PROVINCIA DI IMPERIA
COMUNI DI SANREMO E DI TAGGIA

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE ATMOSFERICO

per la prosecuzione dell'attività di discarica di rifiuti non pericolosi in località Collette Ozotto di Bussana di Sanremo con recupero di energia da gas di discarica

fino a tutto il 30 Aprile 2013

Prof. Ing. Marco Del Borghi Dott. Ing. Adriana Del Borghi

INDICE

DISPERSIONE ATMOSFERICA EMISSIONI DAL CAMINO DEL GRUPPO DI GENERAZIONE 2
1 PREMESSA 3
1.1 Finalità, metodologia e svolgimento dello studio 3
2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO 4
2.1 Legislazione statale, regionale ed altre normative 4
2.2 Atmosfera 4
3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE 4
3.1 Finalità del progetto 4
3.2 Stato attuale dell'impianto 5
3.3 EMISSIONI ATMOSFERICHE ATTUALI 8
3.4 EMISSIONI ATMOSFERICHE FUTURE 15
3.5 Confronto sintetico tra emissioni attuali ed emissioni future . 18
4 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE 19
4.1 Inquadramento meteoclimatico 19
4.2 Qualità dell'aria 27
5 VALUTAZIONE DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI A CAMINO 30
5.1 Introduzione al modello ISC 30
5.2 Importanza dei fattori climatici nella valutazione dell'inquinamento atmosferico 31
5.3 Calcoli di dispersione nella situazione attuale e futura 39
5.4 Valutazione degli impatti sull'ambiente atmosferico 39
6 CONCLUSIONI 41

APPENDICE
DISPERSIONE ATMOSFERICA EMISSIONI DAL CAMINO DEL GRUPPO DI GENERAZIONE

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

1 PREMESSA

Il presente Studio di Impatto Ambientale si riferisce all'ottimazione dell'utilizzo della esistente discarica di rifiuti non pericolosi in località Collette Ozotto di Bussana di Sanremo per fare fronte alle necessità di smaltimento dei R.S.U. prodotti nei comprensori sanremese e ventimigliese fino al 30/04/2013.

1.1 Finalità, metodologia e svolgimento dello studio

In base al DPR 12 aprile 1996 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994 n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale" il presente studio di impatto ambientale, rientra fra quelli a valenza regionale, infatti con il DPR 12 aprile 1996 il legislatore italiano ha recepito in modo più completo le direttive comunitarie individuando tutta una serie di opere che in base alla loro dimensione e/o ubicazione devono essere sottoposte a VIA regionale, demandando alle regioni la disciplina delle procedure e dei contenuti degli studi di impatto ambientale e comunque ad armonizzarle con le disposizioni contenute del suddetto DPR.
In Liguria la VIA è disciplinata dalla Legge Regionale n. 38 del 30.12.1998, che recepisce il D.P.R. del 12.4.96 "Atto di indirizzo e coordinamento concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale" e la nuova direttiva della UE 97/11 in materia di VIA, ed abroga la L.R. n.22/1994.
Il seguente studio è sviluppato secondo quanto previsto dalla normative regionale e si articola quindi nelle seguenti sezioni:

1. **Quadro programmatico**, comprendente:
    a. relazioni tra il progetto e gli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti.
    b. analisi di conformità del progetto con gli strumenti pianificatori ed urbanistici vigenti
2. **Quadro progettuale**:
    a. descrizione delle caratteristiche fisiche del progetto e delle esigenze di utilizzazione del suolo durante le fasi di costruzione e di esercizio;
    b. descrizione delle principali caratteristiche dei processi sviluppati, con l'indicazione della natura e delle quantità dei materiali impiegati;
    c. descrizione della tecnica prescelta, e delle tecniche previste per prevenire le emissioni degli impianti o per ridurre l'utilizzo delle risorse naturali;
    d. valutazione del tipo e della quantità di residui e di emissioni previsti.
3. **Quadro ambientale**, comprendente:
    a. Analisi della qualità ambientale con riferimento alle componenti dell'ambiente potenzialmente soggette ad un impatto del progetto proposto, con particolare riferimento alla popolazione, alla fauna, alla flora, al suolo, all'acqua, all'aria, ai fattori climatici, ai beni materiali, al paesaggio e all'interazione fra questi fattori.
4. **Valutazione della ricaduta al suolo delle emissioni a camino:**
    a. Descrizione dei probabili effetti rilevanti, positivi e negativi del progetto proposto e descrizione delle misure previste per evitare, o ridurre gli effetti negativi del progetto sull'ambiente

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Si sono raccolte tutte le informazioni esistenti sull'ambiente circostante.
Si è proceduto quindi alla valutazione dei vari impatti utilizzando le modellistiche necessarie (produzione di biogas ed emissioni in atmosfera), individuando le eventuali misure di mitigazione, esaminando anche quelle che ricadono all'esterno del sito dell'impianto (che non rientrano nelle tecnologie strettamente impiantistiche).

2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

Nel presente capitolo analizzeremo quindi la congruenza del nostro progetto con i vincoli esistenti nell'area.

2.1 Legislazione statale, regionale ed altre normative

Nello sviluppo del nostro progetto si è tenuto conto di tutte le normative vigenti a livello comunitario, nazionale e regionale sull'impatto ambientale atmosferico.
Questo progetto **prevede di utilizzare** al meglio **esclusivamente le aree del sito già impegnate nell'attività di discarica**, al fine di garantire lo smaltimento dei rifiuti urbani per il periodo limitato necessario alla realizzazione dell'impianto provinciale di trattamento dei RSU. Decorsa questa fase temporanea la coltivazione dovrà essere obbligatoriamente conclusa e la discarica chiusa, non potendo il sito essere ampliato per prescrizione dell'Amministrazione Statale di Tutela Paesaggistica.

2.2 Atmosfera

La normativa di riferimento per le emissioni in atmosfera è costituita da:

1. DPCM 28/3/83
2. D.P.R. 203/88 e successive modifiche ed integrazioni: sono stati fissati i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno, i valori guida della qualità dell'aria, oltre ai relativi metodi di prelievo e di analisi al fine della tutela igienico-sanitaria delle persone o comunità esposte.
3. I valori limite degli inquinanti sono stati aggiornati dal DGR 3/8/94 e dal DM 25/11/94.
4. Decreto del Ministero dell'Ambiente del 12/7/90 recante norme per il contenimento dell'inquinamento atmosferico.
5. D.Lgs. 36 del 13/01/2003 "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti".
6. Codice Ambiente - D.L.gs. 152/2006

3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1 Finalità del progetto

La principale finalità del progetto è certamente quella di assicurare l'utilizzo dell'esistente discarica controllata per far fronte alle necessità di smaltimento dei R.S.U. prodotti nei comprensori sanremese e ventimigliese fino al 30/04/2013.
Il progetto prevede infatti la saturazione e chiusura definitiva della discarica con coltivazione temporanea fino alla realizzazione dell'impianto di trattamento RSU provinciale.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

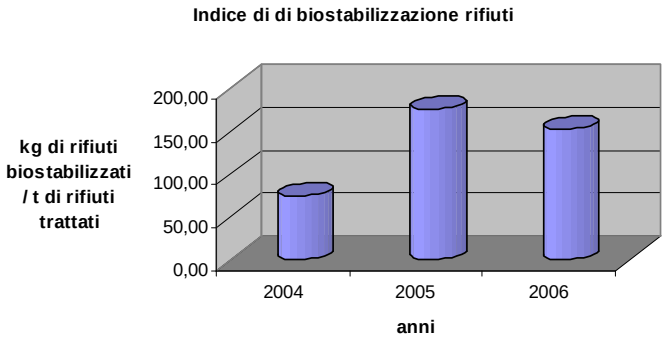
3.2 Stato attuale dell'impianto

3.2.1 Opere di selezione e stabilizzazione della frazione organica

L'attuale coltivazione della discarica controllata prevede l'utilizzo del sistema di seguito illustrato per la separazione della frazione organica con successiva stabilizzazione, che verrà impiegato anche per la prosecuzione delle attività di discarica.
L'impianto è costituito da una zona di ricevimento del rifiuto tal quale, da una zona di trattamenti del rifiuto tal quale e da una zona di compostaggio del materiale organico selezionato meccanicamente.
I rifiuti in arrivo vengono scaricati su una zona debitamente impermeabilizzata; da qui vengono presi a mezzo pala meccanica e scaricati nel trituratore rompisacco; da questo, il materiale passa al vaglio, che separa sottovaglio e sovvallo.
Il sovvallo viene ripreso e conferito in discarica, mentre il sottovaglio viene compostato per l'ottenimento di un prodotto finale che si configura come "stabilizzato" destinato alla ricopertura della discarica.
Il progetto prevede di mantenere le attrezzature dell'impianto di selezione già dimensionate per la potenzialità di 130.000 t/a e le opere di stabilizzazione aerobica della frazione organica tramite 24 biocelle, come sopra caratterizzate.

La Società Idroedil, per tenere sotto controllo la stabilizzazione dei rifiuti e quindi le emissioni in atmosfera derivanti dalla discarica, ha sviluppato un indicatore che rapporta i kg di rifiuti biostabilizzati in un anno e le tonnellate di rifiuto conferito in discarica nel medesimo anno.

Rifiuti biostabilizzati	**2004**	**2005**	**2006**
(t)	**5.394**	**11.613**	**11.263**
Indice di biostabilizzazione rifiuti (kg/t)	**72,09**	**175,76**	**152,30**



L'aumento di tale indice dal 2004 al 2005 è dovuto alla crescente percentuale di rifiuti biostabilizzati rispetto ai rifiuti conferiti. Tale aumento è dovuto all'ottimizzazione del processo di trattamento in biocelle che ha portato alla diminuzione del tempo di permanenza in biocelle. Questo in prospettiva può portare ad un allungamento della vita della discarica. Nel 2006, la quantità di rifiuti biostabilizzati non ha subito modifiche sostanziali.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

3.2.2 Principali macchine e attrezzature

Per effettuare le operazioni di selezione e trattamento previste sono necessari le seguenti macchine ed attrezzature:

n° 1 trituratore – rompisacco (linea doppia)
n° 1 vaglio (linea doppia)
n° 1 sistema a biocelle per il compostaggio
n° 1 camion con attrezzatura scarrabile per la movimentazione delle biocelle
n° 1 pala meccanica

3.2.3 Trattamento aerobico della Frazione organica dei Rifiuti Solidi Urbani - Compostaggio

L'impianto di compostaggio installato a valle dell'attività di trattamento della frazione secco-umido, rappresenta una razionalizzazione della stessa e rappresenta la migliore tecnologia oggi esistente che ha consentito di migliorare in termini ambientali soprattutto l'impatto dato dalla presenza di odori.

3.2.4 Sistema di captazione del biogas

Per quanto concerne la captazione e smaltimento del biogas della discarica sono predisposte delle opere di captazione tramite pozzi costituiti da una tubazione in PEHD microfessurato del diametro di 400mm protetta da uno strato di materiale drenante.
La produzione di tali gas avviene in circa 25-30 anni con un incremento variabile nel tempo crescente sino al 10° anno e poi decrescente in maniera esponenziale, con un inizio di produzione dopo i primi 2-3 anni.

3.2.5 Recupero energetico

Già nella Delib.C.I. 27 luglio 1984: Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti, al punto 4 stoccaggio dei rifiuti, relativamente alle discariche di prima categoria (oggi di rifiuti non pericolosi), si dice che queste devono essere dotate di dispositivi per la captazione ed il recupero del biogas e che, nel caso in cui non risulti praticabile una utilizzazione energetica del biogas captato, questo deve essere bruciato in loco mediante torce, preferibilmente ad accensione automatica.
La società Idroedil, in linea con la legislazione richiamata, ha attivato dal luglio 2006 un impianto per recupero energetico finalizzato a:

- ottimizzare l'esistente impianto di captazione biogas;
- realizzare le opere di trattamento depurativo di analisi e controllo del biogas estratto;
- realizzare la piattaforma di recupero energetico;
- realizzare tutta l'impiantistica elettrica accessoria all'impianto per rendere possibile la distribuzione dell'energia prodotta;
- realizzare tutta l'impiantistica atta a controllare e monitorare sia le emissioni in atmosfera prodotte dai motori che il funzionamento dell'impianto di produzione energetica.

Produzione di biogas prevista

All'uopo è stato elaborato uno scenario di produzione basato essenzialmente sul quantitativo di rifiuti conferito nella discarica così come indicato nella documentazione fornita. Dalla stima della produzione di una singola tonnellata di RSU verrà estrapolata quella dell'intera discarica

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

considerando la cronologia degli afflussi ed applicando il principio della sovrapposizione degli effetti.
Sulle risultanze di tale elaborato si è proceduto al dimensionamento delle varie sezioni impiantistiche con il seguente criterio.

- Per le opere di aspirazione e combustione si è ipotizzata una efficienza di captazione pari al **70%** della produzione teorica di biogas. Si è scelto di utilizzare tale valore, in modo da garantire un sicuro smaltimento del biogas prodotto senza dover necessariamente sfruttare al limite i macchinari installati.

- Per le opere di produzione energetica si è ipotizzata una efficienza di captazione pari al **60%** della produzione teorica di biogas. Si è scelto tale valore in quanto appare più congruo alle effettive condizioni che si potranno ottenere durante la gestione. Va altresì detto che tale scelta non condiziona la possibilità futura di implementare le unità di produzione energetica qualora questa risultasse possibile.

Nella determinazione della quantificazione produttiva si è tenuto conto dell'efficienza di captazione dell'impianto che, data la configurazione plano-altimetrica del sito, la tipologia di abbancamento e la copertura prevista, ha determinato le seguenti valutazioni suddivise per anno che sono state prese a riferimento per i dimensionamenti di macchinari come in precedenza illustrato.
La produzione di biogas è stata validata anche dal modello descritto nel capitolo delle emissioni atmosferiche.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Ipotesi efficienza di captazione pari al 70%		*Ipotesi efficienza di captazione pari al 60%*	
Anno	**m^3/h**	**Anno**	**m^3/h**
2003	340	2003	290
2004	375	2004	325
2005	365	2005	315
2006	330	2006	285
2007	295	2007	250
2008	250	2008	215
2009	215	2009	190
2010	180	2010	155
2011	209	2011	180
2012	173	2012	148
2013	149	2013	128

Tabella 1 - Produzione oraria teorica di biogas suddivisa per anni (validata attraverso il modello previsionale di produzione biogas e relativa alla precedente progettazione)

3.2.6 Impianto di recupero energetico

L'impianto di recupero energetico esistente approvato nella precedente VIA regionale ha le seguenti sintetiche caratteristiche:

- combustibile: biogas da discarica
- gruppo elettrogeno: n.2 caterpillar da 1,5 MW complessivi;
- durata dell'attività di recupero: con biogas per anni 12 dalla fine della coltivazione della discarica.

Le emissioni in atmosfera dell'impianto di generazione sono state quantificati ed utilizzate nei calcoli di dispersione atmosferica riportati in appendice.

3.3 EMISSIONI ATMOSFERICHE ATTUALI

Le emissioni atmosferiche attuali sono rappresentate da:

- **Emissioni diffuse di sostanze maleodoranti e polveri** provenienti dalle operazioni di movimentazione e selezione rifiuti. Tali emissioni non sono facilmente quantificabili e risultano piuttosto contenute in quanto parte della frazione organica (6000t/a) viene rapidamente sottoposta a compostaggio aerobico.
- **Emissioni diffuse dovute al biogas non captato** che si sviluppa dalla discarica attraverso complesse reazioni di digestione anaerobica.
- **Emissioni diffuse provenienti dal biofiltro** posto a valle delle biocelle di compostaggio. Per loro natura tali emissioni, dovute a reazioni biologiche di tipo aerobico sono rappresentate esclusivamente da anidride carbonica ed acqua.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

- **Emissioni convogliate** provenienti dall'impianto di generazione che utilizza la frazione di biogas captata dalla discarica.

Trascurando le emissioni diffuse prodotte dalle operazioni di selezione e stabilizzazione aerobica (per altro di difficile quantificazione e, comunque di entità trascurabile), restano da quantificare le emissioni di biogas dalla discarica che, in parte vengono disperse nell'atmosfera come emissioni diffuse, in parte vengono captate e disperse in atmosfera come emissioni convogliate sotto forma di gas combusti attraverso i camini dell'impianto di generazione che utilizza il biogas come combustibile.

3.3.1 Calcolo della produzione attuale di biogas

La stima della produzione di biogas di una discarica può essere effettuata utilizzando il "modello matematico di produzione del biogas in uno scarico controllato" (di G.Andreottola, R.Cossu). Questo è un modello predittivo, cioè un insieme di relazioni ed ipotesi che, partendo dalla quantità di rifiuti e dalle sue caratteristiche merceologiche, permette di ricostruire la curva di produzione di biogas.
Le caratteristiche merceologiche dei rifiuti della provincia di Imperia sono riassunte nella Figura 1.

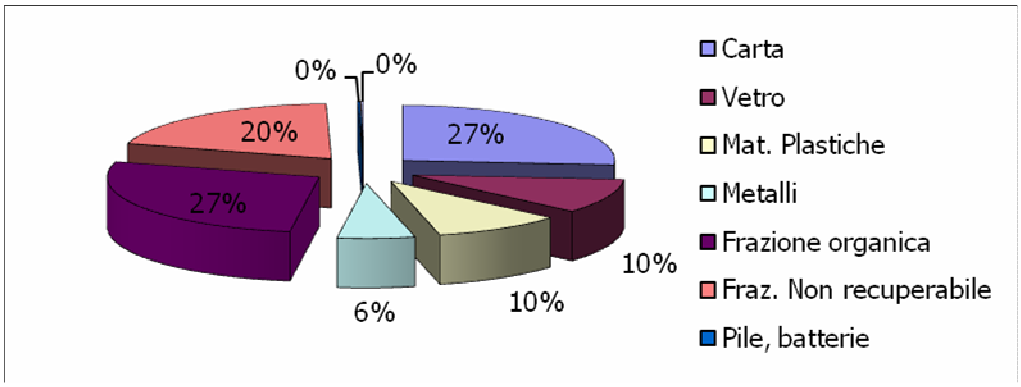


Figura 1 - Caratteristiche merceologiche dei rifiuti (% in peso tal quale)

Queste corrispondono alla seguente composizione della sola frazione merceologica.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Frazioni Biodegradabili	**% in peso (tal quale)**	**% in peso (secco)**
Frazione rapidamente biodegradabile	**0,273**	**0,1365**
Frazione mediamente biodegradabile	**0,263**	**0,1841**
Frazione lentamente biodegradabile	**0,03**	**0,02**

Tabella 2 - Composizione dei rifiuti biodegradabili

Analisi relative alla qualità del biogas hanno fornito valori di concentrazione di metano compresi tra 48% e 58%, e alla concentrazione di zolfo (espresso come H_2S) compresi tra 0,10% e 0,20%.

Componente	Potere calorifico inferiore (kcal/kg)	Percentuale nel biogas	PCI relativo (kcal/kg)
Metano	8.500	50%	4.250
Anidride carbonica	0	40%	
Azoto	0	8%	
Ossigeno	0	1%	
Altri	0	1%	
BIOGAS		**100%**	**4.250 kcal/kg**

Tabella 3 - Caratteristiche del biogas emesso da una discarica di RSU

Descrizione del modello

Ai fini dell'applicazione del modello matematico di produzione del biogas, lo scarico controllato è schematizzabile come un insieme di celle, costituite da rifiuti depositati, compattati e ricoperti da uno strato di terreno, di volume variabile. Le dimensioni della cella corrispondono a quelle di un intero strato di rifiuti depositato con un tempo di stesura di 1 anno.
Per l'applicazione del modello di produzione del biogas si assumerà la cella come unità di riferimento, che può essere considerata come un reattore biologico di tipo batch.
Tale reattore è costituito da tre fasi: Solida; Liquida; Gassosa.
La fase solida è costituita dai rifiuti solidi, come peso secco; la fase liquida dall'umidità interna dei rifiuti e dagli apporti esterni (acque meteoriche, percolato ricircolato, ecc.); infine la fase gassosa è costituita dai volumi dei vuoti della massa dei rifiuti.
Quindi per una corretta modellizzazione del processo di metanogenesi, si è tenuto conto dei seguenti aspetti:

- Eterogeneità delle fasi presenti, in particolar modo della fase solida e liquida, nonché dei meccanismi di idrolisi del substrato, cioè del suo trasferimento dalla fase solida a quella liquida;

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

- Eterogeneità dei substrati presenti, classificati in **frazione organica rapidamente**, **mediamente** e **lentamente biodegradabile**.

Il modello matematico è stato suddiviso in due distinti sottomodelli:

- Sottomodello chimico-fisico,
- Sottomodello biochimico.

Sottomodello chimico-fisico

Il sottomodello chimico-fisico permette di valutare la quantità di carbonio biogassificabile, tenendo presente la composizione e le caratteristiche fisiche dei rifiuti.
Esso prevede l'esecuzione di un'analisi preliminare della composizione dei rifiuti al fine di quantificare, ipotizzando una composizione media e tipica dei residui stoccati in discarica, l'intera produzione di biogas quale sommatoria dei contributi di ogni frazione merceologica caratteristica della composizione media dei rifiuti stessi.
Pertanto per ogni componente merceologica, la **FRAZIONE DI CARBONIO BIODEGRADABILE** può essere espressa attraverso un'equazione del tipo:

$(CO_b)_i = C_i \cdot fb \cdot (1- u_i) \cdot p_i$

dove:

$(CO_b)_i$= carbonio organico biodegradabile presente nella componente i dei rifiuti (kgC/kgRSU umido);

C_i = carbonio organico del componente i su base secca dei RSU (kgC/kgcomponente i);

f_b = frazione di Ci biodegradabile (%);

u_i = contenuto di acqua della componente i (% sul peso umido). Corrisponde alla differenza tra la composizione RSU tal quale e secca (v. Tabella 4).

p_i = peso umido della componente i (kg componente i / kg RSU umido). Corrisponde alla composizione RSU tal quali (v. Tabella 4).

Pertanto la **QUANTITÀ TOTALE DEL CARBONIO BIODEGRADABILE** presente nei rifiuti è:

$$CO_b = \sum (CO_b)_i = \sum C_i \cdot f_b \cdot (1- u_i) \cdot p_i$$

Una valutazione esatta di questa quantità necessita della conoscenza sia di dati sperimentali (u_i e p_i da Tabella 1), sia di dati presi in letteratura relativi alle caratteristiche delle varie frazioni merceologiche che compongono i rifiuti.

Sottomodello biochimico

Il sottomodello biochimico prende spunto dal fatto che la gassificazione dei rifiuti può essere descritta con una cinetica del 1° ordine secondo la seguente relazione:

$$d\frac{(CO_g)_i}{(CO_e)_i - (CO_g)_i} = k_i \cdot dt$$

dove:

$(CO_g)_i$ = carbonio organico della componente i gassificato al tempo t = 0 (kg C /kg RSU umido);

$(CO_e)_i$ = carbonio organico effettivamente biogassificabile contenuto nella componente i al tempo t=0 (kg C /kg RSU umido);

k_i = coefficiente di biodegradazione della componente i $(anni)^{-1}$;

t = tempo in anni.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

La frazione di carbonio biodegradabile viene trasformata in biogas solo in parte, in quanto una porzione di esso è utilizzata per la crescita cellulare. La frazione biogassificabile è crescente in funzione della temperatura in quanto il tasso di assimilazione cresce più lentamente della velocità di dissimilazione e pertanto il carbonio viene maggiormente gassificato.
La relazione che quantifica la **QUANTITÀ DI CARBONIO BIODEGRADABILE REALMENTE BIOGASSIFICATO** è la seguente (A. Damiani, M. Gadolla "Gestione del biogas da discariche controllate" Ed. Istituto Per L'Ambiente):

$(CO_e)_i = (CO_b)_i \cdot (0{,}014 \cdot T + 0{,}28)$;
dove:
$(CO_b)_i$ = carbonio organico biodegradabile e potenzialmente biogassificabile (kg C / kg RSU umido);
T = temperatura (°C).

A partire dalla quantità di C effettivamente biogassificabile è possibile determinare direttamente la produzione di biogas per kg di C, assumendo che il biogas sia costituito esclusivamente da CH_4 e CO_2.
In base a tale assunzione la **PRODUZIONE SPECIFICA DI BIOGAS** è pari a 1868 Nm^3 biogas/t $CO_{biogassificabile}$, cioè:
$G_{imax} = 1.868 * CO_{ei}$

Dai dati di letteratura per i valori di k delle singole frazioni organiche di diversa biodegradabilità si possono trarre le seguenti indicazioni:
$t_{1/2}$ = 1 anno; k_1 = 0,693 $anni^{-1}$ frazione rapidamente biodegradabile;
$t_{1/2}$ = 5 anni; k_2 = 0,139 $anni^{-1}$ frazione mediamente biodegradabile;
$t_{1/2}$ = 15 anni; k_3 = 0,046 $anni^{-1}$ frazione lentamente biodegradabile.

Quindi è possibile esprimere la **PRODUZIONE CUMULATA DI BIOGAS G** (Nm^3/ t RSU) per le tre frazioni organiche come:
$G_i = G_{imax} \cdot (1 - e^{-k_i t})$

Quindi la **PRODUZIONE SPECIFICA DI BIOGAS g** (m^3/t_{RSU} anni), può essere stimata nel modo seguente:

$$g = -\frac{dG}{dt} = 1.868 \cdot (CO_e)_j \cdot k_j \cdot e^{-k_{ej} t}$$

Con j = 1-3 per le tre frazioni biodegradabili.

Per valutare una corretta produzione specifica di biogas deve essere considerato l'effettivo quantitativo annuo di rifiuti depositati in discarica.
Dal totale annuo di rifiuti smaltiti in discarica moltiplicandolo per l'opportuno fattore di conversione, si ottengono le tre quantità di rifiuti (rapidamente, mediamente e lentamente) biodegradabili e la quantità di rifiuti non biodegradabile.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Inserendo tali quantità di rifiuti smaltiti come valori in input del modello, si ricava il grafico della produzione di biogas in discarica nel tempo (Figura 2) rappresentata, per i rifiuti conferiti fino al 2006.

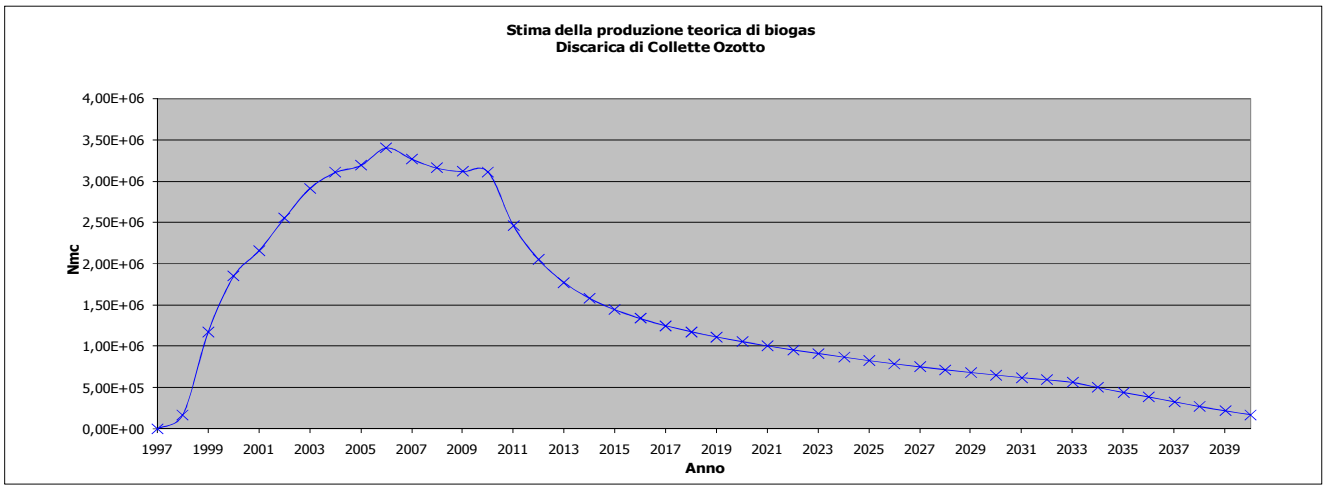


Figura 2– Produzione globale di biogas stimata nell'arco di vita della discarica

3.3.2 Emissioni atmosferiche diffuse di biogas

Tramite il modello di calcolo sopra descritto per la produzione di biogas da una discarica si sono ottenute le produzioni riportate nella Tabella 4.

Tenendo conto dell'efficienza di captazione del nuovo impianto che, data la configurazione plano-altimetrica del sito, la tipologia di abbancamento e la copertura prevista, ha determinato i valori presi a riferimento per i dimensionamenti di macchinari di generazione (come in precedenza illustrato), nella stessa tabella sono riportate le emissioni annuali di biogas disperse in atmosfera.

Produzione teorica di biogas		*Emissione atmosferica diffusa di biogas nell'ipotesi di captazione del 70%*	
Anno	**mc/h**	**Anno**	**mc/h**
2011	483	2011	145
2012	535	2012	160
2013	521	2013	156
2014	471	2014	141
2015	421	2015	126
2016	357	2016	107
2017	307	2017	92
2018	257	2018	77

Tabella 4 - Emissioni attuali di biogas ed emissioni dalla discarica con utilizzo energetico del biogas.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

3.3.3 Emissioni dai camini del gruppo di generazione

Si illustrano le caratteristiche principali dell'impianto di produzione di energia elettrica da biogas presente nella discarica di Collette Ozotto in modo da caratterizzare le emissioni provenienti da detto impianto. Si forniscono informazioni su:

- combustibile (biogas),
- impianto di produzione energia,
- emissioni provenienti da detto impianto.

Da questi dati è stato possibile valutare l'impatto ambientale prodotto dalle emissioni provenienti dal gruppo di generazione a seguito degli abbancamenti fino al 2010 .

Le caratteristiche del biogas assunte come valori di progetto per il dimensionamento dell'impianto di generazione sono riportate nel capitolo precedente.

Impianto a torcia

Durante le fermate dell'impianto, o nel caso di surplus di gas prodotto dalla discarica rispetto ai fabbisogni dell'impianto, si avvia in automatico la torcia ad alta temperatura della discarica.
Orientativamente si può prevedere che, in assenza di esuberi di gas, la combustione in torcia a regime avvenga per circa 30 gg./anno (720 h su 8760 disponibili).

Emissioni secondarie

Sono costituite dai volumi di aria espulsi con continuità nell'ambiente a seguito dei cicli di raffreddamento container, gruppo, circuito raffreddamento olio motore.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

3.4 EMISSIONI ATMOSFERICHE FUTURE

3.4.1 Calcolo della produzione futura di biogas

La stima della produzione di biogas della discarica di Collette Ozotto dopo ulteriore abbancamento di 232.000 t di rifiuti è stata effettuata utilizzando ancora il "modello matematico di produzione del biogas in uno scarico controllato" (di G.Andreottola, R.Cossu).sopra descritto considerando le medesime caratteristiche merceologiche dei rifiuti della provincia di Imperia riassunte nella Figura 1, nonché la medesima composizione dei rifiuti biodegradabili già riportata in Tabella 2

Per valutare una corretta produzione specifica di biogas deve essere considerato l'effettivo quantitativo annuo di rifiuti depositati in discarica (Tabella 4).

	DISCARICA			
ANNO	lotto 1	lotto 2	lotto 3	lotto 4
1997	38.730			
1998	42.260	4.970		
1999	**80.990**	65.972		
2000		66.486		
2001		64.552		
2002		26.501	48.593	
2003		**228.481**	47.457	32.289
2004			**96.050**	71.373
2005				66.794
2006				65.000
2007				65.000
2008				60.000
2009				53.250
2010				103.000
2011				116.000
2012				116.660
2013				38.667
				788.033

TOTALE	
1.193.554	**tons**

Sulla base dei suddetti dati il calcolo di produzione del biogas per il tempo di gestione anche post chiusura della discarica conduce al grafico seguente:

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

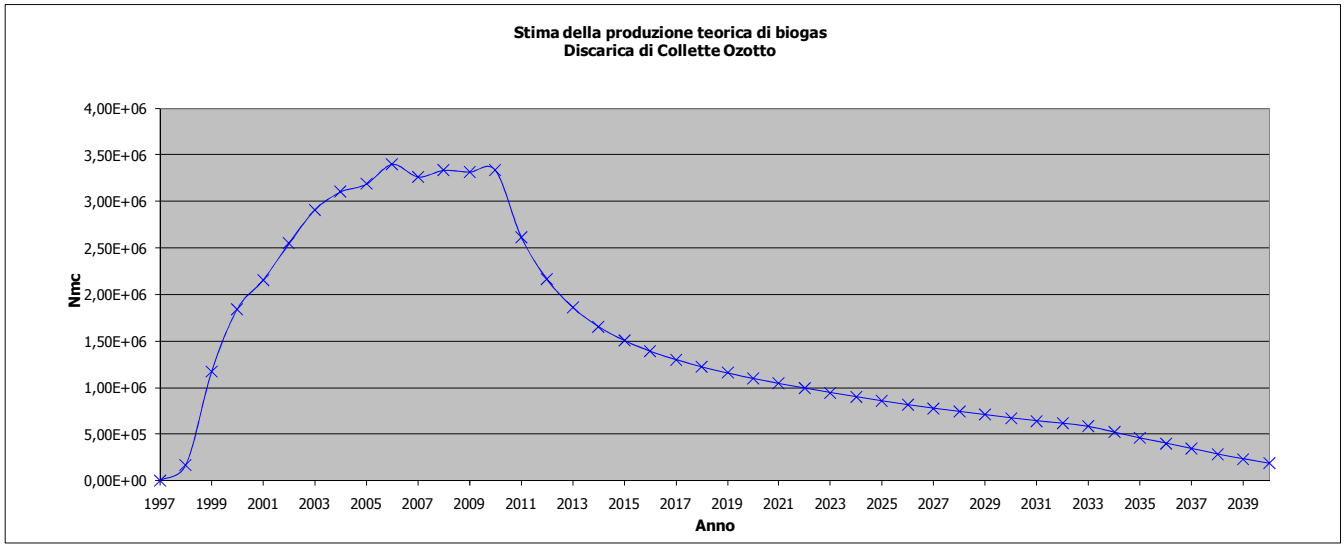


Figura 3

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

3.4.2 Emissioni diffuse di biogas

Sulla base dei suddetti dati il calcolo di produzione del biogas per il tempo di gestione anche post chiusura della discarica conduce alla tabella seguente:

Produzione teorica di biogas		*Emissione atmosferica diffusa di biogas nell'ipotesi di captazione del 70%*	
Anno	**mc/h**	**Anno**	**mc/h**
2008	360	2008	108
2009	356	2009	107
2010	355	2010	107
2011	299	2011	209
2012	247	2012	173
2013	213	2013	149
2014	189	2014	132
2015	172	2015	120
2016	159	2016	111
2017	149	2017	104
2018	140	2018	98
2019	132	2019	93
2020	125	2020	88
2021	119	2021	83
2022	114	2022	79
2023	108	2023	76
2024	103	2024	72
2025	98	2025	69
2026	93	2026	65
2027	89	2027	62
2028	85	2028	59
2029	81	2029	57
2030	77	2030	54
2031	74	2031	52
2032	70	2032	49
2033	67	2033	47
2034	59	2034	42
2035	52	2035	37
2036	46	2036	32
2037	39	2037	28
2038	33	2038	23
2039	27	2039	19
2040	21	2040	15

Tabella 5 - Emissione atmosferica diffusa di biogas nell'ipotesi di captazione del 70%

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

3.5 Confronto sintetico tra emissioni attuali ed emissioni future

Da un primo confronto tra la situazione attuale e la situazione futura si può concludere che:

- le poche emissioni diffuse dovute all'accatastamento momentaneo ed allo stoccaggio di R.S.U si ridurranno in quanto risulta migliorata la stabilizzazione della frazione organica
- Le emissioni diffuse attuali dovute alla produzione di biogas da parte della discarica non subiranno significative variazioni fino a qualche anno dalla completa chiusura dopo di che diminuiranno significativamente.
- Il biogas captato sarà sfruttato per produzione di energia come già avviene attualmente.
- Le emissioni convogliate provenienti dall'impianto di generazione sono trattate tramite un sistema catalitico.
- Le emissioni provenienti dalle biocelle, ove avviene una digestione aerobica del rifiuto organico, sono convogliate in un biofiltro, che provvede già all'abbattimento totale dei pochi inquinanti.

In sintesi non vi è sostanziale differenza tra le emissioni attuali e quelle future.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

4 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

In questo capitolo verrà valutato l'inquadramento meteo climatico, l'attuale caratteristica della qualità dell'aria legata all'attività in essere, gli interventi che si intendono attuare contemporaneamente al completamento della discarica stessa e, in ultimo la caratteristica della qualità dell'aria conseguente al nuovo assetto operativo.

4.1 Inquadramento meteoclimatico

La discarica in progetto è ubicata in località Collette Ozotto in Bussana frazione di San Remo, come già detto, si estende su di un tratto di versante in prossimità del crinale, che immerge verso SSW a partire dalla quota 385 sino a quota 420 m s.l.m.
Sotto l'aspetto climatico, sulla base dei dati pluviometrici e termometrici forniti nel seguito, si evidenzia quanto segue:

- Piovosità media annua: 702mm
- Temperatura media annua: 17°C
- Temperatura massima assoluta 35°
- Temperatura minima assoluta 2°

Le precipitazioni meteoriche hanno valori massimi nel periodo autunnale-invernale e minimi nel mese di Luglio. Il regime pluviometrico può considerarsi di carattere mediterraneo con intensità della pioggia a carattere comunque variabile e con clima arido nel periodo tra fine Giugno e inizio Settembre.

La zona climatica in cui si trova la discarica di Collette Ozotto si trova nella Liguria occidentale. In quest'area sono presenti alcune stazioni od osservatori meteorologici a cui si riferiscono i dati riportati in questo documento. Ricordiamo qui:

- la stazione meteorologica di Sanremo,
- la stazione meteorologica di Capo Mele (rete dell'Aeronautica Militare),
- l'osservatorio meteorologico di Imperia,
- la stazione pluviometrica di Tavole,
- la stazione pluviometrica di Dolcedo,

Alcuni dei siti di misura sono tuttora in funzione, altri sono ormai dismessi anche se le serie storiche mantengono la loro validità climatologica. Gran parte dei dati da noi elaborati e riportatati nelle pagine che seguono sono stati tratti dalla letteratura o da siti WEB di interesse, ad esempio, abbiamo consultato il sito dei Centro MeteoIdrologico della Regione Liguria (CMIRL) al seguente indirizzo: http://www.cmirl.ge.infn.it. Rilevante apporto per i dati meteoclimatici si è avuto dall'osservatorio meteorologico di Imperia che è l'unico conforme alle prescrizioni dell'Organizzazione mondiale della Meteorologia.

La radiazione solare e l'indice di insolazione
Tra gli elementi fondamentali del clima di una data località rientrano le condizioni termiche e quelle della luminosità indispensabili per la determinazione delle classi di stabilità più avanti definite e fondamentali per l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

La Tabella 6 riporta le medie mensili ed annua delle ore di sole giornaliere teoriche ed effettive per la stazione di Imperia.

Mese	**Ore di insolazione**		**Indice di insolazione**
	Teoriche	**Effettive**	
Gennaio	9,2	5,0	0,54
Febbraio	10,5	5,2	0,50
Marzo	11,9	5,0	0,42
Aprile	13,4	6,3	0,47
Maggio	14,6	7,2	0,49
Giugno	15,2	8,6	0,57
Luglio	15,0	10,1	0,67
Agosto	13,8	10,2	0,74
Settembre	12,5	8,1	0,65
Ottobre	11,0	6,2	0,56
Novembre	9,6	4,4	0,46
Dicembre	9,0	3,7	0,41
Anno	12,1	6,6	0,55

Tabella 6 – Medie mensili ed annua delle ore di sole giornaliere teoriche ed effettive per la stazione di Imperia

Le ore di sole nell'area analizzata sono tra le più elevate tra quelle delle varie regioni d'Italia.

Temperatura dell'aria

Un altro parametro meteorologico caratteristico del clima mite ligure è la temperatura dell'aria che solo nei mesi invernali più rigidi (gennaio e febbraio) scende appena sotto i 10° C, mentre durante i mesi estivi i valori, medi mensili si mantengono sotto i 25° C. Altro elemento fortemente caratteristico è l'escursione termica che varia tra i 7° C e i 9° C.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Mese	**Temperatura [°C]**	
	Teoriche	**Effettive**
Gennaio	9,2	6,9
Febbraio	9,6	7,2
Marzo	11,7	7,3
Aprile	14,6	7,7
Maggio	17,8	7,9
Giugno	21,5	8,4
Luglio	24,3	8,5
Agosto	23,9	8,2
Settembre	21,6	8,0
Ottobre	17,5	7,5
Novembre	13,0	6,8
Dicembre	10,2	7,0

Tabella 7 - Temperatura media ad Imperia

Anemologia

L'analisi anemologica risulta poi fondamentale per più aspetti ambientali ed in particolare per quelli collegati alla diffusione in atmosfera delle emissioni odorose della discarica. La seguente Tabella 8 riporta la distribuzione in percentuale delle direzioni del vento in corrispondenza di due stazioni anemologiche in prossimità dei sito della discarica.

Settore di provenienza	**Distribuzione della direzione di provenienza del vento**	
	Sanremo	**Alassio**
N	17%	12%
NE	12%	11%
E	12%	19%
SE	8%	9%
S	7%	13%
SW	21%	6%
W	12%	7%
NW	12%	23%
Calma	0%	0%

Tabella 8– Distribuzione, su base annua, della direzione del vento

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

I dati di Tabella 9 si riferiscono alla stazione meteorologica di Sanremo che si trova a pochi chilometri dalla discarica di Collette Ozotto. In figura 3 è rappresentata graficamente la distribuzione annuale dei venti.

	Primavera		**Estate**		**Autunno**		**Inverno**		**Anno**
	Freq.	<v> [m/s]	Freq.	<v> [m/s]	Freq.	<v> [m/s]	Freq.	<v> [m/s]	Freq.
N	8%	4,1	8%	2,8	12%	3,7	12%	4,0	10%
NE	18%	6,5	11%	3,9	19%	5,7	21%	6,0	17%
E	15%	6,5	15%	5,4	12%	5,9	9%	6,1	13%
SE	3%	2,6	5%	2,5	2%	2,5	1%	2,5	3%
S	1%	1,8	2%	1,6	1%	2,3	1%	2,1	1%
SW	19%	4,1	21%	3,7	13%	4,0	14%	5,3	17%
W	7%	3,4	8%	3,1	7%	3,4	8%	3,9	7%
NW	13%	2,9	14%	2,6	21%	3,1	23%	3,2	17%
Calma	16%	<1,0	16%	<1,0	13%	<1,0	12%	<1,0	14%
	100%	-	100%	-	100%	-	100%	-	100%

Tabella 9 – Stazione di Sanremo. Dati anemologici relativi al periodo (1951-63)

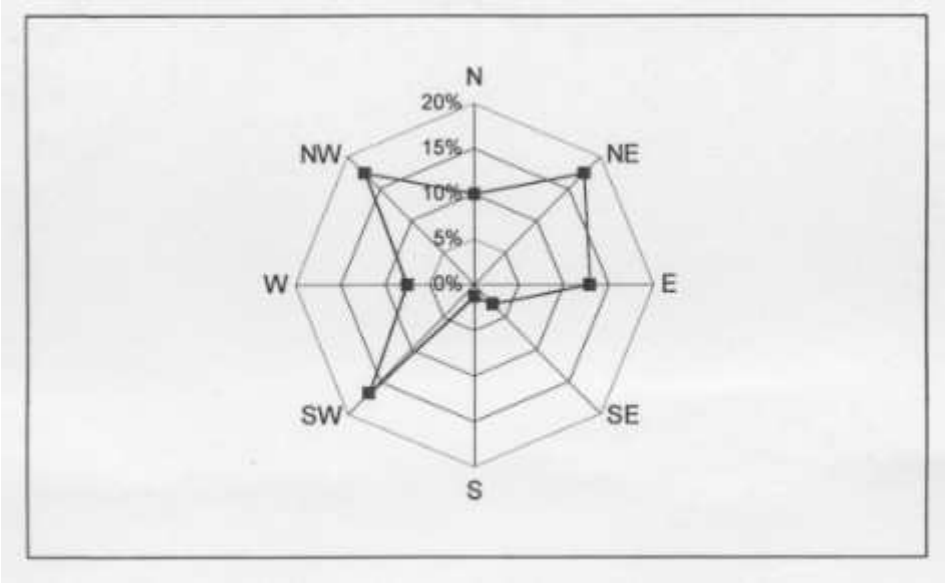


Figura 4 – Distribuzione dei venti rispetto alla direzione di provenienza

Data la breve distanza tra la stazione meteorologica di Sanremo e il sito della discarica e l'analoga conformazione geografica tra l'area di Sanremo e quella di Imperia, assumiamo l'omogeneità anemologica (climatica) tra il tratto di costa antistante Collette Ozotto e quello della stessa Sanremo. Sulla base dell'ipotesi testé assunta, utilizziamo i dati meteorologici della stazione sanremese per delineare i caratteristiche principali del clima ventoso dell'area in cui è ubicata la discarica di Collette Ozotto.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Le caratteristiche principali dell'anemologia dell'area in questione sono, in sintesi:

- la predominanza dei venti settentrionali dai settori di Nord-Ovest, Nord e Nord-Est,
- una significativa percentuale (circa il 17%) di venti provenienti da Sud-Ovest, soprattutto durante la stagione estiva.

Se confrontiamo tali caratteristiche con la disposizione geografica e l'orografia dei sito in cui è ubicata la discarica, possiamo affermare che:

- i venti predominanti provenienti dai settori settentrionali tenderanno ad incanalarsi nella valle ubicata sotto la discarica, quindi, con tutta probabilità aumenterà la polarizzazione Nord-Sud della direzione dei venti;
- dato che, per sua natura, l'area della discarica è priva di vegetazione, la velocità media del vento tenderà ad aumentare soprattutto per effetto catabatico;
- data la breve distanza che separa il sito dalla linea di costa, nelle ore pomeridiane delle giornate serene, che comportano un forte irraggiamento solare, si instaura un regime di brezza del tipo mare-terra che risalendo la valle (vento anabatico) potrebbe contribuire al trasporto di emissioni odorose verso le abitazioni che si trovano lungo il pendio del versante settentrionale della discarica.

A proposito di quest'ultimo punto evidenziamo che tutto il versante ligure è caratterizzato da un tipico regime di brezza. In particolare, la brezza di mare, all'imbocco delle vallate più importanti può raggiungere nel pomeriggio delle giornate più assolate, velocità considerevoli sino a 30 km/h cioè superiori agli 8 m/s.

Precipitazioni

Nell'ambito del bacino non esistono strumenti di misura dell'altezza di pioggia, infatti i pluviometri più vicini sono installati nel bacino limitrofo del torrente Prino, dove sono presenti le stazioni di Tavole e di Dolcedo, nelle omonime località, e la stazione di Imperia (si veda la Tabella 10).

L'analisi ha preso in considerazione il periodo compreso fra il 1920 ed il 1995 dell'osservatorio di Imperia.

Le piogge sul comparto climatologico di nostro interesse risultano, in linea di massima, strettamente correlate con l'altitudine; in generale, le medie annue più basse si hanno in corrispondenza delle località di mare. Naturalmente, gioca un ruolo di prim'ordine anche l'esposizione rispetto ai venti meridionali che sono quelli apportatori di piogge. Mediamente, sul tratto di Liguria che ci interessa, le medie annuali variano tra 700 mm e 800 mm lungo la costa.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Mese	**Pioggia [mm]**	**Giorni piovosi**	**mm/giorno**
Gennaio	62	5	12
Febbraio	50	4	13
Marzo	63	6	11
Aprile	61	6	10
Maggio	60	7	9
Giugno	34	3	11
Luglio	13	1	13
Agosto	15	2	8
Settembre	58	5	12
Ottobre	98	7	14
Novembre	109	8	14
Dicembre	79	6	13
Anno	**702**	**60**	**12**

Tabella 10– Dati sulle precipitazioni relativi alla città di Imperia

La seguente Tabella 11 riporta, per l'area di interesse, le stazioni più piovose e le meno piovose. Le medie annuali si basano su dati trentennali (1921-1950).

Stazione	**<mm di pioggia>$_{media\ annua}$**	**<giorni piovosi>$_{media\ annua}$**
Tavole	1178	76
Imperia	702	60

Tabella 11 – Valori estremi di piovosità annuale nell'area di interesse

Di seguito, per fornire un'idea del campo di variazione del fenomeno si riportano, per le stazioni più piovosa e quella meno piovosa, i dati relativi alle annate più eccezionali verificatesi nel trentennio indicato.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Mese	1926 Anno più piovoso		1921 Anno più secco		Media trentennale	
	Pioggia [mm]	Giorni piovosi	Pioggia [mm]	Giorni piovosi	Pioggia [mm]	Giorni piovosi
Gennaio	94	8	43	4	**62**	**5**
Febbraio	152	7	39	3	**50**	**4**
Marzo	69	5	26	5	**63**	**6**
Aprile	43	3	67	4	**61**	**6**
Maggio	157	9	16	5	**60**	**7**
Giugno	33	5	18	4	**34**	**3**
Luglio	46	5	0	0	**13**	**1**
Agosto	7	7	9	4	**15**	**2**
Settembre	22	2	23	1	**58**	**5**
Ottobre	190	8	5	2	**98**	**7**
Novembre	452	15	5	1	**109**	**8**
Dicembre	20	2	17	2	**79**	**6**
Anno	1285	76	268	35	**702**	**60**

Tabella 12 – Dati sulle precipitazioni relativi alla stazione di Imperia

Stabilità atmosferica

Per completezza riportiamo la stabilità atmosferica espressa secondo la classificazione di Pasquill; tale parametro meteorologico (indiretto) fornisce una definizione dello stato tennodinamico complessivo dell'atmosfera.

Classe di stabilità di Pasquill	Temperatura media (°C)	Frequenza (‰)
A (atmosfera fortemente instabile)	22,8	28,4
B (atmosfera instabile)	19,5	82,2
C (atmosfera debolmente instabile)	18,9	65,9
D (atmosfera neutra)	13,9	438,1
E (atmosfera stabile)	13,7	164,2
F+G (atmosfera fortemente stabile)	15,0	221,2
TOTALE		**1000,0**

Tabella 13 – Frequenza delle classi di stabilità di Pasquill

Umidità relativa

L'umidità relativa dell'aria esprime il rapporto fra la quantità di vapore acqueo effettivamente contenuta nell'atmosfera e l'umidità assoluta di saturazione, ovvero il rapporto fra la tensione di vapore presente nell'atmosfera e la tensione di saturazione. Il valore dello 0% corrisponde all'atmosfera secca, mentre il 100% rappresenta l'atmosfera satura di vapore acqueo.

I dati riportati nella Tabella 14, forniti dall'osservatorio di Imperia, rappresentano la norma calcolata per il periodo compreso fra gli anni 1971 e 1992 durante il corso dell'anno solare,

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

mettendo in risalto un massimo di umidità per i mesi più caldi, quando maggiore è l'evaporazione che avviene sul mare.

Mese	**Umidità relativa**
Gennaio	60,4
Febbraio	60,0
Marzo	61,7
Aprile	62,4
Maggio	64,1
Giugno	66,0
Luglio	65,0
Agosto	65,8
Settembre	65,9
Ottobre	63,8
Novembre	63,3
Dicembre	62,0

Tabella 14– Umidità relativa (valori medi mensili) ad Imperia nel periodo 1971-1992

L'umidità invernale è solitamente scarsa (circa il 60%), durante il periodo estivo si alza di circa il 5% rimanendo comunque al di sotto del 70%.

Considerazioni

La Liguria, soprattutto sul versante di mare, gode di un clima particolarmente privilegiato i cui fattori fondamentali sono: l'immediato ed esteso contatto con un mare ampio, aperto e profondo, la sua esposizione a mezzogiorno, la protezione orografica che costituisce un baluardo contro i freddi venti settentrionali. Il risultato di questi fattori è un clima caldo durante la stagione estiva e con un inverno mite, con medie invernali intorno ai 9° C. Le escursioni termiche diurne sono limitate durante tutte le stagioni. La riviera di ponente è piuttosto asciutta e poco nuvolosa: cosi sulla costa non si hanno che 700 ÷ 800 mm di pioggia annua. Prova del clima mite che caratterizza l'area d'interesse è la presenza di vegetazione di tipo mediterraneo che cresce lungo tutto l'arco regionale e che nell'area di nostro interesse è particolarmente rigogliosa.
In relazione ai fini del documento, le considerazioni più significative sono le seguenti:

Le precipitazioni sono mediamente scarse, soprattutto sul versante marittimo dell'area; le serie storiche (trentennali) dei dati meteorologici indicano che in alcuni anni si sono avute precipitazioni medie mensili dell'ordine di 450 mm in circa 10 giorni dì pioggia.

Data la breve distanza che separa il sito dalla linea di costa, nelle ore pomeridiane delle giornate serene, che comportano un forte irraggiamento solare, si instaura un regime di brezza dei tipo mare-terra che risalendo la valle (vento anabatico) potrebbe contribuire al trasporto di emissioni odorose verso le abitazioni che si trovano lungo i pendii che delimitano la discarica.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

4.2 Qualità dell'aria

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28.3.1983, modificato ed integrato dal D.P.R n. 203 del 24/5/88 sono stati fissati i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno, i valori guida della qualità dell'aria, oltre ai relativi metodi di prelievo e di analisi al fine della tutela igienico-sanitaria delle persone o comunità esposte. Lo stesso Decreto assegna alle regioni il compito di controllare il rispetto dei limiti imposti e, nel caso in cui le concentrazioni siano superiori o rischiano di superare questi limiti, di provvedere a predisporre adeguati piani di risanamento.
Nella Tabella 18 sono riportati i limiti massimi di esposizione stabiliti nel suddetto Decreto. Per quanto riguarda l'inquinante SO_2 (biossido di zolfo), viene fissato un limite massimo di accettabilità di 80 $\mu g/m^3$ come mediana delle concentrazioni medie di 24 ore nell'arco di un anno, e di 250 $\mu g/m^3$ come 98° percentile delle concentrazioni medie in 24 ore nell'arco di un anno.
Nella Tabella 16 sono riportati i valori guida di qualità dell'aria.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Tabella A - Limiti di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno (standard di qualità) (1).

Inquinante	**Concentrazione da considerare**	**Valore in µg/mc**	**(ppm)**
Biossido di zolfo espresso come SO2	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore nell' arco di 1 anno	80	0,0305
	98° percentile, delle concentrazioni medie in 24 ore rilevate nell' arco di 1 anno	250	0,0955
	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in inverno	130	0,0497
Biossido di azoto espresso come NO2	98° percentile delle concentrazioni medie di un'ora rilevate durante l'anno	200	0,1064
Ozono espresso come O3	Concentrazione media di un'ora da non raggiungere più di una volta al mese	200	
Monossido di carbonio espresso come CO	Concentrazione media di 8 ore	10	
	Concentrazione media di 1 ora	40	
Piombo	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in 1 anno	2	
Fluoro	Concentrazione media di 24 ore	20	
	Media delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in 1 mese	10	
Particelle sospese	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno	150	
	95° percentile di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno	300	

(1) Tutti i valori limiti riportati riguardano la concentrazione totale dell'inquinante presente nell'aria.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Tabella B - Valori per le concentrazioni massime nell'aria di precursori di inquinanti contenuti nella tabella A da adottarsi subordinatamente alla concorrenza di determinate condizioni.

Precursore	**Valori limite di concentrazione**	**Condizioni per la validità del valore limite**
Idrocarburi totali escluso il metano espressi come C	Concentrazione media di 3 ore consecutive in periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura di autorità regionali competenti: 200 mg/mc	Da adottarsi soltanto nelle zone nei periodi dell'anno nei quali si siano verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per ozono indicato nella tabella A

Tabella 15 - Limiti di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione fissati nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/3/1983

Biossido di zolfo espresso come SO_2	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell' arco di 1 anno Valore medio delle 24 ore.	40 - 60 µg/mc 100 - 150 µg/mc
Biossido di azoto espresso come NO_2	50 percentile delle concentrazioni medie di un'ora rilevate durante l'anno 98 percentile delle concentrazioni medie di un'ora rilevate durante l'anno	50 µg/mc 135 µg/mc
Particelle sospese	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno Valore medio delle 24 ore	40 - 60 µg/mc 100 - 150 µg/mc

Tabella 16 - Valori guida di qualità dell'aria (D.P.R. 203/88)

Stato di fatto

La provincia di Imperia dispone di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria costituita da 3 postazioni fisse, localizzate a:

- Imperia (Via Brea- zona scalo merci F.S. Oneglia)
- Sanremo (Via Fiume – zona Foce)
- Ventimiglia (Corso Genova)

Quella più prossima al sito in esame è quella di Sanremo.
È opportuno precisare che né la stazione di Sanremo, né le altre ubicate sul territorio provinciale, hanno mai segnalato superamenti dei valori limite imposti dalla legge.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

5 VALUTAZIONE DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI A CAMINO

Fondamentale nella valutazione dell'impatto ambientale di un impianto di combustione: (torcia o motore per generazione a servizio di una discarica di R.S.U.) è certamente lo studio per la simulazione modellistica della ricaduta al suolo delle emissioni in atmosfera.
Si è utilizzato il modello ISC implementato dall'EPA , utilizzando i dati meteo dell'osservatorio Meteorologico di Imperia, per la quale si dispone di una serie storica di valori sviluppata su oltre 20 anni.

5.1 Introduzione al modello ISC

Nel seguito si esamina in dettaglio il problema delle emissioni in atmosfera, facendo ricorso a modelli diffusivi-meteorologici, per valutare le ricadute al suolo dei fumi emessi dalla torcia e dai camini dell'impianto di generazione.
Lo studio affronta il problema relativo alla dispersione al suolo degli inquinanti emessi, per diverse situazioni; il modello dispone sia dell'analisi long-term che di quella short-term.
Il modello, di tipo previsionale-climatologico (long-term), fornisce dei risultati grafici (riportati nel seguito) che interessano l'area di potenziale ricaduta suddiviso in un reticolo con maglie aventi 500 m di lato.
I dati di concentrazione di inquinanti, esplicitati nei grafici riportano il valore delle concentrazioni medie annue (per l'inquinante considerato) riferito alle emissioni attese nell'arco dell'anno in modo da poter fare delle considerazioni globali e dei confronti con i limiti prescritti dalla normativa vigente.
I valori di concentrazione al suolo, in µg/mc, sono identificati da isolinee di concentrazione.
L'impatto locale delle emissioni gassose provenienti dai camini (di cui sopra) è stato valutato con l'ausilio di un modello matematico diffusivo successivamente applicato alle diverse situazioni meteorologiche.
Per prevedere gli effetti di medio-lungo periodo provocati sull'ambiente, in termini di ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dalla combustione dei rifiuti, é stato utilizzato un modello matematico-statistico diffusivo di tipo meteorologico.
I modelli matematico-statistici utilizzati sono per la parte diffusiva di tipo gaussiano, mentre per quanto riguarda la possibilità di ricaduta in un certo settore sono di natura statistica.
Dalla sovrapposizione dei due effetti risulta un modello di natura climatologica.
Vengono infatti utilizzati i dati meteorologici misurati nel sito in termini di probabilità "P" del verificarsi di una condizione di vento proveniente da una determinata direzione (W), per ogni intervallo di intensità indagata (Q) e per ogni classe di stabilità verticale dell'atmosfera (Stab).
Tale matrice tridimensionale di probabilità "P" (W, Q, Stab) è stata determinata, utilizzando i dati relativi alla stazione meteo dell'Osservatorio Meteorologico di Imperia (stazione di misura per la quale si dispone di tutta la serie storica di dati, soprattutto per quanto concerne la correlazione tra le classi di stabilità e la velocità e direzione dei venti), considerati comunque sufficientemente rappresentativi delle condizioni meteo del sito dell'impianto.
I dati utilizzati per il calcolo sono la geografia del terreno interessato, la meteorologia della zona e le condizioni di emissione dell'inquinante. Il calcolo del tasso di inquinamento al suolo è effettuato con le comuni equazioni Gaussiane di dispersione, caratteristiche dei modelli di questo tipo.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

5.2 Importanza dei fattori climatici nella valutazione dell'inquinamento atmosferico

Gli inquinanti immessi nell'atmosfera subiscono, nel tempo, una dispersione e, quindi, una diluizione a seguito di fenomeni di rimescolamento e trasporto, dovuti alla turbolenza atmosferica nello strato prossimo al terreno, il cui spessore può variare da una decina ad un centinaio di metri. Il meccanismo di rimescolamento é dovuto ad azione termica (moti convettivi) e ad azione meccanica (ventilazione, specie in terreno accidentato) reciprocamente interdipendenti.
In altri termini i due descrittori più interessanti per stimare i rischi di inquinamento connessi ad una fonte di emissione sono la inversione termica e la capacità di dispersione.
Il fenomeno dell'inversione termica, è dovuto alla formazione di masse d'aria negli strati alti della troposfera, nelle quali la temperatura aumenta con l'aumentare dell'altezza; ciò può condurre alla formazione delle cosiddette nebbie di inversione che facilitano la ricaduta al suolo compatta degli inquinanti.
I moti convettivi dovuti ad azione termiche, sono legati in misura determinante al gradiente termico verticale dT/dz dove T rappresenta la temperatura e z la quota, parametri dai quali dipende il profilo termico verticale degli strati atmosferici, cui si ricollegano le classi di equilibrio atmosferico (instabile, neutro, stabile, altamente stabile).
Si definisce gradiente termico adiabatico la diminuzione di 0,98 °C ogni 100 metri di quota; il conseguimento di condizione adiabatica é particolarmente favorito da una forte ventilazione su terreno accidentato o da un'intensa convezione.
Ad esso corrisponde un equilibrio atmosferico neutro, con moti convettivi dal basso verso l'alto, che agevolano la dispersione degli inquinanti. Il moto verticale delle masse d'aria e la conseguente espansione avviene, appunto, in modo adiabatico, cioè l'espansione é effettuata a spese dell'energia interna dell'aria; da ciò deriva il raffreddamento di circa 1 °C ogni 100 metri.
Le sorgenti concentrate in linea puramente teorica si identificano pressoché sistematicamente con le classiche ciminiere, le quali assumono il ruolo di sistemi di dispersione, destinati alla riduzione degli effetti dell'inquinamento atmosferico. Allo sbocco della ciminiera **(si intende come tale il camino della torcia o dell'impianto di generazione**)si forma una colonna di gas, detta pennacchio ("plume rise"), che circoscrive l'insieme, generalmente visibile, delle emissioni.
Lo schema 4.1 riproduce le caratteristiche del pennacchio di fumo in funzione delle condizioni di stabilità atmosferica. Le condizioni più sfavorevoli si presentano nei casi **d** (fumigating) ed **e** (trapping). Pertanto l'effetto della condizione di "neutralità" atmosferica é quello di provocare un inquinamento inferiore, rispetto al caso della stabilità, ma che va ad interessare un'area molto più estesa.
Quando la temperatura diminuisce di più di 1°C per ogni 100 metri di quota si ha un gradiente termico negativo "super-adiabatico": [dT/dz]>1°C/100 m. rappresentato dal profilo **e** della fig. I.1 al quale corrisponde la condizione di "atmosfera instabile".
L'effetto della condizione di "instabilità" atmosferica é quello di determinare un inquinamento elevato in prossimità della sorgente, ma contenuto in una zona relativamente "ristretta".

Le principali caratteristiche relative alle classi di stabilità atmosferica, quali: gradiente termico, turbolenza e coefficienti diffusionali, sono riassunte nella Tabella 17.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Classi di equilibrio atmosferico	**Gradiente termico**		**Turbolenza**	**Coefficienti diffusionali (**)**			
	Entità	*Tipo*		*n*	C_Y	C_Z	C_Z/C_Y
INSTABILITÀ	> 1°C/100m	Negativo Superadiabatico	Alta	0.28	0.50	0.46	0.92
NEUTRALITÀ	= 1°C/100m	Negativo Adiabatico	Media	0.45	0.45	0.32	0.71
STABILITÀ	$\geq$ 0°C/100m	Positivo	Nulla	0.58	0.44	0.09	0.21

Tabella 17 - Principali caratteristiche relative alle classi di equilibrio atmosferico(*)

(*) Estratto da : "CALCOLO TEORICO DELLE EMISSIONI ED IMMISSIONI DA FONTI STAZIONARIE" Elaborato ed edito dalla ESSO

(**) Parametri diffusionali del Brookhaven National Laboratory - Meteorology Group

Il fenomeno dell'inversione termica é influenzato soprattutto da:

- regime dei venti
- situazione topografica
- natura del suolo
- copertura vegetale
- temperatura
- pressione

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

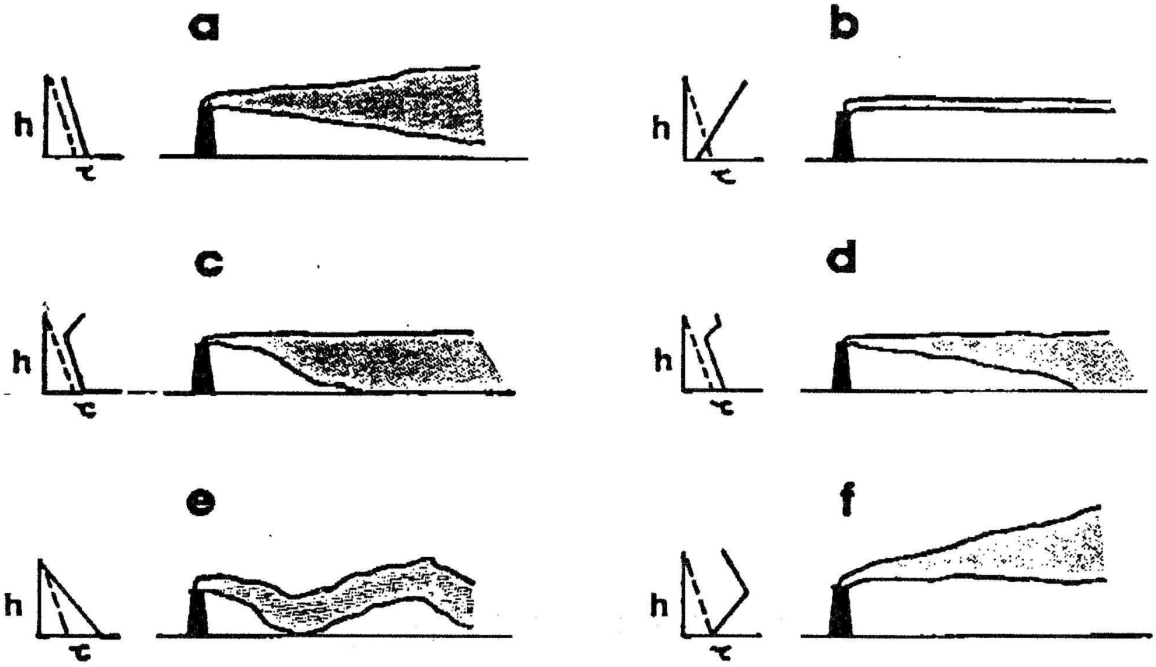


Figura 5 - Caratteristiche del pennacchio di fumo in funzione delle condizioni di stabilita' atmosferica

La linea tratteggiata rappresenta il gradiente termico adiabatico secco standard (-1 ^{o}C per ogni variazione della quota, verso l'alto di 100 metri), mentre la linea intera è il gradiente termico effettivo (temperatura di stato):
a equilibrio neutro,
b equilibrio stabile (inversione con base al suolo),
c equilibrio stabile (inversione con base in quota),
d condizione simile alla precedente ma con ricaduta del pennacchio a maggiore distanza, ed eventuale dispersione anche verso l'alto,
e equilibrio instabile,
f equilibrio stabile, inversione al di sotto della bocca del camino

La capacità di dispersione locale di un'area non é semplicemente funzione dei venti dominanti, anche se questi rimangono il fattore principale di determinazione, ma é il frutto di un'interazione con le caratteristiche locali dell'area ed in particolare:

- esposizione (da considerare minore velocità nei versanti sottovento, maggiore nei versanti sopravvento),
- le condizioni del terreno (diminuzione della velocità in funzione dell'edificazione o della presenza di bosco),
- movimenti locali del vento (che dovrebbero essere oggetto di un opportuno rilevamento).

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Un ulteriore incrocio dei valori così stimati con la frequenza delle inversioni termiche dovrebbe consentire una valutazione dei due fattori incidenti sulla possibilità di diluizione atmosferica secondo una griglia territoriale relativamente dettagliata.
La direzione e la velocità dei venti sono i due importanti parametri che intervengono nel fenomeno di dispersione e diluizione delle sostanze inquinanti.
L'effetto relativo alla direzione dei venti é evidente in quanto esso determina la zona, o le zone, che possono essere potenzialmente sottoposte ad una situazione di inquinamento.
In pratica si considera essenzialmente la direzione di prevalenza del vento lungo la quale vengono poi effettuate le misurazioni sperimentali per determinare la concentrazione al suolo degli inquinanti atmosferici.
La velocità del vento gioca un ruolo importante nel disperdere gli inquinanti e nella loro successiva diluizione negli strati atmosferici vicini alla zona emittente.
Per entrambe le condizioni di neutralità ed instabilità la concentrazione degli inquinanti $C_{x\ max}$ diminuisce con l'aumentare della velocità del vento.
Nella condizione di neutralità, tuttavia, le massime concentrazioni risultano inferiori rispetto a quelle derivanti dalla stabilità e, sempre a confronto con queste ultime, si manifestano in zone relativamente più distanti dalla fonte emittente.
A parità di condizione atmosferica le massime concentrazioni saranno tanto più basse e vicine alla fonte emittente quanto maggiore risulterà la velocità del vento alla bocca del camino (si riferisce nel nostro caso a quello della torcia e dell'impianto di generazione) .
Ciò che abbiamo brevemente discusso mette in rilievo come la precisa determinazione dei parametri meteorologici sia di fondamentale importanza per effettuare delle valutazioni, quanto più possibile attendibili, sulla situazione di inquinamento provocata da una fonte emittente.
Quando non si dispone di misure dei parametri meteorologici é possibile conoscere le condizioni atmosferiche di una determinata zona con una certa approssimazione, applicando delle metodiche di "accertamento teorico".
Esse forniscono, una indicazione abbastanza valida, se pur approssimata, delle condizioni di equilibrio atmosferico instabile, neutro e stabile.
Queste metodiche di accertamento si basano, essenzialmente, sulla correlazione di svariati parametri meteorologici interdipendenti quali: velocità e struttura vento, grado di insolazione o altezza del sole all'orizzonte, nuvolosità del cielo diurna e notturna che vengono riferiti ad un determinato arco giornaliero.
Tra le possibili condizioni meteorologiche schematizzate, al fine pratico di valutare le immissioni, si considerano in genere quelle relative a "Stabilità" e "Neutralità" atmosferica e ciò essenzialmente per i seguenti motivi:
esistono formule e parametri assai attendibili per le condizioni di neutralità ed instabilità.
le condizioni di instabilità e di neutralità sono tra le più probabili a verificarsi.

Riepilogando si ritiene opportuno sottolineare i seguenti due fondamentali aspetti:

- l'effetto della condizione di "instabilità" atmosferica è quello di determinare un inquinamento elevato in prossimità della sorgente ma contenuto in una zona relativamente "ristretta".
- l'effetto delle condizioni di "neutralità" e "stabilità" atmosferica é invece quello di determinare un inquinamento certo inferiore, rispetto al caso precedente, ma che va ad interessare un'area molto più estesa.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Quota effettiva di emissione

La quota effettiva di emissione, h, é un parametro determinante ai fini della diluizione atmosferica. Il calcolo esatto del valore effettivo di "h" rappresenta pertanto, in tema di previsioni teoriche e di progettazione dei sistemi di dispersione, uno dei problemi principali e più difficili.

In linea generale, l'altezza "h" tiene conto di tre termini, secondo la seguente espressione:

$h = hg + \Delta h = hg + he + ht$

dove:

hg rappresenta l'altezza geometrica della ciminiera

Δh rappresenta la sopraelevazione del pennacchio, rispetto alla sezione di sbocco dovuta all'energia cinetica degli effluenti (he) e della sopraelevazione rispetto alla sezione di sbocco dovuta all'energia termica (spinta di Archimede) degli effluenti caldi (ht).

le altezze h, hg, he, ht sono espresse in metri.

Le equazioni di dispersione - Modelli proposti per la correlazione fra emissioni e immissioni

Il problema della correlazione fra immissioni ed emissioni, che fornisce l'andamento della concentrazione di un inquinante sottovento ad una singola emittente, é studiato e risolto sulla base di modelli fisico matematici più o meno differenziati. L'impostazione di base al problema fa capo ad equazioni differenziali generalizzate o semplificate, del tutto analoghe alla classica equazione di conduzione del calore in un solido. Un criterio alternativo alla teoria del trasporto di massa, da cui discende l'impostazione ora accennata, sta nel procedimento puramente statistico introdotto da G.L.Taylor.

Entrambi i metodi conducono a soluzioni assai simili che si possono riassumere nelle due formulazioni di uso più corrente, dovute rispettivamente a Sutton (1932), Bosanquet e Pearson (1936) e successivamente a Pasquill (1961).

Tali formulazioni sono del tipo:

c = f (x,y,h,u,a,....)

e correlano la concentrazione "c" di inquinanti a distanza "x" della sorgente con le principali variabili che condizionano il fenomeno, tra cui l'altezza effettiva "h", della sorgente inquinante rispetto al livello del suolo e la velocità "u" del vento.

La concentrazione al suolo dell'inquinante è data dalla equazione di tipo Gaussiano sotto riportata:

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z}\exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right)\Sigma_{-N}^{+N}\left[\exp-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H+2NL}{\sigma_z}\right)^2 + \exp-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H+2NL}{\sigma_z}\right)^2\right]$$

C = concentrazione in microgrammi per metro cubo,

x = distanza tra sorgente dell'inquinamento (camino) e ricettore misurata nella direzione del vento (m)

y = distanza trasversale dal ricettore ad una linea parallela alla direzione del vento e passante per la sorgente (m)

z = quota (in m)

H = altezza effettiva dell'asse del pennacchio, somma dell'altezza geometrica del camino più il sovrainnalzamento Δ H

Q = portata di emissione dell'inquinante dalla sorgente (g/sec)

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

N = numero di riflessioni che una particella di aria subisce prima di raggiungere la distanza alla quale si trova il ricettore.
L = altezza di mescolamento (per il significato vedere oltre (m))
σ_z = deviazione standard verticale della distribuzione gaussiana (funzione della distanza x tra il camino ed il ricettore).
Il valore di σ_z dipende dalle classi di stabilità secondo la tabella riportata in seguito.
σ_y= deviazione standard verticale della distribuzione gaussiana (funzione della distanza y tra il camino ed il ricettore).
Il valore di σ_y dipende dalle classi di stabilità secondo la tabella riportata in seguito.
u = velocità del vento che spinge il pennacchio dei fumi (m/s)
La sommatoria dovrebbe andare teoricamente da N=-∞,a N =+∞.
In pratica la serie converge rapidamente per cui é sufficiente tenere conto solo delle prime riflessioni, cioè per N che va da -3 a +3.

Caratterizzazione delle condizioni atmosferiche
Nell'equazione di dispersione intervengono alcuni parametri legati alle condizioni atmosferiche quali, ad esempio, i termini σy, σz e l'altezza di mescolamento L.

σy, σz e le categorie di stabilità secondo Pasquill
Uno fra gli elementi determinanti, nei calcoli della dispersione e quindi della concentrazione al suolo degli agenti inquinanti, è quello del grado di equilibrio o stabilità termodinamica degli strati della bassa atmosfera terrestre interessata alle traiettorie degli effluenti gassosi.
Il grado di stabilità dell'atmosfera interviene nella formula della dispersione degli inquinanti nei termini σz e σy. A seconda delle condizioni atmosferiche, questi termini assumono determinati valori di cui sarà detto più avanti.
Il modello utilizza, per la caratterizzazione dell'atmosfera, la modellistica messa a punto da Pasquill. Pasquill ha proposto di caratterizzare l'equilibrio dell'atmosfera mediante sei categorie di stabilità da lui identificate tramite lettere dell'alfabeto.

Le categorie di Pasquill sono:

A instabilità forte
B instabilità moderata
C instabilità debole
D neutralità o adiabacità
E stabilità debole
F stabilità moderata

σy e σz sono variabili a seconda delle condizioni atmosferiche e la correlazione con queste è stata definita da Briggs secondo la tabella seguente:

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Categorie di Pasquill	σ_y	σ_z
	Condizioni urbane	Condizioni rurali
A - B	$0.32 \times (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.24 \times (1+0.001x)^{1/2}$
C	$0.22 \times (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.20 \times$
D	$0.16 \times (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.14 \times (1+0.0003x)^{-1/2}$
E - F	$0.11 \times (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.08 \times (1+0.00015x)^{-1/2}$

x = distanza del ricettore dalla base del camino (m)

Altezza di mescolamento

Altro parametro molto importante è la cosiddetta altezza di mescolamento, altrimenti chiamata spessore dello strato di mescolamento oppure spessore dello strato convettivo.

Questa altezza è definita come lo spessore di atmosfera la cui base inferiore si identifica con la superficie del suolo e nella quale si verificano forti mescolamenti verticali.

Lo spessore dello strato di mescolamento viene calcolato con l'ausilio dei dati di temperatura ed intensità del vento forniti dai sondaggi termodinamici, dalle osservazioni della temperatura e dalle misure del vento alla superficie. L'altezza media di mescolamento presenta notevole variazione sia diurna che stagionale.

Valori bassi dello strato di mescolamento favoriscono la caduta dell'inquinante al suolo in spazi più ristretti e quindi con maggiore concentrazione. Il modello di diffusione utilizzato tiene conto anche delle possibili riflessioni che l'inquinante può subire se si é in presenza di una inversione termica in quota.

È questo infatti il caso peggiore che si possa incontrare ed é il caso che manifesta le più alte concentrazioni al suolo.

La presenza di un inversione termica ovvero di una atmosfera omogenea provoca la formazione di un tappo in quota. L'inquinante emesso é costretto quindi a diffondere all'interno di uno strato detto di mescolamento provocandone un accumulo di concentrazione.

Per definire l'altezza media dello strato di mescolamento in corrispondenza delle varie classi di stabilità atmosferica si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

Classi di stabilità	A	B	C	D	E	F+G
altezza (m)	435	606	615	549	300	250

Innalzamento del pennacchio

In tutti i calcoli di dispersione degli inquinanti in atmosfera occorre considerare che l'inquinante viene diffuso ad una altezza superiore a quella geometrica del camino **(si riferisce teoricamente a quello dell'impianto di generazione)** per il fatto che il pennacchio si innalza rispetto alla bocca di uscita sia per la quantità di moto posseduta dai gas sia per il fatto che avendosi una differenza di densità rispetto all'aria circostante, si ha un effetto di galleggiamento del pennacchio nell'atmosfera.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Ad alta temperatura l'effetto di galleggiamento ha netta prevalenza rispetto all'effetto dovuto alla quantità di moto posseduta dai gas mentre il contrario avviene a bassa temperatura.
Occorre pertanto distinguere il caso dei fumi caldi e dei fumi freddi.
I fumi vengono considerati freddi quando la loro temperatura allo sbocco del camino è minore o uguale alla temperatura ambiente aumentata di 50 °C.
Il modello diffusivo gaussiano, utile per previsioni a tempi medio-lunghi, adotta per l'innalzamento del pennacchio (plume-rise) i modelli proposti da Briggs per le varie classi di stabilità atmosferica, mentre per la diffusione si riconduce al modello chiamato Gaussian plume equation.
Il modello matematico proposto da Briggs per l'innalzamento del pennacchio é il seguente:
$h = (E \times ^{2/3}) /u$
dove
$E = 1,6\ F^{1/3} = 1,6\ [g\ r^2\ Vs\ (Ts - T)/Ts]^{1/3}$
F = parametro del flusso di galleggiamento
x = distanza alla quale si prevede che l 'asse del pennacchio sia parallelo al suolo
g = 9,807 m/s2 accelerazione di gravità
r = raggio del camino di scarico in metri
Vs = velocità di uscita dei fumi in m/s
Ts = temperatura dei fumi alla quota di fuoriuscita in K
T = temperatura ambiente in °K
u = velocità del vento alla bocca di uscita del camino in m/s

Influenza della orografia
Il diverso aspetto della superficie terrestre agisce sulla struttura e la direzione di spostamento dei venti e conseguentemente anche sul comportamento degli eventuali inquinanti trasportati dai venti stessi.
Lo studio dei modelli di dispersione degli inquinanti è relativamente più agevole supponendo una superficie piatta mentre è notevolmente complicato dalla presenza dei rilievi.
Si può invece cercare di simulare in modo più attendibile il comportamento degli inquinanti quando gli ostacoli che incontrano non siano dovuti alla presenza di edifici ma di terreni in rilievo. Nella trattazione degli effetti del terreno sulla concentrazione il modello assume che l'altezza del pennacchio, rispetto alla base del camino rimanga stabile dopo che è terminato l'innalzamento del pennacchio, cosicché quando il terreno si innalza il pennacchio si avvicina alla superficie e quindi, in effetti, l'altezza del pennacchio cala rispetto al suolo. Poiché l'altitudine del terreno può variare da ricettore a ricettore, l'effettiva altezza del pennacchio deve venire calcolata per ogni ricettore.
Viene comunque ulteriormente assunto che la linea di mezzo del pennacchio si trovi ad una distanza non inferiore ai 10 metri dal terreno.
Se il terreno si estende al di sopra dell'altezza originale del pennacchio, in condizioni di stabilità la linea di mezzo di esso è fissata in modo che si trovi a 10 metri dal suolo e si assume che rimanga sempre a tale valore indipendentemente dalle variazioni del terreno.
In condizioni di instabilità l'altezza dal suolo dell'asse del pennacchio rimane invece immutata rispetto alle condizioni di terreno pianeggiante. Quando il rilievo è più alto del pennacchio la concentrazione di inquinante viene diminuita di un fattore che tiene conto dell'ulteriore dispersione subita dai fumi durante la loro ascesa lungo il pendio del rilievo.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Simulazione di sorgente puntiforme
È il caso più frequentemente trattato con modelli.
In questi casi il termine di sorgente è generalmente conosciuto o facilmente stimabile, come pure le caratteristiche dell'emissione (superficie emittente, altezza del rilascio, temperatura dei fumi, ecc.); le dimensioni del dominio di interesse per valutare l'impatto di queste sorgenti, varia da poche centinaia di metri per rilasci vicino al suolo di fumi freddi a diverse decine di chilometri per rilasci da camini alti (>200m) di fumi caldi.

5.3 Calcoli di dispersione nella situazione attuale e futura

Il modello precedentemente descritto è stato utilizzato per valutare il fenomeno della dispersione al suolo di inquinanti atmosferici nelle due situazioni:
Situazione attuale rappresentata dalla emissione dei camini dell'impianto di generazione
Sono stati quindi utilizzati i seguenti dati di emissione.

PARAMETRO	Un. di misura	Valore
Portata fumi secchi	Nmc/h	2500
Temperatura	°C	150
Diam. camino	mm	120
NOx	mg/Nmc	129
SOx	mg/Nmc	NR
CO	mg/Nmc	43

Tabella 18- Caratteristiche emissive dell'impianto di generazione

Sulla base dei dati di emissione sopra riportati per la situazione attuale, raccolti dagli enti pubblici i dati anemologici e meteoclimatici in forma utilizzabile per il modello viene fornita una quantificazione numerica esposta anche in forma grafica, della distribuzione delle concentrazioni di inquinanti nell'ambiente.
I risultati sono riportati nell'**Appendice 1**

5.4 Valutazione degli impatti sull'ambiente atmosferico

5.4.1 Emissioni di macroinquinanti in atmosfera

Individuazione delle problematiche
Sulla base dei risultati che emergono dal modello e delle elaborazioni effettuate si possono fare le seguenti osservazioni:

- Con la modellistica é stato possibile valutare la ricaduta nell'ambiente circostante dei diversi inquinanti ed in particolare valutare le massime ricadute e le aree interessate.
- Le concentrazioni attribuibili all'impianto di generazione nel suo insieme sono modeste o molto modeste ed i massimi ricadono in aree scarsamente urbanizzate.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

Componenti ambientali influenzate

Ovviamente la componente ambientale che risulta interessata da questa azione é la componente aria ed indirettamente le componenti suolo, acqua, biocenosi e salute umana. Gli effetti sulla componente aria in termini di incremento delle concentrazioni dei diversi inquinanti non sono significativi sia per le concentrazioni all'emissione, ma soprattutto per le modestissime portate di emissione.

È ovvio che le componenti che subiscono un impatto indiretto sono ancora meno influenzate, essendo già modesto l'impatto diretto.

Misure di mitigazione degli effetti

Le emissioni dai motori di generazione non variano sostanzialmente rispetto alle attuali.

La scelta di un sistema di depurazione aria emessa dalle biocelle tramite biofiltro, molto spinto, permette di azzerare le immissioni di inquinanti da compostaggio nell'ambiente ed è quindi, a parere degli scriventi, la misura certamente migliore per la mitigazione di questi impatti.

Altre misure di mitigazione sono direttamente collegate alle nuove installazioni impiantistiche.

Giova infatti ribadire che:

- Una migliore captazione del biogas riduce le emissioni diffuse attraverso la discarica.
- La pratica eliminazione della torcia riduce il pericolo di incendi.

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104

6 CONCLUSIONI

Dai dati descritti e raccolti nei paragrafi precedenti possiamo affermare che:
nella situazione attuale l'attività di discarica non ha creato situazioni tali da compromettere lo stato relativo della qualità dell'aria.

Situazione attuale:

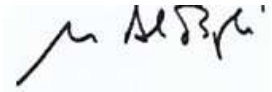
- Captazione del biogas fino al 70% con efficiente utilizzo dello stesso a fini energetici in impianto di generazione fornito di depurazione catalitica dei gas emessi.
- Stabilizzazione di circa 23.000t/anno di Frazione Organica del Rifiuto con riduzione del biogas producibile in discarica di una percentuale proporzionale rispetto al rifiuto trattato.
- L'impiego di biofiltro a valle delle biocelle rende nulle le emissioni maleodoranti della frazione stabilizzata.
- Impiego saltuario della torcia con riduzione del pericolo di incendi.
- Le emissioni sono dunque: puntuale da impianto di generazione, diffusa di odori e polveri da operazioni di selezione rifiuti, diffuse dal 30% di biogas non captato.

Situazione futura:

- Miglioramento stabilizzazione frazione organica del rifiuto per compostaggio.
- Captazione del biogas fino al 70% con efficiente utilizzo dello stesso a fini energetici in impianto di generazione.
- Le emissioni sono dunque:convogliata dai motori per generazione alimentati a biogas, convogliata e saltuaria da torcia, diffusa di odori e polveri da operazioni di selezione rifiuti, diffuse dal 30% di biogas non captato

Da quanto esposto è ragionevole affermare che se fino ad ora le emissioni, diffuse o convogliate, non hanno rappresentato un problema dal punto di vista ambientale, il proseguo dell'attività della discarica attraverso l'ulteriore gestione sino a chiusura e sarà caratterizzato da una situazione migliorativa rispetto a quella attuale.

Genova, 20/12/2010



Prof. Ing. Marco Del Borghi



Dott. Ing. Adriana Del Borghi

Via all'Opera Pia, 15 - 16145 GENOVA
Tel. +39 010 3532918-09; Fax 39 010 3532586; Cell. +39 329 2104472-69
E-mail: adry@unige.it; delborg@unige.it
P.IVA: 03686750104