

Progetto DEFINITIVO

Relazione impiantistica

Impianto di Produzione di Biometano Avanzato in Forma Gassosa (CNG) mediante Biodigestione Anaerobica di Rifiuti Organici, con Recupero Di Fertilizzante Europeo CMC5 e CO₂ liquefatta. Da realizzare nel territorio del Comune di Ostellato (FE), Area Foglio 59, p.lla 97, per complessivi mq 34049,00.

Proponente:	ADRIAMET s.r.l.
Dettagli Sito:	
Località	OSTELLATO (FE)
Particelle interessate	97
Coordinate geografiche	N 44° 44' 34.0" E 12° 2' 27. 5"
Estensione	34049 mq
Redatto:	Ing. Federico Belfi
Revisionato ed Approvato da:	Ing. Fausto Pantano

SOMMARIO

Sommario.....	2
1 Premessa.....	5
2 Descrizione generale dell'impianto.....	6
3 Amministrazione e controllo (Area A).....	9
Conferimento Matrici (Area B).....	10
3.1 Attesa e manovra (zona b.1).....	11
3.2 Conferimento (zona b.2).....	12
3.3 Fossa (zona b.3).....	13
3.4 Sistema lavaruote (zona b.4).....	14
4 Pretrattamento (Area C).....	15
4.1 Sistema aprisacchi (zona c.1).....	16
4.2 Sistema di rimozione metalli (zona c.2).....	17
4.3 Tritovagliatura o depackaging DPM (zona c.3).....	18
4.4 Trattamento materiale leggero di scarto (zona c.4).....	19
4.5 Sistema di rimozione sabbia e graniglia (zona c.5).....	20
4.6 Trattamento materiale inerte di scarto (zona c.6).....	21
5 Digestione Anaerobica (Area D).....	23
5.1 Buffer tanks (zona d.1).....	24
5.2 Idrolisi (zona d.2).....	25
5.3 Digestione Anaerobica (zona d.3).....	27
5.3.1 Dettagli Cupola.....	28
5.3.2 Composizione tipica Biogas prodotto.....	29
5.4 Torcia d'emergenza zona (d.4).....	31
6 Trattamento digestato (Area E).....	32
6.1 Pastorizzazione (zona e.1).....	33
6.2 Post-digestione (zona e.2).....	35
6.3 Screening del digestato (zona e.3).....	36
6.4 Centriguga (zona e.4).....	37
6.5 Essiccazione (zona e.5).....	38
6.6 Stoccaggio digestato essiccato (zona e.6).....	40
6.7 Area consegna (zona e.7).....	40
7 Upgrading (Area F).....	41



7.1	Unità di rimozione NH ₃ (opzionale)	44
7.2	Disidratazione e rimozione H ₂ S (f.1)	44
7.3	Filtrazione H ₂ S, Silossani e VOC (zona F.2)	45
7.4	Compressione e raffreddamento (zona f.3).....	46
7.5	Unità di upgrading (zona f.4)	47
8	Recupero della CO ₂ (f.5,6,7 e g.2,4).....	49
9	Consegna del Biometano e della CO ₂ (Area G).....	51
9.1	Area di consegna CO ₂ liquefatta (g.1)	52
9.2	Compressione del Biometano (g.5)	53
9.3	Cabina analisi e misura/Riduzione e misura (g.6)	54
10	Trattamento acque (Area H)	55
10.1	Vasche di trattamento MBR (h.1)	56
10.1.1	Vasche biologiche	57
10.1.2	Ultrafiltrazione	58
10.2	Osmosi Inversa (h.2)	62
10.2.1	Principi di processo	62
10.2.2	Descrizione dell'impianto.....	63
10.3	Concentrato osmosi (h.3)	65
10.4	Evaporatore (h.4).....	66
10.5	Reagenti (h.5).....	68
11	Controllo odori (Area I).....	70
11.1	Ventilatore (zona I.3)	72
11.2	Scrubbing (zona i.2)	72
11.3	Biofiltro (zona I.1)	73
11.3.1	Materiale filtrante.....	74
12	Gestione scarti (Area J)	76
12.1	Attesa e manovra (zona j.1)	76
12.2	Consegna scarti (zona j.2).....	76
12.3	Stoccaggio scarti (zona j.3)	76
12.4	Sgocciolamento e stoccaggio sabbia e graniglia (zona j.4).....	76
13	Ausiliari (Area K)	77
13.1	Caldaie (zona k.1)	77
13.2	Cogeneratore (zona k.2).....	78
13.3	Cabina di trasformazione MT/BT (zona k.3).....	78



STAMNOS®
MOBILITY

Progetto DEFINITIVO

Relazione impiantistica

Doc. No.: STMB-02-20_03-RelazioneDiProcesso

Issue: 1

22/09/2023

Rev: 2

Pagina: **4** di **79**

13.4 Riserva idrica e pompaggio (zona k.4).....79

13.5 Sistema di controllo e monitoraggio delle emissioni odorigene (zona k.5).....79

1 PREMESSA

Lo scopo principale di questo documento è la descrizione puntuale dell'impianto. A differenza della relazione generale ogni singolo passaggio impiantistico viene dettagliato in modo da fornire al lettore le informazioni necessarie alla comprensione approfondita del funzionamento dell'impianto.

Per poter avere uniformità nella lettura del documento ogni blocco sarà caratterizzato nei suoi principali input e output, che essi siano di materia o energia.

Le nomenclature utilizzate in questo documento (e.g. C.5 Sistema rimozione sabbia e graniglia) sono le stesse utilizzate nella Tavola Aree Funzionali dell'Impianto (DOC. 18), tale approccio permette al lettore di poter univocamente collegare la descrizione di una parte di processo alla localizzazione in pianta e viceversa.

Per uniformare la descrizione del processo ogni descrizione di una zona riporterà come incipit una tabella con i dati caratteristici (e.g. flussi di materia, tipologia di area, flussi di energia, caratteristiche particolari etc.). Inoltre sarà anche riportato il blocchetto grafico utilizzato nella Tavola Bilancio di Massa – DOC 20.

Invece all'inizio del capitolo di ogni Area viene riportato uno stralcio della Tavola Aree Funzionali – DOC 18 in modo da avere, durante la consultazione, un rapido riscontro grafico delle zone descritte.

2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

Il progetto prevede la realizzazione di un **impianto per la produzione di biometano avanzato** da trattamento della Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano (di seguito FORSU). La soluzione proposta è in grado di processare fino 36.463 tonnellate/anno di matrici. Considerando le quantità di matrici trattate, 36.463 tonnellate/anno, si può dedurre come la quantità giornaliera non risulti superiore a 100 tonnellate/giorno.

L'impianto è stato progettato in modo da garantire l'autosufficienza termica tramite l'utilizzo di CHP, installazione di solare termico, scambiatori di calore per il recupero di cascami termici e pompe di calore, limitando, per quanto possibile, le dispersioni termiche fisiologiche dell'impianto. Questo è stato reso possibile apportando le seguenti migliorie:

- Controllo della temperatura su serbatoio di idrolisi e digestori con circuiti separati
- Coibentazione del tetto dei serbatoi in aggiunta alla coibentazione standard delle pareti
- Inclusione nel progetto di almeno un circuito di recupero termico in modo da ottimizzare il bilancio termico complessivo dell'impianto.
- Recupero termico dal sistema di upgrade del biogas in biometano
- Recupero termico dalla sezione WWTP (soffianti e ricircolo mixed liquor).

Il progetto oltre a prevedere la produzione di biometano è stato concepito per realizzare un digestato di alta qualità classificabile come fertilizzante dell'UE. La designazione specifica di tale fertilizzante è "**Categoria di Materiali Costituenti CMC 5**".

Una volta prodotto il biometano è prevista la consegna verso il metanodotto di prima specie fino a 77.

Il progetto inoltre prevede il completo recupero della CO₂ che viene prima purificata e poi liquefatta per essere stoccata. Ne consegue anche un'area di consegna dedicata al conferimento della CO₂ liquefatta ad appositi mezzi di trasporto.

L'impianto inoltre include un sistema interno di trattamento delle acque di processo e non in grado di garantire la compatibilità al D. Lgs 152/06 come dettagliato in modo esaustivo nella relazione specialistica "*DOC 04 – Relazione Specialistica Gestione delle Acque*".

Allo scopo di rendere il più chiaro e facilmente consultabile tale documentazione, l'impianto è stato idealmente suddiviso in aree funzionali. Nello specifico identifichiamo:

- A. Amministrazione e controllo
- B. Conferimento matrici
- C. Pretrattamento matrici
- D. Digestione anaerobica
- E. Trattamento digestato
- F. Upgrading Biometano/CO₂

- G. Consegna Biometano/CO₂
- H. Trattamento Acque
- I. Controllo Odori
- J. Gestione scarti
- K. Ausiliari

A sua volta queste aree funzionali sono state suddivise in delle sotto-aree o zone, indicate da un numero. Avremo quindi ad esempio a.1, a.2 etc., per evidenziarne il riferimento nel seguente documento sono sempre indicate tra parentesi (a.1) (a.2) etc.

Le zone possono far riferimento ad una singola macchina, ad un assieme di macchine, ma anche a dei locali o parti di esso dedicati ad uno scopo univoco come ad esempio lo stoccaggio di un certo materiale o lo svolgimento di una certa attività.

Descrizione dettagliata aree funzionali

3 AMMINISTRAZIONE E CONTROLLO (AREA A)

La zona A, Amministrazione e Controllo, come descritto anche dal nome, include tutte le funzioni relative all'amministrazione dell'impianto ed al controllo dello stesso.

Per quanto riguarda le funzioni amministrative, queste sono concentrate all'interno di un edificio, una palazzina suddivisa in tre piani. All'interno di tale edificio infatti sono svolte sia le funzioni amministrative aziendali, sia le funzioni amministrative per la gestione dello scambio di materia con l'esterno.

Al piano terra infatti è adibita una zona reception (a.2) nella quale avvengono gli scambi di documentazione con tutti gli automezzi che entrano o escono dall'impianto. Tutti gli automezzi che si fermano per lo scambio documentale sono al tempo stesso pesati dalla pesa identificata dalla sigla (a.3). Sono esentati da questa procedura tutti quei mezzi che non eseguono scambio di materia con l'impianto come ad esempio i mezzi propri dei dipendenti, i mezzi di ditte manutentrici esterne, etc.

Al piano primo e secondo sono presenti invece tutte le funzioni amministrative (a.1): Uffici, sale riunioni, bagni per il personale amministrativo.

Per quanto riguarda invece le funzioni di controllo, queste sono distribuite all'interno dell'impianto anche se esiste una sala di controllo principale (a.4) da cui è possibile monitorare tutto il processo è posizionata nello stesso edificio dove avviene il conferimento e pretrattamento delle matrici.

CONFERIMENTO MATRICI (AREA B)

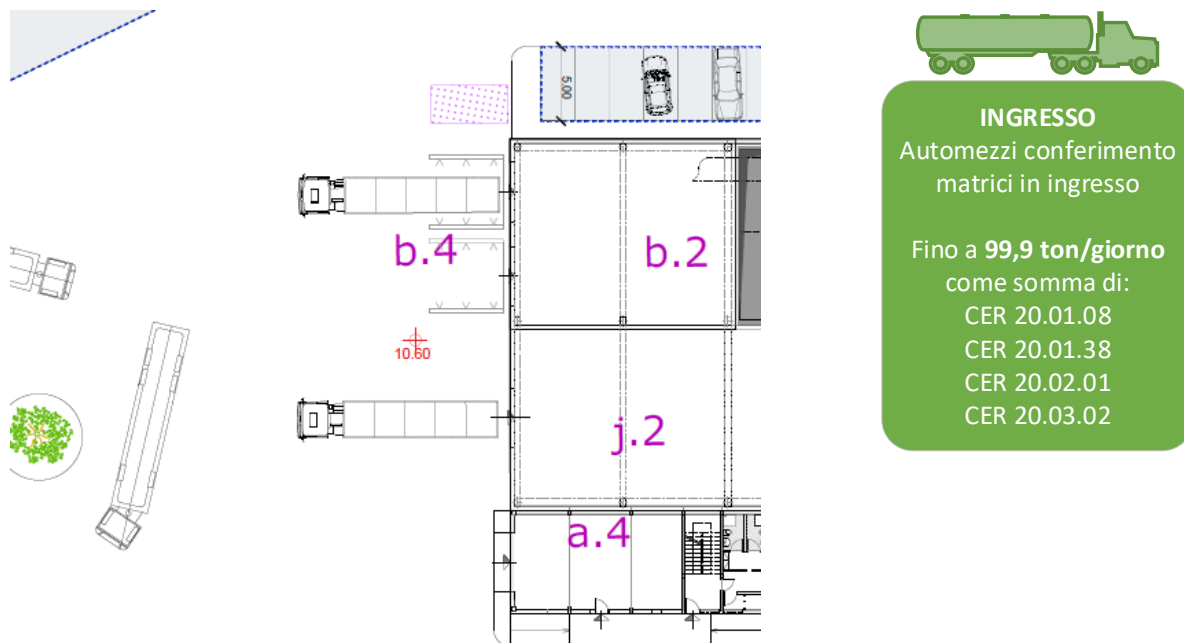


Figura 1: Stralcio relativo all'area B della tavola Aree Funzionali - DOC 18

In questa area funzionale avviene il conferimento delle matrici all'impianto.

L'area funzionale B include le seguenti zone:

- (b.1) Attesa e manovra
- (b.2) Conferimento
- (b.3) Fossa
- (b.4) Lavaruote

3.1 ATTESA E MANOVRA (ZONA B.1)

B.1
Zona Attesa e Manovra
conferimento

Dopo lo scambio documentale e la pesa l'automezzo viene autorizzato ad accedere all'impianto e quindi guidato da un percorso stradale dedicato alla presente zona (b.1). Una piccola parte di questa zona è utilizzata per far attendere, in fila, fino a 2 automezzi di grandi dimensioni o 4 di dimensioni più contenute. L'attesa viene gestita dal centro di controllo (a.4) il quale segue direttamente le operazioni di conferimento.

Quando il centro di controllo autorizza il mezzo a procedere, tramite un apposito semaforo, il mezzo accede alla parte dedicata alla manovra per poi entrare nella zona di conferimento.

Il mezzo deve manovrare per allinearsi ad uno dei due ingressi del locale conferimento ed entrarvi in retromarcia. Per facilitare la manovra sono previste delle linee guida impresse sulla pavimentazione.

Durante l'ingresso nel locale il mezzo transita anche sul sistema lavar ruote che però viene attivato solo durante l'uscita del veicolo. Tale sistema è successivamente dettagliato.

3.2 CONFERIMENTO (ZONA B.2)

Tipo di Zona	Porzione di edificio
Zona soggetta a controllo odori	SI (4 ricambi/ora)
Volumetria	2660 m ³
Altezza	14 m
Controllo contaminazione	SI

B.2
Locale conferimento a
pressione negativa

Per il conferimento viene utilizzata una porzione dell'edificio interamente sottoposto a controllo degli odori (sistema appartenente all'Area I successivamente descritta).

Dopo aver ricevuto autorizzazione l'automezzo manovra e si allinea con l'ingresso. A quel punto viene azionata automaticamente una porta rapida e viene fatto indietreggiare il veicolo.

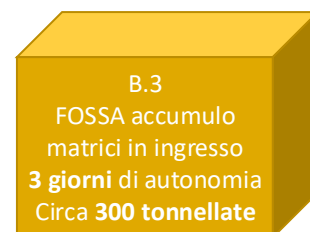
La porzione di edificio dedicata al conferimento è dimensionata per permettere il completo ingresso del veicolo e far **chiudere la porta rapida a manovra terminata**.

Una volta chiusa la porta rapida anteriore viene fatta aprire una seconda porta che permette a l'automezzo di arretrare ulteriormente per scaricare poi, grazie al ribaltabile, direttamente nella fossa ed **evitare quindi ogni possibile contaminazione delle proprie ruote**. Ad ulteriore misura preventiva la pavimentazione di questo locale presenta delle griglie di raccolta che permettono di lavare velocemente il pavimento con delle lance manuali in caso di necessità. L'acqua utilizzata, proveniente dal sistema di depurazione interno (Area H successivamente dettagliata) viene poi conferita nello stesso scarico del sistema lavar ruote (successivamente descritto).

La zona di conferimento è progettata per permettere lo scarico di due automezzi in parallelo, tuttavia non sempre saranno utilizzate entrambe le linee contemporaneamente. L'utilizzo di una doppia linea di conferimento permette di poter eseguire manutenzioni ordinarie e straordinari senza interrompere il conferimento in fossa delle matrici.

3.3 FOSSA (ZONA B.3)

Tipo di Zona	Porzione di edificio
Zona soggetta a controllo odori	SI (4 ricambi/ora)
Volume fossa	590 m ³
Profondità	5 m
Codici CER in ingresso	CER 20.01.08 CER 20.01.38 CER 20.02.01 CER 20.03.02
Quantità massima stoccabile	300 Tonnellate
Quantità giornaliera in ingresso	99,9 ton MAX



Considerando la possibilità di far lavorare una sola fossa alla volta, è stata assicurata la capacità di almeno 1,5 giorni di

autonomia senza conferimento. Con un conferimento giornaliero di 99,9 tonnellate una fossa può stoccare circa 150 tonnellate di matrici. Ogni fossa è prevista di un sistema di recupero e pompaggio dei percolati. Tale sistema viene utilizzato anche per rimuovere l'acqua di lavaggio durante la manutenzione.

L'acqua ed i percolati asportati dal sistema di recupero vengono direttamente immessi in testa alla linea di pretrattamento avendo comunque un buon contenuto organico da recuperare ed utilizzare nella digestione.

L'utilizzo di due fosse permette di eseguire manutenzione ordinaria e straordinaria senza fermare il conferimento delle matrici. Per la maggior parte dell'anno comunque sarà utilizzata una sola fossa alla volta.

Si tende a precisare che anche questa zona è in un ambiente a depressione in cui insiste il sistema di controllo odori citato precedentemente (Area I).

3.4 SISTEMA LAVARUOTE (ZONA B.4)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO
Ingresso di materia	15 m ³ /giorno di acqua proveniente dal sistema di trattamento acque
Uscita di materia	14 m ³ /giorno di acqua con possibile carico organico
Uscita di materia verso l'ambiente	1 m ³ /giorno di acqua evaporata
Flusso istantaneo di lavaggio	3 m ³ /min di acqua proveniente dal sistema di trattamento acque

A.4 Lavaggio ruote

Una volta eseguito lo scarico l'automezzo viene fatto avanzare leggermente nella zona di conferimento fino a permettere la chiusura della porta rapida lato fossa. Una volta chiusa la porta lato fossa viene aperta la porta rapida che permette poi l'uscita dell'automezzo. Durante l'uscita l'automezzo è obbligato a transitare in un sistema automatico di lavaggio ruote.

Il sistema riceve con continuità un flusso di acqua che viene accumulato in dei serbatoi esterni, durante il transito del veicolo il sistema lavar ruote utilizza 3 m³/min. L'attraversamento del sistema dura dai 15 ai 30 secondi per un utilizzo di acqua compreso quindi tra **750 e 1500 litri per ogni mezzo**.

L'acqua di lavaggio viene poi fatta transitare in un serbatoio dissabbiatore e successivamente inserita nuovamente nel ciclo dell'impianto. Al serbatoio dissabbiatore afferisce anche l'acqua proveniente dalle griglie di lavaggio presenti nell'area di conferimento che però hanno un utilizzo saltuario solo in caso di necessità.

Il carico di acqua giornaliero utilizzato dipende dal tipo e il numero di mezzi utilizzati. Una stima conservativa valuta il consumo come circa **15 m³/giorno di acqua proveniente dal sistema di trattamento acque**. Di questo flusso circa 14 m³/giorno di acqua con possibile carico organico vengono reintrodotti nel ciclo di pretrattamento e quindi trattati tramite digestione anaerobica. **In media durante l'anno circa 1 m³/giorno di acqua evapora in ambiente durante questo processo.**

4 PRETRATTAMENTO (AREA C)

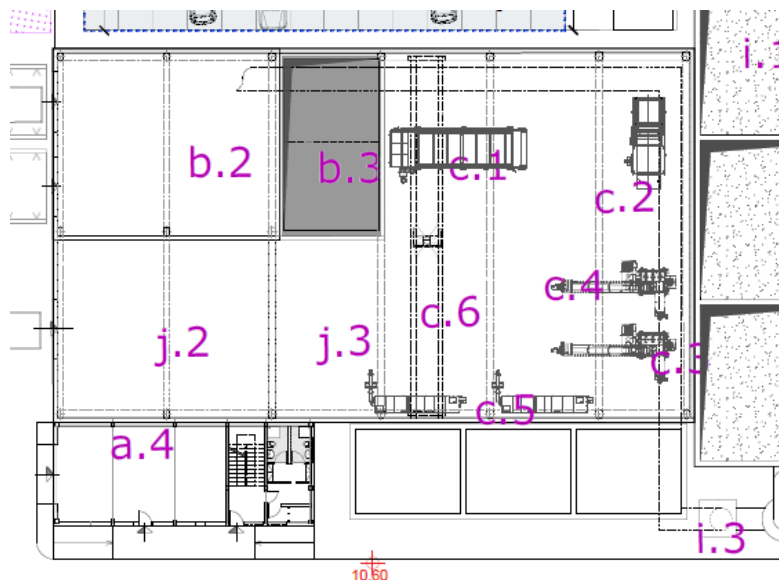


Figura 2: Stralcio relativo all'area C della tavola Aree Funzionali - DOC 18

L'Area funzionale C include le seguenti zone:

- (c.1) Sistema aprisacchi
- (c.2) Sistema rimozione metalli
- (c.3) Sistema di tritovagliatura o de-packaging
- (c.4) Trattamento materiale leggero di scarto
- (c.5) Sistema di rimozione sabbia e graniglia
- (c.6) Trattamento materiale inerte di scarto

In questa area funzionale avviene il pretrattamento. Le matrici, prelevate dalla fossa da un carroponete a gestione automatica, vengono depositate nella coclea del **sistema aprisacchi (c.1)**, dopo questo passaggio le matrici vengono movimentate tramite un nastro trasportatore a tazze in testa al **sistema di rimozione metalli (c.2)** e successivamente al **sistema di tritovagliatura (detto anche De-Packaging Machine DPM c.3)**. Le matrici poi, via via sempre più diluite in acqua, procedono al **sistema di rimozione sabbia e graniglia (c.5)**.

Durante i passaggi precedenti le matrici vengono quindi separate dagli scarti che vengono poi inviati all'Area di gestione scarti di pretrattamento (Area J) successivamente descritta. Il materiale leggero di scarto prodotto subisce un ulteriore trattamento nella zona **(c.4)** prima di passare all'area di gestione scarti. Come questo, anche i materiali inerti di scarto dal sistema di rimozione sabbia e graniglia **(c.5)** vengono ulteriormente trattati dal sistema di Trattamento materiale inerte di scarto **(c.6)**.

Durante gli stessi passaggi le matrici vengono via via diluite dall'acqua di processo proveniente dall'Area di trattamento Acque (Area H) fino a creare un impasto omogeneo poi facilmente gestibile e digeribile.

4.1 SISTEMA APRISACCHI (ZONA C.1)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	36.463 ton/anno di matrici 19,7 ¹ ton/h di matrici
Uscita di materia	19,7 ton/h di matrici triturate
Potenza elettrica di targa	55 kW

C.1
Sistema aprisacchi
Linea 1

Un sistema carroponte automatizzato dotato di una benna a polpo preleva dalla fossa una parte delle matrici e le deposita nella

tramoggia di alimentazione del sistema aprisacchi. Da questo punto in poi parte il processo di separazione organica.

La macchina è costituita da un tamburo con utensili studiati per la lacerazione dei sacchi della FORSU con l'ausilio di pettini idraulici. Macchina è composta da una struttura esterna di supporto e base per gruppo comando. La cassa è realizzata in lamiera antiusura completa di pettine e contro pettine apribile. Il rotore interno è dotato di denti intercambiabili per una facile manutenzione.

Lo scopo di questa macchina è quello di rompere i sacchi contenenti materia organica per permettere poi la successiva separazione dallo scarto.

¹ Flusso basato su un turno di lavoro complessivo di 8h (incluso preparazione iniziale dell'operatore, operazioni di pulizia finali e fine turno operatore) sui giorni lavorativi effettivi annui considerando un'effettiva disponibilità minima dell'unità per manutenzione ordinaria e straordinaria pari all'85%

4.2 SISTEMA DI RIMOZIONE METALLI (ZONA C.2)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	19,7 ton/h di matrici triturate ^{1:2}
Uscita di materia	16,4 ton/h di matrici triturate ^{1:2} 0,15 ton/d di scarto metallico ^{1:2} 47 ton/anno di scarto metallico²(CER 19.12.02 e CER 19.12.03)
Potenza elettrica di targa	26 kW ³

C.2 Sistema rimozione metalli

Il sistema di rimozione metalli è formato da una prima parte di rimozione metalli ferrosi ed una parte dedicata ai non ferrosi. Il deferizzatore in linea permette la rimozione della maggior parte dei metalli presenti nelle matrici trattate. Completo di struttura di sostegno e atto alla separazione degli inerti ferromagnetici all'interno del rifiuto organico

precedentemente triturato.

La deferizzazione prima delle operazioni di vagliatura, diluizione e omogeneizzazione evita che corpi metallici possano danneggiare i macchinari deputati al pretrattamento garantendo inoltre che frazioni metalliche non giungano alla massa da avviare alla maturazione aerobica assicurando una migliore qualità del digestato prodotto.

Successivamente alla rimozione dei metalli ferrosi è presente un sistema ECS per la rimozione di alluminio e altri metalli non ferrosi quali rame, argento, zinco, stagno e piombo.

I separatori ECS (Eddy Current Separator), si basano sul principio delle correnti indotte generate da un campo magnetico alternato, rotante e ad elevata frequenza (350-1000Hz).

Il separatore è composto da un nastro trasportatore al cui interno nella parte frontale è installato un rotore magnetico realizzato appositamente per il materiale da trattare. Durante il funzionamento, il rotore girando ad alta velocità, crea una potente corrente parassita o indotta. La separazione dei materiali non ferrosi avviene, quindi, per repulsione: quando si trovano sopra il rotore magnetico, essi vengono lanciati con forza proporzionale al rapporto tra la conducibilità elettrica e il loro peso specifico. Maggiore è il valore di questo rapporto, cioè maggiore è la conducibilità a parità di peso specifico, maggiore è la forza esercitata e quindi più ampio è il salto del metallo espulso.

² Quantità influenzate dalla qualità delle matrici conferite

³ Sono esclusi i sistemi di trasferimento (nastri trasportatori/coclee)

4.3 TRITOVAGLIATURA O DEPACKAGING DPM (ZONA C.3)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	19,7 ton/h di matrici triturate ^{1;4} 13,3 m ³ /h di acqua di processo (da MBR e ricircoli interni) ^{1;4} 17,5 m ³ /h di fanghi di supero da WWTP ^{1;3} 3,5 m ³ /h di acqua di processo (no MBR) ^{1;4}
Uscita di materia	53,5 ton/h purea ⁵ 1550 ton/a di materiale scarto²
Potenza elettrica di targa	160 kW

C.3 Tritovagliatura

Le matrici prima spaccettate e poi trattate dal sistema di rimozione metalli sono trasportate nella tramoggia di alimentazione. La tramoggia, tramite un convogliatore a vite di diametro 400mm fornisce le matrici alla macchina di tritovagliatura.

Il mulino di depackaging è costituito da un albero rotante ad alta velocità montato verticalmente e da martelli fissi, circondati da un pannello cilindrico, con una combinazione di fori a seconda delle

caratteristiche di alimentazione e dell'efficienza di separazione desiderata. In esercizio, i rifiuti organici vengono spinti attraverso i fori del pannello, mentre i materiali di rigetto (plastica e materiali duri) vanno verso la cima del mulino DPM per essere scaricati al trasportatore di rifiuti.

Il liquido di diluizione è iniettato al sistema per lavare il pannello e per dare la giusta consistenza alla purea che viene scaricata per gravità al sistema di rimozione sabbia e graniglia. Gli scarti dal trasportatore cadono direttamente in un apposito contenitore di smaltimento rifiuti che poi è inviato all'area di trattamento materiali leggeri (c.4) successivamente descritta.

⁴ Quantità influenzate dalla qualità delle matrici conferite e dall'umidità della stessa

⁵ Quantità influenzate dalla qualità delle matrici conferite e dall'umidità della stessa – Contenuto secco 14±0,5%

4.4 TRATTAMENTO MATERIALE LEGGERO DI SCARTO (ZONA C.4)

Tipo di Zona	Macchine
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	1550 ton/a di scarti leggeri con contenuto organico ^{1;4}
Uscita di materia	1210 ton/a di scarti leggeri da smaltire (CER 19.12.10 e 19.12.12^{1;4}) 340 ton/a liquami con contenuto organico riciclati in diluizione ^{1;4}
Potenza elettrica di targa	19 kW

C.4
Trattamento materiale
leggero di scarto

Il materiale di scarto prodotto dal sistema di tritovagliatura o DPM viene raccolto in dei contenitori e poi spostato nella zona qui descritta.

Il materiale di scarto proveniente dal DPM può trattenere sulle superfici una parte di residuo organico. Infatti, un

ulteriore passaggio è un compattatore a vite per recuperare ulteriore liquido dal materiale e ridurre la quantità di materiale destinata allo smaltimento. Il compattatore a vite recupera ulteriormente dal materiale di scarto esercitando una pressione sul materiale all'interno di un cilindro perforato. Il liquido scorre attraverso i fori di una matrice opportunamente dimensionata.

La frazione solida pretrattata nel compattatore viene inviata a una pressa a vite progettata per ottenere le massime prestazioni in termini di disidratazione e riduzione del volume e del peso delle plastiche da smaltire/recuperare. È costituita da una vite progettata con un albero di sezione conica. La vite ruota all'interno di un tamburo drenante ad alta resistenza. I rifiuti vengono trasportati e il liquido scorre attraverso l'intera superficie (drenaggio a 360°)

Grazie alla sezione conica dell'albero interno, la sezione di passaggio riduce progressivamente provocando un primo effetto di disidratazione durante tutta la lunghezza del trasportatore. La pressa a vite è dotata di un contrappeso azionato pneumaticamente. Il rigetto è schiacciato prima dello scarico.

I liquami recuperati vengono inviati, assieme alla purea prodotta dalla trito-vagliatura, al sistema di rimozione sabbia e graniglia (descritto nel successivo capitolo).

4.5 SISTEMA DI RIMOZIONE SABBIA E GRANIGLIA (ZONA C.5)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	53,5 ton/h di purea ^{1,4} 160 Nm ³ /h di aria di movimentazione
Uscita di materia	53 ton/h di purea ^{1,4} 910 ton/a di materiale palabile contenente principalmente di sabbia e graniglia^{1,4} 160 Nm ³ /h di aria da trattare
Potenza elettrica di targa	32 kW

C.5
Sistema rimozione sabbia
e graniglia

Il sistema di separazione graniglia è progettato per separare la frazione pesante dalla purea organica. Questo è fondamentale per eliminare le particelle abrasive prima di inviare la purea ai sistemi rotativi e alla tubazione a valle del sistema di digestione. Inoltre, la presenza di graniglia in una purea organica a "medio" o "alto"

contenuto di materia secca comporta una riduzione di tale materia a mano a mano che la parte volatile si trasforma in biogas.

La graniglia, se non rimossa, tenderà ad accumularsi nei serbatoi posti a valle, riducendone nel tempo il volume attivo e di conseguenza l'efficienza del processo.

Nei dissabbiatori aerati, l'aria è introdotta lungo un lato della vasca rettangolare per creare un flusso a spirale perpendicolare a quello che percorre la vasca. Le particelle di sabbia più pesanti che hanno un'alta velocità di sedimentazione decantano sul fondo della vasca. Le particelle più leggere, rimangono in sospensione e vengono rimosse dal ponte superiore, mentre sabbie e graniglia, più pesanti, vengono rimosse attraverso la coclea inferiore.

Vista l'importanza di questo sistema, essenziale nella strategia di allungamento delle manutenzioni ordinarie e nel contenimento delle manutenzioni straordinarie, sono successivamente dettagliati alcuni particolari di questa specifica zona.

4.6 TRATTAMENTO MATERIALE INERTE DI SCARTO (ZONA C.6)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	910 ton/a di materiale palabile contenente principalmente di sabbia e graniglia ^{1,3}
Uscita di materia	680 ton/a di materiale palabile contenente principalmente di sabbia e graniglia^{1,3} (CER 19.08.02) 230 ton/a di acqua di lavaggio e percolazione con contenuto organico riciclati in diluizione ^{1,3}
Potenza elettrica di targa	2 kW

Il sistema di rimozione è composto da dei dissabbiatori areati sulla cui linea di scarico degli inerti sono posti in seguito:

- idrociclone
- lavaggio e classificazione
- disidratazione delle sabbie.

Idrociclone

La graniglia separata nel dissabbiatore viene rimossa costantemente dal sistema tramite la coclea dedicata e inviata all'idrociclone a portata costante tramite pompaggio.

All'ingresso dell'idrociclone la graniglia viene investita da una notevole portata d'acqua che permette la separazione della materia organica adesa sulla sabbia

e successivamente separata grazie alla forza centripeta causata dal vortice indotto all'interno dell'apparecchiatura. La graniglia e la frazione di liquido più pesante sono scaricate dal fondo dell'idrociclone. Il flusso maggiore, la frazione più leggera, viene scaricata dall'overflow dell'idrociclone e viene ricircolato in testa al dissabbiatore. La componente più pesante, scaricata nella parte bassa dell'idrociclone è convogliato per gravità nell'unità a valle dove viene lavata e separata dalla materia organica per poi essere inviata alla disidratazione finale.

Lavaggio e classificazione

Il "grit washer" viene utilizzato per la separazione dei materiali sabbiosi e per il lavaggio simultaneo delle sostanze organiche.

È costituito da una tramoggia tronco-conica dotata di un sistema di agitazione, collegato ad una coclea per l'estrazione di solido con albero centrale. La coclea a spirale è normalmente collegata direttamente al motore tramite un albero flangiato. Nella parte inferiore della tramoggia può essere presente un sistema di ingresso dell'acqua pulita in controcorrente che ha lo scopo di rimuovere le sostanze organiche presenti nelle sabbie.

L'acqua che entra nella tramoggia viene mantenuta in movimento dall'agitatore centrale e dal movimento di rotazione. Questo ha lo scopo di facilitare la sedimentazione della sabbia e allo stesso tempo di mantenere la sospensione del materiale organico. La sabbia, nel suo viaggio verso il fondo, viene investita dall'acqua di lavaggio alimentata in controcorrente, e poi essere estratta dalla coclea.

L'acqua di controcorrente ha anche il compito di facilitare la risalita delle sostanze organiche, che vengono poi evacuate. L'acqua chiarificata viene invece evacuata nella parte superiore della tramoggia conica. Il movimento rotatorio continuo della massa d'acqua consente alla sabbia di passare dalla tramoggia alla coclea di scarico, che trasmette l'uscita.

Disidratazione su filtri a sacco

Sabbia e graniglia, una volta rimossa la frazione organica adesiva, viene inviata, tramite la coclea del sistema di lavaggio, a dei filtri a sacco per la successiva disidratazione. Il liquido viene separato dalla filtrazione che fluisce per gravità verso il pozzetto di drenaggio, mentre la graniglia viene trattenuta nel sacco.

Multipli filtri a sacco consentiranno, in ambiente asciutto e al riparo dalle intemperie, grazie a un tempo di ritenzione prolungato, il raggiungimento di un contenuto di secco molto elevato (fino all'80%). Questo specifico trattamento è al tempo stesso sia parte del pretrattamento che parte dell'area di gestione scarti (Area funzionale J) e viene quindi descritto nella sua funzione di stoccaggio.

5 DIGESTIONE ANAEROBICA (AREA D)

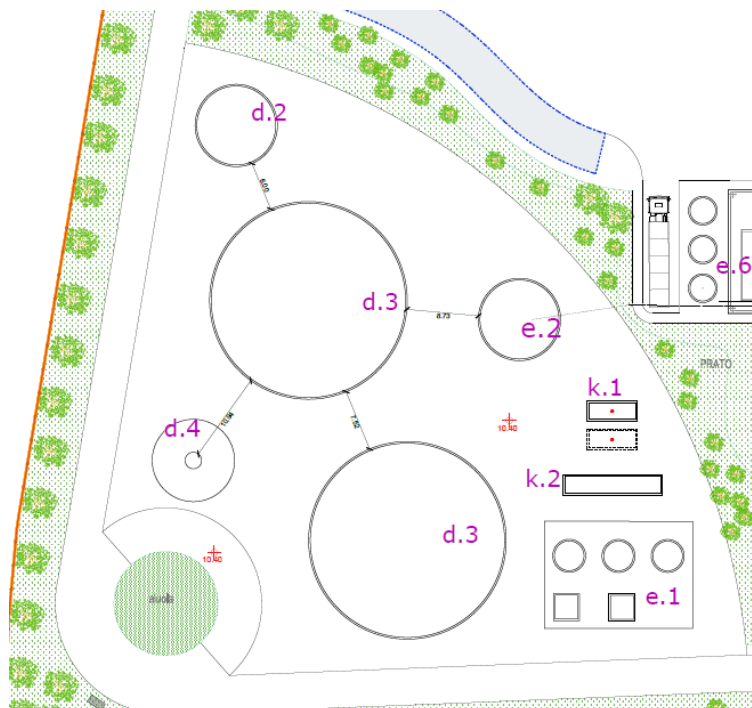


Figura 3: Stralcio relativo all'area D della tavola Aree Funzionali - DOC 18

In quest'area avviene la digestione anaerobica della purea proveniente dal pretrattamento. L'area funzionale include tutti i passaggi dall'accumulo della purea appena prodotta dal pretrattamento fino all'uscita del digestato dal digestore.

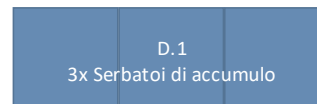
Nel dettaglio l'area include le seguenti zone:

- (d.1) Buffer tank
- (d.2) Idrolisi
- (d.3) Digestione anaerobica
- (d.4) Torcia d'emergenza

La purea proveniente dall'Area C, composta da acqua e sostanza organica viene immediatamente accumulata nella zona di **Buffer Tank (d.1)**, all'occorrenza e solo dopo un periodo di miscelazione ed omogeneizzazione, la purea viene prelevata e trasferita, tramite un sistema di tubazioni, al serbatoio di **Idrolisi (d.2)** dove la purea viene portata nelle condizioni di avviare il processo di digestione nelle fasi di Acidogenesi e Acetogenesi poi successivamente descritte. Dopo un periodo di residenza nell'area di Idrolisi la purea viene inviata alla **Digestione Anaerobica (d.3)** dove la purea rimane per un periodo totale di digestione di **40 giorni**. In quest'area è inclusa anche una **Torcia di Emergenza (d.4)**

5.1 BUFFER TANKS (ZONA D.1)

Tipo di Zona	Serbatoi
Zona soggetta a controllo odori	SI
Ingresso di materia	Circa 53 ton/h ⁶ di purea
Uscita di materia	Circa 11 ton/h ⁷ di purea
Potenza elettrica di targa	75 kW ⁸
Volume interno	290 m ³ a serbatoio



La purea trattata proveniente dall'Area di pretrattamento (Area C) è alimentata a 3 serbatoi di accumulo (buffer tanks) e

scaricata sopra al livello del liquido per evitare l'effetto sifone e prevenire perdite nell'ambiente. Tali serbatoi hanno tre funzioni primarie:

- **Stoccaggio** del liquido in ingresso al fine di compensare le fluttuazioni di portata al digestore.
- Dare **omogeneità** all'alimentazione attraverso la miscelazione dei liquidi da trattare
- **Salvaguardia** del tank di idrolisi evitando depositi di graniglia indesiderati al suo interno

La scelta di prevedere 3 serbatoi di accumulo in servizio in parallelo è stata fatta per permettere di effettuare **operazioni di manutenzione e pulizia** all'interno di un serbatoio per rimuovere eventuali residui di materiale inerte al suo interno sfuggiti alla precedente sezione di trattamento, mentre gli altri serbatoi rimarranno in servizio garantendo così la continuità operativa del sistema. L'impianto è dimensionato per lavorare con 2 buffer tank, dando tutto il tempo di eseguire la manutenzione del serbatoio non in urgenza bensì con approccio pianificato. I buffer tanks lavorano a volume variabile e a temperatura ambiente e garantiscono un'alimentazione pressoché costante al serbatoio di idrolisi successivo a cui è demandata ogni funzione di processo di origine batterica.

I serbatoi sono miscelati attraverso il sistema SUEZ "**Monsal Jet Mixing System**" o equivalente in modo da garantire l'omogeneità della miscela alimentata e mantenere in sospensione la componente organica della purea.

Quando l'impianto è in marcia, l'operatore deve controllare periodicamente la concentrazione di solido secco nella purea; se risulta essere troppo elevata, cosa che può verificarsi se il volume si riduce o se viene interrotta l'alimentazione ai serbatoi, è necessario alimentare acqua o centrato.

⁶ Flusso basato su un turno di lavoro complessivo di 8h (incluso preparazione iniziale dell'operatore, operazioni di pulizia finali e fine turno operatore) sui reali giorni lavorativi annui considerando un'effettiva disponibilità minima dell'unità per manutenzione ordinaria e straordinaria pari all'85%

⁷ Flusso basato su alimentazione automatizzata a batch della sezione di idrolisi distribuito sull'intero arco delle 24h per l'intera durata dell'anno.

⁸ Il valore indicato include anche le macchine di scorta installate

5.2 IDROLISI (ZONA D.2)

Tipo di Zona	Serbatoi
Zona soggetta a controllo odori	NO (ciclo chiuso)
Ingresso di materia	11 ton/h di purea
Uscita di materia	11 ton/h di purea a 30-42°C
Potenza elettrica di targa	95 kW ⁹
Potenza termica nominale	450 kWt ¹⁰
Volume interno	830 m ³ massimo volume di processo ¹¹ 80 m ³ volume sotteso dal tetto ¹² 680 m ³ di franco ¹³

La purea proveniente dai serbatoi di accumulo anche detti **Buffer Tanks (d.1)** viene alimentata al serbatoio di idrolisi al di sopra al livello del liquido per evitare l'effetto sifone.

Il tank di idrolisi lavora normalmente con tempo di ritenzione idraulico, temperatura e pH costanti al fine di ottimizzare il processo biologico e massimizzare la quantità di biogas prodotto all'interno dei digestori. Tale serbatoio ha tre funzioni primarie:

- **Attivare i primi stadi del processo** di digestione (idrolisi e acidogenesi)
- **Ottimizzare** le condizioni operative e la distribuzione degli acidi grassi in ingresso ai serbatoi di digestione
- Funzione di **buffer tank di emergenza** in caso di manutenzione straordinaria dei serbatoi di accumulo iniziale.

I batteri naturalmente presenti nell'alimentazione danno inizio al processo di idrolisi e acidogenesi. L'effetto di questo processo è quello di solubilizzare il COD e generare VFA con il risultato di migliorare la reologia così come il condizionamento della purea prima della digestione.

Tale serbatoio è progettato con un tempo di **ritenzione idraulica di 3 giorni** i quali, **sommati a quelli di ritenzione della fase successiva**, la digestione, costituiscono il tempo di ritenzione della digestione.

⁹ Il valore indicato include gruppi di pompaggio alle unità successive e le macchine di scorta installate ma esclude le potenze relative ai sistemi di circolazione dell'acqua calda

¹⁰ Il reale fabbisogno termico dipende dalla qualità della matrice in ingresso, portate riciclate e condizioni ambientali quali temperature dell'aria, vento, irraggiamento e temperatura del suolo

¹¹ È possibile che il serbatoio lavori con un livello della fase liquida inferiore al massimo per esigenze di processo

¹² È possibile che il serbatoio lavori con un livello della fase liquida inferiore al massimo per esigenze di processo

¹³ Il volume del franco disponibile all'interno del reattore è normalmente occupato dal gas.

Il serbatoio d'idrolisi è miscelato attraverso il sistema SUEZ "**Monsal Jet Mixing System**" o equivalente in modo da garantire l'omogeneità della miscela alimentata.

Al fine di minimizzare la dispersione termica del serbatoio, sarà prevista sia la coibentazione delle pareti che l'applicazione dell'isolante termico anche sul tetto del serbatoio, riducendo di oltre il 20% il fabbisogno energetico per il riscaldamento dello stesso.

Dal punto di vista del processo, tale serbatoio è costantemente monitorato attraverso i seguenti sistemi:

- Trasmettitore di livello idrostatico: L'altezza del liquido è costantemente monitorata dal sistema di controllo per evitare l'eccessivo riempimento del serbatoio;
- Trasmettitore di livello tipo radar: Lavorando insieme al trasmettitore di cui sopra, l'altezza della schiuma è costantemente monitorata da trasmettitori di livello collegati ad allarmi e interblocchi in modo da permettere di controllare le operazioni sul serbatoio sia in automatico che in manuale.
- Analizzatore di pH sul circuito di ricircolo/miscelazione
- Trasmettitore di temperatura sul circuito di ricircolo/miscelazione

Il riscaldamento del flusso in ingresso al serbatoio e il mantenimento della temperatura interna è garantito da un sistema di scambio termico esterno. Tale sistema insiste su un circuito di acqua calda a cui afferiscono tutti i circuiti di recupero termico a bassa temperatura.

Durante il periodo estivo è possibile effettuare la manutenzione e la pulizia dello scambiatore in quanto è possibile bilanciare il mancato riscaldamento dell'idrolisi con un maggiore riscaldamento dei digestori.

La temperatura all'interno del serbatoio può essere regolata dal sistema di supervisione in un range di temperatura compreso tra i 30°C e i 42°C in modo da poter ottimizzare il processo di idrolisi e acidogenesi e di conseguenza la produzione di biogas e al contempo evitare sovrariscaldamenti dei digestori durante il periodo estivo.

Il sistema appena descritto necessita sia di energia elettrica che di energia termica. Tramite il loop di controllo dell'impianto viene automaticamente dosata la quantità di acqua calda che va a scambiare calore con il fluido interno. Questa specifica zona d'impianto è inserita in un loop di acqua calda a bassa temperatura circa 50°C. Per dettagli sul circuito di riscaldamento fare riferimento all'Area Ausiliari (Area K) e nello specifico alla zona del Cogeneratore (k.2)

5.3 DIGESTIONE ANAEROBICA (ZONA D.3)

Tipo di Zona	Serbatoi
Zona soggetta a controllo odori	NO (ciclo chiuso)
Ingresso di materia (totale)	11 ton/h di purea
Uscita di materia (totale)	10 ton/h di digestato a 37-40°C 700-800 Nm ³ /h di Biogas
Potenza elettrica di targa (totale)	133 kW ¹⁴
Potenza termica nominale (totale)	280 kWt ¹⁵
Volume interno (per serbatoio)	5580 m ³ lordi di cui 4900 m ³ di processo 680 m ³ di franco ¹⁶
Volume cupola (per serbatoio)	1130 m ³ di gas ¹⁷



Il fango idrolizzato viene trasferito dalla pompa di alimentazione dal serbatoio di idrolisi ai digestori anaerobici ad intervalli regolari in accordo al funzionamento della sezione di pastorizzazione e all'andamento dell'alimentazione dell'impianto. Opera nell'intervallo di temperatura mesofila compreso tra **37 e 40 ° C**. La temperatura del

processo del digestore viene mantenuta costante tramite uno scambiatore di calore dedicato collegato al sistema di ricircolo del fango. L'acqua che fornisce calore a questa zona fa parte dello stesso circuito descritto precedentemente e successivamente descritto assieme al cogeneratore.

Lo scambiatore ha inoltre la funzione di colmare il gap di temperatura tra l'idrolisi e la digestione, in quanto le due sezioni di trattamento possono lavorare a temperature differenti per ragioni di processo o in caso di manutenzione straordinaria del circuito di recupero termico durante la stagione invernale.

La digestione delle sostanze organiche si verifica durante il tempo di ritenzione idraulica (**HRT – Hydraulic Retention Time**) della sezione di digestione, che in genere è compreso tra 20 a

¹⁴ Il valore indicato include gruppi di pompaggio alle unità successive e le macchine di scorta installate ma esclude le potenze relative ai sistemi di circolazione dell'acqua calda

¹⁵ Il reale fabbisogno termico dipende principalmente dalla portata di alimentazione e dalle condizioni ambientali

¹⁶ Il volume del franco disponibile all'interno del digestore è normalmente occupato dal gas e dalle eventuali schiume presenti. È possibile fare variare il livello del liquido all'interno del digestore al fine di rimuovere eventuali surnatanti o contaminanti leggeri che si dovessero accumulare all'interfaccia liquido-gas.

¹⁷ Volume utile (1370m³ volume sotteso)

24 giorni in condizioni di progettazione. Il tempo di ritenzione idraulica complessivo previsto per questa applicazione risulta essere pari a **40 giorni**. L'HRT totale è calcolato considerando anche il volume del serbatoio di idrolisi in quanto le due fasi del processo sono state separate al fine di ottimizzarlo gestendo in modo più accurato ciascuna di esse.

I micro-batteri avviano il processo di fermentazione e disintegrano il materiale organico producendo biogas. Il contenuto del digestore viene costantemente miscelato ricircolando una parte del biogas generato. I digestori saranno dotati di un sistema di miscelazione sequenziale del gas (SGM) proprietario SUEZ o equivalente che garantisce un elevato volume attivo (> 90%), parametro importante per l'effettivo utilizzo del volume del digestore.

La miscelazione sequenziale con gas è uno dei sistemi più efficaci per miscelare completamente i digestori, inoltre non richiede alcuna attrezzatura meccanica interna che sia soggetta a "rotture" o guasti meccanici che richiedono manutenzione.

Il Sistema a miscelazione sequenziale dei gas proposto presenta quindi i seguenti vantaggi:

- Elevato volume attivo nel digestore (> 90%) per ottenere un migliore uso del sistema del digestore
- Efficace miscelazione entro 2 ore, anche con fanghi ispessiti (alimentazione fino al 15% DS)
- Semplice manutenzione delle apparecchiature all'esterno senza interferire con il funzionamento del digestore
- Bassa energia di miscelazione (1,5 -2 W/m³)

Altre apparecchiature come pompe, compressore per il sistema di miscelazione e scambiatore sono collocate su plinti in cemento per facilitare le operazioni di manutenzione e pulizia.

La temperatura all'interno del digestore sarà mantenuta costante in accordo al fabbisogno energetico, alla quantità di calore sviluppata dalle reazioni endotermiche all'interno del reattore, alla temperatura del fluido in ingresso e alle condizioni ambientali. È presente uno scambiatore di calore esterno che provvederà al fabbisogno termico durante la stagione invernale qualora necessario.

Il digestore è collegato con una serie di controlli tra i quali:

- Livello liquido e schiuma
- Temperatura pura
- Pressione gas

Tali strumenti interagiscono con il sistema di controllo o autonomamente in modo da facilitare le operazioni d'impianto in sicurezza e permettere agli operatori di ottimizzare l'operatività del sistema e proteggerlo da quelle anomalie che potrebbero danneggiarlo.

Da questo sistema si ottengono quindi due flussi in uscita, il Biogas prodotto dalla digestione (700-800 Nm³/h) e il digestato (circa 22m³/h).

5.3.1 Dettagli Cupola

I digestori sono dotati di cupola gasometrica a tripla membrana per lo stoccaggio del biogas prodotto nell'impianto con un volume pari a circa 5 ore di produzione media di biogas.

Il gasometro è formato da 3 differenti strati di membrana che lavorano a formare una copertura sul digestore:

- Il telo esterno in fibra poliestere spalmata PVC è tenuto in pressione con aria.
- La membrana intermedia isolante, costituita da un materiale a tre strati ultra-schermato per separare la camera inferiore del gas da quella superiore dell'aria; gli strati speciali di questa membrana fungono da protezione contro la dissipazione di calore.
- Il telo interno del gas in fibra poliestere spalmata PVC è dotato di uno speciale strato di protezione saldature.

Il gasometro è pressurizzato da una soffiante a potenza ridotta funzionante 24h/24h ed è regolata da una speciale valvola che forza l'aria ad entrare nella camera dell'aria solo in caso in cui la pressione nella cupola sta diminuendo. Grazie a questo sistema combinato vi è uno scambio limitato di aria nella stessa camera con una riduzione di perdita di calore per il ridotto flusso di aria fredda in entrata. Questo effetto può essere realizzato solo in una cupola a 3 membrane, perché non c'è necessità di ricambio costante di aria di sicurezza. Questo a causa della barriera fisica data dalla membrana intermedia tra le due camere indipendenti (aria e gas).

Il gasometro ha una duplice funzione. In primo luogo, si tratta di un dispositivo di sicurezza che agisce come volume tampone a servizio del digestore e del serbatoio di idrolisi. Infatti, quando il liquido viene espulso dal serbatoio di idrolisi, il biogas proveniente dal serbatoio di accumulo compensa la differenza di volume mantenendo costante la pressione. Allo stesso modo, raccoglie il biogas prodotto dal digestore evitando sovrappressioni. La seconda funzione del serbatoio di accumulo è quella di rendere costante la portata di biogas al sistema di upgrading qualora la portata prodotta dal digestore non lo fosse.

Il gasometro funge da dispositivo di regolazione della pressione nel sistema gas. L'aria viene soffiata in una sacca esterna che circonda la membrana interiore. L'uscita dell'aria è limitata da una valvola di regolazione per creare una pressione costante nel sacchetto esterno, e questo a sua volta pressurizza il gas alla stessa pressione. Mantenendo il gas ad una pressione positiva in ogni momento viene eliminato il rischio che l'ossigeno (dall'aria) possa essere aspirato nel sistema a causa di una perdita o di una valvola e viene eliminato quindi il rischio potenziale di una miscela esplosiva di metano ed aria.

Il gasometro è dotato di una valvola limitatrice di pressione e di vuoto che la protegge contro pressioni troppo alte o basse che potrebbero verificarsi in caso di guasto anomalo. Questo è un dispositivo di sicurezza e non opera nelle normali condizioni di lavoro.

Il condensato prodotto viene raccolto e inviato al sistema di drenaggio. A tal fine sono previsti degli scaricatori di condensa installati nel punto più basso.

Per quanto riguarda le trasformazioni chimiche fisiche che avvengono prima dell'uscita della purea iniziale dal digestore sotto forma di digestato è possibile trovarne un approfondimento in Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

5.3.2 Composizione tipica Biogas prodotto

La composizione attesa del Biogas prodotto dalla digestione anaerobica è principalmente:

- 55-65% Metano

- 44-39% CO₂

La portata di Biogas prodotto è quella stimata con una qualità media della frazione di organico contenuta nelle matrici in ingresso e con uno scarto di circa il 15%. Al variare di questi parametri la produzione di Biogas può variare in quantità e composizione.

Per il progetto e per la stima di producibilità, in ottica conservativa, sono considerate delle condizioni peggiori di quelle attese.

Tabella 1: Parametri di progetto del Biogas prodotto durante la digestione Anaerobica

PARAMETRO	SIMBOLO	UNITÀ	VALORE
Flusso biogas secco ¹⁸	Q	Nm ³ /h	700
Pressione	P	Barg	0,1
Temperatura	T	°C	44
Metano	CH ₄	% vol	55
Anidride Carbonica	CO ₂	% vol	44,5
Ossigeno	O ₂	% vol	0,1
Azoto	N ₂	% vol	0,4
Acido Solfidrico	H ₂ S	ppmv	2000
Ammoniaca	NH ₃	mg/Nm ³	1000*
VOC		mg/Nm ³	1000

* nel caso in cui questo valore risulti più basso non sarà inserita un'unità di scrubbing dedicata all'ammoniaca.

¹⁸ Si assume una produzione di "targa" dell'impianto pari a 742 Nm³/h come valore di dimensionamento delle unità a valle, la cui operatività sarà verificata per la portata massima e di picco

5.4 TORCIA D'EMERGENZA ZONA (D.4)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO (ciclo chiuso)
Ingresso di materia max	1200 Nm ³ /h di gas
Uscita di materia	1200 Nm ³ /h di gas combusto
Potenza termica nominale	3,78 MW _t



In caso di impossibilità di smaltimento del Biogas

prodotto, la cui unica catena è l'upgrading a Biometano e la consegna in rete o liquefazione, è possibile attivare la torcia di emergenza.

La torcia deve essere in grado di smaltire almeno 1,5 volte la portata di gas prodotto dai digestori. Vista la portata nominale considerata pari a 742 Nm³/h risulta una portata minima di torcia pari 1113 Nm³/h ed è stata scelta una torcia con portata massima di 1200 Nm³/h.

Questa tipologia di torcia è progettata allo scopo di ottenere una efficienza di combustione elevata e di conseguenza ottenere valori di CO e NO_x a valle della combustione, molto contenuti e tracciabili dalle predisposte prese di analisi accessibili dall'esterno misurando anche il contenuto di ossigeno **maggiore del 3% di volume**.

La torcia ad alta temperatura consiste in un bruciatore installato alla base, dotato di un pilota di accensione ad alta energia e un sistema di rilevamento fiamma tramite UV scanner.

L'aria comburente viene convogliata a mezzo di una serranda automatica che tramite una sonda di temperatura immersa nella zona di combustione, automaticamente modula la portata garantendo la costante temperatura di combustione fino a d un max. di 1.200 °C (visibile e registrabile dal quadro di comando).

Considerando il funzionamento della torcia a portata nominale d'impianto ed un potere calorifico inferiore (PCI) del Biogas pari a 5,1 kWh/Nm³ possiamo stimare la potenza pari a:

$$P_t = PCI * M = 5,1 \left[\frac{kWh}{Nm^3} \right] * 742 \left[\frac{Nm^3}{h} \right] = 3,78 MW_t$$

6 TRATTAMENTO DIGESTATO (AREA E)

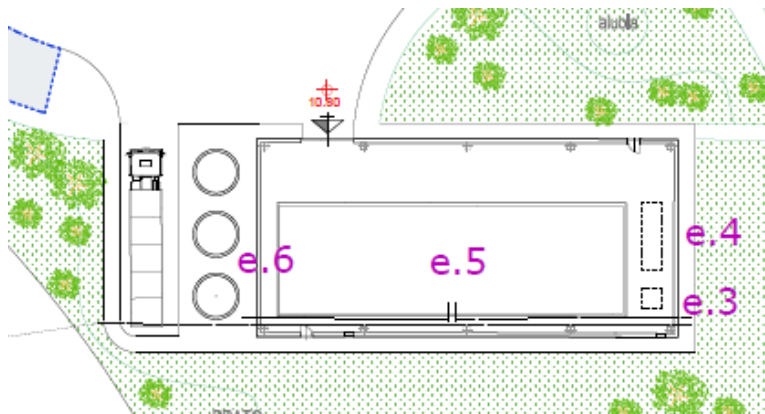


Figura 4: Stralcio relativo all'area E della tavola Aree Funzionali - DOC 18

In quest'area avviene il trattamento del **digestato**. Per la tipologia di digestione utilizzata, ed i tempi di ritenzione molto lunghi, superiori a 40 giorni, la materia in uscita dalla digestione (Area D) non ha più carico organico in grado di produrre ulteriore gas. Per garantire un digestato di qualità compatibile con le normative relative al fertilizzante europeo (Già citate nella Relazione Generale – DOC 1) subito dopo la digestione anaerobica la purea subisce un processo di pastorizzazione (**zona e.1**) dopo il quale il flusso viene vagliato ed inviato al serbatoio di post digestione (**zona e.2**). Da questo serbatoio, in maniera continua ed automatica il digestato viene prelevato, viene eseguito uno screening (**zona e.3**) e immesso nella centrifuga (**zona e.4**) per poi essere essiccato (**zona e.5**) e stoccato (**zona e.6**) all'interno di Big bag impilabili o silos. Infine, il digestato prodotto viene conferito, tramite una coclea o il carico di Big bag su un automezzo posizionato nella piazzola dedicata (**zona e.7**).

6.1 PASTORIZZAZIONE (ZONA E.1)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	NO (ciclo chiuso)
Ingresso di materia (totale)	11 ton/h di digestato a circa 37-40°C
Uscita di materia (totale)	11 ton/h di digestato pastorizzato a 70°C
Potenza elettrica di targa (totale)	12 kW
Potenza termica nominale (totale)	460 kWt ¹⁹
Volume interno (per serbatoio)	11 m ³ ²⁰



Il digestato proveniente dal reattore anaerobico viene sottoposto ad un processo di pastorizzazione, tramite il sistema proprietario SUEZ ADT Monsal 70 o equivalente, finalizzato all'eliminazione di microrganismi patogeni eventualmente presenti. Il fluido viene pompato attraverso una doppia sezione di "preriscaldamento" che innalza la temperatura del digestato nominalmente dalla temperatura operativa del digestore a 70°C.

Il primo stadio permette il recupero diretto del calore a valle della pastorizzazione, mentre il secondo stadio, è alimentato da un circuito a cui è asservita una pompa di calore per il recupero del calore residuo. **Il mantenimento della temperatura di pastorizzazione è garantito dalla tracciatura elettrica del serbatoio.**

Il sistema è composto da tre serbatoi che lavorano in modalità sequenziale con entrate ed uscite discontinue. Coordinando tali serbatoi ed alternando riempimenti e svuotamenti, si riesce ad ottenere un flusso continuo sia per il prelievo dal digestore che per il conferimento al successivo serbatoio di post-digestione (zona e.2)

La pastorizzazione avviene in una serie di serbatoi che vengono ciclicamente svuotati parzialmente e successivamente riempiti. In condizioni stazionarie il ciclo di funzionamento si baserà su una sequenza riportata di seguito:

1. Estrazione del volume da scaricare
2. Caricamento del serbatoio con digestato fresco
3. Riavvio della miscelazione
4. Mantenimento della miscelazione e della temperatura

¹⁹ Fabbisogno al lordo dei recuperi da cascami termici – include il fabbisogno necessario per il mantenimento della temperatura interna.

²⁰ Volume netto di processo – volume lordo del serbatoio pari a 15m³. Tale volumetria è calcolata considerando una disponibilità dell'unità pari al'85% per tenere conto di eventuali fermi per manutenzioni e ispezioni.

5. Arresto della miscelazione
6. Riavvio da punto 1

Il serbatoio di pastorizzazione viene miscelato attraverso un circuito esterno di ricircolo. Ogni serbatoio è fornito con tre trasmettitori di temperatura e uno di livello. Il sistema registrerà, per ogni ciclo di pastorizzazione, diversi parametri quali il tempo e la temperatura per garantire la conformità alle normative locali. In **nessun momento i fanghi non pastorizzati** possono essere inviati al post digestore e successivamente disidratati.

Come anche evidenziato nello schema di processo, successivamente alla pastorizzazione il digestato attraversa uno scambiatore di calore. Tale passaggio permette di recuperare molto calore **generando un cascame termico molto importante**. Con questo scambiatore di calore infatti si mettono in collegamento due flussi di pari portata massica e con un ΔT di circa 25-35°C

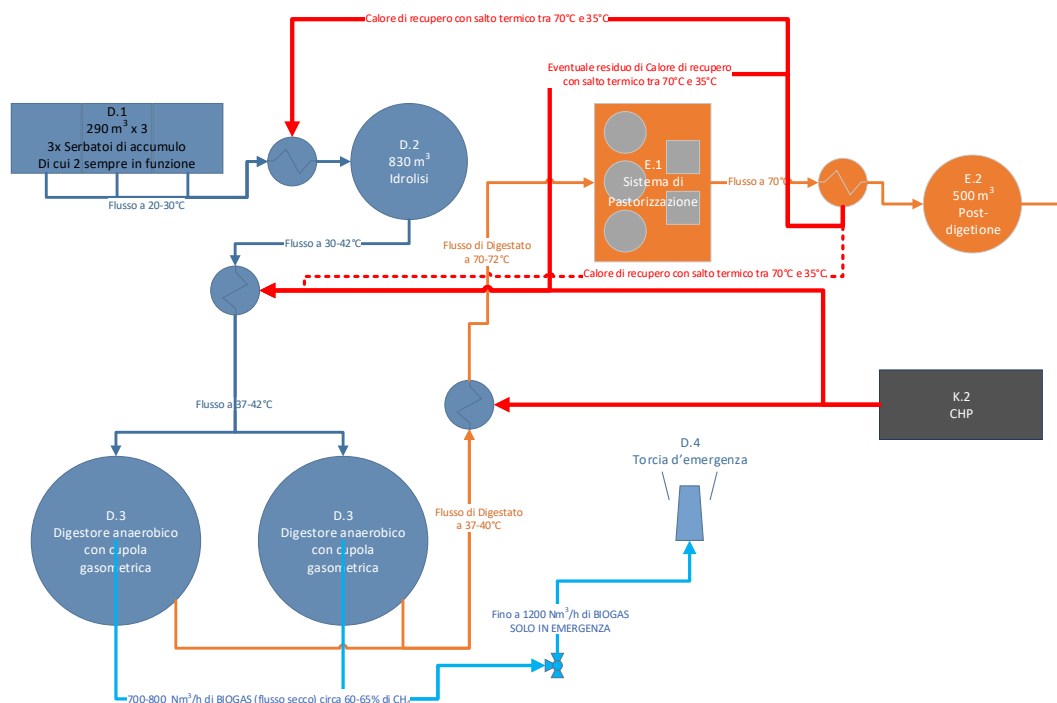


Figura 5: Stralcio relativo al cascame termico della pastorizzazione (freccia rossa) dalla Tavola di Bilancio di Massa - DOC 20

6.2 POST-DIGESTIONE (ZONA E.2)

Tipo di Zona	Serbatoio
Zona soggetta a controllo odori	SI (aria utilizzata inviata al sistema di trattamento odori)
Ingresso di materia (totale)	10 ton/h di digestato pastorizzato 340 Nm3/h di aria pulita
Uscita di materia (totale)	10 ton/h di digestato pastorizzato 340 Nm3/h di aria contenente odori da trattare
Potenza elettrica di targa (totale)	33 kW ²¹
Volume interno (per serbatoio)	500 m ³



Il serbatoio raccoglie il digestato che viene scaricato dall'unità di screening a valle del digestore anaerobico.

Questo serbatoio opera come serbatoio d'accumulo per il processo di disidratazione del digestato. Il serbatoio è equipaggiato dal sistema di miscelazione a aria di SUEZ - Air Mixing System o equivalente - che ha una duplice funzione:

- Sistema di sicurezza in quanto inibisce eventuali fenomeni residui di metanogenesi;
- Previene i depositi della miscela.

Tale sistema prende aria dall'esterno, la comprime e la inietta sequenzialmente attraverso degli ugelli collocati all'interno del serbatoio. Il sistema è progettato per garantire elevata miscelazione con basso consumo energetico.

Il sistema di Air Mixing utilizzato offre I seguenti vantaggi:

- Elevati volumi attivi (> 90%)
- Possibilità di funzionare con elevata concentrazione di solidi (fino all' 8%)
- Facile manutenzione (i suoi componenti sono esterni al serbatoio)
- Bassa energia per miscelazione (0.5-1W/m³)

²¹ Il valore indicato include gruppi di pompaggio alle unità successive e le macchine di scorta installate ma esclude le potenze relative ai sistemi di circolazione dell'acqua calda

6.3 SCREENING DEL DIGESTATO (ZONA E.3)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	SI (cassone di accumulo posizionato in locale soggetto a controllo odori)
Ingresso di materia (totale)	10 ton/h di digestato
Uscita di materia (totale)	9,9 ton/h di digestato 1014 ton/a scarti CER 19.12.12
Potenza elettrica di targa (totale)	16,5 kW

E.3
Screening post digestione

Successivamente alla post digestione la massa viene fatta passare attraverso un ultimo screening in grado di rimuovere i possibili residui di plastica o fibre di piccole dimensioni.

Dopo la digestione anaerobica e prima di essere inviato alla disidratazione, il digestato è sottoposto a screening per rimuovere eventuali plastiche e inerti residui di piccole dimensioni che non potevano essere rimossi efficientemente nei pretrattamenti.

Questo passaggio è necessario per assicurare che il digestato disidratato soddisfi gli standard locali di disposizione per un ulteriore utilizzo.

Per lo screening post-digestione, è prevista una pressa a vite filtrante (FSP) dove verranno trattenuti solo i materiali inerti aventi dimensioni superiori a quella della forometria del pannello.

Il materiale trattenuto è raccolto in un apposito contenitore. Il filtrato viene alimentato alla sezione di disidratazione per trattamento successivo.

Il macchinario, molto compatto, è situato in prossimità della centrifuga successivamente descritta e quindi rialzato da terra. Lo scarto viene accumulato temporaneamente in un contenitore e poi trasportato nella zona di stoccaggio scarti (**zona j.3**).

6.4 CENTRIGUGA (ZONA E.4)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI (dipende dal fornitore)
Ingresso di materia (totale)	22,2 ton/h di digestato 1,7 t/h di polielettrolita in soluzione
Uscita di materia (totale)	2,6 ton/h di digestato disidratato 21,3 m³/h acque di disidratazione (centrato)
Potenza elettrica di targa (totale)	150 kW

E.4 Centrifuga

Il digestato, una volta rimosse le particelle inerti, è miscelato con i fanghi di supero dal sistema di trattamento effluenti (MBR) e quindi inviato ad due centrifughe per separare la parte solida dalla frazione liquida che sarà poi inviata al sistema di trattamento reflui.

L'estrattore centrifugo viene utilizzato per la separazione di due o più fasi diverse,

aventi diversi pesi specifici, in modo particolare per la chiarificazione di liquidi nei quali sono presenti solidi sospesi.

La separazione del solido dal liquido avviene all'interno di un tamburo rotante dalla forma troncoconica/cilindrica, sulla cui periferia la fase solida (più pesante) sedimenta e viene continuamente espulsa dalla coclea interna.

Il fango viene immesso nella centrifuga attraverso un tubo fisso che corre al centro di un tamburo cilindrico (con un'estremità troncoconica) in rotazione a un elevato numero di giri. All'interno del cilindro, la coclea ruota nello stesso senso del tamburo ma a velocità inferiore. Questa trascina continuamente i solidi verso l'estremità del tamburo stesso dove è situato lo scarico. Lungo questo percorso, il fango perde parte della sua acqua che viene scaricata all'esterno attraverso un sistema di sfioramento (a dischi o a piastre). Per effetto della forza centrifuga, i solidi si addensano contro la parete interna del tamburo. Per migliorare la separazione solido/liquido al prodotto in alimentazione viene aggiunto del polielettrolita, opportunamente scelto nel tipo e nelle caratteristiche specifiche. Il polielettrolita favorisce l'aggregazione e pertanto una più facile cattura delle particelle solide.

I fanghi disidratati vengono scaricati verso la successiva sezione di essiccazione (zona e.5) o all'interno di cassoni posti al piano di sotto, mentre la frazione liquida, il concentrato, verrà inviato per gravità a una vasca da cui verrà rilanciato al bacino di equalizzazione posto a monte dell'impianto biologico (Area H).

I macchinari sono posizionati in posizione rialzata rispetto all'impianto di essiccazione.

6.5 ESSICCAZIONE (ZONA E.5)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI (ambiente e macchina)
Ingresso di materia	1,25 ton/h di digestato disidratato
Uscita di materia	0,85 m³/h di condensato 0,42 ton/h digestato essiccato 3050 ton/a Fertilizzante EUROPEO CMC5 810-940 m³/h aria da trattare
Potenza elettrica di targa	139 kW
Potenza termica di targa	85 kWt

E.5 Essiccazione

Dopo la disidratazione il digestato solido ha un contenuto di solido inferiore al 30%, il processo di essiccazione permette, rimuovendo la maggior parte di acqua, di arrivare ad un contenuto di solido maggiore del 85%. Tramite questo

processo si riesce quindi a diminuire sensibilmente i volumi di stoccaggio e il la massa durante il conferimento che esso sia verso la discarica o come ammendante europeo.

Il sistema di essiccazione termica Evaporis^{lt} o equivalente si basa sulla convezione dell'aria calda a **bassa temperatura** (65/80 °C) in un essiccatore a **nastro**. Questo sistema è stato progettato per essicare i prodotti che sono già stati disidratati meccanicamente, in modo che l'acqua residua possa essere rimossa per raggiungere il grado di secco finale richiesto (80-90%).

Il sistema di alimentazione non richiede che il prodotto abbia superato lo stato plastico, anche se è necessaria una consistenza minima iniziale per il processo di estrusione e di alimentazione del nastro.

Il prodotto disidratato (proveniente dal disidratatore e.4), conservato nella fossa di ricevimento o nel silo, deve essere portato in testa dell'essiccatore, alimentando l'**estrusore**. Lo scopo di questo sistema speciale è quello di distribuire il prodotto uniformemente sul nastro superiore, facilitando il passaggio dell'aria attraverso la massa del prodotto, che è fondamentale per un'essiccazione efficiente e affidabile.

Il sistema è dotato di **due nastri** per convogliare il prodotto all'interno del tunnel di essiccazione, ognuno dei quali si muove nella direzione opposta all'altro. Mentre il fango passa attraverso l'essiccatore, l'aria calda circola ad una temperatura di massimo 80° C perpendicolare ai nastri. Quest' aria, che viene spinta dal sistema di ventilazione, attraversa il prodotto estraendo l'acqua grazie all'equilibrio igroscopico. Poiché non vi è alcun movimento o attrito nel processo di essiccazione, durante questa fase viene generata **pochissima polvere**.

Gli essiccatori Evaporis^{It} sono suddivisi in **tre aree di lavoro**, ognuna con diverse funzioni:

- Modulo 0
- Moduli di essiccazione
- Modulo di ritorno

Il carico del prodotto disidratato e lo scarico del prodotto essiccato avvengono nel **modulo 0**. L'HMI si trova in questa zona per il controllo dell'intero essiccatore.

I **moduli di essiccazione** sono le unità che costituiscono il tunnel, dove si svolge il processo di essiccazione. Essi lavorano come unità indipendenti e fondamentalmente includono entrambe i nastri, che trasferiscono il prodotto attraverso l'intero tunnel di essiccazione, gli scambiatori di calore acqua/aria del processo, sia per riscaldare il prodotto e condensare l'acqua evaporata e i ventilatori per la circolazione del circuito di aria calda attraverso il prodotto e gli scambiatori di calore. Tutti gli elementi che formano l'apparecchiatura sono accessibili dall'esterno, con facile manutenzione grazie a pannelli rimovibili. L'essiccatore ha i propri pannelli elettrici per la distribuzione di potenza, potenza e controllo, il PLC e HMI.

Il modulo di **ritorno (modulo V)** si trova all'estremità opposta del modulo 0. Il sistema di trazione del nastro superiore si trova in questa zona. In questo modulo, il prodotto cade dal nastro superiore al nastro inferiore e viene restituito alla parte anteriore del tunnel di essiccazione. A questo punto è presente un sistema di spazzole longitudinali per facilitare il carico e la distribuzione uniforme sul nastro inferiore.

La bassa temperatura di essiccazione aumenta significativamente il numero di possibilità di fornire energia termica all'essiccatore. Gli essiccatori di questo tipo possono lavorare con una **vasta gamma di fonti di calore**. Possono essere adattati a circuiti di acqua calda, con diverse origini: motori CHP, caldaie ad acqua calda, gas di scarico, vapori di scarto o acqua calda. Nell'essiccatore è possibile utilizzare qualsiasi fonte di energia che consenta la generazione di un **circuito di acqua calda** di circa 90/80° C.

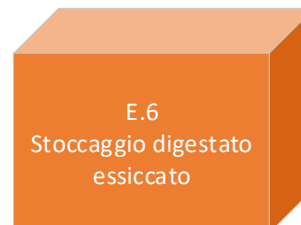
Il sistema ha un ciclo di aria **CHIUSO**, l'acqua viene estratta da quest'aria tramite condensazione ed inviato nel ciclo delle acque d'impianto per essere depurata.

Solo una piccola quantità di aria viene spillata da questo circuito chiuso per essere inviata al sistema di trattamento odori (zona I). Lo scopo dell'estrazione dell'aria è quello di eliminare la frazione di sostanze non condensabili e mantenere l'essiccatore in una pressione leggermente negativa, evitando perdite d'aria incontrollate.

Il sistema è dimensionato per realizzare Fertilizzante UE CMC5, nel caso in cui le analisi chimiche evidenziassero una non conformità alle specifiche del fertilizzante UE, il digestato verrebbe smaltito con codice CER 19.06.04 (digestato prodotto dal trattamento anaerobico dei rifiuti urbani).

6.6 STOCCAGGIO DIGESTATO ESSICCATO (ZONA E.6)

Tipo di Zona	Ambiente
Zona soggetta a controllo odori	SI
Materiale stoccabile	Digestato essiccato o fertilizzante europeo
Quantità	100 m3 80-98ton ²²

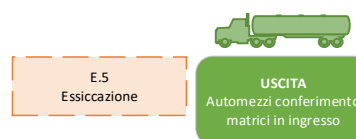


Successivamente all'essiccazione il digestato o fertilizzante europeo

viene raffreddato durante la movimentazione tramite una coclea con mantello di raffreddamento e successivamente accumulato in silos esterni alla struttura. Il materiale viene poi consegnato all'esterno tramite delle coclee scaricando direttamente nel cassone dell'automezzo parcheggiato nell'apposita area (zona e.7). Per avere la certezza della massa consegnata il mezzo viene pesato prima e dopo la consegna.

6.7 AREA CONSEGNA (ZONA E.7)

Tipo di Zona	Area esterna
Zona soggetta a controllo odori	NO



In questa zona avviene il conferimento del digestato essiccato (Codice CER 19.08.14) o del fertilizzante europeo. Annualmente viene consegnato un totale di.

²² Densità apparente compresa tra 800 e 980kg/m³

7 UPGRADING (AREA F)

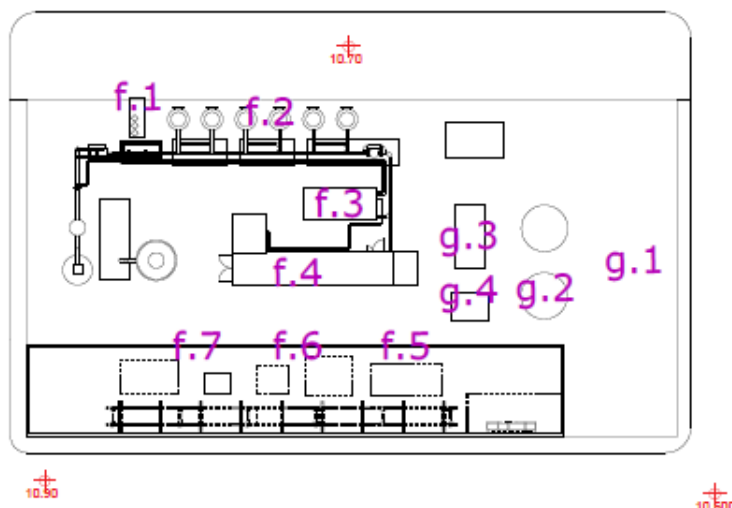
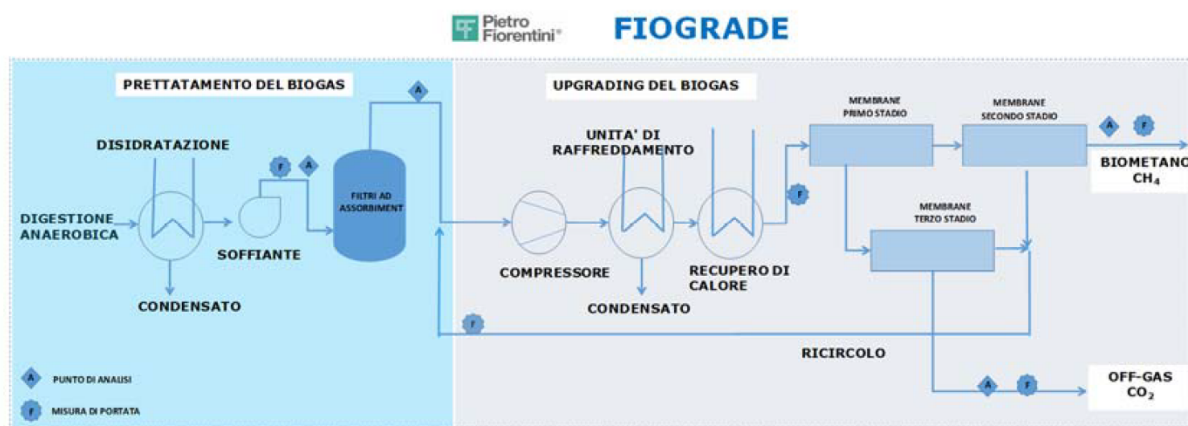


Figura 6: Stralcio relativo all'area F della tavola Aree Funzionali - DOC 18

In questa area avviene l'upgrading del biogas prodotto nell'area D. Il processo che porta il Biogas a diventare Biometano e CO₂ è suddiviso in due macro trattamenti, il pretrattamento e l'upgrading. Nello specifico caso viene applicata la tecnologia FIOGRADE di Pietro Fiorentini o una equivalente.



Il pretrattamento prevede un primo passaggio opzionale di abbattimento dell'eventuale ammoniaca (fino alla messa in funzione non è possibile prevedere la reale necessità di questo passaggio motivo per cui è comunque previsto). Nel caso fosse necessario questo passaggio, che serve soprattutto a diminuire la manutenzione della sezione di desolforazione, l'apparato consisterebbe in una torre di lavaggio alta 3 metri e diametro 0,5m.

In seguito il biogas viene inviato all'unità di desolforazione biochimica per la riduzione dell'H₂S presente nel biogas.

Il biogas viene poi trattato nella successiva unità di disidratazione, al fine di eliminare la frazione liquida presente nella corrente e migliorare le performance di rimozione H_2S e di compressione.

A valle della disidratazione (f.1), il biogas verrà prelevato da una soffiante e rilanciato alla sezione di Filtrazione a Carboni Attivi (f.2), necessari alla rimozione di H_2S , silossani e VOC che altrimenti inficerebbero la resa d'epurazione.

Il biogas condizionato a questo punto viene compresso (f.3) a circa 12 barg, disidratato ed inviato all'Unità di Epurazione, anche nota come unità di Upgrading (f.4) completa di 3 stadi di membrane atte a separare CO_2 e CH_4 , ottenendo quindi una corrente di Biometano, disponibile alla cabina di iniezione per immissione in rete (g.6), previa compressione ad adeguato livello di pressione (g.5).

Il sistema è dotato di un sistema di strumentazione e controllo incluso un PLC per la gestione e supervisione comune di tutta la stazione, la localizzazione del centro di controllo è nel locale di pretrattamento da dove si ha il controllo dell'intero impianto (a.4).

L'upgrading del biometano

La miscela di gas prodotta durante la digestione anaerobica è principalmente composta da circa il 60% di Metano (CH_4) e circa il 40% di Anidride Carbonica (CO_2). Oltre a vapore acqueo e tracce di altri gas prodotti durante la digestione. Il processo di upgrading è principalmente un processo di depurazione del componente principale, il metano, rimuovendo tutti gli altri gas non desiderati. Nello specifico caso qui descritto, la CO_2 è a tutti gli effetti un prodotto secondario, che previa depurazione e liquefazione, viene poi immesso sul mercato.

La tecnologia di upgrading a membrane è molto sensibile all'umidità del gas e al contenuto di componenti come H_2S e altri. Viene previsto infatti un pretrattamento del gas per abbatterne il contenuto.

I principali passaggio del processo sono quindi:

1. Pretrattamento per deumidificare il gas e rimuovere l' H_2S zona f.1 e f.2;
2. Compressione Volumetrica a basso consumo zona f.3;
3. Separazione ad alta selezione di CO_2 e CH_4 zona f.4.

Il pretrattamento avviene tramite il passaggio in dei deumidificatori raffreddati da dei chiller posti in vicinanza agli stessi. Successivamente il gas subisce un trattamento inteso ad abbassare la quantità di componenti come H_2S , H_2O_2 o altri VOC.

In seguito a questo pretrattamento il gas viene compresso e nuovamente deumidificato.

Successivamente il gas, ancora ricco di CO₂, viene inviato al processo di epurazione o upgrading. Il sistema di upgrading proposto si basa sulla tecnologia a membrane, che permette una separazione selettiva della CO₂ dal CH₄, sulla base della diversa permeabilità.

Le membrane scelte per l'impianto sono le PRISM® di AIR PRODUCTS o equivalenti, composte da migliaia di minuscole fibre cave brevettate filate da polimeri all'avanguardia e assemblate in resistenti involucri in alluminio leggero.

Questa tecnologia, grazie all'utilizzo di Membrane Polimeriche a Fibra Cava (Hollow polymeric fiber membrane) in combinazione con un pretrattamento e post trattamento riesce a garantire un'altissima qualità del biometano in uscita. Per citare alcuni valori la sezione a membrane arriva al recovery rate atteso di 99,5% (garantito 99%) a pieno carico. Garantendo un contenuto in metano minimo del 97,5% e rientrando in tutti i parametri relativi alla norma **UNI/TS 11537:2019** (Immissione di biometano nelle reti di trasporto e distribuzione di gas naturale).

Si fa presente come in questa macroarea entri Biogas ed escano principalmente CO₂ e Biometano. Nel dettaglio il Biogas in ingresso è quello specificato per la prima volta in questo documento nella Tabella 1: Parametri di progetto del Biogas prodotto durante la digestione Anaerobica a pagina 30.

Nella tabella sottostante invece è specificato il contenuto del Biometano dopo l'ugrading.

Tabella 2: Parametri di progetto del Biometano dopo la sezione di Upgrading

PARAMETRO	SIMBOLO	UNITÀ	VALORE
Flusso BIOMETANO	Q	Nm ³ /h	400
Pressione	P	Barg	11 < P < 12
Temperatura	T	°C	5 < T < 15
Metano	CH ₄	% vol	CH ₄ > 97,5
Anidride Carbonica	CO ₂	% vol	CO ₂ < 1,5
Idrogeno	H ₂	% vol	H ₂ < 0,5
Ossigeno	O ₂	% vol	O ₂ < 0,6
Azoto	N ₂	% vol	N ₂ < 0,2
Acido Solfidrico	H ₂ S	mg/Nm ³	Tracce
Ammoniaca	NH ₃	ppm	NH ₃ < 14
VOC		mg/Nm ³	Tracce

7.1 UNITÀ DI RIMOZIONE NH_3 (OPZIONALE)

Come specificato, è prevista a progetto ma sarà installata solo in caso di necessità, una piccola unità di rimozione di NH_3 .

Tipo di Zona	Colonna di lavaggio
Zona soggetta a controllo odori	NO
Ingresso	100% della portata di Biogas contenente fino a 1000 ppm di NH_3
Uscita	100% della portata di Biogas contenente meno di 10 ppm di NH_3

Lo scopo di questa sezione è quello di migliorare le prestazioni della successiva zona di rimozione H_2S e VOC, al tempo stesso riducendone la manutenzione ed il consumo di carboni attivi.

7.2 DISIDRATAZIONE E RIMOZIONE H_2S (F.1)

Questo primo passaggio, abbate il contenuto di H_2S all'interno del Biogas. Questo primo abbattimento permette di preservare l'integrità dei materiali di costruzione e il rendimento delle membrane allungando il tempo di saturazione del carbone attivo. L'unità di desolfurazione con NaOH consiste in:

- Torre di abbattimento
- Vasche di ossidazione
- Sedimentatore
- Demister
- Completo di pompa di ricircolazione e carico sedimentatore

Tipo di Zona	Unità di trattamento + dryer
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materiale stoccata	Reagente AD13 (autonomia mensile) c.ca 1 ton NaOH (autonomia mensile) c.ca 450 kg
Quantità utilizzata annualmente	Reagente AD13 1,69 kg/h c.ca 14 ton/anno NaOH 0,71 kg/h c.ca 6 ton/anno Acqua* 13,4 l/h c.ca 117 m³/anno <small>*L'acqua utilizzata viene dal ciclo interno delle acque ed è completamente recuperata</small>
Potenza elettrica pompe + dryer	18 + 48 = 66 kWel

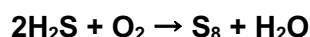
7.3 FILTRAZIONE H₂S, SILOSSANI E VOC (ZONA F.2)

Il gas deumidificato viene quindi sottoposto ad un trattamento a carboni attivi per la rimozione di H₂S e VOC, che vanno a diminuire le prestazioni delle membrane.

Il sistema si compone di:

- nr.1 set di filtri in configurazione LEAD and LAG, completi di bypass, per un totale di nr.2 Filtri per la rimozione dell'H₂S fino a < 5 ppm con utilizzo di carboni attivi impregnati ad alta capacità di adsorbimento sviluppati per la purificazione del biogas, con superficie porosa ad elevata area specifica
- nr. 1 set di filtri in configurazione LEAD and LAG, completi di bypass, per un totale di nr.4 X 50% Filtri per la rimozione dei VOC a carboni attivi.

L'H₂S viene trattenuto sull'estesa superficie dei carboni attivi e viene ossidato dall'ossigeno presente nel biogas a zolfo elementare secondo la seguente relazione:



Il gas entra nel primo filtro e poi nel secondo (configurazione LEAD and LAG) per garantire il massimo della rimozione possibile: l'analisi di H₂S sulla corrente di uscita dal primo filtro permette di rilevare quando questo raggiunge la saturazione e bypassare il flusso entrante direttamente sul secondo filtro per mantenere il grado di rimozione desiderato e procedere alla sostituzione del carbone attivo nel primo.

Tipo di Zona	Serbatoi di trattamento
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materiale stoccata	Carboni attivi per assorbimento H ₂ S (2 x 2895 kg) - uno attivo ed uno in bypass Carboni per assorbimento VOC (4 x 3448 kg) - due attivi ed due in bypass
Ricambio carboni attivi a pieno carico*	Carboni H ₂ S ogni 8,2 mesi Carboni VOC ogni 2 mesi

*tali valori valgono nelle condizioni peggiorative che sono state considerate, nel normale funzionamento questi tempi potranno allungarsi, i carboni vengono sostituiti solo nei filtri precedentemente attivi e tenuti in bypass a cicli alterni.

F.2
Serbatoi H₂S e VOC

7.4 COMPRESSIONE E RAFFREDDAMENTO (ZONA F.3)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO
Potenza elettrica compressione	315 kW
Potenza elettrica chiller	48 kW

F.3
Compressione + Chiller

Il biogas essiccato e trattato deve quindi essere compresso per fornire in ingresso all'unità di purificazione un biogas a pressione di circa 12 barg e temperatura idonea di circa 20°C.

L'unità di compressione si articola in:

- Compressore a vite, monostadio, completo di inverter per permettere la variazione della portata sulla base della richiesta riducendo i consumi elettrici, tipo antiscintilla in versione Eex-n certificato ATEX per Zona II. Il motore elettrico è accoppiato direttamente al blocco compressore tramite un giunto elastico, è provvisto di serbatoio gasolio/olio, valvola di minima pressione e raffreddamento finale raffreddato da una ventola separata per evitare il funzionamento a temperature troppo basse del gas. In aspirazione al compressore è presente un filtro (grado di filtrazione 25 µm) completo di dispositivi di scarico e di sicurezza.

Il package è corredato da:

- Valvola di depressurizzazione con scarico in atmosfera o ritorno alla linea di aspirazione
- Valvola di bypass automatica per ricircolo della portata a minima velocità, che potrà essere elettrica pneumatica (compressore aria per alimentazione escluso dalla fornitura)
- Circuito di raffreddamento per gas compresso combinato con Air cooler e scambiatori gas/acqua refrigerata
- Circuito del raffreddamento olio per mezzo di Air-cooler
- Sistema di recupero termico sul circuito dell'olio per mezzo di uno scambiatore a fascio tubiero. (in opzione)
- Unità di Filtrazione fine con filtri ad alta efficienza coalescenti per ridurre il contenuto d'olio a 0.01mg/m3. A monte viene prevista un'unità di raffreddamento del biogas con acqua refrigerata ed essiccazione del Biogas in uscita in modo da migliorare l'efficienza di filtrazione.

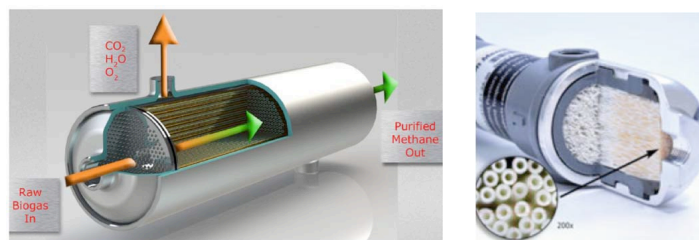
7.5 UNITÀ DI UPGRADING (ZONA F.4)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materia in ingresso	700 Nm ³ /h Biogas
Materia in uscita	Fino a 500 Nm ³ /h di BIOMETANO Circa 300 Nm ³ /h CO ₂ ed altri componenti vedere Tabella 3

Il sistema di upgrading proposto si basa sulla tecnologia a membrane, che permette una separazione selettiva della CO₂ dal CH₄, sulla base della diversa permeabilità.

Le membrane scelte per l'impianto sono le PRISM® di AIR PRODUCTS o equivalenti, composte da migliaia di minuscole fibre

cave brevettate filate da polimeri all'avanguardia e assemblate in resistenti involucri in alluminio leggero.



Quando il gas compresso entra nella membrana, gas "veloci" come anidride carbonica, ossigeno e vapore acqueo permeano preferenzialmente attraverso la membrana verso l'esterno delle fibre, dove viene mantenuta una pressione inferiore. Questi gas si raccolgono all'interno dell'alloggiamento del separatore e controcorrente ai gas all'interno delle fibre cave escono dal contenitore per proseguire verso lo stadio successivo.

Questo processo di separazione crea una corrente di prodotto ricca di metano ad alta pressione (indicata anche come retentato) e una corrente arricchita di anidride carbonica a bassa pressione (indicata come permeato).

L'impianto proposto prevede 3 stadi di Purificazione per raggiungere il grado di purezza desiderato:

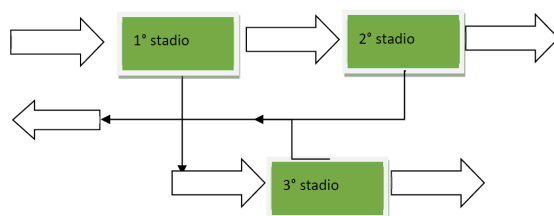


Figura 7: Schema di riferimento del ricircolo tra gli stadi del sistema di upgrading.

Il biogas entra nel 1° stadio a pressione di circa 12.5 bar e viene separato in un primo flusso ricco in Metano e un permeato ricco in anidride carbonica.

Il retentato passa al secondo stadio dove viene ulteriormente purificato ottenendo una portata di Biometano almeno al 97% di CH₄ ad una pressione di 12 barg che potrà poi essere ulteriormente compresso fino a 70 barg e reso disponibile per la cabina d'iniezione.

Il permeato del 1° stadio passa al 3° stadio per recuperare il CH₄ presente che viene inviato insieme al permeato del 2° stadio al compressore per il ricircolo. **In questo modo il recovery garantito di CH₄ sul processo è di almeno il 99%.**

Il permeato del 3° stadio è composto principalmente da CO₂, viene prelevato da pompa da vuoto e viene inviato come “off-gas” al **recupero per il riutilizzo**.

Le membrane PRISM sono certificate III categoria PED e quindi possono essere facilmente integrate nei sistemi di Upgrading ai fini della certificazione finale d'assieme.

Garantendo un contenuto in metano minimo del 97% il sistema rientra in tutti i parametri relativi alla norma **UNI/TS 11537:2019** (Immissione di biometano nelle reti di trasporto e distribuzione di gas naturale).

Gli altri valori dei componenti del BIOMETANO risultante da questo processo sono riportati in Tabella 2: Parametri di progetto del Biometano dopo la sezione di Upgrading a pagina 43.

Tabella 3: Componenti del “OFF-GAS” del sistema di upgrading

PARAMETRO	SIMBOLO	UNITÀ	VALORE
Flusso	Q	Nm ³ /h	300
Pressione	P	Bar	0.03
Temperatura	T	°C	55 < T < 67
Metano	CH ₄	% vol	CH ₄ < 0,5
Anidride Carbonica	CO ₂	% vol	98,7
Idrogeno	H ₂	% vol	0
Ossigeno	O ₂	% vol	O ₂ < 0,5
Azoto	N ₂	ppm	N ₂ < 10
Acido Solfidrico	H ₂ S	ppm	H ₂ S < 10
Ammoniaca	NH ₃	mg/Nm ³	Tracce
VOC		mg/Nm ³	Tracce

8 RECUPERO DELLA CO₂ (F.5,6,7 E G.2,4)

Tipo di Zona	Assieme di macchine
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materia in ingresso	300 Nm ³ /h OFF-GAS CO ₂ 98,88%
Materia in uscita	680-850 kg/h di CO₂ al 99,95%
Potenza assorbita* * valore calcolato con 360 Nm ³ /h di CO ₂	190 kW

L'impianto di recupero di CO₂ è progettato per la purificazione e la liquefazione del gas di scarico proveniente dal processo di separazione a membrana dell'impianto di biogas.

I gas in uscita dall'impianto di biogas è ricco di CO₂ e tramite una adeguata compressione può essere

liquefatto per essere così venduto al mercato libero.

Il gas proveniente dall'impianto di biogas viene immesso all'impianto con una pressione di 20 mbar.

Viene inizialmente eseguito un pre-raffreddamento del flusso con uno scambiatore di calore (f.5), successivamente il gas entra all'interno di un pallone flessibile che funge da serbatoio di accumulo.

La CO₂ pre-raffreddata viene inizialmente compressa fino a 16 - 18 barg tramite un compressore (f.7) a due stadi oil-free, raffreddato ad acqua, dotato dell'intercooler, del post-refrigeratore e del separatore di condensa.

Il compressore può funzionare con una capacità del 60% e del 100% della portata.

Il gas poi viene filtrato in una unità di purificazione (f.6) composta da una batteria di filtri a carboni attivi, nei quali vengono rimossi i componenti di aroma e sapore ed in una unità di essiccazione composta da una un'altra batteria ad adsorbimento con setaccio molecolare.

L'energia necessaria alla rigenerazione delle due unità è fornita da rispettive resistenze elettriche, mentre la quantità di gas richiesta per il processo di rigenerazione delle due unità viene estratta dal gas CO₂ ottenuto dal successivo condensatore.

Dopo il processo di filtrazione ed essiccazione, il gas prodotto passa attraverso un filtro antipolvere ed entra nell'evaporatore di CO₂, nello stripper (g.4) e nel condensatore di CO₂.

Un'unità di refrigerazione raffreddata ad acqua fornisce la capacità di refrigerazione richiesta per la liquefazione della CO₂, raggiungendo una temperatura di evaporazione da -30 ° C a -35 ° C, necessaria per liquefare completamente la CO₂.

La CO₂ liquefatta funge da liquido di strippaggio in controcorrente all'interno dello stripper tramite appositi ugelli. Lo stripper è dotato di un pacchetto di materiale di riempimento

altamente efficace in modo che i componenti non liquefacibili ancora presenti nel flusso gassoso, in particolare i gas inerti come O₂, N₂ e CH₄, siano separati per distillazione.

La CO₂ liquida pura raccolta all'interno del serbatoio dello stripper è poi convogliata al serbatoio di stoccaggio (g.2) tramite una pompa di trasferimento.

Il sistema è dimensionato per recuperare fino a 500 Nm³/h di CO₂. Tutte le componenti, tranne lo stripper (g.4) sono posizionate all'interno di un locale tecnico di circa 200 m².

Con il processo sopra descritto la La CO₂ ottenuta dal processo di purificazione e di liquefazione sarà classificabile come **Food-grade** in conformità alle specifiche **ISBT e EIGA**.



9 CONSEGNA DEL BIOMETANO E DELLA CO₂ (AREA G)

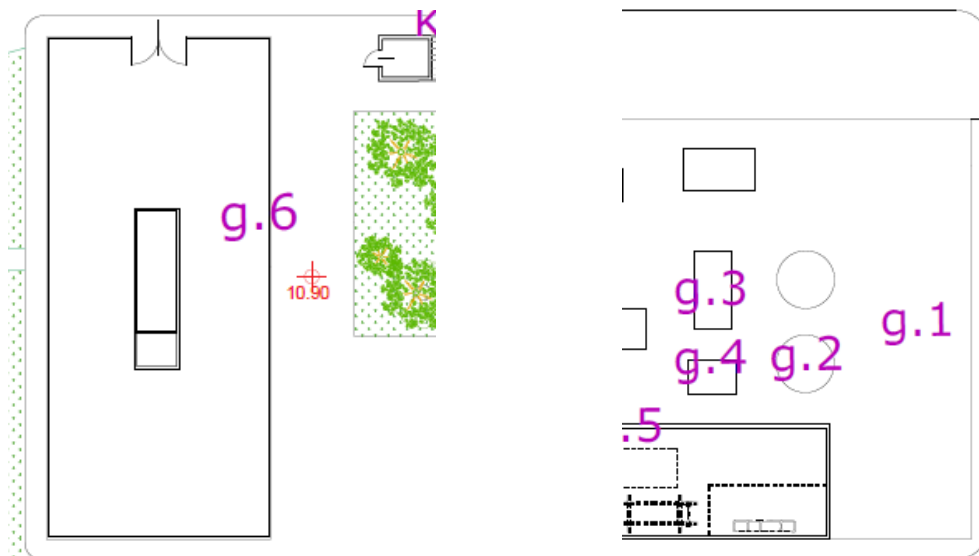


Figura 8: Due stralci relativi all'area G della tavola Aree Funzionali - DOC 18

I prodotti dell'impianto sono principalmente tre, il Biometano, la CO₂ liquefatta e il digestato solido.

Il Biometano prodotto (che a seconda della qualità della FORSU può arrivare fino a 500 nm³/h) può essere immesso direttamente nel gasdotto di 1^a specie (previa compressione alla pressione necessaria).

Durante l'epurazione del Biogas per trasformarlo in Biometano il principale componente dell'"off-gas" è la CO₂. Successivamente alla depurazione e liquefazione descritta nel precedente capitolo la stessa viene accumulata in serbatoi criogenici per essere poi consegnata tramite apposita stazione di consegna e contabilizzazione (g.1)

Il digestato invece viene consegnato in un'area adiacente all'essiccazione, precedentemente dettagliato nel capitolo 6.7 a pagina 40.

Per una migliore consultazione verrà prima trattata la sezione finale della CO₂ e poi quella del Biometano.

Consegna CO₂ liquefatta

La CO₂ dopo esser stata purificata, compressa e liquefatta, viene stoccata in appositi serbatoi criogenici esterni. La CO₂ prodotta, certificabile anche come FOOD-GRADE, è a tutti gli effetti un prodotto dell'impianto e come tale viene conferito ad aziende terze per l'utilizzo in processi produttivi. Il conferimento avviene tramite trasporto su gomma con appositi automezzi con serbatoi dedicati. Il conferimento avviene attraverso una stazione di rifornimento capace di contabilizzare il gas liquefatto ceduto.

Consegna Biometano in Gasdotto 1^a Specie

Il Biometano in uscita dall'unità di upgrading è già compatibile con l'immissione in rete. Nella località dell'impianto transita un Gasdotto di prima specie motivo per cui è necessario innalzare la pressione del Biometano fino a 64 bar (g.5) per poter immettere in rete, la pressione di immissione sarà poi specificata in fase di allaccio, la massima richiesta sarà comunque non superiore a 64 bar. L'ultimo passaggio prima dell'immissione è una cabina di Analisi e Misura (g.6) costruita su specifica SNAM da Pietro Fiorentini o equivalente per poter valutare la qualità del gas e precisamente registrarne le quantità immesse.

Inoltre nella stessa cabina è presente una sezione di riduzione e misura utilizzata per il prelievo di metano dalla rete utilizzato poi nel cogeneratore (k.2) e nelle caldaie (k.1)

9.1 AREA DI CONSEGNA CO₂ LIQUEFATTA (g.1)

L'area indicata è dedicata alla consegna della CO₂ verso gli autocarri dotati di appositi serbatoi criogenici. L'area identificata nei documenti come (g.1) è appositamente ricavata su di una piazzola dedicata in modo da non interrompere la circolazione all'interno dell'impianto durante il conferimento del gas liquefatto. Il gas viene prelevato dai serbatoi di stoccaggio (g.2) e tramite la stazione di rifornimento (g.3) viene conferito e contabilizzato.

A riprova della contabilizzazione l'impianto ha a disposizione una pesa (a.3) che per differenza tra ingresso ed uscita può confermare la quantità di CO₂ liquefatta conferita.

9.2 COMPRESSIONE DEL BIOMETANO (G.5)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materia in ingresso	Fino a 500 Nm ³ /h di BIOMETANO a 11-12 bar
Materia in uscita	Fino a 500 Nm ³ /h di BIOMETANO a 64 bar
Potenza elettrica	Circa 0,27 kW/Nm ³ _h Circa 127 kW impegnati h24
Accumulo	300 l di BioMetano fino a 12 bar equivalenti a circa 3 Nm ³

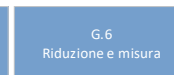
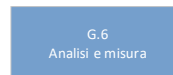
G.5
Compressione

Il metano proveniente dall'unità di upgrading precedentemente descritta si trova ad una pressione di circa 11-12 bar. Per poter essere immesso in rete è necessario eseguire una compressione. A questo scopo è utilizzata una cabina di compressione dedicata costruita su specifica in cemento armato. Nel dettaglio il compressore è dotato di un controllo proporzionale di portata da 0 a 100%; inoltre è presente un piccolo buffer in aspirazione (300 litri) e la regolazione della velocità dei compressori in modo idraulico per mantenerne costante la pressione assorbendo la potenza necessaria in ogni momento adeguandosi alla portata in uscita dell'impianto di upgrading.

Il compressore ha una potenza specifica **installata**, comprensiva degli ausiliari, pari a circa 0,27 kW/Nm³_h con 11 bar relativi di aspirazione e 64 bar di mandata. In caso di regolazione di portata, la potenza assorbita cala più o meno proporzionalmente alla portata stessa. Allo stesso tempo in caso di aumento della pressione di aspirazione la potenza assorbita dalla compressione cala.

9.3 CABINA ANALISI E MISURA/RIDUZIONE E MISURA (G.6)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO



All'interno di quest'area vengono svolte due distinte funzioni di processo:

- Immissione di Biometano nel metanodotto Snam ad una pressione di 64 barg o inferiore con contemporanea misura ed analisi;
- Prelievo di Metano dalla rete Snam e riduzione di pressione per il successivo utilizzo all'interno dell'impianto.

L'area contiene quindi:

- Gruppo misura qualità biometano;
- Cabina di filtraggio e controllo;
- Gruppo di regolazione a valle della cabina di filtraggio e controllo.

La cabina di filtraggio e controllo risulta costituita da:

- Impianto REMI che preleva gas dal PDR Snam e alimenta delle utenze metano (caldaie, bruciatori, etc);
- Impianto di immissione Biometano, che immette il Biometano prodotto dallo stabilimento all'interno del metanodotto Snam con CPI 64 barg.

La **stazione di riduzione e misura** per gas naturale (cabina REMI), sarà realizzata in accordo a quanto previsto dalla UNI EN 9167 mentre la **stazione di filtraggio e misura**, idonea ad immettere il biometano all'interno della rete di trasporto in accordo a quanto previsto dalle normative UNI/TR 11537 e UNI 9167 con portata massima di progetto (Q_{imp}) = 550 Sm³/h e contenuta all'interno dello stesso fabbricato che alloggerà la stazione RE.MI.

Tutti questi sistemi saranno inclusi in un **prefabbricato di contenimento** di dimensioni esterne 9.000 x 2.500 x 2.950 mm, peso complessivo circa 312 q.li; **pareti dello spessore di cm. 15**, pavimento incorporato alle pareti, tetto imbullonato e inghisato alle pareti; manufatto realizzato in C.A.V. reticolare con copertura di tipo leggero. Sigillatura delle connessioni con sigillante edilizio.



10 TRATTAMENTO ACQUE (AREA H)

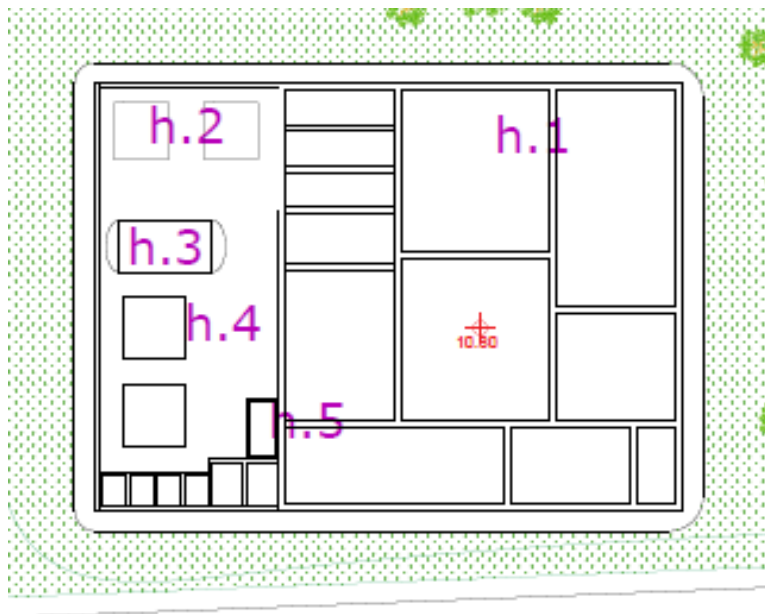


Figura 9: Stralcio del DOC18 rappresentante la zona di trattamento acque di processo

10.1 VASCHE DI TRATTAMENTO MBR (H.1)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI (ambiente e macchina)
Ingresso di materia	252 m ³ /d acque di disidratazione (centrato) ²³ 4240 Nm ³ /h di aria pulita per processo 540 Nm ³ /h di aria pulita per movimentazione membrane Reagenti ¹⁰ : <ul style="list-style-type: none"> • Soda caustica • Carbonio esterno • Ipoclorito di sodio (lavaggi membrane) • Acido citrico (lavaggi membrane) • Acido cloridrico (lavaggi membrane)
Uscita di materia	97 m ³ /d permeato UF a diluizione iniziale e servizi vari 88 m ³ /d fanghi di supero ricircolati all'unità di depackaging 67 m ³ /d permeato UF a trattamento osmosi inversa 5540 Nm ³ /h aria di processo da trattare ²⁴
Volumetrie vasche	Equalizzazione: 250 m ³ Pre-denitrificazione: 350 m ³ Nitrificazione: 2000 m ³ Post-denitrificazione: 450 m ³ Selettore idraulico: 80 m ³ Vasca fanghi: 120 m ³ Stoccaggio permeato: 100 m ³
Potenza elettrica di targa	420 kW ²⁵

²³ Valore influenzato dalla qualità e tipologia delle matrici conferite

²⁴ Il valore include solamente la portata di aria di processo a cui va aggiunta la portata relativa al trattamento odori dei volumi delle vasche al di sopra del livello idrico pari a circa 1800 Nm³/h.

²⁵ Il valore indicato include anche le macchine di scorta installate ed esclude le potenze relative ai sistemi di raffreddamento/ recupero del calore a monte del trattamento biologico

10.1.1 Vasche biologiche

La soluzione tecnologica prevista è un sistema che prevede:

- Equalizzazione iniziale
- Pre-denitrificazione anossica
- Nitrificazione
- Post-denitrificazione
- Vasca di accumulo fanghi
- Vasche membrane
- Vasche di accumulo acqua di lavaggio membrane.

I nitrati vengono prodotti nella sezione di nitrificazione e devono essere quindi alimentati ad una sezione di denitrificazione allo scopo di essere eliminati e trasformati in azoto gassoso. Il processo di denitrificazione biologica avviene in condizioni anossiche e concentrazioni di carbonio organico facilmente assimilabile molto elevate, per questo motivo la sezione di pre-denitrificazione viene realizzata a monte della nitrificazione, quando è possibile sfruttare appieno il carico organico facilmente biodegradabile presente in ingresso.

L'alimentazione dei nitrati a questa sezione è effettuata tramite due ricircoli:

- un ricircolo della portata in uscita dalla sezione di nitrificazione, tramite pompe che prelevano la miscela aerata dalla parte finale della sezione aerobica
- un ricircolo dei fanghi provenienti dalle vasche membrane.

Al fine di garantire una corretta miscelazione del ricircolo di miscela aerata con il flusso di acqua reflua in ingresso e i reagenti necessari, sarà realizzata un'apposita camera denominata "selettore".

Per garantire la corretta miscelazione all'interno della vasca sarà installato un sistema di miscelazione.

Il processo di nitrificazione biologica richiede condizioni aerobiche promosse da un apporto continuo di ossigeno proporzionale alle concentrazioni di BOD e azoto presenti nel refluo da trattare.

Per questo impianto è prevista l'installazione di un sistema di aerazione.

La richiesta di ossigeno per il processo biologico si determina applicando la seguente relazione:

$$Q O_2 = a' \times BOD_{5eliminato} + b' \times SaV + c' \times N \text{ nitrificato} - d' \times N \text{ denitrificato}$$

dove:

- a' , b' , c' , d' sono coefficienti sperimentali risultanti dall'attività batterica.
- SaV è la quantità di biomassa attiva presente nei reattori

Il valore così ottenuto rappresenta la quantità di ossigeno consumata dall'attività batterica per ossidare la materia organica. Per determinare la quantità di ossigeno e di aria che è effettivamente necessario trasferire al sistema si considerano i seguenti fattori correttivi che tengono in considerazione le caratteristiche del sistema di diffusione:



- T_p = coefficiente di trasferimento legato al tipo di apparecchiatura impiegata per il trasferimento dell'ossigeno
- T_d = coefficiente di correzione in funzione della salinità, della concentrazione della biomassa, della temperatura e della concentrazione di ossigeno disciolto
- T_t = coefficiente di velocità di trasferimento dell'ossigeno

La vasca esistente sarà completamente coperta con elementi in vetroresina, il cielo della vasca sarà aspirato in modo da garantire un ricambio d'aria continuo ed inviato ad un trattamento di deodorizzazione.

Suez propone di realizzare una nuova vasca di post-denitrificazione biologica a fanghi attivi.

Come precedentemente accennato, il processo di denitrificazione biologica avviene in condizioni anossiche e concentrazioni di carbonio organico facilmente assimilabile molto elevate, per questo motivo nella sezione di post-denitrificazione è dosata una fonte di carbonio organico prontamente degradabile (metanolo, acido acetico o altri composti).

Per garantire la corretta miscelazione all'interno della vasca sarà installato un miscelatore immerso.

Tutte le vasche biologiche saranno completamente coperte con elementi in vetroresina o in calcestruzzo, il cielo delle vasche sarà aspirato in modo da garantire un ricambio d'aria continuo ed inviato ad un trattamento di deodorizzazione.

10.1.2 Ultrafiltrazione

Con il termine di "filtrazione" si definisce la separazione di due o più componenti da un fluido; nell'uso corrente di tale termine ci si riferisce abitualmente alla separazione di particelle solide immiscibili sospese in correnti fluide, siano esse liquide o gassose.

Grazie all'adozione di membrane semipermeabili, è possibile estendere tale concetto fino a comprendere la separazione di sostanze disciolte in correnti liquide o gassose. In estrema sintesi si può affermare che le membrane fungono da barriera di separazione selettiva, ossia permettono il passaggio di alcune specie chimiche presenti in una miscela trattenendone altre. Le membrane attualmente disponibili sul mercato possono essere omogenee o composite, simmetriche o asimmetriche, elettricamente cariche o neutre, piane o tubolari o spiralate o a fibra cava, polimeriche o inorganiche. Il termine "membrana" comprende quindi un gran numero di prodotti e spesso, è più agevole descrivere una membrana per quello che riesce ad ottenere piuttosto che per com'è fatta.

Si riporta una classificazione dei principali processi a membrana in relazione alle dimensioni delle particelle che si vogliono separare. Tuttavia, sono le caratteristiche proprie della membrana le principali responsabili della selezione al passaggio di alcune specie chimiche e non di altre. Il processo di Osmosi Inversa separa teoricamente da una determinata soluzione le molecole che non siano il solvente (acqua), mentre l'Ultrafiltrazione trattiene soltanto le macromolecole o le particelle di dimensioni superiori a 10 - 200 Angstrom (0,001–0,2 μm). La Microfiltrazione trattiene invece le particelle sospese di diametri superiori a 0,1-1 μm ; la dimensione oltre la quale le sostanze sono trattenute dalla membrana è definito come taglio molecolare (MWCO) e varia da 3.000 a 100.000 Dalton (0,003-0,1 μm) in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche della membrana.

Per la separazione di particelle di dimensioni maggiori di alcuni μ , sono normalmente utilizzati sistemi di filtrazione tradizionali non a membrana semipermeabile.

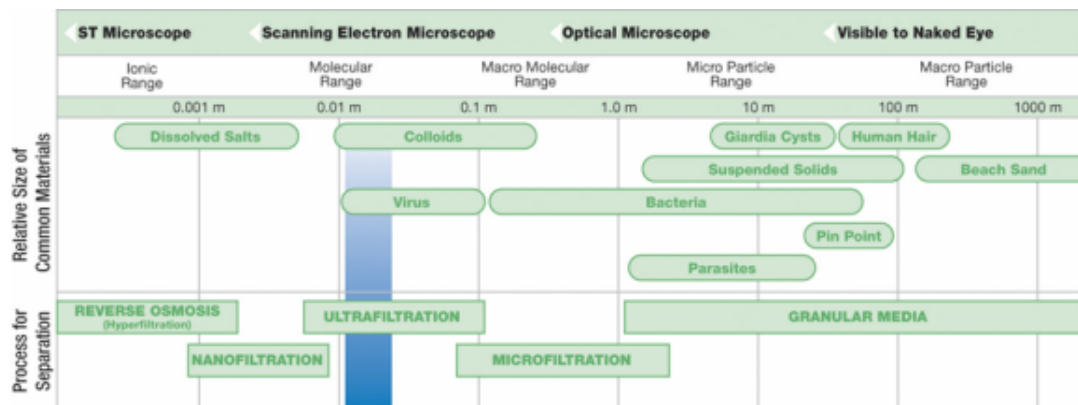


Figura 8 - Classificazione dei principali processi a membrana in relazione alle dimensioni delle particelle da separare.

10.1.2.1 Alimentazione sezione di ultrafiltrazione

La sezione di filtrazione su membrane sarà installata in una vasca in metallo posta sulle vasche biologiche e sarà alimentata tramite un sistema di pompaggio.

10.1.2.2 Selezione della tipologia di membrana

Per l'impianto in progetto si propone di utilizzare membrane a fibra cava immersa. La fibra cava è notoriamente la forma geometrica più favorevole per contenere il costo di investimento e gestionale di un processo a membrana grazie a costi di produzione ridotti derivanti da alta automazione; parimenti i sistemi di filtrazione sono a minimo ingombro per la gran densità di superficie filtrante per unità di volume come bassi sono pure i consumi energetici.

Con lo sviluppo tecnologico della fibra cava immersa OUT-IN la biomassa rimane all'esterno della membrana, quindi solo il permeato scorre all'interno della fibra, eliminando i rischi di intasamento per occlusione del lumen. La membrana è costituita da un supporto macroporoso rivestito esternamente da un polimero che agisce da elemento filtrante.

Con l'utilizzo dei moduli ZeeWeed® o equivalenti è possibile ridurre drasticamente il consumo energetico tipico delle tecnologie di filtrazione tangenziale che, come noto, necessitano di una velocità molto elevata in corrispondenza della membrana per limitare l'accumulo di solidi sospesi sulla superficie filtrante. La riduzione delle energie passive è raggiunta utilizzando una pompa centrifuga di estrazione che, creando una leggera depressione (0,1-0,5 bar) all'interno delle fibre cave, facilita il fluire dell'acqua pulita dall'esterno all'interno della fibra. La portata della pompa di processo non è altro che la portata di permeato richiesta.

Per ridurre lo sporcamento, la parte inferiore dei moduli di filtrazione è dotata di un sistema di insufflazione di aria a bolle grosse che provoca turbolenza all'interno delle fibre assicurando

la fluttuazione delle stesse. Il materiale depositato durante la fase di filtrazione tende quindi a staccarsi dalla superficie esterna della fibra e a tornare nella vasca di processo.

10.1.2.3 Funzionamento del sistema di ultrafiltrazione

Il sistema di ultrafiltrazione prevede l'alternanza periodica dei seguenti modi operativi:

- Ciclo di processo (produzione del permeato)
- Ciclo di rilassamento (rigenerazione delle membrane)
- Ciclo di backwash (controlavaggio delle membrane con solo permeato)
- Aerazione ciclica delle membrane
- Lavaggi Chimici (Chemical Enhanced Backwash e Cleaning in Place)

10.1.2.3.1 Ciclo di processo (produzione di permeato)

Un set di valvole automatiche viene allineato in modo che la pompa di permeazione aspiri dalle membrane l'acqua ultrafiltrata. Una piccola parte del permeato è stoccata in un serbatoio ed utilizzata durante i cicli di pulizia (controlavaggio e lavaggio chimico). La pompa di processo è asservita ad un convertitore di frequenza che permette di determinare la quantità di permeato necessaria in funzione della portata dell'influente. Questa caratteristica garantisce flessibilità di gestione dell'impianto di filtrazione oltre che risparmio energetico qualora l'impianto di trattamento lavori con una portata più bassa di quella di progetto in quanto il sistema di automazione, tramite la strumentazione installata, adegua automaticamente i parametri di lavoro della pompa di processo.

Durante il ciclo di processo, il sistema di supervisione controlla i parametri operativi: pressione di filtrazione, portata di permeato, portata dell'alimentazione, portata dell'aria alle membrane e livelli delle varie sezioni dell'impianto di filtrazione.

10.1.2.3.2 Ciclo di rilassamento

Periodicamente la pompa di processo viene fermata e le membrane sono sottoposte ad aerazione senza che il sistema produca permeato. Quest'operazione di "rilassamento" delle fibre consente la rimozione del fango eventualmente depositatosi sulle membrane durante la filtrazione.

10.1.2.3.3 Ciclo di backwash

Ciclicamente è necessario effettuare il controlavaggio (backwash) di una parte dell'impianto. Le valvole automatiche si posizionano in modo che la pompa di processo aspiri il permeato stoccato nel serbatoio e lo invii in controcorrente all'interno delle membrane ad una pressione controllata.

10.1.2.4 Lavaggi chimici

Normalmente l'insufflazione di aria ed i cicli di rilassamento e/o controlavaggio consentono di mantenere pulite le membrane per diversi giorni o addirittura settimane in funzione delle caratteristiche delle acque trattate.

Periodicamente è necessario eseguire una procedura di CEB (Chemical Enhanced Backwash) al fine di rimuovere il fouling più resistente come quello dovuto al biofilm batterico ed a eventuali precipitati minerali.

Esistono due diverse procedure di lavaggio chimico delle membrane, ciascuna delle quali può essere eseguita in modo indipendente su ciascun treno: il lavaggio di mantenimento ed il lavaggio di recupero.

I prodotti chimici richiesti per il lavaggio delle membrane sono ipoclorito di sodio, acido cloridrico e acido citrico.

10.1.2.4.1 Lavaggio di mantenimento

Consiste in un controlavaggio con permeato addizionato col prodotto chimico di pulizia. L'acqua di lavaggio è prelevata dal serbatoio di stoccaggio del permeato e i reagenti vengono dosati in linea. Al termine del lavaggio il treno ritorna automaticamente in servizio. Il lavaggio di mantenimento è completamente automatico, generalmente previsto una volta la settimana per ciascuna linea ed ha una durata complessiva di circa un'ora.

La supervisione dell'operatore è richiesta per verificare l'attivazione della procedura, il corretto funzionamento delle pompe dosatrici dei reattivi ed il ritorno al normale ciclo di funzionamento.

10.1.2.4.2 Lavaggio di recupero

Consiste nell'interrompere la permeazione e l'alimentazione della biomassa sul treno interessato, drenare parzialmente la vasca ed effettuare un controlavaggio impiegando permeato addizionato col prodotto chimico di pulizia. Le membrane sono quindi lasciate in ammollo nella soluzione di pulizia per alcune ore. Complessivamente le operazioni di lavaggio di recupero hanno una durata di circa 8 ore, vengono effettuate alcune volte l'anno (da 3 a 6 volte) ed anch'esse seguono una sequenza di procedure completamente automatizzate.

Al termine del lavaggio la vasca viene drenata prima di riavviare il ciclo di permeazione alimentando nuovamente il fango.

In questo caso la supervisione dell'operatore è richiesta per verificare il corretto drenaggio del treno interessato dal lavaggio e per periodici controlli del pH o del cloro-residuo nella soluzione di ammollo.

10.1.2.5 Configurazione impiantistica

La soluzione tecnologica adottata prevede l'impiego di una configurazione basata su due treni di ultrafiltrazione indipendenti che funzioneranno in parallelo assicurando un'adeguata flessibilità di gestione dell'impianto. Infatti, in caso di operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria di una linea, l'altra potrà comunque continuare temporaneamente a produrre la portata di design dell'impianto.

Le unità di filtrazione sono composte da fibre che vengono assemblate in moduli; i moduli, a loro volta, sono installati all'interno di telai metallici denominati cassette.

Le cassette sono immerse nel liquido da filtrare senza presenza di contenitori, valvole, guarnizioni di tenuta, tipici di ogni sistema a membrana pressurizzata.

10.2 OSMOSI INVERSA (H.2)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI (solo vasca di stoccaggio permeato RO)
Ingresso di materia	2,8 m ³ /h permeato UF Reagenti: <ul style="list-style-type: none"> • Antiprecipitante • Bisolfito • Biocida • Detergenti acido e basico
Uscita di materia	2,05 m ³ /h permeato RO 0,75 m ³ /h concentrato RO
Volumetrie vasche	Stoccaggio permeato RO: 100 m ³
Potenza elettrica di targa	60 kW ²⁶

10.2.1 Principi di processo

Due soluzioni acquose a concentrazione C1 e C2 (con C1>C2) sono poste nei due rami di un tubo a U separati da una membrana semipermeabile che consente il solo passaggio del solvente: si può osservare il crearsi di un dislivello tra le colonne delle due soluzioni dovuto al diffondersi del solvente attraverso la membrana dalla soluzione meno concentrata a quella più concentrata.

Tale dislivello aumenta fino a raggiungere un livello valore costante nel tempo ed una misura della differenza di pressione osmotica tra le due soluzioni. La pressione idrostatica associata al dislivello tra le due colonne equilibra la pressione osmotica esercitata dal solvente che tende a passare nella soluzione a maggior concentrazione ed equilibra il potenziale termodinamico delle due soluzioni, inferiore per la soluzione a maggior concentrazione.

Se si applica dal lato della soluzione più concentrata una pressione superiore a quella osmotica il flusso di solvente si inverte: questo fenomeno è appunto chiamato osmosi inversa.

²⁶ Il valore indicato include anche le macchine di scorta installate

Mediante il processo di osmosi inversa è possibile separare da una soluzione gli ioni e le piccole molecole indissociate con dimensioni da 1 Å a 5 Å, come MWCO si può assumere un valore indicativo di 100-200 Dalton in corrispondenza dei diametri dei pori di 1-10 Å.

La pressione di alimentazione dipende dalla pressione osmotica da contrastare e quindi dalla concentrazione di sali presenti nell'acqua. L'impianto di osmosi inversa può essere distinto, come quello di ultrafiltrazione in tre principali unità funzionali:

- l'alimentazione del blocco membrane;
- il passaggio dell'acqua attraverso le membrane;
- le operazioni di pulizia delle membrane

L'acqua trattata è in parte utilizzata per la diluizione dei rifiuti in ingresso o in parte trattata ulteriormente prima dello scarico attraverso un processo di osmosi inversa per la rimozione di nitrati e altri componenti.

L'osmosi inversa è un processo che prevede l'utilizzo di membrane semipermeabili, in grado di passare acqua e di trattenere selettivamente alcune sostanze in soluzione (ad es. sali disciolti). Per ottenere questa separazione, è necessario applicare una differenza di pressione attraverso la membrana, in modo da forzare il passaggio dell'acqua (permeato) e trattenere i composti indesiderati in una frazione del flusso di alimentazione (concentrato).

La pressione di alimentazione dipende dalla pressione osmotica da contrastare e quindi dalla concentrazione di sali presenti nell'acqua. L'impianto di osmosi inversa può essere distinto, come quello di ultrafiltrazione in tre principali unità funzionali:

- l'alimentazione del blocco membrane;
- il passaggio dell'acqua attraverso le membrane;
- le operazioni di pulizia delle membrane

10.2.2 Descrizione dell'impianto

L'unità di osmosi inversa prevista ha una configurazione a doppio stadio/doppio passo con membrane OI a spirale avvolta dimensionata per garantire il valore di salinità richiesto nel permeato ed un recupero del 65 – 75 %.

Il concentrato dell'osmosi inversa è inviato all'evaporatore per ulteriore concentrazione.

Al fine di eliminare particelle in sospensione provenienti dal bacino di stoccaggio del permeato dell'MBR che potrebbero provocare danni irreversibili alle membrane di osmosi inversa è prevista l'installazione di filtri a cartuccia a monte della sezione, fondamentali al fine di prolungare la vita delle membrane proteggendole da eventuali rotture.

Le membrane installate sono ad elevata resistenza al fouling e limitato consumo energetico.

Sul collettore di alimentazione dell'osmosi inversa, a monte dei filtri a cartuccia, vengono dosati i seguenti reattivi

- Antiprecipitante: per limitare la precipitazione dei carbonati ed altri sali contenuti nell'acqua in ingresso.

- Biocida: ha lo scopo di prevenire la ricrescita batterica che può causare il fouling biologico del sistema di osmosi, riducendo quindi la frequenza dei lavaggi chimici necessari a rimuovere tale sporco.
- Ipoclorito di Sodio (opzionale): il dosaggio di ipoclorito di sodio in alimentazione al serbatoio di accumulo permeato UF, permette di ridurre la richiesta di biocida per il controllo del fouling biologico
- Bisolfito di sodio per eliminare il cloro residuo ed altri agenti ossidanti che potrebbero danneggiare le membrane.

L'unità è dotata di diversi sistemi di controllo della qualità dell'acqua alimentata (conducibilità, pH, redox, temperatura). Un misuratore di pressione posto sulla condotta di mandata arresta le pompe di alimentazione nel caso si raggiunga un livello di allarme. Sono inoltre installate apposite prese campione per la misura di SDI al fine di monitorare la qualità dell'acqua in ingresso al rack di osmosi inversa.

La sezione di osmosi inversa sarà alimentata da una stazione di pompaggio dedicata. La regolazione della pressione delle pompe (funzione della temperatura delle acque da trattare) è effettuata mediante inverter, il controllo della portata è effettuato da un misuratore elettromagnetico installato sulla tubazione di alimentazione dello skid.

Una batteria di filtri a cartuccia, di taglia nominale 5 micron, assicura l'eliminazione di particelle in sospensione che potrebbero provocare danni irreversibili alle membrane di osmosi inversa.

Il sistema necessita di periodiche operazioni di pulizia che consistono nel ricircolare più volte una soluzione di permeato addizionato con reattivi chimici di pulizia (acido, base, EDTA, prodotti detergenti specifici) per contrastare la precipitazione dei carbonati o di altri sali minerali e per eliminare il fouling organico (biomassa) accumulatosi progressivamente all'interno delle membrane.

Le apparecchiature che costituiscono il sistema di pulizia delle membrane (serbatoio, pompe e filtri a cartuccia) sono chiamate Clean in Place (CIP), operano in modalità automatica in seguito all'avvio manuale.

La batteria di filtrazione è dotata di una misura di pressione differenziale tra monte e valle che consente di controllare lo sporco delle cartucce e provvedere alla loro sostituzione quando la perdita di pressione raggiunge un set point prestabilito (generalmente non superiore a 1,5 bar).

Il lavaggio delle membrane a spirale avvolta non avviene né frequentemente, né in continuo, ed è principalmente di due tipi:

- ordinario: avviene almeno una/due volte al mese e consiste in un lavaggio basico e acido a livello preventivo
- straordinario: nel caso ci siano stati problemi di diminuzione del flusso o di peggioramento della qualità del permeato. In questo caso si deve individuare la causa dell'intasamento e procedere con un idoneo lavaggio (es. acido per precipitazione di carbonato di calcio, basico per silice ecc) con apposito detergente.

Il sistema di lavaggio delle membrane è costituito dalle seguenti apparecchiature:

Serbatoio lavaggio chimico (CIP tank) in PRFV miscelato condiviso con il sistema UF

In base alle necessità può essere effettuato un semplice flussaggio delle membrane con permeato. Questa operazione viene solitamente eseguita per evitare la precipitazione di sali sulle membrane e la corrosione delle apparecchiature qualora fosse necessario arrestare il rack. Nel caso in cui il periodo di arresto superi le 2-3 settimane è necessario riempire i vessel con una soluzione di biocida per evitare il biofouling nelle membrane. Quando le performance delle membrane diminuiscono, è necessario effettuare un lavaggio chimico.

L'impiego dei reagenti chimici è in linea di massima funzione del tipo di sporcamento che interessa le membrane; in estrema sintesi si può assumere:

- Soluzione acida: fouling da metalli e/o sali
- Soluzione detergente alcalina: fouling da colloidali e/o biofouling
- Soluzione biocida: fouling da batteri, funghi o muffe

Le operazioni di lavaggio vengono effettuate alla volta. Durante le operazioni di lavaggio chimico, la soluzione di lavaggio viene raccolta nel CIP tank, filtrata in un filtro a cartuccia da 5 µm e ricircolata più volte all'interno del sistema. Al termine delle operazioni la soluzione di lavaggio viene scaricata nell'apposita vasca e da lì ricircolata in testa all'impianto biologico.

10.3 CONCENTRATO OSMOSI (H.3)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI (solo vasca di stoccaggio)
Ingresso di materia	0,75 m³/h concentrato RO
Uscita di materia	0,75 m³/h concentrato RO
Volumetrie vasche	Stoccaggio concentrato RO: 100 m³
Potenza elettrica di targa	2,2 kW

Il bacino di stoccaggio del concentrato osmosi è inserito tra l'unità H2 e H4 ed ha la funzione di accumulo in caso di arresto improvviso dell'evaporatore e nei periodi di manutenzione ordinaria e straordinaria. Può essere bypassato permettendo un'alimentazione diretta dell'evaporatore da parte dell'unità di osmosi inversa in caso di manutenzione della vasca stessa.

10.4 EVAPORATORE (H.4)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	SI (solo vasca di stoccaggio)
Ingresso di materia	0,9 m ³ /h concentrato RO
Uscita di materia	0,8 m ³ /h condensato 0,1 m ³ /h concentrato salino 800 m³/a concentrato salino da conferire CER 19.08.14
Volumetrie vasche	Stoccaggio concentrato salino: 100 m ³
Potenza elettrica di targa	45 kW
Potenza termica di targa	250 kW

L'acqua distillata ha una bassa conduttività, che generalmente può essere riutilizzata in processi produttivi. La soluzione concentrata può essere riutilizzata nei processi produttivi, se ciò è permesso dal processo o smaltita come residuo concentrato in appositi centri di raccolta.

L'evaporazione è un processo che partendo da una soluzione diluita, produce acqua distillata e una soluzione concentrata.

Il sistema previsto è un evaporatore-concentratore a multiplo effetto che permette una notevole efficienza nella riduzione dei volumi del concentrato dell'osmosi da smaltire, riducendolo a un fluido molto denso in cui sono stati concentrati tutti i sali presenti originariamente nel liquido in ingresso.

La soluzione viene messa a contatto con le superfici di scambio termico attraverso una serie di raschiatori che entrano in contatto con scambiatori di calore, dove si riscalda liberando il vapore all'interno di un corpo evaporatore dal quale ricicla alla pompa. Il vapore prodotto, dopo separazione dell'aerosol, viene riutilizzato nei seguenti effetti e successivamente condensa.

La condensa ottenuta viene estratta per mezzo di un sistema di vuoto, basato su pompa ad anello liquido. Durante l'estrazione la condensa e la soluzione di alimento si scambiano il calore disponibile, al fine di un miglioramento del rendimento energetico.

L'effetto dell'evaporazione dell'acqua porta a saturazione la soluzione, con formazione di concentrato che viene raccolto e classificato alla base del condotto di fondo del corpo evaporatore.

Come avviene in tutti i processi di evaporazione (acqua calda, vapore, pompa di calore ecc.) in base all'andamento del ΔT ebullioscopico con ciascuna soluzione la resa dell'apparecchiatura riferita al distillato diminuirà in base alla natura della soluzione che verrà evaporata.

La macchina sfrutta l'effetto combinato del vuoto e dello scambio termico, per ottenere l'ebollizione a temperature (90°C) dei liquidi.

La qualità del distillato è in funzione della tensione di vapore delle specifiche specie chimiche. L'assorbitore opzionale è in grado di migliorare la qualità del distillato in maniera significativa.

La condensazione dei vapori avviene nel condensatore finale, raffreddata con acqua di raffreddamento fornito dal dry-cooler.

L'evaporazione avviene in 3 bollitori distinti che lavorano sotto 3 valori di vuoto diversi per consentire un risparmio energetico definito multiplo effetto.

Il circuito per la generazione del vuoto idraulico all'interno dell'evaporatore, si inserisce all'avviamento dell'evaporatore azionando la pompa ad anello liquido che genera il vuoto.

Durante i periodi di fermo dell'evaporatore (scarico del concentrato, esaurimento del liquido da trattare, ecc..) il mantenimento del vuoto è garantito dalla chiusura della valvola di ritegno.

Durante l'evaporazione il vuoto è garantito dal funzionamento in continuo della pompa del vuoto.

Il circuito di vuoto viene raffreddato da un circuito di raffreddamento secondario a pompa di calore per garantire il buon funzionamento del gruppo di vuoto.

Il distillato prodotto esce dal serbatoio di raccolta mediante una pompa di scarico comandata da livelli.

10.5 REAGENTI (H.5)

Tipo di Zona	Sistema
Zona soggetta a controllo odori	NO
Volumetrie serbatoi²⁷	Soda caustica: IBC tank 2x1m ³ Fonte di carbonio: 25 m ³ HCl: IBC tank 1m ³ Acido citrico: IBC tank 1m ³ Ipoclorito di sodio: IBC tank 1m ³ Antiprecipitante: IBC tank 1m ³ Biocida: IBC tank 1m ³ Bisolfito di sodio: IBC tank 1m ³ Antischiuma: IBC tank 1m ³ Cloruro ferrico ²⁸ : IBC tank 1m ³
Consumi annui reagenti²⁹	Soda caustica @30%: 30m ³ Fonte di carbonio esterna: 495m ³ (se metanolo) HCl: <1m ³ Acido citrico: 2m ³ Ipoclorito di sodio: 4m ³ Antiprecipitante: <1m ³ Biocida: <1m ³ Bisolfito di sodio: <1m ³ Antischiuma: <1m ³ Cloruro ferrico ³⁰ : 4m ³

²⁷ Le volumetrie dei serbatoi sono considerate per garantire almeno 14 giorni di autonomia.

²⁸ Dosaggio all'interno della sezione di digestione anaerobica in caso di trattamento per la riduzione di H₂S e/o prevenzione della precipitazione della struvite.

²⁹ Consumi dei reagenti dipendenti dalla qualità della matrice in ingresso e la conseguente qualità del centrato in alimentazione all'impianto di trattamento acque

³⁰ Dosaggio all'interno della sezione di digestione anaerobica in caso di trattamento per la riduzione di H₂S e/o prevenzione della precipitazione della struvite.



Potenza elettrica di targa

<20 kW³¹

Sono necessari differenti reagenti all'interno della sezione di trattamento acque:

- Sezione biologica
 - Soda caustica al 30%
- Sezione UF
 - HCl 33%
 - Acido citrico 40%
 - Ipoclorito di sodio 12,5%
- Sezione RO
 - Antiprecipitante
 - Biocida
 - Bisolfito di sodio
- Sezione evaporatore
 - Antischiuma

³¹ Potenza e numero di utenze e modalità di gestione delle stesse variabili in base alla tipologia di pompa dosatrice scelta dal costruttore dell'impianto

11 CONTROLLO ODORI (AREA I)

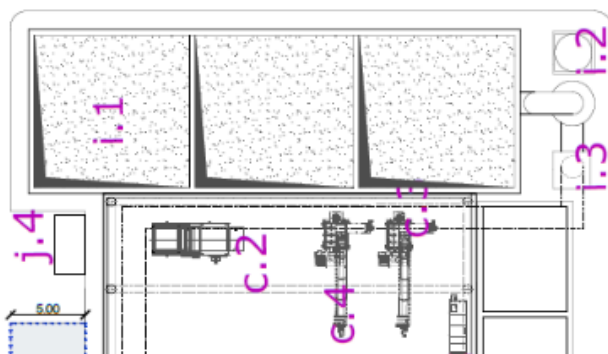


Figura 10: Stralcio relativo all'area I della tavola Aree Funzionali - DOC 18

Quest'area ha il compito di essere l'interfaccia tra alcune zone e l'ambiente assicurando il rispetto dei limiti.

In tutte le descrizioni del processo sono state descritte le varie aree, una delle caratteristiche sempre riportate è la presenza o meno del controllo odori per ogni zona descritta. A grandi linee sono soggetti a controllo odori tutti i locali dell'edificio contenente il conferimento, il pretrattamento e la gestione degli scarti (aree B, C e J), l'edificio contenente alcune funzioni dell'area gestione digestato (area E) ed alcune macchine. Precisando per quanto riguarda l'area E non solo l'edificio è soggetto a controllo odori, in aggiunta infatti l'aria espulsa dalla macchina essiccatrice e dal serbatoio post-digestore vengono raccolte e collettate al sistema di gestione degli odori concentrato nell'area I (vedere figura sopra).

Per il dimensionamento del sistema sono stati considerati i volumi da trattare e le varie uscite delle macchine.

Identificazione	Volume [m ³]	Ricambi orari	Portata estratta [m ³ /h]
Ed. ricezione e pretrattamento	8600	4	34400
Ed. gestione digestato	3400	3	10200
Serbatoio post-digestione			340
Impianto trattamento acque			5540
Rimozione sabbia			160
Essiccazione			940
TOTALE			51580

Il sistema è stato dimensionato per un'estrazione totale **massima** di 73.500 m³/h e viene regolato per funzionare in regime ordinario a **51580 m³/h**.

L'aria estratta dai locali è reintegrata con aria fresca proveniente dall'esterno attraverso le fessure in corrispondenza di porte, portoni, serramenti, ecc. Qualora le aperture non fossero sufficienti a garantire un ricambio d'aria omogeneo (assenza di cortocircuiti e zone di ristagno) verrà valutata l'opportunità di installare delle serrande di sovrappressione lungo le pareti esterne.

Il bilanciamento e la regolazione delle portate aspirate sono resi possibili tramite serrande manuali installate in corrispondenza dei rami principali.

Il dimensionamento delle condotte di ventilazione è effettuato sulla base della portata massima di aria aspirata dai singoli edifici e assumendo una velocità di scorrimento nelle condotte di ventilazione compresa tra i 10 ed i 13 m/s. Tale valore di velocità è da intendersi idoneo per mantenere le perdite di carico entro valori accettabili (il valore delle perdite di carico sono direttamente correlati ai consumi energetici), ed evitare fastidiosi rumori dovuti allo scorrimento dell'aria all'interno delle condotte.

Queste sono le ipotesi su cui è stato dimensionato il sistema.

Il sistema completo di controllo degli odori è composto nell'ordine da:

- Tubazioni di raccolta dell'aria
- Ventilatore di estrazione (**zona I.3**)
- Pretrattamento tramite scrubber (**zona I.2**)
- Biofiltro (**zona I.1**)

L'aria viene infatti aspirata dalle tubazioni e la portata regolata attraverso delle saracinesche settate durante l'avviamento dell'impianto. L'aria aspirata arriva quindi al ventilare che la spinge ad attraversare il sistema di scrubbing e poi ad attraversare il letto biologico per poi essere immessa in ambiente depurata.

Si fa presente che questo sistema segue le linee guida elencate:

- **D.G.R. Lombardia del 16/04/2003 N° 7/12764** concernente "Linee guida relative alla costruzione ed all'esercizio degli impianti di produzione compost..." pubblicato sul bollettino ufficiale della regione Lombardia 1° supplemento straordinario in data 13/05/2003.
- **D.G.R. Lombardia del 05/06/2012 N° 9/3552** concernente le "Caratteristiche tecniche minime degli impianti di abbattimento per la riduzione dell'inquinamento atmosferico derivante dagli impianti produttivi e di pubblica utilità, soggetti alle procedure autorizzative di cui al **d.lgs. 152/06** e s.m.i. – Modifica e aggiornamento della d.g.r. 1 Agosto 2003 – N° 7/13943" pubblicato sul bollettino ufficiale della regione Lombardia serie ordinaria n° 23 del 05/06/2012.
- **D.G.R. Lombardia del 20/02/2012 N° 9/3018** concernente le "Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno".

- Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC: 5 Gestione dei rifiuti (Impianti di trattamento meccanico biologico).

Inoltre si specifica che i limiti proposti rispettano i valori di riferimento presenti **nell'allegato I, parte III, paragrafo 1, punto 1.3, alla parte quinta del decreto legislativo n. 152/2006**, dove sono riportati i limiti per impianti che usano biogas come combustibile e **nell'Allegato I al punto 2.5 del D.l.vo 36 del 2003** dove viene indicato che "la termodistruzione del gas di discarica deve avvenire in idonea camera di combustione a temperatura $T > 850^{\circ}\text{C}$, concentrazione di ossigeno $> 3\%$ in volume e tempo di ritenzione $> 0,3$ s. Tutti parametri rispettati da questo impianto.

11.1 VENTILATORE (ZONA I.3)

Tipo di Zona	Macchina
Caratteristica	Fino a 73.500 Nm ³ /h

Il ventilatore è installato è di tipo centrifugo azionato tramite inverter. Questa

particolare funzione permette di regolare la portata d'aria soffiata al trattamento biologico limitando lo spreco di energia che, paragonato ad un ventilatore ad azionamento diretto, risulterebbe essere generato dalla laminazione nelle saracinesche di regolazione. Inoltre tale approccio permetterà una regolazione attiva delle portate in relazione all'effettiva necessità del locale in orari lavorativi o meno dove le emissioni interne variano sensibilmente. Scrubbing (zona i.2)

Tipo di Zona	Macchina
Soluzione di lavaggio	H ₂ SO ₄ al 50%
Utilizzo	15 l/h
Stoccaggio	5 m ³
Aria trattata	Fino a 73.500 Nm ³ /h
Potenza elettrica installata	22 kW

Prima del trattamento nel biofiltro l'aria viene pretrattata in uno scrubber. Nello specifico si tratta di una torre di abbattimento a letti di contatto di tipo flottante. La corrente del liquido di lavaggio, introdotta dall'alto per mezzo di ugelli spruzzatori, viene lasciata scorrere per gravità

all'interno della torre mentre gli aeriformi, contemporaneamente introdotti dal fondo, risalgono in controcorrente al liquido. Durante la fase di risalita l'aeriforme attraversa le camere di contatto delimitate da griglie, all'interno delle quali sono contenuti corpi di riempimento (sfere cave in PEHD 2") sciolti.

Il lavaggio dell'aria in ingresso è effettuato con una soluzione acquosa di H₂SO₄ (reagente al 50%) contenuta nella parte inferiore dello scrubber, in un apposito serbatoio dove sono anche alloggiante le pompe centrifughe ad asse verticale (circa 22 kW). Un temporizzatore programmabile supervisionerà allo scarico periodico della soluzione di lavaggio (attraverso il gruppo valvolato automatico preposto) ed al successivo reintegro con acqua di rete (attraverso

il gruppo valvolato automatico di carico). Il dosaggio del reagente è effettuato automaticamente da sensori di pH associati a centraline di controllo e pompe di dosaggio.

Nelle peggiori condizioni (concentrazione di NH_3 in ingresso 50 mg/Nm^3) l'utilizzo della soluzione acquosa di H_2SO_4 è pari a circa 15 l/h da prelevare dal serbatoio di **5000l** posto in prossimità dello scrubber garantendo un'autonomia di circa 14 giorni.

Al fine di garantire come risultato delle simulazioni di dispersioni odorigene, presso tutti i recettori individuati, un livello di NH_3 non superiore a 500 micro gr/mc , come richiesto dalla attuale normativa Regionale (si veda Studio diffusione emissioni_rev2_Set2023 – DOC58), è previsto un livello di NH_3 in ingresso al biofiltro non superiore a 2 mg/mc , prestazione che lo scrubber in questione dovrà essere in grado di garantire in tutte le condizioni di concentrazione NH_3 previste. A tale scopo è stata modificata anche la tavola 24 dei punti di emissione in atmosfera – vedi DOC61 – STMB-02-20_24-UbicazioneEmissioni-firmata_rev2_Set23.

11.2 BIOFILTRO (ZONA I.1)

Tipo di Zona	Macchina
Aria trattata	Fino a $73.500 \text{ Nm}^3/\text{h}$
Acqua evaporata	$0.335 \text{ m}^3/\text{h}$

L'aria pretrattata nello scrubber continua il suo percorso verso l'ambiente attraversando prima il biofiltro. Il biofiltro è composto da:

- Bacino di contenimento del letto filtrante
- Grigliato di sostegno al letto filtrante
- Sistema di umidificazione/irrigazione biofiltro
- Materiale filtrante

Bacino di contenimento del letto filtrante

I bacini di contenimento del materiale filtrante saranno realizzati in opera civile. Le pareti interne sono impermeabilizzate per proteggere il calcestruzzo dall'aggressione acida.

È stata implementata la suddivisione della vasca in tre semi-bacini adiacenti e singolarmente escludibili, comprensivi di pozzetto di scarico della soluzione di irrigazione del biofiltro.

Il bacino di contenimento del letto filtrante, includendo anche il condotto dell'aria sottostante e il sistema di irrigazione ha un'altezza di 3 m .

Grigliato di sostegno al letto filtrante

Il biofiltro è completo di grigliato di sostegno del letto filtrante. L'altezza del grigliato è tale da garantire una velocità dell'aria sufficientemente bassa ($< 6 \text{ m/s}$) da garantire l'uniforme distribuzione dell'aria su tutta la superficie.

Realizzazione in polimero appositamente studiato per resistere all'aggressione acida (o analogo materiale con caratteristiche di pari resistenza) e caratterizzato da un elevato rapporto vuoto su pieno ($\geq 30\%$), tale da favorire il passaggio dell'aria minimizzando le perdite

di carico. Carico massimo: 2.000 kg/m². La griglia viene sostenuta mediante opportuni piedi di supporto realizzati in medesimo materiale.

Ciascuna vasca è dotata di dispositivo di tamponamento perimetrale atto a far sì che non si formino vie preferenziali per il flusso d'aria lungo le pareti del biofiltro.

Sistema di umidificazione/irrigazione biofiltro

Il circuito idraulico ha la funzione di assicurare la corretta umidificazione del letto filtrante e l'eliminazione dei sottoprodotti di ossidazione mediante l'effettuazione di lavaggi intermittenti. Esso è costituito da tubazioni in PVC di sezioni opportune (D32 / D50) e comprenderà valvole, irrigatori statici ad arco regolabile in PP e quant'altro necessario al suo corretto funzionamento. Per quanto concerne il sistema di bagnatura del letto filtrante, è presente un circuito ad anello lungo le pareti di contenimento dei semi-bacini biofiltranti costituenti ciascun biofiltro, al quale saranno collegati i singoli elementi di spruzzatura. Il circuito è dotato di elettrovalvole temporizzate con corpo in PP / ottone (una per ciascun bacino costituente ciascun biofiltro). Qualora la pressione dell'acqua di rete non fosse sufficiente precisiamo che sarà necessaria l'installazione di una pompa aggiuntiva, tale da garantire una pressione di 2 bar.

11.2.1 Materiale filtrante

L'elemento base dell'impianto di trattamento dell'aria esausta è costituito dal letto filtrante, il quale rappresenta il supporto per la flora microbica che produrrà, mediante ossidazione biologica, l'abbattimento delle sostanze inquinanti. Esso deve possedere caratteristiche chimico-fisiche tali da fornire un ottimo substrato per la microflora ed al contempo contenere le perdite di carico del biofiltro. Al fine di assicurare tale metabolismo microbico nel biofilm, il letto biofiltrante deve essere costantemente mantenuto umido mediante un impianto di irrorazione acqua, costituito da un circuito di spruzzatura ed eventualmente da una pompa di rilancio. È altresì importante, e ciò per gli stessi motivi di cui sopra, assicurare alla microflora ossigeno ed un quantitativo minimo di sostanze da metabolizzare, ovvero una minima portata d'aria anche in condizioni di fermo impianto.

Il materiale di riempimento è di origine naturale e ha le seguenti caratteristiche:

- omogeneità di pezzatura del materiale al fine di evitare la creazione di vie preferenziali;
- porosità elevata, in modo tale da evitare perdite di carico eccessive;
- assenza di fenomeni di biodegradazione del letto di biofiltrazione;
- durezza, ovvero sia mantenimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche e biologiche, in particolare mantenimento del volume ed assenza di cedimenti e compattazioni generali o locali.

Nello specifico è considerato l'utilizzo di riempimento costituito da torba granulare irlandese MonaFil® (o equivalente), il quale assolve le seguenti funzioni:

- agisce come substrato per i microrganismi
- fornisce nutrimento supplementare per i microrganismi
- assicura la ritenzione dell'umidità
- fornisce la superficie di assorbimento per i composti odorigeni.

Il materiale filtrante dovrà essere sostituito **ogni 5 anni**, e comunque qualora le condizioni di conservazione dello stesso non permettano più il mantenimento delle rese di depurazioni previste in sede di progetto. La sostituzione del materiale filtrante esausto sarà effettuata mediante accesso dalla strada perimetrale esterna ai biofiltri.

L'estrazione del materiale potrà avvenire tramite gru dotata di benna a polipo, con asportazione finale della torba residua effettuata manualmente.

12 GESTIONE SCARTI (AREA J)

L'area in questione è posizionata quasi totalmente all'interno dello stesso edificio dedicato al conferimento della FORSU e del suo pretrattamento. In questa area vengono stoccati e consegnati tutti gli scarti provenienti dal trattamento della FORSU. Nello specifico sia dal pretrattamento che dallo screening post-digestione.

L'area è composta da:

- (j.1) Area di attesa e manovra
- (j.2) Zona consegna scarti
- (j.3) Zona stoccaggio scarti
- (j.4) Zona stoccaggio e sgocciolamento sabbia e graniglia

12.1 ATTESA E MANOVRA (ZONA J.1)

Questa zona identifica lo spazio di attesa e manovra dei mezzi dedicati al ritiro di ciascun tipo di scarto. Prima di essere guidati in questa zona i mezzi vengono fatti transitare sulla pesa per eseguire la tara e verificare poi la quantità di materiale di scarto consegnato.

12.2 CONSEGNA SCARTI (ZONA J.2)

Questa zona, interna all'edificio soggetto al trattamento odori, è dedicata alla consegna del materiale di scarto. L'automezzo viene fatto entrare in retromarcia attraverso una porta rapida normalmente chiusa. Per tutto il tempo di caricamento sull'automezzo la porta rimane chiusa e viene aperta nuovamente per far uscire il mezzo.

12.3 STOCCAGGIO SCARTI (ZONA J.3)

Sempre in zona soggetta a trattamento odori vengono stoccati tutti gli scarti provenienti dalle varie zone di pretrattamento e screening post-digestione.

La somma del materiale stoccato in questa zona sommato a quello della successiva (j.4) sarà mantenuto sempre inferiore a 30 m³.

12.4 SGOCCIOLAMENTO E STOCCAGGIO SABBIA E GRANIGLIA (ZONA J.4)

Una volta eseguito il lavaggio e la selezione, sabbia e graniglie vengono raccolte in delle big-bag con telaio e trasportate in una postazione esterna, identificata appunto in j.4, dove queste vengono fatte disidratare naturalmente. L'acqua prodotta dallo sgocciolamento viene completamente raccolta e reimpressa nel ciclo interno delle acque.

13 AUSILIARI (AREA K)

Vengono considerati ausiliari al funzionamento quei componenti che forniscono supporto a più aree dell'impianto. Tra questi i più importanti sono:

- Caldaie (zona k.1)
- Cogeneratore (zona k.2)
- Cabina di trasformazione MT/BT (zona k.3)
- Riserva idrica e pompaggio per impianto VVF (zona k.4)
- Sistema di controllo e monitoraggio delle emissioni odorigene (zone k.5)
- Fotovoltaico diffuso
- Colonnine di ricarica elettriche

L'impianto oggetto di questa relazione impiantistica ha un importante utilizzo di energia elettrica e termica. La maggior parte dell'energia elettrica e termica viene fornita grazie alla cogenerazione, tramite un apposito cogeneratore identificato dalla zona k.2. Il cogeneratore è dimensionato per lavorare il più possibile del tempo al 100% massimizzandone il rendimento. Nei momenti di picco termico (le più fredde giornate invernali o durante l'avviamento dell'impianto) il vuoto di potenza viene colmato dall'accensione di una caldaia. La zona k.1 infatti identifica la posizione di due caldaie. Una di queste viene avviata in base alla necessità. La seconda invece, assieme alla prima, entra in funzione durante la manutenzione programmata del cogeneratore. La seconda caldaia può essere permanentemente installata o essere portata nel sito dal manutentore del cogeneratore prima di effettuare lo spegnimento dello stesso.

Per garantire invece la disponibilità elettrica per l'impianto è presente una cabina di trasformazione MT/BT da circa 2,5 MW. Un ulteriore contributo all'approvvigionamento elettrico è garantito da un impianto fotovoltaico distribuito sulle coperture dei principali edifici.

13.1 CALDAIE (ZONA K.1)

Tipo di Zona	Macchina (discontinua)
Materia in ingresso	Circa 91 Nm ³ /h metano
Materia in uscita	1386 kg/h fumi 46°C Classe di NOx = 6 NOx ponderato = 47 mg/kWh CO ponderato = 26,3 mg/kWh
Potenza termica nominale	22-864 kWt

Nell'impianto descritto è sempre installata, ma non attiva, una caldaia da ARES 900 TEC ErP o equivalente. Tale caldaia è dimensionata per coprire il carico termico non assicurato dal cogeneratore a piena potenza durante i periodi di picco dovuti a transitori invernali. La caldaia in oggetto ha un campo di

funzionamento esteso tra 22 e 864 kWt, ideale per essere usata come regolazione. Durante la manutenzione programmata del cogeneratore, soprattutto durante quella che prevede lo spegnimento, viene installata temporaneamente una seconda caldaia di pari dimensioni in

modo da coprire tutto il carico termico necessario. Le caldaie in questione sono alimentate a Metano prelevato dalla rete esterna. Essendo un carico discontinuo direttamente correlato con le condizioni ambientali non è possibile stimare l'emissione annua. Il produttore specifica però 3 importanti parametri della produzione:

- Classe di NO_x = 6
- NO_x ponderato = 47 mg/kWh
- CO ponderato = 26,3 mg/kWh

13.2 COGENERATORE (ZONA K.2)

Tipo di Zona	Macchina
Materia in ingresso	Max 186 Nm ³ /h metano
Materia in uscita	Circa 4360 kg/h fumi 460°C NO _x (5% O ₂) 500 mg/Nm ³ CO (5% O ₂) <300 mg/Nm ³ Circa 2900 ton/anno di CO ₂
Potenza termica prodotta	860 kWt
Potenza elettrica prodotta	800 kWe

Come anticipato il cogeneratore è dimensionato per lavorare il maggior numero di ore possibile al 100% in modo da massimizzare anche il rendimento dello stesso.

La taglia del cogeneratore scelto è di 800 kWe e di circa 860 kWt il cui componente principale, il motore, è un V16 della MWM (TCG2016) o

equivalente. Il cogeneratore rappresenta un'emissione continuativa di 4360 kg/h di fumi alla temperatura di 460°C. Tali fumi hanno un contenuto di NO_x di 500 mg/Nm³ e di CO inferiore a 300 mg/Nm³. L'emissione avviene tramite un camino a 10m di altezza.

Considerando una produzione di circa 1,8 kg di CO₂ ogni Nm³ di metano si stima una produzione continuativa di circa 335 kg/h di CO₂ per un totale annuo di circa 2900 ton/anno di CO₂.

Si vuole evidenziare che, grazie all'utilizzo di un cogeneratore dimensionato per lavorare sempre al 100%, tale emissione è quella minore possibile rispetto alle alternative di generazione separata di energia elettrica ed energia termica.

13.3 CABINA DI TRASFORMAZIONE MT/BT (ZONA K.3)

L'impianto è connesso alla rete di Media Tensione e, tramite una cabina di trasformazione MT/BT, trasferisce l'energia necessaria alla rete elettrica interna.

La cabina, posizionata in un apposito container in Cemento Armato ha una sezione dedicata all'accesso di ENEL.

La potenza totale installata è di 2,5 MW per coprire gli eventuali picchi dovuti alla contemporaneità, tuttavia il carico medio nominale risulta poi più contenuto.

13.4 RISERVA IDRICA E POMPAGGIO (ZONA K.4)

La riserva idrica e i sistemi di pompaggio sono dettagliati nella relazione di prevenzioni incendi – DOC 11.

13.5 SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ODORIGENE (ZONA K.5)

L'impianto sarà dotato di 4 piazzole attrezzate per il montaggio (come identificate nel **DOC24 - Tavola ubicazione punti di emissione in atmosfera**), a rotazione settimanale, di uno strumento di controllo e monitoraggio degli odori presenti in atmosfera. Il sistema scelto per questa applicazione, EOS Ambiente di SACMI, non solo è in grado di monitorare le minime quantità di odori presenti in aria, ma è anche in grado di identificare la matrice producente l'odore stesso.

Questa caratteristica assume fondamentale importanza nell'indirizzare poi le manutenzioni interne o identificare l'odore come non proveniente dal sito oggetto analisi.

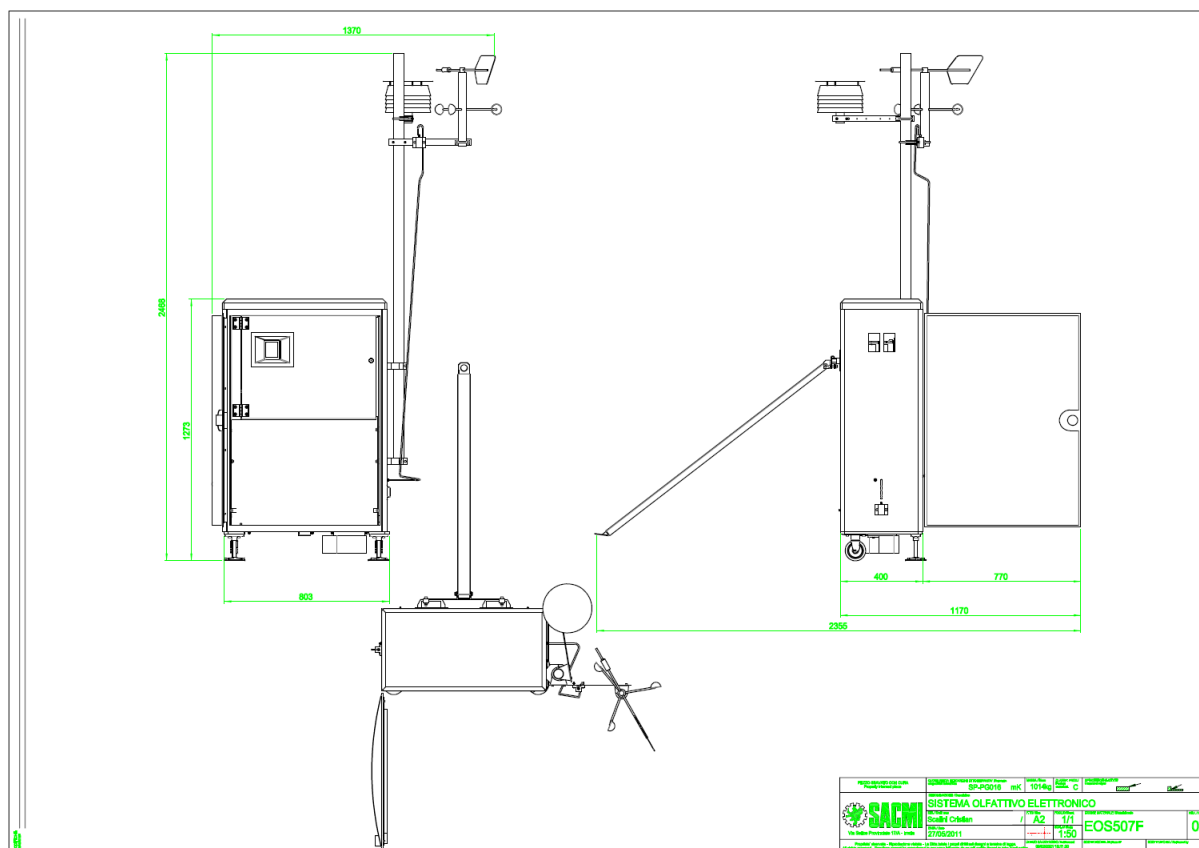


Figura 11: Sistema Olfattivo Elettronico EOS di SACMI