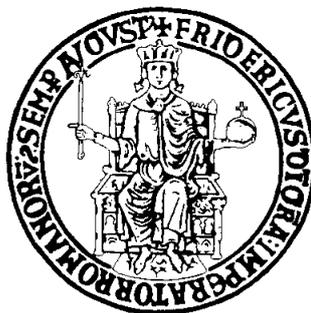


# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



## CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA,  
DEI MATERIALI E DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE

### TESI DI LAUREA

*“Analisi dei dati di due campagne di monitoraggio della  
qualità dell’aria nel Porto di Napoli”*

RELATORE  
Ch.mo Prof. Ing.  
Fabio Murena

CANDIDATA  
Angelica Cozzolino  
M67/051

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

## Abstract della Tesi di Laurea

### di Angelica Cozzolino

Il presente elaborato di tesi ha lo scopo di effettuare un'analisi dei dati ricavati da due diverse campagne di monitoraggio della qualità dell'aria nel Porto di Napoli.

In particolar modo il lavoro di tesi è volto ad effettuare:

- un'analisi spaziale per individuare eventuali correlazioni tra le concentrazioni degli inquinanti monitorati con la direzione prevalente del vento e quindi verificare la maggiore o minore influenza delle emissioni portuali sulla qualità dell'aria nel porto;
- un'analisi statistica, che valuta i livelli medi di qualità dell'aria nell'area portuale nell'ipotesi che i valori siano omogenei e rappresentativi di analoghe situazioni di inquinamento, per confrontarla con i valori misurati nell'area urbana di Napoli ed in altre aree portuali allo scopo di dare un giudizio sulla qualità dell'aria nel Porto di Napoli;
- un'analisi temporale, che attraverso il confronto degli andamenti medi orari degli inquinanti misurati nel porto e nell'area urbana di Napoli metta in evidenza la presenza o meno di correlazioni.

L'inquinamento atmosferico è una delle più importanti problematiche ambientali degli ultimi decenni. Tale fenomeno è legato alle attività industriali, al riscaldamento ed ai trasporti. Proprio in merito ai trasporti, non si fa riferimento al solo trasporto stradale ma anche a quello navale in quanto è il mezzo più usato dal commercio. Pertanto, è utile studiare quale possa essere il contributo che le navi danno all'inquinamento dell'aria.

La tesi è articolata in quattro capitoli, i cui contenuti salienti sono di seguito riportati.

Nel primo capitolo è descritto l'inquinamento atmosferico nelle aree urbane e gli inquinanti atmosferici emessi dalle navi.

Nel secondo capitolo sono descritti i dati raccolti e le metodologie di analisi adottate, in particolare sono state costruite le windrose per ogni campagna di monitoraggio e sono stati validati i dati ottenuti dalle due tipologie di campionamento.

Nel terzo capitolo sono elaborati i risultati ottenuti. Di seguito si fa riferimento alle principali analisi svolte ed ai risultati con esse ottenuti.

Attraverso l'analisi spaziale si vogliono individuare le eventuali correlazioni degli inquinanti misurati nel porto con la direzione prevalente del vento. Per entrambe le

campagne di monitoraggio è stata disegnata la mappa che riporta la composizione dei vari inquinanti analizzati dai campionatori passivi (BTEX, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>) in cui emerge che per BTEX e NO<sub>2</sub> vi è scarsa correlazione con la distanza sottovento, mentre per la SO<sub>2</sub> vi è una correlazione più alta ( $R^2=0,42$ ). Pertanto, per quanto riguarda BTEX e NO<sub>2</sub>, l'analisi spaziale delle due campagne sembra indicare che le emissioni portuali, nella porzione di porto considerata, non contribuiscono in modo significativo ai livelli di concentrazione misurati per questi inquinanti. Per la SO<sub>2</sub>, invece, sembra esserci un contributo significativo delle emissioni portuali sui livelli di concentrazione di questo inquinante.

Attraverso l'analisi statistica si vogliono valutare i livelli medi di qualità dell'aria nel porto per poi confrontarli con i dati dell'area urbana e quelli di altri porti. Dalla tabella di sintesi statistica, in cui sono riportati i parametri statistici più significativi (media, minimo, massimo ed intervallo di confidenza), è possibile evincere che i livelli di concentrazione sono mediamente bassi ed entro i limiti normativi. Inoltre, depurando i dati dai valori "outliers" (valori che se considerati altererebbero le analisi), è stato realizzato un confronto tra i dati ottenuti dai campionatori passivi e quelli ottenuti dall'analisi in continuo in cui si evidenzia che i dati relativi alla NO<sub>2</sub> sono dotati di una buona accuratezza, mentre per la SO<sub>2</sub> si osserva una certa discrepanza. Pertanto, nelle analisi che seguono si farà riferimento, per la SO<sub>2</sub>, ai dati ottenuti dall'analisi in continuo in quanto utilizza un metodo certificato e quindi più attendibile. Individuati i livelli di concentrazione medi nell'area portuale, è stato effettuato un confronto con i dati della rete di Napoli in cui si evidenzia per NO<sub>2</sub> e benzene dei livelli analoghi, mentre per il PM10 leggermente più bassi. Inoltre è stato effettuato anche un confronto con i dati di campagne di monitoraggio effettuate in altre aree portuali. In particolare si fa riferimento alle campagne nei porti di Barcellona e Marsiglia, che rientrano nel Progetto APICE, e alla campagna realizzata dall'ARPAV per il Porto di Venezia. In questo caso si evince una concentrazione di SO<sub>2</sub> leggermente maggiore a Napoli che negli altri porti, una concentrazione di NO<sub>2</sub> paragonabile e dei livelli di PM10 leggermente più bassi a Napoli rispetto agli altri tre porti, ma pur sempre confrontabili.

Infine è stata realizzata un'analisi temporale per studiare le correlazioni tra le concentrazioni misurate nel porto e nella città di Napoli. Nonostante ci siano differenze tra le stazioni, una buona correlazione tra i dati del porto e quelli delle stazioni di monitoraggio indica che porto e area urbana sono caratterizzati dal medesimo fenomeno di inquinamento. Ciò accade in particolare per la NO<sub>2</sub> con le stazioni di monitoraggio NA 02, NA 05 e NA 06, mentre per il PM10 per NA 05, NA 06 e NA 07. Tali stazioni, anche se

localizzate in zone diverse dalla città, sono tutte in arterie caratterizzate da elevato traffico. Considerando improbabile che le emissioni portuali possano influenzare i livelli di concentrazione di NA 05 (Via Luca Giordano al Vomero), resta valida l'ipotesi che i livelli di NO<sub>2</sub> e PM10 misurati nell'area portuale siano dovuti prevalentemente al traffico veicolare urbano, eventualmente causato dalle attività portuali stesse, anziché dalle emissioni portuali.

I risultati ottenuti si possono così sintetizzare:

1. i livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici nell'area portuale di Napoli sono mediamente bassi ed entro i limiti di legge (Tabella 4.1) tranne che per quello relativo alla media annua per la NO<sub>2</sub>. In tal caso comunque il periodo è troppo breve per una verifica a norma del limite di legge. In conclusione la qualità dell'aria nel Porto di Napoli si può considerare soddisfacente;
2. i livelli di inquinamento valutati per entrambe le campagne di monitoraggio sono simili, pertanto non vi è una differenza sostanziale tra i valori ottenuti dalla campagna primaverile e quelli della campagna autunnale;
3. rispetto ai livelli di inquinamento registrati dalle centraline di monitoraggio nell'area urbana di Napoli durante le due campagne, è stato osservato che i livelli di concentrazione misurati nel porto sono simili per NO<sub>2</sub> e benzene e leggermente inferiori per il PM10. Lo stesso confronto non si è potuto effettuare per la SO<sub>2</sub> in quanto mancano i dati dalla rete di monitoraggio per questo inquinante;
4. anche nel confronto con altre città portuali (Barcellona, Marsiglia e Venezia) si evince che i livelli di inquinamento del Porto di Napoli sono paragonabili;
5. per quanto riguarda l'individuazione delle fonti di inquinamento nell'area portuale (interne o esterne) è stata condotta un'analisi spaziale e una temporale. L'analisi spaziale sembra indicare che la sola SO<sub>2</sub> provenga in modo significativo dalle emissioni portuali avendo verificato una certa correlazione tra i livelli di concentrazione e la distanza sottovento rispetto ai venti prevalenti (per la campagna primaverile), mentre NO<sub>2</sub> e BTEX non mostrano la stessa correlazione. Questo risultato è confermato dall'analisi temporale con la quale sono stati correlati i valori medi orari misurati nel porto e nella città di Napoli riscontrando, per NO<sub>2</sub> e PM10, una buona correlazione con alcune stazioni di monitoraggio, in particolare quelle caratterizzate da traffico veicolare.

I possibili sviluppi futuri di questa attività di ricerca potrebbero essere volti all'utilizzo di modelli di dispersione per l'individuazione delle aree di massima ricaduta delle emissioni dai camini delle navi sia in transito che all'ormeggio. Ciò consentirebbe di individuare le aree in cui le immissioni sono maggiormente influenzate dalle emissioni portuali. Lo svolgimento di questa attività richiede non solo l'esatta conoscenza delle singoli emissioni (altezze dei camini, portate di inquinanti, temperatura e velocità dei fumi), nonché delle condizioni metereologiche, ma anche le posizioni delle navi, i tempi di arrivo e partenza, oltre che la conoscenza delle attività svolte durante il periodo in cui il mezzo è fermo all'ormeggio. Molti di questi dati sono, però, di non facile reperibilità.