



REGIONE CAMPANIA GIUNTA REGIONALE DELLA CAMPANIA

STRUTTURA DI MISSIONE PER LO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI STOCCATI IN BALLE

IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO IL COMUNE DI AFRAGOLA (NA) – LOC. SALICELLE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA – Ing. Antonio De Falco

ACCORDO QUADRO TRIENNALE PER L'AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA
E ARCHITETTURA - LOTTO 1

POR FESR 2014-2020 - ASSE 6 - AZIONE 6.1.3. - PROC. N. 2597/A-SIA/18

CODICE CIG: 7332580C6D - CODICE CUP: B23G17013850006

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA CALCOLI AEREAULICI

1137-D-IM-RT-01	1137	1137-D-IM-RT-01 0	1	DI	53	0
ELABORATO	COM	DOCUMENTO	PAGINE		REV.	

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

CAPOGRUPPO MANDATARIA



ICARIA srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Via LA Spezia, 6 – 00182 Roma
Corso Cavour, n. 445 – 05010 Cerveteri (LT)
Tel. 0763-340875, fax. 0763-341251
www.icariasrl.it e-mail: info@icariasrl.it

MANDANTE



ICARIA s.r.l.
Società di Ingegneria

Lotti Ingegneria Spa

Via del Fiume, n. 14 - 00186 – Roma
Tel. 06-32397322, fax. 0763-341251

C.F./P.IVA 00956841001
e-mail: lotti@lottiassociati.com
PEC: c.lotti@legalmail.it

MANDANTE



Quantica Ingegneria S.r.l.

Piazza G. Bovio n°22 – 80133 Napoli
Tel. 081-18779435, fax. 081-5628426

C.F. 08248051214 P.IVA 08248051214
e-mail: segreteria@quanticaingegneria.it
PEC: quantica@arubapec.it

0	MARZO 2021	EMISSIONE	PV	GV	GV	VR
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

È vietato ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente disegno senza la preventiva autorizzazione

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

INDICE

1	PREMESSE	3
1.1	<i>Presidi ambientali</i>	<i>3</i>
1.2	<i>L'approccio alla progettazione dei presidi</i>	<i>4</i>
1.3	<i>Normativa di riferimento</i>	<i>4</i>
1.3.1	<i>Normativa regionale</i>	<i>5</i>
1.4	<i>Realizzazione nuove torri di lavaggio</i>	<i>7</i>
1.4.1	<i>Dimensionamento delle torri di lavaggio</i>	<i>9</i>
1.5	<i>Tecnologie di controllo degli odori</i>	<i>9</i>
1.5.1	<i>Scrubber a letto fluido (Floating Bed Scrubber)</i>	<i>9</i>
1.6	<i>Biofiltro</i>	<i>10</i>
2	SISTEMA DI ASPIRAZIONE DELL'ARIA.....	13
2.1	<i>Dati di dimensionamento.....</i>	<i>13</i>
2.2	<i>Dimensionamento delle condotte</i>	<i>14</i>
2.3	<i>Perdite di carico totali.....</i>	<i>22</i>
2.4	<i>Dimensionamento dei ventilatori di aspirazione</i>	<i>22</i>
3	FILTRI A MANICHE	24
4	DIMENSIONAMENTO TORRI DI LAVAGGIO	28
5	BIOFILTRO	32
5.1	<i>Principio di funzionamento del biofiltro</i>	<i>32</i>
5.2	<i>Importanza del materiale del biofiltro</i>	<i>32</i>
5.3	<i>Condizioni di crescita e fabbisogno di sostanze nutritive dei microrganismi</i>	<i>35</i>
5.4	<i>Materiali per la filtrazione biologica</i>	<i>38</i>
5.5	<i>Dimensionamento del biofiltro</i>	<i>40</i>
5.6	<i>RENDIMENTI GARANTITI DAL SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE EMISSIONI.....</i>	<i>41</i>
6	SISTEMA DI INSUFFLAZIONE DELL'ARIA	42
6.1	<i>Dimensionamento.....</i>	<i>45</i>

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-02-Relazione Tecnica Calcoli Aerulici	
---------------------------	--	--

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

1 PREMESSE

La presente relazione descrive la logica di funzionamento, il dimensionamento e i criteri adottati per la progettazione del sistema di aspirazione delle arie esauste dai capannoni dell'impianto di compostaggio di Afragola, nonché per il sistema di insufflazione dell'aria nelle biocelle e nelle piazzole aerate di maturazione primaria.

L'impianto di aspirazione è stato suddiviso in due parti principali: un sistema localizzato, costituito da cappe d'aspirazione per la cattura delle polveri generate nelle operazioni di triturazione dello strutturante e di raffinazione del compost, al termine del quale sono posizionati n.2 filtri a manica autopulenti ed un sistema di aspirazione principale che attraversa il capannone ed è finalizzato a garantire il ricambio dell'aria negli ambienti lavorativi ed a collettare le arie esauste, e dunque le componenti odorigene, verso n.4 torri di lavaggio a letto fluido e successivamente a n.2 biofiltri.

La progettazione dell'impianto in questione è stata studiata per garantire un ottimale ambiente di lavoro per gli operatori all'interno dell'impianto e, al tempo stesso, per non permettere la fuoriuscita di aria maleodorante dai locali.

Infine, l'impianto di insufflazione aria è diviso in due zone principali: la prima a servizio delle biocelle per la bio-ossidazione accelerata; la seconda a servizio dell'aerazione dei cumuli di compost in maturazione primaria.

1.1 Presidi ambientali

Le opere di presidio ambientale rappresentano tutto quanto è necessario all'impianto per la corretta protezione delle matrici ambientali: acqua, aria e suolo e, per un impianto di trattamento RSU, essi riguardano fundamentalmente la protezione contro i cattivi odori, l'eliminazione delle polveri che si formano nella zona di lavorazione ed i percolati.

In questa relazione si affrontano le tematiche collegate al contenimento degli odori ed all'abbattimento delle polveri, rimandando ad altra sede la questione dei percolati.

I cattivi odori, generalmente, non rappresentano un fattore di rischio per la salute degli operatori a servizio dell'impianto e delle persone localizzate nella vicinanza dell'impianto, ma possono generare un rischio di "insofferenza" nei confronti dello stesso, infatti se si confronta la concentrazione alla quale praticamente vi è la certezza che tutti avvertano il cattivo odore (*100% ORC, Odor recognition concentration*) e i livelli ammissibili di esposizione negli ambienti di lavoro (*TLV, threshold limit value*) si vede che sono di ordini di grandezza inferiori come si nota dalla lettura della seguente tabella 1.

In ogni caso, per quanto detto in precedenza, è necessario "tamponare" quelle fasi che sono più critiche ovvero la fase di stoccaggio e miscelazione della F.O.R.S.U. e le fasi di maturazione del compost e di bio-ossidazione attiva.

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 3 di 53
---------------------------	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per quanto riguarda la altre fasi è necessario tamponare il capannone di ricevimento e miscelazione e realizzare un impianto di abbattimento con un sistema misto formato da scrubber (torri di lavaggio) e biofiltri opportunamente dimensionati.

Tabella 1. Confronto tra l'ORC ed il TLV in mg/m₃ dei principali composti odorigeni

Sostanza	100% ORC	TLV
Idrogeno solforato	1,4	14.000
Metilmercaptano	70,0	1.000
Dimetildisolfuro	16,0	-
Trimetilammina	9,8	24.000
Acido butirrico	73,0	-
Acido esanoico	29,0	-
Acetaldeide	549,0	180.000

1.2 L'approccio alla progettazione dei presidi

Come si è detto, sistema di aspirazione deve mantenere in depressione tutti i locali e gli eventuali nastri trasportatori posizionati all'esterno degli edifici.

Nel caso di specie, la sezione deve essere dimensionata per trattare una portata oraria pari a 360.000 m³/h.

1.3 Normativa di riferimento

Lo schema di processo deve essere in linea con la DECISIONE DI ESECUZIONE (UE) 2018/1147 DELLA COMMISSIONE del 10 agosto 2018, che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per il trattamento dei rifiuti, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, si deve considerare la BAT 34:

BAT 34. Per ridurre le emissioni convogliate nell'atmosfera di polveri, composti organici e composti odorigeni, incluso H₂S e NH₃, la BAT consiste nell'utilizzare una o una combinazione delle tecniche indicate di seguito.

- **Biofiltro** Se il tenore di NH₃ è elevato (ad esempio, 5–40 mg/Nm³) può essere necessario pretrattare lo scarico gassoso prima della biofiltrazione (ad esempio, con uno scrubber ad acqua o con soluzione acida) per regolare il pH del mezzo e limitare la formazione di N₂O nel biofiltro. Taluni altri composti odorigeni (ad esempio, i mercaptani, l'H₂S) possono acidificare il mezzo del biofiltro e richiedono l'uso di uno scrubber ad acqua o con soluzione alcalina per pretrattare lo scarico gassoso prima della biofiltrazione.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- **Lavaggio a umido (wet scrubbing)** Si utilizzano scrubber ad acqua o con soluzione acida o alcalina, combinati con un biofiltro, ossidazione termica o adsorbimento su carbone attivo.

Se tuttavia si cercano criteri per il dimensionamento delle apparecchiature e/o sezioni di impianto innanzi indicate, le uniche BAT applicabili all'impianto in oggetto sono quelle definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di concerto con il Ministero delle Attività Produttive e con il Ministro della Salute e Pubblicate con Decreto del 29 gennaio 2007, "EMANAZIONE DI LINEE GUIDA PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI IN MATERIA DI GESTIONE DEI RIFIUTI, PER LE ATTIVITA' ELENcate NELL'ALLEGATO I DEL DECRETO LEGISLATIVO 18 FEBBRAIO 2005 N° 59", in particolare alla parte "LINEE GUIDA PER IMPIANTI ESISTENTI PER LE ATTIVITÀ RIENTRANTI NELLE CATEGORIE IPPC: 5, GESTIONE RIFIUTI, IMPIANTI DI TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO" con riferimento in particolare alla parte di pretrattamento meccanico.

In base a tale fonte, nel caso di scrubber (torre d'assorbimento), si deve garantire:

- velocità di attraversamento < 1 m/s;
- tempo di contatto, (rapporto tra volume del riempimento e portata specifica), non inferiore a 2 secondi;
- altezza minima del riempimento non inferiore a 70 cm;
- rapporto tra fluido abbattente ed effluente inquinante pari a 2:1.000 espresso in m³/Nm³.

1.3.1 Normativa regionale

Ai fini della presente progettazione, è inoltre opportuno evidenziare che il dimensionamento delle succitate torri di lavaggio, oltre a tener conto delle BAT di settore, deve auspicabilmente rispettare anche i criteri riportati nella **D.G.R. Campania n. 4102/92 e della D.G.R. Campania n. 243 del 08/05/2015** "D. Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, ss. mm. ii., recante "Norme in materia ambientale". Emissioni in atmosfera. Revisione e aggiornamento parziale delle disposizioni di cui alla D.G.R. 5 agosto 1992, n. 4102".

In queste delibere, sono previste le tipologie di torri di lavaggio riportate nelle seguenti schede.

Come si può facilmente evincere da tali schede, gli scrubber in dotazione all'impianto STIR non rientrano in alcuna delle tipologie previste dalla normativa regionale.

Nella progettazione sviluppata dagli scriventi, dunque, sono stati adottati criteri di progettazione che fossero coerenti sia con le BAT, sia con questa normativa locale.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

SCHEDA 1. ABBATTITORE AD UMIDO TIPO: SCRUBBER VENTURI O JET VENTURI

Per il quale sono previsti i seguenti parametri di dimensionamento:

Parametro	Unità di Misura (SI)
Temperatura nella gola Venturi	In rapporto al processo
Velocità di attraversamento effluente gassoso nella gola	$\geq 10 \text{ m/s}$
Perdite di carico nella gola venturi	$\geq 2.0 \text{ KPa}$
Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica
Portata del fluido abbattente	$> 1.5 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$ di effluente

SCHEDA 2. ABBATTITORE AD UMIDO TIPO: SCRUBBER A TORRE

Per il quale sono previsti i seguenti parametri di dimensionamento:

Parametro	Unità di Misura (SI)
Temperatura del fluido	$\leq 40 \text{ }^\circ\text{C. (uscita)}$
Tempo di contatto	$> 1 \text{ s}$ per reazione acido/base $> 2 \text{ s}$ per reazioni di ossidazione o per trasporto di materia solubile nel fluido abbattente.
Portata minima del liquido di ricircolo	$1.5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ m}^3$ di effluente gassoso per riempimento alla rinfusa $> 0.5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ m}^3$ di effluente per riempimenti strutturati.
Tipo di nebulizzazione e distribuzione del liquido ricircolato	Spruzzatori nebulizzatori da $10 \text{ }\mu\text{m}$ con raggio di copertura sovrapposto del 30% o distributori a stramazzo.
Altezza di ogni stadio (minimo 1)	$\geq 1 \text{ m}$ per riempimento del materiale alla rinfusa
Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica

INFORMAZIONI AGGIUNTIVE

L'impiego di questa tecnologia di depurazione per l'abbattimento degli odori può fornire buoni risultati solo se sono previsti almeno due stadi di abbattimento, di cui uno acido/base ed uno basico-ossidativo. I tempi di contatto dovranno essere superiori a 2 s per lo stadio di lavaggio acido e superiori a 4 s per lo stadio basico-ossidativo. L'altezza minima di ciascuno stadio deve essere $> 1 \text{ m}$. Dovranno essere eventualmente previsti anche sistemi di prefiltrazione del particolato ed un demister a valle degli stessi impianti.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

SCHEDA 3. ABBATTITORE AD UMIDO TIPO: SCRUBBER A TORRE (COLONNA A LETTI FLOTTANTI)

Per il quale sono previsti i seguenti parametri di dimensionamento:

Parametro	Unità di Misura (SI)
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$
n. letti flottanti	Almeno 1 (2 per reazione acido-base)
Velocità di attraversamento nei letti flottanti	3-5 m/s
Altezza di ogni letto flottante in condizioni statiche	$> 0,4\text{m}$
Portata minima del liquido ricircolato	$1,2 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ m}^3$ di effluente gassoso (2m^3)
Perdite di carico totale:	$\leq 3 \text{ kPa}$
Tipo di nebulizzazione	Spruzzatori/nebulizzatori da 10 micron con raggio di copertura sovrapposto del 30%
Tipo di fluido a battente	Acqua o soluzione specifica

INFORMAZIONI AGGIUNTIVE

Questa tipologia di può essere utilizzata a valle di sistemi meccanici o chimici atti ad abbattere polveri e/o nebbie di granulometria più grossa, CIV acide o basiche e COV solubili. L'impiego di questa tecnologia di depurazione per l'abbattimento degli odori può fornire buoni risultati se sono previsti almeno due letti flottanti di contatto acido e tre letti di contatto basico-ossidativo. Dovranno essere eventualmente previsti anche sistemi di prefiltrazione del particolato ed un demister a valle degli stessi impianti. Gli impianti che utilizzano liquidi funzionali particolari per l'assorbimento

dell'inquinante dovranno essere sottoposti ad operazioni di purificazione/riattivazione prima di essere riutilizzati. I letti di contatto flottanti presentano, rispetto ai pacchi di riempimento statico, minori problemi di impaccamento causato da particelle solide sospese nel fluido trattato.

1.4 Realizzazione nuove torri di lavaggio

Il progetto prevede dunque la realizzazione di N.4 nuove torri di lavaggio, del tipo a letto flottate, rispettose della vigente normativa, ciascuna con capacità massima di trattamento pari a $90.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Con questa soluzione, la depurazione dell'aria esausta si svolgerà in due fasi:

1. pre-trattamento in scrubber a umido;
2. trattamento in biofiltro.

Il pre-trattamento si svolge in n. 4 scrubber di nuova realizzazione a doppio stadio, operanti in parallelo. All'interno dello scrubber, l'aria attraversa una colonna d'acqua umidificandosi e

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

depurandosi soprattutto dai particolati. Il sistema è anche in grado di abbattere parte degli inquinanti gassosi, per mezzo di processi di dissoluzione o assorbimento del gas nel liquido.

Le arie captate dal capannone prima di essere avviate al biofiltro, verranno trattate all'interno delle torri di lavaggio del tipo controcorrente in torri a letto di contatto flottanti.

Il lavaggio avrà la funzione di:

- abbattere eventuali polveri in sospensione;
- umidificare il flusso aeriforme in transito;
- assorbire i composti chimici odorigeni idrosolubili.

È previsto l'utilizzo di reagenti per il trattamento delle arie esauste con una soluzione di acido solforico (H_2SO_4) atta alla cattura e precipitazione dell'ammoniaca NH_3 in solfato di ammonio $(NH_4)_2SO_4$. Il dosaggio di reagenti è regolato da un sistema di misura del pH. Le torri saranno altresì dotate di gruppi Venturi per l'abbattimento delle polveri.

Le torri di lavaggio consistono in:

- Una vasca di fondo in cui è accumulato una soluzione di solfato di ammonio, acido solforico ed acqua. Un misuratore di pH regola l'immissione di reagente o lo spurgo di soluzione al fine di evitare che l'ammoniaca si liberi passando di nuovo in aria.
- Pacchi di corpi di riempimento posti nella parte centrale della colonna, dimensionati al fine di ottenere la maggior superficie di contatto possibile tra soluzione reagente e aria di passaggio.
- Batterie di ugelli spruzzatori che ano la soluzione prelevata dalla vasca di raccolta e la ri-iniettano nella torre. Nelle tubazioni che portano la soluzione presente nella vasca di raccolta agli ugelli viene anche immesso, tramite un circuito esterno, il reagente al fine di mantenere il pH controllato.
- Infine in testa alla torre è posto un demister, ovvero un pacco lamellare opportunamente dimensionati per far scaricare all'aria (umidificatasi dal contatto con la soluzione di acido solforico) più acqua e trascinamenti di soluzione / reagente possibile.

In sintesi, si avranno:

- **n. 4 scrubber** a letto flottante per reazioni acido/base, in cui avviene anche la regolazione dell'umidità e l'eventuale rimozione del materiale particellare (es. residui di polvere) nonché il controllo della temperatura del flusso;
- **n. 2 biofiltri** (ciascuno suddiviso in n.3 sezioni) composto da materiale organico avente una struttura porosa idonea a fungere da supporto ai microrganismi (muffe, batteri e lieviti) che sono i veri agenti della depurazione.

Ciascun biofiltro sarà suddiviso in tre sezioni indipendenti e singolarmente disattivabili, per consentire operazioni di manutenzione senza interrompere il trattamento delle arie esauste provenienti dai locali di lavorazione, rispettando i tempi di contatto previsti dalle BAT.

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 8 di 53
---------------------------	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

In relazione ai limiti emissivi, espressi in termini di concentrazioni di unità odorimetriche, il sistema dovrà consentire di rispettare la soglia di **300 UOE/Nm³**.

1.4.1 Dimensionamento delle torri di lavaggio

Il dimensionamento di tale sistema sarà conforme ai criteri della D.G.R. Campania n. 4102/92 e della D.G.R. Campania n. 243 del 08/05/2015 “D. Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, ss. mm. ii., recante “Norme in materia ambientale”. Emissioni in atmosfera. Revisione e aggiornamento parziale delle disposizioni di cui alla D.G.R. 5 agosto 1992, n. 4102”.

Parametro	Unità di Misura (SI)
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$
n. letti flottanti	Almeno 1 (2 per reazione acido-base)
Velocità di attraversamento nei letti flottanti	3-5 m/s
Altezza di ogni letto flottante in condizioni statiche	$> 0,4\text{m}$
Portata minima del liquido ricircolato	$1,2\text{ m}^3 \times 1000\text{ m}^3$ di effluente gassoso (2m^3)
Perdite di carico totale:	$\leq 3\text{ kPa}$
Tipo di nebulizzazione	Spruzzatori/nebulizzatori da 10 micron con raggio di copertura sovrapposto del 30%
Tipo di fluido a battente	Acqua o soluzione specifica
NB. L'impiego di questa tecnologia di depurazione per l'abbattimento degli odori può fornire buoni risultati se sono previsti almeno due letti flottanti di contatto acido e tre letti di contatto basico-ossidativo.	

1.5 Tecnologie di controllo degli odori

1.5.1 Scrubber a letto fluido (Floating Bed Scrubber)

Gli scrubber adottati sono del tipo a letto fluido, ed hanno le seguenti **caratteristiche generali**:

I lavatori di gas a letto fluido sono manufatti a torre con parte attiva costituita da sfere cave di materiale plastico in movimento tra griglie di contenimento che definiscono ciascun stadio di lavaggio. Il gas da lavare entra dal basso, il liquido di lavaggio dall'alto. Sotto l'azione di questi flussi di verso contrario, le sfere sono forzate a moti turbolenti e casuali generando una vasta area di contatto e miscelazione gas/liquido.

L'effetto di tale turbolenza ha come conseguenza che le sfere in movimento siano continuamente pulite per urto delle une con le altre, evitando incrostazioni ed eliminando la possibilità di formazione di vie preferenziali in grado di ridurre la superficie attiva di scambio;

Il gas e il liquido entrano, inoltre, in contatto non unicamente sulla superficie bagnata delle sfere ma nell'intera zona di flottazione incrementando la superficie di scambio gas/liquido.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Caratteristica essenziale dei lavatori di gas di questa serie sono le contenute dimensioni costruttive, in relazione alla necessità di disporre di velocità di attraversamento del letto fluido con valori tali da garantirne la flottazione delle sfere.

Il liquido di lavaggio, stoccato alla base della torre e continuamente ricircolato tramite pompa su /sugli stadio/i di contatto, viene costantemente rinnovato al fine di evitarne la saturazione. È pure possibile un funzionamento a cariche fino all'esaurimento della soluzione assorbente.

Ogni lavatore è normalmente corredato di separatore di gocce installato prima dello scarico in atmosfera dei gas lavati.

1.6 Biofiltro

La biofiltrazione è una tecnologia mediante la quale le emissioni gassose da trattare vengono fatte passare uniformemente attraverso un mezzo poroso biologicamente attivo, ovvero in un apposito letto riempito con materiali che vengono colonizzati da microrganismi aerobi in grado di degradare i composti da trattare presenti nelle emissioni; in pratica questi microrganismi non fanno altro che completare la degradazione della sostanza organica di partenza, di cui i composti odorosi sono composti intermedi di degradazione.

I biofiltri, come tutti i processi biologici di filtrazione, prevedono l'impiego di un largo spettro di microrganismi ubiquitari (batteri, funghi, lieviti), in grado di metabolizzare la maggior parte dei composti naturali – organici ed inorganici – attraverso una serie notevole di reazioni biologiche (ossidazioni, riduzione, idrolisi).

Il principio di funzionamento di un biofiltro è legato alla possibilità di creare per i microrganismi in esso residenti un ambiente adatto alla loro sopravvivenza in termini di disponibilità di ossigeno, temperatura, acidità, disponibilità di micronutrienti e di substrato organico quale fonte di carbonio ed energia.

Nel biofiltro le sostanze da depurare vengono assorbite sul materiale soffice e poroso che costituisce il letto filtrante (torba, cippato di legno, compost vegetale, miscele), si sciolgono nel film acquoso che bagna e/o umidifica il materiale, diffondono rendendosi così disponibili ai microrganismi presenti nella matrice di cui è costituito il letto filtrante.

Nei biofiltri si individuano i seguenti componenti:

- una struttura di contenimento;
- un sistema di diffusione dell'aria;
- un letto filtrante,
- un sistema per il mantenimento dell'umidità nel letto.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per la realizzazione delle strutture di contenimento sono utilizzati diversi materiali e soluzioni che vanno dal legno al calcestruzzo in opera ai più moderni sistemi modulari prefabbricati in metallo o calcestruzzo. La necessaria impermeabilizzazione è garantita dal materiale stesso e dall'esecuzione della struttura, o può ottenersi tramite l'accoppiamento di quest'ultima con vasche preformate realizzate in teli plastici.

La diffusione dell'aria può avvenire mediante una rete di tubi forati posta al di sotto del letto filtrante, solitamente annegata in un letto di materiale inerte al fine di migliorare la diffusione ed il drenaggio. Di recente, e sempre più diffusamente, a tali sistemi di diffusione vengono preferiti sistemi che prevedono il posizionamento del letto filtrante su un grigliato al di sotto del quale viene creato uno spazio che viene utilizzato per l'immissione dell'aria da trattare e la raccolta dei percolati. Il grigliato assicura una diffusione più omogenea e perdite di carico sensibilmente inferiori.

I letti filtranti possono essere grossolanamente suddivisi in funzione del tipo di materiale utilizzato per favorire la crescita e l'attività metabolica dei batteri. Si possono così distinguere biofiltri con letti filtranti di origine naturale a base di torba, compost o altri materiali di origine vegetale, singolarmente o miscelati fra loro, e biofiltri con letto filtrante in materiale inerte, questi ultimi poco utilizzati. Le proprietà richieste ad una ottimale miscela filtrante riguardano la porosità, che deve mantenersi a valori elevati (80-90 %), la capacità di ritenzione idrica (40-70% di umidità) e la capacità di mantenere il più a lungo nel tempo le caratteristiche originarie.

Il biofiltro dovrà essere verificato in modo che rispetti le BREF sull'industria chimica "Air water treatment", dell'ottobre 2001, realizzato dall'organismo europeo insediato a Siviglia EIPPC (European Integrated Prevention Pollution Control Bureau) per ciò che concerne i BIOFILTRI PER L'ABBATTIMENTO DI VOC E SOSTANZE INORGANICHE.

In sintesi, le prescrizioni (che appaiono già soddisfatte dal biofiltro esistente) sono le seguenti:

- L'altezza del materiale filtrante deve essere compresa tra 1 e 2 m (biofiltri aperti);
- Il carico specifico del letto filtrante deve essere compreso tra 100 e 500 Nm³/h per m² di superficie filtrante.
- Il bilancio di U.R. deve essere > 95%. Essa viene regolata mediante umidificatore o scrubber a monte del filtro, a volte in combinazione con l'umidificazione del materiale filtrante. L'UR del materiale filtrante deve essere <60% per evitare il "clogging".
- In caso di aria calda (>35°C) è necessario il suo raffreddamento.

Il tempo di contatto dipende dalla concentrazione degli inquinanti; indicativamente si prevede per i biofiltri aperti un tempo >35 secondi per substrati con superficie specifica fino a 350 m²/g, >60 secondi per substrati con superficie specifica fino a 100 m²/g.

Quindi questa verifica condiziona la scelta del materiale filtrante da fornire.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

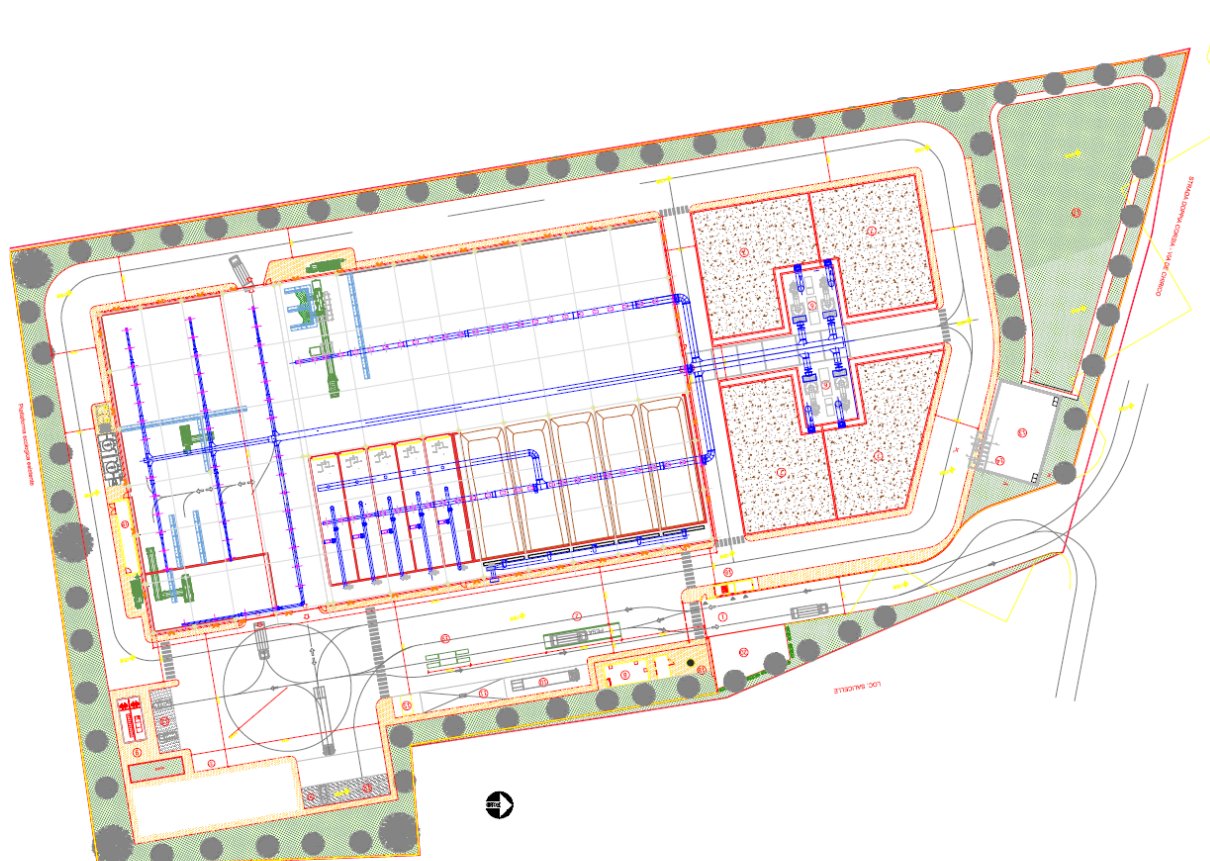


Figura 1 – Layout dell’impianto di estrazione e trattamento dell’aria

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

2 SISTEMA DI ASPIRAZIONE DELL'ARIA

Il sistema di aspirazione generalizzato avrà la finalità di collettare le arie esauste dalle zone di lavorazione dell'impianto all'impianto di trattamento finale. Esso costituito da una serie di tubazioni, localizzate al di sotto del soffitto del capannone, attraverso le quali due ventilatori centrifughi trasporteranno l'aria al biofiltro dopo lavaggio attraverso gli scrubber.

All'interno del capannone, le linee di aspirazione sono tre: due linee a servizio dell'area di processo, ovvero della zona dove sono collocate le fasi di ACT, Maturazione e Raffinazione del compost; ed una linea a servizio della zona di ricezione e pretrattamento dei materiali in ingresso e di stoccaggio del compost finito.

Quest'ultima linea si ripartisce poi in tre rami, al fine da coprire in modo più efficiente tutta l'area servita che è, poi, quella dove vi è la principale produzione di odori molesti.

Esse sono costituite da tubazioni in lamiera zincata di diametro progressivamente crescente: Ø 700, 1000, 1200, 1400, 1500, 1600 mm nella zona processo e Ø 400, 600, 700, 800, 1000, 1500 nell'area di ricezione e di stoccaggio del compost finito; le tubazioni recano le bocchette di ripresa (comprese serrande di regolazione)..

Le tre linee si immettono in una tubazione di collettamento finale. A sezione rettangolare, di dimensioni 2.500 x 2.100, che, sostenuta da un apposito piperack, convoglia l'aria agli scrubber.

2.1 Dati di dimensionamento

Il volume del capannone è pari a ca. 93.000 m³ e la portata da trattare è pari a c. 360.000 m³/h.

Come si può evincere dalla seguente tabella, la portata complessiva di aria da trattare è stata ottenuta detraendo dal volume complessivo del capannone il volume rappresentato dal manufatto ove sono realizzate le biocelle e considerando, in linea con le BAT di settore, un numero di ricambi orari pari a 4.

Si osservi che le portate d'aria utilizzate per le fasi di trattamento non contribuiscono al calcolo della portata da aspirare, in quanto l'aria utilizzata in queste sezioni viene aspirata dall'interno del capannone e reimpressa nello stesso.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Descrizione	Valore	U.M.
Capannone		
Superficie in pianta	10.100	m ²
Altezza utile interna (m)	9.20	m
Volume interno (V1)	92.920	m ³
Zona biocelle		
Superficie in pianta	1.050	m ²
Altezza utile interna	5,2	m
Volume a detrarre	5.460	m ³
Portata aria al sistema di trattamento		
Volume complessivo	87.460	m ²
Ricambi orari	4	
Portata	349.840	m ³ /h
Portata assunta per il dimensionamento	360.000	m³/h

2.2 Dimensionamento delle condotte

Le condotte sono state dimensionate in modo da valutare la velocità di attraversamento, che influisce sull'impatto acustico del sistema (di regola si evitano velocità superiori a 25 m/s; nel caso di specie si è valutato che la rete sia verificata con velocità massime pari a 21 m/s). Si è così valutata anche la velocità in corrispondenza dei ventilatori centrifughi, che influisce sul rendimento degli stessi (Fan Effect System).

Le perdite di carico sono state valutate con la formula di Darcy:

$$[1] \quad \Delta p_f = \frac{1000 \cdot f \cdot L}{D_h} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

Dove:

- Δp_f è la perdita di carico in Pascal;
- f è il coefficiente di attrito;
- L è la lunghezza della condotta in metri;

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- D_h è il diametro della condotta in mm;
- V è la velocità in m/s;
- ρ è la densità del fluido in kg m^{-3} che per l'aria in condizioni standard è pari a 1.204.

Il coefficiente di attrito può essere calcolato con la formula di Colebrook:

$$[2] \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D_h} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

[3] che può essere semplificata nella:

$$[4] \quad f' = 0.11 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D_h} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25}$$

Dove se $f' > 0.018$ $f = f'$ mentre nel caso contrario:

$$[5] \quad f = 0.85 \cdot f' + 0.0028$$

Dove ε è la scabrezza assoluta del materiale in mm che per l'acciaio non rivestito è pari a 0.05 mm e Re è il numero di Reynolds che per aria standard può essere calcolato con la:

$$[6] \quad \text{Re} = \frac{D_h \cdot V}{\nu}$$

[7] dove $\nu = \mu/\rho$ è la viscosità cinematica del fluido.

Nella tabelle seguenti sono sintetizzate le calcolazioni inerenti il dimensionamento delle condotte, effettuate in modo da tener conto, nel calcolo della prevalenza totale, delle perdite concentrate nei pezzi speciali e negli impianti di trattamento.

In particolare le prime sono state calcolate in modo proporzionale alla pressione dinamica attraverso il coefficiente k che dipende dal tipo di pezzo speciale ed in particolare:

$$[8] \quad \Delta p_c = k \cdot p_d = k \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

dove $\rho = 1.22 \text{ kg/m}^3$ è la densità dell'aria in condizioni standard, V è la velocità del fluido (aria) e k è un coefficiente empirico.

Per ciò che concerne i valori di k , sono stati considerati quelli riportati nella seguente Tabella 2.

La pressione totale che il ventilatore dovrà fornire al fluido è data dalla somma della pressione statica (energia potenziale necessaria a vincere le resistenze delle condotte) e della pressione dinamica necessaria a fornire l'energia cinetica al fluido, in particolare la pressione è calcolata con la relazione:

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 15 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

$$[9] \quad p_t = (p_{sa} - p_{da}) + (p_{sp} + p_{dp})$$

dove:

- p_{sa} è la pressione statica della condotta aspirante;
- p_{sp} è la pressione statica della premente;
- p_{da} è la pressione dinamica della aspirante;
- p_{dp} è la pressione dinamica della premente.

Tabella 2. Coefficienti per il calcolo delle perdite di carico localizzate

Resistenze accidentali			k
Gomito a spigolo vivo		90°	1,5
Gomito a spigolo arrotondato		90°	0,5
Curva		90°	0,1
Curva con alette direttrici			0,15
Gomito a spigolo vivo		45°	0,5
Gomito a spigolo arrotondato		45°	0,2
Curva		45°	0,05
Sbocco			1
Imbocco			0 - 0,35
Riduzione brusca di sezione			0 - 0,35

Cambio di sezione																	
	<table><tr><td>F_1/F_2</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td></tr><tr><td>k</td><td>1</td><td>0,7</td><td>0,4</td><td>0,2</td><td>0,1</td></tr></table>	F_1/F_2	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	k	1	0,7	0,4	0,2	0,1				
F_1/F_2	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8												
k	1	0,7	0,4	0,2	0,1												
F = Superficie																	
	<table><tr><td>F_2/F_1</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td></tr><tr><td>k</td><td>0,45</td><td>0,3</td><td>0,2</td><td>0,1</td></tr></table>	F_2/F_1	0,2	0,4	0,6	0,8	k	0,45	0,3	0,2	0,1						
F_2/F_1	0,2	0,4	0,6	0,8													
k	0,45	0,3	0,2	0,1													
F = Superficie																	
																	
<table><tr><td>α</td><td>5°</td><td>7,5°</td><td>10°</td><td>15°</td><td>22° 1/2</td><td>30°</td><td>45°</td></tr><tr><td>k</td><td>0,15</td><td>0,2</td><td>0,25</td><td>0,40</td><td>0,60</td><td>0,80</td><td>0,90</td></tr></table>	α	5°	7,5°	10°	15°	22° 1/2	30°	45°	k	0,15	0,2	0,25	0,40	0,60	0,80	0,90	
α	5°	7,5°	10°	15°	22° 1/2	30°	45°										
k	0,15	0,2	0,25	0,40	0,60	0,80	0,90										
																	
<table><tr><td>α</td><td>15° - 45°</td></tr><tr><td>k</td><td>0,10</td></tr></table>	α	15° - 45°	k	0,10													
α	15° - 45°																
k	0,10																

Il metodo utilizzato è quello definito “a perdita di carico costante” che si basa sul dimensionamento dell’intero circuito di canali mantenendo costante la perdita di carico per metro lineare. Si fissa la velocità dell’aria nel tronco di canale immediatamente a valle del ventilatore. Con tale velocità, e in base alla portata di progetto, si ricava la perdita di carico iniziale che viene mantenuta costante per tutto lo sviluppo dei canali.

Si determina quindi la lunghezza equivalente del circuito più sfavorito, che, moltiplicata per la perdita di carico unitaria determinata e sommata alle perdite di carico localizzate, restituisce le perdite di carico totali.

Si determina il diametro equivalente del condotto iniziale e, successivamente, i diametri degli altri tronchi in base alle diverse portate d’aria, mantenendo costante il valore della perdita di carico iniziale.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

In caso di condotte a sezione rettangolare, il diametro equivalente è stato calcolato con la relazione:

$$D_{eq} = 1,3 \cdot \frac{(B \cdot H)^{0,625}}{(B + H)^{0,25}}$$

Dove B ed H sono, rispettivamente, larghezza ed altezza della condotta.

I calcoli di dimensionamento sono riportati nelle seguente Tabella 3.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 3. Dimensionamento rete di aspirazione aria

DATI GENERALI			
densità dell'aria	ρ	1,20	kg m ⁻³
viscosità cinematica dell'aria	ν	1,68E-05	m ² s ⁻¹
scabrezza assoluta	ε	0,05	mm
costante di gravità	g	9,81	m s ⁻²
portata bocchette rete principale	Q_b	2500	m ³ h ⁻¹
portata unitaria immissione biocelle	Q_b	2000	m ³ h ⁻¹

DATI DI PROGETTO			
velocità nel tronco iniziale	V_i	21,00	m s ⁻¹
perdita di carico nella bocchetta tipo B	Δp_b	25,00	Pa
perdita di carico nella bocchetta tipo BR	Δp_b	40,00	Pa
perdita di imbocco	Δp_i	9,47	Pa
curve senza direttrici	R/D	1,25	

TRONCO	PORTATA		PERCENTUALE		SEZIONE	DIMENSIONI		Diam.	V	PARAMETRI DELLE CURVE								LUNGHEZZA	
			Portata	Sezione			B	H		Equiv.	R/D	W/D	Rm	R/D (reale)	L/D	Ri	Re	a	Reale
	m³ h⁻¹	m³ S⁻¹	%	%	m²	mm	mm	mm	m s⁻¹	mm				mm	mm	(°)	m	m	
Percorso: DA COLLETTORE ARIA SCRUBBER A ZONA RICEZIONE																			
0-1	380000	105,56	100	100,00	5,026	2500	2050	2475	21,00	-	-	-	-	-	-		30,00	-	0-1
1-2	110000	30,56	29	36,50	1,835	1650	1150	1500	16,65	-	-	-	-	-	-	90	100,00	-	1-2
2-3	27500	7,64	7	11,50	0,578	1650	400	840	13,22	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	2-3
curva	27500	7,64	7	11,50	0,578	1650	400	840	13,22	1,25	5,00	500,00	8	-325	1325	90	3,00	3,20	curva
3-4	25000	6,94	7	11,50	0,578	1650	400	840	12,01	-	-	-	-	-	-		3,00	-	3-4
4-5	22500	6,25	6	10,50	0,528	1650	350	780	11,84	-	-	-	-	-	-		3,00	-	4-5
5-6	20000	5,56	5	9,00	0,452	1650	300	710	12,28	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	5-6
6-7	17500	4,86	5	9,00	0,452	1650	300	710	10,75	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	6-7

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1										PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.				Lotti Ingegneria S.p.a.					

7-8	15000	4,17	4	7,00	0,352	1650	250	640	11,84	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	7-8
8-9	12500	3,47	3	5,50	0,276	1650	200	560	12,56	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	8-9
9-10	10000	2,78	3	5,50	0,276	1450	200	530	10,05	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	9-10
CURVA	7500	2,08	2	3,50	0,176	1450	150	450	11,84	1,25	10,00	190,00	12	-535	915	90	3,00	1,80	CURVA
10-11	7500	2,08	2	3,50	0,176	1450	150	450	11,84	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	10-11
11-12	5000	1,39	1	2,00	0,101	1500	100	355	13,82	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	11-12
12-13	2500	0,69	1	2,00	0,101	1500	100	355	6,91	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	12-13
TOTALE																	166,00	5,00	

Percorso: DA COLLETTORE ARIA SCRUBBER A ZONA STOCCAGGIO COMPOST (percorso più sfavorito)																			
0-1	380000	105,56	100	100,00	5,026	2500	2050	2475	21,00	-	-	-	-	-	-		30,00	-	0-1
1-2	110000	30,56	29	36,50	1,835	1650	1150	1500	16,65	-	-	-	-	-	-	90	100,00	-	1-2
2-3	65000	18,06	17	24,00	1,206	1650	750	1195	14,97	-	-	-	-	-	-	90	15,00	-	2-3
3-4	32500	9,03	9	14,50	0,729	1650	450	900	12,39	-	-	-	-	-	-		15,00	-	3-4
4-5	17500	4,86	5	9,00	0,452	1650	300	710	10,75	-	-	-	-	-	-		3,00	-	4-5
CURVA	17500	4,86	5	9,00	0,452	1450	350	735	10,75	1,25	5,00	440,00	8	-285	1165	90	3,00	2,80	CURVA
5-6	15000	4,17	4	7,00	0,352	1650	250	640	11,84	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	5-6
6-7	12500	3,47	3	5,50	0,276	1650	200	560	12,56	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	6-7
7-8	10000	2,78	3	5,50	0,276	1650	200	560	10,05	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	7-8
8-9	7500	2,08	2	3,50	0,176	1650	150	470	11,84	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	8-9
9-10	5000	1,39	1	2,00	0,101	1450	100	350	13,82	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	9-10
10-11	2500	0,69	1	2,00	0,101	1450	100	350	6,91	-	-	-	-	-	-	90	3,00	-	10-11
TOTALE																	184,00	2,80	

RISULTATI			
Perdita di carico per metro lineare	Δp_f	1,70	Pa m ⁻¹
perdita di carico totale	Δp_t	357,56	Pa

Le bocchette (o griglie di aspirazione) dell'aria sono state selezionate secondo due tipologie: Bocchetta tipo BR con portata di 2.500 m³/h e bocchetta di tipo B con portata pari a 5.000 m³/h.

Sono state selezionate griglie di aspirazione/espulsione passo 50 mm GVZ 50 con le seguenti caratteristiche:

- Costruzione in lamiera d'acciaio zincato,
- Cornice spessore 10/10,
- Aletta spessore 8/10,
- Fissaggio a mezzo di viti in vista.

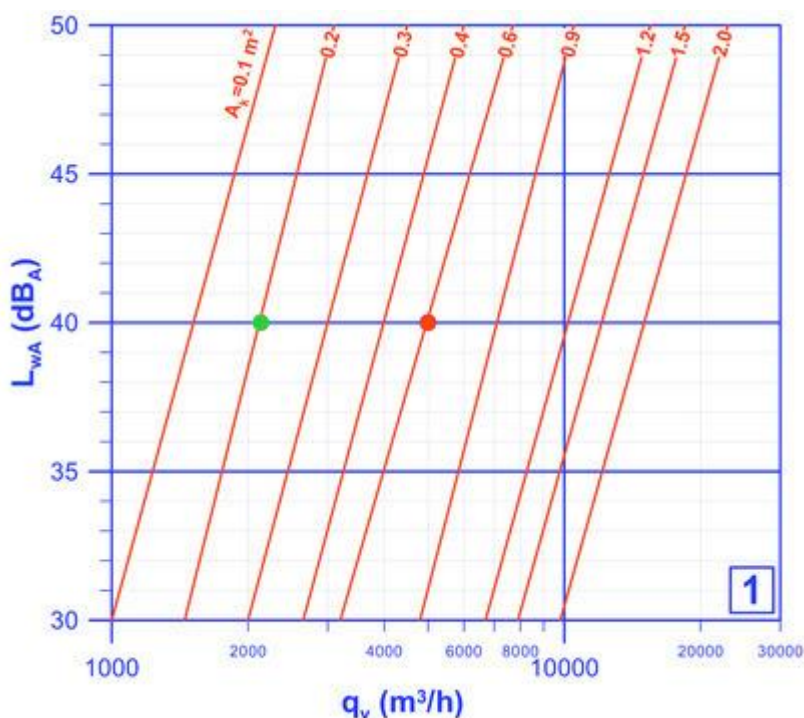
Per il dimensionamento e la scelta si è proceduto come di seguito riportato:

Si devono aspirare 2500 m³/h d'aria da una sala dove è ammesso un livello di potenza sonora LWA di 40 dBA. Si vuole selezionare una griglia di dimensioni opportune

Dal primo diagramma si ricava la sezione della griglia (in questo caso: $A_k = 0,3 \text{ m}^2$)

Dal secondo diagramma si ricava la perdita di carico (in questo caso: $\Delta P = 40 \text{ Pa}$)

Dal terzo diagramma si ricavano le dimensioni della griglia.



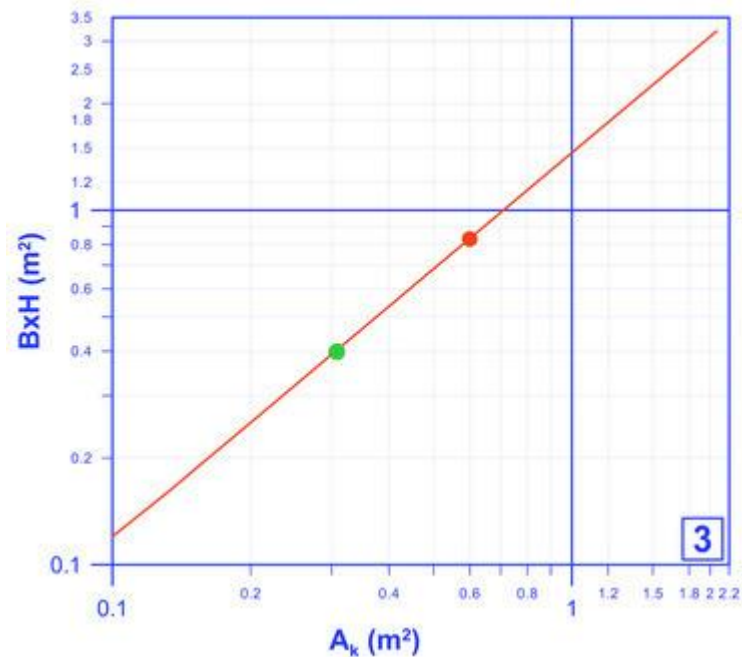
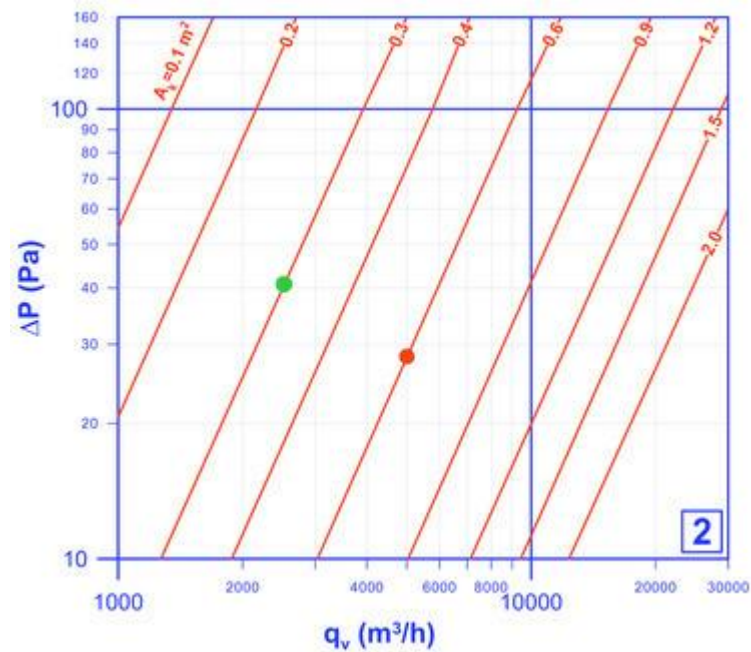


Figura 2 – Perdita di carico nelle bocchette

Complessivamente, l'aspirazione dell'aria sarà quindi garantita da n. 50 bocchette per i rami a servizio della zona processo e n.44 bocchette per i rami a servizio della zona ricezione e deposito compost finito del capannone (complessivamente n. 94 bocchette) con una portata totale teorica e massima pari a 360'000 m³/h.

2.3 Perdite di carico totali

Per il dimensionamento dei ventilatori di aspirazione, si è tenuto infine conto delle perdite di carico nella torre di lavaggio e nel biofiltro, secondo la seguente Tabella 4.

Tabella 4. Perdite di carico totali nel circuito

Riepilogo perdite di carico		
1	Condotte aspirazione	357,56 Pa
2	Biofiltro	1.700 Pa
3	Torri di lavaggio	2.000 Pa
	TOTALE	4.054,56 Pa

2.4 Dimensionamento dei ventilatori di aspirazione

L'aria sarà aspirata mediante due ventilatori centrifughi da 90'000 Nm³/h ciascuno, che, come già accennato, inviano l'aria a due torri di lavaggio distinte e quindi al biofiltro.

I ventilatori sono stati dimensionati con una prevalenza totale massima di 4'000 Pa ampiamente sufficiente a garantire la corretta aspirazione in tutte le zone previste.

Infatti come si evince dalla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 3, le condotte di aspirazione determinano una perdita di carico massima di circa 358 Pa, cui vanno aggiunte le perdite di carico delle torri di lavaggio e del biofiltro, pari rispettivamente ad un massimo di 2'000 e 1'700 Pa. Le massime perdite di carico del circuito d'aspirazione sono pertanto pari a ca. 4.058 Pa, mentre il ventilatore potrà arrivare ad una prevalenza statica di 4'500 Pa. Ciascun ventilatore, inoltre, sarà dotato di **inverter** per la corretta modulazione della portata ottenendo così un concreto risparmio energetico.

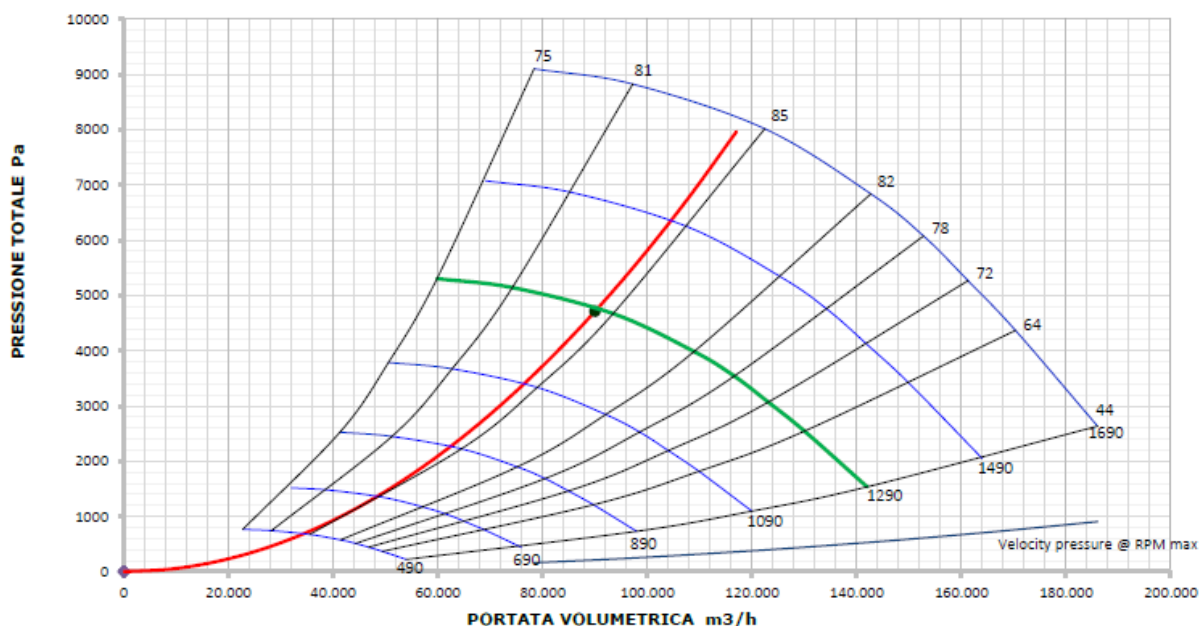
Le caratteristiche del ventilatore sono riportate nella seguente tabella

Tabella 5. Performance ventilatore

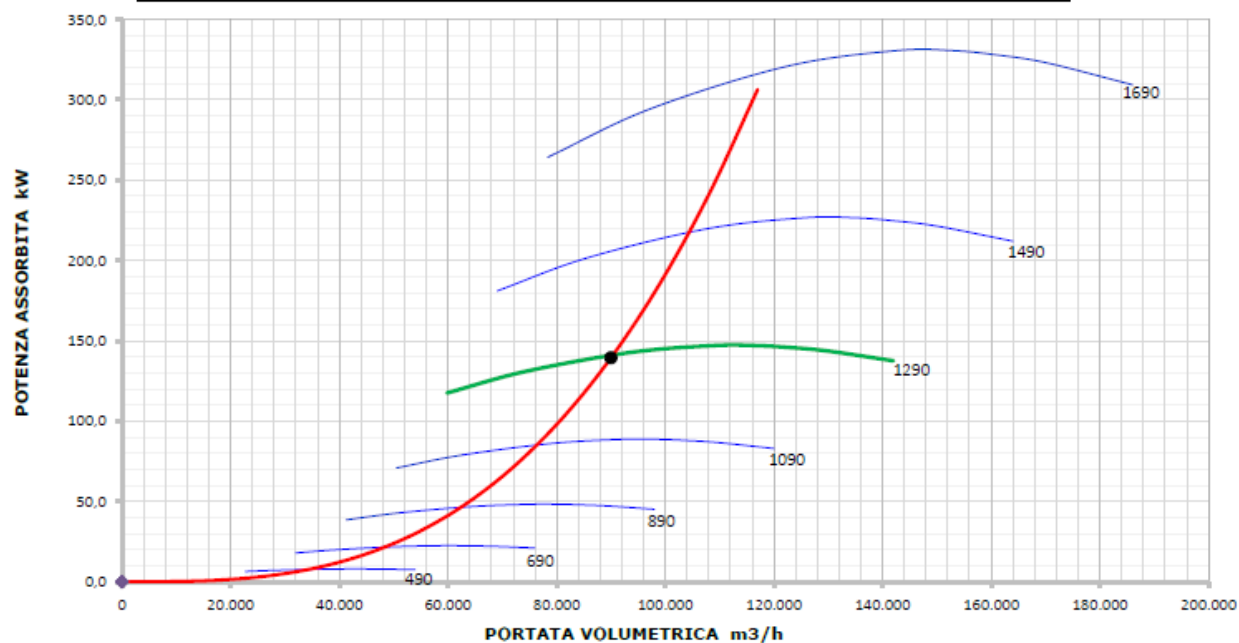
PORTATA	m ₃ /h	90.000	POTENZA ASSORBITA	kW	139,4
PRESSIONE STATICA	Pa	4.500	RENDIMENTO TOTALE	%	84,5
PRESSIONE TOTALE	Pa	4712	TEMPERATURA	°C	20
Speed Rate	RPM	1290	PD ²	kgm2	0,0
Velocità periferica	m/s	91,8	Diametro girante	mm	1360

Nella seguente scheda sono riassunte le caratteristiche dei ventilatori da installare e le relative curve di esercizio.

CURVA PORTATA VOLUMETRICA - PRESSIONE TOTALE



CURVA PORTATA VOLUMETRICA - POTENZA ASSORBITA



SCHEDA 1 – VENTILATORI DI ASPIRAZIONE ED ALIMENTAZIONE BIOFILTRO

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

3 FILTRI A MANICHE

Nella zona di triturazione del verde strutturante ed in quella di raffinazione e vagliatura si svolgono operazioni che, in date condizioni, possono produrre un elevato quantitativo di polveri. Per tale ragione, in queste zone è stato previsto un sistema di aspirazione localizzato costituito da n. 1 cappa catturante superiore localizzata nella zona di triturazione, da n.2 cappe catturanti nella zona di raffinazione/vagliatura e da un sistema di collettamento dell'aria a n.2 filtri a manica autopulenti installati eternamente al capannone.

Descrizione del filtro

Per le esigenze specifiche dell'applicazione è stata individuata una tipologia di apparecchiature dotate di filtri ad elevata efficienza di filtrazione e un sistema di pulizia automatico che garantisce il mantenimento del setto filtrante in condizioni tali da permettere nel tempo il mantenimento delle performances.

Il filtro a maniche è utilizzato per l'eliminazione delle polveri presenti nell'aria. I filtri utilizzati sono autopulenti. Si tratta di un depolveratore a tessuto con funzionamento in continuo e pulizia del tessuto mediante lavaggio in controcorrente con aria compressa.

I tessuti adottati consentono di trattenere particelle con dimensioni inferiori al micron e il ciclo di lavaggio è variabile in funzione delle reali necessità. Il dispositivo di controllo previsto è concepito in modo tale da ottenere sia la variazione del tempo di lavaggio sia la frequenza dei lavaggi stessi. Questa elasticità di funzionamento facilita i fenomeni fisici secondari derivanti dal lavaggio in controcorrente che provocano il distacco dello strato di polvere depositato sul tessuto, in modo da pulire lo stesso in profondità, restituendo al tessuto filtrante il massimo grado di permeabilità.

Principio di funzionamento

L'aria polverosa viene immessa all'interno della camera di filtrazione; a fronte della notevole diminuzione della velocità parte della polvere contenuta nell'aria aspirata precipita nella tramoggia di raccolta, la rimanente viene trasportata alle maniche filtranti. A questo punto, il flusso di aria passando dall'esterno della manica al suo interno, deposita le impurità sugli elementi filtranti. Durante la marcia le maniche vengono mantenute sempre in perfetta efficienza attraverso un sistema di pulizia ciclica in controcorrente:

- un getto d'aria compressa, accumulata in un apposito serbatoio, viene improvvisamente iniettato all'interno delle maniche creando una violenta onda di scuotimento in controcorrente in grado di staccare e far
- precipitare le particelle depositate all'esterno degli elementi filtranti. Tale getto viene iniettato da una rete di tubi soffiatori all'interno dei rispettivi venturi collegati alle maniche.

Particolarità costruttive

La costruzione curata nei minimi particolari viene realizzata in lamiera zincata. Le maniche filtranti sono in tessuto di ottima qualità studiato per risolvere i problemi di filtrazione con la massima durata. Dette maniche vengono calzate su cestelli metallici zincati per aumentare la resistenza e la durata nel tempo. Il sistema di lavaggio maniche è composto da un programmatore ciclico con regolatore tempo pausa e

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 24 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

pulizia, led luminosi di controllo, serbatoio di accumulo aria compressa con scarico condensa e manometro di pressione ed elettrovalvole pressofuse con pilota pneumatico di consenso.

Il filtro è completo di supporti di sostegno, portelli d'ispezione e tramoggia di raccolta con bidone.

I filtri a maniche adottati sono dimensionati con una velocità di passaggio attraverso le maniche pari a 0,0245 m/s ($1.8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^2 \times \text{min})$). Riassumiamo di seguito i dati relativi alle sezioni di aspirazione ed ai motori delle apparecchiature individuate.

Tabella 6. Caratteristiche del filtro a maniche zona raffinazione

Caratteristiche	Valore	
Numero maniche	440	
Diametro maniche	mm	123
Altezza maniche	mm	3.000
Superficie filtrante	m ²	510
Media	filtrante Poliestere 500 gr/m ²	
Tipo venturi	Abs	
Sistema di pulizia	Pulse Jet	
Numero valvole di pulizia	44	
Tipo valvole di pulizia	Full immersion	
Dimensione valvole di pulizia	1"	
Caratteristiche dimensionali	con camera di calma	
Sistema di scarico materiale	n. 4 tramogge con bidone metallico	
Capacità di aspirazione da progetto	45.000 m ³ /h	
Velocità di filtrazione da progetto	0,0245 m/sec	
Velocità teorica di captazione	0,5 m/sec	
Profondità	mm	2.375
Lunghezza	mm	8.500
Altezza	mm	5.600 + parapetto

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 7. Motoventilatore per vagliatore zona raffinazione

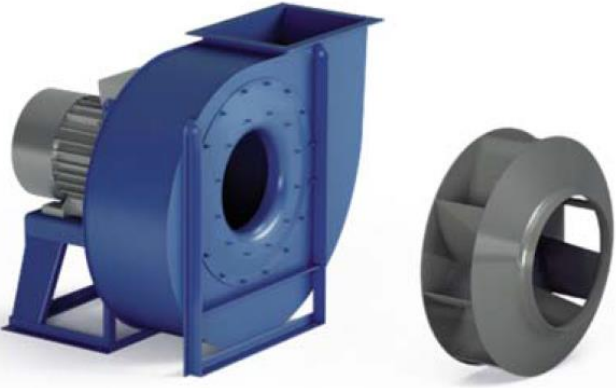
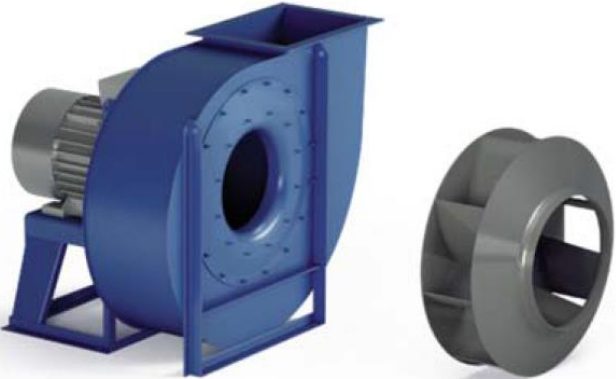
	Alte portate - Media pressioni. Pale curve rovesce	
	Aspiratore centrifugo ad elevata efficienza Chiocciola in robusta lamiera rinforzata con profilati Girante multipale, montati su disco e mozzo in acciaio saldata elettricamente	
	Potenza motore	55 kW – 75 HP
	Poli	4 - 1.400 rpm
	Tensione	400/690 -50Hz
	Bocca aspirazione	Ø900 mm
	TUBAZIONI DI RACCORDO AL FILTRO	
	RANGE DI PORTATA / PRESSIONE ST.)	
	45.000 m ³ /h	3.100 Pa
	50.000 m ³ /h	2.700 Pa
	55.500 m ³ /h	2.500 Pa

Tabella 8. Caratteristiche del filtro a maniche zona triturazione

Caratteristiche		
Numero maniche	330	
Diametro maniche	Mm	123
Altezza maniche	mm	2.000
Superficie filtrante	m ²	255
Media	filtrante Poliestere 500 gr/m ²	
Tipo venturi	Abs	
Sistema di pulizia	Pulse Jet	
Numero valvole di pulizia	33	
Tipo valvole di pulizia	Full immersion	
Dimensione valvole di pulizia	1"	
Caratteristiche dimensionali	con camera di calma	
Sistema di scarico materiale	n. 3 tramogge con bidone metallico	
Capacità di aspirazione da progetto	20.000 m ³ /h	
Velocità di filtrazione da progetto	0,0218 m/sec	
Velocità teorica di captazione	0,5 m/sec	
Profondità	mm	2.375
Lunghezza	mm	6.400
Altezza	mm	4.600 + parapetto

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 9. Motoventilatore per vagliatore zona triturazione

	Alte portate - Media pressioni. Pale curve rovesce	
	Aspiratore centrifugo ad elevata efficienza Chiocciola in robusta lamiera rinforzata con profilati Girante multipale, montati su disco e mozzo in acciaio saldata elettricamente	
	Potenza motore	30 kW – 45 HP
	Poli	4 - 1.400 rpm
	Tensione	400/690 -50Hz
	Bocca aspirazione	Ø700 mm
	TUBAZIONI DI RACCORDO AL FILTRO	
	RANGE DI PORTATA / PRESSIONE ST.)	
	20.000 m ³ /h	2.800 Pa
	22.000 m ³ /h	2.700 Pa
	25.000 m ³ /h	2.500 Pa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4 DIMENSIONAMENTO TORRI DI LAVAGGIO

Per il dimensionamento degli scrubber che dovranno servire l'impianto di che trattasi, si è fatto riferimento ai parametri indicati nelle tabelle seguenti ed al seguente processo di trattamento.

Processo di trattamento

Per il trattamento delle immissioni si è inteso instaurare il seguente processo di abbattimento:

1. Eliminazione polveri e/o particolato attraverso sistema di abbattimento Jet venturi;
2. Assorbimento in soluzione acquosa additivata con acido solforico;
3. Separazione della condensa attraverso un demister in PVC alveolare;
4. Assorbimento in soluzione acquosa additivata con idrossido di sodio ed ipoclorito di sodio;
5. Separazione della condensa attraverso un demister in PVC alveolare;

L'assorbimento dei COV e CIV solubili in fase acquosa, viene contemplato nelle MTD elencate nel DGR della Regione Campania nr. 243 del 05.08.2015.

Il processo consiste nel trasferimento di massa delle sostanze inquinanti e delle polveri tra la fase aeriforme (flusso da depurare) e quella allo stato condensato (soluzione di lavaggio).

Per l'implementazione di tale processo, l'aria viene fatta convogliare attraverso un elettroventilatore di supporto attraverso un doppio reattore in serie di forma cilindrica, a sviluppo verticale, all'interno dei quali vengono alloggiati dei letti di assorbimento con corpi di riempimento alla rinfusa (PP a sfere cave) che opportunamente irrorati da una quantità d'acqua proporzionale alla sezione di passaggio dell'effluente ed alla superficie di scambio disponibile, incentivano lo scambio degli inquinanti tra la fase ascendente diretta a camino e quella discendente destinata al riciclo fino ad esaurimento. Oltre tale termine, l'esaurito prodotto, verrà codificato come rifiuto e ritirato per lo smaltimento di legge. Per prolungare la "vita media" del fluido abbattente ed inertizzare le sostanze in esso assorbite, si intende far uso dei seguenti chemicals di supporto:

- Per il primo stadio di trattamento (reattore 1.1): acido solforico, con pH della soluzione di lavaggio compreso tra 4 e 7 u.ph. Tale presenza, permetterà di ottenere la neutralizzazione salina (inertizzazione) delle sostanze di natura alcalina;
- Per il secondo stadio di trattamento (reattore 1.2): idrossido di sodio, con pH della soluzione di lavaggio compreso tra 7 e 11 u.ph. Tale presenza, permetterà di ottenere la neutralizzazione salina (inertizzazione) delle sostanze di natura acida;
- Per il secondo stadio di trattamento (reattore 1.2): ipoclorito di sodio, con ORP della soluzione di lavaggio compreso tra 100 e 500 mV. Tale presenza, permetterà di ottenere l'ossidazione chimica delle sostanze di varia natura e l'inibizione della formazione di alghe e muffe all'interno dei reattori.

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 28 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Sulla base di questi parametri di progetto e delle assunzioni innanzi richiamate, si ottiene il seguente dimensionamento delle torri di lavaggio

Tabella 10. Scrubber: Condizioni ambientali di esercizio

Parametro	u.m.	Valori
Temperatura ambiente	°C	+5 ÷ +40
Altitudine	m.s.l.m.	< 1.000 m s.l.m.
Umidità relativa	%	< 50%
Qualità ambiente	Assenza di polvere in sospensione, assenza di cariche elettrostatiche, assenza di fonti di calore, assenza di aria salmastra, assenza di sollecitazioni meccaniche e vibrazioni.	
Classificazione area	Ex	Non classificata
Numero di torri	-	4
Portata unitaria	Nm ³ /h	90.000 (*)

Tabella 11. Scrubber: Dati di processo

Parametro	u.m.	Valori
Temperatura ambiente	°C	<= 40
n. letti flottanti	-	Almeno 1 (2 per reazione acido-base)
Velocità di attraversamento nei letti flottanti	m/s	3-5
Altezza di ogni letto flottante in condizioni statiche	m	> 0,4
Portata minima del liquido ricircolato	m ³ x 1000 m ³ di effluente gassoso (2m ³)	1,2
Perdite di carico totale:	kPa	<= 3
Tipo di nebulizzazione	Spruzzatori/nebulizzatori da 10 micron con raggio di copertura sovrapposto del 30%	
Tipo di fluido a battente	Acqua o soluzione specifica	

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 12. Specifica delle 4 colonne parallele, ad asse verticale per abbattimento NH_3 e H_2S

Elemento	Note
Tipo di torre	Colonna ad asse verticale flottante realizzata in PP da 80.000 Nm ³ /h per abbattimento di NH_3 e H_2S
Diametro torre	Ø 2.700 mm,
H totale	approx 13.000 mm
Vasca di base in PP	Presente
Torre a doppio stadio	Separazione dei 2 stadi attraverso camino interno
Venturi	Nr.2 Venturi in parallelo in PP: Ø testata/base 1250 mm, H totale approx 5000 mm Ø imbocco gas 1000 mm
Separatore di gocce	N° 2 separatori (1 per ciascuno stadio)
Corpi di riempimento	in PP a sfere cave (N°2 camere di flottazione)
Gruppo reintegro automatico	Presente
Flange di Rinforzo	in PP
Rampe di lavaggio	in PVC con ugelli nebulizzatori in PP
Oblò per ispezione visiva	Presente
Tronchetti di carico/scarico	Presente
Troppopieno e scarico di fondo	Presente
Bulloneria	Presente
Tubazione di lavaggio	in PVC con valvole di spurgo e reintegro
Grigliato per supporto corpi	in PP
Griglia di supporto per demister	in PP
Sistema di dosaggio reagenti con pompa dosatrice, serbatoio di stoccaggio e sistema di controllo del PH	Presente
Pompe centrifughe	N.6 orizzontali in PP da c.ca 40 m ³ /h (4 per il primo stadio e 2 per il secondo stadio)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 13. Specifiche pompe verticali di lavaggio

Grandezza	u.m.	Valore
Temperatura di lavoro	°C	-10 +45
Materiali		PP, PTFE, PVDF, PE, FPM
Potenza	KW 50 Hz, 2 poli	5,5
Portata	m ³ /h	50
Tipo pompa		Centrifuga orizzontale
Numero pompe		6 (4 basico + 2 acido)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

5 BIOFILTRO

Il biofiltro rappresenta la parte terminale dell'impianto di trattamento aria ed anche quella preposta all'eliminazione degli inquinanti organici presenti. I criteri di dimensionamento seguito sono quelli previsti nelle già citate BAT di settore.

5.1 Principio di funzionamento del biofiltro

Nella filtrazione biologica dell'aria di scarico i componenti, spesso dall'odore molto intenso e fastidioso, contenuti nell'aria vengono scomposti nel biofiltro per mezzo delle attività metaboliche di microrganismi e quindi eliminati dall'aria di scarico.

Il presupposto di tale processo è quindi che i componenti dell'aria di scarico da eliminare siano fondamentalmente biodegradabili. La natura dispone di un ampio spettro di tipi di microrganismi che nel loro complesso sono in grado di offrire molteplici prestazioni di decomposizione. In altre parole, moltissimi composti appartenenti a classi chimiche diverse possono essere utilizzati dai microrganismi nel loro metabolismo.

Prima di entrare nel biofiltro l'aria di scarico contenente sostanze nocive dovrebbe essere pretrattata, come gas grezzo in modo che la struttura dello strato filtrante non venga danneggiata e che i microrganismi insediatisi nello strato filtrante trovino delle condizioni di vita ottimali.

Se l'aria di scarico contiene anche polvere o grasso, è necessario innanzi tutto fare precipitare queste particelle solide e goccioline di grasso in un filtro o in un gorgogliatore di lavaggio collegato, perché altrimenti le particelle con il tempo bloccherebbero i pori dello strato filtrante inferiore, con conseguente crescente perdita di pressione nel biofiltro.

E' essenziale una *preumidificazione* dell'aria di scarico: il gas grezzo che affluisce nel biofiltro dovrebbe avere una umidità relativa superiore al 95%, vale a dire dovrebbe arrivare nel biofiltro saturo di vapore acqueo.

Il gas grezzo così pretrattato arriva allo strato filtrante attraverso un *fondo lamellare* o a reticolo che garantisce un afflusso il più possibile regolare al reticolo del biofiltro.

Dopo che i componenti dell'aria di scarico sono stati assorbiti nel materiale filtrante ha inizio la decomposizione microbica delle sostanze nocive.

5.2 Importanza del materiale del biofiltro

Il materiale del biofiltro costituisce la parte biologicamente attiva dell'impianto. Lo strato filtrante ha quindi un'importanza fondamentale. Qui infatti hanno luogo

a) l'assorbimento

b) la decomposizione microbica dei componenti dell'aria di scarico.

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 32 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Grazie all'attività dei microrganismi, il materiale filtrante carico di sostanze nocive viene continuamente rigenerato. Questa caratteristica costituisce uno dei maggiori vantaggi del processo biologico rispetto ai filtri che lavorano solo per adsorbimento, come ad esempio i filtri ai carboni attivi, che dopo breve tempo sono saturi delle sostanze nocive adsorbite.

a) Assorbimento dei componenti dell'aria di scarico

Il presupposto fondamentale per la biodegradabilità è l'idrosolubilità dei componenti dell'aria di scarico. La solubilità di una sostanza gassosa nell'acqua dipende dalla sostanza ma anche dalla pressione e dalla temperatura. Solo le sostanze sciolte in acqua sono a disposizione dei microrganismi. Prima che la decomposizione microbica delle sostanze inquinanti possa aver luogo, tali sostanze devono quindi passare dallo stato gassoso allo stato liquido. I componenti dell'aria di scarico vengono innanzi tutto adsorbiti sulla superficie solida del reticolato del materiale di filtrazione biologica, quindi vengono adsorbiti nella pellicola fluida che circonda quel reticolato.

L'ultimo processo di assorbimento costituisce la parte più importante del processo di filtrazione biologica.

Un assorbimento efficace di sostanze nocive nella pellicola acquosa che circonda il materiale filtrante è possibile solo se lo strato reticolare del filtro, di umidità costante, viene attraversato dal flusso a un ritmo regolare e se viene garantito un determinato tempo di permanenza del gas nello strato reticolare del filtro. Per un flusso costante è indispensabile che il reticolo del biofiltro abbia una *struttura dei pori* stabile.

Il *materiale del reticolo* deve essere a fibra sottile e offrire una vasta superficie per consentire una colonizzazione la più fitta possibile di microrganismi adattati in caso di elevata capacità di assorbimento.

A causa della lenta trasformazione dallo stato gassoso allo stato liquido, la decomposizione dei composti che fanno fatica a sciogliersi in acqua richiede tempi di permanenza più lunghi nel filtro rispetto alla decomposizione di composti facilmente idrosolubili, che passano velocemente dallo stato gassoso allo stato liquido.

Solo le sostanze nocive che arrivano sciolte alla pellicola acquosa che circonda il reticolato del materiale filtrante vengono decomposte dai microrganismi.

E' quindi chiaro che il mantenimento di un'umidità costante nel reticolo del materiale costituisce il presupposto fondamentale per il funzionamento del biofiltro.

b) Decomposizione microbica dei componenti dell'aria di scarico

Il materiale filtrante umido non costituisce solo la superficie di assorbimento per i componenti dell'aria di scarico, bensì anche la superficie di crescita per i microrganismi.

I microrganismi colonizzano la pellicola acquosa che circonda ogni reticolato del materiale filtrante (idealmente per uno spessore di ca. 0,1-0,2 mm). Questa pellicola acquosa non svolge quindi un ruolo fondamentale solo nell'assorbimento, ma anche nella colonizzazione del filtro da parte dei microrganismi.

Ecco perché si può parlare di una biopellicola.

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 33 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

I microrganismi si trovano in parte liberi in questa biopellicola, ma costituiscono anche delle formazioni tenute insieme da sostanze viscosi, adsorbono sulla superficie del reticolato del materiale del biofiltro e crescono dentro i sottili pori del reticolato.

I microrganismi prelevano, dall'acqua che li circonda, le sostanze nocive trasferite dall'aria di scarico nella pellicola acquosa e li introducono nella loro cellula.

Lo stesso vale per l'ossigeno (anche questo presente nell'acqua).

All'interno della cellula ha quindi luogo la decomposizione delle sostanze nocive. Durante i processi di decomposizione viene normalmente consumato ossigeno e si producono anidride carbonica (CO₂) e acqua (H₂O).

Vengono inoltre create delle sostanze proprie della cellula che consentono la sopravvivenza e la crescita, ovvero la riproduzione, del microrganismo. La riproduzione dei microrganismi produce altra biomassa, così che le cellule morenti sono sostituite da nuove cellule di microrganismi.

Se il biofiltro viene sottoposto a una corretta manutenzione, il materiale di filtrazione biologica garantisce il mantenimento delle condizioni di vita ottimali per i microrganismi.

La capacità di immagazzinamento dell'acqua del materiale filtrante consente di mantenere l'umidità necessaria per la vita dei microrganismi.

Se la biopellicola "si asciuga", la scomposizione microbica delle sostanze inquinanti non può avere luogo!

Se al contrario la biopellicola diventa troppo "grassa", per esempio a causa di eccessiva umidità del materiale filtrante, ai microrganismi non arriva ossigeno a sufficienza dallo stato gassoso allo stato liquido.

In caso di mancanza di ossigeno si verificano processi di imputridimento e fermentazione, risultato alquanto indesiderato, dato che tali processi provocano la formazione di sostanze dall'odore molto intenso e fastidioso!

Inoltre, un'eccessiva umidità può restringere la porosità del reticolo del materiale, con conseguente aumento della perdita di pressione fino ad arrivare a strappi nel reticolo e penetrazioni di gas.

Dato che un'eccessiva umidità deve essere assolutamente evitata, il materiale di filtrazione biologica dovrebbe possedere buone capacità di drenaggio. Per un'alimentazione ottimale di ossigeno in presenza di una buona capacità di drenaggio dell'acqua dovrebbe essere particolarmente indicato un reticolo molle costituito da materiali a fibre fini.

Il materiale filtrante organico, come ad esempio la torba in fibre, serve ai microrganismi che l'hanno colonizzato anche come riserva di sostanze nutritive per i composti di carbonio, azoto e fosforo e gli oligoelementi.

Tuttavia, i materiali filtranti molto ricchi di sostanze nutritive possono facilitare la crescita di tipi di organismi che decompongono innanzi tutto i componenti del materiale filtrante, tanto che i tipi di organismi che si sono adattati ai componenti dell'aria di scarico finiscono con il venire schiacciati e soppiantati. Ciò non dovrebbe verificarsi in questa misura se si utilizzano materiali organici più poveri di

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 34 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

sostanze nutritive: in questo caso gli organismi che scompongono i componenti dell'aria di scarico sono meno esposti alla concorrenza degli organismi che scompongono altri componenti del materiale del reticolo.

Il materiale filtrante organico possiede inoltre una capacità tampone rispetto alle oscillazioni del pH, vale a dire è in grado di adsorbire composti acidi o basici dall'aria di scarico in modo che il valore del pH nella biopellicola rimanga relativamente costante.

5.3 Condizioni di crescita e fabbisogno di sostanze nutritive dei microrganismi

1. Acqua (H₂O)

L'acqua è il componente fondamentale di ogni cellula vivente. I processi biochimici come la scomposizione microbica delle sostanze nocive hanno luogo nell'ambiente acquoso all'interno della cellula.

Solo le sostanze disponibili allo stato liquido possono essere assunte dalla cellula dei microrganismi, e ciò vale sia per i componenti dell'aria di scarico che per i sali minerali.

Gli oligoelementi e le sostanze nutritive devono quindi essere disponibili disciolti nella biopellicola per poter essere utilizzati dagli organismi.

Le zone di prosciugamento nel materiale di filtrazione biologica costituiscono zone inattive dal punto di vista del metabolismo, dove la scomposizione delle sostanze nocive non avviene o avviene in misura limitata. Inoltre, nelle zone più asciutte del filtro si insediano più facilmente i funghi, i quali sotto "stress da carenza di acqua" creano grandi quantità di spore che possono essere emesse

nell'ambiente circostante insieme alla corrente di gas puro. Dal punto di vista tossicologico, questo è un effetto secondario indesiderato del prosciugamento del materiale del biofiltro. D'altro canto, anche le zone di eccessiva umidità riducono le prestazioni di depurazione di un biofiltro.

Un'umidità costante del reticolo nello spazio e nel tempo costituisce il presupposto fondamentale per un'efficace prestazione di scomposizione del biofiltro.

2. Ossigeno (O₂)

Le sostanze nocive adsorbite nella biopellicola dall'aria di scarico vengono assunte dalla cellula del microrganismo e normalmente ossidate all'interno della cellula per mezzo di un processo di respirazione, vale a dire scomposti in CO₂ e H₂O in presenza di O₂.

Oltre ad essere essenziale per la respirazione cellulare, l'ossigeno partecipa anche a molte altre trasformazioni biochimiche. Per esempio, l'alcool ha bisogno di molto ossigeno, come pure la scomposizione degli idrocarburi aromatici. Anche l'ossidazione di sostanze inorganiche come l'ammoniaca o l'acido solfidrico avviene in presenza di ossigeno.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Riportiamo alcuni esempi di fabbisogno di ossigeno nelle reazioni biochimiche: l'ossidazione di 1 g di ammoniaca consuma ca. 3,6 g di ossigeno, mentre per ossidare 1 g di acido solfidrico sono necessari ca. 2 g di ossigeno.

In pratica:

il reticolo di un biofiltro deve essere inumidito in modo regolare, evitando però un'umidità eccessiva, in quanto in una biopellicola troppo grassa non si può diffondere ossigeno in misura sufficiente, e i microrganismi all'interno della fase acquosa non ne ricevono più la quantità necessaria. Gli organismi che respirano ossigeno muoiono e si affermano altri microrganismi, che per esempio stimolano la fermentazione.

I *processi di fermentazione* ed altri processi metabolici anaerobici compromettono il buon funzionamento del biofiltro: le sostanze nocive dell'aria di scarico non sono più decomposte, o vengono decomposte solo parzialmente, e la fermentazione e l'imputridimento danno origine a prodotti metabolici secondari dall'odore intenso e fastidioso.

La prestazione di filtrazione di un biofiltro peggiora dunque sia in caso di prosciugamento che in presenza di un'eccessiva umidità. Per evitare quest'ultimo caso è consigliabile utilizzare materiali di reticolo a fibre fini con buone caratteristiche di drenaggio.

La struttura dei pori del reticolo dovrebbe esser regolare e il più possibile stabile rispetto a un eventuale addensamento.

3. Carbonio

La sopravvivenza delle cellule dei microrganismi nonché la crescita dei microrganismi stessi e quindi la creazione di biomassa si basa sull'utilizzo di composti di carbonio come nutrimento. I materiali filtranti organici, come ad esempio la torba in fibre e l'erica, rappresentano un serbatoio di sostanze nutritive.

L'utilizzo delle sostanze nutritive presenti nel materiale filtrante impedisce dunque la morte della popolazione di microrganismi.

4. Sali minerali e oligoelementi

Oltre a una fonte di carbonio organica ogni cellula ha bisogno, per il suo metabolismo, anche di oligoelementi e sostanze minerali inorganiche.

A livello quantitativo sono molto importanti i composti dell'azoto e del fosforo, ma per il metabolismo cellulare sono necessarie anche piccole quantità di composti di potassio, calcio, magnesio e zolfo nonché tracce di diversi ioni metallo come il ferro. Gli elementi fondamentali carbonio (C), azoto (N) e fosforo (P) dovrebbero essere presenti in un rapporto approssimativo di C:N:P=100:5:1.

A seconda della composizione del gas grezzo, questo rapporto non sempre si riproduce nel materiale filtrante. Sul biofiltro sono infatti normalmente presenti in misura consistente anche altri elementi, in particolare se si utilizzano materiali organici per il biofiltro.

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 36 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per i composti necessari nel metabolismo microbico vale la “legge del minimo”: la sostanza che è presente in misura minore limita la prestazione metabolica e la crescita dei microrganismi. In altre parole: un rifornimento ottimale di carbonio non può essere utilizzato in modo efficace dai microrganismi se per esempio la quantità di azoto o di fosforo è troppo bassa rispetto al carbonio. Normalmente gli oligoelementi come gli ioni metallo non devono essere dosati, in quanto presenti in misura sufficiente nei materiali filtranti organici.

5. Concentrazione salina

La disponibilità delle molecole di acqua per i microrganismi viene influenzata dalla concentrazione salina della fase acquosa. Gli ioni di sale “legano” la molecola d’acqua, ovvero ogni ione di sale è circondato da un involucro di molecole d’acqua.

Questa “acqua legata” non è accessibile alla cellula dei microrganismi, vale a dire in una soluzione salina concentrata la cellula si trova in una situazione di “carenza d’acqua”, anche se è completamente circondata dalla soluzione. La maggior parte dei batteri tollera concentrazioni saline di ca. 1-2% (somma totale di tutti i sali). I funghi tollerano concentrazioni di sale più elevate e umidità più basse rispetto ai batteri. Dato però che nella scomposizione della maggior parte delle sostanze nocive i batteri sono più importanti dei funghi, il contenuto di sale del filtro dovrebbe essere il più basso possibile.

In pratica:

l’evaporazione dell’acqua, per esempio negli strati filtranti superiori, può portare a effetti di salificazione.

Un’umidificazione regolare del materiale filtrante è quindi importante anche per evitare un arresto del metabolismo microbico a causa di un’eccessiva presenza di sale. Un eventuale arricchimento di una soluzione di sali minerali per completare le sostanze nutritive deve essere dosato con attenzione, in quanto un eccessivo contenuto di sale nella biopellicola può compromettere le prestazioni di depurazione del filtro.

6. Valore di pH e temperatura

Il valore di pH descrive la concentrazione di ioni di idrogeno di una soluzione acquosa. Le soluzioni acide sono caratterizzate da un valore di pH <7, quelle basiche (alcaline) da un valore di pH >7.

Per i batteri, la situazione di crescita ottimale è rappresentata da valori di pH da neutri a leggermente alcalini (pH 7-8), mentre i funghi prediligono un pH leggermente acido.

Alcuni processi metabolici microbici possono influenzare il valore di pH nella biopellicola. Per esempio, durante l’ossidazione microbica dell’ammoniaca (NH₃) viene prodotto acido nitrico (HNO₃) e durante l’ossidazione dell’acido solfidrico (H₂S) acido solforico (H₂SO₄), con una conseguente diminuzione del valore di pH nel materiale filtrante. I materiali filtranti organici possiedono tuttavia una capacità tampone, vale a dire sono in grado di compensare le oscillazioni del pH entro un determinato limite.

La temperatura ottimale per la maggior parte dei microrganismi è compresa tra 15°C e 40°C. In presenza di temperature superiori i processi metabolici sono più veloci, vale a dire aumenta la velocità di decomposizione. Per contro, la solubilità di molte sostanze gassose diminuisce con l’aumentare della temperatura: il passaggio di una sostanza dallo stato gassoso alla biopellicola acquosa rallenta, tanto che a temperature elevate la prestazione di decomposizione del biofiltro può essere compromessa dalla lentezza

File 1137-D-IM-RT-01 0	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 37 di 53
---------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

della trasformazione della sostanza. Per questo motivo la maggior parte dei biofiltri lavora a temperature comprese tra i 15°C e i 35°C.

In pratica:

il valore di pH nel biofiltro dovrebbe trovarsi approssimativamente nell'area neutra (pH 6-8). In casi estremi un equilibrio può essere creato aggiungendo sostanze tampone, senza però arrivare a una salificazione.

Il gas grezzo dovrebbe essere condizionato in modo che all'ingresso nel biofiltro la temperatura sia compresa tra i 10°C e i 40°C.

5.4 Materiali per la filtrazione biologica

Solo materiali di filtrazione biologica selezionati possono garantire, in presenza di una corretta manutenzione, le condizioni di vita ottimali per i microrganismi. Sebbene negli ultimi dieci anni la tecnica dei biofiltri abbia acquisito un'importanza enorme, non sono emerse novità di rilievo circa i materiali filtranti rispetto a quelli disponibili sul mercato. Le seguenti *caratteristiche del materiale* sono decisive per la funzionalità di un biofiltro:

- volume dei pori
- suddivisione della grandezza dei pori e struttura dei pori
- granulometria
- capacità di assorbimento dell'acqua
- caratteristiche di adsorbimento e assorbimento
- superfici di crescita per i microrganismi
- limitata perdita di pressione del flusso
- struttura del materiale stabile
- oligoelementi ed elementi nutritivi inorganici
- valore di pH
- capacità tampone rispetto alle oscillazioni del pH.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	



Figura 3 - Materiale filtrante Biomix[®] – torba ed erica

Dato che il materiale filtrante deve soddisfare molti requisiti, a seconda dell'applicazione vengono utilizzate miscele di *erica*, *fibre di cocco* e *torba in fibre*. Per questo motivo i materiali per la filtrazione biologica vengono preparati individualmente per ogni singola applicazione.

I materiali vengono miscelati sul luogo o forniti già sotto forma di miscela. Oltre alle caratteristiche menzionate sopra, un altro importante requisito riguarda l'omogeneità della miscela, che può allungare in modo determinante la durata dei materiali filtranti.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

5.5 Dimensionamento del biofiltro

Come si è detto, il progetto prevede n.2 il biofiltri per il cui dimensionamento si faccia riferimento alla seguente tabella, che dimostra come il dimensionamento risulti in linea con le BAT di settore.

Tabella 14. Dimensionamento del biofiltro

Grandezza	u.m.	Valore
Portata complessiva	m ³ / h	360.000
Verifica del biofiltro		
Portata specifica	m ³ m ⁻³ h ⁻¹	80,00
Tempo di contatto	s	45,00
Volume biofiltro necessario	m ³	4.500
Superficie totale di biofiltrazione	m ²	2.888
Altezza biofiltro	m	1,56

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

5.6 RENDIMENTI GARANTITI DAL SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE EMISSIONI

Tutto il sistema di trattamento delle emissioni previsto garantisce un rendimento globale di abbattimento degli inquinanti maggiore al 98%.

In particolare, in Tabella 15 sono riportati i principali inquinanti in ingresso ed il rendimento d'abbattimento nelle varie sezioni con indicazione dei valori di emissione attesi.

Tabella 15. Valori di emissione dei principali inquinanti

Tipo di inquinante	Concentrazione iniziale	Abbattimento nelle torri	Abbattimento nel biofiltro	Concentrazione in uscita	Valori limite
	mg/m ³		mg/m ³		mg/m ³
NH ₃	20	95%	>90%	< 0.1	<2
S.O.V	300	50%	98%	< 6	-
U.O.	10'000	50%	98%	< 300	200

6 SISTEMA DI INSUFFLAZIONE DELL'ARIA

Come si evince dalla Relazione tecnica di processo, le portate d'aria richieste per il processo di bio-ossidazione accelerata e di maturazione aerata sono quelle riepilogate nella seguente tabella.

Tabella 16. Richiesta d'aria per le fasi di processo

Zona biocelle	
Portata d'aria per singola biocella	15.000 Nm ³ / h
Numero di biocelle	5
Portata d'aria complessiva	75.000 Nm ³ / h
Numero di ventilatori	5
Portata d'aria per singolo ventilatore	15.00 Nm ³ / h
Zona maturazione primaria	
Portata d'aria per singola piazzola	10'000 Nm ³ / h
Numero di piazzole	5
Portata d'aria complessiva	50.000 Nm ³ / h
Numero di ventilatori	1
Portata d'aria per singolo ventilatore	50'000 Nm ³ / h

Il sistema di insufflazione dell'aria nelle biocelle e nelle aie di maturazione è quello rappresentato nelle seguenti figure 4, 5, 6 e 7.

Per ogni biocella sarà dunque installato un singolo ventilatore che convoglierà l'aria, aspirata dall'interno del capannone, o ricircolata dall'interno della biocella, nel plenum costituito dai biomoduli installati nella pavimentazione della biocella.

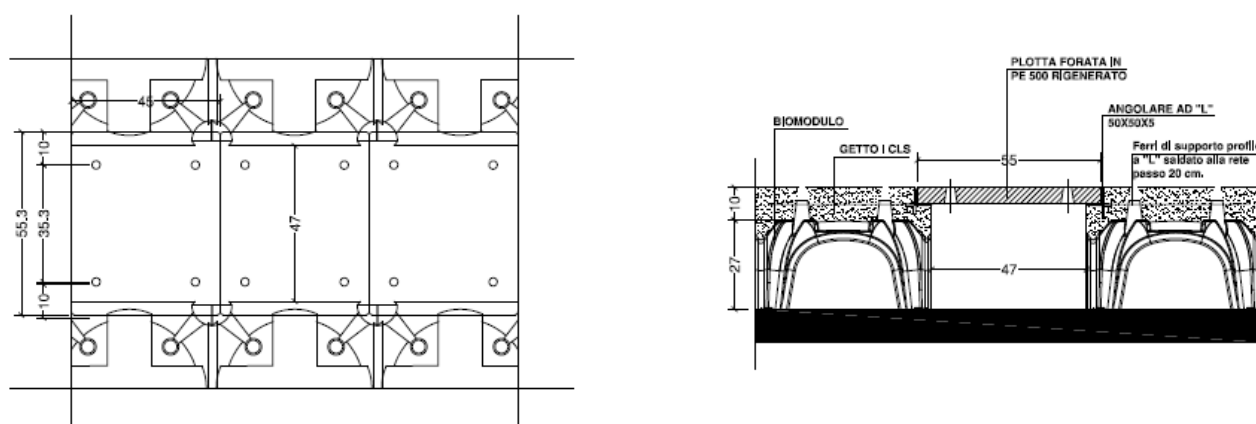


Figura 4 – Particolare biomodulo

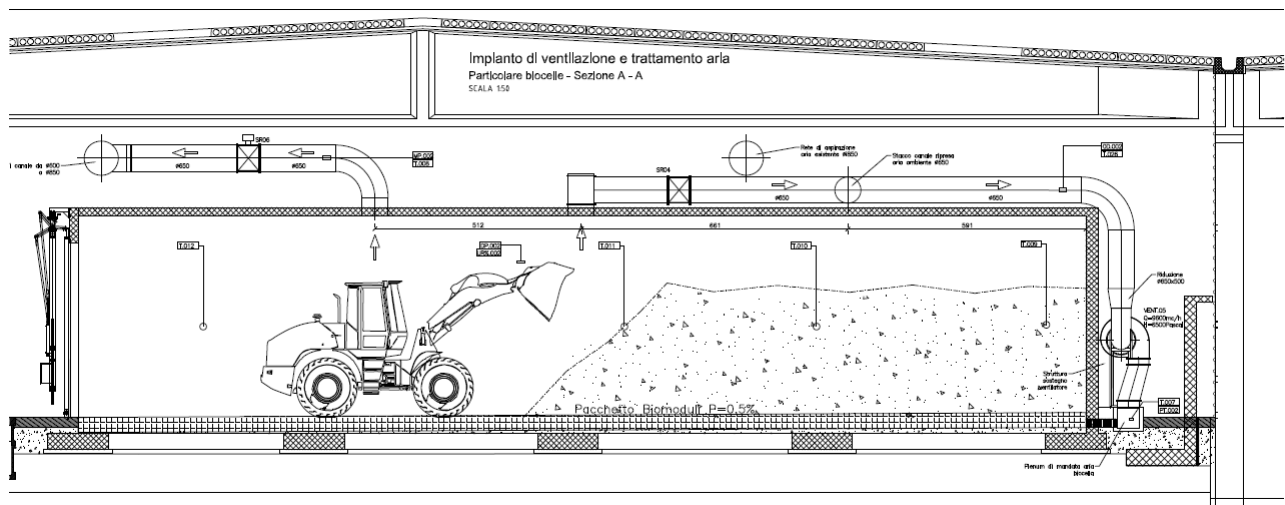


Figura 5 – Particolare sistema di insufflazione aria nelle biocelle

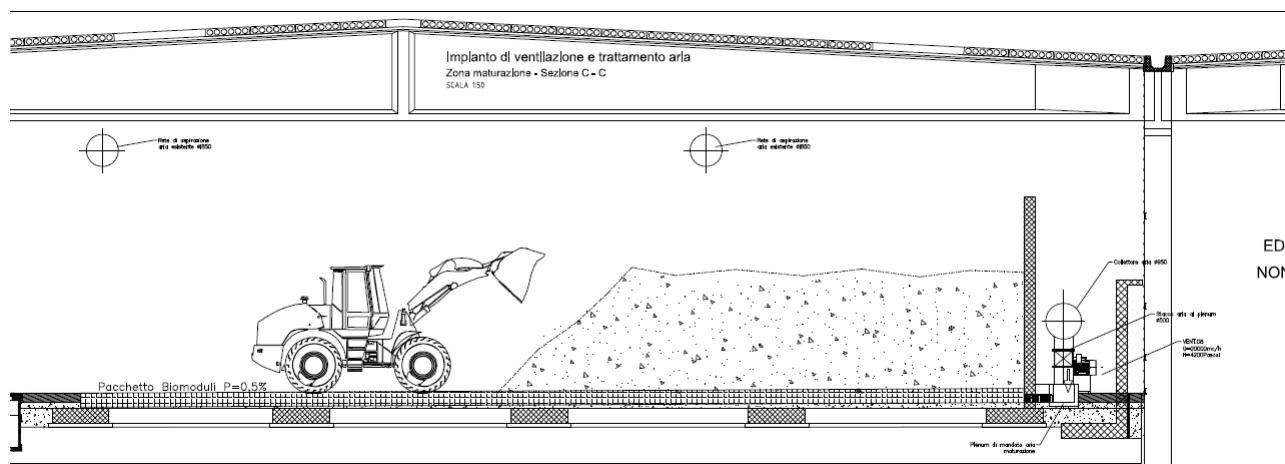
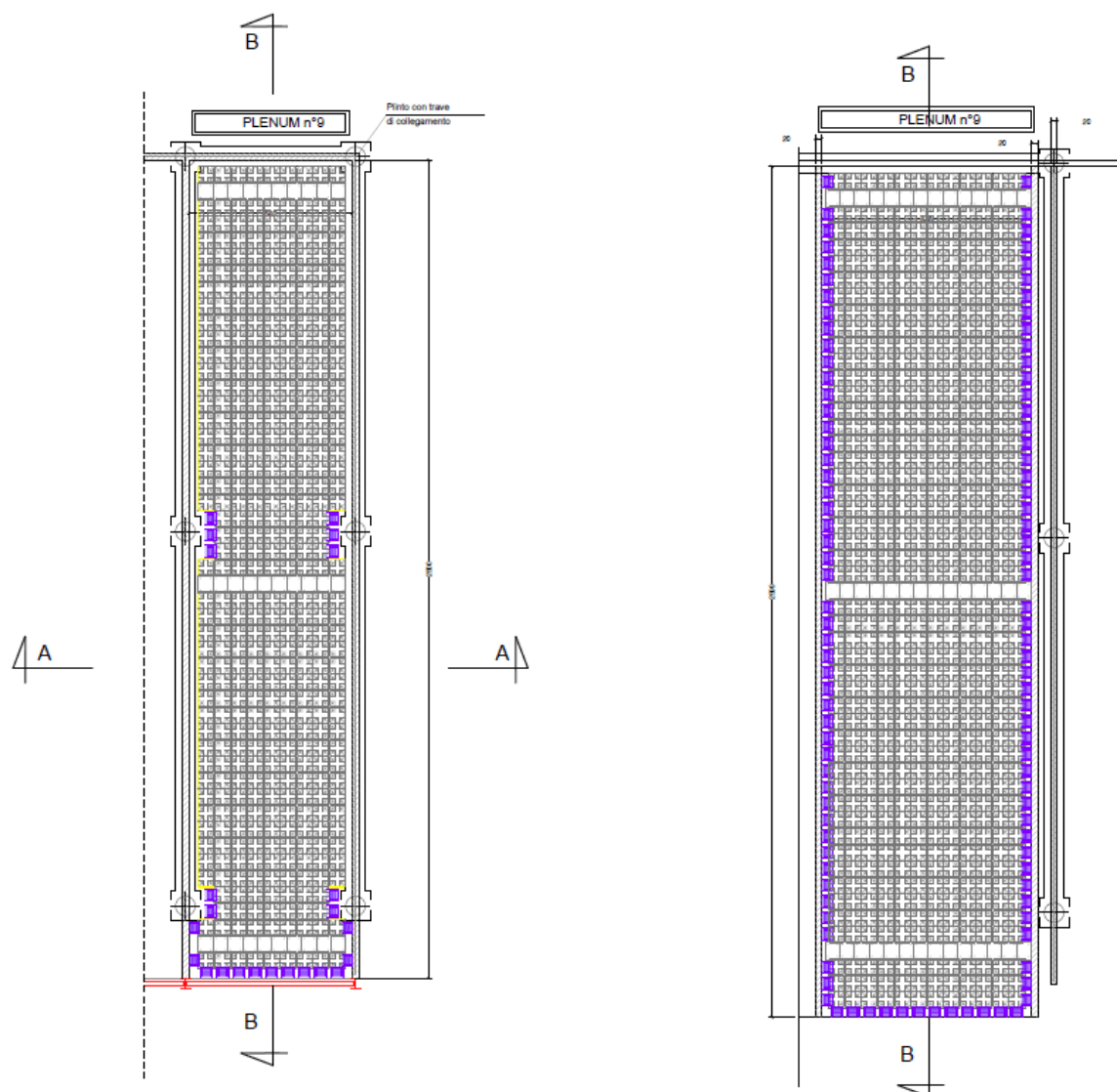


Figura 6 – Particolare sistema di insufflazione aria nella maturazione primaria

In ciascuna aia aerata (sia nel caso delle biocelle che nel caso della maturazione) sono realizzate tre canaline di ispezione del plenum, da utilizzare anche per la pulizia dello stesso (dove, oltre a circolare l'aria, si raccoglie anche il percolato rilasciato dai cumuli in trattamento).

Le canalette sono coperte con apposite plotte di chiusura, dotate anch'esse di fori per garantire il passaggio dell'aria (vedi fig.4).



LEGENDA	
Simbolo	Descrizione
	Biomodulo H 27
	Geoblock Modulo H 27
	Ferraigetto Modulo H 27
	Inizio e direzione di posa

BIOCELLA		
Cod. art.	Articolo	Quantità
Classi:		
BIOC0002710	Biomodulo H 27	404 pz.
Accessori:		
BIOC0000027	Geoblock Modulo H 27	33 pz.
BIOC00010027	Ferraigetto Modulo H 27	47 pz.
	Polla forata PE 500	30 pz.

MATURAZIONE		
Cod. art.	Articolo	Quantità
Classi:		
BIOC0002710	Biomodulo H 27	378 pz.
Accessori:		
BIOC0000027	Geoblock Modulo H 27	308 pz.
	Polla forata PE 500	42 pz.

Figura 7 – Piante tipologiche biocelle e aie di maturazione

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.1 Dimensionamento

Per il dimensionamento delle condotte si è proceduto in maniera analoga a quanto descritto nel capitolo 2, fissando una velocità massima nel percorso più sfavorito pari a 10 m/s.

Al fine di determinare la prevalenza necessaria per i ventilatori da installare, si è proceduto al calcolo delle perdite di carico distribuite e localizzate nelle condotte con le medesime procedure richiamate in precedenza a proposito del sistema di aspirazione dell'aria esausta.

Per ciò che concerne invece le perdite di carico dovute ai cumuli di materiale in fase di stabilizzazione o di maturazione si è utilizzata la nota relazione di Ergun, generalmente applicata per i letti filtranti.

Tale relazione discende dalla seguente equazione si ottiene di Carman-Kozeny:

$$[10] \quad J = \frac{\Delta H}{L} = \lambda_F \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \frac{v^2}{g \cdot \psi \cdot D}$$

dove:

- J = cadente piezometrica;
- λ_F = indice di resistenza;
- ε = grado di vuoto dello strato di materiale poroso;
- v = velocità del fluido;
- g = costante di Newton = 9.81 m / s²;
- ψ = fattore di forma (posto per semplicità pari ad 1);
- D = diametro medio delle particelle dello strato.

L'indice di resistenza dipende dal numero di Reynolds:

$$[11] \quad \lambda_F = \lambda_F(\text{Re})$$

$$[12] \quad \text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Ergun ha proposto la seguente relazione:

$$[13] \quad \lambda_F = 150 \frac{(1 - \varepsilon)}{\text{Re}} + 1.75$$

[14] Sostituendo la [13] nella [10], si ottiene la seguente relazione:

$$[15] \quad J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{150 \cdot \mu}{\rho \cdot g} \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \frac{v^2}{(\psi \cdot D)^2} + 1.75 \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \frac{v^2}{g \cdot \psi \cdot D}$$

in cui il primo termine tiene conto delle perdite di carico a vuoto in condizioni di flusso laminare ed il secondo tiene conto delle perdite di carico a vuoto in condizioni di flusso turbolento.

Utilizzando tale relazione sono state valutate le perdite di carico dovute ai cumuli in fase di ossidazione accelerata e di maturazione, secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle, dove si è tenuta in considerazione anche la temperatura dell'aria, per la definizione delle sue proprietà (densità, viscosità).

Tabella 17. Perdite di carico dovute al cumulo di materiale nella biocella

portata aria	Q	15.000	m ³ / h
larghezza	B	6,5	m
lunghezza	L	30	m
larghezza fila cupoline		0,55	
numero di file		55	
numero di colonne		11	
numero di cupoline		605	
numero di ugelli		2.450	
diametro ugello	d	0,022	m
superficie ugello	s	0,000380	m ²
superficie aerante	S	0,93	m ²
grado di vuoto	ε	0,3	
temperatura aria	T	55	°C
viscosità dell'aria	μ	1,95E-05	N s / m ²
densità dell'aria	ρ	1,092	kg / m ³
velocità dell'aria nell'ugello	v	4,47	m / s
costante di Newton	g	9,81	m / s ²
diametro medio delle particelle	D	0,08	m
fattore di forma	ψ	1	
perdite di carico per ml	J	1.160,61	Pa
altezza massima del cumulo	h	3	m
perdite di carico	Δp _{ACT}	3.481,83	Pa

Tabella 18. Perdite di carico dovute al cumulo di materiale in maturazione

portata aria	Q	50.000	m ³ / h
larghezza	B	11	m
lunghezza	L	30	m
larghezza fila cupoline		0,55	
numero di file		55	
numero di colonne		20	
numero di cupoline		1100	
numero di ugelli		5.500	
diametro ugello	d	0,022	m
superficie ugello	s	0,000380	m ²
superficie aerante	S	2,09	m ²
grado di vuoto	ε	0,4	
temperatura aria	T	40	°C
viscosità dell'aria	μ	1,90E-05	N s / m ²
densità dell'aria	ρ	1,127	kg / m ³
velocità dell'aria nell'ugello	v	6,64	m / s
costante di Newton	g	9,81	m / s ²
diametro medio delle particelle	D	0,07	m
fattore di forma	ψ	0,9	
perdite di carico per ml	J	1.173,92	Pa
altezza massima del cumulo	h	3	m
perdite di carico	Δp_{mat}	3.521,75	Pa

Si osservi che nelle elaborazioni condotte si è tenuto in debito conto la variazione delle caratteristiche del materiale al procedere del fenomeno di compostaggio: sono stati dunque utilizzati valori differenti per il grado di vuoto, la dimensione media delle particelle ed il fattore di forma delle stesse.

Sono infine state calcolate le perdite di carico negli ugelli delle platee aerate, riportate in Tabella 18.

Tabella 19. Perdite di carico dovute agli ugelli

Posizione ugello	Velocità nell'ugello m/s	Pressione dinamica Pa	Perdite di carico Pa
ACT	4,47	1,23	9,83
Maturazione	6,64	2,71	21,67

Nelle seguenti tabelle sono dunque riportati i risultati complessivi delle elaborazioni eseguite.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 20. Perdite di carico nel sistema di insufflazione aria in ACT

DATI GENERALI E DI PROGETTO			
densità dell'aria	ρ	1,092	kg m ⁻³
viscosità cinematica dell'aria	ν	1,79E-05	m ² s ⁻¹
scabrezza assoluta	ε	0,05	mm
costante di gravità	g	9,81	m s ⁻²
velocità nel tronco iniziale	V_i	10,00	m s ⁻¹
perdita di carico negli ugelli	Δp_b	9,83	Pa
perdita di imbocco	Δp_i	1,95	Pa
curve senza direttrici	R/D	1,25	

TRONCO	PORTATA		PERCENTUALE		SEZIONE	DIMENSIONI		Diam. Equiv.	V	PARAMETRI DELLE CURVE								LUNGHEZZA	
			Portata	Sezione		B	H			R/D	W/D	Rm	R/D (reale)	L/D	Ri	Re	a	Reale	Equivalente
	m³ h⁻¹	m³ S⁻¹	%	%	m²	mm	mm	mm	m s⁻¹	mm				mm		mm	(°)	m	m
Percorso più sfavorito																			
1-2	15000	4,17	100	100,00	0,417	700	600	710	10,00	-	-	-	-	-	-		18,00	-	1-2
2-3	15000	4,17	100	100,00	0,417	700	600	710	10,00	-	-	-	-	-	-		5,00	-	2-3
curva	15000	4,17	100	100,00	0,417	700	600	710	10,00	1,25	2,00	750,00	7	400	1100	90	15,00	4,20	curva
curva	15000	4,17	100	100,00	0,417	700	600	710	10,00	1,25	2,00	750,00	7	400	1100	90	15,00	4,20	curva
curva	15000	4,17	100	100,00	0,417	700	600	710	10,00	-	-	-	-	-	-	90	15,00	-	curva
										TOTALE								68	8,40

RISULTATI			
Perdita di carico per metro lineare	Δp_f	1,344	Pa m ⁻¹
perdita di carico totale nel circuito	Δp_t	114,46	Pa
perdita di carico nel cumulo	Δp_{ACT}	3.481,83	Pa
perdita di carico totale	Δp_{tot}	3.596,29	Pa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 21. Perdite di carico nel sistema di insufflazione aria in Maturazione

DATI GENERALI E DI PROGETTO			
densità dell'aria	ρ	1,09	kg m ⁻³
viscosità cinematica dell'aria	ν	1,69E-05	m ² s ⁻¹
scabrezza assoluta	ε	0,05	mm
costante di gravità	g	9,81	m s ⁻²
velocità nel tronco iniziale	V_i	10,00	m s ⁻¹
perdita di carico negli ugelli	Δp_b	9,83	Pa
perdita di imbocco	Δp_i	1,94	Pa
curve senza direttrici	R/D	1,25	

TRONCO	PORTATA		PERCENTUALE		SEZIONE	DIMENSIONI		Diam. Equiv.	V	PARAMETRI DELLE CURVE								LUNGHEZZA		
			Portata	Sezione		B	H			R/D	W/D	Rm	R/D (reale)	L/D	Ri	Re	a	Reale	Equivalente	
	m³ h ⁻¹	m³ S ⁻¹	%	%	m²	mm	mm	mm	m s ⁻¹	mm				mm				mm	(°)	m
Percorso più sfavorito																				
0-1	50000	13,89	100	100,00	1,389	2000	700	1255	10,00	-	-	-	-	-	-		6,00	-	0-1	
curva	50000	13,89	100	100,00	1,389	650	2150	1240	10,00	1,25	1,00	#####	7	2365	3015	90	15,00	15,05	curva	
1-2	50000	13,89	100	100,00	1,389	1250	1150	1315	10,00	-	-	-	-	-	-		6,00	-	1-2	
2-3	40000	11,11	80	84,50	1,174	1250	950	1190	9,47	-	-	-	-	-	-	90	11,00	-	2-3	
3-4	30000	8,33	60	67,50	0,938	1050	900	1065	8,89	-	-	-	-	-	-	90	11,00	-	3-4	
4-5	20000	5,56	40	48,00	0,667	900	750	900	8,33	-	-	-	-	-	-	90	11,00	-	4-5	
curva	10000	2,78	20	27,00	0,375	650	600	685	7,41	1,25	2,00	750,00	7	425	1075	90	15,00	4,20	curva	
curva	10000	2,78	20	27,00	0,375	650	600	685	7,41	1,25	2,00	750,00	7	425	1075	90	15,00	4,20	curva	
curva	10000	2,78	20	27,00	0,375	650	600	685	7,41	1,25	2,00	750,00	7	425	1075	90	15,00	4,20	curva	
5-6	10000	2,78	20	27,00	0,375	650	600	685	7,41	-	-	-	-	-	-		11,00	-	5-6	
										TOTALE								116	27,65	

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

RISULTATI			
Perdita di carico per metro lineare	Δp_f	0,726	Pa m ⁻¹
perdita di carico totale nel circuito	Δp_t	127,90	Pa
perdita di carico nel cumulo	Δp_{ACT}	3.521,75	Pa
perdita di carico totale	Δp_{tot}	3.649,65	Pa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle

IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA)

Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1

PROGETTO
DEFINITIVO

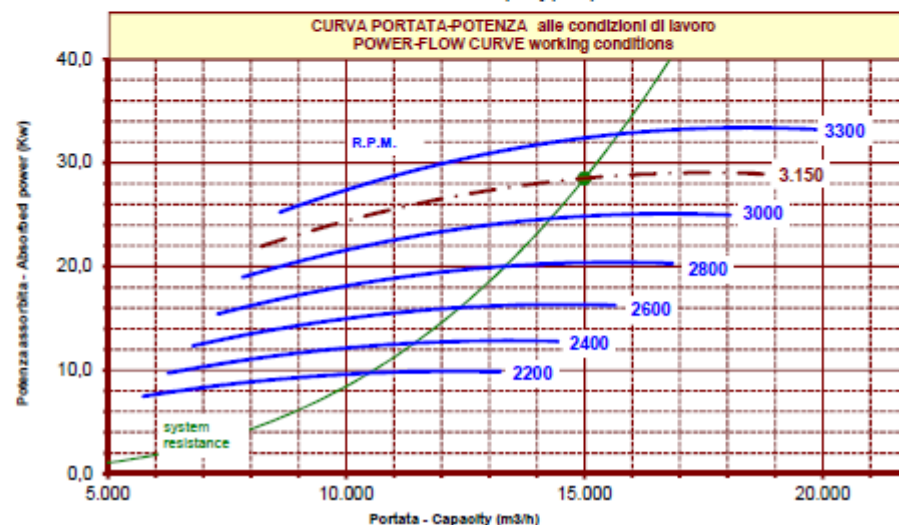
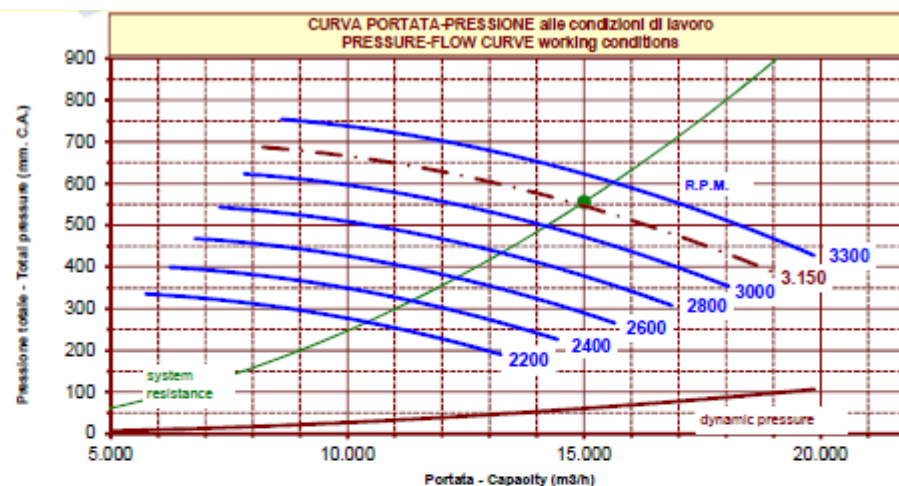
Icaria S.r.l.

Quantica ingegneria S.r.l.

Lotti Ingegneria S.p.a.

Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg) Catalog data (dry air to +15 ° C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	15.000
PRESSIONE STATICA (mm.H ₂ O) STATIC PRESSURE (mm.H ₂ O)	504
PRESSIONE TOTALE (mm.H ₂ O) TOTAL PRESSURE (mm.H ₂ O)	565
VELOCITA' DI ROTAZIONE (r.p.m.) FAN SPEED (r.p.m.)	2.950
RENDIMENTO TOTALE (%) TOTAL EFFICIENCY (%)	80
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	28,99
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a mt SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5 90
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m³) REFERENCE DENSITY (kg/m³)	1,225

Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	15.000
TEMPERATURA FLUIDO (°C) WORK TEMPERATURE (°C)	20
UMIDITA' RELATIVA (%) RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDINE (m. s.l.m.) ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H ₂ O) STATIC PRESSURE (mm.H ₂ O)	495
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H ₂ O) STATIC PRESSURE at inlet (mm.H ₂ O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H ₂ O) TOTAL PRESSURE (mm.H ₂ O)	556
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	28,50
DENSITA' FLUIDO (kg/m³) (**) WORK DENSITY (kg/m³) (**)	1,204



SCHEDA 2 – VENTILATORE PER SINGOLA BIOCELLA

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle

IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO AFRAGOLA (NA)
Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1

PROGETTO
DEFINITIVO

Icaria S.r.l.

Quantica ingegneria S.r.l.

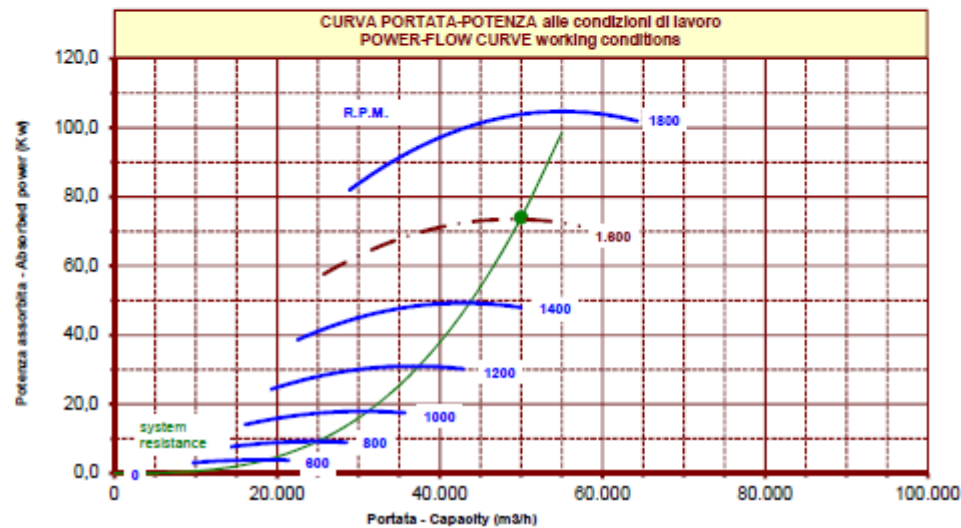
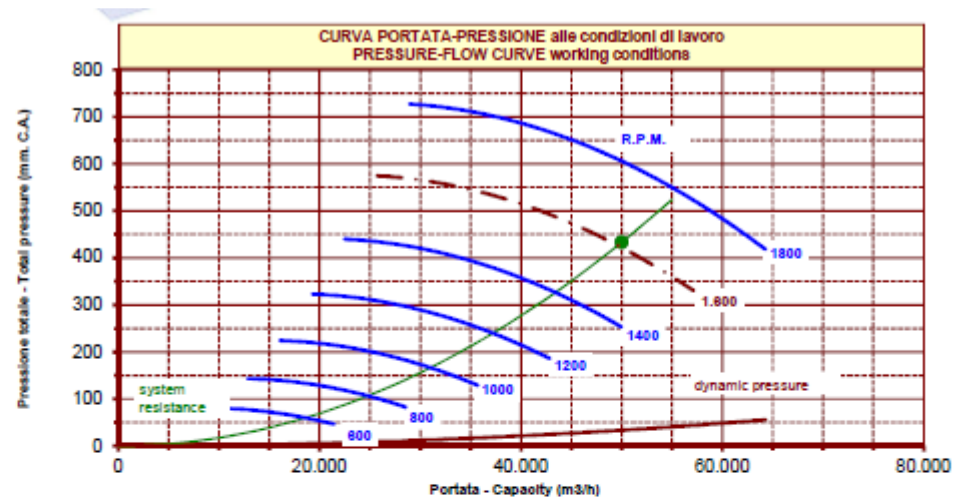
Lotti Ingegneria S.p.a.

Dati del catalogo (aria secca a +20°C e 760 mmHg) Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)

PORTATA (m³/h)	50.000
CAPACITY (m³/h)	
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	407
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	441
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	
VELOCITA' DI ROTAZIONE (r.p.m.)	2.220
FAN SPEED (r.p.m.)	
RENDIMENTO TOTALE (%)	79,7
TOTAL EFFICIENCY (%)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	75
ABSORBED POWER (kW)	
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a mt	1,5
SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m³)	1,225
REFERENCE DENSITY (kg/m³)	

Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions

PORTATA (m³/h)	50.000
CAPACITY (m³/h)	
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	20
WORK TEMPERATURE (°C)	
UMIDITA' RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. a.s.l.)	
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	400
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H₂O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H₂O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	433
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	74,0
ABSORBED POWER (kW)	
DENSITA' FLUIDO (kg/m³) (**)	1,204
WORK DENSITY (kg/m³) (**)	



SCHEDA 3 – VENTILATORE PER MATURAZIONE PRIMARIA

Icaria S.r.l.

Quantica ingegneria S.r.l.

Lotti Ingegneria S.p.a.

LEGENDA STRUMENTI		
Sistemazione il Controllo Process		
Strumento	Descrizione	Identificativo
BIOCOLA N°1		
Piemontamento a/c	Sonda di temperatura	T-001
Piemontamento a/c	Trasduttore di pressione	PT-001
Catodizzazione/ossidazione a/c	Sonda di temperatura	T-002
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di portata	MP-001
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di densità	DD-001
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-003
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-004
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-005
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-006
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-007
Interno biocolla	Misura differenziale di pressione	DP-001
Interno biocolla	Misura di umidità relativa	URH-001
BIOCOLA N°2		
Piemontamento a/c	Sonda di temperatura	T-008
Piemontamento a/c	Trasduttore di pressione	PT-002
Catodizzazione/ossidazione a/c	Sonda di temperatura	T-009
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di portata	MP-002
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di densità	DD-002
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-010
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-011
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-012
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-013
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-014
Interno biocolla	Misura differenziale di pressione	DP-002
Interno biocolla	Misura di umidità relativa	URH-002
BIOCOLA N°3		
Piemontamento a/c	Sonda di temperatura	T-015
Piemontamento a/c	Trasduttore di pressione	PT-003
Catodizzazione/ossidazione a/c	Sonda di temperatura	T-016
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di portata	MP-003
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di densità	DD-003
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-017
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-018
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-019
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-020
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-021
Interno biocolla	Misura differenziale di pressione	DP-003
Interno biocolla	Misura di umidità relativa	URH-003
BIOCOLA N°4		
Piemontamento a/c	Sonda di temperatura	T-022
Piemontamento a/c	Trasduttore di pressione	PT-004
Catodizzazione/ossidazione a/c	Sonda di temperatura	T-023
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di portata	MP-004
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di densità	DD-004
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-024
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-025
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-026
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-027
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-028
Interno biocolla	Misura differenziale di pressione	DP-004
Interno biocolla	Misura di umidità relativa	URH-004
BIOCOLA N°5		
Piemontamento a/c	Sonda di temperatura	T-029
Piemontamento a/c	Trasduttore di pressione	PT-005
Catodizzazione/ossidazione a/c	Sonda di temperatura	T-030
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di portata	MP-005
Catodizzazione/ossidazione a/c	Misura di densità	DD-005
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-031
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-032
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-033
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-034
Interno biocolla	Sonda di temperatura	T-035
Interno biocolla	Misura differenziale di pressione	DP-005
Interno biocolla	Misura di umidità relativa	URH-005
CAPIRELLI IMPIANTO		
Capirelli a/c	Trasduttore di pressione	PT-006
Capirelli a/c	Trasduttore di pressione	PT-007
Capirelli a/c	Trasduttore di pressione	PT-008
SCHEMI PIU' SEMPLICI, AN		
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Sonda di temperatura	T-036
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Sonda di temperatura	T-037
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Sonda di temperatura	T-038
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Sonda di temperatura	T-039
SCHEMI PIU' SEMPLICI, AN		
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Misura di livello all'ingresso	UL-001
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Misura di livello all'ingresso	UL-002
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Misura di livello all'ingresso	UL-003
Schema PIU' SEMPLICI, AN	Misura di livello all'ingresso	UL-004

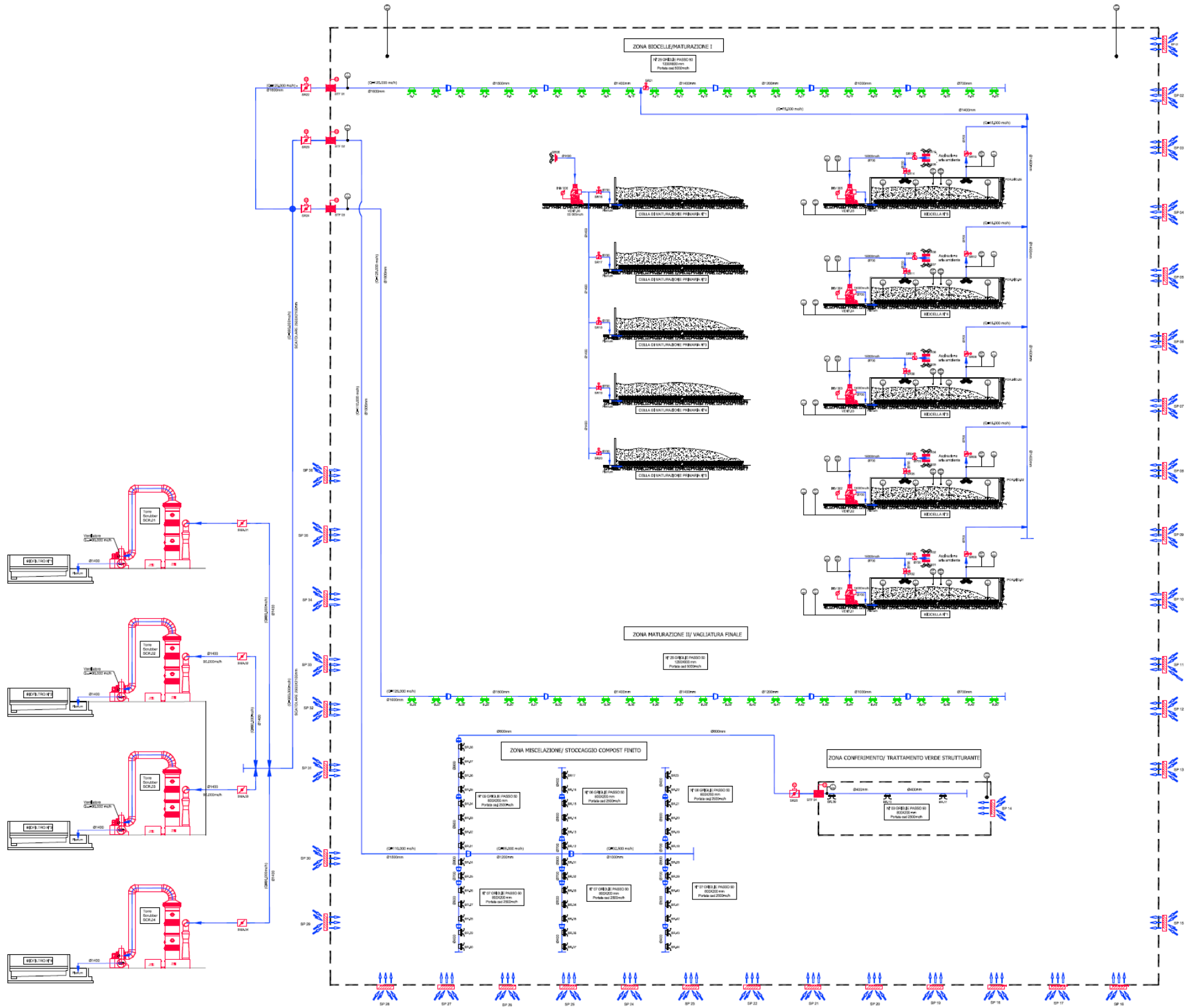


Figura 8 - Schema funzionale (P&I) dei sistemi di aspirazione e trattamento dell'aria