenuti tecnici degli "Indirizzi " (ex MASE n. 309/2023)

Nota bene:

- **Intensity**: non viene valutato, è considerato solo "indirettamente" tramite *proxy* **concentrazione odorigena** (diverso da intensità!).
- **Offensiveness**: nelle tipiche applicazioni e nella normativa italiana non è contemplato il tono edonico (difficile da chiudere!);

Modellistica odorigena:
caratteristiche, specificità, limiti

Modellistica odorigena (1/2)



- Il disturbo/molestia olfattiva è connesso alla percezione dell'odore presso i **recettori**.
- L'olfattometria dinamica (UNI EN 13725) è la tecnica di riferimento per la quantificazione delle **concentrazioni** di odore **alla sorgente (emissioni)**, ma **non adeguata** per valutare l'impatto ai recettori.
- Per quantificare l'esposizione dei recettori è necessaria una **"misura in campo" degli odori**: estremamente complessa, soggetta a grandi incertezze e non ancora "chiusa" dal punto di vista tecnico-scientifico e normativo.
- Le simulazioni modellistiche permettono la **stima della concentrazione di odore ai recettori** a partire dal flusso di odore emesso dalla sorgente.
- Le "normativa" stabilisce la verifica dei valori di accettabilità presso i recettori tramite simulazioni modellistiche che stimano la **frequenza di superamento** di una concentrazione di soglia.

Modellistica odorigena (2/2)



- I “modelli classici” di dispersione degli inquinanti “tradizionali” producono stime su media 1h (non utili per impatto odorigeno).
- La principale limitazione della modellistica risiede nella difficoltà teorica e pratica (non ancora superata) di ricostruire le **fluttuazioni di concentrazione**, cioè i **picchi di odore su pochi secondi**.
- "Nuovi" approcci modellistici (CFD, trasporto varianza, pennacchio fluttuante, micromixing, a due particelle), ancora in fase di sviluppo e ricerca, non hanno una "diffusa traduzione operativa".
- Necessario concepire un **"metodo di stima" delle fluttuazioni a breve termine** delle concentrazioni odorigene oppure applicare un **"fattore di correzione"** ai risultati delle simulazioni medie 1h.
- L'approccio più utilizzato (semplice e pragmatico) è l'applicazione del fattore moltiplicativo "semi-empirico" ***Peak-to-Mean Ratio*** alle stime delle medie 1h: ma è una soluzione non del tutto rigorosa!

Concentrazione vs. flusso odore emissioni



$C_{OD} [OU_E m^{-3}] = \text{concentrazione}$

misura "intensiva", dipende dallo *stato del sistema*

espressa in **unità odorimetriche europee** $[OU_E m^{-3}]$ rappresenta il **numero di diluizioni** di aria neutra necessarie per portare la concentrazione del campione alla **soglia di rilevamento dell'odore** da parte del panel di esaminatori; assunzione forte, di perfetta trasferibilità: la risposta del panel all'odorante di riferimento (n-butanolo) è uguale alla soglia di percezione per qualsiasi altro tipo di odorante

$OER [OU_E s^{-1}] = \text{flusso (portata)}$

misura "estensiva", dipende dalle *dimensioni del sistema*

espresso in unità di odore al secondo $[OU_E s^{-1}]$ è il parametro fondamentale per valutare l'impatto odorigeno (input modellistico); nella valutazione di impatto odorigeno (recettori) la **concentrazione alle emissioni NON è sufficiente** perchè bisogna considerare il **flusso d'aria** $Q_{AIR} [m^3 s^{-1}]$ associato (emesso) (d)alla sorgente!

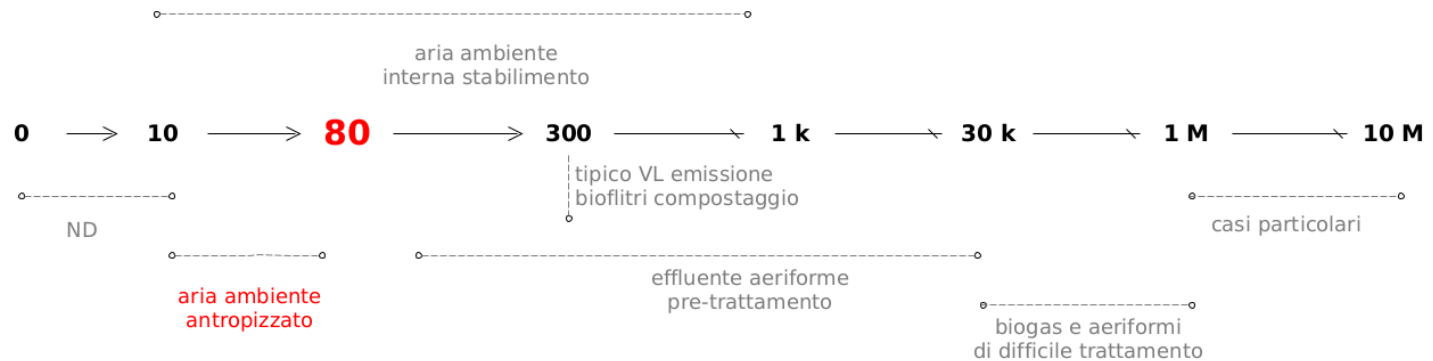
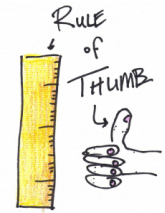
$$OER = Q_{AIR} \times C_{OD}$$

Concentrazione di odore



$C_{OD} [OU_E m^{-3}]$

Valori di riferimento, "a spanne"!

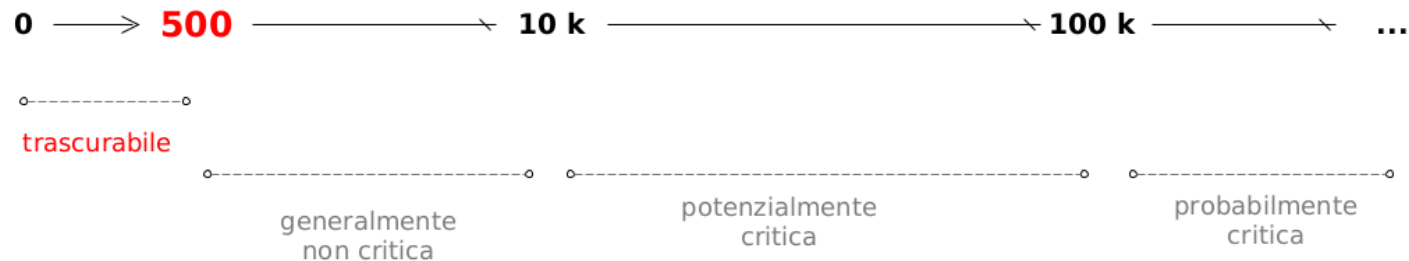
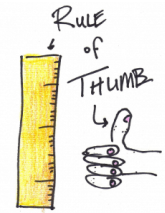


Flusso di odore



$OER [OU_E s^{-1}]$

Valori di riferimento, "a spanne"!



Nota bene:

l'indicazione (trascurabile, critica, etc.) è da prendere con molta cautela e contestualizzare rispetto all'ambiente perché viene "stimato" il potenziale impatto sui recettori da una misura riferita all'emissione

Classificazione sorgenti per modellistica



significantive (da considerare)

$$OER > 500 \text{ } UO_E \text{ s}^{-1}$$

non significantive (possono non essere considerate)

$$C_{OD} < 80 \text{ } UO_E \text{ m}^{-3}$$

indipendentemente dalla portata volumetrica emessa

eventuali esclusioni

"[...] un insieme di sorgenti *può essere ritenuto trascurabile* se corrispondente ad un rateo emissivo di odore inferiore al 10% di quello complessivo dello stabilimento e comunque contemporaneamente non superiore a 500 ou/s"

"In ogni caso deve essere data evidenza, almeno in forma riassuntiva tabellare, *di tutte le fonti di emissione odorigena presenti, indipendentemente dalla loro effettiva modellizzazione.*"

Concentrazione vs. percezione recettori (1/2)



Le valutazioni modellistiche stimano i **percentili della concentrazione odorigena di picco**, su base annuale, da confrontare con un **"valore soglia"** definito dalla normativa.

Per quantificare l'impatto ai recettori (popolazione target) **"non contano"** i **valori medi** ma contano i **"valori massimi"** e la loro **frequenza di manifestazione** (percezione).

In **olfattometria dinamica** si ha che statisticamente:

- $1 OU_E m^{-3} \Rightarrow$ il 50% della popolazione percepisce l'odore;
- $3 OU_E m^{-3} \Rightarrow$ l'85% della popolazione percepisce l'odore;
- $5 OU_E m^{-3} \Rightarrow$ il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

Questi valori numerici, secondo un'ipotesi di trasferibilità (forte!), sono **convenzionalmente assunti in aria ambiente per valutare l'impatto odorigeno presso i recettori**.

Concentrazione vs. percezione recettori (2/2)



Definire un valore di soglia:

- 1, 2, 3, 4, 5, espresso in $OU_E m^{-3}$ (ex MASE, 2023)

che corrisponde statisticamente al:

- 98° percentile delle concentrazioni odorigene annuali di picco,

significa definire:

- "un criterio protettivo"

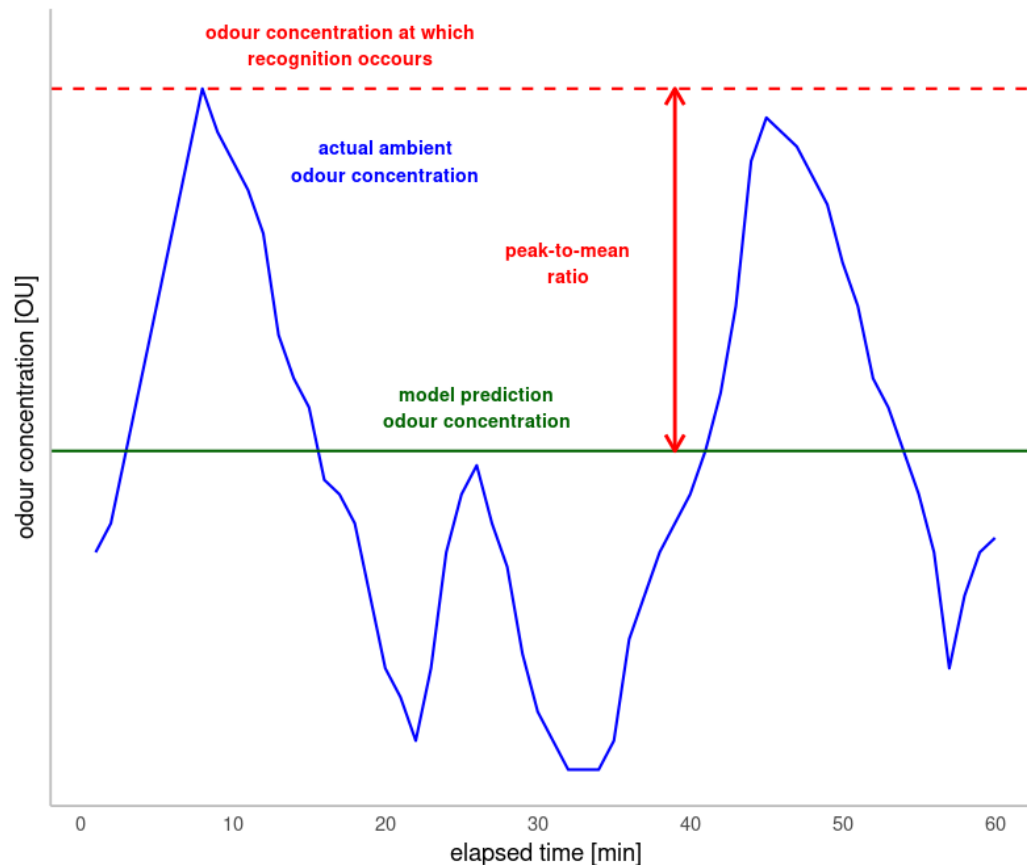
per cui viene "concesso" che i recettori possano percepire l'odore:

- al massimo per 175 ore/anno (corrisponde al 2% di 8760 ore).

Peak-to-Mean Ratio (PMR): che cos'è?



fattore moltiplicativo semi-empirico che stima ai recettori le concentrazioni *di picco* ("istantanee") dai *valori medi* (1h)

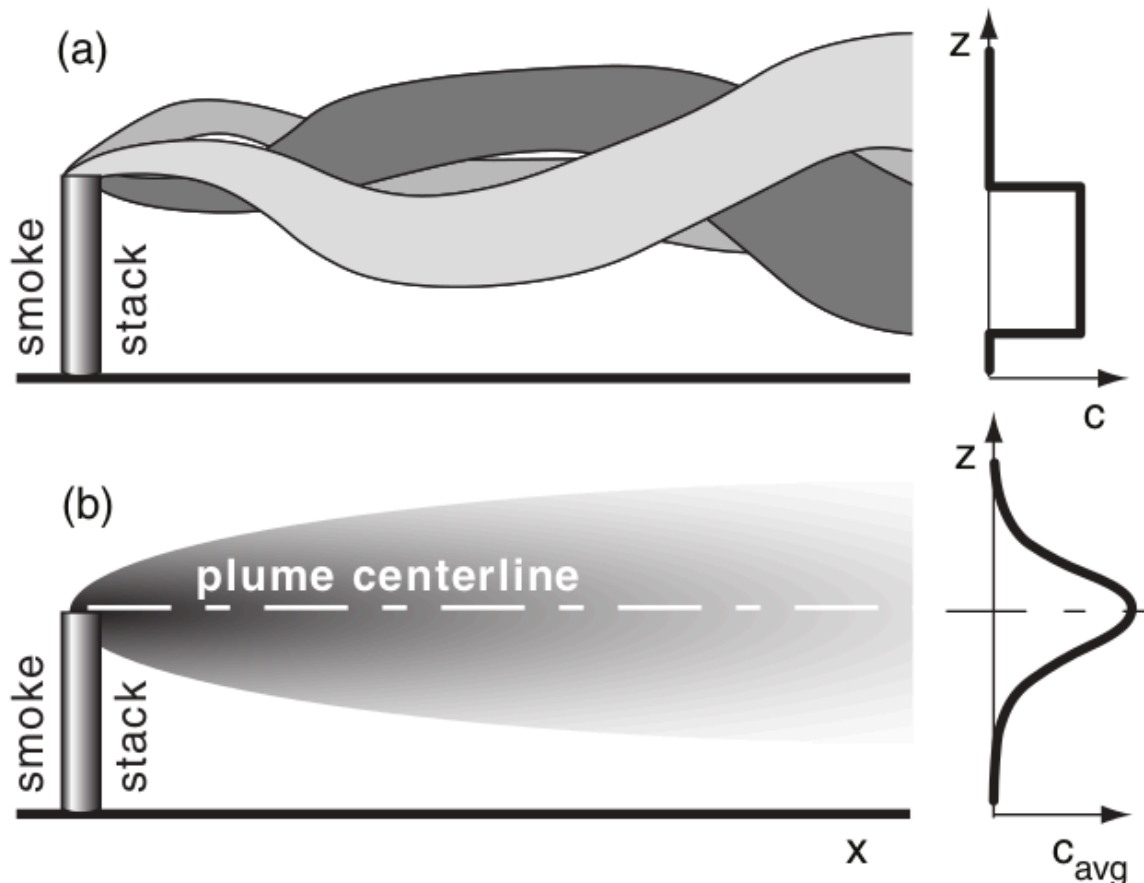


adapted from: Freeman T. & Cudmore R., (2002). Review of Odour Management in New Zealand. Air quality Technical Report n. 24. <https://environment.govt.nz/assets/Publications/Files/odour-tr-aug02.pdf>

PMR e plume meandering



PMR tenta di stimare i valori di "picco" ai recettori "determinati" dalle fluttuazioni del pennacchio (vs. "ensemble average").

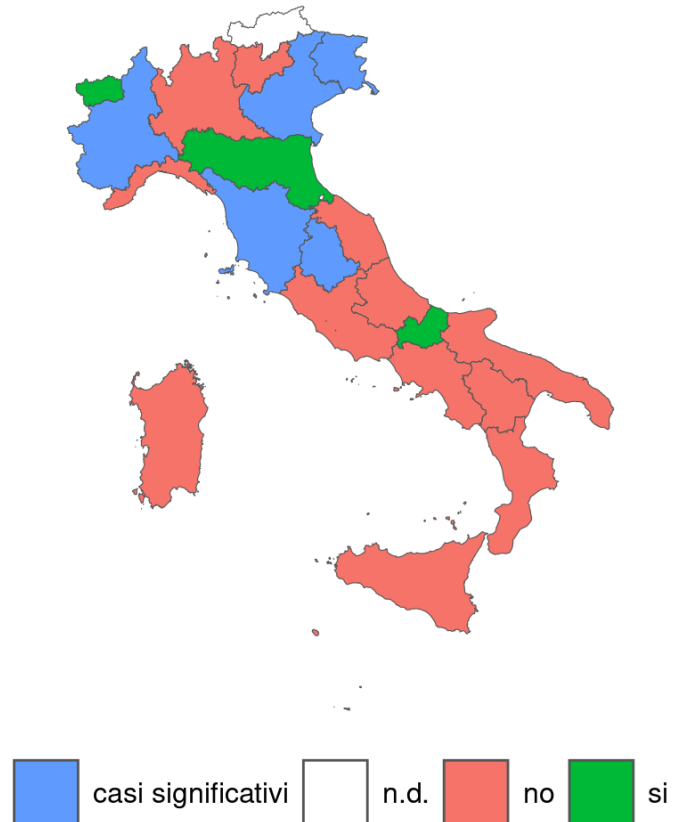


from: Stull, 2015. Practical Meteorology. An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. The University of British Columbia Vancouver, Canada.

Quali applicazioni ARPA per la modellistica?
E con quali strumenti?

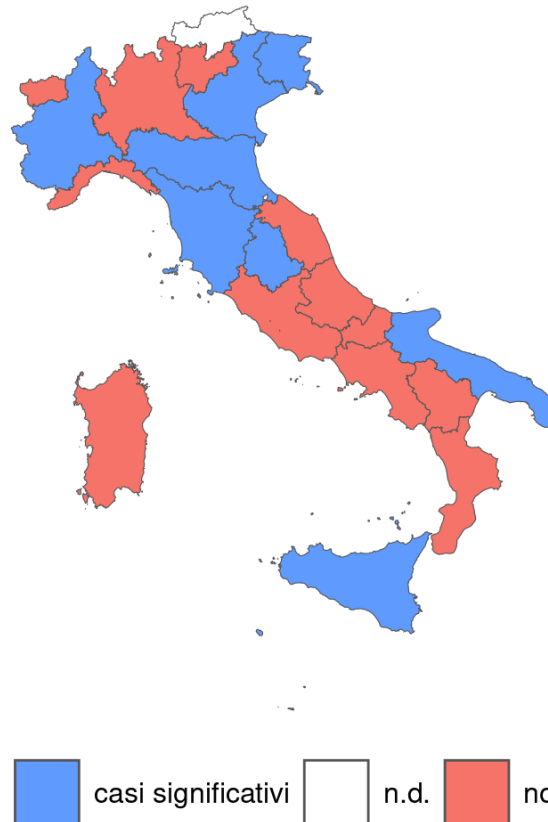
Questionario RRTEM05 SNPA 2023

Per verifica pareri di competenza



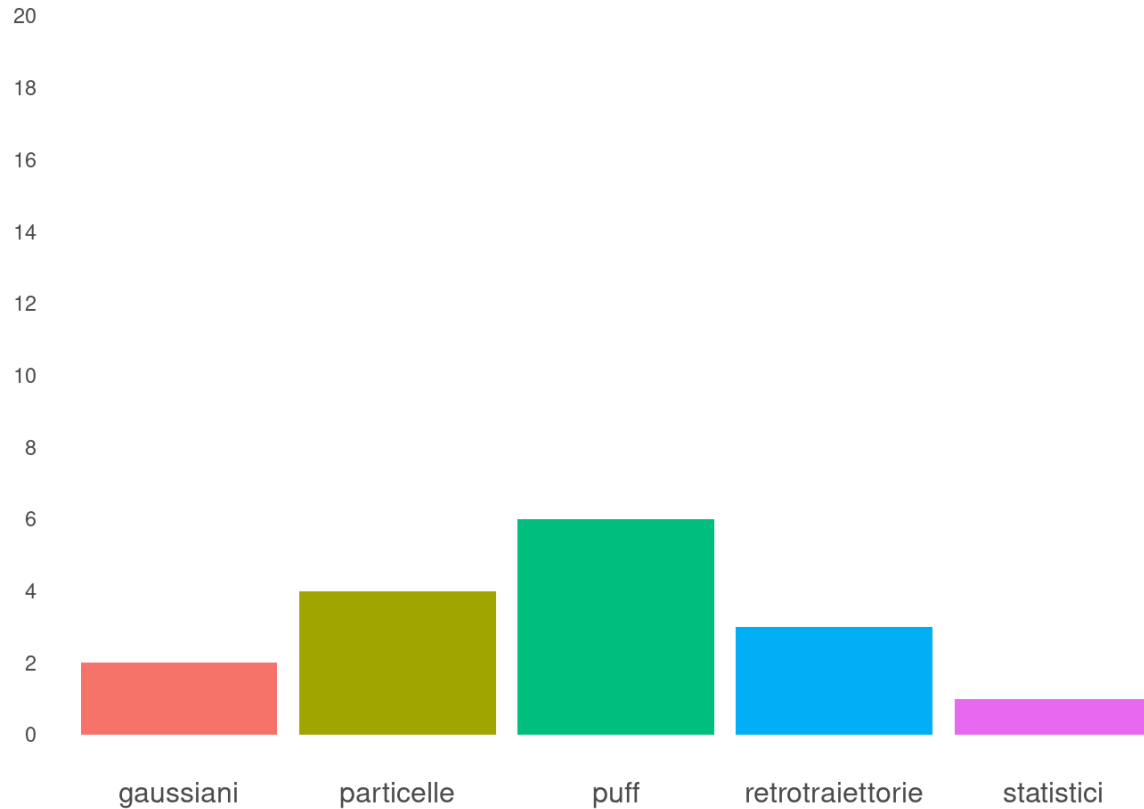


Per verifica segnalazioni recettori





Approcci modellistici utilizzati



Obiettivi delle simulazioni modellistiche nelle valutazioni di impatto odorigeno

Valutazione su differenti livelli



Rispetto a una o più sorgenti su "area limitata":

- *valutazioni preventive (ex ante, prognostiche)*
 - verifica di conformità dei livelli di accettabilità presso i recettori
 - analisi di scenario per modifiche layout impianto
- *valutazioni successive (ex post, diagnostiche)*
 - misura quantitativa dell'impatto presso i recettori
 - sistema di gestione e/o allerta d'impianto

Rispetto a più sorgenti su "area estesa":

- *valutazioni "strategiche" (zonizzazione)*
 - sistema di supporto decisionale alla pianificazione territoriale

Allo stato attuale la "valutazione strategica" è in gran parte inespressa.
Prevista indirettamente dagli "Indirizzi" è ricollegabile alla definizione dei **criteri di accettabilità** ai recettori che sono basati su principi di **pianificazione urbanistica e territoriale**.

Valutazioni "strategiche" (1/3)



"Vecchi" criteri e valori di accettabilità (ex LG ARPAV):

- recettori in **aree residenziali**
 - 1 OUE/m³ per distanze > 500 m da sorgenti
 - 2 OUE/m³ per distanze tra 500 m e 200 m da sorgenti
 - 3 OUE/m³ per distanze < 200 m da sorgenti
- recettori in **aree non residenziali**
 - 2 OUE/m³ per distanze > 500 m da sorgenti
 - 3 OUE/m³ per distanze tra 500 m e 200 m da sorgenti
 - 4 OUE/m³ per distanze < 200 m da sorgenti

"Nuovi" criteri e valori di accettabilità (ex "Indirizzi" MASE, 2023):

- eliminazione del criterio "distanza" dalle sorgenti;
- definizione più rigorosa ed articolata dell'ambito territoriale e delle classi di sensibilità dei recettori;
- enfasi su aspetti legati alla pianificazione urbanistica/territoriale.

Valutazioni "strategiche" (2/3)



Legato (...o meglio, un auspicio!)

⇒ ex "Indirizzi" MASE, 2023:

"Appare utile [...] che le competenti autorità territoriali possano assicurare, a livello locale, un efficace coordinamento con le norme e procedure relative alle emissioni acustiche e quelle relative alla pianificazione territoriale/urbanistica" (

Definisce un approccio *strategico (preventivo)* nella valutazione di impatto odorigeno attraverso il coordinamento e la verifica di compatibilità con gli strumenti sovraordinati di pianificazione urbanistica e territoriale.

I contenuti tecnici che definiscono i criteri di accettabilità odorigena richiamano quelli tipici della *"Zonizzazione Acustica"*.

⇒ **Domanda aperta:**

- la possibile evoluzione normativa e procedurale delle valutazioni di impatto odorigeno sarà caratterizzata dalla definizione di una **Zonizzazione Odorigena (Osmogena) del Territorio?**

Valutazioni modellistiche "strategiche" (3/3)



... Come fare?

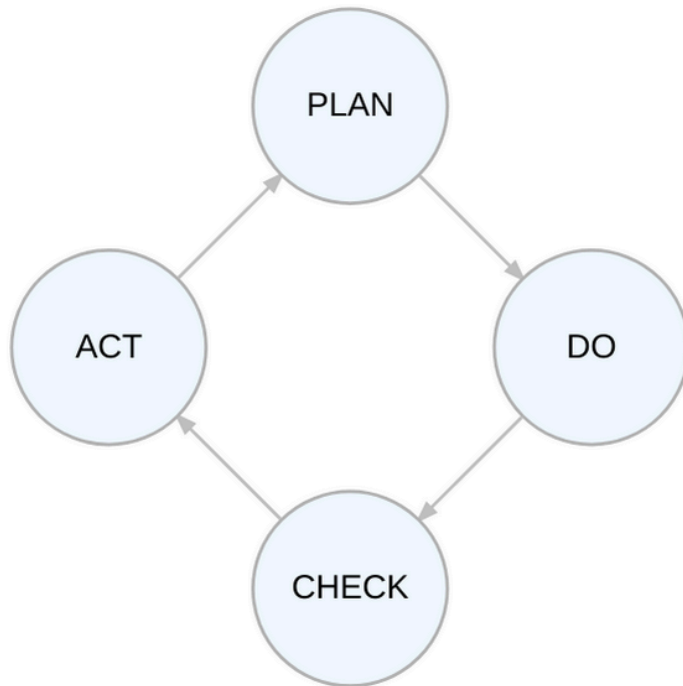
- Non esistono "LG ufficiali" sui contenuti tecnici di una valutazione modellistica odorigena "strategica" per una classificazione "osmogena" del territorio.
- "Modellistica inversa"? Stima del "termine sorgente": per ogni cella del dominio di calcolo viene stimata l'emissione massima di odore [OUE/s] "consentita" per il rispetto dei valori di accettabilità presso i recettori.
- Un argomento "nuovo" ed una metodica di valutazione da inventare, sviluppare e testare: c'è qualche "caso studio" interessante ma ancora in fase di sviluppo (ARPA-FVG).
- Necessità di concertazione su modi e contenuti tecnici con autorità competenti a livello locale, regionale e nazionale per "spostare" una parte delle valutazioni a livello di pianificazione.

La modellistica odorigena
nel processo regolatorio (autorizzativo)
ex "Indirizzi Nazionali"

PDCA, autorizzazione ex "Indirizzi"



Il processo decisionale di autorizzazione e valutazione dell'impatto odorigeno degli "Indirizzi" come un **ciclo di miglioramento continuo** (Deming, PDCA).



PLAN – istruttoria

- autorizzazione "iniziale" (sub iudice) e "finale" (aggiornamento)
- prescrizioni tecniche, gestionali, operative e di monitoraggio

DO – esercizio attività

- implementazione, monitoraggio

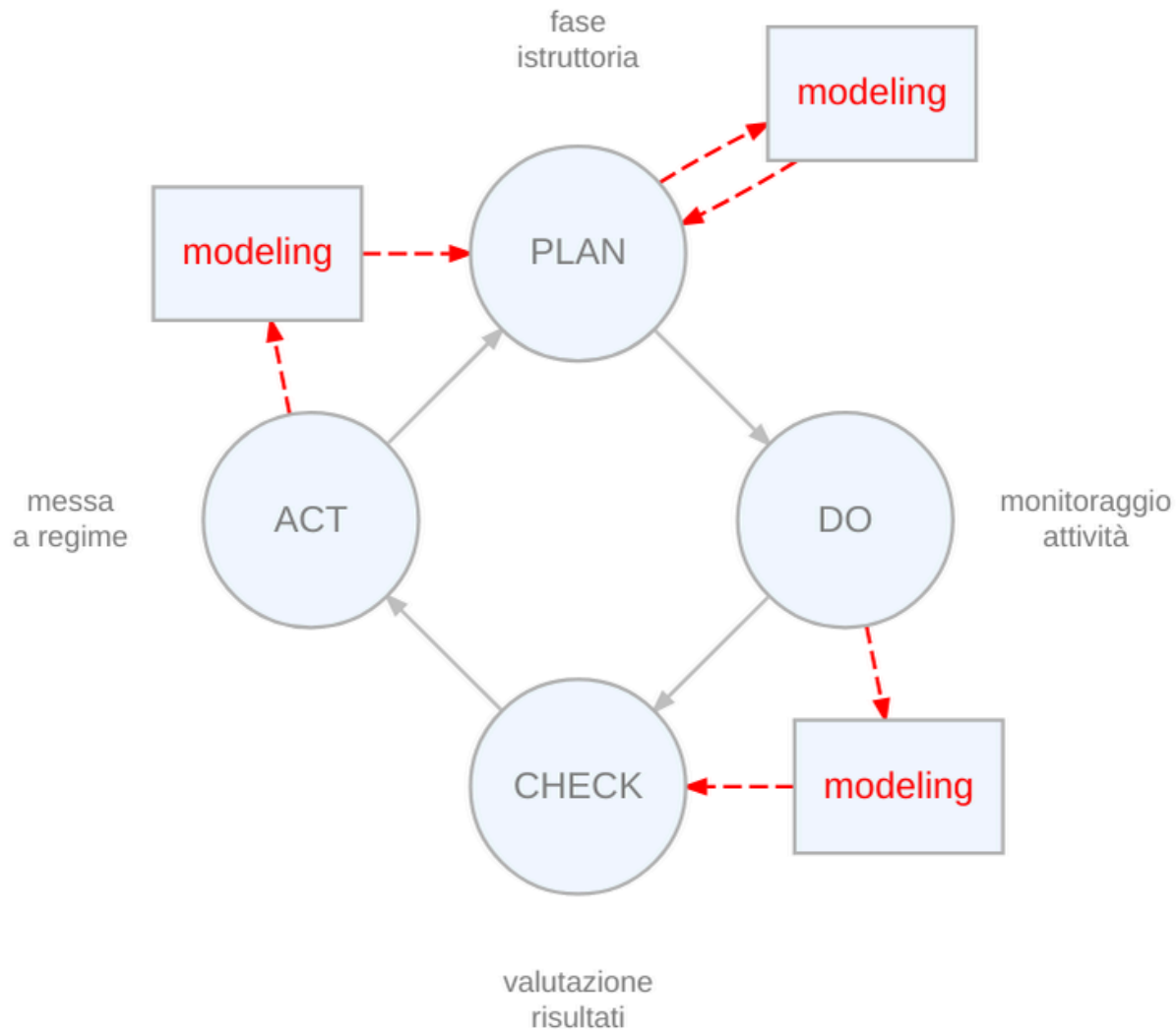
CHECK – riesame e rivalutazione

- controllo risultati, feedback

ACT – mitigazione e controllo

- messa a regime, regolazione

PDCA, modellistica e autorizzazione



Impianti nuovi o con modifiche peggiorative



- **PLAN - istruttoria**

modellistica con fattori di emissioni stimati da letteratura o da misure in impianti analoghi o da storico attività ⇒ obiettivo: verifica impatto ai recettori.

- **DO - monitoraggio e rilascio autorizzazione**

modellistica a seguito di prescrizioni impiantistiche, gestionali, operative ⇒ obiettivo: definizione di valori alle emissioni "funzionali" alla fase successiva.

- **CHECK - impianto realizzato, autorizzazione iniziale**

modellistica con fattori di emissione da misure dirette; eventuale supporto ed integrazione del monitoraggio presso i recettori ⇒ obiettivo: proposta di valori alle emissioni per autorizzazione finale.

- **ACT - impianto realizzato, aggiornamento autorizzazione**

modellistica con fattori di emissioni da misure dirette, dopo la messa a regime ⇒ obiettivo: definizione dei valori di emissione in autorizzazione finale.

Impianti esistenti con casi critici



- **PLAN - fase iniziale**

modellistica con fattori di emissioni da misure dirette $\Rightarrow$ obiettivo: conferma impatto presso i recettori.

- **DO - monitoraggio, progettazione interventi**

modellistica a valle di prescrizioni impiantistiche, gestionali, operative $\Rightarrow$ obiettivo: definizione di valori alle emissioni "funzionali" alla fase successiva.

- **CHECK - verifica soluzioni proposte**

modellistica con fattori di emissione da misure dirette; eventuale supporto ed integrazione del monitoraggio presso i recettori $\Rightarrow$ obiettivo: proposta di valori alle emissioni per autorizzazione finale.

- **ACT - aggiornamento autorizzazione**

modellistica con fattori di emissione da misure dirette, dopo la messa a regime $\Rightarrow$ obiettivo: definizione dei valori di emissione in autorizzazione finale.

Caso studio simulato

PMR statico vs. dinamico

Naples, 15-18 September 2024

Bressan M., Dalla Fontana A.,
Intini B., Bassan R., Pretto U.,
Tomiato L., 2024.

*Sensitivity analysis of odour
exposure from dispersion
modelling exercises with
different Peak-to-Mean Ratio.*

*Chemical Engineering
Transactions, 112, 169-174.*

<https://doi.org/10.3303/CET24112029>



CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 112, 2024

Guest Editors: Selena Sironi, Laura Capelli
Copyright © 2024, AIDIC Servizi S.r.l.
ISSN 979-12-81206-13-7; ISSN 2283-9216

169

A publication of



The Italian Association
of Chemical Engineering
Online at www.cetjournal.it

DOI: 10.3303/CET24112029

Sensitivity Analysis of Odour Exposure from Dispersion Modelling Exercises with Different Peak-To-Mean Ratio

Massimo Bressan*, Alberto Dalla Fontana, Barbara Intini, Rodolfo Bassan, Ugo Pretto, Loris Tomiato

ARPAV, Unità Organizzativa Qualità dell'Aria, UMAVO, Via Santa Barbara 5/a - 31100 Treviso, Italy
massimo.bressan@arpa.veneto.it

The odour impact assessment of an anonymized case study revealed occasionally conflicting results when utilizing two model systems, CALPUFF and LAPMOD, with different peak-to-mean ratio (PMR) configurations. Implementing a dynamic PMR with a shorter peak time showed more conservative evaluations in the near-field but resulted in opposite outcomes in the far-field. The choice of model and the approach employed to estimate PMR significantly affected the determination of separation distances and the protection level, highlighting the potential risk for inconsistent conclusions, particularly within regulatory contexts. Increased awareness is crucial for both practitioners and regulators on the consequences of a specific model configuration in odour impact assessments. Achieving consistency in modelling exercises and ensuring an adequate level of protection for sensible receptors remains challenging, highlighting the importance of a strong commitment to reproducibility for effectively quantify uncertainties in odour impact assessments.

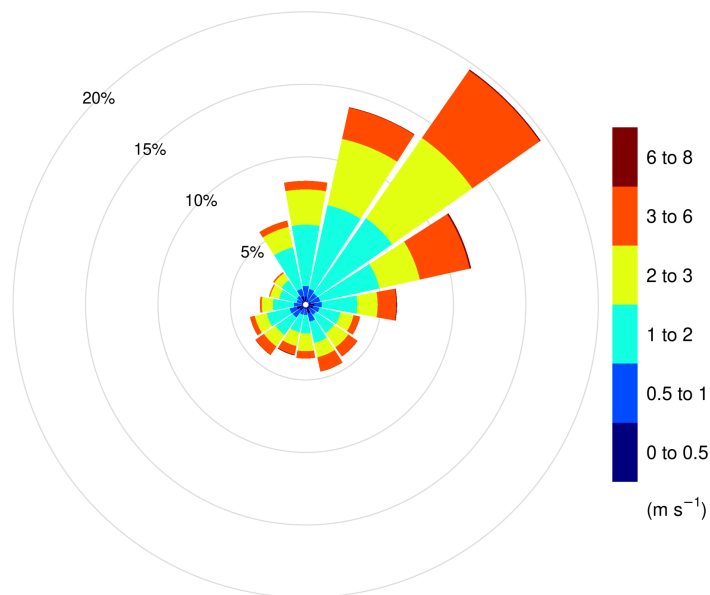
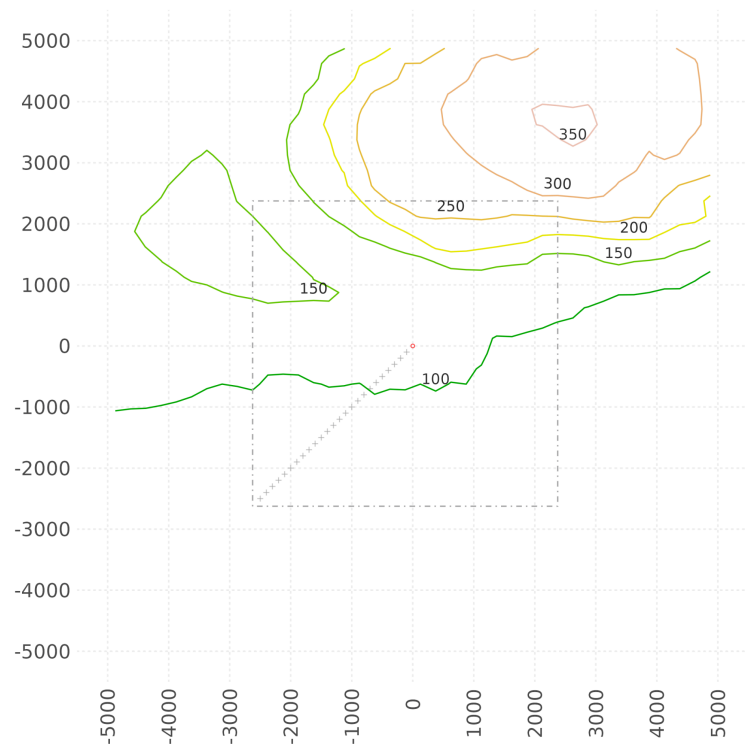
1. Rationale, scope and motivation

The paramount importance of modelling in the process of odour assessment has been recently emphasized by international experts (Amigo & Olores org, 2023) and, in Italy, by the enactment of a new regulation by the Ministry of Environment (2023). However, there exists little agreement, not only among practitioners but also by local regulatory authorities, regarding the selection of the dispersion models and their optimal fine-tuning. A critical and still partly unresolved issue is determining the most effective approach to estimate the short-term peak odour concentrations. Recent literature and evidence-based experience suggest that, aside from a handful of promising approaches still in active development, tridimensional Lagrangian puff and particle models are emerging as the preferred choice from an operational standpoint for tackling the challenges of the odour exposure assessment (Amigo & Olores org, 2023). Atmospheric dispersion modelling applications within permitting procedures are typically dealing with the compliance of air quality standards over 1 h. On the other hand, odour nuisances at receptors occur with a frequency relatively high as human breath, lasting an average of 1 s but conventionally assumed of 5 s. Odour impact assessment needs the accurate reconstruction of short-term concentrations (Capelli et al., 2013) and this entails conceiving a method to estimate odour fluctuations or applying a statistical scaling factor to obtain the odour peak value. Within this operational framework, the primary objective of the present study is not novel (Invernizzi et al., 2020; Brancher et al., 2020) but aims to offer additional insights into the variability of results from modelling exercises implementing different PMRs. The adoption of a static PMR equal to 2.3, as first defined by the Lombardy Region (2012), represents in Italy a widely accepted operational approach within practitioners as it is, moreover, often explicitly requested by regulatory authorities. It was originally conceived as a clear-cut solution aimed at ensuring consistency and simplicity but, as it will be shown in this study, it can lead to potential biases in assessing odor impact at specific receptors.

Layout caso studio simulato



sorgente, emissioni, meteo, dominio, terreno, recettori



sorgente puntuale (camino): $h = 22 \text{ m}$, $d = 1 \text{ m}$

effluenti: $T = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $v = 13 \text{ m/s}$

OER: 24,000 OUE/s (costante 24/7)

transetto SW: 25 recettori discreti

CALMET (Cosmo5 24+): $10 \times 10 \text{ km}$, mesh 250 m

LAPMOD, CALPUFF: $4 \times 4 \text{ km}$, mesh 50 m

rosa venti: $h = 10 \text{ m}$, da CALMET

uso suolo: CORINAIR; orografia: DTM RV

Il problema



Quanto e come cambiano le stime modellistiche di impatto odorigeno con differenti (alternative) modalità di calcolo PMR?
(oltre al "classico" PMR = 2.3, usato in Italia!)

- Sensitività a differenti (alternativi) sistemi modellistici:
CALPUFF vs. LAPMOD (lagrangiano puff vs. lagrangiano particelle)
- Sensitività a differenti (alternative) parametrizzazioni PMR:
LAPMOD PMR 'statico' (costante) vs. PMR 'dinamico' (variabile)
(post-processing vs. stima 'interna' al modello)

PMR 'statico': fattore moltiplicativo costante nel tempo e nello spazio, post-processing medie orarie;

PMR 'dinamico': variabile nel tempo e nello spazio, calcolo internalizzato nel codice e parametrizzato in funzione di stabilità atmosferica, tempo di volo, tempo lagrangiano;

Smith M., 1973. Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. ASME Eds, New York.

Mylne K., Mason P., 1991. Concentration fluctuation measurements in a plume dispersing at a range up to 1000. Q. J. R. Meteorol. Society, 117, 177-206.

2 modelli, 7 configurazioni



per 7 stime alternative di impatto odorigeno

#	sigla	modello	PMR	valore	peak-time	stat
1	s_2.3	CALPUFF	statico	2.3	--	media 1h
2	s_avg_2.3	LAPMOD		2.3	--	media 1h
3	s_max_1.6			1.6	--	max 1h
4	d_avg_5s		dinamico	--	5 s	media 1h
5	d_max_5s			--	5 s	max 1h
6	d_avg_60s			--	60 s	media 1h
7	d_max_60s			--	60 s	max 1h

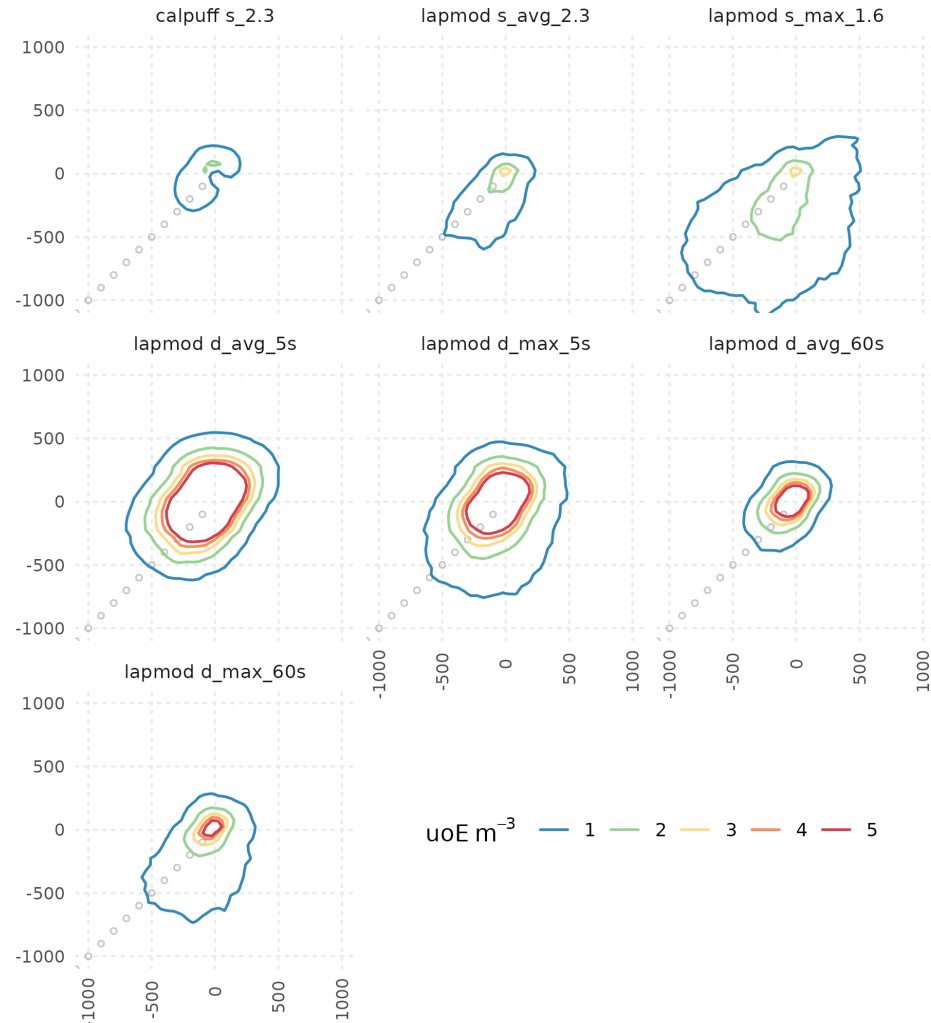
PMR statico = post-processing output modello, fattore costante;

PMR dinamico = stima interna al modello, fattore variabile;

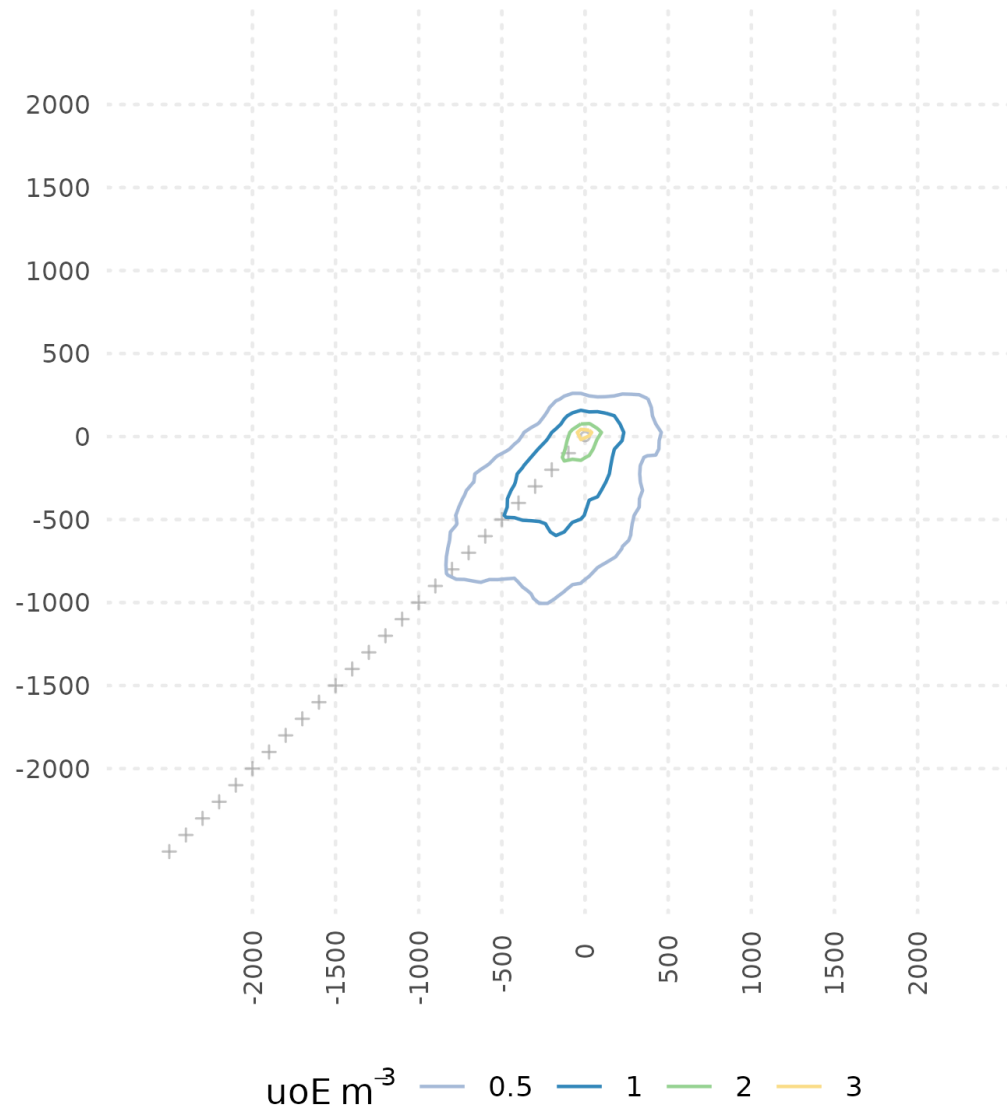
Contour plots: 98th percentile



98th percentile of annual peak odour units



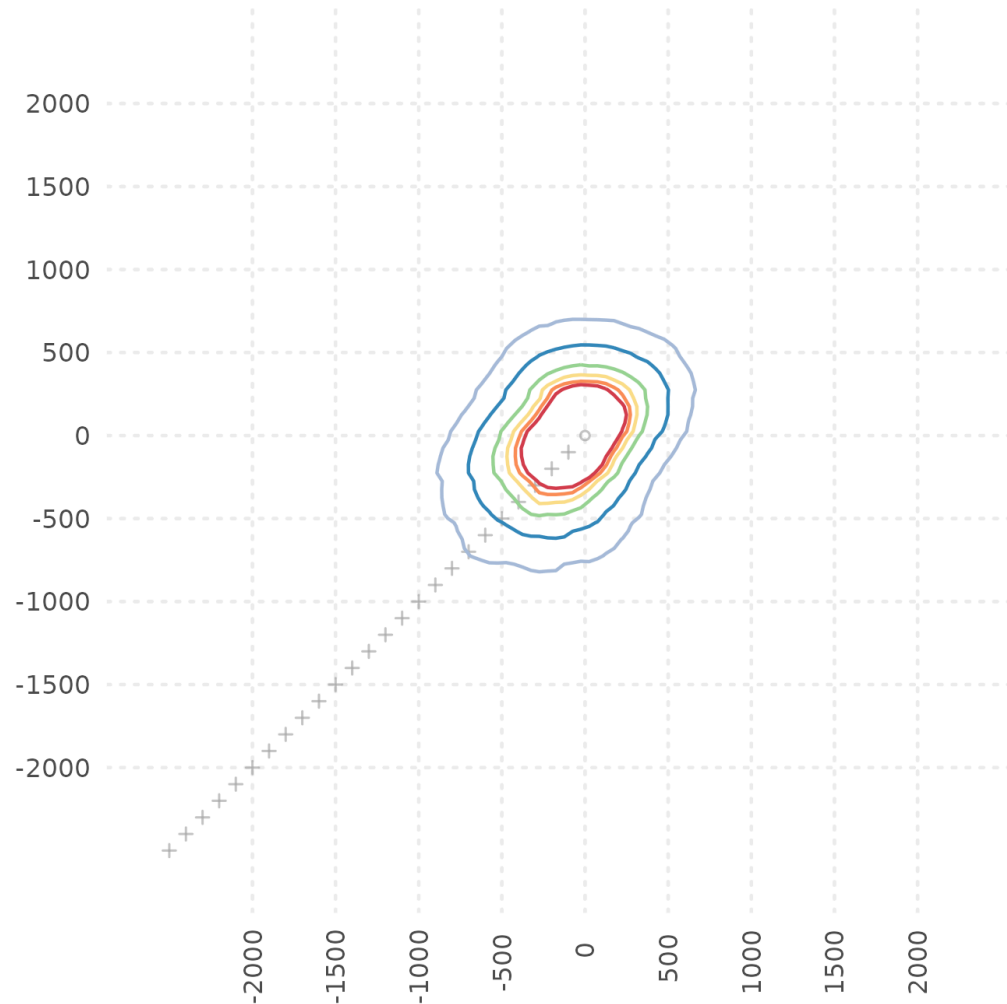
LAPMOD: PMR 2.3 (statico)



$s_{avg_2.3}$

$uoE \text{ m}^{-3}$ 0.5 1 2 3

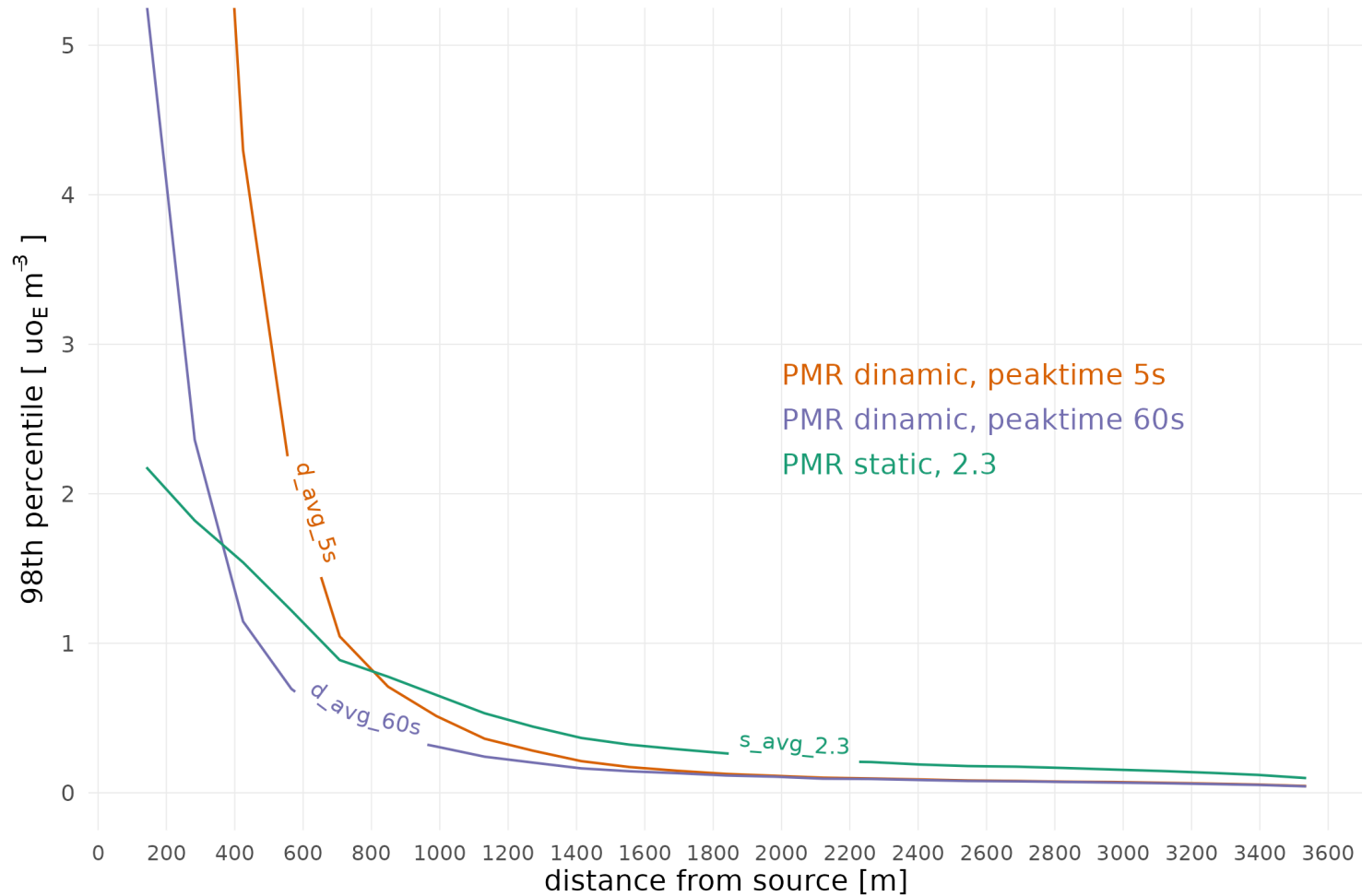
LAPMOD: PMR 5s (dinamico)



d_avg_5s

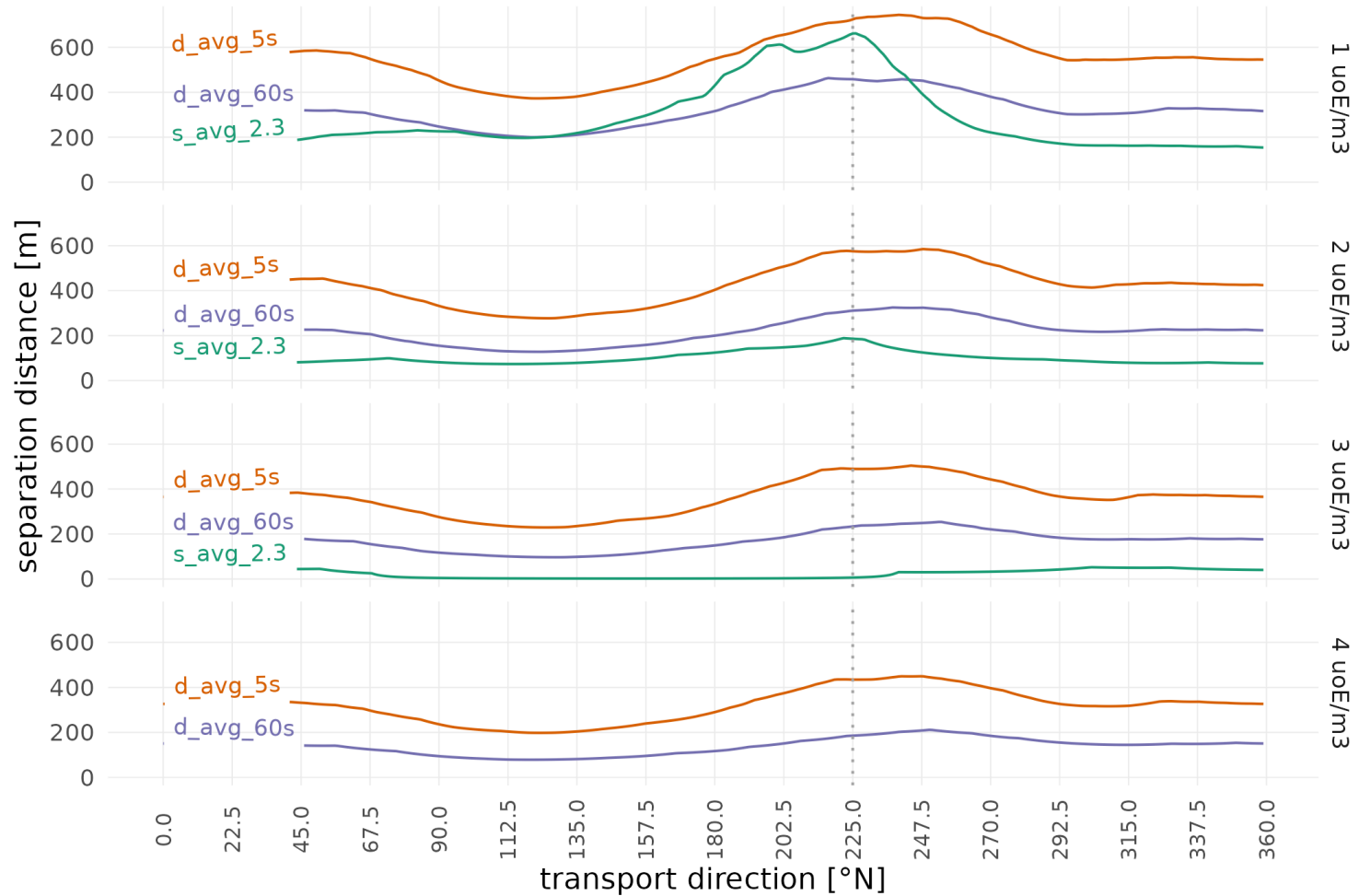
$uoE\ m^{-3}$ — 0.5 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5

LAPMOD: transetto recettori, Pct98



nb: zoom --> ylim(0, 5)

LAPMOD: distanza separazione, Pct98



225 °N transetto recettori discreti

Qual è la stima "corretta"?



...PMR statico?



...PMR dinamico?



...non c'è una risposta univoca!

- variabilità dovuta alle modalità di calcolo PMR introduce un significativo margine di incertezza nelle stime;
- manca una verifica empirica di tipo contro-fattuale (es. field inspection, analisi lamentele, citizen science);

Conclusioni



di tipo operativo (su stime)

- concentrazioni fino a ~ 1 km: PMR dinamico (5s) $>$ PMR statico;
- distanza di separazione: PMR dinamico $>$ PMR statico;
- impatto recettori < 150 m da sorgente: PMR dinamico +1 ordine di grandezza.

di tipo regolatorio (su iter autorizzativo)

- necessaria forte *consapevolezza tecnica* sulle configurazioni modellistiche *adottate (o non adottate)* dai proponenti e *richieste (o non richieste)* da autorità di controllo;
- richiesto notevole impegno verso la *riproducibilità* per una valutazione di impatto *accurata e robusta*;
- utilizzo *esclusivo* di una specifica configurazione modellistica può determinare un *bias significativo* nella verifica di conformità.

"All models are wrong, but some are useful." Box



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Area Metropolitana
Venezia Padova Rovigo Treviso



Grazie per l'attenzione

massimo.bressan@arpa.veneto.it