



POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Technological verification and evaluation of the environmental compatibility of municipal solid waste incineration plant: Presentation of a case study

Original

Technological verification and evaluation of the environmental compatibility of municipal solid waste incineration plant: Presentation of a case study / Panepinto, D.. - In: GEAM. GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA. - ISSN 1121-9041. - 143:3(2014), pp. 5-14.

Availability:

This version is available at: 11583/2847101 since: 2020-09-30T15:16:07Z

Publisher:

Patron Editore S.r.l.

Published

DOI:

Terms of use:

openAccess

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Verifica tecnologica e valutazione della compatibilità ambientale dell'incenerimento dei rifiuti: presentazione di un caso studio

Panepinto Deborah*

* Politecnico di Torino, DIATI (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture), Torino

1. Introduzione: situazione iniziale e problematiche connesse

Il presente lavoro nasce dall'esigenza di trovare una soluzione per la gestione dei rifiuti in una zona di media estensione, dove oggi lo smaltimento si basa per lo più sulla discarica, destinata a breve, all'esaurimento. La soluzione ricercata deve essere compatibile con i vincoli normativi (D. Lgs. 36/2003) e con le criticità proprie della zona analizzata (carenza di nuovi siti da destinare a discarica e problematiche di natura igienico-sanitarie e ambientali derivanti dalla discarica stessa). La soluzione proposta prevede la realizzazione di un termovalorizzatore e la bonifica, mediante la tecnica del Landfill Mining, della discarica. Tale soluzione è stata verificata in ambito tecnologico e ambientale.

In particolare in ambito tecnologico è stata individuata la tecnologia di combustione e di depurazione dei fumi più idonea alla situazione esaminata e si sono definite, mediante lo svolgimento di bilanci di materia, tutte le caratteristiche processistiche. In ambito ambientale, utilizzando gli strumenti del bilancio ambientale e dei modelli di dispersione e ricaduta degli inquinanti, sono stati valutati i possibili impatti di tale impianto sulla qualità dell'aria.

Il lavoro svolto presenta valore e interesse sia dal punto di vista particolare, del caso in esame, sia più in generale, da un punto di vista metodologico.

Parole chiave: Rifiuto solido urbano, discarica, incenerimento, recupero energetico, impatto ambientale

Technological verification and evaluation of the environmental compatibility of municipal solid waste incineration plant: presentation of a case study.

This work stems from the need to find a solution for the management of waste in an area of medium extension, where today the disposal is based mostly on the landfill, which will be soon exhausted. The considered solution must be compatible with the constraints of legislation (Legislative Decree 36/2003) and the criticality of the analyzed area (lack of new sites for landfills in nature and problems of sanitation and environmental issues arising from the landfill). The proposed solution involves the construction of an incinerator and rehabilitation, through the technique of Landfill Mining, of the landfill. This solution has been tested as concerns the technological and the environmental aspects. In particular in the technological field the combustion and the flue gas treatment technology have been evaluated as concerns the best solutions, and by using the tools of the mass balance all the process features have been defined. In the environmental field, by using the tools of the environmental balance and by implementation of pollutant dispersion and immission model we evaluated the potential impact effects of plant activation on air quality.

The evaluations so defined can be considered very interesting both from the point of view of the particular territorial case that has been considered, or more generally, as an useful approach to be followed from a methodological point of view.

Key words: Municipal solid waste, landfill, incineration, energetic recovery, environmental impact

Vérification technologique et évaluation environnementale de la compatibilité d'une usine d'incinération de déchets: présentation d'une étude de cas.

L'origine de ce travail consiste dans la nécessité de trouver une solution pour la gestion des déchets dans une zone de moyenne extension où, aujourd'hui, la destination est basée principalement sur la mise en décharge, qui va être bientôt épuisée. La solution recherchée doit être compatible avec les contraintes de la législation (décret-loi 36/2003) et la criticité de la zone qui est analysée (manque de nouveaux sites pour les décharges dans la situa-

La zona studiata è una zona di media estensione (estensione della singola provincia pari a circa 21,37 km², estensione dell'intera regione pari a circa 3.263 km²). L'attuale organizzazione del sistema di gestione dei rifiuti prevede l'invio degli stessi, provenienti dall'intera regione, in un unico centro regionale di trattamento costituito da un impianto di compattazione in blocchi dei RSU (rifiuto solido urbano) ed assimilati e da tre lotti di discarica controllata (Fig. 1).

Si prevede che la discarica attualmente coltivata, che come detto rappresenta il punto centrale della gestione dei rifiuti, andrà ad esaurimento entro la fine del 2014. Occorre quindi individuare una nuova soluzione di gestione che non si basi più sulla discarica come impianto di riferimento a causa della carenza di nuovi territori da adibire a tale scopo e dell'evoluzione normativa nel frattempo intervenuta. Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 36/2003 [D. Lgs. 36/2003] si pongono due problemi:

- la discarica non è più utilizzabile come impianto di smaltimento finale dei rifiuti ma è considerata come impianto residuale di rifiuti derivanti da attività di pretrattamento;
 - in discarica non possono più, quindi, essere smaltiti rifiuti tal quali (articolo 7 del D.Lgs. 36/2003) [D. Lgs. 36/2003].
- Esistono inoltre problematiche

tion naturelle, et problèmes d'impact et en général questions environnementales découlant de la mise en décharge).

La solution qui est proposée consiste dans la construction d'une usine d'incinération et la rehabilitation, par la technique qui est nommée Landfill Mining, de l'actuelle décharge. Cette solution a été testée en faisant référence à la technologie et aussi à l'environnement.

En particulier, pour ce qui concerne la technologie, les solutions plus convenable pour la combustion et l'épuration des fumées ont été établies pour la situation évaluée, et plus en général toutes les fonctionnalités de procès ont été définies par la performance des bilans de matière. Dans le domaine de l'environnement, en utilisant les outils du bilan environnemental et des modèles de dispersion des polluants et de introduction dans l'air les impacts possibles d'une telle installation sur la qualité de l'air ont été évalués. Le travail accompli a une valeur et un intérêt à la fois du point de vue de la situation du bassin qui est considéré, et, plus généralement, d'un point de vue méthodologique.

Mots clés: Déchets municipaux solides, enfouissement, incinération, récupération d'énergie, impact sur l'environnement.

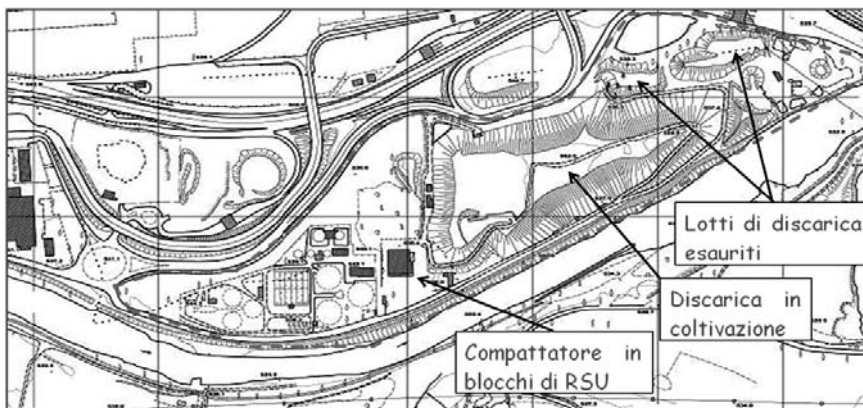


Fig. 1. Centro regionale di trattamento rifiuti. Waste treatment Centre.

di natura igienico-sanitarie ed ambientali connesse alla presenza di emissioni diffuse in atmosfera non convogliabili, conseguenti ai processi naturali di biodegradazione dei rifiuti.

In base a quanto finora scritto risulta evidente che occorre, per la zona esaminata, una nuova pianificazione della gestione dei rifiuti che, nel pieno rispetto dei vincoli legislativi, non preveda più la discarica come impianto di riferimento e che consenta di eliminare le problematiche derivanti dalla presenza delle discariche presenti all'interno del Centro regionale di trattamento dei RU ed assimilati.

2. Soluzione proposta

La soluzione proposta prevede la realizzazione di un termovalorizzatore

e la bonifica, mediante la tecnica del Landfill Mining, delle discariche attualmente presenti. Al termovalorizzatore giungerà quindi una quota di "rifiuti freschi", ossia effettivamente prodotti, ed una quota di rifiuti da bonifica.

La tecnica del Landfill Mining (LFM) prevede che i rifiuti depositati in discarica siano scavati e che il materiale ottenuto sia inviato ad un trattamento meccanico, grazie al quale si separa una frazione riutilizzabile da una residua da ridepositare in discarica in modo controllato, secondo i concetti di discarica sostenibile [Cestaro e Rossetti, 2006; Cossu, 2002]. L'intervento di LFM dovrà essere preceduto da un processo di stabilizzazione biologica mediante la tecnologia "Airflow" [Cestaro e Rossetti, 2006; Cossu, 2002].

Tale soluzione consente di affrontare e risolvere il problema della

gestione dei rifiuti per un periodo di tempo relativamente lungo (identificabile in non meno di 25 anni), il recupero di energia elettrica e termica ed il pieno rispetto della tutela igienico-sanitaria delle persone e dell'ambiente.

3. Elaborazioni effettuate

Sono state effettuate una serie di indagini:

- preliminari, al fine di valutare l'effettiva fattibilità della soluzione proposta;
- tecnologiche, consistenti in un'attenta analisi comparativa delle migliori tecnologie riferite ad impianti di termovalorizzazione presenti ad oggi sul mercato;
- ambientali, al fine di valutare la compatibilità ambientale della soluzione proposta.

I risultati di tali indagini sono riportati nel seguito.

3.1. Indagini preliminari

Le caratteristiche dei rifiuti da avviare all'impianto di termovalorizzazione, ammettendo un funzionamento di 8.000 h/a, sono riportate in tabella 1.

Al termovalorizzatore sono dunque destinate, complessivamente, 83.372 t/a di rifiuti. Esaminiamo quindi la taglia dell'impianto nel contesto della realtà nazionale [ISPRA, 2013].

Da quanto riportato in Figura 2 emerge come l'impianto di termovalorizzazione proposto si vada a collocare nella parte medio-alta della curva rappresentante l'andamento della situazione prospettata in Italia. Ne emerge quindi che la tecnologia è disponibile, infatti esistono numerosi esempi di impianti realizzati aventi caratteristiche di scala simili all'impianto ipotizzato. Inoltre, tale impianto, avendo una capacità nominale definibile, osser-

Tab. 1. Caratteristiche dei rifiuti avviati a termovalorizzazione.
Features of the waste to send to incineration.

Rifiuto fresco				
Quantitativi [t/a]	Potenzialità [t/g]	Frazione merceologica	%	p.c.i. [kcal/kg]
43.712	131	Sostanze organiche varie	20,1	2.800
		Materiale celluloso	27,6	
		Materiale plastico	28,6	
		Metalli	4,7	
		Inerti	6	
		Sottovaglio	13	
Rifiuto da bonifica				
Quantitativi [t/a]	Potenzialità [t/g]	Frazione	%	p.c.i. [kcal/kg]
39.660	119	Tessili/Legno	6,1	1.700
		Carta/Cartone	3,2	
		Materiale plastico	21,3	
		Materiale non definibile merceologicamente	19,1	
		Metalli	2,9	
		Inerti	9,6	
		Sottovaglio	37,8	
Alimentazione complessiva (rifiuti freschi + rifiuti da bonifica)				
Quantitativi [t/a]	Potenzialità [t/g]	p.c.i. [kcal/kg]		
83.372	250	2.270		

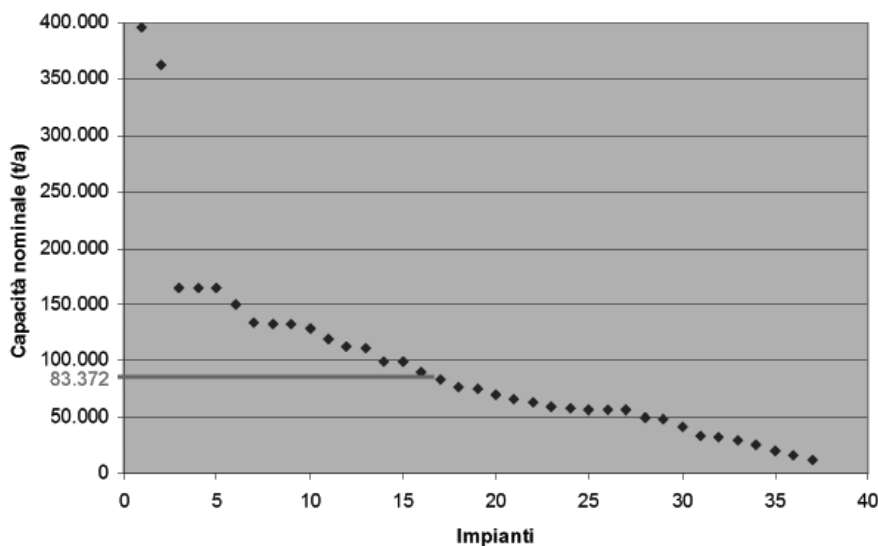


Fig. 2. Andamento della situazione prospettata in Italia.
Trend of the Italian situation.

vando la figura 2, media, si va a collocare in una posizione favorevole, in quanto impianti troppo grandi risultano principalmente affetti da problemi di impatti e peso dei trasporti, mentre sugli impianti troppo piccoli gravano principalmente difficoltà gestionali, problemi di eco-

nomia di scala e problemi relativi allo staff tecnico. L'impianto proposto quindi, collocandosi in una posizione, come già detto, "media" tra le due, riuscirà a minimizzare tali problematiche.

Le indagini preliminari effettuate, sia in termini di caratteristiche

quantitative sia in termini di caratteristiche merceologiche e conseguentemente di potere calorifico inferiore, evidenziano l'effettiva fattibilità della soluzione proposta.

3.1.1. Aspetti caratteristici dell'impianto

Dopo aver verificato, mediante le indagini preliminari, la fattibilità della soluzione gestionale proposta, sono state identificate, mediante lo svolgimento di opportuni bilanci di massa, le principali caratteristiche dell'impianto, tali caratteristiche vengono schematizzate nella tabella 2.

3.2. Analisi delle migliori tecnologie

Successivamente alle indagini preliminari sono seguite valutazioni più tecniche. È stata infatti effettuata un'attenta analisi comparativa delle migliori tecnologie riferite ad impianti di termovalorizzazione presenti ad oggi sul mercato. Le scelte tecnologiche fondamentali sono riferite principalmente alla tipologia di forno, in quanto ad essa è connesso il rendimento della combustione e quindi il recupero energetico ottenibile, ed ai sistemi da adottare per il trattamento dei fumi, necessari a garantire valori di concentrazione degli inquinanti nelle emissioni al di sotto dei limiti imposti dal D.Lgs. 133/2005 [D. Lgs. 133/2005], normativa vigente in materia.

3.2.1. Sezione di combustione

Per ciò che riguarda la sezione di combustione sono state innanzitutto individuate le principali tecnologie ad oggi presenti sul mercato nazionale ed internazionale. Tali tecnologie sono elencate in tabella 3.

Al fine di effettuare prime valutazioni sulla tipologia di impianti da assumere a riferimento in un con-

Tab. 2. Principali caratteristiche dell'impianto proposto.
Main features of the plant.

Aspetto	Valore
Linee di combustione	1
Portata nominale	83.372 t/a – 250 t/g
Giorni di funzionamento annui	333 g/a
Ore di funzionamento annue	8.000 h/a
p.c.i. rifiuti freschi	ca. 2.600 kcal/kg
p.c.i. rifiuti da bonifica	ca. 1.500 kcal/kg
Max portata dei fumi da avviare alla depurazione in condizioni normalizzate	58.000 Nm ³
Potenza termica totale	30 MW
η_{el} (assetto solo elettrico)	30 %
η_{tot} (assetto solo elettrico)	30 %
η_{el} (assetto cogenerativo)	20 %
η_{th} (assetto cogenerativo)	60 %
η_{tot} (assetto cogenerativo)	80 %
Produzione di scorie/ceneri pesanti	ca. 50 t/g
Produzione di ceneri leggere/sali	ca. 12,5 t/g

Tab. 3. Principali tecnologie di incenerimento esistenti sul mercato.
Main incineration technology.

Combustione	Gassificazione (pirolisi) e combustione	Gassificazione (pirolisi), produzione di gas di sintesi e combustione	Processi diversi
Griglia	Gassificazione in tamburo rotante e combustione in forno fisso	Gassificazione in canale fisso e reattore di sintesi	Forno al plasma
Griglia/ combustione ossigeno	Gassificazione su letto a griglia, combustione in forno rotante e camera di postcombustione	Gassificazione a letto fluido	Produzione di CDR e combustione in impianti dedicati o co-combustione in cementifici o centrali termoelettriche
Letto fluido	Pirolisi tradizionale	Direct Melting System	Produzione di CDR, miscelazione con rifiuti speciali e co-combustione in cementifici o centrali termoelettriche

fronto tecnico e processistico si sono prese a riferimento le seguenti due caratteristiche:

- tecnologia consolidata;
- potenzialità minima, per singola linea di processo, di 10 t/h.

Sulla base delle due caratteristiche citate sono state selezionate le seguenti tecnologie: per ciò che riguarda la combustione, il forno a griglia e il forno a letto fluido, mentre per ciò che riguarda la pirolisi/gassificazione, la gassificazione in canale fisso e reattore di sintesi, la pirolisi tradizionale e il Direct Melting System (sistema a fusione diretta).

Il confronto tra le cinque tecno-

logie di forno individuate è stato effettuato considerando tre criteri: criterio di esercizio, criterio ambientale e criterio dei costi, ritenuti i più appropriati poiché prendono in considerazione tutti i principali aspetti esaminabili.

Ciascuno di questi criteri, infatti, prende in esame un aspetto specifico delle tecnologie esaminate. Tali criteri sono stati applicati a ciascuna delle tecnologie individuate procedendo dunque ad una valutazione qualitativa delle stesse.

In base al confronto effettuato la tecnologia di combustione più idonea alla situazione riscontrata risulta essere quella del forno a griglia.

3.2.2. Sezione di trattamento fumi

Per quanto riguarda il trattamento delle emissioni gassose derivanti da impianti di termovalorizzazione, il D.Lgs. 133/2005 [D. Lgs. 133/2005] sostiene che occorre fare riferimento alle BAT (Best Available Technology) [IPPC, 2005] riportate in un documento ufficiale dell'IPPC Bureau.

Al fine di effettuare prime valutazioni sulla tipologia di linea di trattamento fumi da adottare occorre tenere conto della seguente considerazione:

- si vogliono ottenere, come evidenziato in Tabella 4, concen-

Tab. 4. Valori garantiti e limiti di legge nelle emissioni.
Guarantee and limit value for the emissions.

	Valori garantiti [mg/Nm ³]	Limiti di legge – D.Lgs. 152/06 [mg/Nm ³]
Polveri	70	200
NO _x	10	50
SO _x	5	10

trazioni inquinanti in uscita dal trattamento fumi inferiori al 50 % rispetto a quelle che la normativa pone come limite.

Occorre evidenziare che utilizzando le tecnologie definite BAT è possibile il raggiungimento di concentrazioni inquinanti ben al di sotto dei limiti imposti dalla normativa vigente e quindi è possibile il rispetto del vincolo sopra citato.

L'identificazione della linea di depurazione fumi ritenuta più idonea è stata effettuata confrontando le caratteristiche delle principali tecnologie di trattamento definite BAT e considerando la situazione climatica e geo-morfologica della zona in esame.

In base a ciò vengono identificate tre possibili linee di depurazione fumi, che risultano inoltre essere quelle di maggior impiego negli impianti di incenerimento tradizionale. Le tre linee citate risultano:

Linea A: Elettrofiltro-Reattore a secco-Adsorbimento su carbone attivo-Filtri a manica-SCR;

Linea B: Elettrofiltro-Reattore a secco-Adsorbimento su carbone attivo-Filtri a manica-SNCR;

Linea C: Elettrofiltro-Scrubbers a umido-Adsorbimento su carbone attivo-Filtri a manica-SCR.

Alle tre linee individuate sono stati applicati i tre criteri di confronto, già citati e descritti in precedenza (criterio di esercizio, criterio ambientale e criterio dei costi), al fine di individuare quella che meglio si adatta all'impianto proposto.

Mediante la valutazione qualitativa effettuata emerge che la linea di trattamento fumi più idonea, per l'impianto proposto, risulta la linea A.

3.3. Localizzazione dell'impianto e impatti ambientali

Nei paragrafi seguenti analizzeremo i delicati aspetti della localizzazione dell'impianto e degli impatti ambientali derivanti. In particolare, per ciò che riguarda gli impatti ambientali si è cercato, dopo aver analizzato la situazione preesistente, di capire se fosse possibile una compensazione ambientale grazie al recupero energetico ottenibile dall'impianto proposto.

Sono stati esaminati gli effetti sulla qualità dell'aria in fase di cantiere e in fase di esercizio. L'impatto prodotto dall'impianto è stato valutato mediante un bilancio ambientale mediante l'implementazione di modelli di dispersione e di ricaduta degli inquinanti al suolo.

3.3.1. Localizzazione dell'impianto

In merito alle problematiche relative alla localizzazione dell'impianto il sito scelto per l'ubicazione dell'impianto proposto risulta essere quello dove è attualmente ubicato il centro regionale di trattamento degli RU e assimilati.

Le ragioni che portano all'identificazione di tale sito vengono così riassunte:

- sullo stesso sito si trova la discarica da bonificare: si eliminano quindi i possibili impatti ambientali e igienico-sanitari dovuti al trasporto dei rifiuti estratti;
- baricentricità dell'area rispetto al sistema di collegamenti stradali regionali: si rendono quindi minime le percorrenze ed i tempi medi complessivi necessari al trasporto dei "rifiuti freschi" rispondendo

così alle esigenze di ottimizzazione e riduzione dei costi;

- l'area è già utilizzata per questi scopi: il centro è già attrezzato per ricevere il rifiuto, si elimina quindi la necessità di dover allestire un nuovo centro con le stesse finalità, con relativo vantaggio soprattutto a livello economico;
- il sito è posizionato alle porte di un centro abitato: questo è favorevole dal punto di vista della cogenerazione, e quindi dei possibili utenti allacciabili, infatti in nessuna altra area del territorio regionale si ha una eguale concentrazione di utenze (le possibilità di allacciamento sarebbero quindi più ridotte).

Oltre a queste valutazioni è stata effettuata una valutazione modellistica, discussa nei paragrafi seguenti, relativa alla simulazione della dispersione in aria e delle ricadute al suolo delle emissioni prodotte dal termovalorizzatore. Tale analisi ha portato alla formulazione di un giudizio favorevole relativo a detta ubicazione.

3.3.2. Compensazioni ambientali

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione è situato, come già anticipato, proprio alle porte di una grande città, e questo è favorevole dal punto di vista della cogenerazione e quindi dei possibili utenti allacciabili. Quanto detto è favorevole dal punto di vista della compensazione ambientale, vale a dire mediante l'erogazione di calore in teleriscaldamento è possibile sostituire il funzionamento delle centrali termiche delle utenze ed i relativi impatti come consumo di energia primaria ed emissioni in atmosfera. In questo caso gli impatti evitati corrispondono in modo univoco con quelli degli impianti effettivamente sostituiti. Nella stesura di un bilancio ambientale i due termini citati di impatto evitato rappresentano una compensazione del carico introdotto dal termovalorizzatore [Pa-

nepinto e Genon, 2012; Panepinto e Genon, 2011].

3.3.2.1. POTENZA ELETTRICA E TERMICA CEDIBILE E ALLOGGI RISCALDABILI

Per la definizione della potenza elettrica e termica prodotta dall'impianto e cedibile si fa riferimento ai dati riportati in tabella 3. Le equazioni utilizzate risultano le seguenti:

$$\begin{aligned} \text{Potenza}_{th} \text{ cedibile} &= \\ &= \text{Potenza termica}_{tot} \cdot \eta_{th} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potenza}_{el} \text{ cedibile} &= \\ &= \text{Potenza termica}_{tot} \cdot \eta_{el} \quad (2) \end{aligned}$$

Applicando le equazioni (1) e (2) risulta che la potenza termica prodotta e cedibile è pari a 18 MW mentre la potenza elettrica prodotta e cedibile è pari a 6 MW.

Per la definizione degli appartamenti riscaldabili grazie all'energia termica prodotta dall'impianto e distribuita mediante una rete di teleriscaldamento viene utilizzata la seguente equazione:

$$\text{appartamenti} = (\text{Potenza}_{th} \text{ cedibile} \cdot h/a) / \text{Fabbisogno}_{th} \cdot \text{cubatura} \quad (3)$$

nell'ipotesi che solo il 50 % dell'energia termica prodotta venga ceduta in teleriscaldamento e che il fabbisogno termico sia pari a 44 kWh/m³ [Genon *et al.*, 2009; Torchio *et al.*, 2009] il numero degli appartamenti (ipotizzati ciascuno di 90 m²) riscaldabili risulta pari a 6.060.

3.3.2.2. BILANCIO AMBIENTALE LOCALE E GLOBALE

Per valutare gli effetti (su scala locale e su scala globale) che l'impianto apporterà impostiamo un bilancio ambientale. La base di tale bilancio è costituita dalle seguenti equazioni:

$$\begin{aligned} \text{Emissioni (aggiunte/sottratte)} &= \\ &= \text{emissioni introdotte} - \\ &\quad - \text{emissioni evitate} \quad (4) \end{aligned}$$

Per ciò che riguarda il termine "emissioni introdotte" si fa riferimento alle emissioni introdotte dall'impianto, calcolate a partire dai dati riportati in Tabella 2 e in Tabella 4. Per ciò che riguarda i termini "emissioni evitate" si fa riferimento alle emissioni evitate grazie al recupero di energia termica ed elettrica. Per il calcolo di queste quantità occorre fare riferimento ai fattori di emissione riportati in Tabella 5.

In figura 3 vengono riportati i risultati del bilancio ambientale su scala locale riferito alla potenziale percentuale di allacciabilità alla rete di teleriscaldamento.

Osserviamo i risultati dell'elaborazione effettuata. Per ciò che riguarda il parametro polveri osserviamo un miglioramento della qualità locale dell'aria fino ad una percentuale di allacciabilità pari all' 80% (esclusa) dopo tale percentuale si registra un modesto progressivo peggioramento. Per ciò che riguarda gli ossidi di azoto osserviamo un peggioramento della qualità locale indipendentemente dalla percentuale di allacciabilità alla rete di teleriscaldamento. Infine per ciò che riguarda il parametro ossidi di zolfo osserviamo un robusto miglioramento locale fino ad una percentuale di allacciabilità alla rete di teleriscaldamento del 10 % (escluso).

Passiamo ora ad analizzare il bilancio ambientale su scala globale.

Analizzando quanto riportato in figura 4 osserviamo un cospicuo miglioramento della qualità dell'aria su scala globale relativamente ai parametri monossido di zolfo e monossido di azoto (fa eccezione il parametro monossido di azoto nel caso di percentuale di allacciabilità del 10 %, in tal caso si registra un lievissimo

Tab. 5. Fattori di emissione [EPA, 2007; Provincia di Torino, 2007; GSE, 2012]. Emission Factor [EPA, 2007; Provincia di Torino, 2007; GSE, 2012].

Fattore di emissione produzione TERMICA [mg/kWh]			
Combustibile	Polveri	NO _x	SO _x
Olio combustibile	77	588	523
Gasolio	23	229	337
Metano	13	167	1

Fattore di emissione produzione ELETTRICA [mg/kWh]		
Polveri	NO _x	SO _x
29	600	943

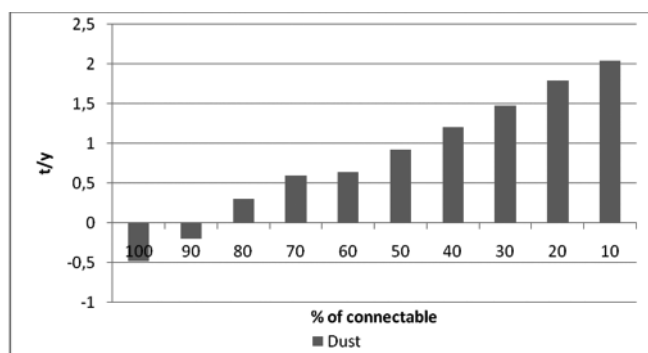
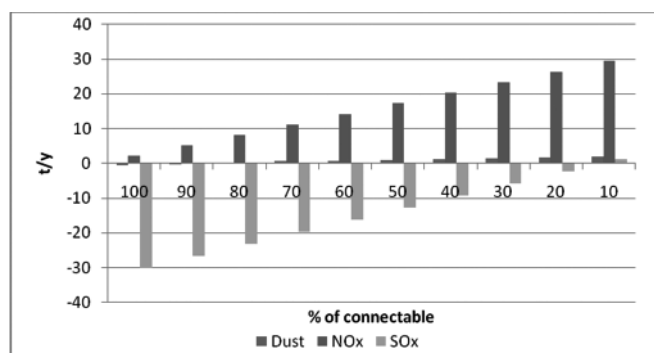


Fig. 3. Bilancio ambientale su scala locale. Environmental balance on local scale.

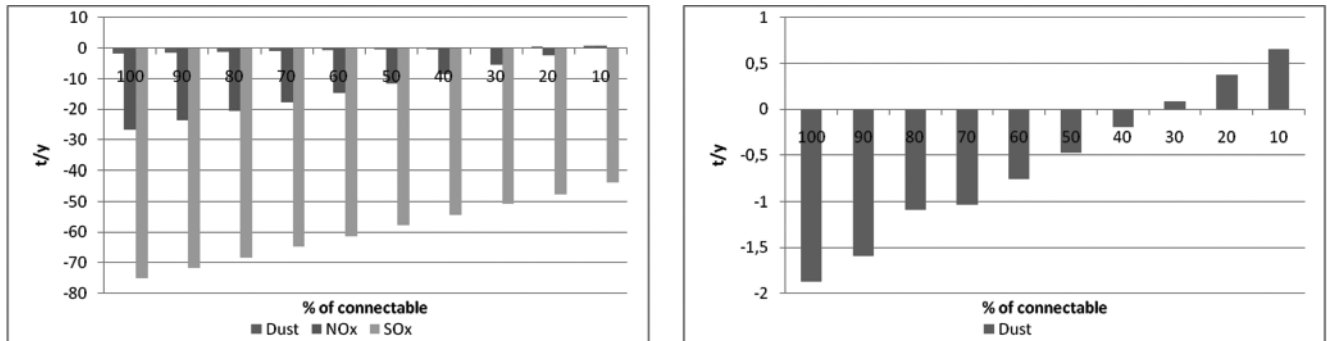


Fig. 4. Bilancio ambientale su scala globale. Environmental balance on global scale.

peggioremento). per ciò che riguarda il parametro polveri osserviamo un miglioramento a livello globale fino ad una percentuale di allacciabilità pari al 20 % (escluso).

I risultati ottenuti dal bilancio ambientale non sono un vero indice della modificazione della qualità dell'aria, infatti in caso di peggioramento del bilancio emissivo non è detto che a tale valore corrisponda, in fase di modellizzazione, un peggioramento della qualità dell'aria poiché il rapporto numerico tra concentrazione inquinante in ambiente e flusso emissivo relativo ad un unico grosso impianto con punto di emissione posto ad altezza rilevante (e quindi con relative emissioni disperse ad una quota maggiore rispetto a quelle derivanti dalle caldaie domestiche) è inferiore ed in particolare in genere inferiore rispetto al corrispettivo dato da più piccoli impianti che emettono ad una quota più bassa.

Al fine di definire l'effettiva modificazione della qualità dell'aria in seguito all'entrata in funzione dell'impianto di incenerimento è necessario ricorrere all'implementazione dei modelli di dispersione degli inquinanti.

3.3.3. Modellizzazione delle ricadute ambientali

La simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera e della deposizione al suolo è stata effettuata utilizzando SPRAY [Allwine et al., 2006; ARPA Valle d'Aosta, 2007], un

modello lagrangiano a particelle, modello particolarmente adatto anche in caso di orografia complessa, messo a disposizione dall'ARPA locale.

A partire dai dati di orografia ed uso del suolo, dalle condizioni meteorologiche, dal tipo e dalla quantità delle emissioni, il modello fornisce i valori medi orari di concentrazione degli inquinanti considerati. Tali dati orari possono poi essere utilizzati per ricavare opportuni parametri (come la media annua) che possono poi essere confrontati con la normativa vigente in materia di qualità dell'aria.

Sono state elaborate le concentrazioni e deposizioni dei seguenti inquinanti: PM (1-2,5-5 µm), NO₂, HCl, HF, CO, PCDD/PCDF (stato gassoso e particolato), metalli e IPA, in quanto da una prima simulazione di prova sono state ritenute le più significative. Per ciò che riguarda l'altezza del camino, si sono considerate tre diverse altezze: 50 metri, 60 metri e 80 metri.

Riportiamo nel seguito due gruppi

di risultati relativi ai parametri PM (1-2,5-5) e PCDD ottenuti nell'ipotesi di un'altezza del camino pari a 50 metri (configurazione che determina il valore più elevato di concentrazione al suolo) e le mappe relative al valore medio giornaliero di deposizione secca.

Sono state effettuate valutazioni di natura comparativa fra le risultanze del computo di accumulo di inquinanti al suolo, e i limiti di concentrazione ammessi dalla legislazione vigente (D. Lgs. 152/2006, allegato 5) [D. Lgs. 152/2006]. La valutazione comparativa effettuata mette in luce come, allo stato attuale delle conoscenze, l'accumulo inquinante risulti essere molto limitato, pur avendo considerato, nell'elaborazione effettuata, scenari molto conservativi (assenza di fenomeni di degradazione e dissipazione).

È stata inoltre effettuata una campagna di monitoraggio, della durata

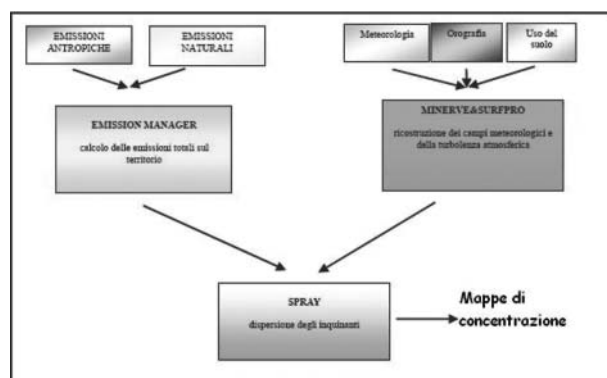


Fig. 5. Catena modellistica per le simulazioni di dispersione di inquinanti utilizzata [ARPA Valle d'Aosta, 2007]. Modelistic sequence for the pollutant dispersion simulation utilized [ARPA Valle d'Aosta, 2007].

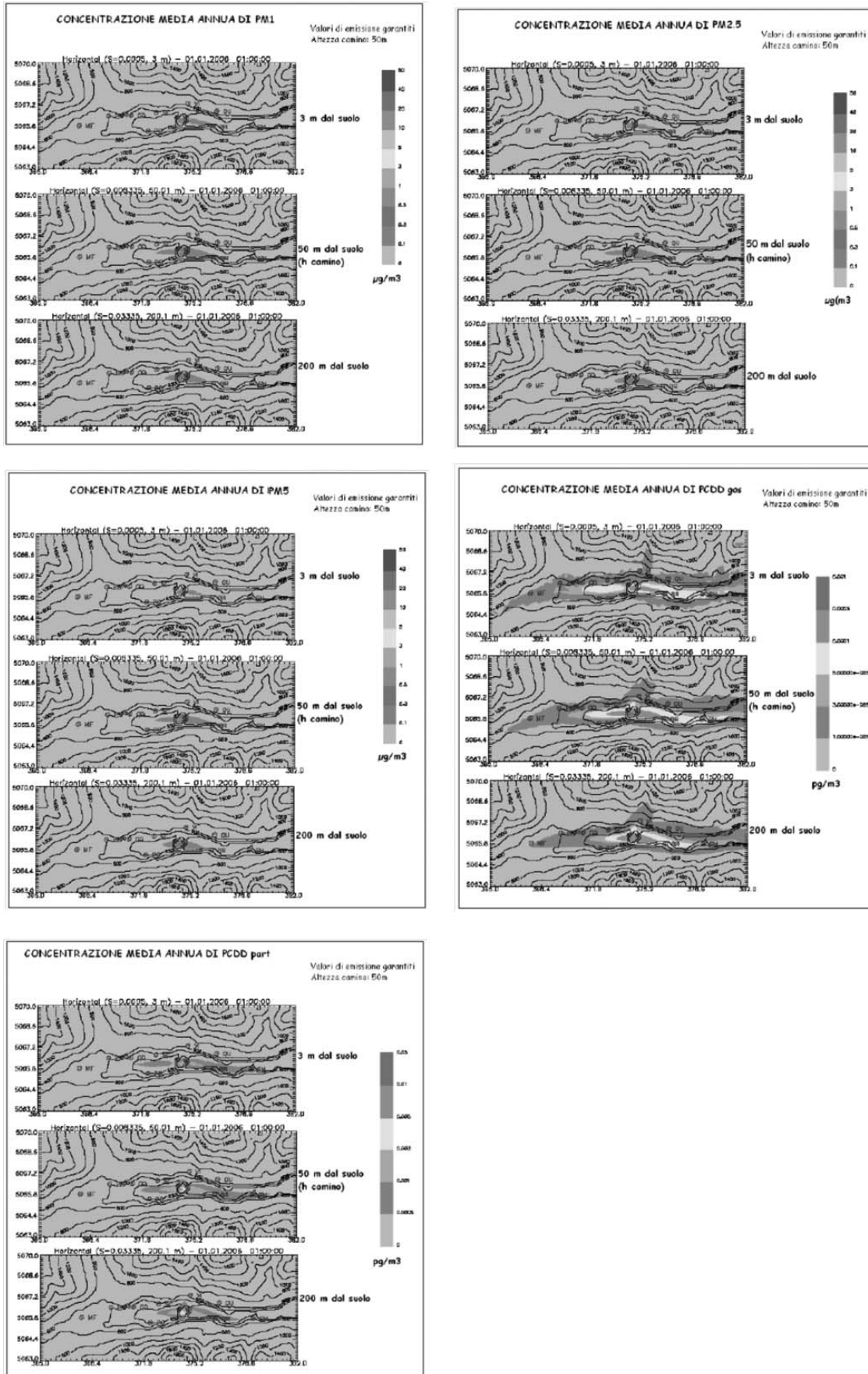


Fig. 6. Mappe di concentrazione media annua a diversa altezza dal suolo [ARPA Valle d'Aosta, 2007].
 Maps of mean annual concentrations at different height from the soil.

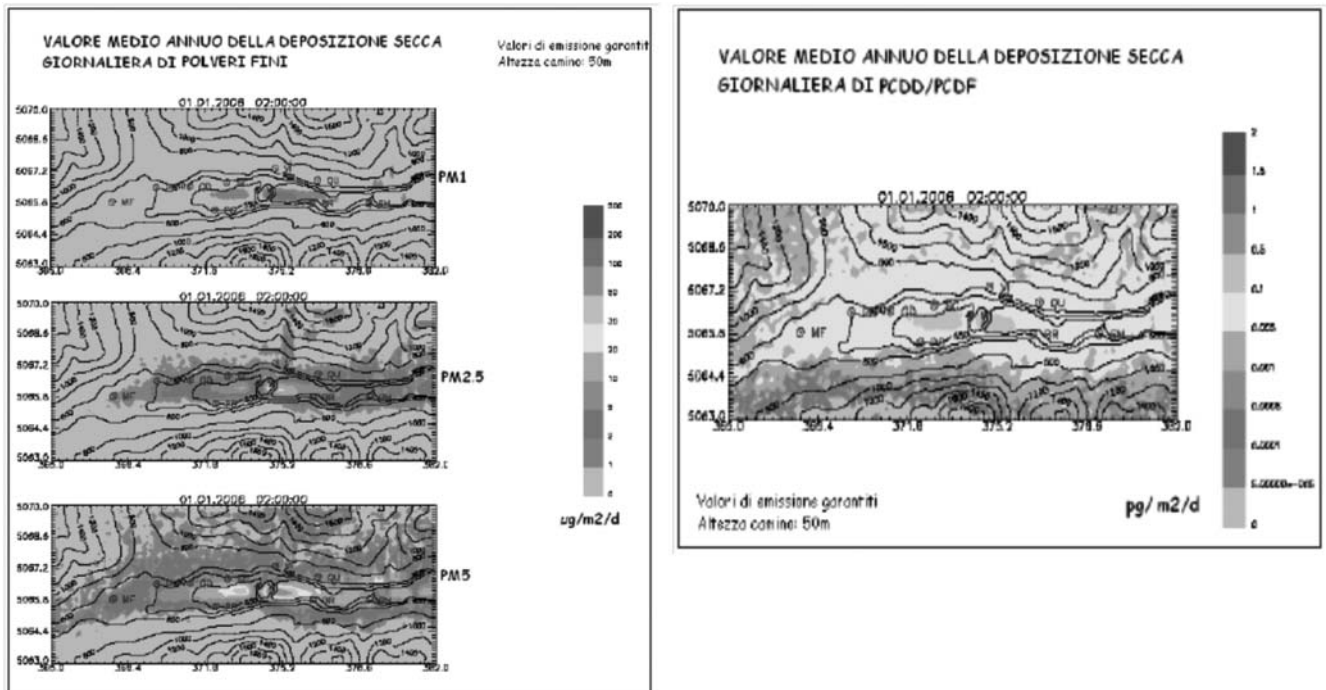


Fig. 7. Mappe di concentrazione relative al valore medio giornaliero di deposizione secca [ARPA Valle d'Aosta, 2007].
Concentrations maps of dry deposition.

di un anno, delle tre matrici ambientali aria, acqua e suolo, al fine di definire il bianco ambientale. I risultati ottenuti sono stati confrontati con le concentrazioni derivanti dalla simulazione effettuata (valori di concentrazione a 3 metri dal suolo). Il confronto è stato effettuato in sei diversi siti, quelli maggiormente interessati dalla dispersione atmosferica degli inquinanti (individuati mediante l'implementazione preventiva del modello di dispersione degli inquinanti SPRAY) la cui localizzazione è riportata in Figura 8. In questo modo è stato possibile definire il peso percentuale dell'impianto proposto, cioè quanto peserebbero, in termini percentuali, le emissioni derivanti dal futuro impianto sulla situazione (qualità dell'aria) attuale. Quanto esposto è riportato in Tabella 6.

Quanto riportato in Tabella 6 rappresenta il peso percentuale del termovalorizzatore proposto sulla situazione attuale. In tale tabella non si tiene conto dell'effetto del recupero energetico e quindi della possibile e probabile, almeno in parte, compensazione ambientale. Analizzando la tabella si osserva come l'impatto

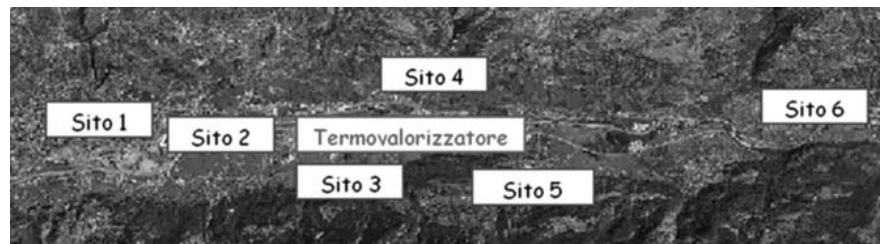


Fig. 8. Localizzazione dei siti.
Sites ubication.

maggiore (espresso in peso percentuale) graverà sui siti più prossimi all'impianto ed in particolare sul sito denominato "Sito 5". Ad ogni modo l'impatto aggiuntivo prodotto dall'impianto risulta essere piuttosto modesto con punte massime di poco superiori al punto percentuale.

4. Conclusioni

Il lavoro svolto nasce dall'esigenza di trovare una soluzione per la gestione dei rifiuti in una zona di media estensione, dove oggi lo smaltimento si basa per lo più sulla discarica, destinata a breve, all'esaurimento.

Tab. 6. Pesì percentuali.
Percentage weight.

Sito	PM _{2,5} peso %	NO _x peso %	PCDD/F peso %	HCl peso %	HF peso %
Sito 1	0,09	0,96	0,39	0,68	0,30
Sito 2	0,07	1,57	0,30	1,02	0,40
Sito 3	0,04	1,30	0,26	0,34	0,10
Sito 4	0,03	0,66	0,17	0,38	0,20
Sito 5	0,19	1,64	1,34	1,83	0,60
Sito 6	0,05	0,92	0,24	0,57	0,20

La soluzione ricercata deve essere compatibile con i vincoli normativi e con le criticità proprie della zona analizzata, legate alla carenza di nuovi siti da destinare a discarica e alle problematiche di natura igienico-sanitarie e ambientali derivanti dalla discarica stessa.

La soluzione proposta prevede la realizzazione di un termovalorizzatore e la bonifica, mediante la tecnica del Landfill Mining, della discarica. Tale soluzione è stata verificata in ambito tecnologico e ambientale. Il lavoro svolto presenta valore e interesse sia dal punto di vista particolare, del caso in esame, sia più in generale, da un punto di vista metodologico. Infatti nel corso del lavoro è stato individuato uno schema di verifica di carattere generale e del tutto riproducibile.

Tale schema si basa su tre livelli di analisi:

- analisi preliminari (strumenti: bilanci di materia e di massa);
- analisi tecnologiche (strumenti: analisi qualitative);
- analisi ambientali (strumenti: bilancio ambientale, modelli di dispersione e ricaduta).

Le analisi preliminari sono volte a comprendere l'effettiva fattibilità della soluzione proposta, esse prevedono la valutazione quali-quantitativa ed energetica dell'alimentazione e la definizione, mediante lo svolgimento di opportuni bilanci di materia di tutte le caratteristiche tecniche della soluzione individuata. Superato con esito positivo questo primo step si passa al secondo relativo alle analisi tecnologiche: si tratta di analisi più tecniche consistenti in analisi comparative delle migliori tecnologie esistenti. Per far ciò si sono individuati tre criteri: di esercizio, ambientale e dei costi, tali criteri prendono in esame tutti i principali aspetti esaminabili. Si ha infine lo step delle analisi ambientali volte a valutare la localizzazione individuata per l'impianto e le conseguenze ambientali.

Adottando lo schema proposto è

possibile giungere ad una valutazione circa l'effettiva fattibilità tecnologica ed ambientale degli impianti di gestione rifiuti proposti.

Bibliografia

- Allwine, K.J., Rutz, F.C., Droppo, J.G., Rishel, J. P., Chapman, E.G., Bird, S. L., Thistle, H.W., SPRAYTRAN 1.0 User's Guide: A GIS-Based Atmospheric Spray Droplet Dispersion Modeling System, Pacific Northwest National Laboratory, September 2006, http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-16075.pdf, ultimo accesso 07/07/2014.
- ARPA Valle d'Aosta, Piano di monitoraggio del fondo ambientale in ordine alla possibile realizzazione di un impianto di termovalorizzazione dei rifiuti in Valle d'Aosta – Valutazione modellistica della dispersione degli inquinanti emessi a camino, Aprile 2007.
- Cestaro, S. e Rossetti, D., 2006, Landfill Mining: Tecnologia e costi. Atti del "Seminario per la riduzione degli impatti e la bonifica delle discariche", Montegrotto Terme (Padova), 7-9 Giugno 2006.
- Cossu, R., 2002, La tecnica del Landfill Mining Atti del "Seminario di aggiornamento " La Bonifica delle Vecchie Discariche ", 10-12 Giugno 2002.
- Decreto legislativo 13 gennaio 2003 n. 36, Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti. (Gazzetta Ufficiale n. 59 del 12 marzo 2003 – Supplemento Ordinario n. 40).
- Decreto Legislativo 11 maggio 2005, n. 133, Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti. (Gazzetta Ufficiale n. 163 del 15 luglio 2005 – Supplemento Ordinario n. 122).
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale, (Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 – Supplemento Ordinario n. 96).
- European Environmental Agency, 2007, EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5/>. Ultimo accesso 01/07/2014.
- Genon, G., Torchio, M.F., Poggio, A., Poggio, M., 2009. Energy and environmental assessment of small district heating systems: Global and local effects in two case-studies. *Energy Conversion and Management*, 50, 522-529.
- GSE (Gestore Servizi Energetici), 2012, <http://www.gse.it/it/Gas%20e%20servizi%20energetici/Mix%20energetici%20e%20Offerte%20Verdi/Pages/default.aspx>. Ultimo accesso 01/07/2014.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration", July 2005.
- ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), Rapporto Rifiuti Urbani, Edizione 2013, 176/2013.
- Panepinto, D., Genon, G., 2011. Environmental balance study for the construction of a biomass plant in a small town in Piedmont (Northern Italy). *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 143, 279-290.
- Panepinto, D., Genon, G., 2012. Biomass thermal treatment: energy recovery, environmental compatibility and determination of external costs, *Waste and Biomass Valorization*, 3, 197-206.
- Provincia di Torino, 2007, Technical required for biomasses plants with thermal power higher than 350 kW (in Italian). http://www.fireitalia.it/forum/pellet/all_oltre_350.pdf. Ultimo accesso 01/07/2014.
- Torchio, M.F., Genon, G., Poggio, A., Poggio, M., 2009. Merging of energy and environmental analyses for district heating systems. *Energy*, 34, 220-227.