



REGIONE CAMPANIA GIUNTA REGIONALE DELLA CAMPANIA

STRUTTURA DI MISSIONE PER LO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI STOCCATI IN BALLE

LAVORI DI REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO NELLO STIR DI TUFINO (NA)

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 ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA OPERE AEREAULICHE

1096-E-0-RT-13	1096	1096-E-0-RT-13_rev1.docx	1	DI	66	1
ELABORATO	COM	DOCUMENTO	PAGINE		REV.	

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

CAPOGRUPPO MANDATARIA



ICARIA

ICARIA srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Via LA Spezia, 6 - 00182 Roma
Corso Cavour, n. 445 - 05018 Orvieto (TR)
Tel. 0763-340875, fax: 0763-341251
www.icariasrl.it e-mail: info@icariasrl.it



MANDANTE



Lotti Ingegneria Spa
Via del Fiume, n. 14 - 00186 - Roma
Tel. 06-32397322, fax: 0763-341251
C.F./P.IVA 00956841001
e-mail: lotti@lottiasociati.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



1	Provincia di TERNI	NOVEMBRE 2020	REVISIONE PER VERIFICA PE	PV	GV	GV	VR
0		SETTEMBRE 2020	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 Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

INDICE

1	PREMESSE	1
2	PRESIDI AMBIENTALI	4
2.1	Tecnologie di controllo degli odori	5
2.1.1	Scrubber a letto fluido (Floating Bed Scrubber)	5
2.1.2	Biofiltro	6
3	PROGETTAZIONE DEI PRESIDI	8
3.1.1	Impianto attuale	8
3.1.2	Aspetti normativi	9
3.1.3	Aspetti tecnici	12
3.1.4	Realizzazione n.2 nuove torri di lavaggio	13
3.1.5	Dimensionamento delle torri di lavaggio	15
4	SISTEMA DI ASPIRAZIONE DELL'ARIA	16
4.1	Dati di dimensionamento	16
4.2	Verifica delle condotte	17
4.3	Dimensionamento dei ventilatori di aspirazione	25
5	FILTRI A MANICHE.....	28
6	DIMENSIONAMENTO TORRI DI LAVAGGIO.....	32
6.1	Processo di trattamento	32
6.2	Dotazioni per il dosaggio dei reattivi	35
6.3	Consumi idrici delle torri di lavaggio	36
7	BIOFILTRO	37
7.1	Modalità di esecuzione dell'intervento	37
7.2	Principio di funzionamento del biofiltro.....	38
7.3	Importanza del materiale del biofiltro	39
7.4	Condizioni di crescita e fabbisogno di sostanze nutritive dei microrganismi.....	41
7.5	Materiali per la filtrazione biologica.....	44

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	
--	--	--

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.6	Verifica del biofiltro	46
7.7	Irrorazione biofiltro	46
8	RENDIMENTI GARANTITI DAL SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE EMISSIONI	47
9	SISTEMA DI INSUFFLAZIONE DELL'ARIA.....	48
9.1	Dimensionamento	51
10	MODIFICA DEGLI SCRUBBER ESISTENTI	62
10.1	Scelta dei ventilatori	62

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	
--	--	--

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
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 Tufino, 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 due torri di lavaggio a letto fluido e successivamente all'esistente biofiltro, che sarà opportunamente modificato in modo da renderlo indipendente dal sistema di deodorizzazione asservito ad altri comparti dello STIR di Tufino.

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.

Questo stesso obiettivo è perseguito anche attraverso la realizzazione dei due avancorpi, dotati entrambi di un doppio portone a impacchettamento rapido: con questa soluzione, infatti, l'ingresso e l'uscita degli automezzi dal capannone principale avviene con la seguente sequenza:

Ingresso (avancorpo ovest)

1. apertura portone esterno;
2. ingresso automezzo nella camera di stagnazione;
3. chiusura portone esterno;
4. apertura portone interno;
5. ingresso automezzo nel locale principale.

Uscita (avancorpo est)

1. apertura portone interno;
2. ingresso automezzo nella camera di stagnazione;
3. chiusura portone interno;
4. apertura portone esterno;
5. uscita automezzo nella viabilità esterna.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 1 di 63
---	--	----------------

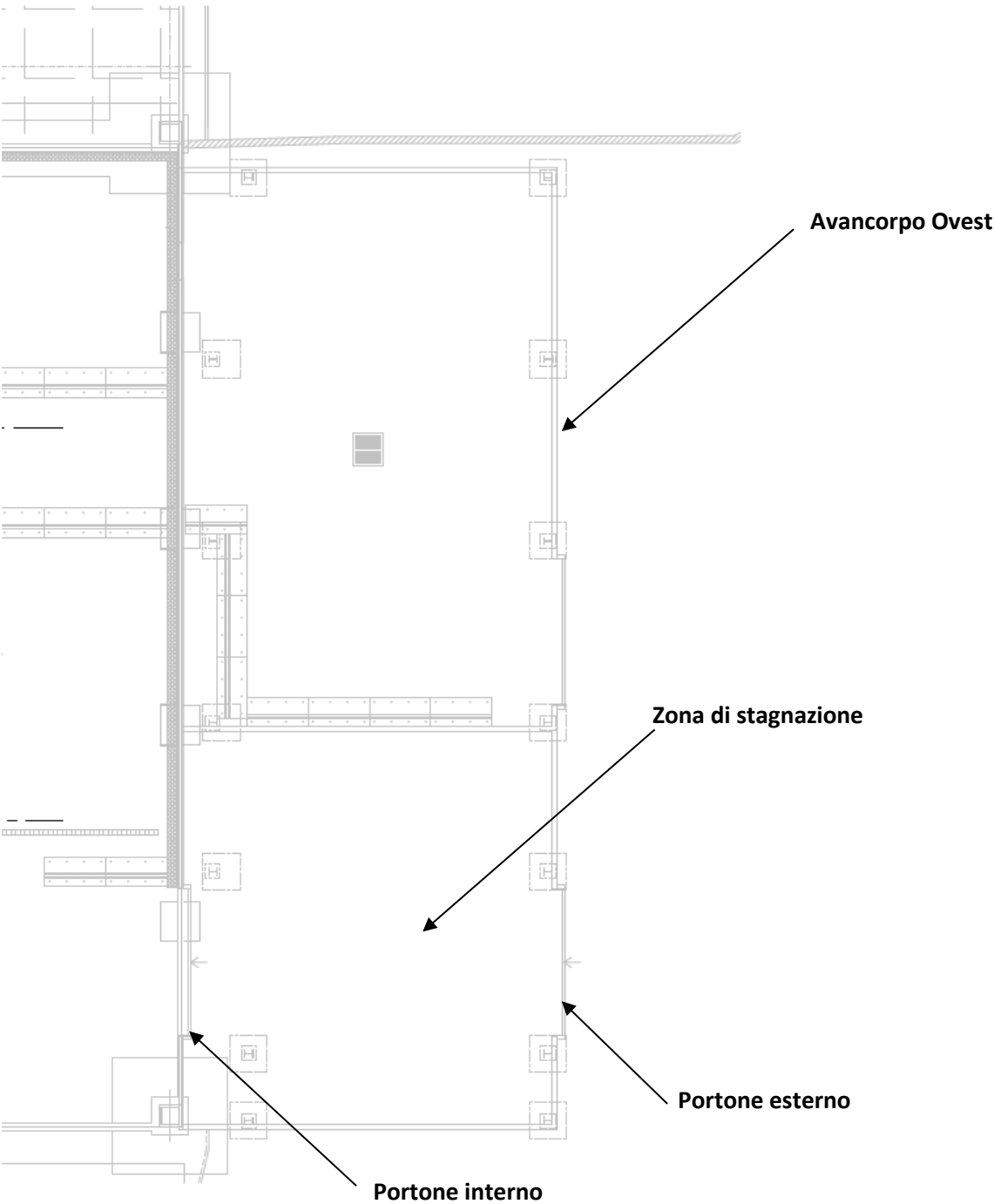


Figura 1 – Sistema a doppio portone per l’accesso al capannone di compostaggio

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

L'impianto di estrazione dell'aria dal capannone è stato progettato prevedendo il recupero delle tubazioni di estrazione già esistenti, che, naturalmente, assolvevano alla medesima funzione quando il capannone era adibito alla biostabilizzazione della frazione di sottovaglio proveniente dalla tritovagliatira dei R.U.

Nel presente progetto, si è comunque previsto il rifacimento di un'estensione delle tubazioni di aspirazione pari al 20% della lunghezza totale delle stesse, ciò sia in ragione degli interventi che, come vedremo, sono necessari per l'immissione dell'aria estratta dalle biocelle e per l'installazione di serrande di regolazione, sia per il fatto che, al momento della progettazione, non essendo possibile l'accesso al capannone, non si è potuta accertare in modo esaustivo lo stato di conservazione di tutte le tubazioni esistenti che, comunque, sulla base di una ispezione visiva, appaiono in buona condizione generale.

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

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 3 di 63
---	--	----------------

2 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 fondamentalmente 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.

Per quanto riguarda le 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

La quantificazione della produzione odorigena è questione assai complessa, anche perchè essa non può prescindere dalla valutazione degli eventuali contributi dovuti alle attività dell'interesse del complesso industriale STIR che esulano dallo scopo della presente progettazione.

A titolo esemplificativo, nella seguente Tabella 2 sono indicate le concentrazioni di odore tipicamente rilevate nelle diverse aree di un impianto di compostaggio.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 2. Emissioni odorose espresse in unità olfattometriche in diverse zone di impianti di compostaggio

Area dell'impianto	U.O. / m ³
Ricezione	470 (media)
Pretrattamento	142 (media)
Superficie dei cumuli (fase ACT, di bioossidazione accelerata)	2.000 - 70.000
Superficie dei cumuli (maturazione)	100 – 500
Vagliatura	118 (media)
Aria in uscita da biofiltro (correttamente funzionante)	< 300

Fonte: W. Bidlingmaier et al.

2.1 Tecnologie di controllo degli odori

2.1.1 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.

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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 5 di 63
---	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

2.1.2 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.

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

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 6 di 63
---	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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.

In questa sede si sottolinea che la fornitura del materiale biofiltrante non è prevista nel progetto redatto dagli scriventi, ma rimarrà appannaggio del gestore.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

3 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 134.400 m³/h.

3.1.1 Impianto attuale

Nella configurazione attuale l'impianto di trattamento delle arie esauste del capannone MVS è costituito da N.2 torri di lavaggio ad umido (wet scrubber) e N.1 biofiltro (in comune con il sistema di trattamento al servizio del capannone MVA).

In base al progetto originario FISIA dello STIR, le caratteristiche principali di queste sezioni di impianto sono le seguenti:

SCRUBBER

ITEM	T 0 SCR 504A 15048 – Stabilizzazione Organica MVS-
Caratteristiche principali	
Fornitore	OMA_AIRECO Systems
Numero di unità	2
Tipo	A sviluppo verticale
Funzionamento	Continuo
Portata massima di effluente trattata	94.000 Nm ³ /h
Velocità del gas	3,7 m/s
Materiale di riempimento letto flottante	Sfere di polipropilene Ø 38mm
Altezza letto flottante: Esercizio Riposo (min)	1500 mm 300 mm
Tempo minimo di contatto	0,4 s
Rapporto vol.H ₂ O/effluente	1,02 l/m ³
Consumo acqua di saturazione	0,45 m ³ /h
Materiale di riempimento	Sfere in PP . Ø = 38 mm
Materiale scrubber	Polipropilene

Lo scrubber di lavaggio ad acqua è realizzato in polipropilene di adeguato spessore con opportuni rinforzi. Le pompe di lavaggio e di ricircolo sono montate in una vasca laterale saldata al corpo del lavatore.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 8 di 63
---	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Lo scrubber, ad asse verticale, e del tipo a letto flottante alimentato con sola acqua, con direzione gas-acqua di lavaggio in controcorrente.

I collegamenti lato aspirazione sono realizzati tramite flange e lo scarico viene convogliato a terra tramite tubazioni in polipropilene.

Due griglie orizzontali separano la zona di lavaggio aria dal bacino idrico sottostante e trattengono i materiali di riempimento, di tipo flottante, costituito da sfere in polipropilene che consentono basse perdite di carico.

In uscita dal lavatore è installato un separatore di gocce in PVC (demister) per limitare la fuoriuscita dell'acqua di lavaggio.

BIOFILTRO

ITEM	T 0 BI 502 – Stabilizzazione frazione organica
Fornitore	OMA_AIRECO Systems
Numero di unità	1
Numero di sezioni per unità	2
Portata trattata per ogni sezione	252.200 m ³ /h
Portata specifica	100 m ³ /h/m ²
Altezza strato filtrante	1,3 m
Tempo di contatto medio	47,4 s
Dimensioni	40 × 77 m
Superficie	ca. 3.100 m ²

Il biofiltro è costituito da una vasca impermeabilizzata in cemento armato, riempita, per uno spessore di circa 1,3 m, con un supporto di materiale organico (cippato di legno), sul quale si sviluppa la popolazione batterica, che degrada le sostanze organiche volatili a composti elementari, quali anidride carbonica, azoto e acqua.

L'aria da trattare viene fatta passare attraverso la massa biofiltrante per mezzo di una griglia di supporto delle biomasse. Per mantenere il substrato di crescita dei microrganismi nelle ottimali condizioni di umidità, il biofiltro è dotato di un sistema di umidificazione/irrigazione a pioggia, da attivare qualora l'apporto di umidità dagli scrubber non sia sufficiente.

3.1.2 Aspetti normativi

Ad una prima analisi, lo schema di processo appare in linea con la DECISIONE DI ESECUZIONE (UE) 2018/1147 DELLA COMMISSIONE del 10 agosto 2018, che stabilisce le conclusioni sulle migliori

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 9 di 63
---	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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.
- **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' ELENCAE 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.

E' altresì cogente la normativa regionale, in particolare devono essere rispettati i 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". In queste delibere, sono previste le tipologie di torri di lavaggio riportate nelle seguenti schede:

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 10 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
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

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

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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 11 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
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)

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	3-5m/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.	

L'analisi delle attuali dotazioni dello STIR mette in evidenza un parziale, ma significativo disallineamento con la normativa vigente (è appena il caso di osservare che la normativa regionale è entrata in vigore successivamente alla realizzazione dello STIR di Tufino).

Ed infatti la norma regionale è disattesa nella misura in cui essa precisa che l'impiego di torri di lavaggio a letto flottante per la depurazione dell'aria esausta e, in particolare, 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" (Scheda 3).

3.1.3 Aspetti tecnici

Dal punto di vista strettamente tecnico, devono essere evidenziate due criticità relative alla attuale configurazione impiantistica:

1. L'aria estratta dai capannoni di lavorazione è certamente caratterizzata da una significativa presenza di H_2S ed ha, dunque, caratteristiche acide. Il lavaggio con acqua avviene attraverso un fenomeno di assorbimento per il quale, in sospensione nella fase gassosa, sono presenti goccioline a pH più o meno acido a seconda dell'efficienza del trattamento. Sebbene le torri siano dotate di demister, si avrà comunque una tendenza ad una aggressione acida del materiale biofiltrante posto a valle dello scrubber, che, nel tempo, ne riduce la capacità di biofiltrazione ma

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 12 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

anche la durata.

Complessivamente, la capacità di abbattimento delle sostanze odorigene e degli inquinanti gassosi tenderà a decrescere nel tempo, a meno di non sostenere ingenti costi di frequente sostituzione totale o parziale del biofiltro.

2. In base alle schede ricevute dal gestore, le torri di lavaggio (ed i relativi ventilatori di aspirazione) sono fortemente sovradimensionati rispetto alla portata calcolata sulla base dei ricambi orari da garantire nel capannone. A fronte di una portata calcolata pari a 134.400 Nm³/h, le torri hanno una capacità di trattamento pari a 188.000 Nm³/h.

Ne risulta siano adottate serrande di regolazione della portata effettivamente estratta. Questa osservazione non sarebbe di per sé problematica, se non fosse che il biofiltro a valle è invece dimensionato per gli effettivi 134.400 Nm³/h e, conseguentemente, tende a lavorare con velocità di passaggio eccessive e tempi di contatto troppo bassi.

Per tutte le considerazioni sin qui fatte, ad avviso degli scriventi, è risultata opportuna l'individuazione di soluzioni atte ad adeguare e migliorare la sezione di trattamento aria, in vista dell'implementazione delle nuove attività di compostaggio di cui al presente progetto.

3.1.4 Realizzazione n.2 nuove torri di lavaggio

Al fine di affrontare la problematica sin qui descritta, si è convenuto con la Stazione Appaltante di prevedere la realizzazione di N.2 nuove torri di lavaggio, del tipo a letto flottate, rispettose della vigente normativa.

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. 2 scrubber di nuova realizzazione a doppio stadio, operanti in parallelo. All'interno dello scrubber, l'aria attraversa una colonna d'acqua umidificandosi e 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 (H₂SO₄) atta alla cattura e precipitazione dell'ammoniaca NH₃ in solfato di ammonio

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 13 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. 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. 2 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. 1 biofiltro** 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.

Le torri di lavaggio saranno di nuova realizzazione, le esistenti torri saranno utilizzate per adeguare il sistema di trattamento aria del capannone MVA, oggetto di una progettazione sviluppata da SAPNA per conto della Città Metropolitana di Napoli.

Il biofiltro sarà ottenuto separando fisicamente le due sezioni del biofiltro esistente. Nella parte oggetto di revamping, il nuovo biofiltro dovrà essere modulare, costituito da due settori 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.

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**.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 14 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

3.1.5 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	3-5m/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.	

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4 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 due, realizzate parallelamente alle pareti nord e sud dello stesso.

Esse sono costituite da tubazioni in lamiera zincata di diametro progressivamente crescente: Ø 600, 850, 1000, 1200, 1350 mm recanti bocchette di ripresa (comprese serrande di regolazione)..

Entrambi questi rami si immettono in una tubazione di collettamento finale, del diametro Ø 600 1900 mm, che, sostenuta da un apposito piperack, convoglia l'aria agli scrubber.

Quello sino ad ora descritto è il sistema di collettamento esistente nel capannone MVS; ad esso saranno apportate alcune modifiche:

1. Installazione serrande tagliafuoco motorizzate REI 120 – nella sezione terminale delle tubazioni Ø1350;
2. Immissione dei collettori dell'aria estratta dalle biocelle;
3. Sostituzione eventuali porzioni ammalorate (fino al 20% della lunghezza complessiva).

4.1 Dati di dimensionamento

Il volume del capannone è pari a 44.800 m³ si ha pertanto:

Volume del fabbricato	44.800 m ³
Numero ricambi aria	3
Portata aspirata	134.400 m ³ /h

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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 16 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4.2 Verifica delle condotte

Le condotte sono state verificate in modo da valutare la velocità di attraversamento, che influisce sull'impatto acustico del sistema (di regola si evitano velocità superiori a 20 m/s; nel caso di specie si è valutato che la rete sia verificata con velocità massime pari a 17 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;
- 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 1.22.

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:

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-09-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 17 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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

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

Nelle 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 3.

Tabella 3. 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 = Superficie	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												
	<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 = Superficie	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													
	<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																

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:

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

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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_d è la pressione dinamica della premente.

I calcoli di dimensionamento sono riportati nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Per comodità di lettura, si riporta anche uno schema di massima della rete dimensionata, rinviando alle relative tavole grafiche per maggior dettaglio.

Per la comprensione della tabella, si consideri che la rete diffusa è stata verificata assumendo una contestuale immissione di aria proveniente dalle biocelle soltanto per due delle biocelle alla volta; nel funzionamento ordinario, infatti, l'aria viene tutta ricircolata internamente alla biocella.

A tutela di sicurezza, sono state comunque inserite serrande automatizzate in corrispondenza delle bocchette di ripresa a monte delle immissioni provenienti dalla biocella, per regolare la portata immessa complessivamente in questa zona della rete, laddove si generi un eccesso di rumorosità.

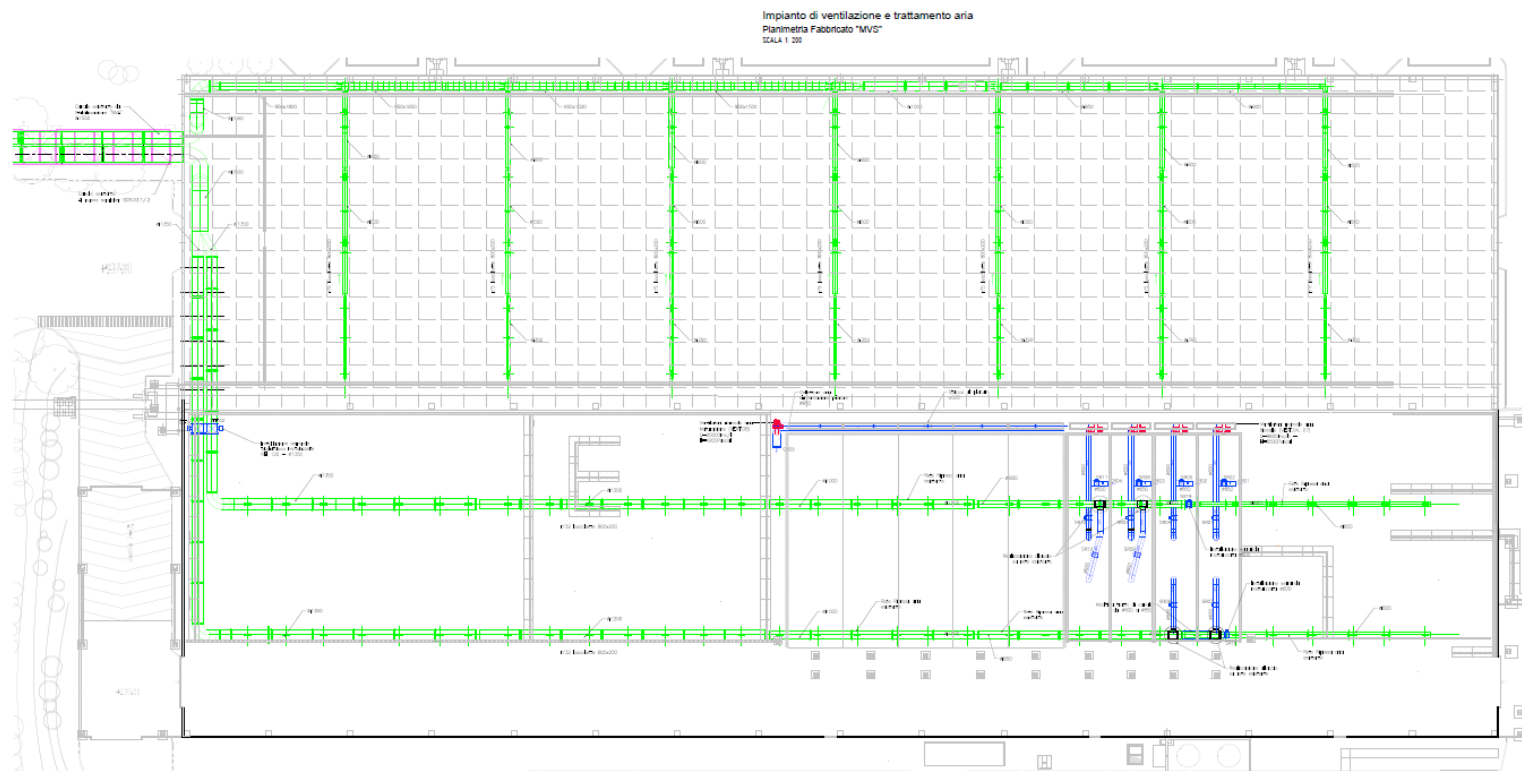
Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 4. Verifica rete di aspirazione aria

DATI GENERALI		
densità dell'aria	1,20	kg/mc
viscosità cinematica dell'aria	1,68E-05	m²/s
Scabrezza assoluta	0,05	mm
costante di gravità	9,81	m/s²
portata unitaria bocchette maturazione	0,58	mc/s
portata unitaria immissione biocelle	2,67	mc/s

DIMENSIONAMENTO DELLA RETE AEREAULICA
--

CONFIGURAZIONE DELLA RETE									DIMENSIONAMENTO								VERIFICA	
TRATTO		TRATTI DI MONTE						numero	portata	portata	lunghezza	velocita	Ø	Ø	Ø	Ø	S	V
		CONFLUENZA		CONFLUENZA		CONFLUENZA		bocchette	propria	totale		min	teor.	comm.	SCELTO	interno		
P.I.	P.F.	P.I.	P.F.	P.I.	P.F.	P.I.	P.F.		m³/s	m³/s	m	m/s	mm	mm	mm	mm	m²	m/s
A1	A2							7	4,08	4,08	30	16	570	600	600	600	0,28	14,44
BC1	BC2							0,5	1,33	1,33	9,5	16	326	350	650	650	0,33	4,02
BC3	BC4							0,5	1,33	1,33	9,5	16	326	350	650	650	0,33	4,02
A2	A3	A1	A2	BC1	BC2	BC3	BC4	5	2,92	9,67	25	16	877	900	850	850	0,57	17,04
A3	A4	A2	A3					6	3,50	13,17	25	16	1024	1100	1000	1000	0,79	16,76
A4	A5	A3	A4					7	4,08	17,25	36	16	1172	1200	1200	1200	1,13	15,25
A5	A6	A4	A5					7	4,08	21,33	65	16	1303	1350	1350	1350	1,43	14,90
A6	A7	A5	A6						0,00	42,67	75	16	1843	1500	1900	1900	2,84	15,05



LEGENDA APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE	
1000.00	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C1
1000.01	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C2
1000.02	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C3
1000.03	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C4
1000.04	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C5
1000.05	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C6
1000.06	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C7
1000.07	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C8
1000.08	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C9
1000.09	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C10
1000.10	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C11
1000.11	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C12
1000.12	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C13
1000.13	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C14
1000.14	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C15
1000.15	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C16
1000.16	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C17
1000.17	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C18
1000.18	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C19
1000.19	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C20
1000.20	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C21
1000.21	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C22
1000.22	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C23
1000.23	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C24
1000.24	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C25
1000.25	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C26
1000.26	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C27
1000.27	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C28
1000.28	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C29
1000.29	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C30
1000.30	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C31
1000.31	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C32
1000.32	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C33
1000.33	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C34
1000.34	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C35
1000.35	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C36
1000.36	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C37
1000.37	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C38
1000.38	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C39
1000.39	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C40
1000.40	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C41
1000.41	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C42
1000.42	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C43
1000.43	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C44
1000.44	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C45
1000.45	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C46
1000.46	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C47
1000.47	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C48
1000.48	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C49
1000.49	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C50
1000.50	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C51
1000.51	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C52
1000.52	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C53
1000.53	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C54
1000.54	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C55
1000.55	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C56
1000.56	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C57
1000.57	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C58
1000.58	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C59
1000.59	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C60
1000.60	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C61
1000.61	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C62
1000.62	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C63
1000.63	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C64
1000.64	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C65
1000.65	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C66
1000.66	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C67
1000.67	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C68
1000.68	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C69
1000.69	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C70
1000.70	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C71
1000.71	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C72
1000.72	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C73
1000.73	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C74
1000.74	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C75
1000.75	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C76
1000.76	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C77
1000.77	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C78
1000.78	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C79
1000.79	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C80
1000.80	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C81
1000.81	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C82
1000.82	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C83
1000.83	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C84
1000.84	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C85
1000.85	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C86
1000.86	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C87
1000.87	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C88
1000.88	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C89
1000.89	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C90
1000.90	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C91
1000.91	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C92
1000.92	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C93
1000.93	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C94
1000.94	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C95
1000.95	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C96
1000.96	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C97
1000.97	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C98
1000.98	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C99
1000.99	Impianto di ventilazione e trattamento aria - Bolla C100

LEGENDA LINEE ELETTRICHE	
	Canali di progetto
	Canali esistenti
	Apparecchiature di progetto
	Apparecchiature esistenti
	Rack esistenti

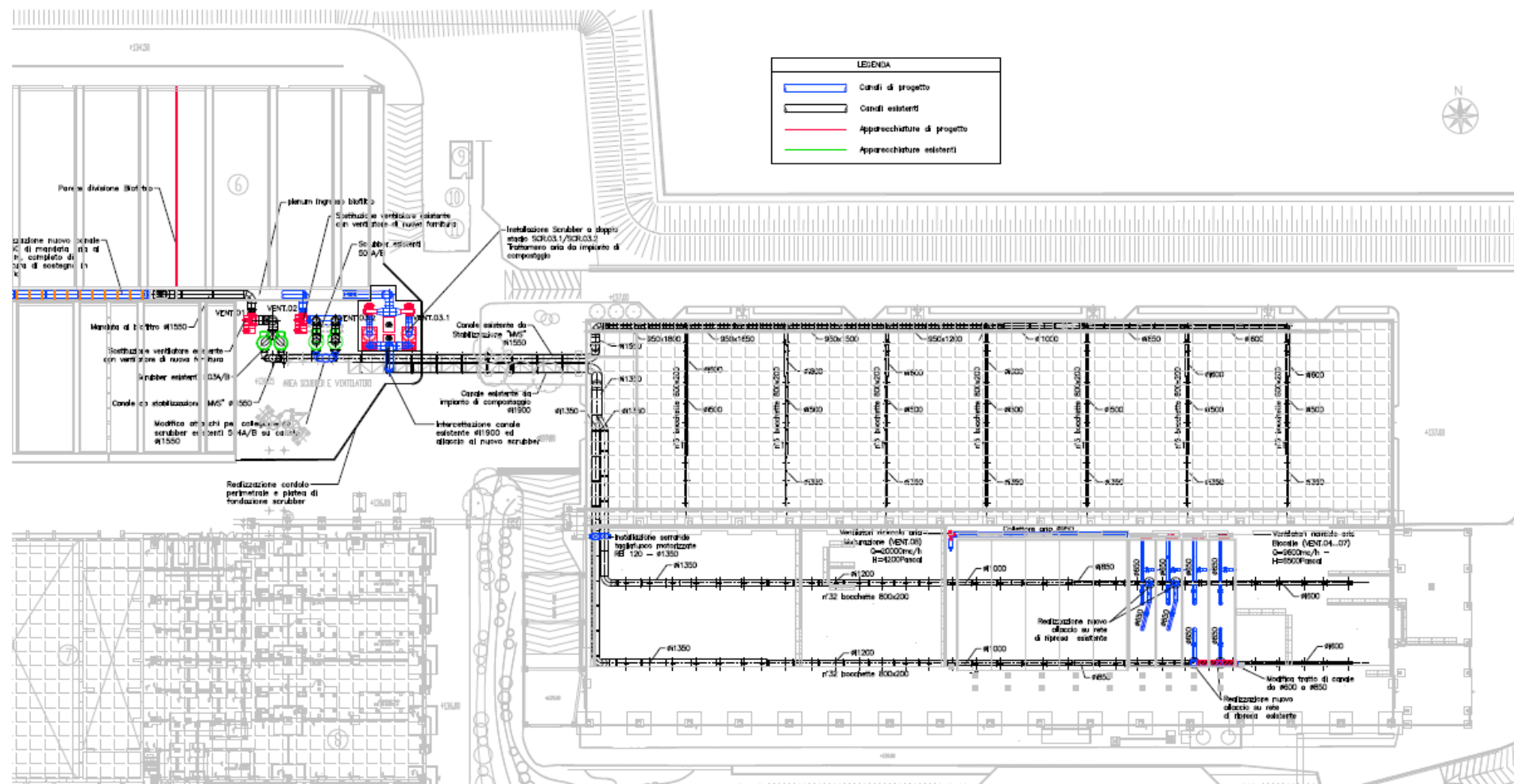


Figura 2.1 - Rete di estrazione e trattamento dell'aria

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

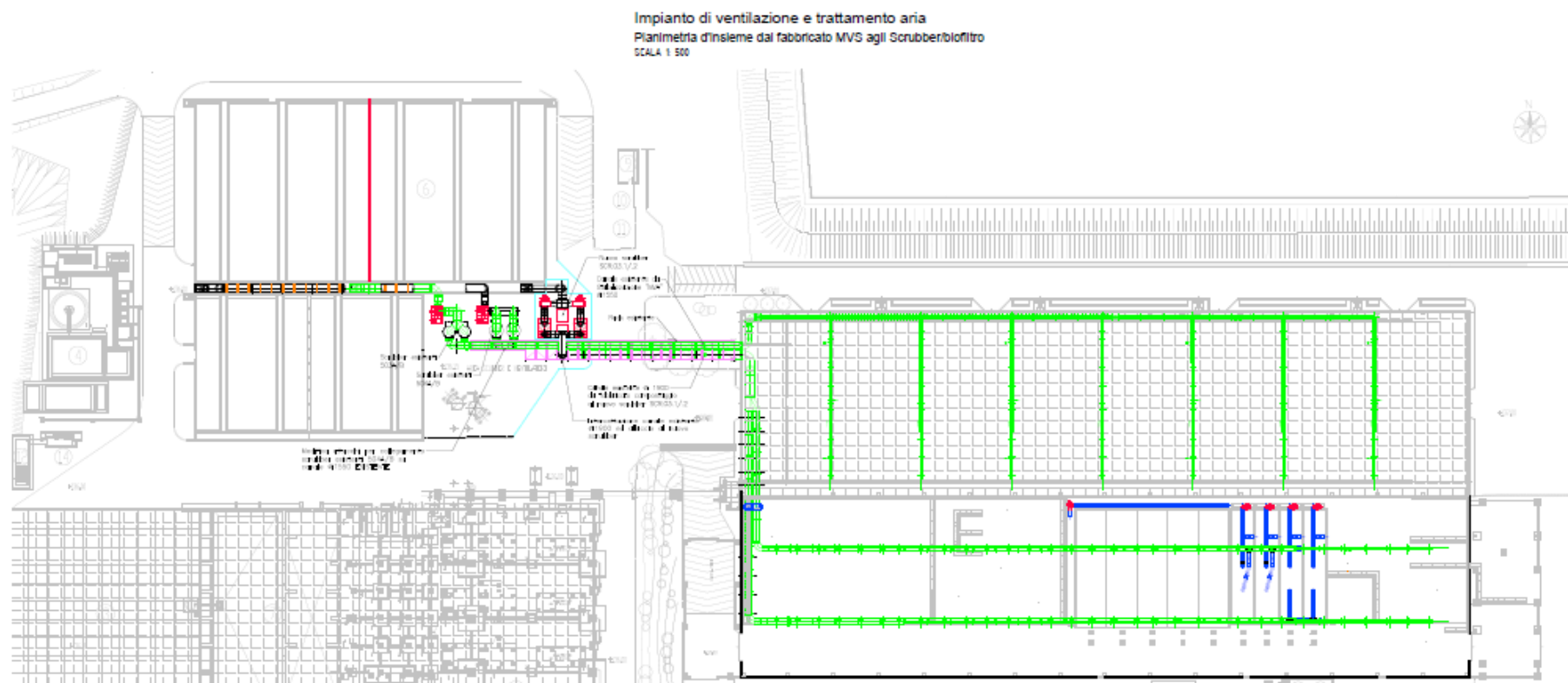


Figura 2.2 - Rete di estrazione e trattamento dell'aria

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 5. Perdite di carico

TRATTO		Numero di Reynolds	Scabrezza assoluta	f'	f	Perdite distribuite		Perdite di carico localizzate																Totale perdite localizzate	Totale perdite di carico
						Lung.	Perdita carico distribuita	tipo	n	tipo	n	tipo	n	tipo	n	tipo	n	tipo	n	tipo	n	tipo	n		
P.I.	P.F.		mm			m	Pa																	Pa	Pa
A1	A2	515779,91	0,05	0,0133	0,0141	30,0	88,67	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	8	0,35	1	40,32	128,99
BC1	BC2	155462,70	0,05	0,0166	0,0169	9,5	2,40	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	1	0,35	1	0,69	3,09
BC3	BC4	155462,70	0,05	0,0166	0,0169	9,5	2,40	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	1	0,35	1	0,69	3,09
A2	A3	861903,52	0,05	0,0119	0,0129	25,0	66,43	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	8	0,35	1	56,10	122,53
A3	A4	997876,23	0,05	0,0115	0,0125	25,0	53,07	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	7	0,35	1	48,29	101,36
A4	A5	1089453,48	0,05	0,0111	0,0122	36,0	51,44	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	8	0,35	1	44,97	96,41
A5	A6	1197638,61	0,05	0,0108	0,0120	65,0	77,27	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	8	0,35	2	47,71	124,98
A6	A7	1701907,50	0,05	0,0099	0,0112	75,0	60,46	1,5		0,5	0,1		0,1	0,5		0,2	0,05		1	0,35	1	0,35	2	14,59	75,06

Riepilogo perdite di carico		
1	Condotte aspirazione	655,51 Pa
2	Biofiltro	1.200 Pa
3	Torri di lavaggio	2.000 Pa
	TOTALE	3855,51

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Le bocchette dell'aria sono state selezionate utilizzando il grafico riportato nella seguente figura; esse garantiranno una portata di 2'000 – 2'500 m³/h.

L'aspirazione dell'aria sarà quindi garantita da n. 32 bocchette per ciascun ramo del capannone (complessivamente n. 64 bocchette) con una portata totale teorica e massima pari a 160'000 m³/h.

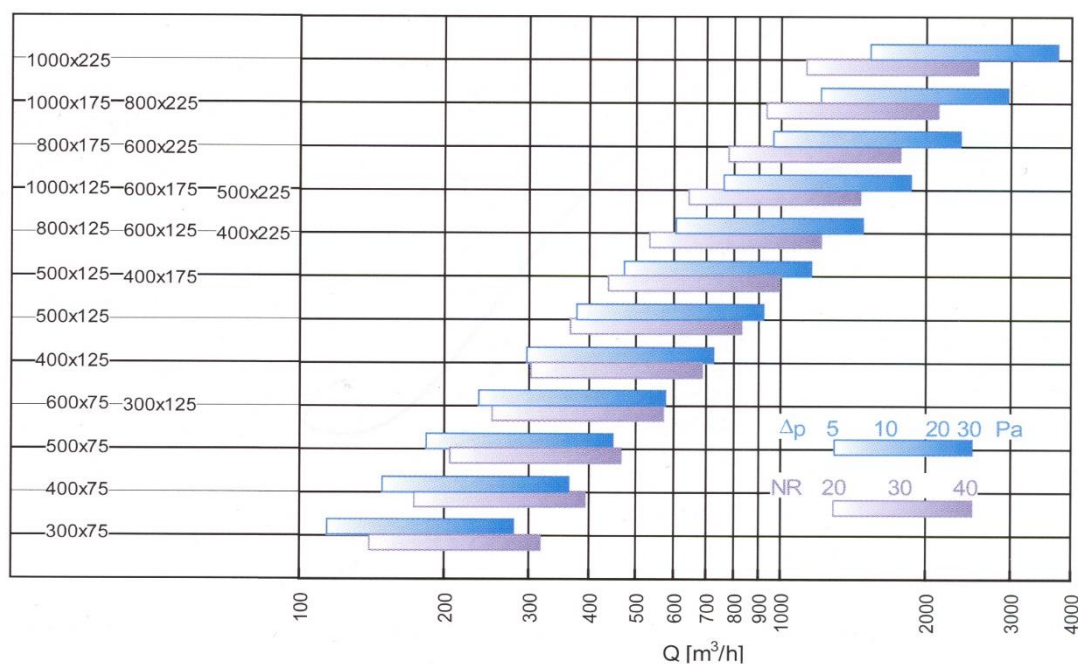


Figura 2 – Selezione delle bocchette

4.3 Dimensionamento dei ventilatori di aspirazione

L'aria sarà aspirata mediante due ventilatori centrifughi da 80'000 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.

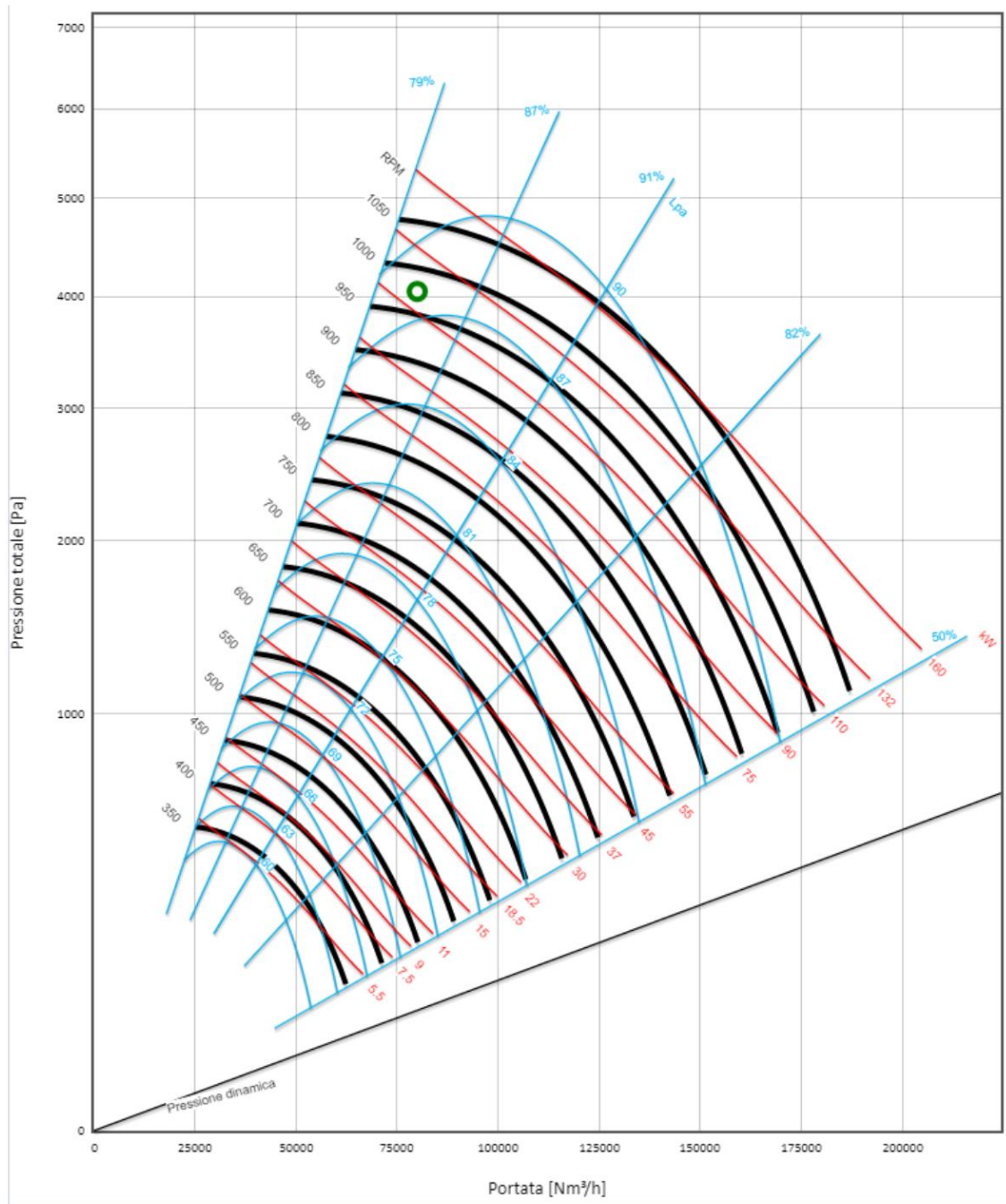
Infatti come si evince dalla 0, le condotte di aspirazione determinano una perdita di carico massima di circa 660 Pa, cui vanno aggiunte le perdite di carico delle torri di lavaggio e del biofiltro, pari rispettivamente ad un massimo di 2'000 e 1'200 Pa. Le massime perdite di carico del circuito d'aspirazione sono pertanto pari a ca. 3'860 Pa, mentre il ventilatore potrà arrivare ad una prevalenza statica di 4'000 Pa. Ciascun ventilatore, inoltre, sarà dotato di **inverter** per la corretta modulazione della portata ottenendo così un concreto risparmio energetico.

Nella seguente Tabella 6 sono riassunte le caratteristiche dei ventilatori da installare mentre la figura 3 ne indica le curve caratteristiche.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 25 di 63
---	--	-----------------

Tabella 6. Caratteristiche dei ventilatori di aspirazione

N.	Tipologia	Rendimento	Portata (m³/h)	Prevalenza (Pa)	Potenza (kW)
2	Centrifugo	85%	80'000	4'000	120



Curva di funzionamento del ventilatore

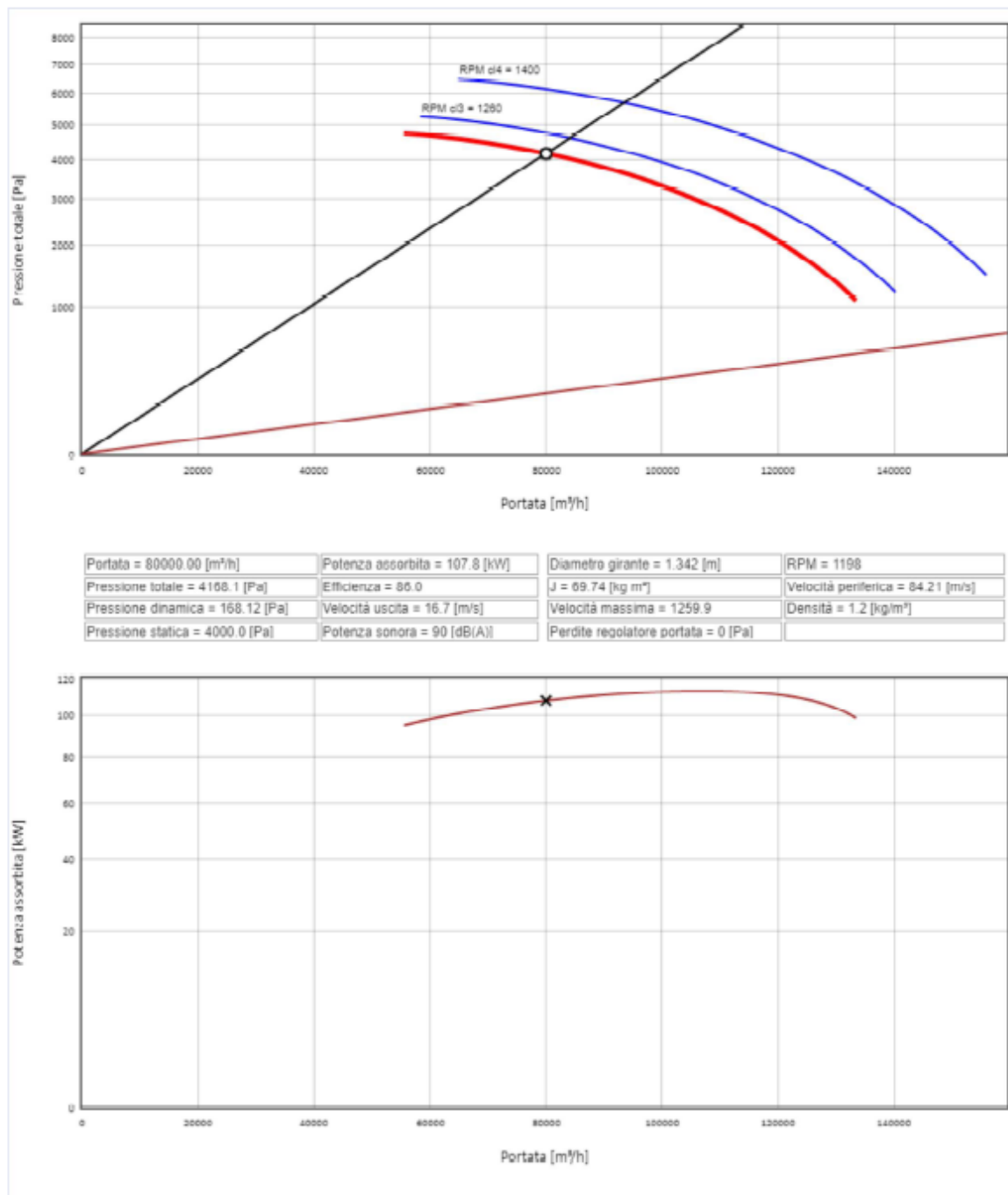


Figura 3 – Curve caratteristiche ventilatore centrifugo (curva multiparametro e curva di esercizio)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

5 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

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 28 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

sistema di lavaggio maniche è composto da un programmatore ciclico con regolatore tempo pausa e 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 7. Caratteristiche del filtro a maniche zona raffinazione

Caratteristiche	Valore	
Numero maniche	440	
Diametro maniche	mm	123
Altezza maniche	mm	3.000
Superficie filtrante	mq	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 Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 8. Motoventilatore per vagliatore zona raffinazione

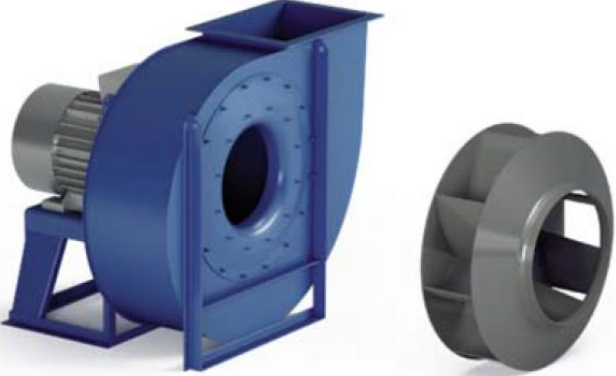
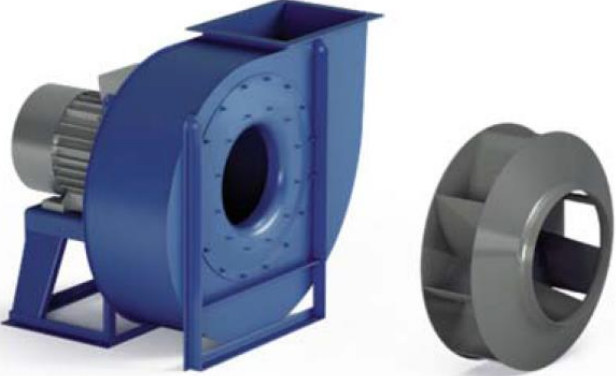
	Alte portate - Media pressioni. Pale curve rovesce	
	Aspiratore centrifugo ad elevata efficienza Chiocciola in robusta lamiera rinforzata con profilati Girante multipale, montati su disco e mozzo in acciaio saldata elettricamente	
	Potenza motore	55 kW – 75 HP
	Poli	4 - 1.400 rpm
	Tensione	400/690 -50Hz
	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 9. Caratteristiche del filtro a maniche zona triturazione

Caratteristiche		
Numero maniche	330	
Diametro maniche	Mm	123
Altezza maniche	mm	2.000
Superficie filtrante	mq	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 m3/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
File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	
		Pagina 30 di 63

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 10. 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 Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6 DIMENSIONAMENTO TORRI DI LAVAGGIO

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

6.1 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.

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

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 32 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 11. 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	-	2
Portata unitaria	Smc/h	80.000 (*)

(*) per questo dato, si è tenuto conto che le esistenti torri di lavaggio, dimensionate per garantire N.3 ricambi/ora nel capannone MVS, trattano 75.400 m³/h ciascuna, qui portato a 80.000 per tener conto del contributo derivante dai due piccoli nuovi corpi di fabbrica aggiunti.

Tabella 12. 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 Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 13. Specifica delle 2 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 2.500 mm,
H totale	approx 12000 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 Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 14. Specifiche pompe verticali di lavaggio

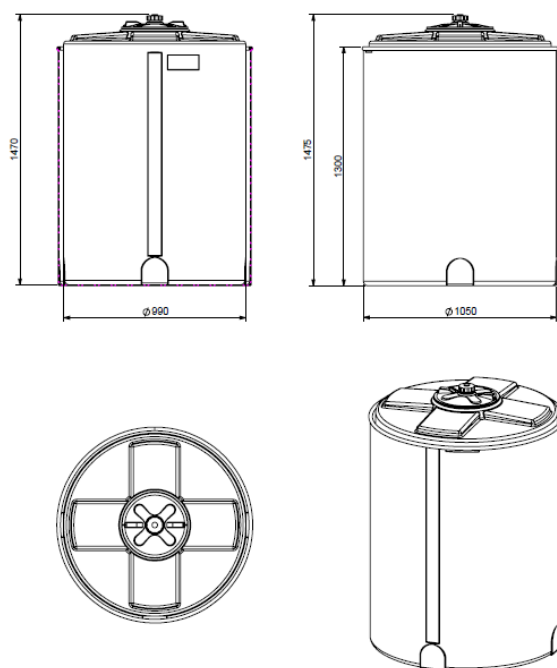
Grandezza	u.m.	Valore
Temperatura di lavoro	°C	-10 +45
Materiali		PP, PTFE, PVDF, PE, FPM
Potenza	KW 50 Hz, 2 poli	5,5
Portata	m ³ /h	40 m ³ /h
Tipo pompa		Centrifuga verticale
Prevalenza	m	16

6.2 Dotazioni per il dosaggio dei reattivi

Come si è detto, il sistema di scrubber selezionato prevede il dosaggio di acido solforico (nel primo stadio) e di soluzione basiche di soda (NaOH) e ipoclorito di sodio NaOCl (nel secondo stadio).

Le soluzioni acquose saranno pompate all'interno delle vasche di raccolta e rilancio dell'acqua da N.3 idonei serbatoi di stoccaggio di volume pari a 1 mc. Si tratta di serbatoi monoblocco, cilindrici verticali senza saldature, prodotti in polietilene lineare rigido con il sistema della stampaggio rotazionale.

Si prevede altresì l'installazione di N.2 idonee pompe di dosaggio del tipo "a solenoide" con controllo proporzionale e portata 3 l/h.



Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6.3 Consumi idrici delle torri di lavaggio

In base alle specifiche di progetto, il consumo orario di acqua discende dal rinnovo e/o reintegro delle soluzioni acquose utilizzate nella torre, non è invece previsto uno stadio di umidificazione per la saturazione dell'aria a valle del demister, perché si ritiene sufficiente la presenza di un sistema di irrorazione del biofiltro.

In totale, ciascuna torre di lavaggio prevede un volume d'acqua di 46 mc. Si è prevista la pulizia della vasca e sostituzione della soluzione acquosa con periodicità quadrimestrale.

Il rabbocco, governato automaticamente da galleggianti che attivano la presa dall'acqua di rete, può essere stimato nella misura di 1 mc/giorno.

Nella stima che segue sono stati considerati anche altri consumi, che, però, sono stimati solo per completezza, perché in effetti sono consumi che si verificano già attualmente per la conduzione dello STIR.

CONSUMI IDRICI		
C. Torri di lavaggio		
Numero torri	2	
Portata nominale	80.000	Nmc/h
Volume vasca	46	mc
Rinnovo soluzione acquosa	276,00	mc/anno
Reintegro soluzione acquosa	335,80	mc/anno
Consumo idrico annuo	612	mc/anno

Si rappresenta altresì che le torri attualmente esistenti, che trattano la medesima portata d'aria prevista sia nell'originario progetto FISIA e hanno una potenzialità nominale anche superiore (94.000 N,mc/h) prevedono, da progetto, un consumo d'acqua per la saturazione della corrente d'aria inviata al biofiltro pari a 0,45 m³/h che genera un consumo idrico pari a ca. 7.500 mc/anno.

Dunque, la scelta effettuata genera certamente un risparmio in termini di consumi idrici.

E' altresì auspicabile (ed è stato comunicato dal gestore che questa modifica rientra nella programmazione in corso, che l'acqua utilizzata nel sistema (così come quella utilizzata per l'irrorazione del biofiltro), sia **acqua industriale**, recuperata dal depuratore di pertinenza del complesso industriale, e non acqua emunta dal pozzo.

7 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.

Come si è detto, il biofiltro in questione sarà ottenuto suddividendo in due parti l'esistente biofiltro TST 504 – T0BI502, attualmente a servizio dei capannoni MVS ed MVA dello STIR.

Questo biofiltro fu originariamente dimensionato per ricevere una portata complessiva pari a:

aria aspirata dal capannone MVA = 117.000 Nm³/h

aria aspirata dal capannone MVS = 134.400 Nm³/h

TOTALE = 251.400 Nm³/h

Lungo la mezzeria del biofiltro fu realizzata una serie di pilastrini che fungono da sella di appoggio per la griglia di sostegno del materiale biofiltrante.

Questa sella divide, di fatto, la superficie del biofiltro in due porzioni tra di loro eguali.

7.1 Modalità di esecuzione dell'intervento

Per la realizzazione dell'intervento si procederà come di seguito riportato:

- Sarà spostato il materiale biofiltrante presente nell'esistente biofiltro per una larghezza totale pari ad 8 m a cavallo della sella centrale di appoggio delle griglie di sostegno del materiale.
- La sella di appoggio (ovvero le file di pilastrini che la costituiscono) sarà rimossa ed in luogo di questa sarà realizzato un setto divisorio in cls armato, in modo da ottenere la suddivisione in due del biofiltro esistente.
- Il setto sarà dotato di appositi denti, in modo da poter successivamente riposizionare la griglia di sostegno del materiale biofiltrante e, infine, ripristinare il riempimento con il medesimo materiale spostato inizialmente.
- La sostituzione del materiale biofiltrante, infatti, non è oggetto della presente progettazione ma rimane a carico del gestore dello STIR.

Saranno altresì modificate le asole di immissione delle tubazioni provenienti dagli scrubber esistenti e da quelli nuovi, in ragione del diverso schema dei flussi ottenuto con gli interventi in progetto.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Più precisamente, le N.4 esistenti torri di lavaggio (TOSCR503 A / B e TOSCR504 A / B), originariamente progettate per trattare le seguenti portate:

- TOSCR503 A = 58.500 Nm³/h (portata massima nominale 62.500)
- TOSCR503 B = 58.500 Nm³/h (portata massima nominale 62.500)
- TOSCR504 A = 67.200 Nm³/h (portata massima nominale 94.000)
- TOSCR504 B = 67.200 Nm³/h (portata massima nominale 94.000)

saranno asservite al solo capannone MVA e, dunque, tratteranno una portata totale pari a 117.000 m³/h che si immetterà nella porzione est del biofiltro.

Saranno perciò sostituiti i ventilatori di aspirazione delle due coppie di torri (TOVENT503 e TOVENT504) esistenti e saranno modificate le tubazioni di uscita dalla coppia di torri TOSCR504 A / B.

Oltre alla modifica delle asole di immissione nel plenum del biofiltro, e delle relative botole di ispezione, non saranno necessari ulteriori interventi, in quanto il plenum del biofiltro esistente è già suddiviso in due sezioni, est ed ovest.

7.2 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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 38 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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

7.3 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.

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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 39 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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.

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

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 40 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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 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.

7.4 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)

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 41 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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.

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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 42 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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.

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

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 43 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

l'ossidazione dell'acido solfidrico (H_2S) acido solforico (H_2SO_4), 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 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.

7.5 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 Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 45 di 63
---	--	-----------------

7.6 Verifica del biofiltro

Come si è detto, il biofiltro sarà realizzato suddividendo in due l'esistente letto, che ha una superficie complessiva di 3.080 m².

Nella porzione che sarà asservita all'attuale capanno MVS, futuro capannone di compostaggio, sarà realizzato un biofiltro suddiviso in due sezioni, in modo da poter eseguire in futuro ed in modo agevole le attività di verifica delle emissioni e di manutenzione periodica.

I calcoli di verifica sono riportati nella seguente tabella, che dimostra come l'attuale manufatto sia sufficiente al trattamento dell'aria esausta proveniente dal capannone in parola, per un numero di ricambi ora pari a 3 (come da progetto originario dello STIR ed in linea con le BAT di settore).

Tabella 15. Verifica del biofiltro

Grandezza	u.m.	Valore
Portata complessiva	m ³ h ⁻¹	134.700
Verifica del biofiltro		
Portata specifica	m ³ m ⁻³ h ⁻¹	65,00
Tempo di contatto medio (> 45 s)	s	55,38
Volume biofiltro necessario	m ³	2.072
Larghezza	m	40
Lunghezza	m	38,50
Superficie del biofiltro	m ²	1.540,00
Altezza biofiltro	m	1,35

7.7 Irrorazione biofiltro

L'irrorazione del biofiltro viene effettuata con acqua industriale mediante impianto automatico d'irrigazione a pioggia. In base alla letteratura tecnica di settore, il consumo idrico giornaliero atteso è di 5 l/mq biofiltro.

CONSUMI IDRICI		
B. Biofiltro		
Superficie biofiltro	1.540	mq
Portata specifica	5	l/mq/g
Consumo idrico annuo	2.811	mc/anno

8 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 15 sono riportati i principali inquinanti in ingresso ed il rendimento d'abbattimento nelle varie sezioni con indicazione dei valori di emissione attesi.

Tabella 16. 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

9 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 17. Richiesta d'aria per le fasi di processo

Zona biocelle	
Portata d'aria per singola biocella	9.600 Nm ³ / h
Numero di biocelle	4
Portata d'aria complessiva	38.400 Nm ³ / h
Numero di ventilatori	4
Portata d'aria per singolo ventilatore	9.600 Nm ³ / h
Zona maturazione primaria	
Portata d'aria per singola piazzola	4'000 Nm ³ / h
Numero di piazzole	5
Portata d'aria complessiva	20.000 Nm ³ / h
Numero di ventilatori	1
Portata d'aria per singolo ventilatore	20'000 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.

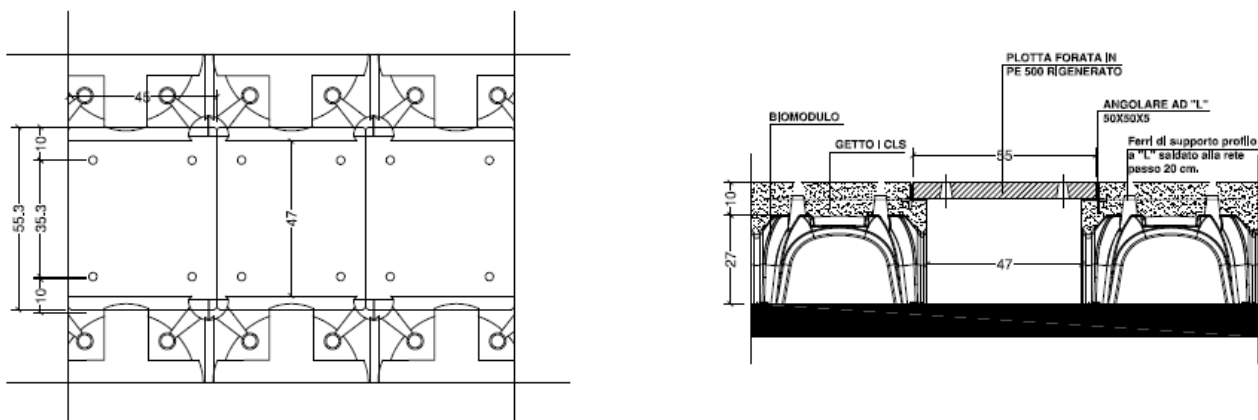


Figura 4 – Particolare biomodulo

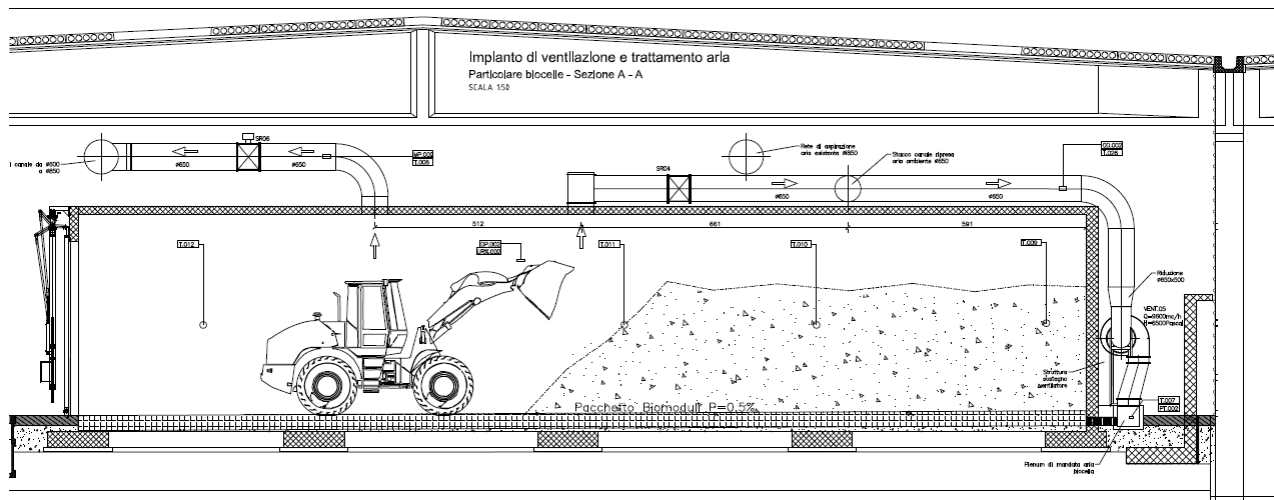


Figura 5 – Particolare sistema di insufflazione aria nelle biocelle

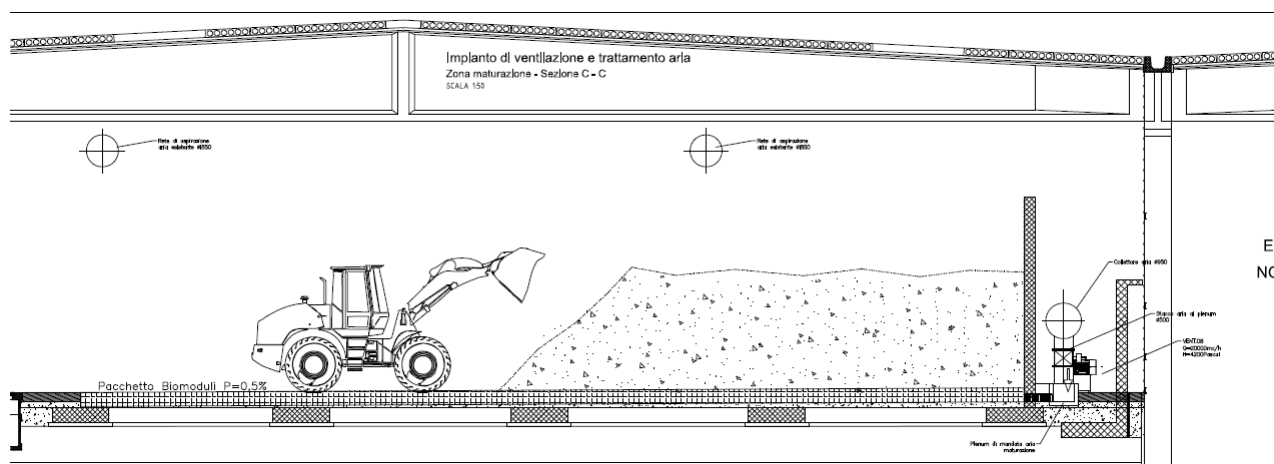
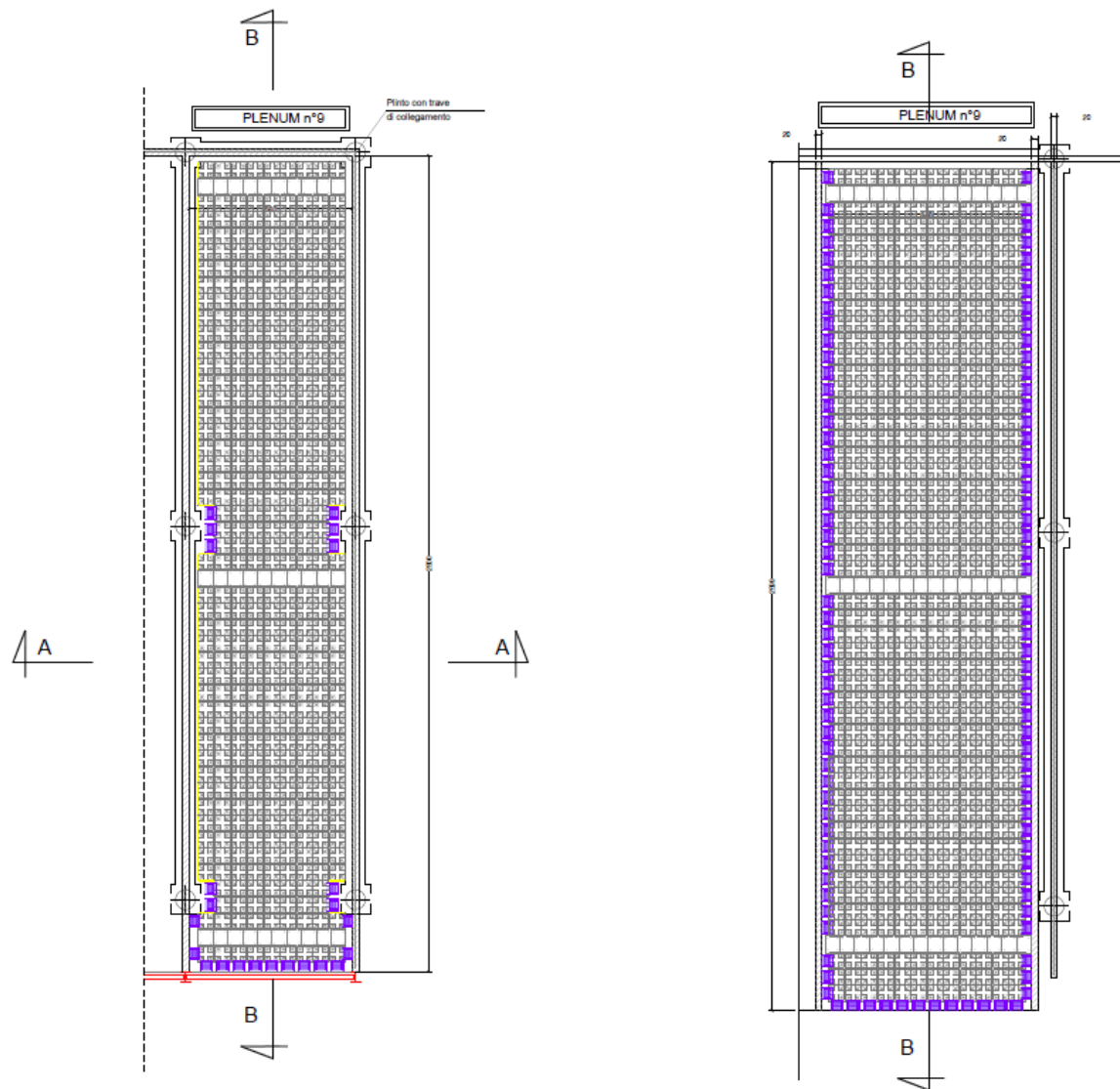


Figura 6 – Particolare sistema di insufflazione aria nella maturazione primaria

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
	Ferragetto Modulo H 27
	Inizio e direzione di posa

BIOCELLA		
Cod. int.	Articolo	Quantità
Casseri		
BIOCELL0010	Biomodulo H 27	404 pz.
Accessori		
BIOCELL00027	Geoblock Modulo H 27	23 pz.
BIOCELL00027	Ferragetto Modulo H 27	47 pz.
	Polla forata PE 100	30 pz.

MATURAZIONE		
Cod. int.	Articolo	Quantità
Casseri		
BIOCELL0010	Biomodulo H 27	578 pz.
Accessori		
BIOCELL00027	Geoblock Modulo H 27	108 pz.
	Polla forata PE 100	42 pz.

Figura 7 –Piante tipologiche biocelle e aie di maturazione

9.1 Dimensionamento

Per il dimensionamento delle condotte di mandata ci si è attenuti ad una diffusa regola empirica che fissa i seguenti parametri tipici¹:

Impianti commerciali e residenziali	Bassa velocità: fino a 10 m/s (compresa tra 5 e 8)
	Alta velocità: oltre 12 m/s
Impianti industriali	Bassa velocità: fino a 12 m/s (compresa tra 7 e 12)
	Alta velocità: da 12 m/s a 25 m/s

Si tratta, evidentemente, di criteri di massima che, per lo più rispondono alla necessità di non rendere eccessivamente rumoroso il flusso di aria attraverso le condotte.

Nel caso di specie, pur essendo in ambito industriale, si è preferito attenersi a velocità mediamente basse, per limitare la problematica complessiva dei rumori nelle aree di lavoro, dove insistono altre sorgenti emissive (trituratorie, vagli, ecc).

Si è fissata dunque una velocità massima non superiore a 12 m/s, ma, in linea generale, ottenendo con il dimensionamento valori medi pari a ca. 8 m/s.

Si è inoltre imposto che la velocità minima nelle condotte non fosse inferiore a 5 m/s.

D'altro canto, questa scelta è stata anche orientata dalla volontà di limitare le perdite di carico all'interno dei cumuli in ossidazione e in maturazione e, dunque, limitare la prevalenza (ed i relativi consumi) dei ventilatori installati.

Dalle tabelle che seguono si può infatti evincere che, con i criteri di dimensionamento adottati, la velocità di passaggio attraverso le cupoline forate delle aie di insufflazione risultano inferiori ai 7 m/s sia nel caso delle biocelle, sia nel caso dell'aia di maturazione primaria.

Al fine di determinare la prevalenza necessaria per i ventilatori da installare, si è proceduto al calcolo delle perdite di carico: per ciò che concerne le perdite di carico distribuite e localizzate nelle condotte, sono state utilizzate le stesse procedure richiamate in precedenza a proposito del sistema di aspirazione.

¹ Fonte: <https://www.edilizianamirial.it/dimensionamento-canalii/>

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

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.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 52 di 63
---	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 18. Perdite di carico dovute al cumulo di materiale nella biocella

portata aria	Q	9.600	m ³ / h
larghezza	B	5	m
lunghezza	L	25	m
larghezza fila cupoline		0,55	
numero di file		46	
numero di colonne		9	
numero di cupoline		404	
numero di ugelli		1.646	
diametro ugello	d	0,022	m
superficie ugello	s	0,000380	m ²
superficie aerante	S	0,63	m ²
grado di vuoto	ε	0,35	
viscosità dell'aria	μ	1,91E-05	N s / m ²
densità dell'aria	ρ	1,136	kg / m ³
velocità del fluido	v	4,26	m / s
costante di Newton	g	9,81	m / s ²
diametro medio delle particelle	D	0,04	m
fattore di forma	ψ	1	
perdite di carico per ml	J	1.234,83	Pa
altezza max	h	3	m
perdite di carico	ΔP	3.704,48	Pa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 19. Perdite di carico dovute al cumulo di materiale in maturazione

portata aria	Q	20.000	m ³ / h
larghezza	B	6,5	m
lunghezza	L	25	m
larghezza fila cupoline		0,55	
numero di file		48	
numero di colonne		12	
numero di cupoline		576	
numero di ugelli		2.346	
diametro ugello	d	0,022	m
superficie ugello	s	0,000380	m ²
superficie aerante	S	0,89	m ²
grado di vuoto	ε	0,5	
viscosità dell'aria	μ	1,91E-05	N s / m ²
densità dell'aria	ρ	1,136	kg / m ³
velocità del fluido	v	6,23	m / s
costante di Newton	g	9,81	m / s ²
diametro medio delle particelle	D	0,04	m
fattore di forma	ψ	1	
perdite di carico per ml	J	694,31	Pa
altezza max	h	3	m
perdite di carico	ΔP	2.082,92	Pa

Si osservi che nelle elaborazioni condotte si è tenuto in debito conto la variazione del grado di vuoto dovuta al procedere del fenomeno di compostaggio. Tale valore, infatti, è stato posto pari a 0.35 nella fase di bio-ossidazione accelerata ed a 0.5 nella fase di maturazione.

In base a tali elaborazioni, le perdite di carico relative a ciascun ventilatore a servizio delle biocelle risultano pari a circa 5'420 Pa, quelle relative a ciascun ventilatore a servizio delle piazzole di maturazione risultano pari a circa 2'540 Pa.

Sono stati quindi scelti i ventilatori necessari, riportati nella seguenti schede, che consentono di far fronte alla prevalenza richiesta con ampio margine di sicurezza.

Nelle tabelle seguenti sono infine riepilogati tutti i calcoli di dimensionamento effettuati.

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

Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA)
Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1

PROGETTO
ESECUTIVO

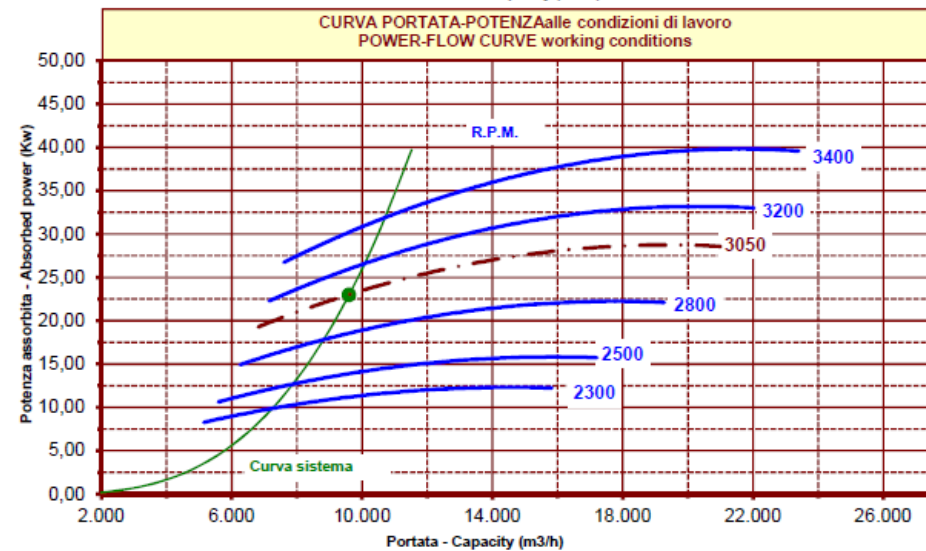
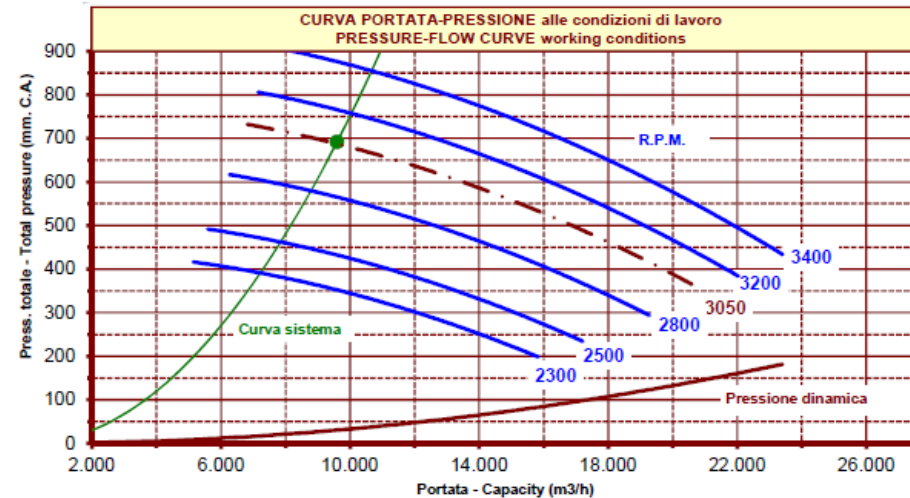
Icaria S.r.l.

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)	9.600
CAPACITY (m³/h)	
PRESSIONE STATICA (mm.H ₂ O)	671
STATIC PRESSURE (mm.H ₂ O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H ₂ O)	704
TOTAL PRESSURE (mm.H ₂ O)	
VELOCITA' DI ROTAZIONE (r.p.m.)	3.050
FAN SPEED (r.p.m.)	
RENDIMENTO TOTALE (%)	79
TOTAL EFFICIENCY (%)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	23,4
ABSORBED POWER (kW)	
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a m	1,5
SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	90
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m³)	
REFERENCE DENSITY (kg/m³)	1,225

Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions	
PORTATA (m³/h)	9.600
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.)	
PRESS. STATICA (mm.H ₂ O)	660
STATIC PRESS. (mm.H ₂ O)	
PRESS. STATICA in aspiraz. (mm.H ₂ O)	0
STATIC PRESS. at inlet (mm.H ₂ O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H ₂ O)	692
TOTAL PRESSURE (mm.H ₂ O)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	23,0
ABSORBED POWER (kW)	
DENSITA' FLUIDO (kg/m³)	
WORK DENSITY (kg/m³)	1,204



SCHEDA 1 – VENTILATORE PER SINGOLA BIOCELLA

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

Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA)
Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1

PROGETTO
ESECUTIVO

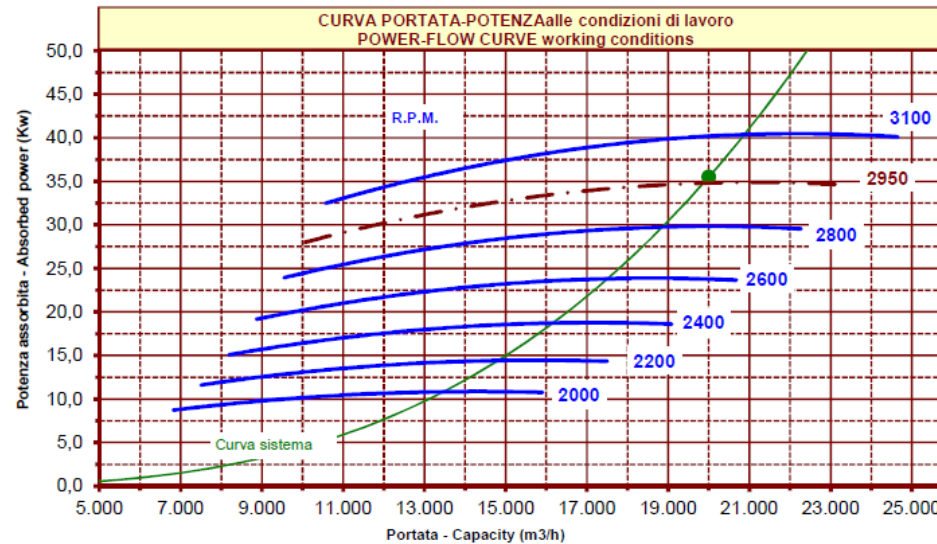
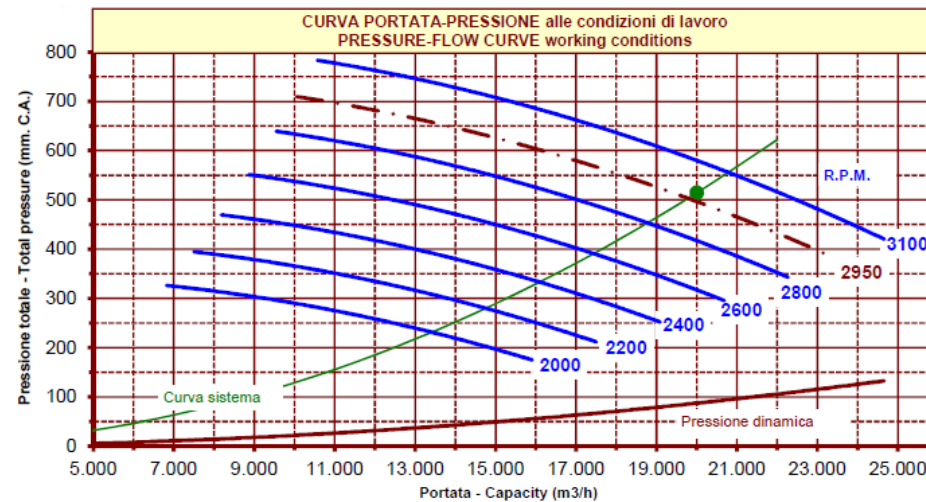
Icaria S.r.l.

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)	20.000
PRESSIONE STATICA (mm.H ₂ O) STATIC PRESSURE (mm.H ₂ O)	432
PRESSIONE TOTALE (mm.H ₂ O) TOTAL PRESSURE (mm.H ₂ O)	523
VELOCITA' DI ROTAZIONE (r.p.m.) FAN SPEED (r.p.m.)	2.950
RENDIMENTO TOTALE (%) TOTAL EFFICIENCY (%)	79
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	36,1
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a m SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5 91
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)	20.000
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)	425
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)	514
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	35,5
DENSITA' FLUIDO (kg/m³) (**) WORK DENSITY (kg/m³) (**)	1,204



SCHEDA 2 – VENTILATORE PER MATURAZIONE PRIMARIA

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 20. Dimensionamento delle condotte della linea di insufflazione aria (N.1 biocella)

DATI GENERALI		
densità dell'aria	1,20	kg/mc
viscosità cinematica dell'aria	1,68E-05	mq/s
Scabrezza assoluta	0,05	mm
costante di gravità	9,81	m/s2

DATI PIAZZOLA AERATA		
larghezza biocella	5,00	m
lunghezza biocella	18,00	m
larghezza fila cupoline	0,50	m
numero di file	46,00	
numero di colonne	9,00	
numero di cupoline	404,00	
numero di ugelli	1646,00	
portata aria insufflata in biocella	9600,00	mc/h

CONFIGURAZIONE DELLA RETE									DIMENSIONAMENTO							VERIFICA	
TRATTO		TRATTI DI MONTE							portata	portata	velocita	Ø	Ø	Ø	Ø	S	V
		CONFLUENZA		CONFLUENZA		CONFLUENZA			propria	totale	min	teor.	comm.	SCELTO	interno		
P.I.	P.F.	P.I.	P.F.	P.I.	P.F.	P.I.	P.F.		mc/s	mc/s	m/s	mm	mm	mm	mm	mq	m/s
BC3	BC4								2,67	2,67	12	532	550	650	650	0,33	8,04

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

DIMENSIONAMENTO DELLA RETE AEREAULICA VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI CARICO
--

CONFIGURAZIONE DELLA RETE		Numero di Reynolds	Scabrezza assoluta	f'	f	Perdite distribuite		Perdite di carico localizzate																		Totale	Totale		
TRATTO						Lunghezza	Perdita carico distribuita	# 1	n	# 2	n	# 3	n	# 4	n	# 5	n	# 6	n	# 7	n	# 8	n	# 9	n	# 10	n	perdite localizzate	perdite di carico
P.I.	P.F.		mm			m	Pa																		Pa	Pa			
BC3	BC4	310925,41	0,05	0,0144	0,0151	20,000	18,02	1,5		0,5		0,1	3	0,1		0,5		0,2		0,05		1	2	0,35	2	0,35	1	13,28	31,29

Riepilogo perdite di carico			
	velocità in ugello	4,262	m/s
	pressione dinamica	1,115	Pa
	perdite	917,349	Pa
ΔP	condotte aspirazione	31,29	Pa
	ugelli	917,35	Pa
	compost	3704,48	Pa
	TOTALE	4653,12	Pa

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 21. Valutazione delle perdite di carico della linea di insufflazione aria (a servizio di n.2 biocelle)

DATI GENERALI		
densità dell'aria	1,20	kg/mc
viscosità cinematica dell'aria	1,68E-05	m ² /s
Scabrezza assoluta	0,05	mm
costante di gravità	9,81	m/s ²

DATI PIAZZOLA AERATA		
larghezza piazzola	6,50	m
lunghezza piazzola	25,00	m
larghezza fila cupoline	0,55	m
numero di file	48,00	
numero di colonne	12,00	
numero di piazzole	12,00	
numero di cupoline	576,00	
numero di ugelli	2346,00	
portata aria insufflata	20000,00	mc/h

CONFIGURAZIONE DELLA RETE								DIMENSIONAMENTO								VERIFICA	
TRATTO		TRATTI DI MONTE							portata propria	portata totale	velocità min	Æ teor.	Æ comm.	Æ SCELTO	Æ interno	S	V
		CONFLUENZA	CONFLUENZA	CONFLUENZA	CONFLUENZA	CONFLUENZA	CONFLUENZA		mc/s	mc/s	m/s	mm	mm	mm	mm	mq	m/s
P.I.	P.F.	P.I.	P.F.	P.I.	P.F.	P.I.	P.F.										
M1	M2								5,56	5,56	12	768	800	900	900	0,64	8,73
M2 (*)	M3								1,11	1,11	12	343	350	500	500	0,20	5,66

(*) Da considerarsi 5 volte, per ognuno degli stacchi

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 59 di 66
--	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello STIR di Tufino (NA) Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1			PROGETTO ESECUTIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

10 MODIFICA DEGLI SCRUBBER ESISTENTI

Come si è detto nei paragrafi precedenti, gli interventi in progetto prevedono la modifica delle torri di lavaggio esistenti e, in particolare:

- Le 2 coppie di torri di lavaggio esistenti saranno asservite unicamente al Capannone MVA, e dunque tratteranno una portata complessiva pari a 117.000 m³/h;
- Oltre alla modifica delle sezioni di immissione ed uscita dell'aria (e le relative modifiche da apportare al biofiltro), ciò comporta la sostituzione dei ventilatori di estrazione (uno per ciascuna coppia di scrubber), che dovranno trattare una portata pari a 58.500 m³/h.

Più precisamente, le N.4 esistenti torri di lavaggio (TOSCR503 A / B e TOSCR504 A / B), originariamente progettate per trattare le seguenti portate:

- TOSCR503 A = 58.500 Nm³/h (portata massima nominale 62.500)
- TOSCR503 B = 58.500 Nm³/h (portata massima nominale 62.500)
- TOSCR504 A = 67.200 Nm³/h (portata massima nominale 94.000)
- TOSCR504 B = 67.200 Nm³/h (portata massima nominale 94.000)

saranno asservite al solo capannone MVA e, dunque, tratteranno una portata totale pari a 117.000 m³/h che si immetterà nella porzione est del biofiltro.

Saranno perciò sostituiti i ventilatori di aspirazione delle due coppie di torri (TOVENT503 e TOVENT504) esistenti e saranno modificate le tubazioni di uscita dalla coppia di torri TOSCR504 A / B.

Oltre alla modifica delle asole di immissione nel plenum del biofiltro, e delle relative botole di ispezione, non saranno necessari ulteriori interventi, in quanto il plenum del biofiltro esistente è già suddiviso in due sezioni, est ed ovest.

Per maggiori dettagli si vedano gli elaborati **1096-D-I-SK-07** - P&I impianto di ventilazione e trattamento aria; **1096-D-I-PL-09** - Fabbricato compostaggio - Planimetria impianto di ventilazione e trattamento aria; **1096-D-I-PX-10** - Zona "scrubber e biofiltro" - Pianta e sezione impianto di ventilazione e trattamento aria.

10.1 Scelta dei ventilatori

I nuovi ventilatori, installati sotto inverter, saranno quelli riportati nella seguente scheda tecnica.

File 1096-E-0-RT-13 1 - Rel Tec Op aerauliche	Doc. RT-13-Relazione Tecnica Opere Aerauliche	Pagina 62 di 63
---	--	-----------------

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

Lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio nello lo STIR di Tufino (NA)
Accordo quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria in Regione Campania – Lotto 1

**PROGETTO
ESECUTIVO**

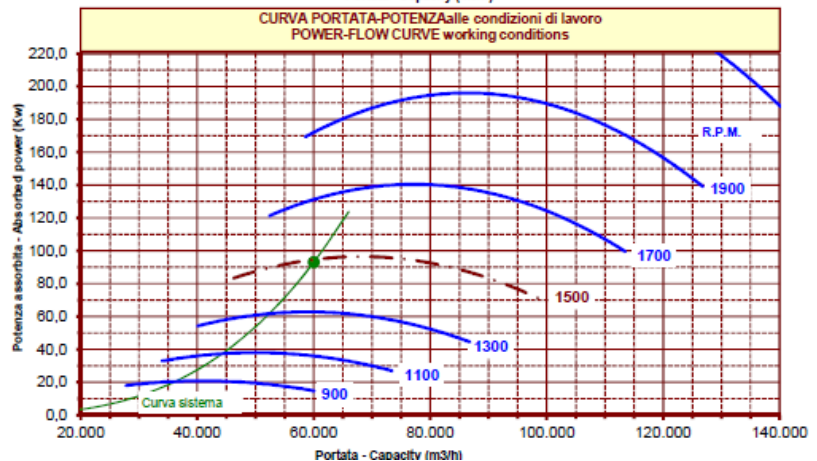
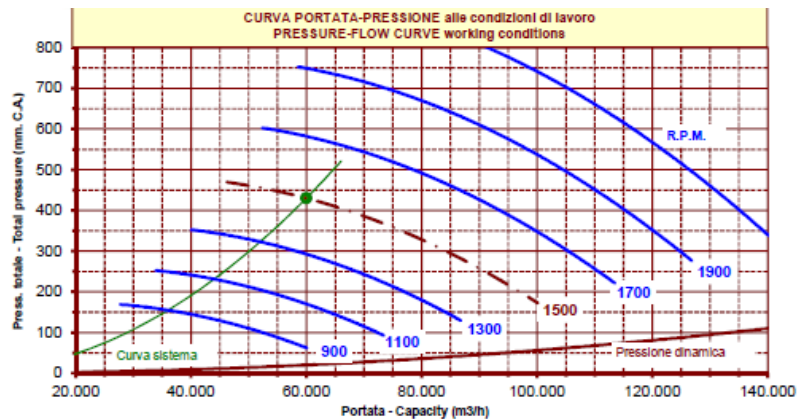
Icaria S.r.l.

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 at +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h)	80.000
CAPACITY (m³/h)	
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	417
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	437
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	
VELOCITA' DI ROTAZIONE (r.p.m.)	1.500
FAN SPEED (r.p.m.)	
RENDIMENTO TOTALE (%)	76
TOTAL EFFICIENCY (%)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	94,6
ABSORBED POWER (kW)	
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a ml	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)	80.000
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)	410
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H₂O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H₂O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	430
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	93,0
ABSORBED POWER (kW)	
DENSITA' FLUIDO (kg/m3) (**)	1,204
WORK DENSITY (kg/m3) (**)	



SCHEDA 4 – VENTILATORI DA INSTALLARE A SERVIZIO DEGLI SCRUBBER ESISTENTI