

EXpert PAnel for Polluting Emissions Reduction EXPAPER

Impatto delle emissioni navali in porto

DOMENICO TOSCANO E FABIO MURENA

Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale
Università di Napoli Federico II

NAPOLI 24-25 NOVEMBRE 2022

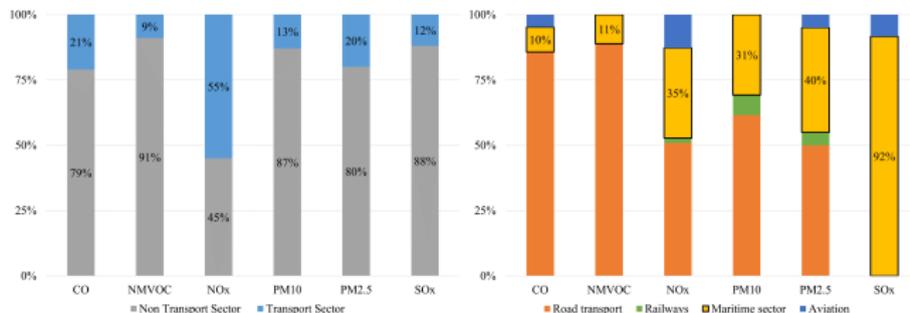


- 1 Introduzione
- 2 Stato dell'arte
- 3 Caso studio
- 4 Conclusioni
- 5 Prospettive Future

Introduzione

Il settore dei trasporti è una delle principali fonti di inquinamento atmosferico

I principali inquinanti emessi sono: CO, NMVOC, NO_x, PM_x e SO_x



Entro 2050, le emissioni del trasporto marittimo potrebbero aumentare tra il 50 e 250%¹

¹Smith et al., 2015. Third IMO GHG Study 2014. International Maritime Organization (IMO), London, UK.

Stima delle emissioni



Dati di attività

- Database locali (i.e., calendari dell'autorità portuale)
- Automatic Identification System (AIS)

Potenza del motore e fattore di carico

- Valori costanti
- Specifici profili

Fattori di emissione

- Valori di letteratura
- Misure on-board

Modelli di dispersione



- I modelli di dispersione in atmosfera sono modelli matematici in grado di simulare il trasporto, la dispersione in atmosfera e la ricaduta al suolo degli inquinanti emessi.
- Sulla base delle emissioni e degli input meteorologici, è possibile utilizzare un modello di dispersione per prevedere le concentrazioni in posizioni selezionate.

Modelli di dispersione

- Modelli di Trasporto Chimico (e.g., CMAQ, WRF-CAMx)
- Modelli Gaussiani (e.g., ADMS, CALPUFF, AERMOD)
- Computational Fluid Dynamic (CFD)

Una limitazione importante nell'applicazione dei modelli gaussiani nelle aree urbane è legata alla loro incapacità di modellare correttamente l'influenza degli edifici sul processo di dispersione.

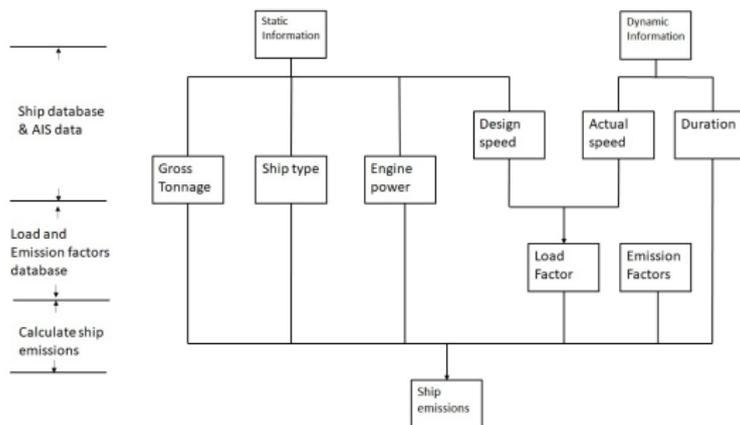
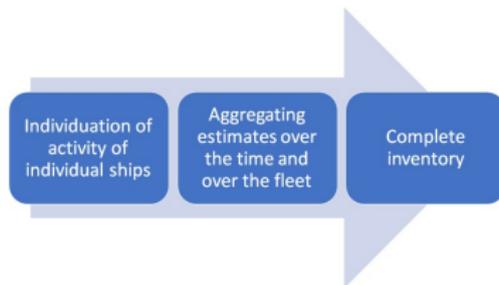
Il porto di Napoli



- Il porto di Napoli si estende per circa 12 km ed è composto da 75 ormeggi.
- Nel 2019 il porto si è confermato terzo in Italia (dopo Civitavecchia e Venezia) per traffico crocieristico con 8 milioni di passeggeri e con un traffico commerciale di circa 20 milioni tonnellate di merci.



Approccio Full Bottom-up



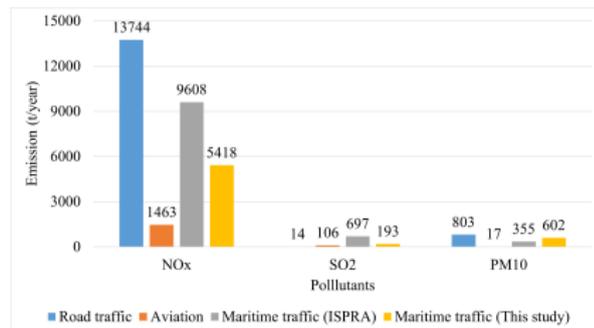
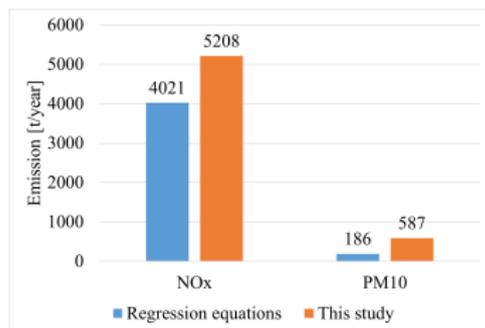
Emissioni navali



Le emissioni totali del porto di Napoli stimate nel 2018 sono:

- 5418 t/anno per NO_x;
- 193 t/anno per SO₂;
- 602 t/anno per PM10.

Le principali sorgenti per NO_x e PM10 sono il trasporto su strada seguito dal settore marittimo. Per SO₂, la maggiore fonte è il settore marittimo. L'aviazione rappresenta l'ultima sorgente emissiva.

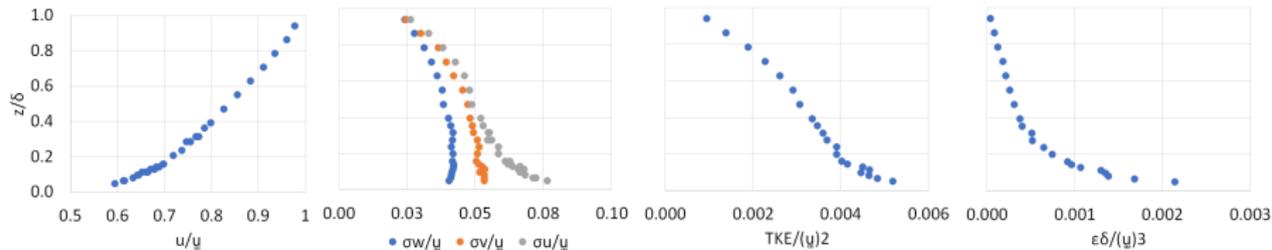


Modello area urbana

- Area 1.2 km²
- Scala 1:500
- Direzione del vento SE
- 3 Navi da crociera
- 2 Rapporti di velocità (velocità di uscita dei fumi/velocità del vento all'altezza del camino)



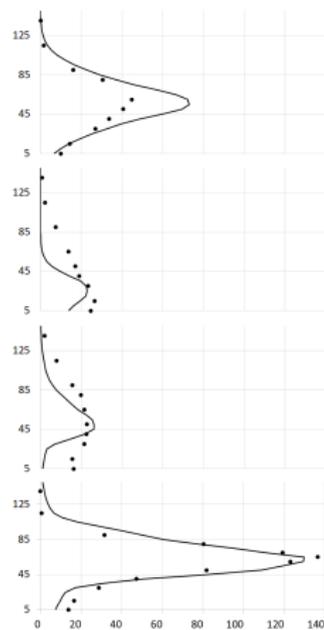
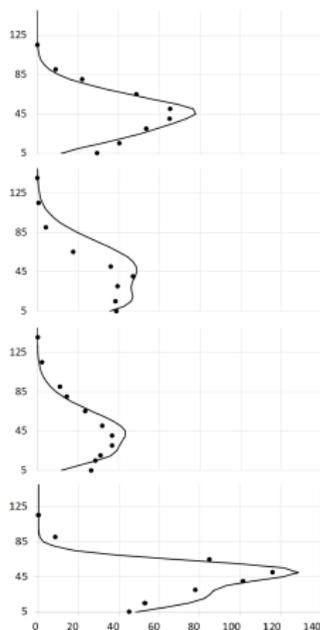
Wind Tunnel



Wind Tunnel vs. CFD: Profili verticali di SO_2 

UR 1

UR 4



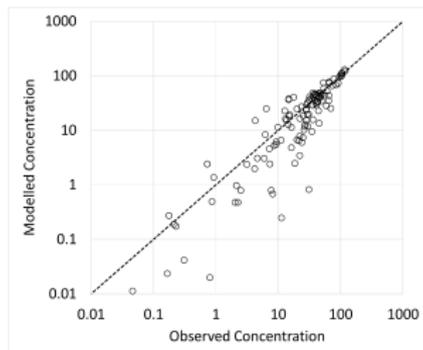
WT = punti - CFD = linea



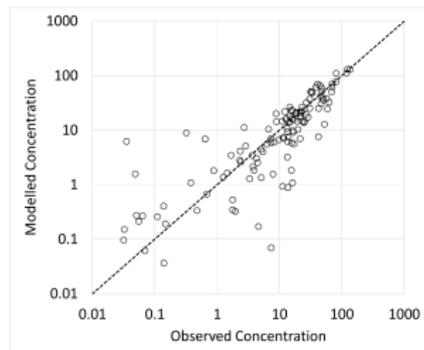
Wind Tunnel vs. CFD



UR 1



UR 4



Velocity ratio	NMSE	CORR	FAC2	FB
UR = 1	0.17	0.93	0.63	0.12
UR = 4	0.29	0.92	0.65	0.10
Reference Value ³	≤ 6		≥ 0.3	≤ 0.67

³Hanna, S., Chang, J. (2012). Acceptance criteria for urban dispersion model evaluation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 116(3), 133-146.

Analisi di sensibilità CALPUFF



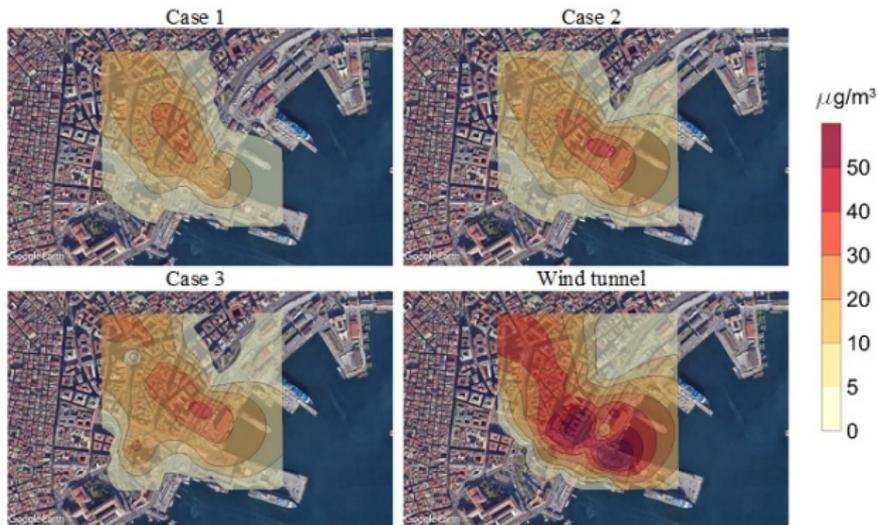
È stata eseguita un'analisi di sensibilità del modello CALPUFF per determinare l'effetto di due opzioni:

- Il modulo di building downwash (per includere l'interazione tra il pennacchio emesso dalle navi da crociera e/o dagli edifici vicini).
- La parametrizzazione della diffusione del pennacchio.

Le simulazioni sono state eseguite utilizzando tre diverse configurazioni.

	Building downwash module attivato:	Coefficienti di dispersione stimati con:
Case 1	No	CALMET
Case 2	Si	CALMET
Case 3	Si	WIND TUNNEL

WT vs. CALPUFF

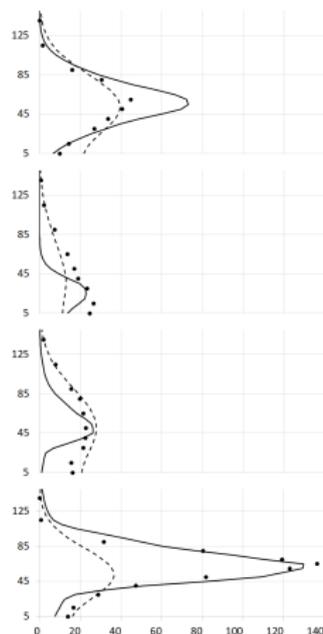
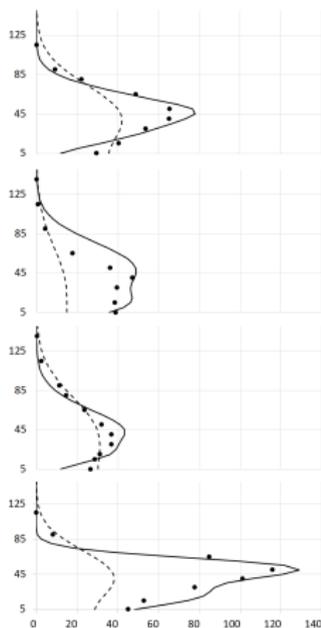
Confronto concentrazioni SO_2 al suolo

Model	NMSE	CORR	FAC2	FB
WT - CALPUFF (Case 1)	2.93	0.52	0.22	0.88
WT - CALPUFF (Case 2)	2.15	0.58	0.25	0.75
WT - CALPUFF (Case 3)	1.68	0.54	0.39	0.58
Reference Value	≤ 6		≥ 0.3	≤ 0.67

CALPUFF Effetto UR: Profili verticali di SO_2 

UR 1

UR 4

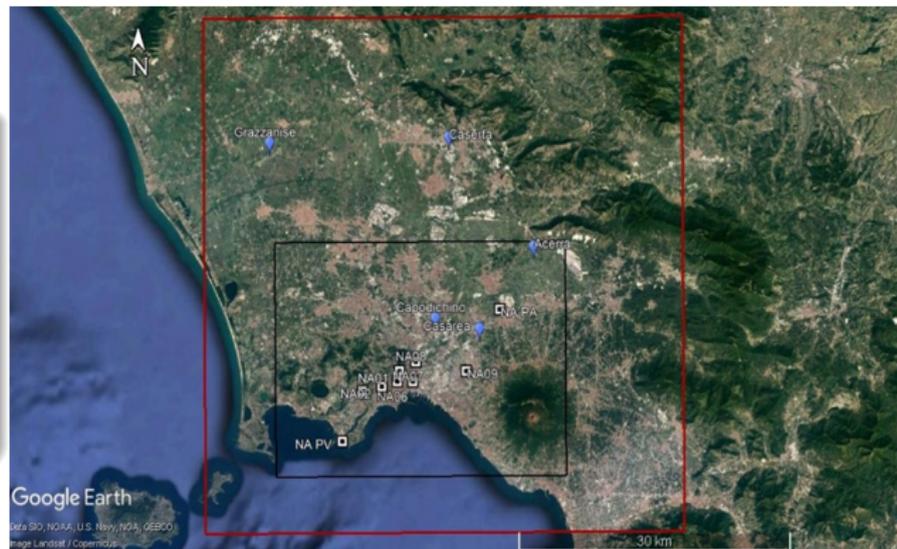


WT = punti - CFD model = linea continua - CALPUFF = linea tratteggiata

Catena Modellistica

La catena modellistica
è composta da:

- LANDUSE
- CALMET
- CALPUFF
- CALPOST



Model	Area [km^2]	$N_x \times N_y$	Spaziatura [m]
CALMET	3000	265 × 265	200
CALPUFF	800	160 × 120	200

Impatto sulla qualità dell'aria



Il contributo delle emissioni del trasporto marittimo sulla qualità dell'aria è stato valutato confrontando i risultati della simulazione CALPUFF con i dati di qualità dell'aria misurati dalla rete regionale di monitoraggio (ARPA)

Monitoring Station	Percentage contribution of ship emission					
	NO_2		SO_2		Total PM10	
	Annual mean	98th percentile	Annual mean	98th percentile	Annual mean	98th percentile
NA01	27%	82%			3%	8%
NA02	13%	54%			5%	10%
NA06	20%	93%			5%	11%
NA07	64%	>100%	92%	>100%	11%	18%
NA08	18%	58%			5%	7%
NA09	6%	26%	1%	5%	2%	3%
NA-PV	33%	86%	11%	38%	5%	9%
NA-VE	10%	42%				
NA-PA	5%	23%	1%	3%	1%	1%

Confronto con altri porti



Porti	Contributo [%]				Riferimento
	NO2	SO2	PM10	PM2.5	
Napoli	64	92	11		Toscano et al. (2020) ⁴
Civitavecchia	55	43	33		Gobbi et al. (2020) ⁵
Venezia	9.1	16.5	2.3	2.6	Merico et al. (2017) ⁶
Brindisi	32.5	46.3	3.7	4.7	Merico et al. (2017)

⁴Assessment of the impact of ship emissions on air quality based on a complete annual emission inventory using AIS data for the port of Naples. Ocean Engineering, 232, 109166.

⁵Impact of port emissions on EU-regulated and non-regulated air quality indicators: The case of Civitavecchia (Italy). Science of the Total Environment, 719, 134984.

⁶Atmospheric impact of ship traffic in four Adriatic-Ionian port-cities: Comparison and harmonization of different approaches. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 50, 431-445.

Conclusioni



L'impatto delle emissioni navali alla qualità dell'aria delle città portuali non è trascurabile

I principali inquinanti emessi risultano essere NO_x e SO_x

I modelli di dispersione risultano essere uno strumento molto utile nella valutazione dell'impatto del trasporto marittimo sulla qualità dell'aria, previa ottimizzazione

Prospettive future



La modellazione delle emissioni delle navi nelle aree portuali comporta diverse incertezze e approssimazioni.

Risulta necessaria l'applicazione di modelli di dispersione che tengano conto dell'effetto di:

- edifici che possono indurre delle modifiche ai fenomeni dispersivi
- presenza della discontinuità terra-mare che determina una situazione micrometeorologica particolarmente complessa.

Un esempio può essere rappresentato dal modello Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM). PALM è basato su tecniche LES e RANS con moduli aggiuntivi per la modellazione di vari processi atmosferici. Il modello PALM, insieme ai suoi moduli, permette di stimare, non solo l'impatto delle diverse sorgenti sulla qualità dell'aria con un'elevata risoluzione spaziale, ma anche l'impatto sulla popolazione umana.

Grazie per l'attenzione!