

# Previsione dell'impatto di impianti di termovalorizzazione nella Regione Campania

E. Chianese\*, A. Riccio\*\*, G. Barone\*

\*Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Napoli "Federico II".

\*\*Dipartimento di Scienze Applicate, Computazionali e Geomatica, Università degli Studi di Napoli "Parthenope".

## 1. Il problema dello smaltimento dei rifiuti

Il problema dello smaltimento dei rifiuti rientra nella più generale problematica della corretta gestione delle risorse energetiche; in tale ottica la normativa nazionale si è evoluta, passando da una definizione di rifiuto in cui si sottolineava la sua natura di "scarto" (*per rifiuto si intende qualsiasi sostanza o oggetto derivante da attività umane o da cicli naturali, abbandonato o destinato all'abbandono; Legge 10 settembre 1982, N. 915, art. 2*) ad una definizione che lascia intravedere la possibilità di un recupero delle risorse in termini di materie prime e di energia, individuando la categoria delle "materie prime secondarie" (*residuo derivante da processi produttivi o da raccolte finalizzate che è suscettibile, eventualmente previo idoneo trattamento, di essere riutilizzato come materia prima in altro processo produttivo della stessa o di altra natura; Legge 9 novembre 1988, N. 475*).

Tale approccio sembra essere allo stato attuale il più adeguato se non addirittura l'unico possibile per far fronte al problema dei rifiuti delle attività urbane, problema che diventa ancora di maggiore portata se si considerano anche i rifiuti provenienti dalle attività industriali, i rifiuti ospedalieri, i rifiuti tossici, etc., essendo le quantità tali da non consentirne il semplice conferimento in discarica. Per avere un'idea delle dimensioni del problema, basti pensare che una città con un milione di abitanti produce circa 1000 tonnellate di rifiuti solidi urbani [1], e che la città di Napoli con la sua provincia conta circa 4 milioni di abitanti.

Oltre alla grande quantità di rifiuti da smaltire, la forte eterogeneità dei rifiuti stessi rende difficoltosa l'individuazione di una strategia di recupero; facendo riferimento alla città di Napoli, l'analisi merceologica dei rifiuti fornisce i risultati riportati nella Tab. 1 [2].

La quantità e l'eterogeneità della massa dei rifiuti solidi urbani (indicati semplicemente come RSU) indica come

sia in realtà impossibile individuare una sorte unica per tutte le componenti, suggerendo piuttosto il ricorso a strategie di gestione che consentano il recupero e la valorizzazione delle diverse frazioni, in netta opposizione con le strategie finora seguite alla base delle quali vi era il solo conferimento in discarica.

E' in tale ottica che l'idea del recupero totale delle materie prime secondarie contenute nei rifiuti (strategia che comporta problemi di non secondaria importanza in quanto è necessario disporre di aree apposite per lo stoccaggio delle masse indifferenziate, disporre delle tecnologie per la separazione dei materiali, sottoporre questi ultimi a tecniche di decontaminazione dipendenti dalle sostanze con le quali i materiali sono stati in contatto, presenza di un effettivo mercato per le materie recuperate) è stata in realtà sostituita da progetti in cui alla separazione delle frazioni riutilizzabili si affiancano altri processi volti al recupero dell'energia contenuta nelle masse di rifiuti. Non va infatti dimenticato che il rifiuto è comunque il prodotto finale di un processo produttivo, di conseguenza conterrà una certa parte dell'energia spesa nella sua formazione, energia che può essere parzialmente recuperata. Per tale motivo si è fatta strada la possibilità di utilizzare gli RSU come combustibili, in modo da generare calore che, opportunamente convogliato, possa essere usato

Tab. 1 - Caratteristiche merceologiche dei rifiuti per la città di Napoli

a) sottovaglio	11.40 %	158 t/g
b) tessili	7.50 %	104 t/g
c) carta e cartoni	28.45 %	395 t/g
d) plastica e gomma	13.02 %	181 t/g
e) metalli	2.22 %	31 t/g
f) vetri e inerti	4.76 %	66 t/g
g) sostanza organica	32.65 %	454 t/g
h) umidità	40.29 %	
i) P.C.I. <sup>1</sup>		1900 kcal/kg

come fonte di energia elettrica; gli impianti nei quali si realizza tale processo sono definiti *inceneritori*.

## 1.2 Combustibile da rifiuti

Una buona strategia per il recupero dell'energia contenuta negli RSU, consiste nella loro utilizzazione come combustibili in impianti che producono energia elettrica.

I vantaggi associati con questo tipo di approccio sono molti ed evidenti: innanzitutto la combustione riduce di molto il volume dei rifiuti, per cui la massa da conferire in discarica è minima; si ha un recupero energetico dovuto alla produzione di calore, essendo quest'ultimo convertibile in energia elettrica; possono essere sottoposti a tale trattamento anche rifiuti classificati come tossici o nocivi (purché le condizioni operative siano tali da garantirne la inertizzazione).

Di contro ci sono dei problemi che vanno comunque considerati al fine di ottimizzare il processo di trattamento termico del rifiuto; tali problemi risiedono anzitutto nella già citata disomogeneità dei rifiuti, per cui il potere calorifico può variare fortemente, il che rende difficile lavorare in condizioni di regime stazionario; i costi di impianto e di gestione sono vincolati dalla capacità dell'impianto considerato di produrre energia: in generale impianti che trattano maggiori quantità di rifiuti hanno un rientro in termini economici maggiore, purché la qualità dei rifiuti combusti sia tale da generare grandi quantità di energia.

Il problema della eterogeneità è stato superato, ricorrendo a processi di separazione del rifiuto e avviando alla combustione solo la frazione a maggiore potere calorifico.

I processi di combustione possono essere di due tipi:

- basati sulla combustione del rifiuto indifferenziato;
- basati sulla combustione della sola frazione ad alto potere calorifico.

In quest'ultimo caso al processo di combustione è associato un parziale recupero delle materie prime, nel senso che le frazioni inerti rispetto alla combustione, come ferro, alluminio, vetro, vengono separate e dunque recuperate.

La frazione ottenuta a seguito della separazione delle frazioni non comburenti prende il nome di RDF (*Refused Derived Fuel*) o anche CDR (Combustibile Derivato da Rifiuti); in senso stretto, in realtà, anche il rifiuto indifferenziato può essere considerato come RDF, inoltre il processo di separazione delle frazioni non combustibili può essere più o meno spinto, per cui il potere calorifico è diverso; pertanto sono stati adottati dei criteri di catalogazione per l'RDF.

Allo stato attuale il documento di identificazione dei va-

Tab. 2 – Definizione dell'RDF secondo l'ASTM

RDF1	Rifiuto indifferenziato usato come combustibile.
RDF-2	Rifiuto portato per macinazione a dimensioni grossolane, con o senza separazione magnetica.
RDF-3	Combustibile da RSU triturato e trattato per rimuovere metalli, vetro e altri materiali inorganici (dimensioni < 50 mm per il 95% in peso).
RDF-4	Combustibile da RSU trattato e ridotto in forma di polvere con dimensioni < 2 mm per il 95% in peso.
RDF-5	Combustibile da RSU addensato (compresso) in forma di <i>pellets</i> , pezzi tondeggianti, cubetti e brachette, detto anche d-RDF.
RDF-6	Combustibile da RSU trattato in modo da ottenere un combustibile liquido.
RDF-7	Combustibile da RSU trattato in modo da ottenere un combustibile in forma gassosa.

ri tipi di RDF, divenuto un riferimento internazionale, è una scheda redatta a cura dell'*American Society for Testing and Materials* (ASTM) riportata nella Tab. 2.

In ogni caso l'RDF è secondo la legge italiana (DL. N. 462 del 6/9/96 e DMA del 16-1-95) un rifiuto recuperabile, o più precisamente, un rifiuto destinato al riutilizzo in un ciclo di produzione di energia, purché *sia ottenuto da rifiuti solidi urbani e assimilabili, ad esclusione dei rifiuti tossici e nocivi e ospedalieri, attraverso la raccolta differenziata e/o cicli di lavorazione che ne aumentino il potere calorifico, riducono la presenza di materiale metallico, vetri, inerti, materiale organico putrescibile, con tenuto di umidità e di inquinanti, entro i limiti prescritti e purché sia certificata la temperatura di rammollimento delle ceneri per ciascuna partita.*

I processi necessari per ottenere i vari tipi di RDF sono più complessi, e dunque più onerosi, quanto più è spinta la separazione e quanto migliori sono le caratteristiche dell'RDF prodotto.

Se da un lato è vero che un combustibile con buone proprietà può essere usato in un processo di combustione con maggiori rese e con problemi di inquinamento molto meno pronunciati, dall'altro i costi associati ad una separazione troppo spinta possono essere non economicamente sostenibili.

Inoltre, in molti casi l'RDF è destinato alla combustione nella stessa area di produzione: in questi casi non è consigliabile ricorrere ad una separazione troppo spinta.

L'RDF di alta qualità ha una densità tra i 350 ed i 400 kg/m<sup>3</sup> ed un potere calorifico compreso nell'intervallo 3500-5000 kcal/kg; un materiale con queste proprietà è sicuramente molto pregiato ai fini della combustione, ma i costi connessi con la sua produzione non lo rendono sempre conveniente: se l'RDF è destinato allo stoccaggio o al trasporto in impianti diversi da quello di produzione, è conveniente trasformare l'RSU in RDF ad al-

to pregio, altrimenti, se l'RDF deve essere bruciato nell'impianto stesso di produzione, è conveniente arrestare il processo all'ottenimento dell'RDF-3; in questo caso il materiale di scarto ha una massa pari al 25-35% in peso della massa iniziale mentre la parte restante è trasformata in un combustibile con potere calorifico di circa 2500-3500 kcal/kg.

Le proprietà dell' RDF-3 sono comunque migliori rispetto a quelle del semplice RSU, come si evince dalla Tabella 3 nella quale vengono confrontate le caratteristiche dei vari tipi di combustibile [3]:

Tab. 3 - Caratteristiche dei diversi tipi di combustibile.

	RSU	RDF-2	RDF-3
Resa in massa dal rifiuto tal quale	100%	95%	67%
C (% in peso)	27.5	28.4	32.2
H (% in peso)	3.7	3.8	4.3
O (% in peso)	20.6	21.8	25.3
N (% in peso)	0.45	0.46	0.37
S (% in peso)	0.83	0.86	0.79
Cl (% in peso)	0.50	0.51	0.58
Umidità	23.2	24.4	21.2
Inerti/ceneri	23.4	20.3	15.9
Potere calorifico(kcal/kg)	2680	2780	3140

Allo stato attuale la maggior parte dei sistemi in funzione è ancora basato sulla combustione dei rifiuti indifferenziati, mentre i nuovi impianti sono orientati verso la combustione dell'RDF; ciò indica che allo stato attuale coesistono due diverse tecnologie, una basata sulla combustione dei rifiuti indifferenziati ed una basata sulla combustione dell'RDF, con i relativi problemi impiantistici e di impatto ambientale.

### 1.3 Inceneritori

Il cuore di un impianto di incenerimento, sia di RSU che di RDF, è costituito dalla camera di combustione le cui caratteristiche sono differenti in base al tipo di combustibile da utilizzare.

Negli impianti in cui si bruciano i rifiuti indifferenziati, la camera di combustione è costituita da una griglia che rappresenta l'elemento di supporto per la massa di rifiuti da bruciare. Nei forni di questo tipo, detti *forni a griglia*, la massa dei rifiuti viene depositata, formando uno strato di alcune decine di centimetri su una griglia, dove vengono investiti da una corrente di aria che fornisce l'ossigeno necessario alla combustione; ci sono in realtà due diversi flussi d'aria che investono i rifiuti: un flusso di aria primaria che proviene dal basso, e la cui funzione è di comburente, ed un secondo flusso prove-

niente dall'alto la cui funzione è quella di volano termico. Poiché generalmente la combustione non è completa, si ricorre all'inserimento di un post-combustore, ossia di una seconda camera di combustione a temperatura più alta rispetto alla prima in cui si completa il processo, ottenendo in questo modo una totale eliminazione delle sostanze nocive eventualmente presenti. Le condizioni della camera di combustione (temperatura di esercizio, flusso di ossigeno, velocità di scorrimento della massa dei rifiuti) sono fondamentali per le caratteristiche della corrente in uscita, in particolare in riferimento alla presenza di inquinanti: ad esempio una quantità troppo alta di aria nel combustore ad alta temperatura comporta la produzione di alte quantità di ossidi di azoto, mentre temperature di esercizio troppo basse portano alla formazione di prodotti secondari non combustibili, il più delle volte tossici; pertanto le variabili di esercizio devono essere opportunamente monitorate. Le condizioni operative sono tali da garantire temperature di esercizio nel combustore di 600-1000 °C ed una permanenza del rifiuto di circa 30-60 minuti, condizioni che assicurano una corretta e completa combustione della massa di rifiuto.

Se il combustibile è invece costituito da RDF, si può ricorrere all'utilizzazione di forni a letto fluido, in cui si sfrutta la tecnologia industriale del letto fluido, che garantisce alte rese di reazione.

I forni di questo genere devono il loro nome dalle particolari condizioni di funzionamento: in essi il letto di reazione è costituito da un supporto inerte, solitamente sabbia, che viene messo in agitazione insufflando aria o facendo ricircolare i gas della combustione stessa.

Ci sono in realtà vantaggi molto più importanti che caratterizzano la tecnologia dei letti fluidi: il contatto spinto tra fase solida e fase gassosa consente di lavorare con minori quantità di comburente (aria) ed a temperature più basse, garantendo comunque alte rese per il processo di combustione, limitando nel contempo anche i problemi di inquinamento; c'è la possibilità di inserire nel letto fluidizzato reagenti tali da abbattere alcune delle sostanze presenti nelle emissioni gassose, ad esempio con l'aggiunta di reagenti di tipo basico si può ottenere la quasi completa rimozione degli ossidi di zolfo. Ci sono di contro degli svantaggi legati all'insorgere di fenomeni di corrosione; inoltre possono essere destinati a questo tipo di impianto solo le frazioni con dimensioni ben definite: particelle troppo grandi non vengono adeguatamente fluidizzate, mentre particelle troppo piccole possono comportare l'ostruzione del letto catalitico.

In definitiva, allo stato attuale la tecnologia dei processi di combustione risulta molto avanzata e consente lo smaltimento di materiali definiti pericolosi.

### 1.4 La situazione in Campania

La tecnologia della termodistruzione rappresenta oggi in Europa e nel mondo una tecnica ampiamente sperimentata, alla quale si ricorre in modo preponderante per lo smaltimento dei rifiuti al fine di recuperare la maggiore quantità possibile di energia.

La media europea di termovalorizzazione dei rifiuti è intorno al 30%, mentre paesi come la Svezia (55%) e la Danimarca (65%) superano ampiamente questa media; in Giappone si arriva al trattamento con questa tecnica del 77% dell'intera massa di RSU prodotti [4].

Se consideriamo invece la situazione in Italia, il quadro è molto diverso: alla fine del 1995 in Italia c'erano solo 37 impianti (diventati 44 nel 2002) di incenerimento che riuscivano a coprire solo il 6.9% della produzione annua di RSU; se poi si valutano le caratteristiche di questi impianti, il quadro peggiora in quanto ci si rende conto di quanto essi siano obsoleti e non garantiscano l'adeguato rientro economico ed energetico.

Una valutazione più recente della situazione in Italia, dimostra come, per quanto siano stati fatti dei passi in avanti, la situazione resti ancora non all'avanguardia: nel 1997 l'88% della massa totale dei rifiuti è stata destinata al conferimento in discarica, il 5% al recupero energetico (peraltro prevalentemente mediante combustione dei rifiuti indifferenziati) e solo il 7% riciclato [5].

Nella regione Campania il problema connesso con lo smaltimento dei rifiuti rischia di diventare addirittura drammatico, basti pensare che la produzione annua di RSU in Campania è pari a circa 2.5 milioni di tonnellate annue di rifiuti, corrispondente al 10% della produzione nazionale di rifiuti; se a ciò si aggiunge l'avvenuto esaurimento di quasi tutte le discariche in precedenza utilizzate, ne emerge un quadro preoccupante.

L'obiettivo che ci si è posti in Campania, è quello di affiancare nel modo più efficiente possibile il recupero energetico al recupero di materie prime (riciclaggio) in modo da realizzare un recupero di circa 900000 ton/anno di materiale sui 2.5 milioni di tonnellate prodotte da riciclare, e realizzando una trasformazione della parte restante, 1.6 milioni di tonnellate, in CDR.

Ciò corrisponde a realizzare un recupero del 35% di materiale destinato al riciclo, mentre il restante 65% è destinato alla trasformazione in CDR; a tale scopo è stato elaborato un piano regionale che contempla la costruzione di 7 impianti per la produzione di CDR dislocati nelle varie province, e di due impianti di conversione del CDR in energia elettrica di cui ad uno Acerra (NA) ed uno a Battipaglia (SA).

Il bilancio finale calcolato su una massa pari a 1000 kg di rifiuto è dato dal seguente schema [6]:

35% raccolta differenziata	65% rifiuto residuo
110 kg carta e cartone	250-300 kg combustibile
20 kg plastica	20 kg materiali ferrosi
50 kg vetro	250 kg fraz. organica stabilizzata
20 kg metalli	
120 kg scarti di mensa	

Dalla combustione del CDR così prodotto si ricavano circa 300-350 kWh di energia.

Da questo semplice bilancio risulta evidente che la corretta attuazione di quanto previsto dal piano regionale, garantirebbe da un lato la risoluzione efficace del problema dei rifiuti e dall'altro costituirebbe una fonte per l'approvvigionamento di energia (si tenga presente che lo stato prevede delle agevolazioni fiscali per gli impianti di produzione di energia a partire da CDR, in particolare l'energia prodotta può essere venduta alla rete ENEL secondo un tariffario stabilito dalla legislazione stessa, o comunque la rete ENEL è a disposizione per il trasferimento dell'energia prodotta anche quando questa non sia stata acquistata dalla rete ENEL stessa).

Chiaramente perché gli impianti di combustione siano effettivamente una soluzione per l'emergenza dei rifiuti è necessario che le caratteristiche costruttive degli impianti di produzione di CDR e di combustione dello stesso rispettino dei vincoli. Per gli impianti di produzione di CDR la normativa impone che siano chiusi e situati in zone con leggera depressione, in modo tale da garantire che non ci sia dispersione dei cattivi odori; il rifiuto deve essere sottoposto alle operazioni di vagliatura e deferrizzazione (operazioni condotte rigorosamente a freddo), la frazione ottenuta da questa fase è la frazione organica che viene destinata alla stabilizzazione; in questo stadio si ottiene anche il recupero del materiale ferroso. L'impianto di combustione non differisce da una comune centrale termoelettrica se non per il combustibile usato per la produzione di vapore; la differenza da un punto di vista impiantistico risiede nelle caratteristiche della camera di combustione; lo schema di processo è comunque del tipo: caldaia - turbina alternatore - condensatore - pompa - linea trattamento fumi.

A tutt'oggi molti sono ancora i problemi irrisolti circa la costruzione degli impianti per la produzione del CDR e della sua combustione, problemi in parte legati a motivi di ordine pubblico. Si registra a tale proposito molta attenzione, e preoccupazione, da parte dell'opinione pubblica, dovuta in parte alla non completa conoscenza delle caratteristiche dell'impianto, in parte motivate anche da eventi incresciosi avvenuti in passato e dalla pericolosità connessa con questi impianti in casi di cattivo funzionamento.

Un passo molto importante nella direzione del "dialogo"

con i cittadini può essere fatto informando e assicurando i cittadini stessi riguardo l'impatto che potenzialmente può avere un impianto di questo tipo; ovviamente questo tipo di politica richiede la disponibilità di strumenti di valutazione dello stato della qualità dell'aria alternativi rispetto a quelli attualmente in uso. Va ricordato che le metodiche oggi maggiormente usate si basano sul prelievo di campioni d'aria dalle zone di interesse e sulla loro analisi mediante strumenti di misura. Questo tipo di approccio è però un approccio "a posteriori", richiede cioè che l'evento sia già avvenuto per poterlo registrare: ciò vuol dire, nel caso particolare dei termovalorizzatori, che l'impianto deve essere prima costruito e poi monitorato.

Occorre dunque studiare metodiche alternative che consentano in qualche modo di prevedere il destino delle masse emesse al fine di stabilire "a priori" quale possa essere la migliore collocazione per un impianto di qualsiasi genere.

## 2. Il modello di qualità dell'aria

Per modello di qualità dell'aria si intende un sistema capace di simulare i processi di dispersione delle masse d'aria e degli inquinanti in essa presenti attraverso la risoluzione di opportune equazioni matematiche.

Un sistema di risoluzione di queste equazioni prende il nome di *modello*. Esistono molti tipi di modelli; per non trascurare le particolarità connesse con una sorgente di tipo puntuale, come quella di un ciminiera da un impianto di CDR, bisogna tener presente almeno i seguenti punti:

1. usare delle griglie "innestate", in modo da studiare i processi di dispersione a diverse scale;
2. usare l'approccio del *plume-in-grid* [7], seguendo nel dettaglio i processi di dispersione del pennacchio, fin dalle sue fasi iniziali.

Esistono in letteratura diversi approcci, come quello proposto da Turner [8], per simulare la dispersione dei gas inquinanti fin dalle prime fasi dall'emissione e per la simulazione del comportamento delle masse emesse rispetto alla diffusione [9]. Presso il Dipartimento di Scienze Applicate dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" e il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" sono stati messi a punto modelli numerici per lo studio dei processi dispersivi da emissioni puntuali. Questi modelli permettono di prevedere *a priori* il destino delle masse emesse, coadiuvando le tradizionali tecniche di monitoraggio con sofisticati strumenti di controllo e gestione delle risorse ambientali. Di seguito vengono illustrati alcuni risultati che sono stati ottenuti da tali simulazioni.

Il modello usato in questa applicazione è in realtà costituito da una catena modellistica basata su un modello per la simulazione delle condizioni meteorologiche e un modello per la simulazione della dispersione di inquinanti gassosi, dato lo scenario meteorologico preso in considerazione.

Il modello di circolazione atmosferica scelto per le simulazioni meteorologiche è l'MM5 (<http://www.mmm.ucar.edu/mm5.html>), per l'applicazione del quale sono

**Tab. 4 - Caratteristiche dell'impianto usate come input per il modello di qualità dell'aria.**

Informazioni rifiuto in ingresso		
Tipologia di rifiuto	CDR	
Composizione elementare <sup>2</sup>		
Umidità	10	
Ceneri	12	
Carbonio	37.47	
Idrogeno	5.35	
Azoto	0.45	
Ossigeno	23.77	
Zolfo	0.26	
Cloro	0.7	
Informazioni impianto		
Numero di linee	3	
Portata giornaliera (t/giorno)	1949	
Tipologia forno di combustione	Griglia mobile raffreddata ad acqua	
Temperatura di esercizio	>850°C	
Tempo di permanenza	>2s	
Consumo di materie prime ed energia		
Consumo di reagenti <sup>3</sup>	CaO	0.025
	Ca(OH) <sub>2</sub>	0.0032
	Urea anidra	0.0030
	Carbone att.	0.0025
	Silicato	0.0015
	Cemento	0.0135
Consumo di energia elettrica (MJ/kg <sub>rifiutoIN</sub> )	0 (l'energia recuperata è considerata al netto degli autoconsumi)	
Consumo di combustibile ausiliario (MJ/kg <sub>rifiutoIN</sub> )	0 (solo per avviamento e arresto dell'impianto)	
Output		
Energia netta recuperata	94.2 MW	
Efficienza di conversione globale	27.7%	
Caratteristiche costruttive		
Altezza della ciminiera	40m	
Diametro della ciminiera	5m	
Velocità dei fumi in uscita	10m/s	
Temperatura dei fumi in uscita	100°C	

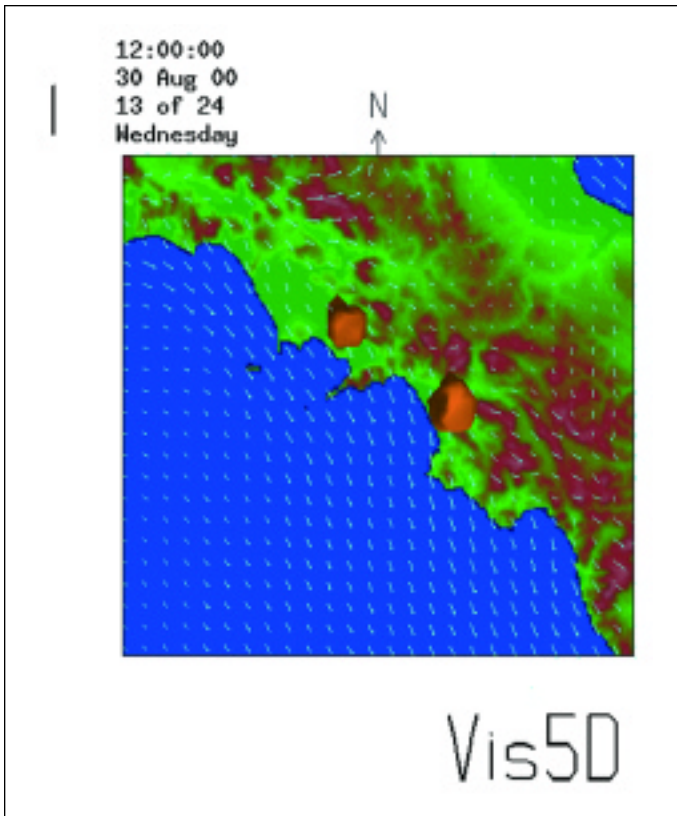


Fig. 1 - Diffusione degli inquinanti secondo il modello di qualità dell'aria, nel dominio interno, in relazione alla simulazione estiva del giorno 30/08/2000 ore 12:00.

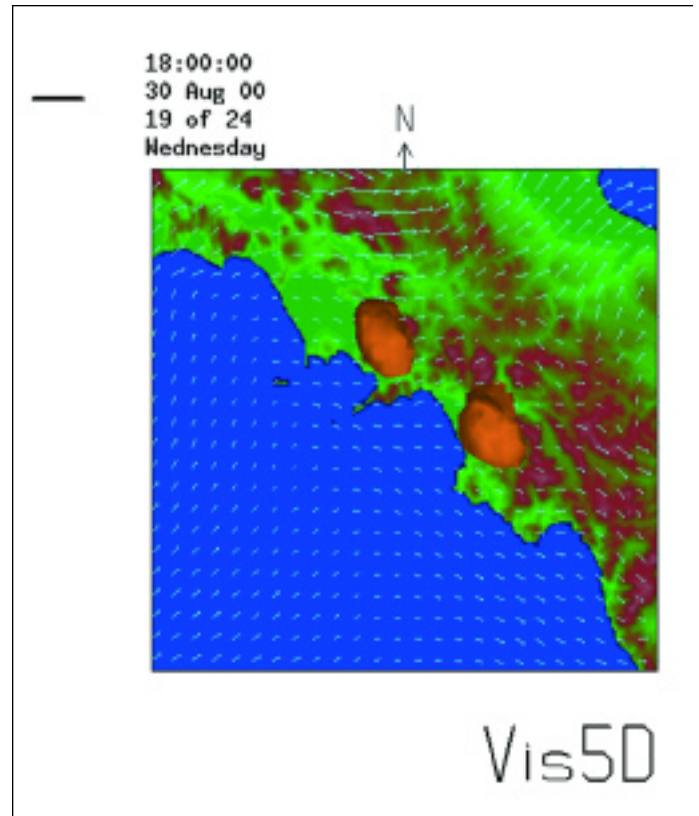


Fig. 2 - Diffusione degli inquinanti secondo il modello di qualità dell'aria, nel dominio interno, in relazione alla simulazione estiva del giorno 30/08/2000 ore 18:00.

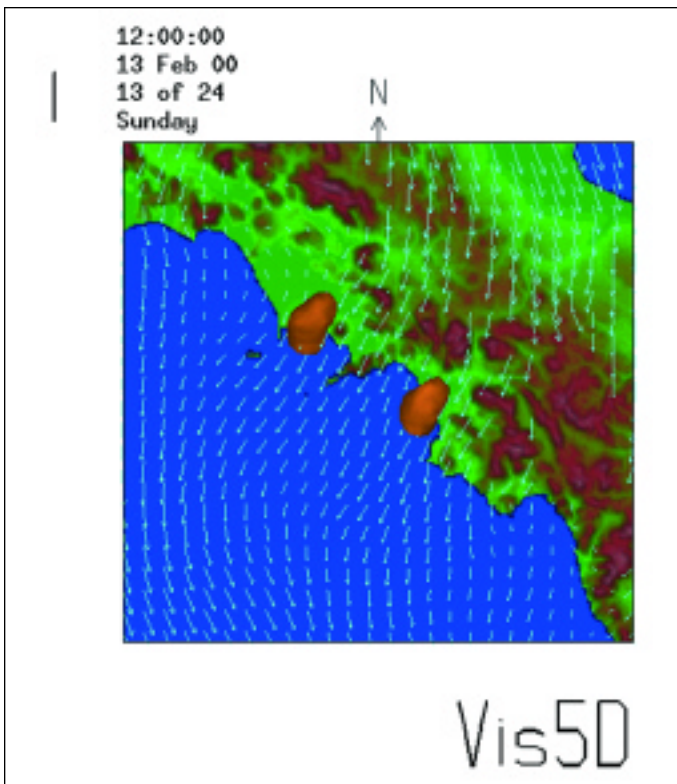


Fig. 3 - Diffusione degli inquinanti secondo il modello di qualità dell'aria, nel dominio interno, in relazione alla simulazione invernale del 13/02/2000 ore 12:00.

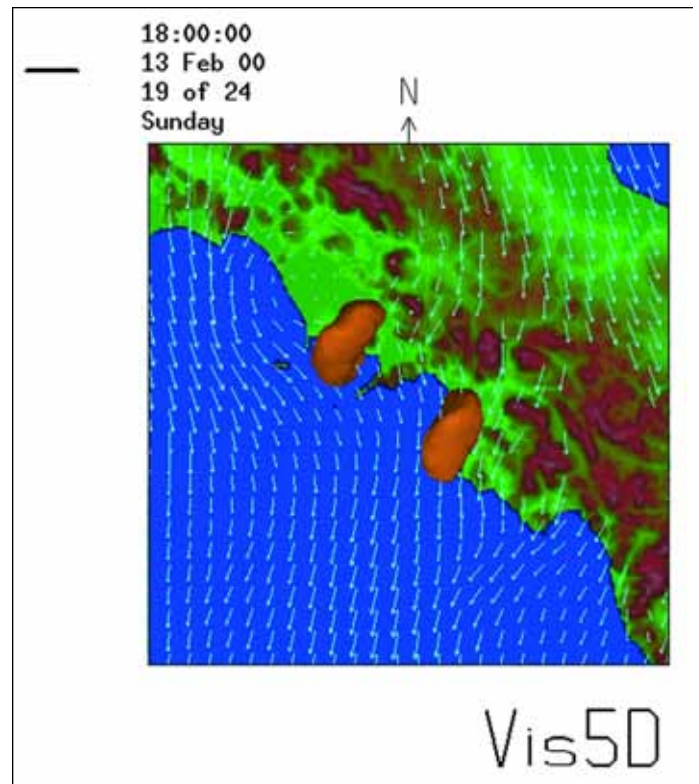


Fig. 4 - Diffusione degli inquinanti secondo il modello di qualità dell'aria, nel dominio interno, in relazione alla simulazione invernale del 13/02/2000 ore 18:00.

stati utilizzati i dati meteorologici forniti dall'*European Center for Medium range Weather Forecast* (ECMWF). I risultati delle simulazioni meteorologiche, insieme alle caratteristiche emissive dell'impianto considerato (Tabella 4), rappresentano i dati di *input* per l'applicazione del modello di qualità dell'aria utilizzato: **Parallel Naples Airshed Model** (PNAM) [10].

### 3. Risultati e conclusioni

Nelle Figure da (1) a (4) è rappresentata la "nube" degli inquinanti emessi dagli ipotetici impianti di Acerra e Battipaglia. Viene inoltre riportata la magnitudine delle componenti orizzontali del vento per poter meglio mettere in evidenza la diffusione degli inquinanti; tali venti sono relativi ad un'altezza di circa 1 km dal suolo.

Per quel che riguarda la rappresentazione degli inquinanti emessi, la "nube" è una isosuperficie, ossia si tratta di una superficie che racchiude il volume in cui la concentrazione dell'inquinante è maggiore di un dato valore; nel caso in questione l'isosuperficie si riferisce ad una concentrazione di 0.1 unità di massa/m<sup>3</sup>, cioè la minima concentrazione che si possa rappresentare nel programma di visualizzazione, in modo da evidenziare l'estensione dell'area coinvolta dalla dispersione degli inquinanti.

Le Figure da (1) a (4) mostrano alcuni momenti della dispersione degli inquinanti emessi dai due impianti considerati; come si può notare il comportamento rispetto alla dispersione delle masse emesse dipende dalle condizioni meteorologiche considerate: il particolare periodo estivo è caratterizzato da venti prevalenti da Nord-Ovest, mentre il periodo invernale da venti prevalenti da Nord-Est. Queste condizioni sono tipiche della regione Campania. In particolare, la simulazione invernale evidenzia come le emissioni provenienti dall'impianto di Acerra possano investire l'area urbana di Napoli.

L'applicazione del modello di qualità dell'aria alla problematica qui esposta può essere considerata come un'applicazione preliminare delle capacità del modello stesso, che ovviamente necessita di validazione, nonché una dimostrazione delle potenzialità connesse con questo tipo di strumento. Lo studio qui presentato mostra infatti chiaramente come la scelta della localizzazione dell'impianto non possa prescindere da una valutazione preliminare dell'impatto delle emissioni. Quest'approccio consente di valutare a priori l'impatto potenziale delle emissioni di un impianto industriale sulle aree interessate. Significativi sembrano essere i risultati ottenuti nelle condizioni invernali, caso in cui il

trasporto degli inquinanti risulta essere diretto verso l'area urbana di Napoli, e in cui le interazioni con gli inquinanti locali possono peggiorare la qualità dell'aria. Tale applicazione è complementare alle tradizionali metodiche di monitoraggio, in quanto queste ultime si basano su strumentazioni solitamente localizzate in prossimità di impianti esistenti; anche le centraline poste nelle aree urbane, non potendo distinguere tra inquinanti provenienti dalle sorgenti locali e quelli provenienti da aree lontane, non consentono di valutare l'effetto delle diverse sorgenti emissive sulla qualità dell'aria.

In tale ottica lo sviluppo del modello qui presentato si propone come un interessante strumento a supporto della *programmazione* e della *valutazione* dei piani di sviluppo industriale ed urbano.

#### Note:

- <sup>1</sup> La sigla P.C.I. indica il potere calorifico inferiore.
- <sup>2</sup> Espressa come percentuale in peso.
- <sup>3</sup> Espresso come kg/kg di rifiuto in ingresso.

#### Bibliografia

- 1) Secondo il Rapporto CIRAM del 1996.
- 2) Piano Regionale per lo smaltimento dei rifiuti in Campania; Bollettino ufficiale, 14/07/1997.
- 3) Rapporto Tecnico sull'emergenza rifiuti in Campania, Università degli studi di Napoli "Federico II", Dip. di Ingegneria Chimica; Gruppo di lavoro coordinato dal prof. Umberto Arena; 12/1996.
- 4) Dati forniti dal Rapporto Tecnico sull'emergenza rifiuti in Campania, a cura del Dip. di Ingegneria Chimica dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", gruppo di lavoro del prof. Umberto Arena; 12/1996.
- 5) Dati pubblicati sul Bollettino Ufficiale della Regione Campania, Piano per lo smaltimento dei rifiuti in Campania, 14/07/1997.
- 6) Progetto di recupero del Piano regionale per lo smaltimento dei rifiuti in Campania, Bollettino ufficiale della regione Campania, 1997.
- 7) J. H. Seinfeld, S. N. Pandis (1998); Atmospheric chemistry and physics, 931-945. J. Wiley.
- 8) Turner (1985): Proposed pragmatic methods for estimating plume rise and plume penetration through atmospheric layers. *Atmos. Environ.*, **19**: 1215-1218.
- 9) G.A. Degrazia, A. Anfossi, J.C. Carvalho, C. Mangia, T. Tirabassi, H.F. Campos Velho, (2000). Turbulence parameterisation for PBL dispersion in all stability conditions. *Atmos. Environ.*, **34**: 3575-3583.
- 10) G. Barone, P. D'Ambra, D. di Serafino, G. Giunta, A. Murli, A. Riccio, (2000). Application of parallel photochemical air quality model to the Campania Region. *Environ. Modelling and Software*. **15**: 503-515.