



COMUNE DI NAPOLI  
Area Ambiente  
SERVIZIO IGIENE DELLA CITTA'

R.U.P. Ing. Simona Materazzo  
D.E.C. Ing. Michela Vicidomini

Progetto per la costruzione dell'impianto di compostaggio con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est( Ponticelli) - CUP B67H17000290007

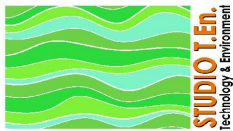
Comune di Napoli  
Data: 18/05/2023, IG/2023/0000975



## PROGETTO DEFINITIVO

### R.T.P. PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



**Studio T.En.**  
Studio Associato di Ingegneria  
di Teneggi e Marastoni  
Ing. S.Teneggi



MANDANTI:



Ing. C. Ferone  
Ing. G.M. Esposito  
Arch. F.S. Visone  
Ing. M.L. Ferone

SG STUDIO ASSOCIATO  
Ing. G. Spaggiari



STUDIO ALFA S.p.A.  
Dott. Ing. E. Davolio



GEOLOG STUDIO  
DI GEOLOGIA  
Geol. D. Pingitore



Ing. F. Chiatto



TITOLO:

RELAZIONE TECNICA IMPIANTI DI PROCESSO

ELABORATO:

TEC\_001

Data	Emissione	Redatto	Verificato	Approvato
Dicembre 2020	Revisione a seguito della Richiesta di Integrazioni nel merito del 13/08/2020	VM	ST	ST
Ottobre 2021	Revisione finale	VM	ST	ST
Novembre 2022	Revisione per validatore	VM	ST	ST

SCALA:

-

-

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	4
2	GENERALITÀ E FINALITÀ DELL'IMPIANTO.....	5
3	INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO.....	9
4	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO .....	11
4.1	ELEMENTI TECNOLOGICI E PROCESSISTICI .....	12
4.1.1	STRUTTURE E LOGISTICA .....	12
4.1.2	DURATA DEL PROCESSO .....	13
4.1.3	STRUMENTI DI GOVERNO DEL PROCESSO E DIMENSIONAMENTO .....	15
4.1.4	GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE .....	15
4.1.5	GESTIONE DELLE ARIE ESAUSTE .....	16
4.1.6	IGIENE E SICUREZZA.....	17
5	DATI GENERALI DI IMPIANTO .....	18
5.1	LAY-OUT GENERALE.....	20
6	CONFIGURAZIONE DI IMPIANTO: DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI IMPIANTO E DELLE INFRASTRUTTURE .....	25
6.1	FASI DI LAVORAZIONE: RICEZIONE E PRETRATTAMENTO RIFIUTO LIGNOCELLULOSICO.....	25
6.2	FASI DI LAVORAZIONE: RICEZIONE E PRETRATTAMENTO RIFIUTI ORGANICI (FORSU) .....	27
6.2.1	<b>RICEZIONE RIFIUTI ORGANICI (FORSU)</b> .....	27
6.2.2	<b>PRETRATTAMENTO RIFIUTI ORGANICI (FORSU)</b> .....	29
6.3	DIGESTIONE ANAEROBICA, GENERAZIONE DI BIOGAS E PRODUZIONE DI DIGESTATO .....	31
6.4	TRATTAMENTO AEROBICO .....	38
6.5	CAPTAZIONE, STOCCAGGIO DEL BIOGAS E SUCCESSIVO TRATTAMENTO DI RAFFINAZIONE IN BIOMETANO .....	45
7	IMPIANTI AUSILIARI.....	52
7.1	GENERATORE DI CALORE DI INTEGRAZIONE E RISERVA .....	52
7.2	NUOVO GASDOTTO DI CONNESSIONE IMPIANTO .....	53
7.3	GESTIONE DELLE ACQUE .....	53
8	BILANCI DI MASSA ED ENERGETICO .....	55
8.1	BILANCIO DI MASSA DEL PROCESSO .....	55
8.2	CONSUMI.....	58
8.2.1	<b>MATERIALI</b> .....	58
8.2.2	<b>CONSUMI IDRICI</b> .....	60

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

8.2.3	CONSUMI ENERGETICI .....	61
8.3	BILANCIO ENERGETICO DEL PROCESSO.....	63
9	EMISSIONI CONVOGLIATE IN ATMOSFERA .....	65
	Emissioni diffuse.....	69
	Emissioni fuggitive.....	70
10	PROGETTO DI DISMISSIONE DELL'IMPIANTO.....	71

## Indice delle figure e delle tabelle

Fig.1.:	Vista aerea dell'area di progetto con indicazione degli elementi fondamentali dell'intorno.....	10
Tab.1.:	Comparazione durata dei processi aerobici e dei processi integrati aerobici ed anaerobici.....	14
Tab.2.:	Durata dei processi.....	14
Fig.2.:	Layout generale di progetto .....	23
Tab.3.:	Descrizione generale ed identificazione delle sezioni di trattamento .....	24
Tab.4.:	Dati generali per dimensionamento dell'area di ricezione del rifiuto lignocellulosico.....	26
Tab.5.:	Dati generali per dimensionamento dell'area di lavorazione della FORSU .....	28
Tab.6.:	Tipologie e quantità di rifiuti previsti in impianto.....	28
Tab.7.:	Dati generali relativi alla capienza della fossa e della vasca di alimentazione.....	30
Fig. 3.	Diagramma delle fasi di digestione anaerobica.....	31
Fig.4.:	Schema della trasformazione del substrato all'interno del digestore .....	32
Tab.8.:	Valori del rendimento di biogas (m <sup>3</sup> /kgTVS) nei vari processi .....	33
Tab.9.:	Caratteristiche biogas.....	33
Fig.5.:	Schema generale del processo e degli elementi impiantistici del digestore anaerobico.....	34
Fig.6.:	Vista tridimensionale di digestore anaerobico ed esempi generici di digestori .....	35
Tab.10.:	Dati per il dimensionamento del digestore.....	36
Tab.11.:	Dati per il dimensionamento delle celle di biostabilizzazione .....	42
Tab.12.:	Dati per il dimensionamento delle celle per la maturazione .....	43
Tab.13.:	Dati per il dimensionamento delle aree di stoccaggio del compost maturo .....	44
Fig.7.:	Schema generale del principio di purificazione del biogas tramite filtro "a membrane" e dettaglio del funzionamento del filtro stesso.....	47
Fig.8.:	Schema generale del sistema di depurazione "a membrane" del biogas .....	48
Fig.9.:	Diagrammi del sistema di depurazione "a membrane" del biogas .....	48
Fig.10.:	Esempio di sistema di filtri "a membrane" .....	49
Fig.11.:	Rappresentazione del funzionamento del sistema di upgrading a membrane (3 stadi).....	49
Tab.14.:	Dati per il dimensionamento della stazione di upgrading .....	50
Tab.15.:	Parametri di qualità del biometano per l'immissione in rete .....	51
Fig.12.:	Rappresentazione del funzionamento del sistema di upgrading a membrane (3 stadi).....	57
Fig.13.:	Schema concettuale di gestione delle acque .....	61
Tab.16.:	Caratteristiche biogas/biometano di progetto .....	63
Fig.14.:	Rappresentazione del bilancio di energia.....	64

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Fig.15.: Localizzazione delle sorgenti emissive in progetto (in blu il biofiltro, in rosso la caldaia, in verde l'off-gas).....	65
Tab.17.: Tabella caratteristiche biofiltro in progetto .....	66
Tab.18.: Tabella caratteristiche Caldaia in progetto .....	67
Tab.19.: Tabella coordinate sorgenti emissive in atmosfera .....	69

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

## **1 PREMESSA**

Lo scopo del presente progetto definitivo riguarda la realizzazione di un impianto di compostaggio con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli.

L'obiettivo espressamente richiesto dalla Committenza è quello di dotare l'impianto della maggiore flessibilità di gestione del rifiuto in ingresso e l'introduzione di specifiche tecnologie per la purificazione del rifiuto da trattare, così da garantire buona qualità e facile riutilizzo del materiale recuperato. Inoltre, il progetto elaborato individua scelte per il contenimento delle libere emissioni dall'impianto e il trattamento dell'aria aspirata nei vari ambienti confinati dove è attuato il processo.

La configurazione impiantistica è progettata in funzione di:

- quantità di materiale atteso in ingresso FORSU (30.000 t/anno);
- una predeterminata percentuale di scarti (15% sul dato in ingresso valutata su indagini merceologiche), rappresentativa della qualità del materiale da trattare e cautelativa rispetto a quanto accertato con le attuali caratterizzazioni merceologiche;
- durata temporale del processo.

Il dimensionamento funzionale dell'impianto è sviluppato considerando la durata minima del trattamento del rifiuto di 90 giorni indicato dalla norma, condizione che consente, a prescindere dalle caratteristiche dei rifiuti, di garantire la stabilizzazione e igienizzazione del rifiuto.

La progettazione, inoltre, è sviluppata per permettere il trattamento di 30.000 t/anno di rifiuti organici e tale da permettere, in un prossimo futuro, un possibile incremento della potenzialità fino a 40.000 t/anno senza generare significative interferenze al costruito.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione generale [\[GEN\\_001\]](#).

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## 2 GENERALITÀ E FINALITÀ DELL'IMPIANTO

L'intervento proposto contribuisce alla risoluzione del problema dello smaltimento dei rifiuti prodotti sul territorio, fornendo un valido contributo all'evoluzione dell'attuale panorama energetico, economico, tecnologico e ambientale. Con la suddetta iniziativa ci si prefigge di raggiungere diversi obiettivi:

- **promuovere un'attività di RECUPERO del rifiuto urbano anziché un mero smaltimento:** il consolidamento dell'attuazione delle politiche comunitarie volte alla riduzione dei rifiuti destinati in discarica, in particolare dei rifiuti biodegradabili (Direttiva 2006/12 EC), ha sicuramente incentivato la raccolta differenziata;
- **garantire lo smaltimento per una parte della FORSU raccolta in maniera differenziata riducendo così la dipendenza dal mercato esterno:** ad oggi la FORSU raccolta sul territorio del Comune di Napoli viene inviata a impianti di compostaggio posti tutti fuori dal territorio Regionale, con costi di trasporto che incidono sul prezzo finale di conferimento con aumenti di circa il 40%. La filiera di trattamento della FORSU che prevede una fase di digestione anaerobica prima dell'invio al trattamento aerobico risulta vantaggiosa per la contestuale produzione di biometano e di compost di qualità, apportando benefici ambientali, economici e sociali.
- **abbattere significativamente i costi di trattamento (recupero) adottando metodologie moderne che prevedono la produzione e l'utilizzo di DUE tipologie di beni, Compost e Biometano:** il contestuale recupero di materia e di energia ottenibile con l'integrazione di digestione anaerobica (di seguito abbreviata in DA) e compostaggio non solo è coerente, ma interpreta in maniera particolarmente virtuosa la gerarchia delle priorità di gestione dei rifiuti. Si realizza infatti un'ottima integrazione di filiere, in quanto il processo integrato trasforma in biogas la sostanza organica volatile che, in un processo esclusivamente aerobico, sarebbe in massima parte comunque destinata ad ossidarsi a CO<sub>2</sub> e a disperdersi in atmosfera, e preserva il valore agronomico della restante quota di carbonio organico trasformandolo in ammendante compostato;
- **ridurre in modo significativo le emissioni di CO<sub>2</sub>:** occorre infatti evidenziare come diverse ricerche attribuiscono un contributo positivo della digestione anaerobica nel ciclo integrato di gestione dei rifiuti organici da raccolta differenziata. Da un confronto tra compostaggio e processo integrato anaerobico - aerobico, sviluppato con l'analisi del ciclo di vita (LCA), è stata valutata l'incidenza della digestione anaerobica nel bilancio energetico e nelle emissioni di gas ad effetto serra. Tra i fattori considerati nella valutazione del processo integrato, sono stati inclusi il recupero

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

dell'energia (elettrica e termica) dal biogas e degli scarti essiccati e il recupero di compost valorizzato quale sostituto di torba (materiale non rinnovabile) e concimi minerali (quasi tutti di sintesi). *Il bilancio ambientale, espresso in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti, attribuisce al compostaggio un effetto di riduzione delle emissioni pari a 28 kgCO<sub>2</sub>eq/t, contro i 240 kgCO<sub>2</sub>eq/t dello scenario integrato [Malpei et al "Il bilancio energetico ed ambientale di alcuni scenari di digestione anaerobica della FORSU].*

Il processo di digestione anaerobica per la conversione dell'energia biochimica dei rifiuti organici in biometano è una pratica corretta sotto il profilo ambientale, tanto da risultare incentivata dalle Direttive Comunitarie. È evidente che trattandosi di operazione condotta da un Ente pubblico, tali incentivi potranno essere finalizzati all'abbattimento della tariffa di conferimento della FORSU, con chiari benefici sulla Amministrazione e sulla popolazione residente.

Il Progetto da realizzare si avvarrà delle migliori tecnologie e scelte progettuali per minimizzare qualsiasi tipo di impatto sull'ambiente e sul territorio, con particolare attenzione a quello delle emissioni odorigene. A tale scopo, come riportato in molte linee guida, il processo integrato di digestione anaerobica si deve comporre di una prima fase anossica, di digestione della sostanza più rapidamente putrescibile, e una successiva fase aerobica, dove vengono ultimati la stabilizzazione e il recupero delle parti organiche ancora fermentabili e putrescibili.

Le scelte progettuali e gestionali tengono conto delle condizioni di partenza, delle caratteristiche del luogo individuato per l'intervento, della qualità e quantità della biomassa (FORSU) raccolta, della normativa e della tecnologia a disposizione per massimizzare l'efficacia del processo che verrà messo in atto e minimizzare l'impatto ambientale e gli eventuali disturbi sulla comunità che potrebbe arrecare l'impianto stesso.

Come noto la Digestione Anaerobica (DA) è un processo biologico con cui la sostanza organica contenuta nei rifiuti viene decomposta per formare altri componenti, essenzialmente una miscela di gas denominata biogas. Il processo consiste nella degradazione e stabilizzazione del materiale organico in condizione anaerobiche (assenza di ossigeno) realizzata da un consorzio di microorganismi (batteri idrolitici, batteri acidogeni, batteri acetogenici e archeobatteri metanogenici) che porta alla produzione di un biogas con un significativo e utilizzabile contenuto energetico. Il processo di degradazione ha luogo in locali chiusi, denominati digestori, appositamente progettati per garantire al consorzio microbico ottimali condizioni di crescita (ambiente anaerobico, miscelazione, temperatura, pH, carico organico e tempo di ritenzione idraulica).

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Il biogas ottenuto può avere diversi utilizzi riconducibili alle caratteristiche del combustibile gassoso e, tra queste, la purificazione tramite una **sezione finale di upgrading**. Il metano ottenuto dalla conversione dei rifiuti è del tutto equivalente per caratteristiche al combustibile fossile normalmente utilizzato nelle reti di distribuzione, e a seguito di una adeguata compressione può essere immesso nella rete nazionale oppure utilizzato per altre esigenze dell'Amministrazione.

Normalmente gli impianti di DA sono caratterizzati in funzione della filiera di approvvigionamento delle biomasse, della tipologia delle stesse, dei pretrattamenti o post-trattamenti necessari e della tipologia di trattamento adottata; i digestori sono infatti classificati secondo:

- ◆ il sistema di alimentazione (batch, continuo, semi-continuo);
- ◆ la funzione dei reattori utilizzati per far avvenire il processo (singolo stadio o doppio stadio, digestione e post-digestione, doppia fase acidogenica e metanogenica);
- ◆ la temperatura in cui avviene il processo (psicrofilo < 20 °C, mesofilo 35-37 °C o termofilo > 50 °C);
- ◆ la fluido-dinamica (plug-flow, completamente miscelati, ibridi).

Un ulteriore metodo di classificazione, di maggiore interesse e più immediato, è quello che si basa sulla concentrazione dei Solidi Totali (ST) o, meglio, dei Solidi Volatili (SV) presenti nella biomassa utilizzata per alimentare il digestore; in questo senso il processo di DA viene definito wet (ST < 15%), semi-dry (ST 15-20%) o dry (ST > 20%).

La produzione ottimale di biogas da una determinata biomassa è funzione del tempo assicurato alle varie popolazioni batteriche presenti nei digestori per far avvenire le necessarie degradazioni. Questo tempo è dettato da due fattori importanti: il primo è la tipologia della biomassa utilizzata, più o meno facilmente fermentescibile, il secondo è il tempo di duplicazione batterica. La normale pratica industriale identifica un tempo di ritenzione idraulica in funzione delle temperature di esercizio dell'impianto, che nella variabilità del singolo caso specifico è almeno 60 gg per digestori che lavorano in psicrofilia, tra 20 e 50 giorni per la mesofilia, e meno di 25 giorni per la termofilia.

Si è detto che il biogas che si ottiene dal processo di digestione anaerobica è una miscela di vari gas; una composizione tipica può riferirsi a una miscela con metano (CH<sub>4</sub>) 45–70%, anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) 25–45%, acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) 1-2%, tracce di NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub> e, nel caso di biogas da discarica o più in generale generato da rifiuti indifferenziati, con l'eventuale presenza di silossani. La specifica condizione di



Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

produzione ne determina la saturazione di vapore d'acqua e un potere calorifico variabile (normalmente tra i 10 ed i 27 MJ/Nm<sup>3</sup>), chiaramente in funzione della percentuale di metano presente nella miscela.

La produzione di biogas attraverso la DA presenta vantaggi rispetto alla produzione di biocarburanti da altri processi biochimici (biodiesel, bioetanolo, biodrogeno) soprattutto dal punto di vista energetico, in quanto rappresenta il processo meno energivoro a disposizione in questo momento. Ciò deriva dalla semplicità della tecnologia e dalla capacità di utilizzare un'ampia gamma di substrati (acque reflue e fanghi industriali e urbani, frazione organica del rifiuto solido urbano, reflui zootecnici, residui colturali e colture dedicate) ad alta concentrazione di materia organica biodegradabile (carboidrati, proteine e grassi). I principali fattori che determinano la potenzialità di produzione di biogas da una determinata biomassa sono identificati nella percentuale di sostanza secca presente nelle matrici tal quali e nella percentuale di Solidi Volatili (SV) caratteristici della componente organica, e dalla loro degradabilità. Di particolare importanza è il rapporto C/N della biomassa per DA, che deve essere compreso tra 25 e 35 per permettere una buona crescita batterica ed evitare una eccessiva presenza di ammoniaca nella massa in digestione, composto che in alte concentrazioni risulta tossico per i batteri e inibisce i processi di decomposizione della sostanza organica.

La tecnologia adottata consiste in una fase di **digestione anaerobica di tipo a secco** (o anche detta a semisecco) **del tipo plug-in flow, con temperatura di esercizio compresa tra i 37 e i 55 °C** (così da permettere un processo sia mesofilo che termofilo), con reattore di tipo cilindrico o parallelepipedo in cui il flusso a pistone prosegue orizzontalmente, accoppiata con una sezione di **successivo trattamento aerobico** dei prodotti di scarto (digestato) e di purificazione del biometano (**upgrading**) con sezione di **trattamento a membrane**.

Questa tecnologia si è consolidata nell'ultimo ventennio nell'Europa settentrionale ed è ormai diffusa anche in Italia, soprattutto nel campo della gestione integrata dei rifiuti urbani. In effetti, la tecnologia adottata combina i benefici della tecnologia a secco (limitata necessità di pretrattamenti e ridotte produzioni di percolato rispetto alla tecnologia ad umido, così da evitare il trattamento di ingenti volumi di acqua) con vantaggi gestionali legati alla continuità del processo, alla pulizia delle aree di lavoro e al mancato ingresso da parte dell'operatore in zone potenzialmente esplosive, che risultano individuate solo all'esterno dei locali dove si genera il biogas in corrispondenza di valvole di sovrappressione del digestore e di soffianti e altri punti singolari nella sezione di upgrading.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

### 3 INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO

L'area in cui si svilupperà l'impianto in oggetto è ubicata in via Domenico de Roberto, Ponticelli (NA), area attualmente libera da costruzioni, data dalla Regione Campania in diritto di superficie al Comune di Napoli. Sull'area al momento insistono solamente piccoli manufatti idraulici (es. pozzetti, vasca di controllo, etc.) relativi all'intervento di tombamento del Fosso Reale.

Il lotto è completamente inverdito con prato e vegetazione spontanea (come le siepi poste sui confini Est e Sud-Est), in particolare si segnalano alcune alberature nella zona di confine col Depuratore, un filare di alberi in prossimità del confine Sud-Ovest (su Via Provinciale delle Breccie) ed alcuni arbusti con alberature mature nella parte centrale del lotto (evidenti nella vista area riportata sotto).

Dal rilievo topografico dell'area sono state ricavate le quote altimetriche che variano dai +10.00 metri s.l.m. (nelle zone esterne in prossimità dei confini) ai +13.50 s.l.m. della parte centrale (con un dislivello totale di circa 3.50 metri).

L'area di progetto confina a:

- **Nord** con la **SS162dir**, importante asse stradale organizzato su diversi livelli al di sotto del quale si trova l'accesso al lotto (accesso che permetterà l'ingresso al nuovo impianto).  
Oltre all'asse infrastrutturale si riscontra la presenza di un'area artigianale e di un'area destinata alle coltivazioni in serra (tale area si sviluppa anche lungo il lato Est del lotto);
- **Est** con il **tracciato Autostradale A1 - Autostrada del Sole**, che separa l'area di intervento dal quartiere di Ponticelli, all'interno del quale si alternano aree residenziali ed aree di coltivazioni in serra;
- **Sud** con una zona residenziale, con insediate all'interno piccole attività di quartiere, e la Zona Industriale Orientale.  
Lungo il lato sud, all'interno della recinzione che delimita il lotto di progetto, si trova un cancello che verrà utilizzato come punto di accesso all'area di consegna del biometano ad uso esclusivo di SNAM;
- **Ovest** con l'area impiantistica del **Depuratore di Napoli Est**, confinante direttamente con il nuovo impianto in progetto.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

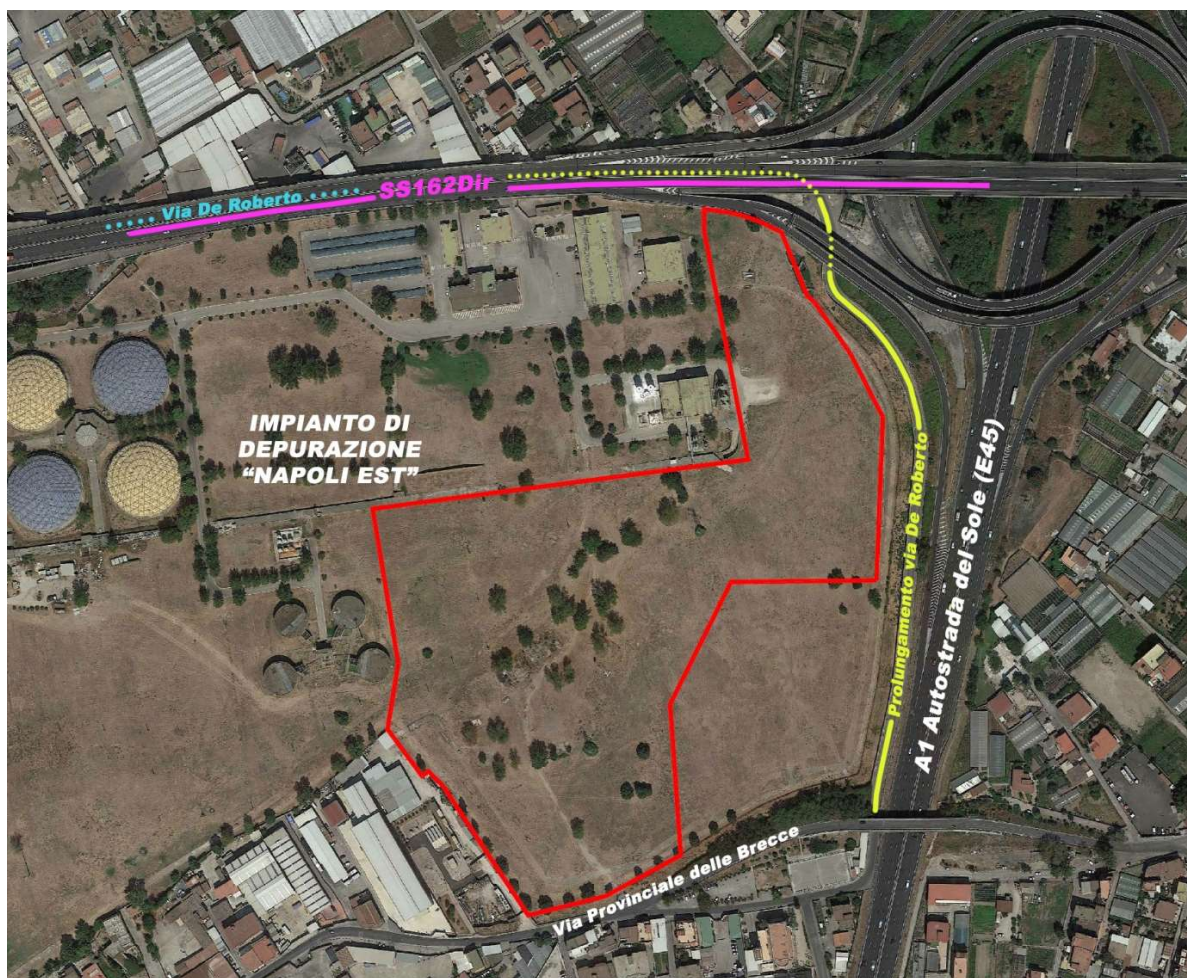


Fig.1.: Vista aerea dell'area di progetto con indicazione degli elementi fondamentali dell'intorno

Come evidente dalla vista aerea riportata, dal punto di vista della viabilità e degli accessi all'impianto l'area è collocata in adiacenza ad un complesso snodo infrastrutturale con rampe presenti in prossimità di Via De Roberto (SS 162dir del Centro Direzionale / Asse Corso Malta Acerra), costruite anni fa ma al momento non attivate, che immettono direttamente nel sito. In linea generale, nonostante queste rampe non siano ancora attivate, l'area dal punto di vista infrastrutturale risulta ben servita e facilmente raggiungibile. L'area, attualmente non edificata, presenta ad oggi un solo accesso sul lato Sud, su Via Provinciale delle Brece.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

#### 4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO

Gli aspetti più meramente tecnici e tecnologici del processo verranno illustrati nei capitoli della presente relazione, con descrizione delle varie sezioni d'impianto e delle loro condizioni di funzionamento.

In questa sede si ritiene opportuno invece evidenziare che le soluzioni progettuali adottate sviluppano i seguenti criteri, condivisi con la Committenza:

- massimizzare l'affidabilità e la durabilità dell'impianto nel tempo e, allo stesso modo, la semplicità e la flessibilità gestionale delle apparecchiature installate;
- garantire il funzionamento delle stesse aree impiantistiche in ogni condizione di flusso, sia in termini di quantità e qualità che di durata temporale del picco di conferimento;
- garantire la sicurezza degli operatori;
- ricavare ampi spazi fisici in prossimità delle singole apparecchiature al fine di facilitare e ridurre le tempistiche per le attività di manutenzione, sia ordinaria che straordinaria;
- ottimizzare le caratteristiche distributive e di layout generale del progetto in termini di migliore fruibilità degli spazi, miglioramento dei flussi interni e riduzione di quelli esterni, massimizzazione degli stoccaggi, minimizzazione delle interferenze, possibilità di ricavare ampi spazi dedicati alle sistemazioni esterne e ambientali;
- mitigare l'impatto visivo nel suo complesso;
- raggiungere la massima efficienza nella valorizzazione flussi e connessi recuperi, così come in termini di risparmio energetico;
- ridurre l'impatto ambientale mediante soluzioni migliorative del sistema di abbattimento dei rumori e degli odori;
- ottimizzare il sistema di gestione delle acque di processo e dei percolati, con soluzione tecnologica volta alla riduzione degli stessi.

Per garantire che la realizzazione e l'esercizio dell'impianto in esame siano caratterizzati da standard processistici ed ambientali efficaci, è possibile distinguere i criteri progettuali in due categorie:

- **elementi tecnologici e processistici tendenzialmente prescrittivi**, quelli necessari cioè (anche se non sufficienti) a garantire l'efficacia del processo, la qualità del prodotto, il contenimento degli impatti; si tratta dunque della impostazione di base e delle relative dotazioni tecnologiche, rispetto alle quali le mancanze o difformità di impostazione progettuale e gestionale vanno valutate attentamente, e sulla base di giustificazioni tecnico-processistiche e referenze operative già in atto (da presentarsi a cura del soggetto proponente);

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

- **ulteriori elementi di qualificazione delle ipotesi progettuali**, atti a determinare condizioni di maggiori livelli di protezione ambientale e/o una maggior efficacia del processo; questi elementi vengono qui forniti solo per coadiuvare l'impostazione progettuale, pur riservando ai soggetti titolari ed ai loro tecnici di fiducia la scelta definitiva; la adozione o meno di questi criteri va dunque valutata in sede di elaborazione progettuale - e di istruttoria tecnica successiva - nel quadro delle coerenze complessive di progetto.

#### **4.1 ELEMENTI TECNOLOGICI E PROCESSISTICI**

##### **4.1.1 STRUTTURE E LOGISTICA**

Le **operazioni di conferimento del rifiuto FORSU** sono gestite attraverso una "zona filtro" intesa come netta separazione tra l'ambiente interno al fabbricato e l'aria esterna, dove il mezzo staziona in attesa della corretta configurazione dei varchi. Imboccando la viabilità di impianto, i mezzi raggiungono il prospetto est dell'edificio di ricezione e selezione dove sono presenti portoni a impacchettamento rapido la cui apertura è regolata, in funzione dello stato delle postazioni, con un impianto semaforico.

La logica di apertura dei due portoni che regolano l'accesso alla zona filtro e il successivo scarico dei rifiuti è molto semplice: prima si apre il portone di accesso (portone esterno), il mezzo entra in retromarcia e si posiziona in prossimità del portone in corrispondenza della fossa di scarico (portone interno); solo ad avvenuta chiusura del portone esterno si apre il portone interno, così da permettere al mezzo di arretrare fino alla postazione di scarico, sopraelevata di circa 1,5 m rispetto alla sottostante fossa. Ultimato lo scarico dei rifiuti la sequenza si ripete in modo inverso: il mezzo si posiziona all'interno della zona filtro, attende la chiusura del portone interno e la successiva apertura del portone esterno per poi allontanarsi dall'impianto.

In questo modo le aree di scarico e stoccaggio della FORSU sono sempre isolate dall'esterno. L'operazione di scarico è sempre presidiata e sorvegliata dal personale di gestione che verifica l'eventuale presenza di materiali non conformi.

L'impianto è dimensionato per ricevere un quantitativo annuo di 30.000 tonnellate di FORSU con operazioni che prevedono, di norma, la pulizia della fossa al termine del turno giornaliero, così da rimuovere da questa tutti i rifiuti organici conferiti.

Il conferimento dei rifiuti all'impianto vedrà un flusso in ingresso medio di 97 t/giorno, con una variazione contenuta tra 90 e 120 t/giorni, dovuta a quantitativi di raccolta differenti sul territorio a seconda delle giornate e dei quartieri serviti.

In queste condizioni l'impianto di trattamento, descritto al punto successivo, viene dimensionato per il valore pari alla media giornaliera di 97 t/giorno, con possibili eccedenze dovute ad eventuali fermi

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

impianto che rimarranno stoccate nella fossa di ricezione, con tempo di permanenza comunque mai superiore a 2,4 giorni. In realtà nella condizione più gravosa, da adottare per il dimensionamento dell'impianto, è corretto considerare la possibilità che all'interno della fossa permanga, al termine delle operazioni giornaliere, un quantitativo di 100 tonnellate di rifiuto, compatibile con la disponibilità di stoccaggio attesa (si tratta di rifiuto organico potenzialmente contaminato da rifiuti inorganici, quali carta, plastica, metalli e tessuti).

I **materiali lignocellulosici** sono stoccati all'interno di un edificio normalmente chiuso, che si apre solo quando viene rilevata la presenza di un automezzo pronto allo scarico del materiale nell'apposita area di conferimento e movimentati poi alla bisogna con polipo/pala meccanica per il pretrattamento di triturazione e il successivo utilizzo nella fase di miscelazione del digestato prima del trattamento aerobico. Il dimensionamento dell'area di stoccaggio in ricezione misura circa 300 m<sup>2</sup>: considerando un'altezza del cumulo di materiale di 3 m, si rende quindi disponibile una volumetria di stoccaggio pari a circa 912 m<sup>3</sup>. Detta volumetria è volutamente sovradimensionata rispetto ai flussi di rifiuti attesi, in modo da considerare la stagionalità dei conferimenti e la necessità di disporre di materiali lignocellulosici di supporto per tutto l'anno.

Normalmente il materiale verrà tritato giornalmente, così da evitare la formazione di cumuli addensati nell'area di stoccaggio, con materiale cippato e poi stoccato all'interno dell'area di miscelazione per trattamento aerobico su una superficie di circa 50 m<sup>2</sup>, corrispondente ad una quantità di circa 75m<sup>3</sup>, considerando un'altezza del materiale stoccato di 1.5 m.

Il materiale tritato verrà poi caricato con pala meccanica per essere conferito, in opportuna quantità determinata in funzione della miscela scelta dal gestore, alla fase di miscelazione del digestato per l'alimentazione delle biocelle.

Il progetto prevede la gestione sia delle **fasi di pretrattamento che delle fasi di trasformazione attiva** in biocelle, all'interno di capannoni chiusi ed aspirati.

#### **4.1.2 DURATA DEL PROCESSO**

La durata del processo è un fattore fondamentale nei confronti della costruzione e gestione dell'impianto: per valutare le potenzialità e le condizioni di integrazione dei processi di digestione anaerobica nel sistema integrato dei trattamenti biologici, la digestione anaerobica va dunque intesa come sostitutiva delle prime fasi di trasformazione in un sistema di trattamento aerobico (quelle intensive), mentre permane la necessità – per una sostituzione con equivalenza di effetti - di dotare l'impianto di una sezione di maturazione finale aerobia, a carico del digestato, con tecnologie estensive.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Da quanto sopra si ricava che la durata del processo di digestione anaerobica è “comparabile” con quello aerobico, chiaramente tenuto conto delle differenti tecnologie adottate, come riportato nella tabella successiva.

processo aerobico		processo anaerobico/aerobico			
	trattamento	giorni		batteri	
fase attiva (ACT)	biocelle/biotunnel	14-16	14-16	termofila	digestione anaerobica
	trincea/cumulo	21-28	28-30	mesofila	
maturazione (curing)	fino a 90 giorni di trattamento				trattamento aerobico [ACT + curing]

*Tab.1.: Comparazione durata dei processi aerobici e dei processi integrati aerobici ed anaerobici*

Il dimensionamento dell'impianto viene sviluppato applicando il criterio della durata minima del trattamento di 90 giorni, condizione che determina il rispetto dei requisiti di stabilizzazione ed igienizzazione senza dover procedere alla perequazione delle differenti efficienze dei processi adottati.

Diversamente da quanto valutato in impianti simili, nel calcolo del tempo totale di trattamento non è stato tenuto in considerazione il tempo di caricamento della singola biocella nella fase di ACT, in questo caso specifico stimato mediamente pari a 5 giorni, durante il quale l'insufflazione di aria non avviene e il processo aerobico risulta notevolmente rallentato. Una volta caricata la biocella si attiva il sistema di insufflazione che permette il trattamento di bioossidazione del rifiuto.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa con la durata dei processi di impianto previsti.

	Densità t/m <sup>3</sup>	Durata (giorni)
Digestione Anaerobica	0.85	23
Bioossidazione	0.62	38
Caricamento Biocella		5
Maturazione	0.5	37
<b>Totale</b>		<b>93</b>

*Tab.2.: Durata dei processi*

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

In merito alla tipologia di rifiuto conferito, le scelte progettuali previste hanno tenuto conto di una variabilità della densità del materiale nelle diverse sezioni di impianto e anche della ragionevole previsione di una sempre maggiore specializzazione del sistema di intercettazione e gestione della raccolta dei rifiuti e conseguenti valori di purezza, allineati a quelli riportati nella tabella 1 delle citate Linee guida, così da assumere un valore dello scarto pari al 5% del quantitativo in ingresso. Questo scenario, per ora del tutto ipotetico, viene comunque dimensionato e verificato nel rispetto dei criteri su indicati.

#### **4.1.3 STRUMENTI DI GOVERNO DEL PROCESSO E DIMENSIONAMENTO**

- Il progetto prevede che il dimensionamento del sistema di ventilazione nella prima fase di trasformazione (biossidazione accelerata) non sia inferiore ad una portata specifica media continuativa (ossia tenendo conto dei tempi eventuali di spegnimento) di **30-40 Nmc/h\*ton.** di biomassa tal quale
- Il progetto prevede tempi di spegnimento non superiori a 30'.
- Il progetto prevede la predisposizione di strumenti di controllo del processo quali dotazione di sonde termometriche, sistemi per l'inumidimento periodico della biomassa mediante ricircolo delle acque di processo.
- Il progetto prevede altezza del letto di biomassa in fase attiva non superiore a 3 metri con tolleranza del 15% per prevedendo un sistema dinamico.

#### **4.1.4 GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE**

Il progetto prevede l'impermeabilizzazione tramite pavimentazione industriale in calcestruzzo armato (caratterizzato da un coefficiente di permeabilità  $K < 10^{-6}$ ) per tutte le zone operative (stoccaggio matrici, pretrattamenti, fase attiva, maturazione, post-trattamenti e stoccaggio del prodotto finito e degli scarti di lavorazione).

Le aree di solo transito e parcheggio saranno tutte asfaltate.

La pavimentazione verrà realizzata con pendenze adeguate alla scabrosità dello strato superficiale onde garantire la lavabilità e lo sgrondo delle acque reflue ed evitare la formazione di estese condizioni di ristagno; a tale scopo, indicativamente, vanno adottate pendenze dell'ordine del 1-2%.

La gestione delle acque sarà differenziata a seconda della provenienza delle stesse, come di seguito elencato.

#### **Acque di processo**

Le acque derivanti dai processi spontanei di rilascio da parte delle biomasse in fase di stoccaggio iniziale o durante il processo (acqua di rilascio), saranno prioritariamente riutilizzate per i processi di



**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

reinumidimento delle biomasse stesse. Il progetto prevede la creazione di una dedicata vasca di raccolta che rilancia alle sezioni impiantistiche come da progetto per processi di umidificazione della biomassa.

#### **Acque meteoriche**

Il progetto non prevede stoccaggi scoperti, tutto il processo è previsto all'interno di capannoni chiusi ed aspirati, ad eccezione del solo compost raffinato (quindi già igienizzato e stabilizzato), il cui stoccaggio viene comunque protetto da dedicata tettoia.

Ne consegue che non si prevedono dilavamenti ad opera di eventi meteorici.

Per quanto riguarda le aree esterne il progetto prevede la gestione separata di acque di prima pioggia ed acque bianche (ovvero acque da coperture e di seconda pioggia).

Le acque di prima pioggia dei piazzali di solo transito e manovra sono inviate a disoleatore/sedimentatore, prima dello scarico in corpo idrico ricettore. Il corpo idrico ricettore per le acque meteoriche è individuato nel Fosso Reale che corre sul confine EST e SUD del perimetro d'impianto in progetto.

Le acque meteoriche da gronde pluviali e le acque di seconda pioggia saranno destinate al medesimo ricettore, nel rispetto delle norme vigenti, o al riutilizzo per l'umidificazione del biofiltro.

Si prevede altresì l'installazione di un impianto lavaggio ruote e mezzi con dedicato impianto di depurazione che consente il completo riutilizzo delle acque per il sistema di lavaggio mezzi.

#### **Acque nere**

Le acque vengono addotte a dedicata vasca di raccolta e smaltite mediante autobotte. Tuttavia, sono state avviate alcune interlocuzioni con i responsabili regionali del vicino impianto di depurazione di Napoli Est per il quale è stata presentata una progettazione esecutiva del revamping generale che prevede anche la realizzazione di una linea biologica alla quale – in futuro – potrà essere connessa la rete fognaria dell'impianto di nostra progettazione.

Per la rappresentazione grafica delle reti sopra descritte, si rimanda alle tavole di progetto [IDR\_003] e [IDR\_006].

#### **4.1.5 GESTIONE DELLE ARIE ESAUSTE**

Al fine di garantire l'annullamento delle molestie olfattive connesse all'immissione nell'ambiente delle arie aspirate dalle diverse sezioni, laddove viene previsto l'allestimento di edifici od ambienti chiusi, il progetto prevede:

- aspirazione e canalizzazione delle arie esauste per l'invio al sistema di abbattimento degli odori, si vedano in particolare gli elaborati [AIR\_001 ÷ AIR\_006];
- numero di ricambi d'aria/ora per data sezione impiantistica:  
zone di stoccaggio e pretrattamento, **4 ricambi/ora**

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| capannoni per la bioossidazione accelerata | <b>14 ricambi/ora</b> |
| - sezioni di maturazione finale:           |                       |
| area maturazione                           | <b>5 ricambi/ora</b>  |
| area raffinazione compost                  | <b>3 ricambi/ora;</b> |
- sistema di abbattimento combinato scrubber + biofiltro, per elementi di dettaglio si rimanda agli specifici elaborati già richiamati [AIR\_001 ÷ AIR\_006];
  - Il progetto di dimensionamento del biofiltro prevede un tempo di contatto di 54 secondi, garantito da un rapporto con il flusso orario di effluenti gassosi da trattare pari a 1 mc di letto di biofiltrazione per 60 mc/h di effluenti gassosi da trattare. Il progetto prevede un'altezza del letto di biofiltrazione di 200 cm, e la suddivisione del biofiltro in 3 moduli;
  - possibilità, in fase attiva, di modulazione delle portate d'aria specifiche in relazione ai riscontri di processo, o almeno nelle diverse sezioni (corrispondenti a biomassa a diversi stadi di maturazione);
  - il riutilizzo preferenziale delle arie aspirate dalle sezioni di ricezione e pretrattamento per l'ambientalizzazione delle sezioni di compostaggio attivo e/o per l'insufflazione della biomassa, previo trattamento in filtro a maniche;

#### **4.1.6 IGIENE E SICUREZZA**

Il progetto prevede che gli addetti al processo eseguiranno o presiederanno alle operazioni di movimentazione, di rivoltamento, di triturazione e di raffinazione in mezzi cabinati e saranno dotati di appositi filtri o devono indossare mascherine anti-polvere.

Il processo di bioconversione garantisce la igienizzazione della biomassa, allo scopo di inattivare i patogeni eventualmente presenti nel materiale trattato, si prevede pertanto che nelle biocelle il materiale stia per almeno 3 giorni ad una temperatura minima di 55°C.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## 5 DATI GENERALI DI IMPIANTO

L'impianto in oggetto, di nuova costruzione, prevede il **trattamento, recupero ed annessa messa in riserva di rifiuti urbani organici non pericolosi** raccolti in modo differenziato (FORSU). In estrema sintesi i dati di input del progetto consistono nella realizzazione di un impianto di trattamento della frazione organica derivata dalla raccolta differenziata tramite digestione anaerobica con successiva raffinazione del biogas in biometano e produzione di compost, dimensionato per i seguenti flussi attesi:

- **30.000 t/anno** di FORSU (**EER 200108**: *rifiuti biodegradabili di cucine e mense*)
- **5.000 t/anno** di rifiuti lignocellulosici:
  - **EER 200138**: *legno, diverso da quello di cui alla voce 200137,*
  - **EER 200201**: *rifiuti biodegradabili,*
  - **EER 200302**: *rifiuti dei mercati (riconducibili essenzialmente alle cassette di legno).*

A prescindere dal trattamento adottato, la raccolta differenziata dell'organico permette di ridurre le emissioni di gas serra (come il metano) in discarica e limita la formazione di percolato, liquido ad alta concentrazione di inquinanti che, se non controllato, inquina in modo irreparabile falde acquifere e terreno.

La prima tipologia di rifiuto, detta FORSU (Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano) è il materiale intercettato dalla raccolta differenziata del rifiuto organico (altrimenti detto umido). Si tratta di residui di cibo o preparazioni alimentari e frazioni assimilabili, come carta vegetale per alimenti sporca di residui alimentari.

La recente evoluzione della gestione integrata dei rifiuti sul territorio, soprattutto in ambito urbano, ne ha attivato e sempre più strutturato una raccolta separata dagli altri rifiuti, così che è possibile concepire impianti dedicati al suo trattamento:

- ◆ digestione aerobica, solitamente indicato con il termine di compostaggio. Questo è un processo aerobico, condotto con temperature comprese tra i 40 ed i 70 °C così da eliminare i batteri patogeni presenti nei rifiuti, che permette la produzione di materiale naturale da restituire alla natura;
- ◆ digestione anaerobica. È un processo che, al contrario del compostaggio, avviene in ambiente privo di ossigeno, con conversione del carbonio organico in vari gas, tra cui principalmente il metano, utilizzato poi per scopi energetici.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Si osserva che il residuo della digestione anaerobica deve essere ulteriormente trattato e sottoposto a un processo aerobico di compostaggio, così da garantire la sua compatibilità con la natura. Considerato che la digestione anaerobica sottrae carbonio al rifiuto, nei trattamenti successivi occorre inoltre riequilibrare il rapporto C/N, operazione che viene effettuata con l'aggiunta di rifiuti lignocellulosici.

Questi ultimi, anch'essi raccolti in modo differenziato da scarti derivanti dalla cura delle aree verdi e dei giardini (foglie, erba, residui floreali, ramaglie, potature), costituiscono quindi una parte consistente dei rifiuti gestiti dalle società pubbliche/private che operano nel campo della gestione integrata dei rifiuti prodotti, e sono fondamentali per condurre un processo di compostaggio industriale. Si prevede il superamento dell'eventuale carenza di materiale al fine del raggiungimento del quantitativo di progetto grazie all'aumento del quantitativo di scarti verdi e altri materiali legnosi conferiti all'impianto dalla raccolta sul territorio, ai quali si andrà a sommare l'eventuale aggiunta, operata da parte del gestore, di materiale acquisito esternamente (ad esempio da Comuni limitrofi) e non derivante direttamente dalla raccolta effettuata sul territorio.

**L'impianto di cui si tratta applica proprio questo particolare processo, con rifiuti organici dapprima stressati per la generazione di gas combustibile e in seguito stabilizzati per la produzione di compost da restituire alla natura.**

L'impianto, di nuova costruzione, è ubicato in via Domenico de Roberto, Ponticelli (NA), e occupa una superficie complessiva di circa 72.200 m<sup>2</sup>, di cui 15.370 m<sup>2</sup> impermeabilizzati con edifici in cui vengono condotte tutte le operazioni di trattamento e recupero, senza interessare aree esterne.

All'interno dell'area tecnologica sono individuati sia impianti dedicati al processo che fabbricati e impianti accessori di servizio e presidio ambientale di controllo e gestione (palazzina uffici, parcheggio dipendenti, pesa, cabina elettrica di connessione alla rete MT, cabina elettrica di trasformazione MT/BT, 3 gruppi elettrogeni da 675 kW, una caldaia a supporto del digestore con potenzialità al focolare pari a 580 kW, un serbatoio di gasolio da 9 m<sup>3</sup>, adeguatamente equipaggiato, con la doppia funzione di rifornimento per la caldaia e per i mezzi di servizio dell'impianto, gruppo pompaggio impianto antincendio, impianto di lavaggio ruote automezzi, rete di aspirazione delle arie esauste dai fabbricati e successivo trattamento con scrubbers e biofiltro, e vasche di raccolta e stoccaggio delle acque di processo) come riportato nella tavola [ARC\_003].

La viabilità e gli spazi esterni accessibili agli automezzi, seppur non oggetto di lavorazione e stoccaggio dei rifiuti, sono protetti con pavimentazioni impermeabili, realizzate con conglomerati cementizi o bituminosi, così da eliminare anche i residui impatti ambientali potenzialmente indotti alla costruzione dell'impianto.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

### **5.1 LAY-OUT GENERALE**

Una delle peculiarità che caratterizza il processo della digestione anaerobica è la sua attivazione spontanea appena siano create condizioni anaerobiotiche per la sostanza organica da trattare. Si tratta quindi di un processo relativamente semplice, presente in natura, applicato nel caso in esame a rifiuti urbani organici, quindi rifiuti organici non pericolosi raccolti in modo differenziato (FORSU), per la produzione di biogas ad alto contenuto energetico.

La configurazione d'impianto finale viene descritta nel seguito riferendosi alle varie infrastrutture e sezioni impiantistiche individuabili all'interno della più articolata area tecnologica, come riportato nella tavola grafica [ARC\_003 – ARC\_004] allegata. Nella stessa vengono indicati:

- viabilità e spazi di manovra per i mezzi di trasporto, con collegamento alla viabilità esterna presente su via Domenico de Roberto (posizione 1);
- area di accettazione e pesatura dei rifiuti in ingresso, collocata nella porzione ad est del depuratore esistente, in posizione mediana del tratto a raccordo tra il collegamento alla viabilità e l'impianto (posizione 2);
- area di ricezione del rifiuto organico [FORSU], collocata all'interno dell'edificio A – Ricezione e selezione del rifiuto in ingresso (posizione 4). L'area di ricezione è accessibile dai mezzi tramite un doppio sistema di portoni, ad apertura asincrona, mai contemporanea, che garantisce la presenza di una zona filtro tra le aree di lavorazione del rifiuto e l'ambiente esterno, così da assicurare la massima riduzione delle emissioni odorigene in atmosfera che possono verificarsi in occasione dell'entrata/uscita dei mezzi dalle aree di lavorazione;
- area di selezione e pretrattamento del rifiuto organico (posizione 6a), posta in adiacenza all'area di ricezione e in cui è collocata l'impiantistica utile alla eliminazione delle impurità presenti nel flusso in ingresso (carta, plastica, metalli e comunque tutti i rifiuti inorganici che non possono essere decomposti e/o trasformati con processi biologici). In questa sezione è collocato anche lo stoccaggio della miscela preparata (denominata nel seguito vasca di alimentazione) e il sistema di alimentazione della stessa alla sezione di digestione anaerobica (posizione 6b);
- area di scarico, stoccaggio e triturazione dei rifiuti lignocellulosici derivanti essenzialmente da operazioni di giardinaggio (posizione 5), ubicata internamente al capannone per ridurre sia l'emissione odorigena e, più in generale, le emissioni in atmosfera (polverulente e di rumore) legate alla triturazione e alla movimentazione tra interno ed esterno di questi rifiuti. Tutte le soluzioni adottate per il confinamento dei locali di ricezione e selezione dei rifiuti si pongono l'obiettivo di realizzare un layout più ordinato e garantire, all'esterno, piazzali puliti nei quali non sono depositati cumuli, neppure

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

sotto tettoia, riducendo così anche l'effetto attrattivo nei confronti dei volatili e dunque un fattore di rischio in considerazione della vicinanza dell'aeroporto;

- sezione di digestione anaerobica (posizione 7a, coincidente con l'Edificio E - Digestione Anaerobica), dove il rifiuto pretrattato subisce il processo di DA, con degradazione della sostanza organica e la produzione di biogas. Il carico e lo scarico del rifiuto vengono effettuati con sistemi automatici ed in condizioni confinate, così che l'operazione viene condotta senza ridurre in alcun modo le condizioni anaerobiotiche e senza pericolo alcuno per gli operatori. Al termine del processo di DA si produce uno scarto (digestato), a scarso tenore di carbonio, che deve essere corretto con l'aggiunta di rifiuti lignocellulosici e stabilizzato con un trattamento aerobico per la produzione di compost;
- area di miscelazione (posizione 8, all'interno dell'Edificio A - Ricezione e selezione del rifiuto in ingresso), dove il digestato ed il rifiuto lignocellulosico triturato vengono convogliati e poi mescolati con il sovrillo derivante della vagliatura del compost;
- area di biossificazione accelerata (nell'Edificio C - Trattamento Aerobico), composta da celle confinate (posizione 9b) accessibili dal corridoio centrale (posizione 9a) dove il digestato viene sottoposto ad un processo di ossidazione in ambiente aerobico per la sua stabilizzazione;
- area di maturazione (posizione 11), dove il materiale raffina l'evoluzione della sostanza organica per giungere alla sintesi di composti umosimili non fitotossici, costituita da una platea areata all'interno di un capannone;
- corridoio di movimentazione maturazione (posizione 10), collocato tra i cumuli adibiti alla maturazione della miscela (con volumi che permettono in futuro la possibilità di installazione di vagliatura primaria), e area di vagliatura/raffinazione (posizione 12), collocata tra la maturazione e lo stoccaggio finale, dove il compost maturo viene separato dal sovrillo legnoso e dalle frazioni plastiche di medie dimensioni non compostabili;
- area di stoccaggio ammendante (posizione 13), dove l'ammendante viene stoccato in attesa di commercializzazione come destino finale;
- area di valorizzazione del biogas (posizione 14, nella sezione di Upgrading), comprendente il collettamento, i trattamenti di deumidificazione, desolforazione e upgrading per la trasformazione in biometano.

Ulteriori elementi funzionali al processo sono identificabili in:

- ◆ sezione di trattamento aria con biofiltro (posizione 16) per il trattamento dell'aria aspirata dai capannoni e dell'aria di lavaggio delle celle;
- ◆ aree adibite a lavaggio mezzi (posizione 21a) e lavaggio ruote (posizione 21b);
- ◆ vasche di gestione del percolato e vasche di prima pioggia;
- ◆ uffici, guardiania e spogliatoi (posizione 3);

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

- ◆ container (7b) e caldaia (posizione 7c) a servizio del digestore;
- ◆ serbatoio di gasolio a servizio della caldaia e per rifornimento mezzi (posizione 17).

Nell'area tecnologica sono inoltre presenti:

- ◆ n° 3 gruppi elettrogeni;
- ◆ condotta interrata per il trasporto del biogas dal digestore dove viene prodotto con processo di digestione anaerobica alla stazione di upgrading;
- ◆ piazzola dedicata all'immissione in rete del biometano (posizione 15);
- ◆ vasca antincendio (posizione 18b) con relativo gruppo di pompaggio (posizione 18a);
- ◆ sale quadri e trasformatori, corrispondenti alla posizione 19;
- ◆ cabina elettrica nei pressi dell'area di ingresso all'impianto, alla posizione 20.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo



## LEGENDA

- ① INGRESSO
- ② PESA
- ③ AREA UFFICI - SPOGLIATOI (Edificio 1)
- ④ SEZIONE DI RICEZIONE E STOCCAGGIO FORSU (Porzione Edificio 2)
- ⑤ SEZIONE DI RICEZIONE E STOCCAGGIO RIFIUTO VERDE (Porzione Edificio 2)
- ⑥ SEZIONE DI PRETRATTAMENTO (Porzione Edificio 2)
  - ⑥a Area di selezione e pretrattamento
  - ⑥b Area di stoccaggio miscela per digestione anaerobica - alimentazione digestori (vasca di precarico)
- ⑦ SEZIONE DI DIGESTIONE ANAEROBICA
  - ⑦a Digestore (Edificio 3)
  - ⑦b Container a servizio dei digestori
  - ⑦c Caldaia e relativo serbatoio gasolio interrato
- ⑧ SEZIONE DI MISCELAZIONE (Porzione Edificio 2)
- ⑨ SEZIONE DI BIOSSIDAZIONE ACCELERATA (Porzione Edificio 2)
  - ⑨a Corridoio di movimentazione
  - ⑨b Biotunnel
- ⑩ CORRIDOIO DI MOVIMENTAZIONE MATURAZIONE (Porzione Edificio 2)
- ⑪ MATURAZIONE (Porzione Edificio 2)
- ⑫ VAGLIATURA / RAFFINAZIONE (Porzione Edificio 2)
- ⑬ SEZIONE DI STOCCAGGIO AMMENDANTE (Porzione Edificio 2)
- ⑭ SEZIONE DI VALORIZZAZIONE BIOGAS (Porzione Edificio 5)
- ⑮ PUNTO DI CONSEGNA BIOMETANO (Porzione Edificio 5)
- ⑯ SEZIONE DI TRATTAMENTO ARIA (Edificio 4)
- ⑰ SERBATOIO GASOLIO RIFORNIMENTO MEZZI
- ⑱ IMPIANTO ANTINCENDIO
  - ⑱a Gruppo di pompaggio a servizio della vasca antincendio
  - ⑱b Vasca antincendio - capacità 72 mc
- ⑲ SALA QUADRI E TRASFORMATORI
- ⑳ CABINA ELETTRICA
- ㉑ IMPIANTO DI LAVAGGIO MEZZI - RUOTE
  - ㉑a Lavaggio mezzi
  - ㉑b Lavaggio ruote

Fig.2.: Layout generale di progetto



Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Complessivamente le varie sezioni ed aree di trattamento su elencate possono essere così raggruppate:

<b>Edificio</b>	<b>Dimensioni e caratteristiche *</b>	<b>Sezioni/aree di pertinenza</b>
<b><i>Ricezione e selezione</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche di 83m x 57m	<b>4</b>
<b><i>Digestione anaerobica</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche totali di 36m x 10m	<b>7</b>
<b><i>Trattamento aerobico (biotunnel)</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche massime di 74m x 37m, per un'area totale di 2200 m <sup>2</sup>	<b>9</b>
<b><i>Maturazione</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche di 74m x 31m	<b>11</b>
<b><i>Vagliatura/raffinazione</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche di 51m x 18m	<b>12</b>
<b><i>Stoccaggio prodotto finito</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche di 71m x 24m	<b>13</b>
<b><i>Biofiltro</i></b>	Struttura in cemento armato prefabbricato, con dimensioni planimetriche di 44m x 45m	<b>16</b>

*Tab.3: Descrizione generale ed identificazione delle sezioni di trattamento*

Si ribadisce che l'intero processo non prevede l'uso di stoccaggi esterni e movimentazioni tra differenti fabbricati, notoriamente fonte di emissioni moleste nonché di complicazioni nella gestione dell'impianto in termini di viabilità, pulizia dei piazzali e gestione delle acque di dilavamento.

Di seguito vengono meglio descritte e dettagliate le varie sezioni che compongono il lay-out d'impianto, illustrando sia la tecnologia proposta che le fasi di processo e dei trattamenti del rifiuto in ingresso, suddividendo la trattazione in funzione delle principali lavorazioni.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## **6 CONFIGURAZIONE DI IMPIANTO: DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI IMPIANTO E DELLE INFRASTRUTTURE**

In questo capitolo vengono meglio descritte e dettagliate le varie sezioni che compongono il lay-out d'impianto, illustrando sia la tecnologia proposta che le fasi di processo e dei trattamenti del rifiuto in ingresso, suddividendo la trattazione in funzione delle principali lavorazioni. Si premette che tutti i rifiuti giungono all'impianto su automezzi, sia di dimensioni medio-piccole, quando si tratti di mezzi dedicati alla raccolta differenziata sul territorio, che di dimensioni più importanti, nel caso di rifiuti derivanti da centri di raccolta e/o stazioni di trasferimento distribuite strategicamente sul territorio.

Tutti i mezzi in ingresso vengono sottoposti al controllo della documentazione di trasporto e alla preventiva accettazione nell'area della pesa, con pesatura obbligatoria, dove si provvede anche a indicare la differente postazione di scarico a seconda che si tratti di rifiuto organico o rifiuto lignocellulosico. Si precisa che è prevista una linea di incolonnamento nella zona immediatamente successiva alla pesa, così da non aggravare il traffico esterno.

La scelta di svolgere tutte le operazioni di ricezione ed elaborazione del materiale in aree chiuse assolve ai criteri di migliorare l'inserimento paesaggistico evitando la formazione di antiestetici cumuli di ramaglie, seppur sottotettoia, e inevitabili trascinalenti di materiale sui piazzali; altro vantaggio derivante da tale scelta è la riduzione delle emissioni in atmosfera sia in termini di rumorosità che in termini di emissioni odorogene, grazie alla eliminazione delle movimentazioni tra esterno e interno della pala per il trasporto del materiale tritato, e delle emissioni diffuse legate al cumulo di rifiuto verde, comunque dell'ordine di qualche decina di U.O. e dunque non trascurabile.

### **6.1 FASI DI LAVORAZIONE: RICEZIONE E PRETRATTAMENTO RIFIUTO LIGNOCELLULOSICO**

Le operazioni in ingresso all'edificio sono regolate dalla presenza di un portone, normalmente chiuso, che si apre solo quando viene rilevata la presenza di un automezzo pronto allo scarico del materiale. L'automezzo entra in retromarcia nell'edificio, dove è presente un'adeguata area di sosta in grado di ospitare il mezzo; in questo modo il portone, del tipo ad impacchettamento rapido, crea subito dopo l'ingresso del mezzo la condizione di confinamento del locale e la riduzione di qualsiasi emissione in atmosfera.

I materiali lignocellulosici sono stoccati nell'apposita area di conferimento e movimentati poi alla bisogna con pala meccanica per il pretrattamento di triturazione e il successivo utilizzo nella fase di miscelazione del digestato prima del trattamento aerobico. Normalmente il materiale verrà tritato

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

giornalmente, così da evitare la formazione di cumuli addensati nell'area di stoccaggio, con materiale cippato e poi stoccato all'interno dell'area di miscelazione per trattamento aerobico su una superficie di circa 40 m<sup>2</sup>, corrispondente ad una quantità di circa 21 tonnellate<sup>1</sup>.

Il materiale tritato verrà poi caricato con pala meccanica per essere conferito, in opportuna quantità determinata in funzione della miscela scelta dal gestore, alla fase di miscelazione del digestato per l'alimentazione delle biocelle.

Il dimensionamento dell'area di contenimento in ricezione, già definita quale posizione 5, è esposto di seguito.

	<b>u. m.</b>	<b>verde</b>
Giorni lavorativi	g	310
Portata giornaliera media	t/g	16
Densità	t/m <sup>3</sup>	0,25
Area	m <sup>2</sup>	300
Altezza di stoccaggio h	m	3
Giorni di stoccaggio	g	16
Massimo stoccaggio	t	228

*Tab.4.: Dati generali per dimensionamento dell'area di ricezione del rifiuto lignocellulosico*

Il dato sul massimo stoccaggio, a cui vanno aggiunte le 16 tonnellate di cui si prevede la triturazione giornaliera, va inteso proprio nel rispetto della definizione, quindi non tanto come dato costante ma come valore massimo da considerare per il dimensionamento dell'impianto nella condizione più gravosa, non auspicata dal gestore ma ragionevolmente possibile.

<sup>1</sup> per il dimensionamento dei cumuli nel seguito si adotterà, tranne differente indicazione, una altezza media del cumulo di 1,50 metri.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## **6.2 FASI DI LAVORAZIONE: RICEZIONE E PRETRATTAMENTO RIFIUTI ORGANICI (FORSU)**

### **6.2.1 RICEZIONE RIFIUTI ORGANICI (FORSU)**

Le operazioni di conferimento del rifiuto sono gestite attraverso una “zona filtro” intesa come netta separazione tra l’ambiente interno al fabbricato e l’aria esterna, dove il mezzo staziona in attesa della corretta configurazione dei varchi e con sistema di aspirazione dedicato. Imboccando la viabilità di impianto, i mezzi raggiungono il prospetto est dell’edificio di ricezione e selezione dove sono presenti portoni a impacchettamento rapido la cui apertura è regolata, in funzione dello stato delle postazioni, con un impianto semaforico.

La logica di apertura dei due portoni che regolano l’accesso alla zona filtro e il successivo scarico dei rifiuti è molto semplice: prima si apre il portone di accesso (portone esterno), il mezzo entra in retromarcia e si posiziona in prossimità del portone in corrispondenza della fossa di scarico (portone interno); solo ad avvenuta chiusura del portone esterno si apre il portone interno, così da permettere al mezzo di arretrare fino alla postazione di scarico, sopraelevata di circa 1,5 m rispetto alla sottostante fossa. Ultimato lo scarico dei rifiuti la sequenza si ripete in modo inverso: il mezzo si posiziona all’interno della zona filtro, attende la chiusura del portone interno e la successiva apertura del portone esterno per poi allontanarsi dall’impianto.

In questo modo le aree di scarico e stoccaggio della FORSU sono sempre isolate dall’esterno. L’operazione di scarico è sempre presidiata e sorvegliata dal personale di gestione che verifica l’eventuale presenza di materiali non conformi.

L’impianto è dimensionato per ricevere un quantitativo annuo di 30.000 tonnellate di FORSU con operazioni che prevedono, di norma, la pulizia della fossa al termine del turno giornaliero, così da rimuovere da questa tutti i rifiuti organici conferiti. È prevista la possibilità, in caso di fermo impianto, di stoccare il rifiuto in ingresso per un periodo fino a 2,4 giorni, in ottemperanza alle BAT di settore che indicano di non superare tale periodo per materiale putrescibile.

Rispetto alla quantità conferita si osserva che l’impianto fa parte della pianificazione da tempo prevista per l’intero bacino napoletano, con flussi già ad oggi quantificati in circa 80.000 t/anno ed obiettivi di raccolta attesi, nel giro di pochi anni, nell’ordine di 120.000 t/anno.

Stante il fatto che quello in esame è il primo dei tre impianti pianificati per il trattamento dei rifiuti organici, è evidente che l’afflusso medio giornaliero risentirà in termini marginali delle fluttuazioni che, rilevate dal gestore nel range 90-225 t/giorno, caratterizzano la quantità giornalmente raccolta su tutto il territorio Napoletano di questi specifici rifiuti, fortemente condizionata dalle differenti abitudini di vita e della disponibilità di operatori tra giorni feriali e festivi.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

In queste condizioni l'impianto di trattamento viene dimensionato per un valore pari alla media giornaliera, quindi 97 t/giorno e con un range variabile tra 90-120 t/giorno, con eventuali eccedenze il valore medio che rimarranno stoccate nella fossa di ricezione, con tempo di permanenza, comunque, mai superiore a 2,4 giorni.

Il dato medio relativo alle operazioni attese è riportato nella tabella successiva.

	u. m.	FORSU
Giorni lavorativi	g	310
Portata giornaliera media	t/g	97
Densità	t/m <sup>3</sup>	0,65
Area	m <sup>2</sup>	470
Altezza di stoccaggio h	m	1
Giorni di stoccaggio	g	2,4*
Massimo stoccaggio	t	305,5

**\*in ottemperanza delle BAT che indicano di non superare un periodo di stoccaggio di 2,5 giorni per materiale putrescibile.**

*Tab.5.: Dati generali per dimensionamento dell'area di lavorazione della FORSU*

In realtà nella condizione più gravosa, da adottare per il dimensionamento dell'impianto, è corretto considerare la possibilità che all'interno della fossa permanga, al termine delle operazioni giornaliere, un quantitativo di 100 tonnellate di rifiuto, compatibile con la disponibilità di stoccaggio attesa (si tratta di rifiuto organico potenzialmente contaminato da rifiuti inorganici, quali carta, plastica, metalli e tessuti, con potere calorifico come indicato nella tabella di seguito).

Ambiente/Collocazione	Tipologia materiale	Peso specifico [t/m <sup>3</sup> ]	Stoccaggio massimo istantaneo		PCI	
			[t]	[m <sup>3</sup> ]	MJ/kg	MJ/m <sup>3</sup>
Fossa	FORSU	0.65	305.5	470.00	6	3'900
Baia di stoccaggio	Verde	0.25	228.0	912.00	17	4'250
Baia di stoccaggio	Verde triturato	0.35	21.0	60.00	17	5'950
Vasca di carico	FORSU pretrattata	0.85	255.0	300.00	7	5'950
Digestore Anaerobico	Miscela	0.85	1'734.0	2'040.00	7	5'950
	Biogas			296.00		23
Baia di stoccaggio	Digestato + strutturante	0.62	31.0	50.00	7	4'340
Biotunnel	Materiale in bioossidazione	0.62	2'890.4	4'662.00	7	4'340
Platea	Materiale in maturazione	0.50	2'000.0	4'000.00	7.2	3'600
Baia di stoccaggio	Sovvallo vagliatura finale	0.50	25.0	50.00	11	5'500
Stoccaggio	Ammendante	0.40	1'400.0	3'500.00	7.2	2'880

*Tab.6.: Tipologie e quantità di rifiuti previsti in impianto*

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

### **6.2.2 PRETRATTAMENTO RIFIUTI ORGANICI (FORSU)**

Il rifiuto presente nella fossa viene movimentato con una pala meccanica e caricato sulla tramoggia di alimentazione della sezione di selezione e pretrattamento, operazione poi effettuata con sole apparecchiature meccaniche. I rifiuti vengono quindi dapprima passati su un trituratore lento con funzione di aprisacco, allo scopo di poter successivamente deferrizzare nella loro totalità i rifiuti conferiti, e in seguito raccolti da un nastro sottostante alla camera di triturazione e inviati a un'operazione di vagliatura e pulizia meccanica. Come anticipato durante il trasporto i rifiuti vengono sottoposti a deferrizzazione in quanto è possibile ritrovare, all'interno del flusso, piccoli oggetti di materiale ferroso (dadi, chiodi, forchette, coltelli, ecc.) mescolati tra essi, da eliminare onde evitare che possano diventare depositi all'interno del digestore anaerobico. Il deferrizzatore preleva detti corpi ferrosi e li deposita, mediante scivolo in lamiera di acciaio, all'interno di un contenitore dedicato, anch'esso in acciaio, con capacità istantanea massima pari a 2 tonnellate, ovvero la produzione media in 3 giorni di attività dell'impianto.

Successivamente i rifiuti vengono scaricati in un vaglio a dischi fisso: il sottovaglio, rappresentato prevalentemente dalle componenti organiche putrescibili dei rifiuti, viene prelevato tramite utilizzo di pala dal relativo stoccaggio e trasferito nella linea di caricamento del fermentatore. Il sopravaglio, rappresentato prevalentemente dalle frazioni estranee della FORSU, viene stoccato nell'apposito stoccaggio temporaneo in cassoni dedicati e destinati alla relativa filiera; si prevede un quantitativo massimo di stoccaggio di 45 tonnellate, pari alla produzione di tale materiale in 3 giorni.

Il separatore opera anche a secco con buona efficienza e riduzione delle plastiche presenti nel flusso, con percentuale di rimozione nell'ordine del 95-98%; nel contempo non si può escludere che una parte di organico possa essere trascinata dalle plastiche negli scarti, condizione che viene esaminata e gestita in fase operativa in funzione delle caratteristiche qualitative del rifiuto trattato e corretta, se necessario, operando la separazione con aggiunta di liquido.

Si può affermare che la frazione di sopravaglio è composta prevalentemente dalle frazioni estranee della FORSU perché l'operazione di vagliatura, per quanto efficiente, non ha un rendimento di separazione del 100%. In pratica troveremo da un lato la presenza di piccole quantità di frazioni putrescibili della FORSU nella frazione di sopravaglio, e dall'altro lato piccole quantità di frazioni estranee (pezzi di plastica, vetri, ecc.) anche nel sottovaglio destinato a digestione anaerobica.

Al termine delle operazioni meccaniche il rifiuto organico selezionato viene conferito in una vasca di alimentazione della DA (VA1), da cui verrà estratta in modo continuo per la costante alimentazione del processo. La vasca di alimentazione è dotata di nastri trasportatori/coclee e assolve anche alla funzione di elemento di laminazione/polmonazione del processo, raccordo tra le operazioni temporalmente

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

discontinue effettuate dagli operatori nell'edificio di ricezione e selezione e la costante alimentazione del digestore. Durante l'ultimo turno giornaliero la vasca viene caricata con una quantità minima tale da assicurare l'alimentazione fino alla mattina successiva, ovvero all'inizio del primo turno di lavoro e l'arrivo dei mezzi di conferimento, mentre prima della pausa domenicale la vasca deve contenere il quantitativo che garantisca un flusso non inferiore al 50% di quello medio di progetto per almeno 44 ore (da sabato alle 12:00 al lunedì alle 8:00).

In vista di ciò, la vasca di alimentazione viene cautelativamente dimensionata per garantire una capacità di alimentazione non inferiore a due giorni, quindi con una capacità di stoccaggio di almeno 304 m<sup>3</sup>, con rifiuto caratterizzato da un potere calorifico non superiore a 7 MJ/kg e umidità superiore al 70%.

Rispetto alla normale gestione dell'impianto, si rileva che la procedura operativa prevede che la fossa sia svuotata al termine del turno di lavoro pomeridiano/serale, con massimo accumulo ammesso nell'ordine di non più di 100 tonnellate nella giornata di massimo conferimento atteso. Le condizioni più gravose attese sono riepilogate nella tabella successiva.

Condizione considerata	Fossa		Vasca di alimentazione	
	quantità rifiuto	potere calorifico	quantità rifiuto	potere calorifico
<b>Massimo stoccaggio giornaliero</b>	100 t	6 MJ/kg	110 t	7 MJ/kg
<b>Stoccaggio ad inizio weekend</b>	0 t	6 MJ/kg	170 t	7 MJ/kg

*Tab.7.: Dati generali relativi alla capienza della fossa e della vasca di alimentazione*

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

### 6.3 DIGESTIONE ANAEROBICA, GENERAZIONE DI BIOGAS E PRODUZIONE DI DIGESTATO

La digestione anaerobica è da ricondursi ad un trattamento in anaerobiosi ad opera della flora batterica presente nell'ingestato (rifiuto sottoposto a trattamento).

La flora batterica è in grado di convertire i materiali organici in biogas, è costituita da tre gruppi di microrganismi che agiscono all'interno del digestore anaerobico in tre fasi distinte:

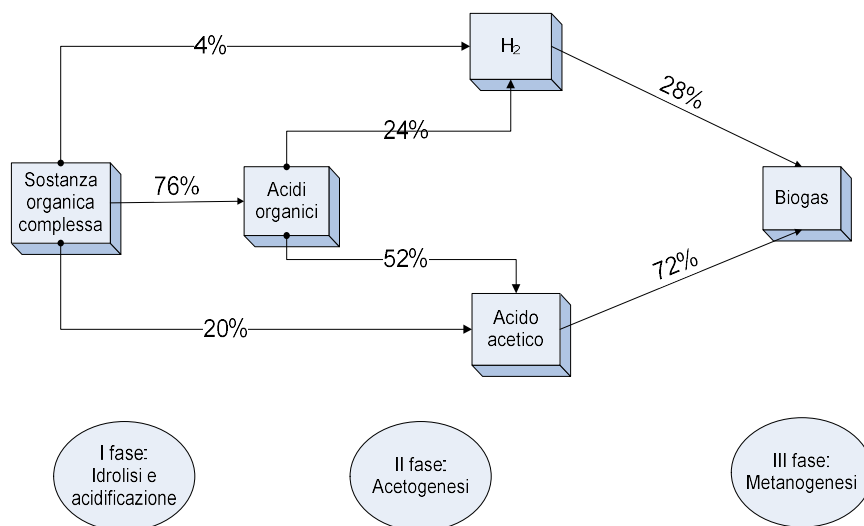


Fig. 3. Diagramma delle fasi di digestione anaerobica

#### Prima fase: idrolisi e acidificazione

In questa prima fase vengono ottenuti composti semplici, metabolizzabili da altri batteri nelle fasi successive. I batteri anaerobi stretti e facoltativi producono enzimi extracellulari in grado di degradare il materiale organico e di scindere i glucidi complessi in glucidi semplici, le proteine in peptidi e amminoacidi, i grassi in glicerolo e acidi grassi. Il processo idrolitico può essere inibito dall'accumulo di amminoacidi e zuccheri causato dall'inibizione dell'attività enzimatica.

Contemporaneamente all'idrolisi avviene la fermentazione acidogenica, nella quale i batteri degradano i monomeri formati con produzione di acidi grassi volatili.

#### Seconda fase: acetogenesi

Nella seconda fase i prodotti di idrolisi e acidificazione vengono metabolizzati ad opera di una flora di batteri anaerobi facoltativi e sono trasformati in acido acetico, acido formico, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. I batteri facoltativi presenti nella digestione anaerobica consumano l'ossigeno che è nel liquame portando così il mezzo ad una completa anaerobiosi, fatto che rappresenta una condizione di fondamentale importanza in quanto i batteri metanigeni sono anaerobi stretti. Vengono inoltre preparati i sali azotati che in seguito costituiranno la base alimentare per il metabolismo degli stessi batteri metanigeni.



Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

In questa fase è fondamentale mantenere bassa la concentrazione dell'idrogeno molecolare per evitare l'inibizione dell'attività batterica.

**Terza fase: metanogenesi**

La produzione di metano rappresenta la conclusione della catena trofica anaerobica. La produzione del metano avviene attraverso due differenti vie di reazioni: una via prevede la metanogenesi ad opera dei batteri idrogenotrofi, che operano l'ossidazione anaerobica dell'idrogeno, mentre la seconda via, detta acetoclastica, prevede la dismutazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano e biossido di carbonio. La maggior parte della produzione di metano avviene attraverso il secondo meccanismo. Con la loro attività i due ceppi di batteri metanigeni svolgono due importanti funzioni nell'ambito della catena trofica anaerobica: da un lato degradano l'acido acetico e l'acido formico a CH<sub>4</sub> eliminando gli acidi dal mezzo e impedendo quindi l'inibizione dei fenomeni di degradazione di substrati organici per eccesso di acidità, dall'altro mantengono la concentrazione di H<sub>2</sub> a bassi livelli.

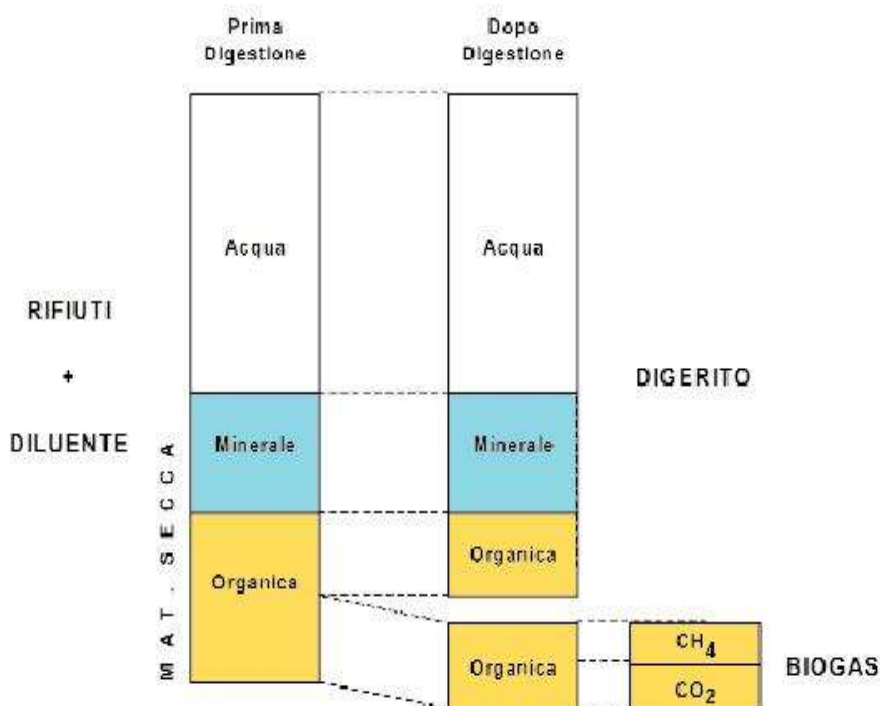


Fig.4.: Schema della trasformazione del substrato all'interno del digestore

È evidente che la produzione di biogas costituisce il principale vantaggio derivante dalla digestione anaerobica dei rifiuti.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

La variazione della composizione del biogas è dovuta alla differente velocità di degradazione dei diversi componenti della sostanza organica immessa; inizialmente viene prodotto biogas molto ricco di anidride carbonica, mentre successivamente la miscela si presenta molto ricca in metano.

Substrato	MESOFILIA			TERMOFILIA		
	Proc. umido	Proc. semi umido	Proc. secco	Proc. umido	Proc. semi umido	Proc. secco
Fraz. organica Selezionata mecc.	0,17-0,23	0,23-0,30	0,35-0,45	0,20-0,30	0,30-0,41	0,35-0,45
Fraz. organica da raccolta differenziata	0,55-0,70	0,55-0,70	0,55-0,75	0,60-0,75	0,60-0,75	0,60-0,75

*Tab.8.: Valori del rendimento di biogas (m3/kgTVS) nei vari processi*

Composizione (in volume)	Biogas			
	Metano	CH <sub>4</sub>	55-65	%
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	35-45	%	
Idrogeno solforato	H <sub>2</sub> S	0,02-0,2	%	
Idrogeno, Ossigeno	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	tracce		
Azoto, Ammoniaca	N <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>	tracce		
Vapor acqueo	H <sub>2</sub> O	saturazione		
Densità	1,25		kg/Nm <sup>3</sup>	
Contenuto energetico (PCI)	19.800		kJ/Nm <sup>3</sup>	
	5,7		kWh/Nm <sup>3</sup>	
	4.730		kcal/Nm <sup>3</sup>	

*Tab.9: Caratteristiche biogas*

Come anticipato, la tecnologia di DA scelta per la presente proposta progettuale è del tipo dry con funzionamento plug-in flow, con reattore (digestore) in cui il flusso a pistone prosegue orizzontalmente. Il moto di avanzamento del materiale trattato è assistito da miscelatori a lenta rotazione posti internamente al reattore che omogeneizzano il materiale trattato, lo degasano e risospendono il materiale inerte grossolano.

Esistono oramai sul mercato molti produttori di impianti che adottano questa tecnologia, con differenze che sia dal punto di vista geometrico che di quello relativo alle modalità di alimentazione, miscelazione ed estrazione del digestore, risultano certamente non sostanziali ai fini della descrizione del processo, così come del bilancio di massa e di energia e della valutazione degli impatti dell'impianto.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

A scopo meramente cautelativo si osserva che alcuni dei fornitori presenti sul mercato consigliano di strutturare la FORSU pretrattata in ingresso al digestore con i sovralli della vagliatura del compost o, addirittura, con verde tritato, così da migliorare l'avanzamento del materiale nel digestore. Al fine di non sottodimensionare il digestore, nel bilancio di massa è stata contemplata tale possibilità.

La frazione organica pretrattata, proveniente dalla linea di pretrattamento, confluisce quindi nella vasca di alimentazione, dimensionata per lo stoccaggio di materiale pretrattato occorrente per almeno 2,0 giorni di alimentazione del digestore; in effetti, al fine del mantenimento delle condizioni ottimali del processo biologico, è indispensabile che lo stesso venga alimentato in maniera costante, anche durante il weekend o gli eventuali periodi di fermo-impianto della linea di pretrattamento. La linea di alimentazione sarà preferibilmente realizzata mediante sistema di pompaggio, con sistema di coclee o altro sistema equivalente indicato dal costruttore dell'impianto, per evitare la dispersione di odori e l'eventuale caduta di materiale organico sulle platee esterne al capannone. Come detto il sistema di digestione anaerobica proposto è di tipo a secco, con funzionamento in continuo, flusso a pistone e operante in regime termofilo (temperatura media  $>50^{\circ}\text{C}$ ).

Si riportano alcuni schemi grafici relativi al funzionamento e alle componenti impiantistiche degli impianti di Digestione Anaerobica, e alcune immagini a titolo di esempio.

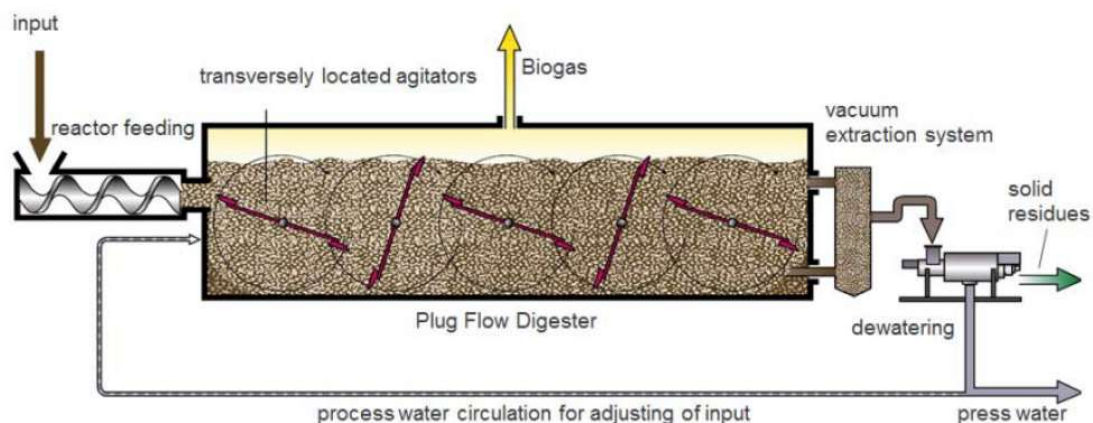
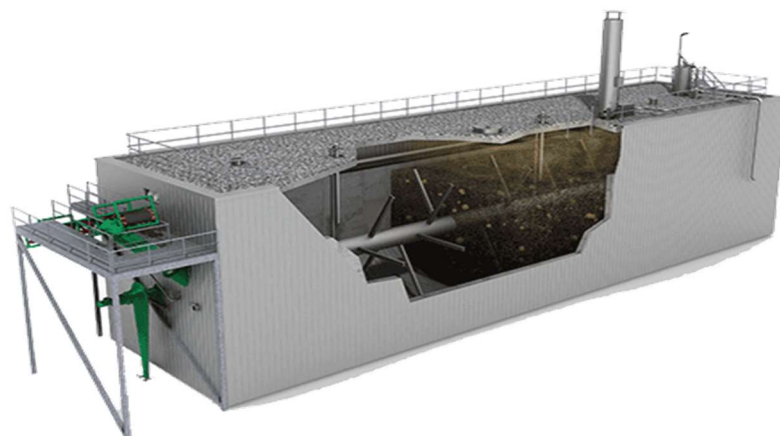


Fig.5.: Schema generale del processo e degli elementi impiantistici del digestore anaerobico

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo



*Fig.6.: Vista tridimensionale di digestore anaerobico ed esempi generici di digestori*

Il dimensionamento del digestore viene sviluppato in funzione dei quantitativi in ingresso all'impianto, degli scarti, del ricircolo ipotizzato e del tempo di permanenza della miscela nel processo di DA, valore quest'ultimo che varia a seconda del costruttore individuato dai 21 ai 30 giorni. Per correttezza nei confronti del lettore si evidenzia che il costruttore dell'impianto verrà individuato con gara pubblica, così che la scelta, non tanto del processo quanto dei componenti tecnologici e dei parametri di processo, sarà definita con la scelta del costruttore.

Questi parametri, peraltro, non influiscono sul funzionamento complessivo del processo e sulla qualità dei prodotti finali ottenibili dall'impianto, non fosse altro per il fatto che il digestato in uscita dal fermentatore subisce un ulteriore processo di bio-ossidazione accelerata con conseguente processo di igienizzazione a temperatura superiore ai 55°C.

In funzione dei dati già riportati si ottiene comunque il seguente sviluppo, idoneo alla definizione delle caratteristiche geometriche dell'opera e tale da permettere la successiva adozione di tutte le tecnologie attualmente disponibili sul mercato:

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

	U.M.	QUANTITÀ
Quantità materiale caricato al digestore	t/a	27'300
Densità stimata	t/m <sup>3</sup>	0,85
Volume materiale da trattare	m <sup>3</sup> /a	32'100
Volume giornaliero materiale da trattare	m <sup>3</sup> /g	88,0
Durata processo	g	23
Volume utile necessario da calcolo	m <sup>3</sup>	2'000 circa
Volume digestore da progetto	m <sup>3</sup>	2'300 circa

Tab.10.: Dati per il dimensionamento del digestore

Il digestore funge anche da camera di compensazione da cui il biogas fluisce in modo costante alla sezione upgrading; non è quindi previsto un gasometro, che consentirebbe comunque di far fronte, con le volumetrie standard, solo a poche ore di produzione (massimo due ore). A seconda della tecnologia installata può essere presente un sistema di ricircolo del digestato estratto dal digestore, con ricircolo che avviene in modo automatico comandato dal programma di supervisione.

All'interno del digestore si crea un perfetto tubo di flusso in cui sono identificabili, in tutta la sua lunghezza, le 4 fasi della digestione anaerobica. Sull'intera lunghezza del digestore sono ubicati 3 punti di prelievo per il monitoraggio del processo.

Dopo aver sottoposto i rifiuti alla depurazione dai materiali non decomponibili, con scarti ipotizzati pari al 15% del rifiuto in ingresso, la percentuale di sostanza secca nella vasca di alimentazione varia dal 20% al 30%, mentre all'interno del digestore tale percentuale scende tra il 18% ed il 28%, normalmente con valori più elevati in testa al digestore e più bassi in coda. La temperatura di funzionamento del processo può variare tra i 35 e i 55 °C.

Il tetto del digestore è praticabile da un apposito piano di transito dove vengono installati i dispositivi di sicurezza, quali guardia idraulica, disco di rottura e i punti di prelievo dei campioni di digestato per le analisi di routine (la torcia è installata a terra nella stazione di upgrading nel caso in esame).

Per il prelievo di campioni di substrato dal fermentatore, nella lunghezza di quest'ultimo sono disposte tre apposite lance; tali lance sono eseguite come tubi di immersione con coperchio chiudibile. La profondità di immersione al di sotto del livello minimo di riempimento è di qualche decina di cm, quindi una fuga di gas rimane esclusa in ogni momento.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Il funzionamento del digestore è automatico ed è gestito direttamente dal programma in cabina di comando. Nell'eventualità che il rifiuto conferito all'impianto si presenti secco è prevista la possibilità di intervenire umidificando la massa mediante l'aggiunta di acqua industriale e/o percolato raccolto c/o l'impianto. Affinché il processo di digestione anaerobica proceda regolarmente con la corretta efficienza in termini di produzione di biogas, il digestore viene mantenuto nell'intervallo di temperatura ottimale per la popolazione dei batteri metanigeni, in quanto questi hanno un più lento metabolismo e necessitano di più attenzioni. A tale scopo il digestore è dotato di un efficiente sistema di riscaldamento della massa in fermentazione, costituito da elementi tubolari disposti verticalmente all'interno della camera di fermentazione, a diretto contatto con la massa, attraversati da acqua calda alimentata dal circuito idraulico connesso al sistema di riscaldamento (caldaia a gasolio).

Questi scambiatori verticali sono resi più fitti in prossimità dell'ingresso del rifiuto fresco che in genere, soprattutto nel periodo invernale, è caratterizzato da temperature più basse, e si diradano man mano che si procede verso il sistema di estrazione. Il digestato è scaricato tramite un sistema di tubazioni alimentato da una robusta pompa a pistone o altro sistema equivalente, a seconda del fornitore individuato, in grado di trasferire il materiale alle successive sezioni di trattamento.

In condizioni ottimali non si prevedono esuberanti di percolato, ma nel bilancio di massa è stato cautelativamente considerato un volume di circa 4.000 m<sup>3</sup>/a di percolato a smaltimento.

Nelle condizioni sopra elencate si prevede che il digestore funzioni con una pressione positiva (rispetto a quella atmosferica) nell'ordine di 15-50 mbar e una produzione media di biogas di circa 437 Nm<sup>3</sup>/h. Le soluzioni adottate nell'alimentazione (entrata diretta) escludono il rischio che entri ossigeno nel fermentatore.

Qualora si presentino delle condizioni straordinarie che esulano dal normale funzionamento, come già accennato in precedenza sono previsti tre livelli di sicurezza contro il rischio di esplosioni, precisamente torcia, guardia idraulica e disco di rottura.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

#### 6.4 TRATTAMENTO AEROBICO

Si è già riferito del fatto che lo scarto derivante dalla digestione anaerobica deve essere sottoposto ad una fase di trattamento aerobico, operata in una sezione detta di compostaggio.

Lo scopo è quello di trasformare la sostanza organica contenuta nel digestato in composti umosimili, simulando artificialmente il processo di umificazione che avviene spontaneamente nel suolo a carico di scarti vegetali e animali. Se l'umificazione si inserisce nell'ecosistema naturale come anello di chiusura del ciclo del carbonio, nello stesso spazio in cui il carbonio è stato fissato per via fotosintetica (lettiere di boschi e foreste), il compostaggio rappresenta, in un sistema antropizzato, un processo industriale che recupera materia ed energia da biomasse agro-industriali o rifiuti organici, così da consentire la chiusura del ciclo del carbonio in una gestione integrata dei rifiuti che si pone l'obiettivo della restituzione di materia a suoli agricoli.

In natura la trasformazione della sostanza organica viene controllata da una serie di meccanismi che fanno parte di un complesso sistema in equilibrio, moderatamente condizionato dalla variabile tempo. Tale affermazione risulta meno attinente quando si considera un processo di compostaggio, in cui la tipologia e la velocità di trasformazione della sostanza organica devono essere controllati adottando una serie di accorgimenti tecnologici quali l'areazione forzata, il rivoltamento e la bagnatura dei cumuli.

Gli obiettivi principali di un processo di compostaggio industriale sono individuati in:

- ◆ decomporre la sostanza organica potenzialmente fermentescibile dei rifiuti in un prodotto stabile;
- ◆ eradicare dai rifiuti organici i microrganismi patogeni per l'uomo, gli animali e le piante;
- ◆ ridurre o eliminare i fattori responsabili di effetti fitotossici;
- ◆ trasformare la sostanza organica in composti umosimili.

Il processo di compostaggio evolve essenzialmente attraverso due fasi: la fase *attiva*, detta anche termofila o di bioossidazione, e la fase detta *di maturazione* o di cura.

Durante la fase attiva ha luogo prevalentemente la demolizione delle molecole organiche più facilmente degradabili (zuccheri, acidi organici, amminoacidi, etc.); questo comporta un notevole consumo di ossigeno e la produzione di calore, con innalzamento della temperatura della massa sino a valori che oscillano tra 50-70 °C. Le condizioni termofile, che persistono per tempi più o meno prolungati, assicurano l'eradicazione degli agenti patogeni per l'uomo e gli animali e la devitalizzazione dei semi delle erbe infestanti eventualmente presenti. La fase termofila del processo di compostaggio, della durata prevista di circa 33 giorni, viene condotta all'interno di ambienti confinati dotati di sistemi di areazione forzata e di sistemi di aspirazione e depurazione delle arie esauste.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Durante la fase di maturazione vengono degradati i composti organici più resistenti e parte della sostanza organica viene riorganizzata a formare composti umosimili. In questa fase la temperatura si abbassa raggiungendo valori inferiori a 40°C data la ridotta velocità delle reazioni biochimiche coinvolte. La fase di cura ha una durata media di 37 giorni e può essere condotta in aie aperte purché fornite di basi cementate, sistemi di intercettazione del percolato e sistemi di aerazione delle masse. Nel complesso il processo totale di trattamento rispetta il parametro di durata minima pari a 90 giorni, come stabilito dal DM 27/03/1998.

I microrganismi impegnati sono prevalentemente batteri aerobi nel corso della fase termofila, mentre nella fase di cura prevale l'azione di attinomiceti, funghi, protozoi, alghe, meso- e macro-organismi.

Tra i vari fattori che regolano la degradazione della sostanza organica nel corso del compostaggio è corretto elencare:

- ◆ disponibilità di ossigeno;
- ◆ temperatura;
- ◆ umidità;
- ◆ disponibilità di nutrienti;
- ◆ pH.

Ciascuno di questi è un fattore limitante l'evoluzione del processo e viene regolarmente monitorato negli impianti di compostaggio, al fine creare e/o ripristinare le condizioni ottimali allo sviluppo e all'attività dei microrganismi.

Di contro l'esperienza acquisita nella gestione di questo processo ha ormai consolidato azioni che garantiscono il corretto svolgimento del processo:

- ◆ miscelazione di matrici umide e matrici strutturanti per la regolazione della porosità della massa e del rapporto C/N (carbonio/azoto);
- ◆ aerazione forzata;
- ◆ rivoltamento e bagnatura dei cumuli.

Anche se il compost è un fertilizzante organico ricco in composti umosimili, il compostaggio non è un processo specificamente finalizzato alla produzione di humus. Esso, infatti, ha come obiettivo principale quello di produrre sostanza organica parzialmente organizzata, stabile e priva di effetti fitotossici. Se condotto correttamente e operato su rifiuti privi di contaminanti (vetro, plastica, metalli) che ne limitano il riutilizzo in natura, la sostanza organica si degrada velocemente e, una volta incorporata nel suolo, continua a trasformarsi diventando infine humus.



Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Nel caso in esame il processo di compostaggio viene organizzato e gestito in differenti fasi operative.

**A) Miscelazione**

Giornalmente si procede all'estrazione, dalla parte terminale del digestore, di una quantità predeterminata di digestato. Questa aliquota viene avviata, assieme alla quota parte di strutturante ricavato dai rifiuti lignocellulosici, alla zona di miscelazione dove è presente un miscelatore con cui viene confezionato un materiale con caratteristiche ottimali per le successive fasi di aereazione. Il sistema opera in discontinuo, con operazione effettuata durante il turno lavorativo con mezzi meccanici. La miscelazione del digestato con rifiuto verde tritato garantisce un corretto rapporto strutturante e assolve alla funzione di "inoculo" della massa avviata a biostabilizzazione in biocella.

La miscela in uscita viene posizionata nell'area di scarico collocata a valle del miscelatore su una superficie di circa 40 m<sup>2</sup>, con una capacità di stoccaggio pari a circa 31 t.

**B) Biossidazione**

Una volta preparata la miscela si provvede a disporla nelle biocelle confinate dove ha inizio la fase attiva, anche definita di "biossidazione accelerata", in cui sono più intensi e rapidi i processi degradativi a carico delle componenti organiche maggiormente fermentescibili. In questa fase, che si svolge tipicamente a temperature di almeno 55 °C, si palesa la necessità di drenaggio dell'eccesso di calore dal sistema e si ha una elevata richiesta di ossigeno necessario alle reazioni biochimiche.

**La biossidazione aerobica in biocella presenta numerosi vantaggi**, primi tra tutti i seguenti:

- ◆ le reazioni biochimiche sono più rapide;
- ◆ si evita l'instaurarsi di meccanismi anaerobici, causa di emissioni maleodoranti e nocive;
- ◆ l'energia sviluppata provoca un aumento della temperatura della biomassa, provocandone la sterilizzazione e l'essiccazione;
- ◆ le prime fasi di biossidazione, tipicamente le più odorogene, sono condotte in reattori confinati e controllati nei quali è più facile controllare, captare e inviare a trattamento le emissioni.

Le biocelle sono reattori chiusi di grandi dimensioni, realizzati in calcestruzzo armato, il cui pavimento è provvisto di un sistema integrato di insufflazione dell'aria di processo. Vengono caricate attraverso la porta anteriore mediante pala meccanica; l'operatore della pala cura anche la distribuzione del materiale all'interno delle biocelle. Durante le fasi di carico e scarico la biocella viene ventilata.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Il processo di biossidazione accelerata dura circa 33 giorni ed è effettuato in biocelle di dimensioni di 30.00\*6.00\*6.00 metri ad alta resistenza ai solfati e agli attacchi chimici, con portoni realizzati internamente in acciaio inox coibentato in poliuretano. Ogni tunnel è dotato di un sistema di tubazioni per l'insufflazione e il ricircolo dell'aria, da un sistema di tubazioni annegate nel pavimento (spigot) che ha la duplice funzione di insufflare aria dal ventilatore di cui è equipaggiata la singola cella e drenare il percolato verso il sistema di collettamento dello stesso; completano l'impiantistica il sistema di irrigazione e i misuratori dei parametri di processo, tra i quali ad esempio le sonde di temperatura.

Terminato il caricamento del tunnel si provvede alla omogeneizzazione delle condizioni di umidità del cumulo e alla insufflazione di ossigeno, condizione che attiva i processi di decomposizione esotermici, tali da innalzare la temperatura della cella (e del materiale). In questa fase si provvede sia al controllo della temperatura (che, come detto, deve raggiungere almeno i 55 °C) che del tenore di ossigeno rilevato sull'aria aspirata dalla cella, governando il processo tramite la variazione della portata dell'aria insufflata. Se le condizioni di preparazione della miscela sono adeguate, la temperatura raggiungerà il valore previsto entro le prime 24 ore dalla chiusura della cella (fase di attivazione del processo).

La fase successiva a cui viene sottoposto il cumulo è quella della "igienizzazione del materiale", condizione che prevede una temperatura costantemente superiore ai 55 °C per una durata di almeno 3 giorni. La regolazione della temperatura è attuata tramite l'insufflazione dell'opportuno quantitativo di aria fresca, così da assicurare l'apporto della giusta quantità di ossigeno utile al mantenimento della temperatura richiesta, con controllo che prevede il monitoraggio dei parametri relativi ad umidità, pH e temperatura.

Ultimata la igienizzazione, il cumulo viene sottoposto alla fase di compostaggio vera e propria (biossidazione), periodo nel quale il materiale viene mantenuto in un range di temperatura variabile tra i 45 ed i 50 °C tramite la regolazione della portata d'aria insufflata, operando, nello specifico, l'immissione di aria fresca e di circolo. La durata di questa fase sarà limitata dalla creazione di canali preferenziali di uscita dell'aria attraverso il materiale e dal distacco dalle pareti laterali dovuto al calo volumetrico.

A completamento del processo si avranno le fasi di raffreddamento, con essiccamento del materiale operato mediante alte portate d'insufflazione e la fase di scarico, comprensiva delle operazioni di pulizia delle canaline che collegano i fori d'insufflazione sul pavimento.

In funzione della degradazione già subita nella fase di digestione anaerobica si prevede, come detto, una durata della fase di biossidazione e igienizzazione stimata complessivamente in 33 giorni, periodo di trattamento che garantisce l'acquisizione dei seguenti obiettivi:

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

- ◆ stabilizzazione del materiale trattato;
- ◆ abbattimento delle emissioni maleodoranti tipiche di una matrice organica putrescibile;
- ◆ riduzione in volume e peso della stessa e la disattivazione degli organismi patogeni (igienizzazione).

Per l'insufflazione delle biocelle verrà utilizzata prevalentemente l'aria proveniente dall'aspirazione dei locali di ricezione e pretrattamento, ottimizzando in questo modo il bilancio delle arie ed energetico dell'impianto.

L'irrigazione del percolato dei tunnel aerobici verrà eseguita mediante ugelli di irrorazione a pioggia, disposti sul soffitto delle biocelle, i quali riceveranno il liquido dalla vasca del percolato attraverso una serie di tubazioni sostenute da un sistema di pompe dedicate; tali linee sono dotate di filtri in linea per evitare l'intasamento degli ugelli. Qualora necessario, dopo la fase di igienizzazione, sarà inoltre possibile irrigare con acqua.

Nel seguito si riportano sinteticamente i calcoli effettuati per il dimensionamento delle celle dedicate alla biostabilizzazione del materiale:

Configurazione progettuale	u.m.	quantità
Quantità materiale caricato in biocelle	t/a	27'775
Densità stimata	t/m <sup>3</sup>	0,62
Volume materiale da trattare	m <sup>3</sup> /a	44'798
Volume materiale da trattare	m <sup>3</sup> /giorno	123
Altezza di carico nella cella	m	3,7
Volume utile biocella	m <sup>3</sup>	670
Durata processo	g	38
n. biocelle da calcolo	n	6,9
n. biocelle da progetto	n	7
Volume annuo di trattamento singola biocella	m <sup>3</sup> /a	6'400

*Tab.11.: Dati per il dimensionamento delle celle di biostabilizzazione*

Si prevedono, quindi, n. 7 biocelle aerobiche dedicate al trattamento del materiale derivante dalla miscelazione tra digestato e rifiuto lignocellulosico triturato.

Ogni biocella è munita di ventilatore indipendente, con portata non inferiore a 15'000 m<sup>3</sup>/h e pressione totale di mandata non inferiore a 8'500 Pa, regolato con inverter. La portata e la pressione servono ad assicurare una ventilazione del cumulo di materiale anche se sensibilmente compattato. Il ventilatore e i condotti in aspirazione dalle biocelle sono tutti in acciaio AISI 304 o di qualità superiore, tale da evitare la possibile corrosione generata dall'umidità presente nella biocella. Il dimensionamento di

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

ventilatori in accordo con le BAT di settore richiede, nella prima fase di trasformazione, una portata non inferiore a una portata specifica media continuativa di  $15 \text{ Nm}^3/\text{h} \cdot \text{ton}$  biomassa (tal quale). È quindi evidente, anche in funzione dell'esperienza maturata in impianti simili, la scelta di dimensionare il ventilatore per una portata specifica che in realtà si attesta su un valore assai maggiore, prossimo ai  $30\text{-}40 \text{ Nm}^3/\text{h} \cdot \text{ton}$  biomassa, sicuramente cautelativa e funzionale allo scopo.

### **C) Maturazione**

Terminata la fase di biossificazione accelerata, il materiale precompostato viene estratto dalle biocelle con pala gommata e disposto in un fabbricato di ampie dimensioni, con superficie nettamente superiore a quella delle singole biocelle ma con stesso sistema di diffusione dell'aria a pavimento. Il materiale, mantenuto in cumuli, completa così la fase di maturazione, con stazionamento e conseguente tempo di permanenza sufficiente ad ottenere un IRD coerente con la normativa sugli ammendanti compostati misti. La fase di maturazione viene quindi gestita in cumuli statici con rivoltamenti periodici, funzionali a garantire l'aerazione della massa in finissaggio, effettuati mediante pala meccanica.

Nel caso specifico, nel rispetto delle normative vigenti in ambito di sicurezza, si è optato per una soluzione che configura la sezione di maturazione con 2 platee areate separate da un corridoio di passaggio e manovra, lasciando all'impianto la possibilità, nel futuro, di gestire vantaggiosamente piccole variazioni quali-quantitative dei flussi in ingresso; la soluzione adottata garantisce peraltro la riduzione dei residui rischi di incendio.

Si riportano di seguito i dimensionamenti effettuati:

	<b>u.m.</b>	<b>quantità</b>
Rifiuto in ingresso	t/a	19'442
Densità stimata	t/m <sup>3</sup>	0,5
Volume materiale da trattare	m <sup>3</sup> /a	38'884
Area	m <sup>2</sup>	1'400
Altezza ma di cumulo h	m	3,5
Volume utile maturazione	m <sup>3</sup>	4'000
Durata processo	g	37

*Tab.12.: Dati per il dimensionamento del locale per la maturazione*

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

***D) Vagliatura finale del compost***

Al termine della fase di maturazione, il materiale compostato viene trasferito a un sistema di vagliatura finale e di raffinazione.

La vagliatura avviene in un'area chiusa, a sud del capannone di maturazione.

Il compost maturo e grezzo viene separato meccanicamente e la frazione passante al vaglio (< 10 mm) è considerata compost raffinato di qualità; il sovrvallo (> 10 mm), dopo aver subito la separazione di eventuali plastiche residue mediante separatore aerulico, viene inviato alla sezione di preparazione della miscela di alimentazione al digestore con funzione di strutturante. Al fine di evitare la dispersione di polveri entro il capannone, al di sopra del vaglio è installata una cappa di aspirazione collegata al sistema di trattamento delle arie esauste generale, previo pretrattamento mediante filtro a maniche.

***E) Stoccaggio compost***

Lo stoccaggio temporaneo del compost maturo avviene in una porzione della tettoia posta sul lato sud del comparto, a cui si aggiunge lo spazio adibito a movimentazione mezzi. La tettoia si estende su una area di circa 1.700 m<sup>2</sup>, di cui circa 1.000 m<sup>2</sup> adibiti a stoccaggio.

In tabella seguente si riportano i dimensionamenti effettuati:

	u.m.	quantità
Quantitativo annuo	t/a	15'311
Densità	t/m <sup>3</sup>	0,4
Volume annuo	m <sup>3</sup> /a	38'277
h cumulo*	m	3,5
Volume disponibile	m <sup>3</sup>	3'500
Giorni stoccaggio	g	28

**NOTE:**

\* in questa fase l'altezza del cumulo non è più fattore limitante e può essere portata anche a valori maggiori, con possibile aumento della flessibilità di giorni di stoccaggio, comunque ritenuti più che abbondanti.

*Tab.13.: Dati per il dimensionamento delle aree di stoccaggio del compost maturo*

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## **6.5 CAPTAZIONE, STOCCAGGIO DEL BIOGAS E SUCCESSIVO TRATTAMENTO DI RAFFINAZIONE IN BIOMETANO**

Il biogas grezzo prodotto all'interno del digestore è saturo di vapore acqueo, con contenuto medio di metano pari a circa il 60%, e con restante parte del gas costituita principalmente da anidride carbonica, piccole quantità di azoto e ossigeno molecolari e la presenza di tracce di idrogeno solforato, ammoniaca e composti organici volatili (terpeni e silossani).

Per trasformare il biogas in biometano e renderlo di qualità equivalente al normale gas naturale prodotto da fonte fossile è necessario sottoporlo a una serie di pretrattamenti (deumidificazione, desolfurazione, ecc.) e a un processo di rimozione del maggior contaminante (l'anidride carbonica) chiamato *upgrading*.

Le apparecchiature che compongono l'impianto di upgrading sono generalmente collocate all'interno dell'area tecnologica (ma ad adeguata distanza dall'impianto) su isole tecnologiche dimensionate in funzione della portata da trattare e delle prescrizioni impartite dal gestore della rete nazionale.

Attualmente sono disponibili sul mercato un certo numero di tecnologie per la fase di upgrading del biogas; è difficile fare un paragone universalmente valido tra queste, in quanto molti parametri essenziali dipendono fortemente dal contesto locale.

Anche in funzione delle scelte costruttive già relazionate, con un impianto concepito in modo flessibile e modulare al fine di accettare eventuali e future variazioni quali-quantitative dei rifiuti in ingresso, la **tecnologia** più opportuna da adottare è quella detta "**a membrane**", soluzione che consente di rispettare i seguenti obiettivi:

- ◆ elevato recupero di CH<sub>4</sub>;
- ◆ conseguente minor presenza di CH<sub>4</sub> nel gas scartato (off-gas), con beneficio sia in termini ambientali che di massimizzazione del recupero;
- ◆ consumi energetici comparabili con la maggior parte delle altre tecnologie;
- ◆ utilizzo di reagenti limitato alla fase di pretrattamento;
- ◆ risparmio della risorsa idrica;
- ◆ risparmio di energia termica, che può invece essere recuperata dalla compressione del biogas.

Prima di giungere all'impianto di upgrading vero e proprio, il flusso di biogas proveniente dalla sorgente rappresentata dal digestore viene pretrattato in sistemi di filtrazione, realizzati come tutti i condotti in acciaio AISI 304, e sottoposto a separazione delle condense.

Il biogas in ingresso è aspirato dal digestore tramite turbocompressori multistadio (aspiratori o soffianti) che mantengono in depressione il collettore di collegamento tra digestore e aspiratore (condotta a monte) e in pressione il collettore di collegamento al gruppo di upgrading (condotta di

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

valle). La condotta di monte (collegamento tra digestore ed aspiratore) essendo come detto sempre gestita in depressione, è quindi soggetta a possibili strozzature e sifoni idraulici a causa dell'accumulo di condense generate da temperature di rugiada, e proprio per questo vengono inserite guardie idrauliche e scarichi di condensa, raccolta in pozzetti a tenuta e gestita come percolato.

Altra attenzione che si deve adottare ogni qualvolta si provvede a comprimere il biogas (incremento della pressione a valle della girante) e quindi a riscaldarlo in virtù del passaggio all'interno della soffiante, è quella di effettuare il suo successivo raffreddamento così da separare l'umidità dal flusso (condensa) ed evitare fenomeni di cavitazione nelle apparecchiature poste a valle.

Da ultimo si specifica che i collettori da utilizzare devono essere idonei al trasporto del biogas e in grado di sopportare le pressioni di esercizio imposte dal gestore della rete nazionale. In queste condizioni, non negoziabili, si utilizzano di norma tubazioni in HDPE (polietilene ad alta densità) per le condotte interrate e in depressione rispetto alla pressione atmosferica (quale quella di collegamento tra digestore e sezioni di upgrading) e collettori in acciaio AISI 304 e 316 per le parti fuori terra e in pressione.

A monte dell'aspiratore, al termine della condotta di collegamento tra digestore e sezione di upgrading, è installata la prima filtrazione del biogas, con separatore ciclonico che permette la separazione di condense e particelle solide trascinate dal flusso. Subito dopo l'aspirazione (soffiante) è installata una sezione di filtrazione, così da garantire l'abbattimento dell'idrogeno solforato e dei VOCs (COV) residui.

La rimozione dell'idrogeno solforato avviene in due tempi. In primo luogo, il biogas attraversa un filtro a carboni attivi, cioè uno strato di carbone amorfo a elevata area specifica e in grado di trattenere proprio sulla sua superficie molte molecole di altre sostanze, tra cui COV (come silossani e terpeni), e per l'appunto l'idrogeno solforato; in seguito, l'ossigeno presente nel biogas ossida l'H<sub>2</sub>S a zolfo elementare secondo la seguente relazione:



La presenza di ioduro di potassio catalizza (rende più veloce) la reazione.

Successivamente si ha un deumidificatore con chiller ad acqua: il biogas viene raffreddato, così che il vapore d'acqua condensi a contatto dei fasci tubieri con conseguente rimozione del liquido dal flusso. Essendo presente un processo di deumidificazione, non è necessario il controllo dell'NH<sub>3</sub>, come indicato nella norma UNI TS 11537:2019.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Infine si ha un compressore per avviare il biogas al trattamento di separazione del metano dall'anidride carbonica con un sistema a membrane a tre stadi.

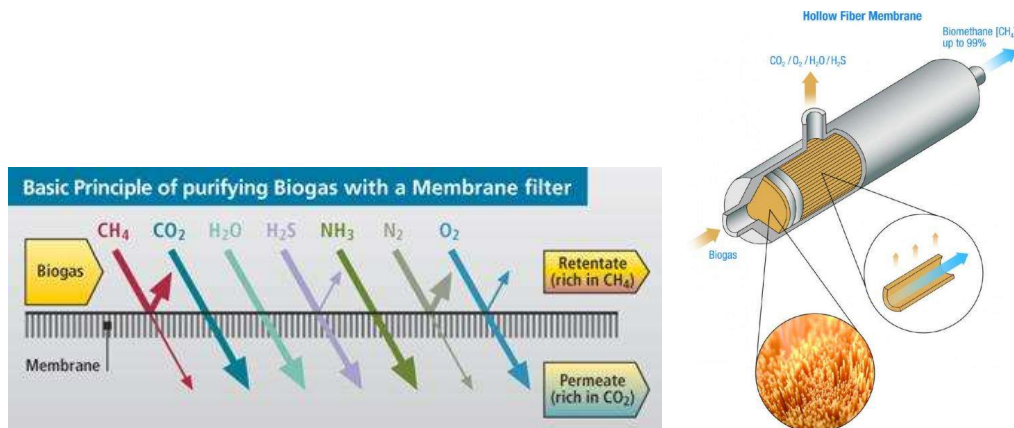


Fig.7.: Schema generale del principio di purificazione del biogas tramite filtro "a membrane" e dettaglio del funzionamento del filtro stesso

Ogni stadio di purificazione è composto da moduli a membrane tubolari del tipo "hollow-fiber". Il principio di funzionamento del processo di filtrazione si basa sulla maggiore permeabilità delle membrane rispetto ad alcuni gas. In questo caso, le membrane che si prevede di utilizzare sono maggiormente permeabili alle sostanze che devono essere separate dal metano, come la  $CO_2$ , rispetto al metano stesso.

Queste sostanze effondono quindi molto più velocemente del metano dalle membrane e vanno a formare il gas permeato, mentre il metano viene trattenuto all'interno del modulo (gas retentato).

Il biogas viene prima compresso alla pressione operativa dell'impianto a membrane di 16 bar, e in seguito viene inviato al primo stadio del sistema a membrane dove il gas viene separato in un flusso ricco di metano (retentato di 1° Stadio) e in un flusso con un maggior contenuto di anidride carbonica (permeato di 1° Stadio).



Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

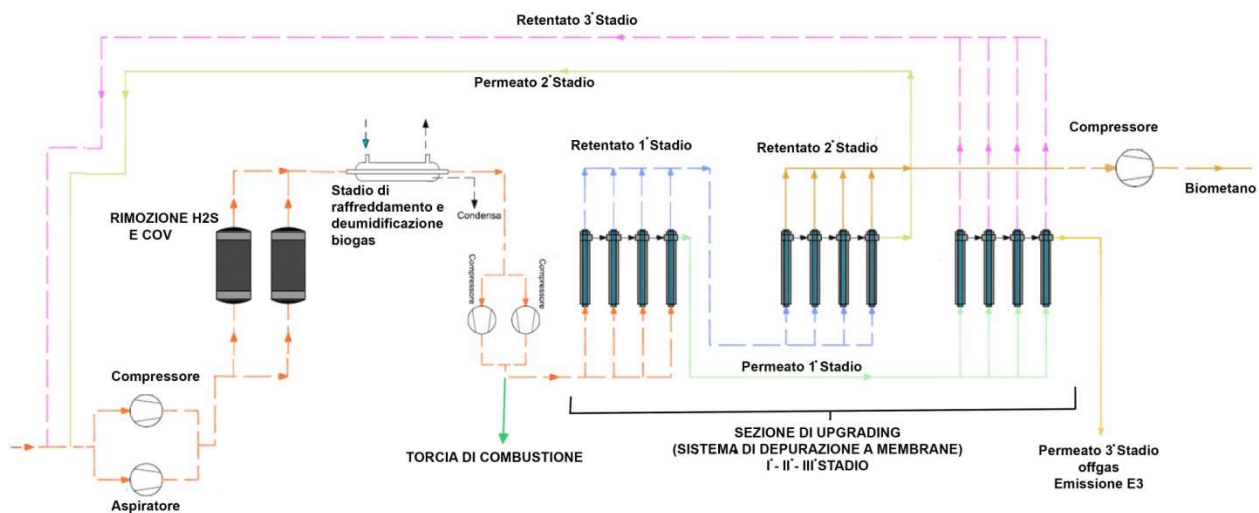


Fig.8.: Schema generale del sistema di depurazione "a membrane" del biogas

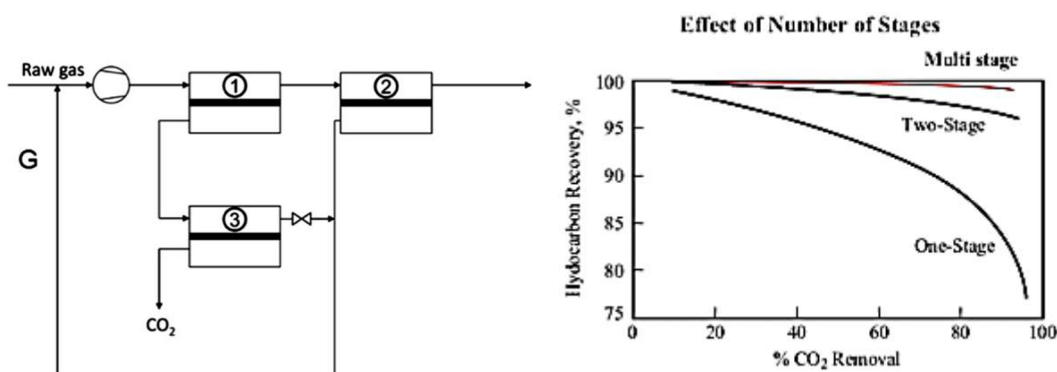


Fig.9.: Diagrammi del sistema di depurazione "a membrane" del biogas

Il retentato del primo stadio viene inviato al secondo stadio di trattamento con membrane, che porta alla formazione di biometano (retentato di II° Stadio) e di un gas che presenta ancora un certo contenuto di metano (permeato di II° Stadio) che viene fatto riciclare all'inizio del sistema di trattamento.

Il permeato proveniente dal primo stadio di trattamento viene separato nella terza sezione di trattamento a membrane, dove origina un gas composto quasi esclusivamente da anidride carbonica (permeato di III° Stadio) e un gas contenente ancora una certa quantità di metano (retentato di III° Stadio) che viene fatto riciclare all'inizio del sistema di trattamento. A questo punto il biometano con elevato grado di purezza esce dalla sezione di upgrading e viene immesso in rete, tramite un ulteriore compressore qualora fosse necessaria l'immissione in alta pressione (60 atm).

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Il permeato in uscita dal III° stadio di trattamento (di scarto e detto solitamente **off-gas**) pur essendo composto prevalentemente da anidride carbonica, contiene ancora una certa quantità di metano e viene inviato in atmosfera.



Fig.10.: Esempio di sistema di filtri "a membrane"

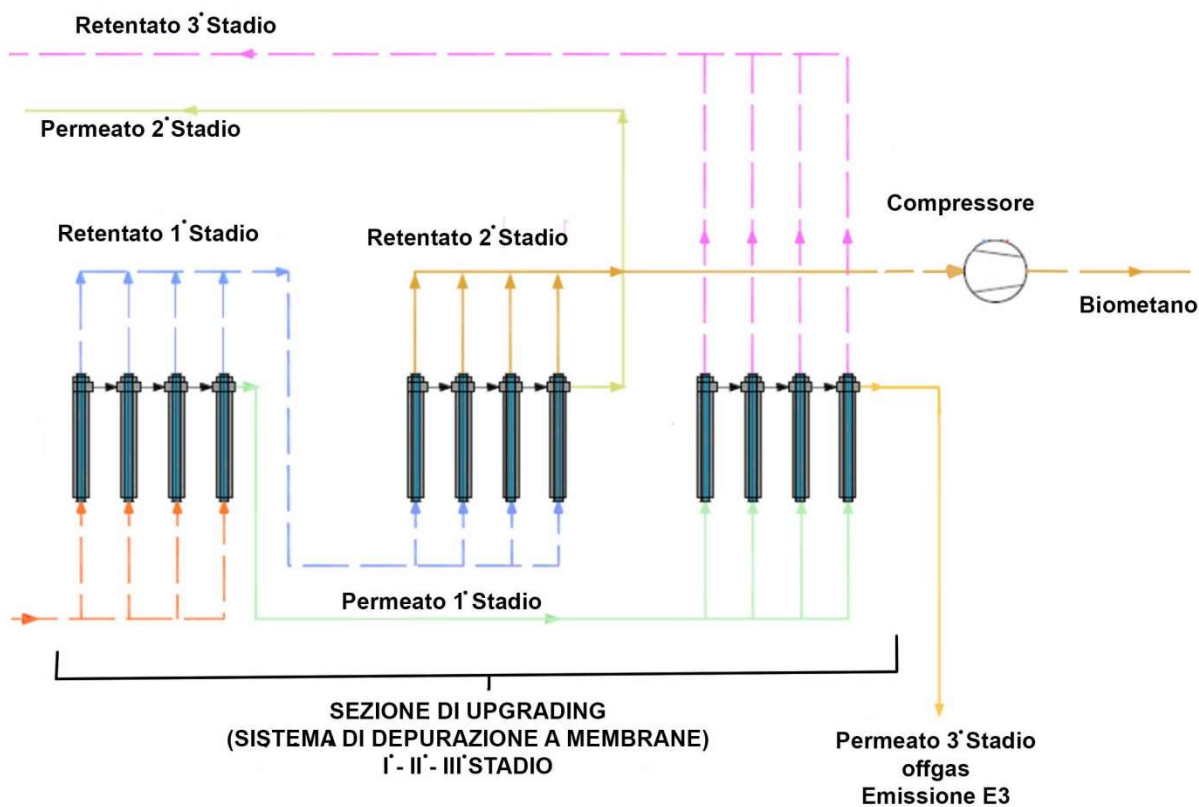


Fig.11.: Rappresentazione del funzionamento del sistema di upgrading a membrane (3 stadi)

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Si riporta di seguito in forma tabellare il dimensionamento della stazione di upgrading:

	<b>u.m.</b>	<b>quantità</b>
<b>Produzione totale biogas attesa</b>	m <sup>3</sup> /a	3'825'000
<b>Portata biometano attesa</b>	m <sup>3</sup> /a	2'226'000
<b>Ore funzionamento stazione upgrading</b>	h/a	8.500
<b>Portata media biometano</b>	m <sup>3</sup> /h	262
<b>Taglia stazione di upgrading (portata biometano)</b>	m <sup>3</sup> /h	400

*Tab.14.: Dati per il dimensionamento della stazione di upgrading*

Potrebbe essere interessante valutare come possibile sviluppo futuro dell'impianto, escluso dal presente progetto, la possibilità di procedere all'installazione di ulteriore impiantistica finalizzata alla purificazione della CO<sub>2</sub> prodotta.

I parametri di qualità del biometano per l'immissione in rete sono desunti dalla delibera 204-2016-R-gas del 2016 e dalla UNI TS 11537:2019 e sono riassumibili come segue:

**Caratteristiche chimiche ed energetiche del biometano**

Caratteristica	Simbolo	Valore	Unità di misura
Potere calorifico superiore	PCS	34,95 ÷ 45,28	MJ/Sm <sup>3</sup>
Indice di Wobbe	WI	47,31 ÷ 52,33	MJ/Sm <sup>3</sup>
Densità relativa	<i>d</i>	0,555 ÷ 0,7	-
Punto di rugiada dell'acqua ≤ - 5°C a 7 000 kPa			
Punto di rugiada degli idrocarburi ≤ 0°C nel campo di pressione compreso tra 100 kPa e 7 000 kPa relativi <sup>a)</sup>			
Contenuto di ossigeno	O <sub>2</sub>	≤ 0,6	%mol
Contenuto di anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	≤ 2,5	%mol
Contenuto di solfuro di idrogeno	H <sub>2</sub> S	≤ 5	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di zolfo da solfuro di idrogeno (H <sub>2</sub> S) e solfuro di carbonile (COS)	-	≤ 5	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di zolfo da mercaptani	-	≤ 6	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di zolfo totale		≤ 20	mg/Sm <sup>3</sup>
a) La misura del parametro è richiesta in presenza di arricchimento con GPL.			

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Caratteristica	Simbolo	Valore <sup>a)</sup>	Unità di misura
Contenuto di silicio totale <u>volatile</u>	Si	0,3 ÷ 1 <sup>b)</sup>	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di ossido di carbonio <sup>c)</sup>	CO	≤ 0,1	%mol
Contenuto di ammoniaca <sup>d)</sup>	NH <sub>3</sub>	≤ 10	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di ammine <sup>e)</sup>	-	≤ 10	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di idrogeno <sup>f)</sup>	H <sub>2</sub>	≤ 1	% Vol
Contenuto di fluoro <sup>f)</sup>	F	< 3	mg/Sm <sup>3</sup>
Contenuto di cloro <sup>g)</sup>	Cl	< 1	mg/Sm <sup>3</sup>
Olio da compressore <sup>h)</sup>	-	-	-
Polveri <sup>h)</sup>	-	-	-

a) I limiti sono indicati in valore assoluto, l'indicazione dei decimali non indica l'accuratezza del metodo di calcolo  
b) Per il Silicio totale volatile è proposto un intervallo. Studi hanno dimostrato che l'esposizione continua all'utilizzo del 100% di biometano negli utilizzatori per 15 anni richiederebbe una concentrazione massima di Si totale volatile inferiore a 0,1 mg Si/Sm<sup>3</sup>. Tuttavia un limite posto a questo livello determinerebbe difficoltà oggettive di misurazione questa è la ragione per cui viene fissato il limite inferiore dell'intervallo a 0,3 mg Si/Sm<sup>3</sup>. Si suggerisce che il valore limite che deve essere applicato all'immissione sia concordato, all'interno dell'intervallo proposto, tra il produttore di biometano ed il gestore della rete in cui il biometano verrà immesso tenendo in considerazione i limiti di misurazione e l'effettiva diluizione nel gas naturale. Il gestore di rete può individuare un valore specifico all'interno dell'intervallo indicato in tabella in base alle condizioni di diluizione assicurate dalla rete ricevente.  
c) Il valore di 0,1 % è stato assunto dal Regolamento EC Nr 1272/2008 CLP-Regulation.  
d) Se si dimostra l'assenza di acqua allo stato liquido nel biometano si può omettere la misurazione dell'ammoniaca esclusivamente per immissioni in rete di distribuzione.  
e) Se si dimostra l'assenza di acqua allo stato liquido nel biometano si può omettere la misurazione delle ammine esclusivamente per immissioni in rete di distribuzione.  
f) I valori limite per F e Cl saranno aggiornati in seguito all'evoluzione applicativa dell'UNI CEN/TR 17238. I valori qui indicati sono ritenuti prudenziali allo stato attuale di conoscenza.  
g) Gli alogenuri alchilici sono sostanze guida nel senso che il valore limite dato agli alogenuri fornisce automaticamente un valore limite soddisfacente di composti contenenti fluoro e cloro - la misura viene fatta sugli alogenuri.  
h) Per il contenuto di olio da compressore e polveri, il biometano deve esserne libero ovvero non superare una quantità minima che renda inaccettabile il biometano per gli utilizzatori finali. Tale condizione si considera rispettata mediante l'impiego di filtri a cartuccia che trattengano il 99% delle particelle solide > 5 [µm] ed il 99% delle particelle liquide ≥ 10 [µm]. Al fine di mantenere efficace la capacità di filtrazione le apparecchiature devono essere soggette a sorveglianza periodica secondo quanto prescritto nelle norme UNI 10702-1 e UNI 9571-1 per le parti applicabili.  
i) Al momento della redazione del presente documento non sono disponibili riferimenti legislativi o normativi relativi ai limiti di idrogeno ammessi nelle reti del gas naturale. Il valore proposto nella presente è la minima concentrazione limite indicata dall'Appendice C (informativa) della UNI EN 16726 cui si rimanda il lettore per ulteriori approfondimenti. Questo valore potrà essere adeguato in base all'evoluzione del contesto normativo.

Tab.15.: Parametri di qualità del biometano per l'immissione in rete

Si specifica che il progetto dell'immissione in rete sarà approfondito in fase di progettazione esecutiva in funzione dei dati raccolti da SNAM o eventualmente dal Gestore della rete di trasporto locale.

Il punto di emissione EM4 riportato in tavola AIR\_006 è riferito alla torcia di emergenza che si attiva qualora ci fossero malfunzionamenti nella sezione di upgrading, con concentrazioni degli inquinanti riferite ai limiti previsti per questi impianti di combustione del biogas.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## **7 IMPIANTI AUSILIARI**

La descrizione degli impianti e delle reti ausiliari da prevedere per la funzionalità e il corretto funzionamento dell'impianto è riportata nelle relazioni specialistiche che corredano questa relazione generale, così che nei capitoli successivi sono elencate solo le principali caratteristiche di alcune di queste infrastrutture.

Si rimanda in particolar modo alle seguenti relazioni specialistiche:

- **AIR\_001**: Relazione tecnica impianto di aspirazione e trattamento arie esauste e sistema aria compressa
- **IDR\_001**: Relazione idrologica idraulica

### **7.1 GENERATORE DI CALORE DI INTEGRAZIONE E RISERVA**

È prevista l'installazione di un generatore di calore ausiliario per assicurare la produzione di energia termica. In particolare, si prevede l'installazione di un generatore di calore a gasolio, del tipo tradizionale in acciaio a tre giri di fumo.

La potenza dei generatori sarà definita in fase di progetto esecutivo; indicativamente si prevede un generatore da 580 kW di potenzialità termica nominale.

Il bruciatore sarà del tipo "low NOx", con contenimento delle emissioni al di sotto dei limiti normativi.

Il generatore sarà alimentato da una propria linea di alimentazione del gasolio e sarà dotato di propri dispositivi di sicurezza, quali valvole di intercettazione del combustibile, valvole di sicurezza, termostati di regolazione e sicurezza, pressostato di sicurezza, sistema di espansione, pompa di circolazione anticondensa.

L'attivazione del generatore avverrà secondo una sequenza prefissata in funzione dal carico termico da servire, in modo da massimizzare la resa del sistema di produzione. Tutta la regolazione sarà gestita da un sistema di supervisione dedicato.

È prevista l'installazione di un gruppo di pompaggio idoneo a far circolare l'acqua nei circuiti di riscaldamento del fermentatore, che sarà a portata variabile in funzione della richiesta termica del digestore. Il gruppo di pompaggio sarà alimentato tramite convertitori di frequenza (inverter) per regolare la velocità di rotazione delle pompe e quindi le curve caratteristiche portata/prevalenza.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## 7.2 NUOVO GASDOTTO DI CONNESSIONE IMPIANTO

È previsto n. 1 gasdotto (linea gas interrata di breve lunghezza) per la connessione dell'impianto alla esistente rete gas transitante in vicinanza dell'area di impianto, finalizzato all'immissione del biometano prodotto nell'impianto nella rete gas.

Per quanto riguarda il percorso del gasdotto citato si rimanda allo specifico elaborato grafico del progetto definitivo.

Le caratteristiche tecniche della linea gas (diametri, spessori, materiali, colori, dispositivi di sicurezza, modalità di posa in opera / interrimento, ...) nonché la realizzazione di eventuali dispositivi accessori (cabinette di interfacciamento e controllo) risponderanno puntualmente agli standard tecnici ed alle prescrizioni del Gestore della rete gas.

## 7.3 GESTIONE DELLE ACQUE

Relativamente alla raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e di processo, si precisa che il progetto prevede una gestione di reti separate che adducono a specifici recapiti finali come dettagliato nel seguito:

- rete di raccolta delle **acque di prima pioggia** derivate dalle zone esterne ai fabbricati, finite con pavimentazioni impermeabili quali conglomerati bituminosi o cementizi, non interessate da lavorazioni e transitate da mezzi utilizzati per il trasporto dei rifiuti, senza dispersione di questi, in cui sono drenati i primi 5 mm delle acque meteoriche, la cui immissione in corpo idrico finale (fosso reale) avviene previa interposizione di un trattamento di prima pioggia e disoleazione. Sono previste due vasche di prima pioggia da 58 m<sup>2</sup> e 145 m<sup>2</sup> ;
- rete di raccolta di **acque bianche** derivate dalle coperture dei capannoni e dalle aree esterne impermeabilizzate di cui alle acque di seconda pioggia. Come indicato dalla normativa vigente sono da classificare quali "acque possono essere scaricate direttamente al recapito finale, senza subire alcun tipo di trattamento chimico o fisico", si prevede pertanto immissione diretta al ricettore finale (fosso reale) nei punti di emissione **S1, S2, S3**;
- rete di raccolta **acque di processo**. Si tratta di percolati generati dai rifiuti, a cui vanno aggiunti i contributi delle acque di scarico dei sistemi di trattamento aria (scrubber e biofiltro) e degli eventuali lavaggi delle zone interne degli edifici. Queste acque verranno recapitate per gravità a due pozzetti: uno posizionato a fianco delle biocelle di biossidazione accelerata (**VP2**) e uno posizionato in prossimità della fossa di ricezione dei rifiuti, che rappresenta il punto più depresso dell'edificio (**VP3**). Dai due pozzetti le acque verranno rilanciate tramite pompe alla vasca dedicata

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

allo stoccaggio del percolato (**VP1**). Si tratta di una vasca interrata in c.a. di volume utile pari a 90 m<sup>3</sup>, volume che permette lo stoccaggio del massimo quantitativo di percolato prodotto nell'arco di 3 giorni, considerando quindi che le perdite di processo siano assimilabili esclusivamente ad esso. Queste acque verranno recuperate per il loro ricircolo sia per fluidificare la miscela in ingresso al digestore sia per l'irrigazione dei tunnel, perseguendo così l'obiettivo del ciclo chiuso per quanto riguarda il percolato. L'eventuale esubero verrà prelevato dalla vasca **VP1** tramite autobotte ed inviato a idonei impianti esterni;

- rete di raccolta "**acque nere**" derivanti dagli scarichi civili, presenti negli spogliatoi e nella palazzina uffici. Queste acque verranno raccolte in due fosse tipo Imhoff (**VN2** e **VN3**) e poi da qui raccolte in una vasca di accumulo (**VN1**) con volume utile 60 m<sup>3</sup>, da cui prelevare i reflui con autobotte per il loro invio a idonei impianti esterni. Preme precisare che sono state altresì avviate alcune interlocuzioni con i responsabili regionali del vicino impianto di depurazione di Napoli Est per il quale è stata presentata una progettazione esecutiva del revamping generale che prevede anche la realizzazione di una linea biologica alla quale – in futuro – potrà essere connessa la rete fognaria dell'impianto di nostra progettazione.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## 8 BILANCI DI MASSA ED ENERGETICO

### 8.1 BILANCIO DI MASSA DEL PROCESSO

L'impianto in progetto viene dimensionato per uno scenario che prevede i seguenti dati di input:

- 30.000 t/a di FORSU (**EER 200108**: *rifiuti biodegradabili di cucine e mense*);
- 5.000 t/a di rifiuti lignocellulosici, tra cui
  - **EER 200138**: *legno, diverso da quello di cui alla voce 200137*
  - **EER 200201**: *rifiuti biodegradabili*
  - **EER 200302**: *rifiuti dei mercati* (riconducibili essenzialmente alle cassette di legno)

Il dimensionamento dell'impianto viene sviluppato applicando il criterio della durata minima del trattamento di 90 giorni, condizione che determina il rispetto dei requisiti di stabilizzazione ed igienizzazione senza dover procedere alla perequazione delle differenti efficienze dei processi adottati.

Il dimensionamento viene effettuata considerando uno scarto del 15% di materiale non trattabile all'interno dell'impianto, ma la verifica della durata totale del processo è stata effettuata anche nell'ipotesi di scarto pari al 10% considerando, inoltre, valori di densità dei rifiuti variabile nelle differenti operazioni di trattamento e, in ogni caso, cautelativi. Le sezioni di trattamento aerobico vengono dimensionate tenendo in considerazione quest'ultima possibilità, così da soddisfare il criterio della durata totale di processo anche in questa ipotesi, proprio per estendere il criterio della massima flessibilità all'intero impianto.

In riferimento al diagramma riportato nella figura seguente si forniscono le seguenti chiavi di lettura:

- con il colore arancione sono indicati i rifiuti in ingresso all'impianto;
- con il colore azzurro sono indicati le perdite di processo, il biogas prodotto e l'ammendante finito;
- con il colore viola sono indicati gli scarti (a recupero e/o smaltimento);
- con il colore verde sono indicate le fasi di trattamento;
- con il colore grigio sono indicati i flussi di materiale intermedi (tra le varie fasi).
- quantitativi adottati alla sezione di miscelazione e biossiazione accelerata (biotunnel) indicati pari a complessivi annuali di 27'775 t/a (rispetto ai quantitativi di progetto di FORSU e rifiuti lignocellulosici pari rispettivamente a 30.000 t/a e 5.000 t/a): trattasi del quantitativo ottenuto sommando i quantitativi di digestato (stimati in 22.775 t/a) ai quantitativi di rifiuto lignocellulosico (5.000 t/a).



**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

- riquadri miscelazione: il primo riquadro denominato miscelazione attiene alla fase di miscelazione propedeutica all'alimentazione del digestore, con quantitativo determinato dalla somma della FORSU pretrattata (stimata in 25'500 t/a) con una frazione di sovrillo della vagliatura finale (frazione 10-40 mm), pari a 1'788 t/a, per un totale di 27'288 t/a stimate in ingresso alla digestione anaerobica;
- riquadro digestato: trattasi dei quantitativi in uscita dalla fase di gestione anaerobica, stimati in circa 22'775 t/a;
- riquadro vagliatura: indica la fase di vagliatura/raffinazione, alle quali vengono adottati i quantitativi in uscita dalla fase di maturazione;
- riquadro compost: trattasi dei quantitativi annui di ammendante compostato misto che si prevede di produrre, stimati in 15'311 t/a;
- riquadro separazione plastiche: trattasi del quantitativo stimato di frazioni non compostabili recuperato a seguito della raffinazione finale, che comprende anche una fase di separazione delle plastiche mediante separatore aeraulico.

Le potenzialità orarie indicate nel presente schema sono calcolate convenzionalmente su due turni di 6 h ciascuno per 310 gg/a, quando riferite a operazioni condotte con l'ausilio di macchinari e/o mezzi di movimentazione. Fa eccezione la fase di caricamento del digestore anaerobico, condotta in automatico su tutte le 24 h, per esigenze di processo.

È inoltre sottinteso che i processi biologici quali bioossidazione in tunnel, maturazione, digestione anaerobica, così come tutta la sezione di valorizzazione del biogas e di trattamento delle arie esauste, sono da considerarsi funzionanti in continuo sulle 24 h.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

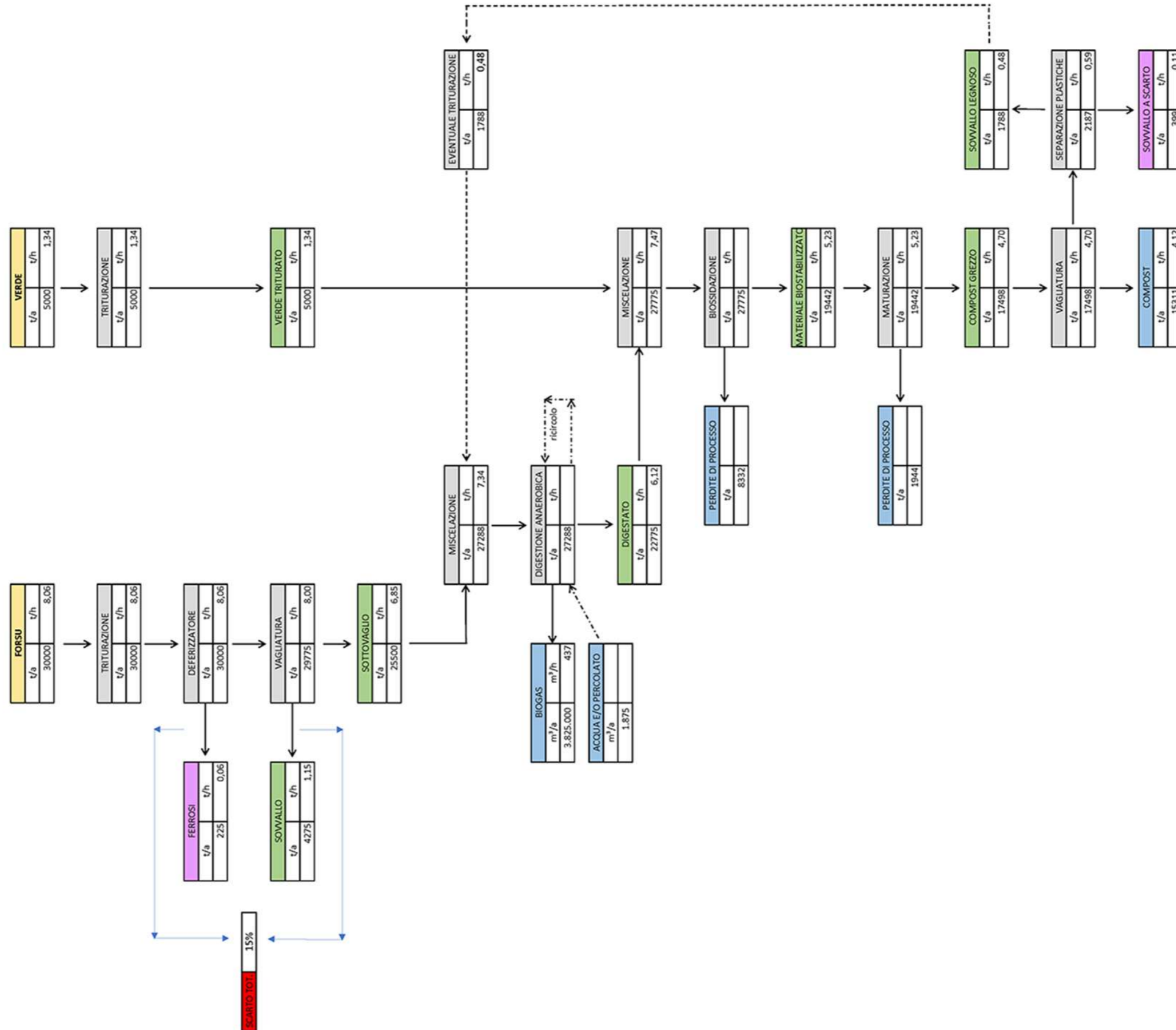


Fig.12.: Rappresentazione del funzionamento del sistema di upgrading a membrane (3 stadi)

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## **8.2 CONSUMI**

### **8.2.1 MATERIALI**

Le materie in ingresso e in uscita dall'impianto si distinguono in:

- Rifiuti destinati al trattamento
- Altri materiali in ingresso
- Prodotti e rifiuti in uscita

#### *8.2.1.1 Rifiuti destinati al trattamento*

I rifiuti in ingresso (FORSU) sono conferiti in apposita zona di stoccaggio in cemento armato fuori terra, ricavata nel capannone predisposto, attraverso scarico dall'alto, confinate con pavimentazione impermeabile e servita dall'impianto di depurazione delle arie esauste del capannone. La movimentazione avviene, quotidianamente, tramite pala meccanica movimentata da operatore, e successivamente tramite tramogge e nastri trasportatori nella sezione di pretrattamento e alimentazione, con pale meccaniche nella sezione di compostaggio aerobico (biossificazione in tunnel e maturazione in platea aerata). I rifiuti lignocellulosici sono conferiti in apposita area di stoccaggio, con pavimentazione impermeabile e servita dalla rete di raccolta dei colaticci percolati. L'ingresso di tutti i rifiuti verrà registrato tramite un software dedicato e i movimenti registrati sul registro di carico e scarico dei rifiuti. Sui rifiuti in ingresso vengono effettuati tutti i controlli amministrativi prescritti per legge. I rifiuti in ingresso sono tutti conferiti tramite trasporto su gomma.

#### *8.2.1.2 Altri materiali in ingresso*

I principali materiali accessori utilizzati presso l'impianto per quantità e importanza sono di seguito indicati:

- oli e grassi lubrificanti per garantire l'efficienza meccanica delle macchine operatrici e dei vari componenti fissi (nastri, vagli, ecc...); tutti gli apparati meccanici vengono infatti periodicamente verificati e lubrificati;
- gasolio per autotrazione per l'alimentazione dei mezzi operativi e per l'alimentazione della caldaia a servizio del digestore, stoccato in una cisterna soprasuolo con capacità di 9.000 litri;
- additivi per il processo, quali l'ossido di Fe, comunemente utilizzato per l'abbattimento dell'H<sub>2</sub>S all'interno del digestore;
- carboni attivi per la sezione di upgrading ed eventualmente additivi specifici per questa sezione.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Si ricorda che il presente progetto definitivo verrà posto a base di gara e in questa sede risulta prematuro indicare la tipologia di additivi perché fortemente dipendente dalla tecnologia impiantistica che verrà scelta in fase esecutiva.

#### 8.2.1.3 *Prodotti e rifiuti in uscita*

Il processo di trattamento origina i seguenti scarti:

- Materiali ferrosi inviati a recupero;
- sovalli dei pretrattamenti;
- scarti derivanti dalla raffinazione del compost.

In base alle indagini merceologiche effettuate da ASIA sulla composizione della frazione organica raccolta e sui materiali non compostabili (MNC), il sovrillo derivante dalle operazioni di pretrattamento è stato stimato pari al 15% sul quantitativo di materiale conferito in impianto, così suddiviso:

- Circa l'8% è costituito da plastiche;
- circa 2% è costituito da materiale vetroso;
- circa 1% è costituito da materiali ferrosi;
- circa 4 % altri tipi di rifiuti (es. piccoli giocattoli in gomma dura, attrezzi di cucine, spugnette, etc.).

Tra i rifiuti in uscita si ricordano inoltre quelli prodotti dalle attività accessorie dell'impianto:

- a) ferro e acciaio prodotto dallo smontaggio/manutenzione agli impianti: la produzione di questo rifiuto è strettamente legata a interventi di manutenzione;
- b) scarti di olio minerale: deriva dalle manutenzioni dei mezzi d'opera e dei componenti fissi (nastri, vagli). L'olio esausto viene stoccato in una apposita cisterna, dotata di bacino di contenimento, stoccata in un box confinato dedicato. Il ritiro da parte di ditta autorizzata avviene prima del riempimento totale della cisterna e comunque non oltre i dodici mesi;
- c) altri solventi e miscele di solventi stoccati presso l'impianto nel box confinato (codici CER ad oggi non identificabili);
- d) filtri dell'olio dalla manutenzione dei mezzi d'opera (pale meccaniche): i filtri sono stoccati in contenitori con chiusura a tenuta depositati all'interno di un box confinato;
- e) batterie al piombo dalla manutenzione dei mezzi d'opera (pale meccaniche): sono stoccate all'aperto in contenitore con chiusura ed opportunamente etichettato;
- f) legname costituente il letto filtrante del biofiltro, generato in occasione degli interventi di rifacimento (ogni 3 anni);

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

- g) carboni attivi esausti dalla stazione di upgrading;
- h) fanghi dal trattamento delle acque reflue civili;
- i) fanghi dal trattamento delle acque di prima pioggia.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa con i principali codici CER dei rifiuti in uscita dal trattamento e rispettive quantità attese:

Rifiuto	Codice CER	tonnellate/anno
Materiali ferrosi	191202	≈200
Plastica e gomma	191204	≈400
Vetro e altri rifiuti inerti	191205 191212	≈4300
Percolato	190604 190603	≈4000
Compost fuori specifica	190503	-

Tab.15.: Rifiuti prodotti

Le tipologie sopraccitate sono da intendersi come indicative e quindi variabili. L'esatta natura può essere definita solo in seguito alle relative specifiche analisi, con la definizione a posteriori dei vari tipi di rifiuto. I rifiuti prodotti verranno inviati subito ad un successivo impianto di trattamento per un ulteriore eventuale possibile recupero oppure inviati allo smaltimento, in analogia con quanto avverrà per altri rifiuti derivanti dalle attività accessorie quali ad esempio i carboni esausti e i filtri della sezione di upgrading, la cui manutenzione verrà affidata a ditta specializzata.

Si citano infine, quali prodotti in uscita dall'impianto:

- ammendante compostato misto;
- biometano immesso in rete.

### 8.2.2 CONSUMI IDRICI

Per quanto riguarda il **fabbisogno idrico** l'approvvigionamento della risorsa idrica avverrà tramite acquedotto comunale. L'acquedotto comunale servirà gli spogliatoi e i servizi della palazzina uffici, gli edifici delle principali lavorazioni del materiale (quali ricezione e pretrattamento, bioossidazione e maturazione e biofiltro) nonché la vasca antincendio.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Per gli usi civili si stima un numero medio di addetti pari a *10 impiegati* con una dotazione idrica pari a 100 l/(ab\*g) e *15 operai* con una dotazione idrica pari a 150 l/(ab\*g), da cui deriva un fabbisogno annuo pari a circa 1'000 m<sup>3</sup>/a.

Va inoltre aggiunto l'approvvigionamento di acqua necessaria al processo stimata cautelativamente in 2.500 m<sup>3</sup>/anno, anche se in realtà si prevede la massimizzazione del ricircolo dei reflui prodotti all'interno del processo, mediante il ricircolo del percolato prodotto, qualora necessaria la diluizione della massa in entrata al digestore o l'irrigazione nei tunnel prima della fase di igienizzazione (dopo la quale si potrà irrigare esclusivamente con acqua).

**Si stima quindi un fabbisogno idrico complessivo di 3'500 m<sup>3</sup>/a.**

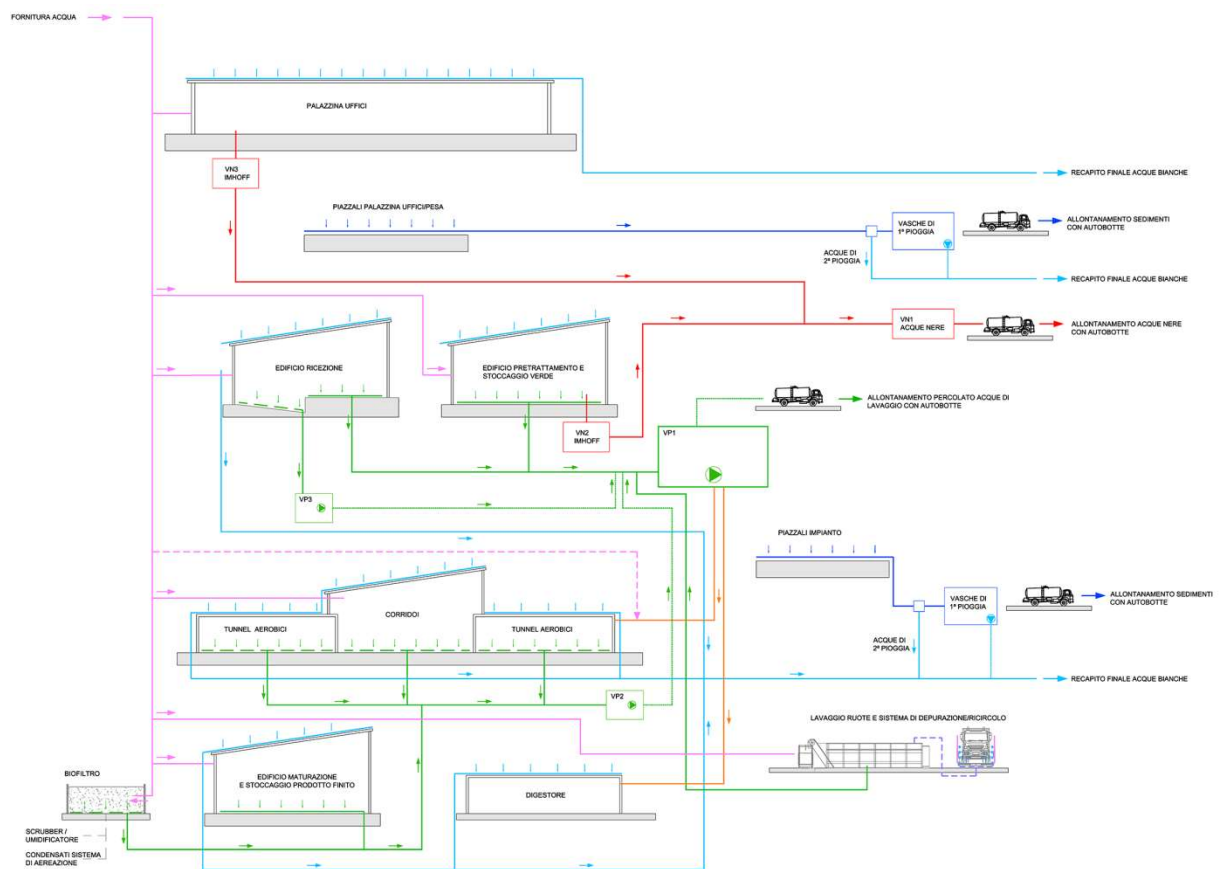


Fig.13.: Schema concettuale di gestione delle acque

### 8.2.3 CONSUMI ENERGETICI

Essi derivano dall'utilizzo di:

- energia elettrica;
- combustibili (gasolio per autotrazione e alimentazione caldaia);

In merito all'uso dei combustibili si veda quanto riportato in precedenza.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Le principali macro-utenze che utilizzano energia elettrica sono:

- funzionamento della linea di pretrattamento della frazione organica;
- funzionamento della linea di digestione anaerobica;
- linea di valorizzazione biogas;
- funzionamento linee di biostabilizzazione e maturazione;
- funzionamento uffici e vani accessori (illuminazione interna, apparecchiature elettriche ed elettroniche);
- illuminazione dell'area esterna;
- funzionamento degli impianti di captazione e trattamento delle arie esauste;
- sistema di rilancio delle acque nere;
- gruppo di sollevamento a servizio della rete antincendio.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

### 8.3 BILANCIO ENERGETICO DEL PROCESSO

Relativamente alla produzione attesa di biogas si sono stimate le seguenti rese:

	u.m.	quantità
<b>Produzione totale biogas attesa</b>	m <sup>3</sup> /a	3'825'000
<b>Portata biometano attesa</b>	m <sup>3</sup> /a	2'226'000
<b>Ore funzionamento stazione upgrading</b>	h/a	8.500
<b>Portata media biometano</b>	m <sup>3</sup> /h	262
<b>Taglia stazione di upgrading (portata biometano)</b>	m <sup>3</sup> /h	400

\*si considera cautelativamente un fermo impianto di 260 h/a

Tab.16.: Caratteristiche biogas/biometano di progetto

Verrà inoltre installato sulla palazzina adibita ad uffici e spogliatoi un impianto fotovoltaico, composto da circa 60 pannelli per la produzione di energia elettrica destinata all'autoconsumo, con potenza installata pari a 19,9 kW e con la produzione prevista di 25.195 kWh/anno, di cui effettivamente sfruttabile 13.607 kWh/anno.

L'acqua scaldata con l'energia termica fornita dalla caldaia viene utilizzata per alimentare le seguenti utenze: Riscaldamento ausiliario digestore: 581 kW

In base ai consumi e alle stime di produzione attese cui si rimanda alla precedente tabella relativa alle portate di biogas e biometano considerate, si riporta un diagramma con rappresentato il bilancio di energia.



Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

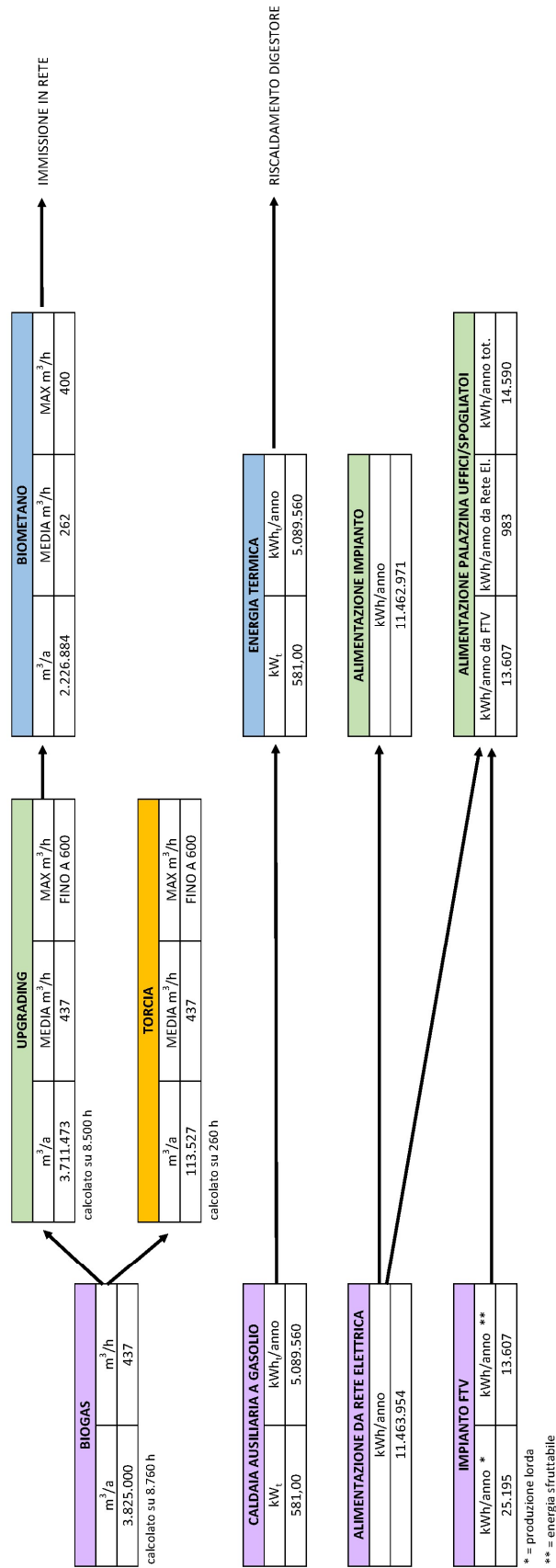


Fig.14.: Rappresentazione del bilancio di energia

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## 9 EMISSIONI CONVOGLIATE IN ATMOSFERA

Le principali emissioni convogliate dell'impianto che saranno oggetto di periodici monitoraggi sono tre:

- **E1: emissione convogliata di tipo areale dal biofiltro** per il trattamento delle arie esauste delle varie sezioni impiantistiche;
- **E2: emissione convogliata di tipo puntuale da caldaia** a gasolio per il riscaldamento del digestore;
- **E3: emissione convogliata di tipo puntuale off-gas** dalla stazione di upgrading;

La localizzazione di detti impianti è riportata in figura seguente, in blu il biofiltro, in rosso la caldaia e in verde l'off-gas

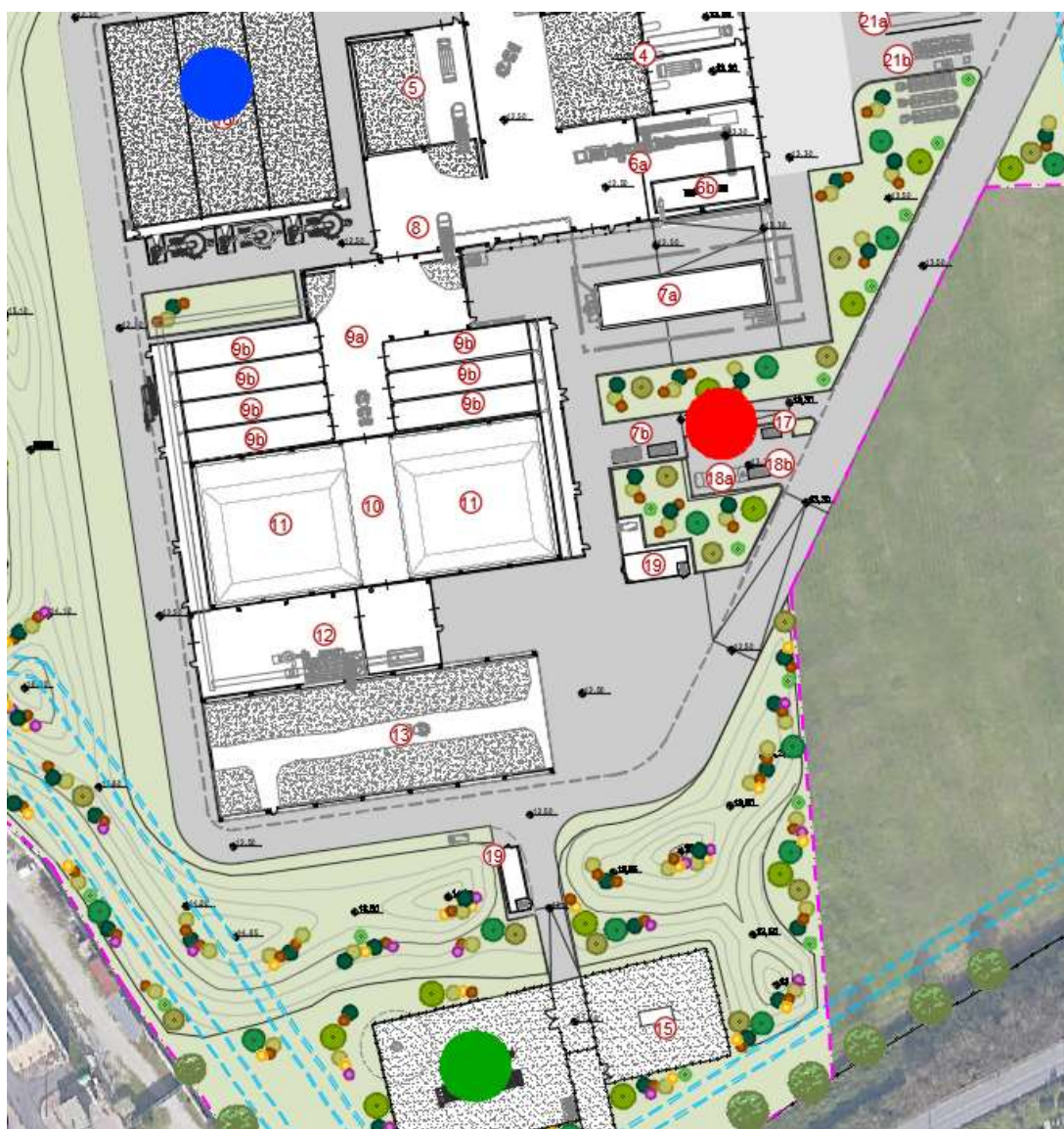


Fig.15.: Localizzazione delle sorgenti emmissive in progetto (in blu il biofiltro, in rosso la caldaia, in verde l'off-gas)

### Emissione 1 – Biofiltro

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Le caratteristiche fisiche e geometriche del biofiltro in progetto sono riportate in tabella:

Emissione 1 - Biofiltro		
Portata	m <sup>3</sup> /h	229'782
Portata	Nm <sup>3</sup> /h	240'000
Superficie	m <sup>2</sup>	1'810
Altezza emissione	m	2
carico volumetrico	m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	63,5
tempo di contatto	s	56,7
Capacità singolo ventilatore	m <sup>3</sup> /h	80.000
Profilo funzionamento	ore/anno	8'760

Tab.17.: Tabella caratteristiche biofiltro in progetto

L'impianto ha un funzionamento continuo e costante per 365 giorni all'anno (8.760 ore).

Durante le ore notturne (8 ore), avendo la fossa vuota e non essendo presente il personale operativo (oltre il normale presidio) si è ipotizzato nelle modellazioni allegate al SIA una riduzione del 50% della portata effluente.

#### Emissione 2 – Caldaia a gasolio

I dati caratteristici della caldaia a gasolio in progetto sono riportati in tabella.

Emissione 2 - Caldaia a gasolio		
Portata fumi	Nm <sup>3</sup> /h	1.020
Portata fumi	m <sup>3</sup> /h	1.580
Altezza emissione	m	2
Diametro emissione	m	0,30
Sezione emissione	m <sup>2</sup>	0,07
Temperatura	°C	150
Velocità uscita fumi	m/s	6,20
Profilo funzionamento	ore/anno	8.760
Concentrazione fumi		
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	200
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	100
PTS	mg/Nm <sup>3</sup>	20
Emissione al camino		

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Emissione 2 - Caldaia a gasolio		
NOx	g/s	0,057
CO	g/s	0,028
PTS	g/s	0,006
NOx	t/a	1,8
CO	t/a	0.9
PTS	t/a	0.2

*Tab.18.: Tabella caratteristiche Caldaia in progetto*

I valori di emissione sono stati dedotti dalla Dgr n.IX 3934 (2012) di Regione Lombardia. L'impianto avrà un funzionamento discontinuo, ma in via cautelativa si considera costante per 365 giorni all'anno (8.760 ore).

#### Emissione 3 – Off-gas

La sezione di up-grading permette di purificare il biogas prodotto nella sezione di digestione anaerobica per produrre biometano nel rispetto della UNI TS 11537:2019, così da poterlo immettere nella rete nazionale in ossequio ai requisiti della delibera 204-2016-R-gas del 2016.

Il criterio generale adottato per la progettazione di questa sezione è quello di evitare che le impurità rappresentate da H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> e COV raggiungano le membrane, rendendone critico l'uso e riducendo l'efficienza di trattamento, così da determinare la necessità di una manutenzione straordinaria o, nei casi estremi, la loro completa sostituzione. L'applicazione di tale criterio fa sì che le attività di purificazione siano effettuate a monte della selezione tra biometano ed off-gas, con operazioni che determinano su entrambi i flussi condizioni coerenti con quanto previsto dalla norma UNI su richiamata nei confronti del biometano immesso in rete.

La prima procedura utile alla riduzione ed al controllo degli inquinanti nel flusso di biogas è sicuramente individuata nell'attento e costante controllo del processo di digestione anaerobica, processo che risente delle variazioni stagionali delle caratteristiche del rifiuto trattato e su cui è opportuno intervenire, caso per caso, correggendo in funzione dell'esperienza acquisita durante la gestione, con procedure che possono essere consolidate solo in fase gestionale. In alcuni impianti da tempo in funzione, ad esempio, si è accertata una riduzione della produzione di H<sub>2</sub>S o con una modesta aggiunta di ossigeno all'interno del digestore o con la miscelazione al flusso in ingresso di rifiuti ligno-cellulosici, anche ottenuti dal solo ricircolo interno.

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Il trattamento del biogas prevede una sezione dedicata all'abbattimento della NH<sub>3</sub> ed una a quella del H<sub>2</sub>S e dei COV.

La purificazione del flusso da NH<sub>3</sub> è tutto sommato semplice e si attua con la deumidificazione del flusso, con ammoniaca contenuta nella quasi totalità nelle condense ottenute dal raffreddamento del flusso. Tale assunzione trova semplice dimostrazione anche dall'esame della norma riguardo alle caratteristiche del biometano, con parametro ammoniaca che non viene neppure monitorato nel caso di gas secco.

Discorso differente nel caso del H<sub>2</sub>S e dei COV. In questo caso il flusso viene trattato tramite l'uso di carboni attivi che trattengono le impurità, proteggendo quindi le membrane poste a valle. Solitamente sul mercato vengono commercializzati carboni attivi condizionati per H<sub>2</sub>S o COV, da utilizzare a seconda delle caratteristiche del flusso. Per impianti con potenzialità paragonabile a quella in esame, nell'ordine di 30-40.000 t/anno trattate, è ragionevole prevedere un consumo di circa 1 tonnellata di carboni/settimana, con un consumo annuo complessivo di circa 50 tonnellate.

Da esperienze ricavate da altri impianti è più frequente l'uso di carboni condizionati ai COV, non fosse altro che questo inquinante è di più difficile intercettazione ed anche in considerazione del fatto che risulta anche più impegnativo il suo monitoraggio. In effetti mentre il controllo dell'H<sub>2</sub>S può essere effettuato con apparecchi di facile reperimento, installati in campo con misura del differenziale di concentrazione tra monte e valle del trattamento, così da misurare in modo indiretto la saturazione nella sezione di desolfurazione, lo stesso non può affermarsi in modo così semplice per i COV, con monitoraggio che richiede apparecchiature più sofisticate e di più complessa taratura e controllo.

In queste condizioni anche l'off-gas generato dall'impianto rispetterà in gran parte tali limiti, con unica alterazione determinata dalla residua purificazione di NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S e COV operata dalle membrane, la cui funzione è essenzialmente quella di separare la CO<sub>2</sub> dal CH<sub>4</sub>.

Pare pertanto del tutto ragionevole assumere come cautelativi parametri di emissione al camino di scarico dell'off-gas pari a 2 volte le concentrazioni riportate nella norma UNI TS 11537:2019 per l'immissione del biometano in rete.

La portata dell'off-gas è considerata pari al 40% del biogas prodotto, stimando una percentuale pari al 60% di biometano prodotto e immesso in rete.

Si riportano le coordinate delle emissioni principali sopra descritte:

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

Codice	Descrizione	X	Y	Z
E1	Biofiltro	442401,04	4523925,01	14,50
E2	Caldaia a gasolio di supporto	442520,13	4523865,39	14,60
E3	Off-gas upgrading	442447,40	4523718,53	16,00

Tab.19.: Tabella coordinate sorgenti emissive in atmosfera

Tra le emissioni convogliate il progetto in esame individua altresì le seguenti sorgenti, che danno luogo a possibili “emissioni emergenziali” pertanto da considerare di carattere sporadico e non continuative per le quali non sono previsti monitoraggi analitici:

- EM1: emissione dei gruppi elettrogeni
- EM2: valvole di sovrappressione di emergenza per il digestore (guardia idraulica)
- EM3: valvola di sicurezza del sistema di upgrading
- EM4: torcia di combustione del biogas

Si rimanda all’elaborato [AIR\_006] in cui sono riportate le posizioni planimetriche di tutte le emissioni previste.

#### Emissioni diffuse

Per l’impianto in esame le emissioni diffuse sono essenzialmente di due tipologie:

- emissioni diffuse polverulenti, riconducibili alle zone di transito degli automezzi (emissioni trascurabili) e allo stoccaggio in cumuli del compost finale, effettuata sotto tettoia confinata su 3 lati con muri prefabbricati di contenimento in c.a. alti 4 metri. In considerazione dei sistemi di contenimento fisico, del contenuto di umidità e della granulometria del prodotto finito si ritiene che le emissioni diffuse di polveri siano trascurabili. La movimentazione interna del prodotto avviene con pala meccanica, mentre il trasporto esterno all’impianto avviene esclusivamente su gomma.
- emissioni diffuse odorogene, riconducibili all’unico stoccaggio in cumuli sotto tettoia non tamponata relativa al compost finale che, per sue caratteristiche non comporta emissione di

**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

odore. È comunque previsto un monitoraggio della concentrazione degli odori nell'aria internamente all'aria impiantistica, descritto al paragrafo della qualità dell'aria.

Non sono dunque previsti monitoraggi specifici per queste emissioni diffuse, definite trascurabili.

*Emissioni fuggitive*

Non si prevedono emissioni fuggitive di odori grazie al sistema di portoni progettato, che fa in modo che l'ambiente esterno non venga mai a contatto con l'ambiente interno del capannone di ricezione e pretrattamento, neppure durante la fase di entrata e uscita dei mezzi.

L'accesso e l'uscita da parte dei mezzi addetti al trasporto dei rifiuti è infatti gestito con una "zona filtro" che impedisce, anche durante le operazioni di apertura dei portoni dell'impianto, la libera emissione di odori all'esterno, con tempo di permanenza del mezzo all'interno di questa zona coordinato al tempo di lavaggio della stessa.

Inoltre, proprio per minimizzare le emissioni dall'impianto ed evitare la sua percezione fin nelle zone più prossime, il trattamento dell'aria aspirata dai locali prevede la presenza di torri di lavaggio e umidificazione del flusso e uno specifico biofiltro, per il cui dimensionamento sono stati adottati parametri di abbattimento nettamente inferiori a quelli standard, così da incrementarne la dimensione e il conseguente rendimento.

Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo

## **10 PROGETTO DI DISMISSIONE DELL'IMPIANTO**

In relazione alla eventuale dismissione dell'impianto, sarà cura del gestore provvedere innanzitutto affinché il sito sia posto in sicurezza.

La tipologia di interventi da effettuare dipenderà strettamente dal tipo di utilizzo cui si intenderà adibire l'area.

In generale si ritiene che, nell'ipotesi di una cessazione completa dell'attività di trattamento rifiuti che faccia prevedere la chiusura dell'impianto, verranno eseguiti gli interventi di seguito elencati:

- comunicazione agli enti preposti (provincia, comune, Arpa, Ausl, vigili del fuoco) della data di chiusura dell'impianto, dei tempi previsti per la messa in sicurezza del sito e della effettiva dismissione del sito;
- smaltimento presso impianti autorizzati di tutti i rifiuti eventualmente ancora presenti nel sito (rifiuti che avrebbero dovuto essere sottoposti a trattamento, rifiuti derivanti dalle attività di trattamento, rifiuti derivanti dalle attività di manutenzione);
- svuotamento degli stoccaggi attraverso la collocazione dello stesso presso utilizzatori;
- svuotamento e bonifica dei serbatoi;
- trasferimento ad altre sedi operative di tutti i prodotti giacenti presso l'impianto e non utilizzati (oli lubrificanti, filtri, batterie, ...);
- pulizia di tutte le superfici interne ed esterne e di tutti i macchinari connessi alla gestione del rifiuto (ad esempio: fossa rifiuti, macchinari, celle di bioossidazione, nastri trasportatori, trituratori, vagli, piazzali di transito mezzi);
- pulizia della rete fognante e delle vasche di raccolta;
- svuotamento e pulizia dei biofiltri e smaltimento del legno costituente i letti biofiltranti;
- scollegamento degli apparecchi in tensione;
- smantellamento delle apparecchiature elettromeccaniche presenti in impianto.

Relativamente a questo ultimo punto si tratta nella generalità dei casi di macchine realizzate in carpenteria di acciaio che, se non ulteriormente utilizzabili, possono essere smantellate e commercializzate come rottame ferroso, dopo aver allontanato le componenti estranee quali i tappeti dei nastri trasportatori, le cinghie di trasmissione, l'olio lubrificante dei riduttori, le ruote in gomma di supporto dei vagli. Alcune apparecchiature meritano particolare attenzione per la presenza di materiali infiammabili o nocivi, quali gli eventuali oli dielettrici dei trasformatori, ma anche per la presenza di componenti metallici di pregio, come gli avvolgimenti elettrici in rame.



**Realizzazione dell'impianto di compostaggio  
con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est - Ponticelli  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione tecnica impianti di processo**

Per gli impianti industriali di servizio valgono le medesime indicazioni formulate per le apparecchiature elettromeccaniche, in merito alla possibilità di procedere ancora più agevolmente al loro smontaggio e al recupero delle componenti di valore, quali ad esempio il rame dei cavi elettrici, per i quali sono disponibili adeguati centri di recupero che permettono lo “spellamento” del rivestimento isolante per la separazione dei due materiali.

Le strutture dei capannoni industriali che compongono l'impianto di trattamento sono realizzate secondo forme costruttive che possono essere facilmente adattate a qualunque altra esigenza di carattere industriale. La vita utile dei manufatti eseguiti appare inoltre nettamente più elevata rispetto al termine previsto per la gestione delle attività di trattamento dei rifiuti.

Per questi motivi non si ritiene probabile un loro smantellamento al termine del periodo utilizzato, ma piuttosto una loro eventuale riconversione a usi diversi. In questa ipotesi le uniche opere necessarie consistiranno nello smantellamento dei basamenti in cls. di appoggio delle macchine e delle carpenterie, la revisione dei tegoli di copertura e dei serramenti.

Tali valutazioni sono invece difficilmente applicabili ai tunnel di bioossidazione e alla zona rampa di conferimento, che rappresentano strutture particolare funzionali al trattamento, per le quali è difficile ipotizzare un riutilizzo in altro settore, aree che andranno probabilmente demolite in caso di riconversione del sito ad altro uso.

Si osserva infine che qualora si intendesse invece demolire l'intero stabilimento si potrà procedere secondo le usuali forme normalmente utilizzate per manufatti industriali, attraverso lo smontaggio degli elementi prefabbricati e la demolizione delle strutture gettate in opera.

Per elementi di maggiore dettaglio si rimanda allo specifico Piano di dismissione allegato al progetto definitivo [GEN\_012].