



REGIONE CAMPANIA
Struttura di missione Ecoballe UOD 01

Accordo Quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura - Lotto 2: Prov. (CE)
CIG: 73541547DC CUP: B93G17007480006

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI:



Capogruppo mandataria



Mandante



Mandante

Progettazione definitiva per la realizzazione dell'impianto per il trattamento della frazione organica in Casal di Principe (CE)

CAPO PROGETTO

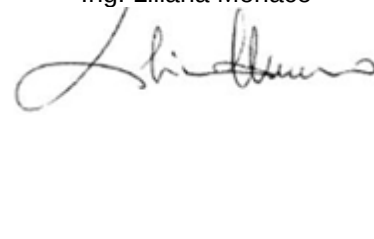
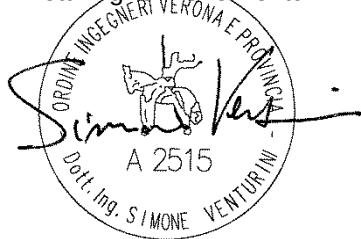
RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Rocco Martello

Dott. Ing. Simone Venturini

Ing. Liliana Monaco



TITOLO DELL'ELABORATO
IMPIANTI

ELABORATI DESCRITTIVI GENERALI
RELAZIONE TECNICA IMPIANTI TECNOLOGICI – GESTIONE E
TRATTAMENTO ARIA

ELABORATO. N°

IM-R004-02

SCALA:

NOME FILE:
II091P-CP-PD IM-R-004-02.docx

REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	0	Settembre 2019	Prima emissione	L. ARDIZZONE	R. MARTELLO	S. VENTURINI
	1	Dicembre 2019	Seconda emissione	L. ARDIZZONE	R. MARTELLO	S. VENTURINI
	2	Aprile 2020	Terza emissione	L. ARDIZZONE	R. MARTELLO	S. VENTURINI

INDICE

1	PREMESSA1	3
2	CONCETTI BASE E PRINCIPI DELLA BIOFILTRAZIONE	4
2.1	Definizione di odore e caratteristiche delle sostanze odorigene	4
2.2	Principi base della biofiltrazione	5
3	SISTEMA DI ASPIRAZIONE ARIA	6
3.1	Dimensionamento dei volumi di aria da aspirare	7
3.2	Dimensionamento dei condotti di aspirazione aria	7
3.3	Caratteristiche dei condotti di aspirazione	13
4	SISTEMA DI RICIRCOLO ARIA BIOCELLE E AIE di MATURAZIONE	16
4.1	Sistema di ricircolo biocelle	17
4.2	Sistema di ricircolo aie di maturazione	19
4.3	Dimensionamento dei ventilatori per l'insufflazione in biocella	20
4.4	Dimensionamento dei ventilatori per l'insufflazione in aie di maturazione	27
5	SISTEMA DI TRATTAMENTO aria	29
5.1	Parametri costruttivi e gestionali del biofiltro	29
5.2	Caratteristiche del letto filtrante	31
5.3	Dimensionamento del biofiltro	32
5.4	Dimensionamento degli scrubber	34
5.5	Calcolo delle perdite di carico e dimensionamento ventilatori aspirazione	35

1 PREMESSA1

L'ipotesi progettuale proposta nasce dalla volontà di recuperare la frazione organica dei rifiuti solidi urbani proveniente da raccolta differenziata, mediante un processo di degradazione aerobica, al fine di produrre compost di qualità. In particolare, è previsto il conferimento delle seguenti tipologie di materiali:

- rifiuti provenienti dalla manutenzione del verde pubblico – CER 20 02 01;
- rifiuti biodegradabili di cucine e mense – CER 20 01 08.

L'impianto avrà una capacità complessiva annua di 30.000 tonnellate di rifiuti in ingresso, suddivise in 24.000 t/a di FORSU e 6.000 t/a di strutturante, e sarà costituito dalle seguenti sezioni di trattamento:

- a) Una zona di controllo, accettazione e pesatura degli automezzi in ingresso e uscita dall'impianto;
- b) Un'area confinata destinata ai mezzi di conferimento in ingresso, per le operazioni di scarico dei rifiuti
- c) Una sezione di ricezione dei rifiuti in ingresso e di preparazione degli stessi per l'avvio alle successive fasi di trattamento;
- d) Una sezione per la stabilizzazione aerobica accelerata (Fase ACT) all'interno di biocelle chiuse;
- e) Un'area per la prima maturazione del compost stabilizzato in cumuli statici delimitati da muri in c.a. ed aerati tramite platee insufflate;
- f) Una zona dedicata alla maturazione finale del compost in cumuli periodicamente rivoltati;
- g) Un'area predisposta per i trattamenti di vagliatura intermedia e di raffinazione finale;
- h) Un deposito coperto esterno alle strutture principali, riservato allo stoccaggio del "verde fresco" in ingresso all'impianto;
- i) Una platea in c.a., in adiacenza al precedente stoccaggio, per il compost finale;
- j) Un'area destinata alla sezione impiantistica per il trattamento delle arie esauste (scrubber e biofiltro);
- k) Un edificio adibito ad uffici per la gestione tecnica ed amministrativa dell'impianto.

Le varie fasi di trattamento dei rifiuti in ingresso all'impianto, che hanno luogo nelle sezioni sopra riportate, comportano in genere la formazione e la liberazione, qualora questa non venga impedita, di sostanze odorigene ed inquinanti; le fasi del processo maggiormente soggette a tale fenomeno sono la ricezione dei rifiuti ed il loro trattamento biologico. Al fine dunque di evitare l'emissione in atmosfera di sostanze sgradevoli ed inquinanti, i capannoni che compongono l'impianto saranno dotati di un sistema di captazione e trattamento dell'aria aspirata, il cui dimensionamento e processo di funzionamento viene illustrato nei successivi capitoli.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



2 CONCETTI BASE E PRINCIPI DELLA BIOFILTRAZIONE

Sulla base della comprovata efficacia che da circa un secolo caratterizza la depurazione delle acque reflue mediante l'impiego di processi di biodegradazione, sono state proposte e sviluppate analoghe tecniche di biofiltrazione per il trattamento delle sostanze odorigene. Tali tecniche, specie se applicate ad aeriformi contenenti basse concentrazioni di contaminanti facilmente biodegradabili, si sono dimostrate essere caratterizzate da una serie di vantaggi tra cui i ridotti costi di impianto e di gestione, oltre che la semplicità di esercizio. In particolare, l'esigenza di sviluppare tecniche per il trattamento delle sostanze odorigene nasce, sul finire degli anni '70, per far fronte alle crescenti emissioni originate dalle sempre più diffuse attività antropiche. A tal proposito, prima di descrivere il sistema di estrazione e trattamento delle arie esauste sviluppato nel progetto in oggetto, è opportuno fornire una definizione di odore approfondendo le problematiche per le quali è necessario trattare le sostanze odorigene e definire altresì i principi che stanno alla base della biofiltrazione.

2.1 Definizione di odore e caratteristiche delle sostanze odorigene

L'odore può essere definito come qualunque emanazione percettibile attraverso il senso dell'olfatto; condizione che si verifica qualora la sostanza odorigena giunga nella zona olfattoria della mucosa nasale in concentrazione sufficientemente elevata per poterla stimolare, definita come "soglia di percettibilità". Tale parametro è di natura semi empirica e varia non soltanto in funzione delle caratteristiche chimiche della specifica sostanza che si vuole analizzare, ma anche sulla base di parametri soggettivi quali età, stato di salute, ecc. I parametri che caratterizzano una sostanza odorigena sono i seguenti:

- Percettibilità;
- Intensità;
- Diffusibilità;
- Natura chimica;
- Tono edonico.

Per poter definire la capacità di diffusione dell'odore di una sostanza, in genere viene impiegato un parametro definito Odor Index, definito come il rapporto tra la tensione di vapore della sostanza in oggetto e la concentrazione minima percepita dal 100% del gruppo di persone preposte all'analisi olfattiva. Nonostante siano stati messi a punto diversi parametri per definire la correlazione tra le sostanze odorigene e le problematiche che esse comportano, la molestia provocata dagli odori è un campo nel quale giocano un ruolo significativo anche fattori psicologici. Per tale ragione, oltre ai metodi analitici basati sull'analisi strumentale dell'aria, esistono anche metodi olfattimetrici fondati sul rilevamento di odori da parte di una giuria che seppur meno precisi, rispecchiano in modo reale il disturbo provocato dalle sostanze maleodoranti. Infine, è necessario differenziare adeguatamente gli studi sviluppati per definire il disagio che le sostanze odorigene possono comportare, da quelle che mirano ad individuare la componente nociva di una sostanza aerodispersa.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



2.2 Principi base della biofiltrazione

La filtrazione biologica è una tecnica di rimozione delle sostanze odorigene presenti negli aeriformi, che si basa sulla degradazione delle stesse ad opera di biomasse microbiche. Infatti, agendo in modo controllato sui parametri che governano i processi biologici è possibile favorire lo sviluppo di una popolazione microbica, costituita da batteri, muffe e lieviti, la quale impiega le sostanze inquinanti come substrato per lo sviluppo del proprio metabolismo. Tale attività metabolica comporta la degradazione delle sostanze odorigene ovvero la riduzione delle stesse, fonte di inquinamento, in composti meno complessi non più odorigeni (anidride carbonica, acqua, composti inorganici, ecc.). Affinché la colonia microbica possa attecchire e svilupparsi in modo idoneo, è necessario che il materiale di supporto che costituisce il letto del biofiltro abbia adeguate caratteristiche. Infatti, il supporto filtrante deve consentire innanzitutto l'adsorbimento della sostanza odorigena in fase gassosa, cosicché questa possa essere impiegata per il metabolismo batterico. Per ottimizzare le capacità di depurazione del biofiltro è opportuno che la popolazione microbica sia quanto più eterogenea possibile, cosicché possano essere degradate la maggior parte delle sostanze odorigene presenti nell'aeriforme da trattare. A tal proposito, è possibile favorire lo sviluppo di ceppi microbici eterogenei efficientando al contempo il processo di rimozione delle sostanze odorigene, intervenendo sui parametri che governano i processi di biodegradazione, i quali vengono di seguito elencati:

- Disponibilità di sostanze nutritive e presenza di sostanze tossiche;
- Concentrazione di ossigeno;
- Temperatura;
- Umidità;
- pH;
- Porosità del mezzo filtrante.

La flora microbica colonizza il materiale filtrante sviluppandosi soprattutto nell'acqua di umificazione del biofiltro, costituendo un vero e proprio biofilm attivo. Si riportano nella seguente tabella i principali composti che possono essere degradati con la biofiltrazione e le rispettive percentuali di rimozione:

TABELLA 2-1 – EFFICIENZE DI ABBATTIMENTO DELLE MOLECOLE ODORIGENE PRESENTI NELLE ARIE ESAUSTE

COMPOSTO ODORIGENO	RIMOZIONE %
Aldeidi, ammine, ammidi	92 – 99,9
Ammoniaca	92 – 95
Benzene	>92
Monossido di carbonio	90
Idrogeno solforato	98 – 100
Mercaptani	92 – 95
Biossido di zolfo	97 - 99

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



3 SISTEMA DI ASPIRAZIONE ARIA

Le lavorazioni ed i processi di trattamento della sostanza organica finalizzati alla produzione di compost, si compiono all'interno dei seguenti locali confinati costituenti l'impianto in oggetto:

- Conferimento (zona di ricezione e scarico della sostanza organica);
- Trattamenti meccanici (area di pretrattamento e di raffinazione della sostanza organica);
- Corridoio biocelle (locale di movimentazione e accesso alle biocelle ed alle aie di maturazione);
- Biocelle (tunnel aerobici per lo sviluppo della fase di ACT);
- Maturazione primaria (aie di maturazione primaria);
- Maturazione finale (area per rivoltamento cumuli);



FIGURA 3-1 – VISTA 3D DELL'IMPIANTO IN OGGETTO

La formazione e la liberazione di sostanze odorigene dovuta ai processi metabolici della sostanza organica implica la necessità di estrarre l'aria esausta dai capannoni adibiti ai processi di trattamento e ricambiarla con aria pulita al fine di garantire le condizioni di salubrità dell'ambiente di lavoro. A tal fine, tutti i capannoni costituenti l'impianto saranno chiusi con adeguati portoni e mantenuti in costante leggera depressione al fine di evitare il diffondersi, all'esterno, delle sostanze inquinanti (in genere sostanze odorigene) che si formano durante il deposito, la movimentazione ed i trattamenti dei rifiuti. L'impianto sarà quindi dotato di un opportuno sistema di aspirazione che garantirà l'estrazione nonché il ricambio dell'aria esausta.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



3.1 Dimensionamento dei volumi di aria da aspirare

Il dimensionamento del sistema di aspirazione dell'aria è stato sviluppato a partire dalla conoscenza dei volumi dei locali confinati, dai quali viene estratta l'aria esausta, e del numero di ricambi/ora fissato per ciascuno di essi in funzione delle esigenze di natura igienico-sanitaria e del rispetto dei vincoli normativi. In riferimento a ciascuna area dell'impianto la portata da estrarre è stata ricavata come segue:

$$Q_{estr} = V \cdot N$$

in cui i termini riportati assumono il seguente significato:

- Q_{estr} = portata da estrarre dal capannone [m^3/h]
- V = volume del capannone [m^3]
- N = numero di ricambi aria da garantire [1/h]

Per l'impianto in progetto, si riportano nella seguente tabella 3-1 i valori considerati per ciascuna zona di riferimento:

TABELLA 3-1 - PARAMETRI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI ESTRAZIONE ARIA ESAUSTA

LOCALI CONFINATI	VOLUME [m^3]	RICAMBI [1/h]	PORTATA D'ARIA [m^3/h]
Capannone conferimento	4.275	3	12.825
Capannone trattamenti meccanici	23.100	3	69.300
Corridoio biocelle	5.250	4	21.000
Maturazione primaria	6.560	4	26.240
Capannone Maturazione finale	20.280	2	40.560
Totale	59.465		169.925
Totale (scelto)			180.000

3.2 Dimensionamento dei condotti di aspirazione aria

Nota la portata di aria da estrarre da ciascun locale confinato dell'impianto in progetto, il dimensionamento delle reti di aspirazione è stato condotto ipotizzando una velocità v dell'aria in tubazione non eccedente i 22 m/s, tale da assicurare un'adeguata estrazione dell'aria presente all'interno dei capannoni e senza apportare eccessive sollecitazioni alla stessa.

Fissato tale valore limite di velocità, il diametro D della tubazione necessaria al convogliamento della portata di progetto può essere ricavato con l'applicazione dell'equazione di continuità:

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{estr}}{v \cdot \pi}}$$

Per il dimensionamento dei vari tratti di tubazione al variare delle portate da aspirare nei singoli locali dei capannoni in progetto è stato adoperato il metodo a perdita di carico specifica costante, il quale tramite un approccio tabellare funzione della percentuale di portata convogliata in un tratto specifico rispetto alla portata totale di progetto permette di ricavare la sezione di attraversamento corrispondente in grado di mantenere costante il valore della perdita di carico iniziale. Infine, a partire dal valore teorico del diametro ricavato per ogni tronco, sono stati scelti i corrispondenti diametri commerciali, rispettando i valori limite di velocità imposti.

Il sistema di tubazioni e bocchette di aspirazione, presente all'interno di tutte le aree dell'impianto nelle quali vengono conferiti, stoccati, movimentati e trattati i rifiuti organici per il compostaggio, sarà inoltre dotato di serrande automatiche e manuali e di ventilatori per garantire il numero di ricambi/orari fissato in precedenza.

Allo scopo di efficientare l'estrazione dell'aria esausta dai capannoni entro cui si svolgono i processi di trattamento della sostanza organica, è stato progettato un layout impiantistico caratterizzato da due differenti reti di estrazione definite "RETE A" (in rosso nella seguente figura 3-2) e "RETE B" (in verde nella seguente figura 3-2), aventi funzionamento indipendente ed appositamente dedicate alle seguenti sezioni di impianto:

- Rete A: zone di conferimento, trattamenti meccanici e corridoio biocelle.
- Rete B: zone di maturazione primaria e maturazione finale.

Oltre alla possibilità di bilanciare adeguatamente i flussi di aria da aspirare e da avviare a trattamento, il sopra esposto sistema di estrazione dell'aria differenziato in due distinte reti consente di ridurre le dimensioni delle condotte che costituiscono il sistema di aspirazione stesso, compatibilmente con gli spazi a disposizione in impianto.

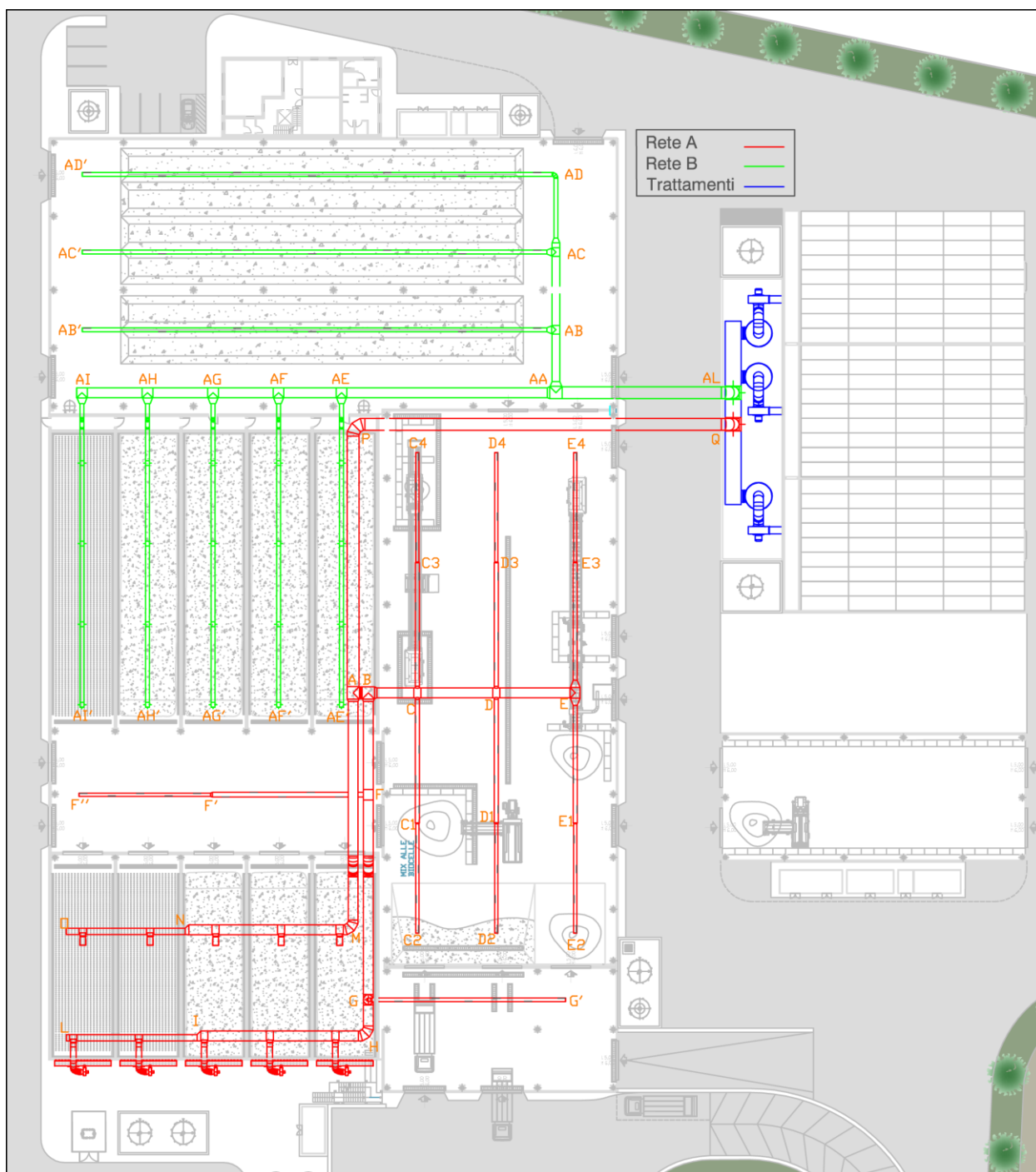


FIGURA 3-2 – SISTEMA DI AERAZIONE A SERVIZIO DELL'IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO IN OGGETTO

Si riportano nella seguente tabella 3-2 i tabulati di calcolo per la determinazione dei diametri del sistema di canalizzazione con le velocità associate a ciascun tronco.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



TABELLA 3-2 - DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI ASPIRAZIONE ARIA ESAUSTA

DETERMINAZIONE DIAMETRI E VELOCITA'									
	Lunghezza [m]	Tronco	Portata (m³/h)	Percentuale % Portata	Sezione % Sezione	Sezione (m²)	D teorico (mm)	D comm. (mm)	Velocità (m/s)
PRETRATTAMENTI	1,50	A - B	104000	100,00	100,00	1,44	1356	1500	16,35
	5,00	B - C	70000	100,00	100,00	0,97	1113	1250	15,84
	10,00	C - D	46667	100,00	100,00	0,65	908	1250	10,56
	10,00	D - E	23333	100,00	100,00	0,32	642	1250	5,28
	14,00	C-C';	11667	100,00	100,00	0,16	454	500	16,50
		D-D1;	10208	87,50	90,50	0,15	432	500	14,44
		E-E1;	8750	75,00	80,50	0,13	408	500	12,38
		C-C3;	7292	62,50	70,00	0,11	380	500	10,32
	15,00	D-D3;							
		E-E3							
CORRIDOIO	12,00	F - B	39000	100,00	100,00	0,54	830	1250	8,83
			21000	100,00	100,00	0,29	609	600	20,63
			19091	90,91	93,00	0,15	438	600	18,76
			17182	81,82	86,00	0,14	421	600	16,88
			15273	72,73	79,00	0,13	404	600	15,00
			13364	63,64	71,00	0,12	383	600	13,13
	18,00	F - F'	11455	54,55	63,00	0,10	361	600	11,25
			9545	45,45	54,00	0,09	334	400	21,10
			7636	36,36	45,00	0,07	305	400	16,88
			5727	27,27	35,50	0,06	271	400	12,66
			3818	18,18	26,00	0,04	232	400	8,44
			1909	9,09	16,50	0,03	185	400	4,22
	25,00	G - G'	13000	100,00	100,00	0,18	479	450	22,71
			10833	51,59	60,00	0,10	352	450	18,92
			8667	41,27	50,00	0,08	321	450	15,14
			6500	30,95	39,00	0,06	284	450	11,35
			4333	20,63	28,00	0,05	240	450	7,57
			2167	10,32	17,50	0,03	190	450	3,78

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



DETERMINAZIONE DIAMETRI E VELOCITA'									
	Lunghezza [m]	Tronco	Portata (m³/h)	Percentuale % Portata	Percentuale % Sezione	Sezione (m²)	D teorico (mm)	D comm. (mm)	Velocità (m/s)
BIOCELLE	37,00	G - F	60000	100,00	100,00	0,83	1030	1250	13,58
	4,00	H - G	73000	100,00	100,00	0,83	1030	1250	16,52
			73000	100,00	100,00	1,01	1136	1250	16,52
	23,00	I - H	58400	80,00	84,50	0,86	1044	1250	13,22
			43800	60,00	67,50	0,68	933	1250	9,91
	13,60	L - I	29200	40,00	48,00	0,49	787	800	16,14
			14600	20,00	27,00	0,27	590	800	8,07
	29,00	A - M	73000	100,00	100,00	1,44	1356	1250	16,52
			73000	100,00	100,00	1,01	1136	1250	16,52
	20,00	M - N	58400	80,00	84,50	0,86	1044	1250	13,22
			43800	60,00	67,50	0,68	933	1250	9,91
	16,00	N - O	29200	40,00	48,00	0,49	787	800	16,14
			14600	20,00	27,00	0,27	590	800	8,07
MATURAZIONE FINALE			14000	100,00	100,00	0,19	498	500	19,81
			12000	85,71	89,50	0,17	471	500	16,98
		AD' - AD; AC'	10000	71,43	78,00	0,15	439	500	14,15
	20,00	- AC; AB' - AB	8000	57,14	65,50	0,13	403	500	11,32
			6000	42,86	51,00	0,10	355	500	8,49
			4000	28,57	36,50	0,07	301	500	5,66
			2000	14,29	21,50	0,04	231	500	2,83
	9,00	AC - AD	14000	100,00	100,00	0,19	498	500	19,81
	9,00	AB - AC	28000	100,00	100,00	0,39	704	1000	9,90
	7,00	AA - AB	42000	100,00	100,00	0,58	862	1000	14,85
MATURAZIONE PRIMARIA	33,00	AA - AE	34000	100,00	100,00	0,47	775	1250	7,70
		AE - AF	27200	80,00	84,50	0,40	713	1250	6,16
		AF - AG	20400	60,00	67,50	0,32	637	1250	4,62
	8,50	AG - AH	13600	40,00	48,00	0,23	537	1250	3,08
		AH - AI	6800	20,00	27,00	0,13	403	1250	1,54
	39,00	AE - AE'; AF	6800	100,00	100,00	0,09	347	500	9,62
			5100	75,00	80,50	0,08	311	500	7,22

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



DETERMINAZIONE DIAMETRI E VELOCITA'								
Lunghezza [m]	Tronco	Portata (m ³ /h)	Percentuale % Portata	Sezione	Sezione (m ²)	D teorico (mm)	D comm. (mm)	Velocità (m/s)
	- AF';	3400	50,00	58,00	0,05	264	500	4,81
	AG -							
	AG';							
	AH -	1700	25,00	32,50	0,03	198	500	2,41
TRATTI FINALI	AH';							
	AI - AI'							
	AL -	76000	100,00	100,00	1,06	1159	1500	11,95
	AA							
	Q - P	104000	100,00	100,00	1,44	1356	1500	16,35
	P - A	104000	100,00	100,00	1,44	1356	1500	16,35

Si riepilogano infine nella seguente tabella 3-3 le caratteristiche dimensionali dei vari tratti del sistema di aspirazione aria in progetto:

TABELLA 3-3 – CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELLE RETI DI ASPIRAZIONE ARIE ESAUSTE

RETE A				
Comparto	Tronco	Lunghezza [m]	Diametro [mm]	N. Bocchette
Conferimento	G – G'	25,00	450	6
Pretrattamenti	A – B	1,50	1500	-
	B – C	5,00	1250	-
	C - D	10,00	1250	-
	D – E	10,00	1250	-
	C – C1; D – D1; E – E1	14,00	500	4
	C – C3; D – D3; E – E3			
	C1 – C2; D1 – D2; E1 – E2	15,00	400	4
Corridoio	C3 – C4; D3 – D4; E3 – E4			
	F – B	12,00	1250	-
	F – F ^I	18,00	600	5
Biocelle	F ^I - F ^{II}	18,00	400	5
	A - M	29,00	1250	-
	M – N	20,00	1250	-
	N - O	16,00	800	-

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



RETE A				
Comparto	Tronco	Lunghezza [m]	Diametro [mm]	N. Bocchette
Uscita	Q – P	45,00	1500	-
	P – A	32,00	1500	-

RETE B				
Comparto	Tronco	Lunghezza [m]	Diametro [mm]	N. Bocchette
Maturazione primaria	AA – AE	33,00	1250	-
	AE – AF	8,50	1250	-
	AF – AG	8,50	1250	-
	AG – AH	8,50	1250	-
	AH – AI	8,50	1250	-
	AE – AE ^I ; AF – AF ^I ; AG – AG ^I AH – AH ^I ; AI – AI ^I	39,00	500	4
Maturazione secondaria	AA – AB	7,00	900	-
	AB – AC	9,00	900	-
	AC – AD	9,00	500	-
	AD' – AD; AC' – AC; AB' – AB	20,00	500	7
Uscita	AL – AA	20,00	1500	-

3.3 Caratteristiche dei condotti di aspirazione

Tutte le tubazioni e le bocchette che costituiscono le reti di aspirazione dell'impianto si sviluppano all'interno dei locali confinati al di sopra delle zone di lavorazione e sono ancorate al soffitto dei capannoni. Fa eccezione la tubazione del sistema di estrazione a servizio delle aie di maturazione primaria, la quale è appoggiata esternamente al soffitto delle aie; in tal caso l'aspirazione dell'aria esausta interna avverrà tramite aperture praticate nel soffitto stesso, entro cui vengono introdotti dei tronchi di tubazioni muniti di bocchette di aspirazione.

L'aria esausta all'interno dei capannoni ed estratta per mezzo della suddetta rete di aspirazione è carica di composti odorigeni ed inquinanti e pertanto deve essere sottoposta ad opportuni trattamenti prima di essere rilasciata in atmosfera; il progetto pre-

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



vede dunque un sistema costituito da scrubber e biofiltro in grado di rimuovere e degradare le sostanze inquinanti. Nel dettaglio, i due sistemi di reti di aspirazione (A e B visti in precedenza) convogliano l'aria aspirata all'interno di un plenum di distribuzione (evidenziato con la lettera B nella seguente figura 3-3), che di fatto ha la funzione di ripartire uniformemente l'aria all'interno di n. 3 scrubber (per i dettagli inerenti al dimensionamento del sistema di trattamento si ai successivi paragrafi). Tale plenum di distribuzione è costituito da una tubazione in acciaio zincato avente diametro paria a 2000 mm. L'aria attraversa gli scrubber (con funzione di saturazione dell'umidità e riduzione della temperatura) dal basso verso l'alto e attraverso n. 3 elettroventilatori (uno per ciascuno scrubber) viene immessa all'interno di un ulteriore plenum di distribuzione al biofiltro.

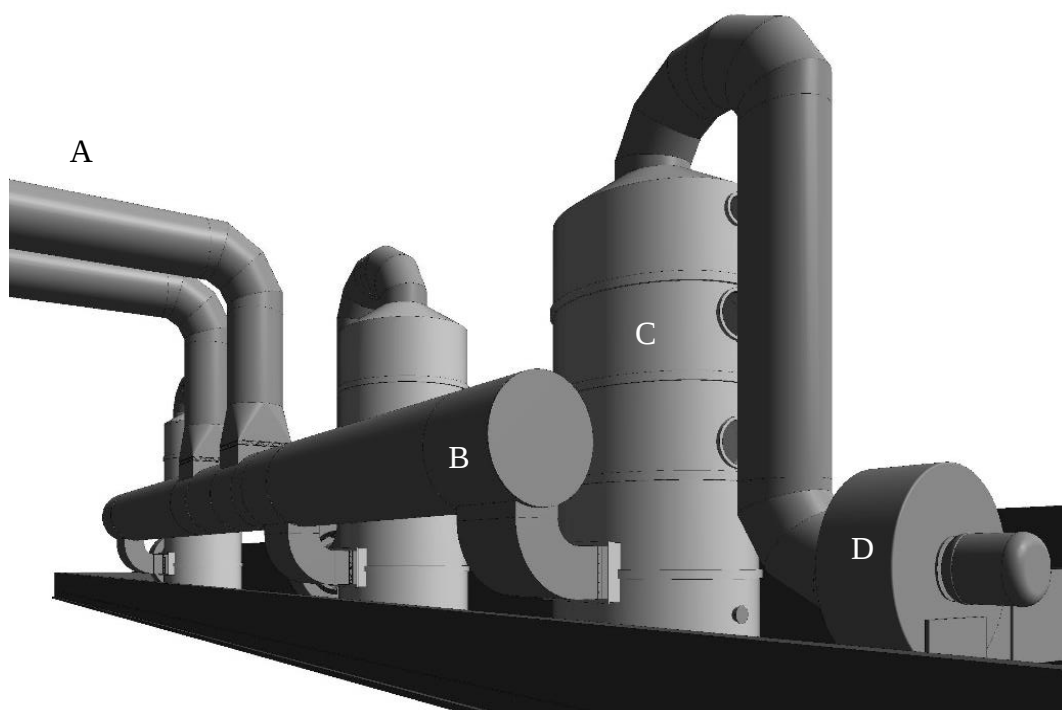


FIGURA 3-3 – MODELLO BIM DELL'IMPIANTO DI PRE-UMIDIFICAZIONE: A) RETI ASPIRAZIONE; B) PLENUM DI DISTRIBUZIONE; C) SCRUBBER; D) VENTILATORI

Il biofiltro, nel quale hanno luogo le reazioni metaboliche di degradazione delle sostanze odorigene è costituito da un plenum iniziale, il quale, ricevuta l'aria aspirata e pretrattata attraverso gli scrubber, ha lo scopo di consentire un'omogenea distribuzione della stessa all'interno dello strato filtrante, cosicché il contatto tra la corrente gassosa ed il materiale di supporto della biomassa possa avvenire in modo efficiente (figura 3-4). Dal plenum si dipartono delle canaline, sottostanti al letto filtrante, grazie alle quali si ha l'insufflazione dell'aria da trattare che per risalita attraversa il materiale di supporto.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



Il plenum a monte del biofiltro è costituito da una camera di espansione realizzata in cemento armato ed ha dimensioni pari a 1,80 x 50 x 3 m. Il biofiltro è invece suddiviso in n. 3 settori i quali hanno ciascuno le medesime dimensioni pari a 16,7 x 28,3 x 2,5 m. Per maggiori dettagli inerenti il dimensionamento del sistema di biofiltrazione si rimanda ai successivi paragrafi.

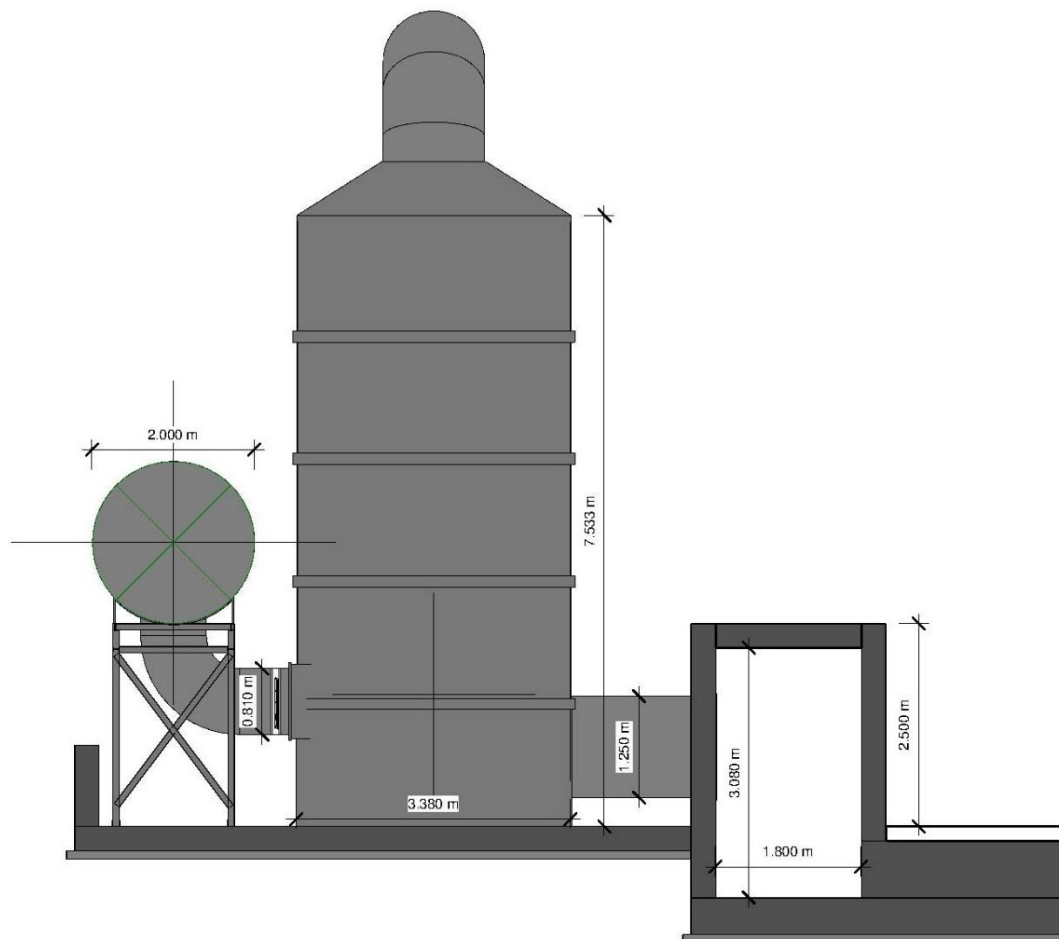


FIGURA 3-4 – VISTA IN SEZIONE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO ARIA (SCRUBBER E BIOFILTRO)

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



4 SISTEMA DI RICIRCOLO ARIA BIOCELLE E AIE DI MATURAZIONE

Il trattamento di compostaggio per mezzo del quale avviene la degradazione della materia organica e la conseguente produzione di compost si sviluppa a partire da processi metabolici attivati ad opera di microrganismi di tipo aerobico. Tale circostanza fa sì che la concentrazione di ossigeno di cui può disporre il rifiuto organico da trattare sia uno dei parametri che maggiormente influenzano i processi di produzione di compost; infatti, in generale si assiste ad un notevole rallentamento delle cinetiche di processo in conseguenza della diminuzione della quantità di ossigeno a disposizione delle biomasse aerobiche. Per tale ragione, è necessario garantire all'interno dei cumuli statici nelle biocelle un apporto di ossigeno in eccesso rispetto alla richiesta stechiometrica da parte della flora batterica, permettendo di conseguenza l'ottimale mantenimento del processo di degradazione.

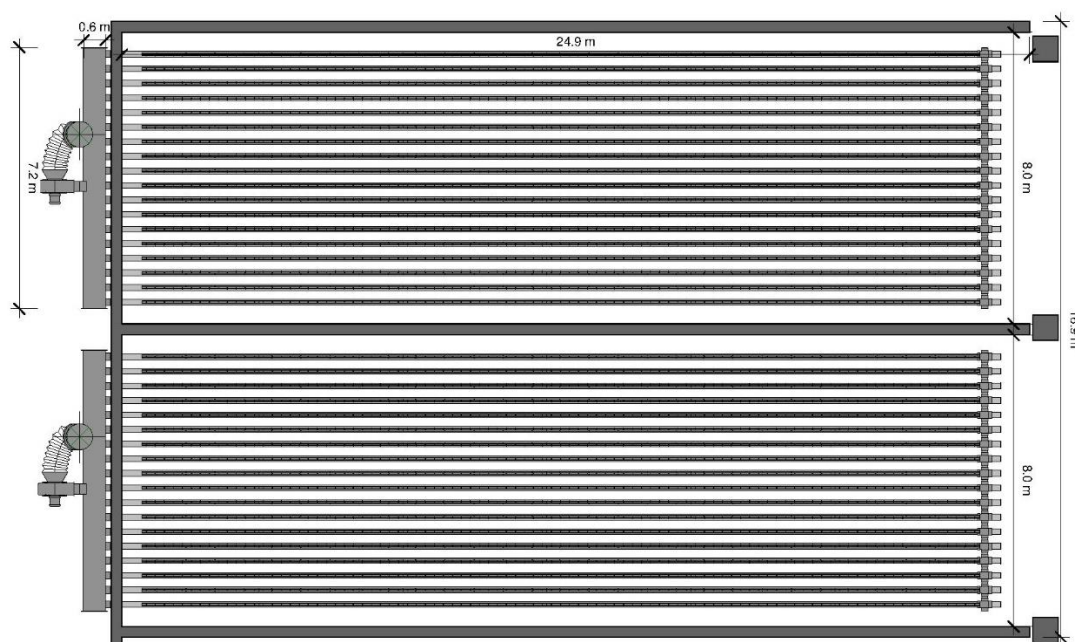


FIGURA 4-1 – VISTA IN PIANTA DI N. 2 BIOCELLE AEROBICHE

Nel caso dell'impianto in oggetto, unendo l'esigenza di garantire un adeguato apporto di ossigeno per le fasi di degradazione aerobica alla necessità di ottimizzare l'intero processo di trattamento minimizzando i quantitativi di aria da trattare, viene predisposto il ricircolo delle arie esauste ovvero dei volumi di aria estratti dai capannoni di lavorazione e da tutte le aree in cui hanno luogo le varie fasi del processo di compostaggio.

Per far fronte al fabbisogno di aerazione sarà necessario assicurare un apporto di aria (definita portata specifica $Q_{aria_specific}$) di circa $40 \text{ Nm}^3/\text{h}$ per tonnellata di rifiuto nella fase di biostabilizzazione aerobica (ACT) ed un apporto di aria di circa $25 \text{ Nm}^3/\text{h}$ nella fase di maturazione. La portata oraria totale di aria Q_{aria_tot} da ricircolare nelle

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



biocelle e nelle aie di maturazione viene dunque ottenuta dal prodotto della portata specifica $Q_{aria_specifica}$ per il quantitativo di materia organica da trattare, espresso in tonnellate e calcolato a partire dal volume V_{tot} rispettivamente delle biocelle e delle aie di maturazione.

$$Q_{aria_tot} = V_{tot} \cdot \rho \cdot Q_{aria_specifica}$$

Si riportano nella seguente tabella 4-1 le determinazioni della portata da fornire in insufflazione alle biocelle ed alle aie di maturazione, calcolate in accordo a quanto precedentemente esposto:

TABELLA 4-1 - CALCOLO DELLA PORTATA DI RICIRCOLO IN BIOCELLE E AIE DI MATURAZIONE

PARAMETRO	U. M.	BIOCELLE	AIE DI MATURAZIONE
Dimensioni cumulo	[m ³]	8 x 25 x 2,9 (H) 540	8 x 37,5 x 3 (H) 870
Numero	[-]	5	5
V_{tot}	[m ³]	2.700	4.350
$\rho_{materiale}$	[t/ m ³]	0,65	0,6
$Q_{aria_specifica}$	[Nm ³ /h*t]	40.00	25.00
Q_{aria_tot}	[m ³ /h]	72.384	65.520

4.1 Sistema di ricircolo biocelle

L'aria necessaria a garantire un adeguato apporto di ossigeno per il processo di degradazione biologica all'interno delle biocelle, potrà essere ricircolata adoperando l'aria proveniente dalla rete di aspirazione denominata A per il mantenimento delle condizioni di salubrità entro i locali:

- Conferimento;
- Trattamenti meccanici;
- Corridoio biocelle.

L'aria esausta aspirata dai suddetti locali potrà quindi essere ricircolata all'interno delle biocelle (attraverso la pavimentazione aerata di seguito descritta) secondo le necessità di processo automaticamente gestite attraverso il software di controllo, op-

pure potrà direttamente essere avviata al sistema di trattamento finale in biofiltro unitamente all'aria esausta estratta dall'interno delle biocelle stesse. Infatti, di tutta l'aria aspirata dai capannoni solo l'aliquota pari a Q_{aria_tot} dovrà essere immessa all'interno delle biocelle per l'aerazione di processo, mentre la restante parte dovrà essere direttamente avviata ai sistemi di trattamento. Tale regolazione sarà gestita tramite una serranda automatica gestita direttamente dal sistema di controllo sulla base dei parametri di processo rilevati dentro le singole biocelle. Le tubazioni di aspirazione dell'aria esausta dei locali di lavorazione, dunque, in corrispondenza delle biocelle sono poggiate sul tetto delle stesse e da un collettore principale (caratterizzato da diametri pari a 1100 mm e 800 mm) si staccano le tubazioni che servono per il trasporto dell'aria da ricircolare all'interno di ciascuna biocella. Ciascuna di queste tubazioni (figura 4-2), direttamente collegate ai singoli elettroventilatori che gestiranno il flusso di aria da insufflare all'interno dei cumuli in compostaggio (fase ACT in biocella) sarà munito di una ulteriore presa d'aria (completa di serranda automatica di regolazione) proveniente dalla zona superiore ai cumuli dentro le biocelle che potrà essere miscelata all'aria aspirata dai capannoni ed insufflata attraverso la platea aerata nei cumuli in compostaggio. Il sistema di controllo, quindi, potrà gestire i flussi di aria (più fresca proveniente dai capannoni e più calda proveniente dall'interno delle biocelle stesse) in accordo alle specifiche necessità del processo di degradazione biologica che è in sviluppo all'interno di ciascuna biocella (in maniera del tutto indipendente sulla base dei singoli parametri misurati).

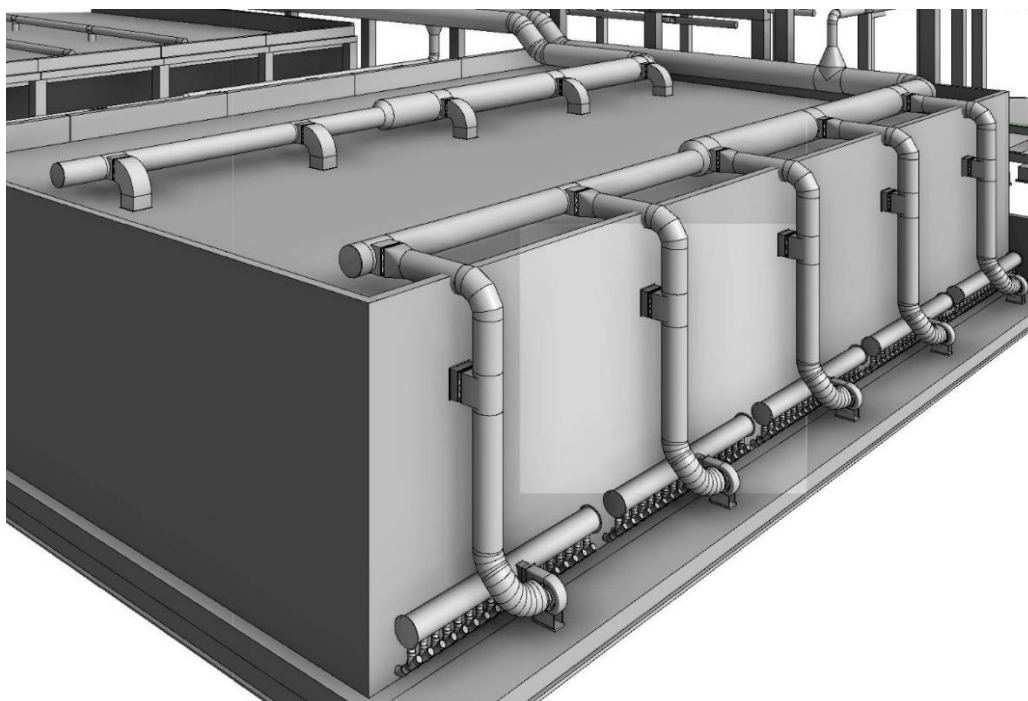


FIGURA 4-2 – MODELLO BIM CON VISTA DELLE RETI DI INSUFFLAZIONE E DEI PLENUM DI DISTRIBUZIONE

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



Il sistema di insufflazione aria all'interno delle singole biocelle sarà costituito un plenum, con funzione di ripartire in maniera uniforme l'aria da distribuire all'interno dei cumuli in compostaggio, realizzato in acciaio inox di dimensioni pari a 600 mm; elettroventilatori e plenum sono disposti all'esterno, posteriormente alle singole biocelle; da ciascun plenum si staccano n. 18 tubazioni, che all'interno della pavimentazione della biocella sono realizzare in PVC, con diametro 160 mm, ciascuna delle quali sarà dotata di n. 93 spigot (piccole strutture tronco-coniche in materiale plastico) per garantire un'adeguata diffusione dell'aria all'interno del cumulo (figura 4-3).

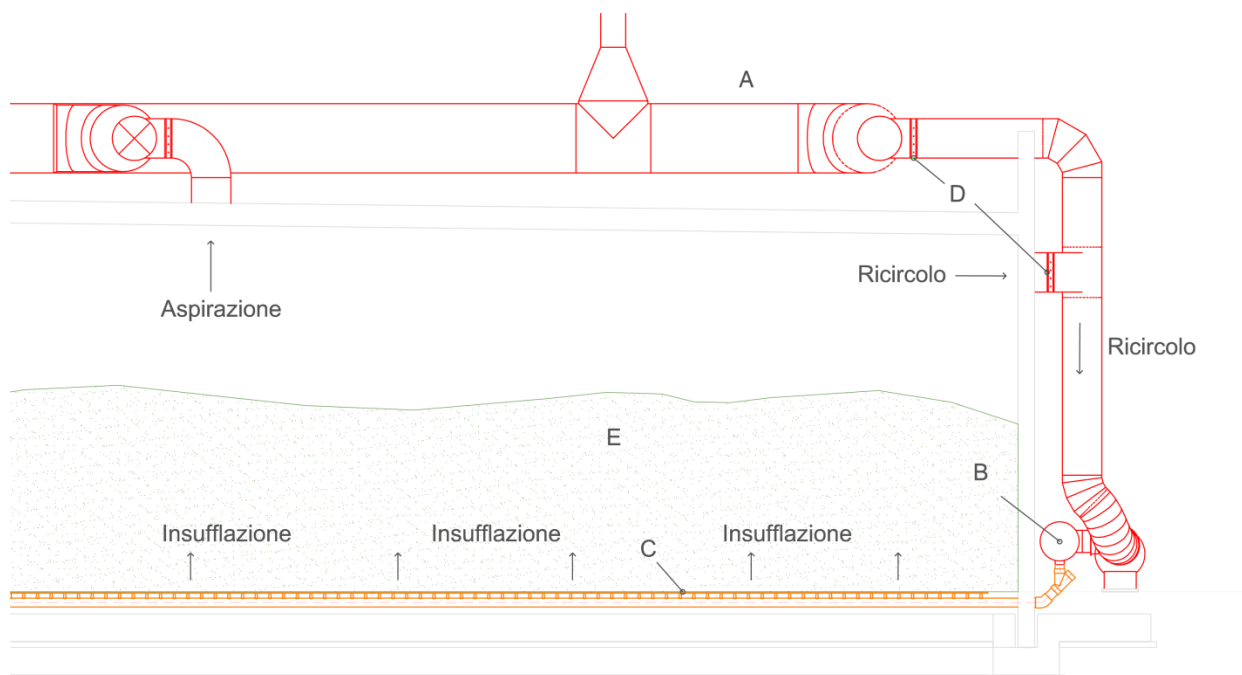


FIGURA 4-3 – VISTA IN SEZIONE DEL RETRO DELLE BIOCELLE E DEL SISTEMA DI INSUFFLAZIONE: A) RETE DI COLLETTAMENTO ARIA ESAUSTA DAI CAPANNONI; B) PLENUM DI DISTRIBUZIONE; C) SISTEMA DI INSUFFLAZIONE TUBO-SPIGOT; D) SERRANDE DI REGOLAZIONE; E) CUMULO IN COMPOSTAGGIO

4.2 Sistema di ricircolo aie di maturazione

Per la fase di maturazione primaria l'aria necessaria al completamento dei processi di degradazione aerobica potrà essere fornita tramite ricircolo dell'aria aspirata dagli stessi locali destinati alla maturazione (e qualora necessario anche dal limitrofo capannone di maturazione finale). Infatti, a differenza delle biocelle in cui l'aria interna si trova in un ambiente chiuso ermeticamente, le aie di maturazione, essendo prive di portoni, si configurano come sistemi aperti in cui i ventilatori in aspirazione agiscono nel richiamare l'aria della parte superiore al cumulo e la convogliano nella pavimentazione aerata di cui ciascuna aia di maturazione è dotata.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



In questo caso, quindi, il sistema di insufflazione aria all'interno delle aie di maturazione primaria sarà costituito da un elettroventilatore (uno per ciascuna aia) disposto superiormente ad un plenum di distribuzione, realizzato in c.a. nella parte posteriore delle aie, profondo circa 1,8 m, alto circa 4 m e larghezza pari a quella della singola aia di maturazione) dal quale si dipartono n. 18 tubazioni in PVC di diametro pari a 160 mm, ciascuna dotata di n. 142 spigot per la distribuzione uniforme dell'aria all'interno dei cumuli (Figura 4-4).

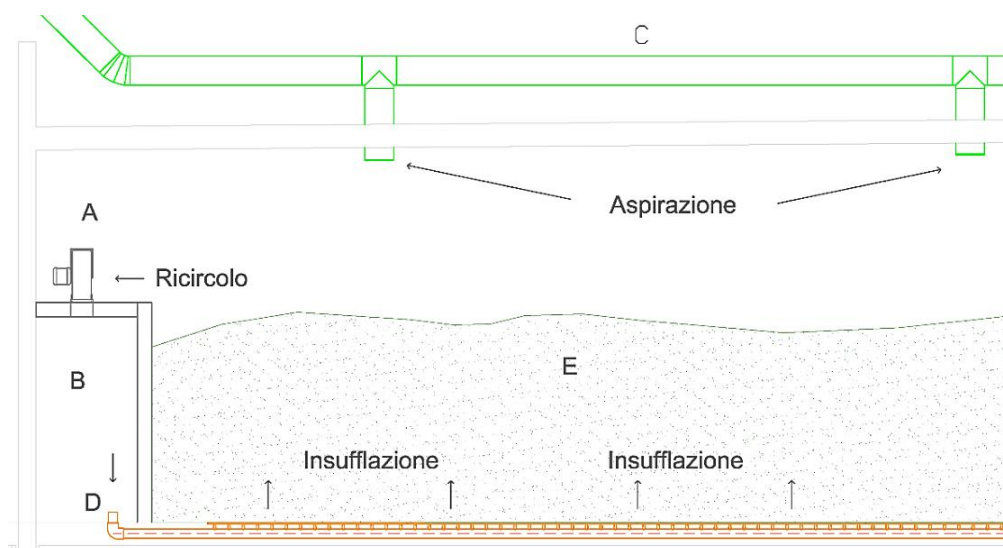


FIGURA 4-4 – VISTA IN SEZIONE DELLE AIE CON PARTICOLARE DEL SISTEMA DI INSUFFLAZIONE: A) VENTILATORE; B) PLENUM DI DISTRIBUZIONE; C) RETE DI ASPIRAZIONE ARIA ESAUSTA AL BIOFILTRO; D) RETE DI INSUFFLAZIONE TUBO-SPIGOT; E) CUMULO IN MATURAZIONE

4.3 Dimensionamento dei ventilatori per l'insufflazione in biocella

La fornitura di ossigeno ai cumuli statici presenti in biocelle per il sostentamento del metabolismo aerobico sarà effettuato, come già detto, mediante il ricircolo dell'aria esausta estratta dai capannoni costituenti l'impianto. Il dimensionamento dei ventilatori per il sistema di aerazione è stato effettuato a partire dalla determinazione delle perdite di carico insistenti sulla rete stessa. Infatti, per assicurarsi che un'aliquota dell'aria esausta estratta dalla rete di aspirazione possa essere ricircolata all'interno delle biocelle, è necessario che i ventilatori abbiano una prevalenza sufficientemente maggiore rispetto a tutte le resistenze che l'aeriforme incontra dal punto di captazione fino al ventilatore stesso. Per una corretta interpretazione di tale fenomeno, è necessario che questo principio venga applicato al punto più svantaggiato della rete, ovvero al percorso di collettamento della rete per il quale le perdite di carico risultano essere le più elevate. Le perdite di carico vengono tipicamente classificate in distribuite e concentrate a seconda che esse siano generate rispettivamente dallo scorrere del fluido all'interno delle tubazioni oppure dalla presenza di elementi di resisten-

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



za quali curve, restringimenti, ecc. Nel caso in oggetto le perdite di carico distribuite e concentrate sono dovute alla presenza dei seguenti elementi costituenti la rete di aerazione:

- Sistema di canalizzazione (tubazioni, pezzi speciali, valvole di regolazione);
- Cumuli statici in biocella (plenum e reti di distribuzione, cumulo).

Il sistema di canalizzazione è interessato da perdite di carico sia concentrate che distribuite, che nel caso in esame sono state determinate con il metodo a perdita di carico specifica costante. Tale metodo prevede innanzitutto il calcolo della perdita di carico specifica per metro lineare, parametro che viene mantenuto costante per tutti i percorsi del sistema di canalizzazione e che si calcola come segue:

$$\Delta H_{spec} = \frac{65 \cdot f \cdot v^{1,82}}{D^{1,22}}$$

in cui i simboli utilizzati assumono il seguente significato:

- f rugosità della tubazione;
- v velocità del fluido (ipotizzata pari a 22 m/s);
- D diametro della tubazione nel tratto terminale del sistema di aerazione.

Per poter determinare le perdite di carico è necessario dunque moltiplicare tratto per tratto la lunghezza reale ed equivalente della rete per la perdita di carico specifica. In particolare, la lunghezza reale L_{reale} è significativa delle perdite di carico distribuite e di fatto corrisponde alla lunghezza effettiva della tubazione per la quale si vogliono determinare le perdite di carico. La lunghezza equivalente L_{equi} , invece, esprime le perdite di carico concentrate e può essere determinata con relazioni empiriche che esprimono le perdite di carico in funzione dell'elemento specifico (curva, restringimento, ecc.). Si riporta di seguito l'espressione analitica per la determinazione delle perdite di carico appena esposta insieme al relativo tabulato di calcolo, per tutti i tronchi costituenti il sistema di aerazione:

$$\Delta H = (L_{reale} + L_{equi}) \cdot \Delta H_{spec}$$

TABELLA 4-2 - TABULATO DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE PERDITE DI CARICO

DETERMINAZIONE PERDITE DI CARICO								
Tronco	Tipologia	n	hv	hf	Lunghezza (m)		Perdita di carico	
					Reale	Equiv.	(Pa)	(mmH ₂ O)
E - E1 (x6)	T semplice	1,75	164,27	0,49		586,29	106,74	10,88
	Continue				14,00		2,55	0,26

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



DETERMINAZIONE PERDITE DI CARICO								
Tronco	Tipologia	n	hv	hf	Lunghezza (m)		Perdita di carico	
					Reale	Equiv.	(Pa)	(mmH ₂ O)
E1 - E2 (x6)	Restringimento	1,02	100,26	0,41		248,97	45,33	4,62
	Continue				15,00		2,73	0,28
A - B	T semplice	1,75	161,15	0,13		2235,91	407,05	41,48
	Continue				1,50		0,27	0,03
B - C	Restringimento	1,02	151,39	0,15		1037,46	188,87	19,25
	Continue				5,00		0,91	0,09
C - D	Continue				10,00		1,82	0,19
D - E	Continue				10,00		1,82	0,19
F - B	T semplice	1,75	46,99	0,05		1602,08	291,66	29,72
	Restringimento	1,02	46,99	0,05		933,78	170,00	17,32
	Continue				12,00		2,18	0,22
F - F'	T semplice	1,75	256,66	0,59		762,36	138,79	14,14
	Continue				18,00		3,28	0,33
F' - F''	Restringimento	1,02	268,46	1,01		272,05	49,53	5,05
	Continue				18,00		3,28	0,33
G - F	Continue				37,00		6,74	0,69
	Vert_curve					7,50	1,37	0,14
						7,50	1,37	0,14
G - G'	T semplice	1,75	310,86	1,00		546,04	99,41	10,13
	Restringimento	1,02	310,86	1,00		318,26	57,94	5,90
	Vert_linear				2,50		0,46	0,05
	Curva					2,70	0,49	0,05
	Continue				25,00		4,55	0,46
H - G	Curva					11,25	2,05	0,21
	Continue				4,00		0,73	0,07
I - H	Restringimento	1,02	164,64	0,16		1045,33	190,31	19,39
	Continue				23,00		4,19	0,43
L - I	Continue				13,60		2,48	0,25
AL PLE- NUM	T semplice	1,75	164,64	0,16		1793,45	326,50	33,27
	Restringimento	1,02	164,64	0,16		1045,33	190,31	19,39
	Vert_curve					4,80	0,87	0,09
						4,80	0,87	0,09
					6,00		1,09	0,11

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



DETERMINAZIONE PERDITE DI CARICO								
Tronco	Tipologia	n	hv	hf	Lunghezza (m)		Perdita di carico	
					Reale	Equiv.	(Pa)	(mmH ₂ O)
A - M	T semplice	1,75	164,64	0,16		1793,45	326,50	33,27
	Restringimento	1,02	164,64	0,16		1045,33	190,31	19,39
	Continue				29,00		5,28	0,54
	Vert_curve					7,50	1,37	0,14
						7,50	1,37	0,14
M - N	Curva					11,25	2,05	0,21
	Continue				20,00		3,64	0,37
N - O	Restringimento	1,02	164,64	0,16		1045,33	190,31	19,39
	Continue				16,00		2,91	0,30
AD - AD' (x3)	T semplice	1,75	236,54	0,68		605,85	110,30	11,24
	Restringimento	1,02	236,54	0,68		353,12	64,29	6,55
	Continue				20,00		3,64	0,37
AC - AD	Restringimento	1,02	236,54	0,68		353,12	64,29	6,55
	Continue				9,00		1,64	0,17
AB - AC	Continue				9,00		1,64	0,17
AA - AB	T semplice	1,75	133,05	0,17		1340,09	243,97	24,86
	Restringimento	1,02	133,05	0,17		781,08	142,20	14,49
	Continue				7,00		1,27	0,13
AA - AE	Continue				33,00		6,01	0,61
AE - AF	Continue				8,50		1,55	0,16
AF - AG	Continue				8,50		1,55	0,16
AG - AH	Continue				8,50		1,55	0,16
AH - AI	Continue				8,50		1,55	0,16
AE - AE' (x5)	T semplice	1,75	55,80	0,18		532,00	96,85	9,87
	Restringimento	1,02	55,80	0,18		310,08	56,45	5,75
	Vert_curve					3,00	0,55	0,06
						3,00	0,55	0,06
	Continue				39,00		7,10	0,72
Q - P	T semplice	1,75	161,15	0,13		2235,91	407,05	41,48
	Continue_vert				2,00		0,36	0,04
	Curva					13,50	2,46	0,25
	Continue				45,00		8,19	0,83

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



DETERMINAZIONE PERDITE DI CARICO								
Tronco	Tipologia	n	hv	hf	Lunghezza (m)		Perdita di carico	
					Reale	Equiv.	(Pa)	(mmH ₂ O)
P - A	Curva					13,50	2,46	0,25
	Continue				32,00		5,83	0,59
AL - AA	T semplice	1,75	86,06	0,07		2113,17	384,71	39,20
	Continue_vert				2,00		0,36	0,04
	Curva					13,50	2,46	0,25
	Continue				20,00		3,64	0,37

Quanto esposto, come detto, consente la determinazione delle perdite di carico relative a tutto il sistema di canalizzazione. Pertanto, definiti i percorsi di aerazione che l'aria estratta compie per arrivare alle biocelle, bisogna individuare quello più svantaggioso (figura 4-5), ovvero quello per il quale le perdite di carico assumono il valore maggiore, così da poter definire i ventilatori da installare.

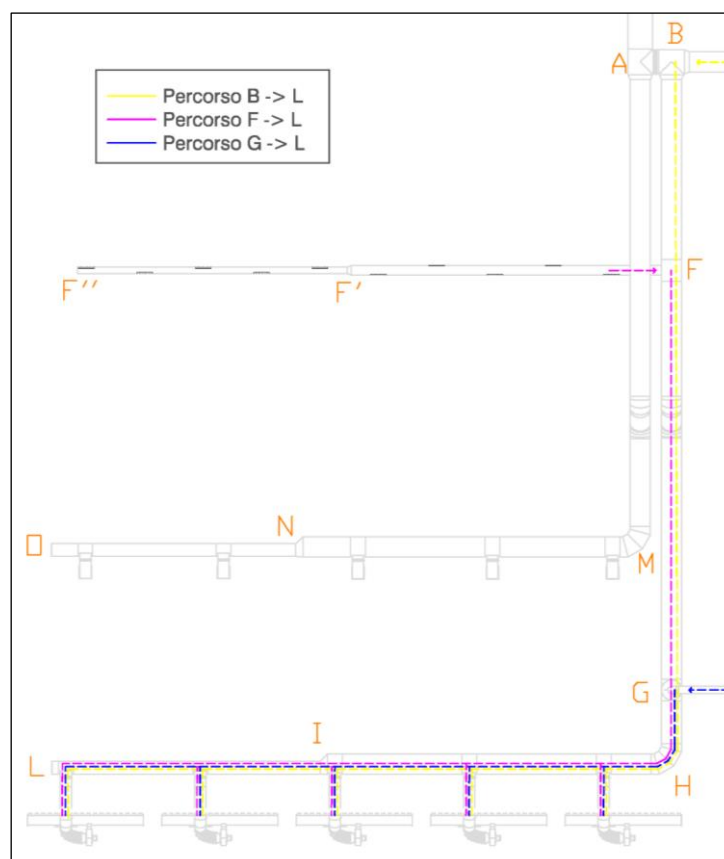


FIGURA 4-5 – PIANTA CON I PERCORSI DELLA RETE DI AERAZIONE

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



Dalla somma delle perdite di carico per ciascun percorso individuato si evince che quello più svantaggio è il B – L (percorso giallo di figura 4-5), per il quale le perdite di carico risultano essere pari a 157 mmH₂O. Si precisa che i percorsi della rete di insufflazione sono stati calcolati a partire dai nodi con la rete di aspirazione in quanto è in prossimità di tali punti che i ventilatori delle biocelle richiamano l'aria di ricircolo.

In conclusione, per la completa determinazione delle perdite di carico di tutto il sistema di insufflazione nelle biocelle è necessario sommare al valore relativo alle perdite del sistema di canalizzazione, l'aliquota dovuta alla presenza dei cumuli di sostanza organica e del sistema di distribuzione comprensivo di plenum, tubazioni e spigot. Quest'ultime risultano essere pari a 2,78 kPa (284 mmH₂O); le perdite di carico relative alla presenza dei cumuli da aerare sono invece pari a circa 1 kPa (102 mmH₂O).

TABELLA 4-3 – RIEPILOGO PERDITE DI CARICO COSTITUENTI IL SISTEMA DI INSUFFLAZIONE IN BIOCELLE

PERDITE DI CARICO INSUFFLAZIONE		
Perdita	Pa	mmH ₂ O
Impianto canalizzazione	1193	157
Cumulo	1000	102
Distribuzione	2784	284
TOTALE	4977	543

Affinché l'aria insufflata possa attraversare completamente il cumulo e diffondersi adeguatamente all'interno dello stesso è necessario che la prevalenza dei ventilatori in premente sia sufficientemente maggiore rispetto alle perdite di carico. Ricavato dunque il valore delle perdite di carico complessive (dato dalla somma di tutte le aliquote appena discusse) e nota la portata da ventilare, è possibile ricavare graficamente il punto di funzionamento del ventilatore ed il rendimento della macchina ad esso associato.

TABELLA 4-4 – PARAMETRI CARATTERISTICI DEL FUNZIONAMENTO DEI VENTILATORI

CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE	
	PREMENTE	ASPIRANTE
Pressione statica	513 mmH ₂ O	544 mmH ₂ O
Pressione di calcolo	550 mmH ₂ O	550 mmH ₂ O
Pressione max funzionamento	652 mmH ₂ O	607 mmH ₂ O

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE	
	PREMENTE	ASPIRANTE
Rendimento	72,9	65,0
Potenza istallata	37 kW – 2 poli	37 kW – 2 poli
Rumore	88,0 dB/A	88,0 dB/A
Tipo di impianto	Ventilatori insufflazione biocelle	
Portata aria cadauno ventilatore a 20 °C	15.000 m ³ /h	
Portata aria totale riferita a 20 °C:	75.000 m ³ /h	
Quantità ventilatori	n. 5 (n. 1 per ciascuna biocella)	
Temperatura min. soglia di funzionamento	0 °C	
Velocità di rotazione	2950 giri/min	

Come si evince dalla tabella 4-4, i ventilatori scelti garantiscono una prevalenza di 550 mmH₂O sia in aspirante che in premente superiore al valore delle perdite di carico totali che caratterizzano la rete di insufflazione, assicurando adeguati rendimenti di funzionamento in entrambe le configurazioni di lavoro.

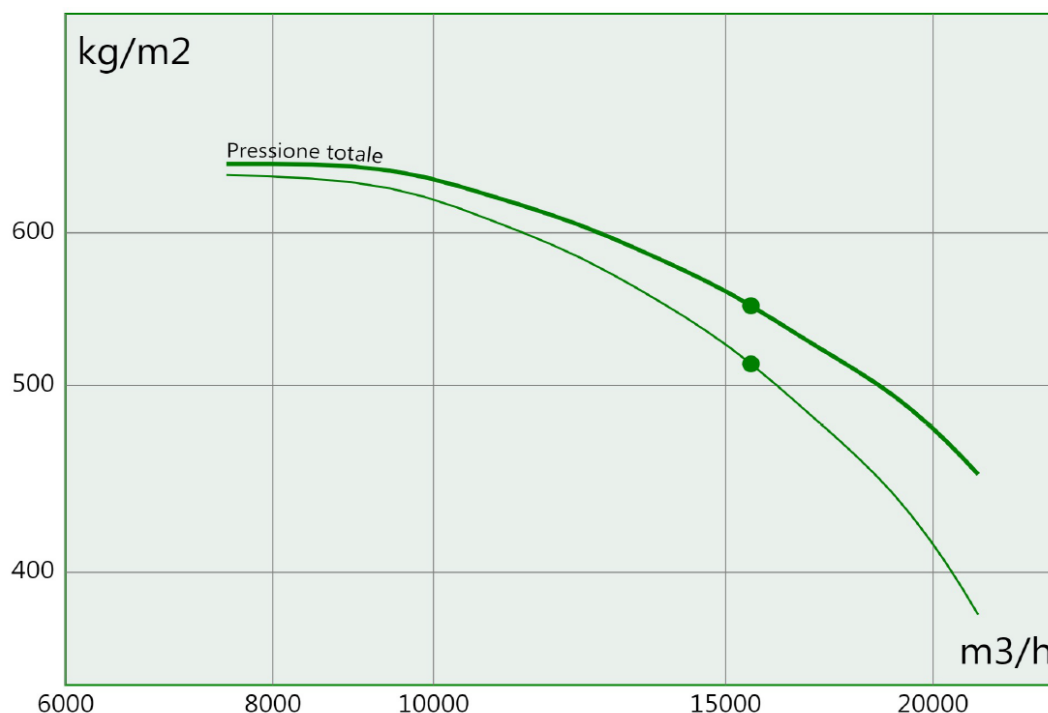


FIGURA 4-6 – CURVA E PUNTO DI FUNZIONAMENTO DEI VENTILATORI PER L'INSUFFLAZIONE IN BIOCELLE

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



La figura 4-6 mostra infine la curva di funzionamento dei ventilatori scelti per l'impianto in esame, con indicazione dell'area di lavoro entro cui le macchine possono lavorare ed il loro punto di funzionamento relativo ai parametri di esercizio (prevalenza e portata) ricavati dal dimensionamento sopra esposto.

4.4 Dimensionamento dei ventilatori per l'insufflazione in aie di maturazione

Sulla base delle analoghe considerazioni esposte al precedente paragrafo, sono state calcolate le perdite di carico che caratterizzano il sistema di insufflazione delle aie di maturazione, a partire dalle quali è stato possibile definire i ventilatori necessari per la corretta aerazione dei cumuli. In questo caso, l'aria ricircolata proviene direttamente dall'ambiente interno alle aie stesse (per il mantenimento dei ricambi orari di progetto). Pertanto, nel calcolo delle perdite di carico si è tenuto conto solamente della rete di distribuzione e della presenza del cumulo. Si riportano di seguito i valori delle perdite di carico ottenute per l'insufflazione delle aie di maturazione:

TABELLA 4-5 – RIEPILOGO PERDITE DI CARICO COSTITUENTI IL SISTEMA DI INSUFFLAZIONE IN AIA

PERDIRE DI CARICO INSUFFLAZIONE		
Perdita	Pa	mmH ₂ O
Cumulo	1000	102
Distribuzione	4281	436
TOTALE	5281	538

Come si evince dalla tabella 4-5 le perdite di carico del sistema di insufflazione delle platee di maturazione sono pari a 538 mmH₂O (5,28 kPa), pertanto sarà necessario dotare l'impianto di ventilatori aventi le seguenti caratteristiche, del tutto analoghe a quelle dei ventilatori in dotazione alle biocelle:

TABELLA 4-6 – PARAMETRI CARATTERISTICI DEL FUNZIONAMENTO DEI VENTILATORI

CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE	
	PREMENTE	ASPIRANTE
Pressione statica	513 mmH ₂ O	544 mmH ₂ O
Pressione di calcolo	550 mmH ₂ O	550 mmH ₂ O
Pressione max funzionamento	652 mmH ₂ O	607 mmH ₂ O

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE	
	PREMENTE	ASPIRANTE
Rendimento	72,9	65,0
Potenza istallata	37 kW – 2 poli	37 kW – 2 poli
Rumore	88,0 dB/A	88,0 dB/A
Tipo di impianto	Ventilatori insufflazione aie maturazione	
Portata aria cadauno ventilatore a 20 °C	15.000 m ³ /h	
Portata aria totale riferita a 20 °C:	75.000 m ³ /h	
Quantità ventilatori	n. 5 (n. 1 per ciascuna aia)	
Temperatura min. soglia di funzionamen- to	0 °C	
Velocità di rotazione	2950 giri/min	

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



5 SISTEMA DI TRATTAMENTO ARIA

La depurazione dell'aria e l'abbattimento degli odori può essere ottenuta con diversi sistemi che trovano impiego a seconda delle esigenze specifiche del processo. Tuttavia, l'impiego di prodotti chimici o di prodotti adsorbenti ha il risultato di trasferire (e non eliminare) l'inquinamento in altra sede limitandosi a spostare il problema da una matrice ambientale ad un'altra. Con le torri di lavaggio chimico, ad esempio, l'inquinamento dell'aria viene trasferito all'acqua, che deve poi essere trattata prima dello smaltimento. Analogamente, con le torri ad adsorbimento le sostanze inquinanti presenti nell'aria vengono adsorbite dai carboni attivi che si esauriscono e vanno quindi smaltiti come rifiuti speciali. A differenza di tali tecnologie, che consentono di arginare solo parzialmente la problematica della rimozione delle sostanze odorogene, in un sistema che impiega la biofiltrazione le sostanze nocive vengono invece degradate da una flora batterica aerobica fissata su di uno speciale letto, in composti non tossici quali ad esempio anidride carbonica ed acqua. Nei biofiltri il letto di supporto alla biomassa batterica è costituito da uno speciale riempimento vegetale biologicamente attivo che conserva per lungo tempo la struttura porosa di supporto ai microrganismi. Tale struttura inoltre, lasciandosi attraversare dall'aria, facilita il contatto fra le sostanze inquinanti ed i batteri autori dell'abbattimento delle stesse.

Preventivamente al trattamento di biofiltrazione, è necessario che i gas da depurare vengono condotti attraverso uno scrubber di condizionamento e prelavaggio dove vengono create le giuste condizioni ambientali per lo sviluppo dei batteri. Nello scrubber infatti, i gas vengono raffreddati, liberati dallo sporco grossolano (polveri) e bagnati fino ad ottenere quel tasso di umidità costante che soddisfa le condizioni necessarie per lo sviluppo della flora batterica. Questa sezione di prelavaggio può servire inoltre come vasca di accumulo per compensare le punte di carico.

5.1 Parametri costruttivi e gestionali del biofiltro

Tra le caratteristiche costruttive che maggiormente influenzano la resa del trattamento di biofiltrazione, la più significativa è indubbiamente l'altezza del letto filtrante. Tale parametro, che in genere può variare tra 1,0 m e 2,5 m, incide, insieme alla velocità di attraversamento dello strato filtrante dell'aeriforme, sul tempo di residenza; parametro che esprime il tempo entro cui le popolazioni microbiche entrano a contatto con le sostanze odorogene, ovvero, entro cui possono compiersi i processi metabolici che portano alla degradazione delle sostanze inquinanti. In genere, adottando una portata specifica pari a $60 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^3$, è sufficiente porre lo spessore dello strato filtrante pari a circa 1,5 m per mantenere un tempo di residenza adeguato e ridurre al contempo gli ingombri necessari per l'installazione del biofiltro. Per una corretta manutenzione dello strato filtrante, volta a minimizzare i fenomeni di canalizzazione, compattazione e acidificazione dello stesso, è consigliabile attuare il rimescolamento o la sostituzione del materiale più superficiale.

Qualora l'aeriforme da trattare presenti discrete concentrazioni di polveri o grasso, è necessario rimuovere con un filtro o un gorgogliatore tali particelle in quanto potrebbero causare l'ostruzione dei pori dello strato filtrante ed il conseguente incremento di perdita di carico del biofiltro.

Per quanto riguarda i parametri chimico-fisici che maggiormente caratterizzano il processo di biodegradazione, notevole influenza assume il tenore di umidità dell'ambiente entro cui si svolgono i processi metabolici, ovvero all'interno dello strato filtrante. A seconda del riempimento del letto filtrante, è necessario che il contenuto di umidità sia contenuto tra il 40 ed il 60 %. Infatti, un contenuto di umidità inferiore a tale soglia provocherà una riduzione dell'attività biologica oltre che il rilascio nell'aeriforme delle sostanze inquinanti già adsorbite sul materiale filtrante. Un valore superiore, invece, comporterà l'instaurarsi di zone di anaerobiosi all'interno del letto filtrante ed il conseguente sviluppo di cattivi odori. Viceversa, l'eccesso d'acqua non solo causerà un incremento delle perdite di carico nel biofiltro ed il conseguente maggior dispendio energetico per fronteggiarle, ma comporterà anche la produzione aggiuntiva di percolato in relazione al quantitativo eccedente di umidità. Un'ulteriore criticità legata al tenore di umidità del letto filtrante può essere riscontrata nell'alternanza tra i periodi secchi ed i periodi umidi. Tale variazione di umidità comporta in genere la riduzione o l'incremento del volume del supporto filtrante, con la conseguente formazione di vie preferenziali per il flusso di aria. Per ovviare a tale fenomeno, responsabile del peggioramento in termini di efficienza del processo, è necessario garantire un tenore costante di umidità ricadente entro le soglie sopra indicate; obiettivo che può essere conseguito o mediante la pre-umidificazione con torri di lavaggio della corrente gassosa, oppure, qualora il sistema non sia dotato di tale pretrattamento, mediante la post umidificazione per bagnatura diretta dello strato filtrante. Tuttavia, la migliore soluzione consiste nell'applicazione combinata dei due sistemi sopra esposti, in quanto la sola pre-umidificazione in genere non è sufficiente a far fronte ai fenomeni evaporativi.

Altro fattore di notevole importanza nella gestione dei processi di biofiltrazione è da ricercarsi nella temperatura di esercizio. Infatti, l'attività microbica in genere cresce proporzionalmente al crescere della temperatura, raddoppiando ogni 10 °C di aumento. Il range di temperature ottimali per l'esercizio dei biofiltri in genere è di 10 – 40 °C. Valori inferiori possono comportare notevoli criticità che vanno dal significativo rallentamento delle cinetiche di processo fino all'inibizione delle reazioni metaboliche a causa dei processi di congelamento. Tuttavia, essendo l'attività microbica supportata da processi di natura esotermica, è possibile mantenere all'interno dello strato filtrante adeguate condizioni di esercizio anche quando la temperatura dell'aria esterna è molto bassa.

In fase di gestione operativa, altro parametro che deve essere monitorato per un efficiente funzionamento del biofiltro è di certo il valore del pH. In particolare, per un corretto funzionamento è necessario garantire valori di pH prossimi alla neutralità, infatti, nei casi peggiori, uno spostamento eccessivo da tale condizione può compor-

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



tare l'inibizione dell'attività metabolica e della conseguente rimozione delle sostanze odorigene.

Infine, un ruolo di notevole importanza nel processo di biofiltrazione giocano la porosità del mezzo filtrante e la concentrazione di ossigeno. Per un efficiente sviluppo dei processi metabolici è necessario che si abbiano almeno 100 parti di ossigeno per ogni parte di gas ossidabile, condizione che comunque viene naturalmente raggiunta e mantenuta. La porosità del mezzo filtrante, che deve essere dell'80 – 90 %, può cambiare nel tempo in funzione della degradazione e della compattazione della matrice costituente il letto filtrante e del cambiamento di umidità.

5.2 Caratteristiche del letto filtrante

Il letto filtrante gioca un ruolo essenziale nel processo di biofiltrazione in quanto esso è il mezzo di supporto sul quale devono svilupparsi i ceppi batterici; pertanto, esso deve possedere le adeguate caratteristiche che consentono alla biomassa microbica di poter facilmente attecchire e, ottimizzando i parametri gestionali, di svilupparsi efficientando il processo di degradazione delle sostanze odorigene. Il materiale attivo utilizzato per la filtrazione delle arie esauste è tipicamente costituito dalla frazione legnosa grossolana di residui di potatura compostabile ed in genere può essere prodotto mediante lo stesso processo di compostaggio, avendo cura di osservare alcune accortezze.



FIGURA 5-1 – ESEMPIO DI BIOFILTRO CON PARTICOLARE DEL LETTO FILTRANTE

In particolare, per poter produrre un materiale filtrante con adeguate caratteristiche per l'attecchimento e lo sviluppo delle biomasse, è necessario che la matrice di pro-

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



venienza sia composta da sfalci di potatura compostabili ma relativamente freschi. Inoltre, è opportuno eseguire una doppia vagliatura dei residui di potatura compostabili inframezzata da un periodo di almeno 20 gg. Il prodotto ottenuto garantisce elevati standard di abbattimento degli odori con perdite di carico contenute. È buona norma integrare la matrice filtrante con torba a fibra lunga o corteccia di latifoglie che, pur sfavorendo l'attecchimento della biomassa, consentono un incremento delle superfici di scambio aria-solido. Per aumentare la vita utile del letto filtrante è possibile aggiungere nel tempo ceppaie sfibrate, preferite ai materiali soprattutto per la maggiore resistenza alla degradazione, per la fibrosità del legno e per la particolare conformazione fisica del legno radicale che ostacola il costipamento dello strato filtrante mantenendo nel tempo la porosità.

5.3 Dimensionamento del biofiltro

Il dimensionamento dei biofiltri in progetto è stato condotto attraverso i seguenti parametri operativi:

- Carico specifico superficiale: esprime il flusso di gas che attraversa l'unità di superficie (sezione) del biofiltro, espresso in $[Nm^3/m^2 \cdot h]$ ed è generalmente inferiore a 200;
- Carico specifico volumetrico: inteso come quantitativo di aria da trattare nell'unità di tempo e per unità di volume di biofiltro, espresso in $[Nm^3/m^3 \cdot h]$; in genere tale parametro può assumere valori compresi tra 5 e 200, ma valori ottimali, usualmente utilizzati nel dimensionamento, sono $80 \div 100 Nm^3/m^3 \cdot h$;
- Tempo medio di residenza: esprime il tempo di residenza del flusso gassoso nel biofiltro, necessario per permettere il trasporto e la degradazione degli inquinanti, in genere non inferiore a 36 secondi;
- Carico volumetrico: corrisponde alla massa di COV che arriva al biofiltro, per unità di volume di mezzo filtrante, nell'unità di tempo $[g_{COV}/m^3 \cdot h]$, o anche in unità olfattometriche [U.O.];
- Capacità di rimozione: misura la rimozione dei COV da parte di un determinato carico volumetrico, ovvero indica il quantitativo di COV [g], che può essere trattenuto nel mezzo filtrante $[m^3]$ nell'unità di tempo [h]. La capacità di rimozione è funzione del carico volumetrico, del tempo di residenza medio, del tipo di mezzo, delle caratteristiche dei COV e delle condizioni ambientali (in genere un letto filtrante deve garantire una concentrazione di COV in uscita non superiore a 300 U.O.);
- Altezza del letto filtrante: in genere, nelle più comuni applicazioni, l'altezza è compresa tra 1 e 2,5 m (altezze superiori darebbero origine a incrementi di perdite di carico e maggiori difficoltà di distribuzione dell'umidità senza migliorarne significativamente l'efficienza, al contrario, altezze inferiori non assicurerebbero un tempo di residenza adeguato.

A partire dalla portata di aria esausta estratta dai capannoni Q_{estr} si è scelta una portata di progetto $Q_{prog} = 180.000 \text{ m}^3/h$. Fissando la portata specifica volumetrica

$QS_v = 80 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot h$ e l'altezza del letto filtrante pari a $H = 2 \text{ m}$ è stato dunque pos-

sibile ricavare la superficie filtrante minima come segue:

$$S_{f_min} = \frac{Q_{prog}}{QS_v \cdot H}$$

Si riportano di seguito i parametri caratteristici del dimensionamento del biofiltro per ciascuno dei 3 settori in progetto:

TABELLA 5-1 – PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO DEI SETTORI DI BIOFILTRO IN PROGETTO

MODULO BIOFILTRO		
Parametro	U. M.	Valore
Q_{prog}	$[\text{m}^3/h]$	60.000
QS_v	$[\text{Nm}^3/\text{m}^3 \cdot h]$	80
H	$[\text{m}]$	2,00
$V_{settore}$	$[\text{m}^3]$	759
S_{f_min}	$[\text{m}^2]$	379,50

Si sceglie dunque di realizzare il biofiltro in c.a. suddiviso in n. 3 settori ciascuno di dimensioni in pianta pari a 16,7 x 28,3 m. Come già detto, il plenum sarà unico, suddiviso all'interno in tre settori per garantire la manutenzione dei tre moduli biofiltranti ed avrà dimensioni pari a 1,8 x 50,6 m. Per la realizzazione del letto filtrante dovrà essere impiegata una miscela di cippato lignocellulosico derivante da cicli di compostaggio di sole matrici vegetali, con pezzatura variabile da 25 a 150 mm circa, composta da materiali di varia natura (cellulosa erbacea, corteccia, legno e legno torbificato), al fine di conferire alla miscela stessa una sufficiente porosità al flusso di aria ed una buona resistenza strutturale, soprattutto nel tempo. Potranno inoltre essere aggiunte torbe a fibra lunga o corteccia di latifoglie per i motivi esposti precedentemente.

Il biofiltro sarà infine dotato di sistemi automatici di irrigazione costituiti da un circuito idraulico ad anello chiuso fissato lungo le pareti interne, realizzato mediante tubazioni in PVC di sezioni opportune, valvole e ugelli spruzzatori a cono pieno. Il circuito sarà dotato di elettrovalvola temporizzata. Lo scopo di questo sistema è duplice: il mantenimento delle condizioni microclimatiche ideali per il metabolismo

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



della flora microbica e l'eliminazione dei sottoprodotti di ossidazione mediante l'effettuazione di lavaggi intermittenti.

Si riportano nella seguente tabella 5.2 i parametri caratteristici del biofiltro:

TABELLA 5-2 – CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL BIOFILTRO IN PROGETTO

CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE
Tipo di impianto	Biofiltro aperto
Quantità biofiltro	N. 1
Tipo di biofiltro	C.A.
Quantità di settori biofiltranti	N. 3
Dimensioni di ogni settore	16,7 x 28,3 x 2,5 m
Dimensioni plenum	1,8 x 50,6 x 3 m
Portata aria max riferita a 20 °C del biofiltro	180.000 m ³ /h
Portata specifica effettiva	64 m ³ / h * m ³
Tempo medio di attraversamento del letto filtrante	57 sec
Temperatura max aria in ingresso al biofiltro	Ambiente
Sistema di umidificazione del letto filtrante	Si
Tipologia di materiale letto filtrante	Miscela di cippato lignocellulosico

5.4 Dimensionamento degli scrubber

Gli scrubber, come già discusso, sono dei sistemi di abbattimento che prevedono l'uso di un liquido (generalmente acqua o una soluzione acquosa contenente un opportuno additivo) per la separazione di polveri, gas e vapori dall'aria da trattare. L'abbattimento avviene essenzialmente per un processo di impatto tra il liquido di abbattimento nebulizzato e le polveri/inquinanti presenti nell'aria: l'aria, attraverso adeguati ventilatori, viene fatta convogliare a bassa velocità attraverso una condotta verticale (torre di lavaggio), attraversando un sistema di corpi fissi o mobili, irrorati da getti di acqua che vengono alimentati da una pompa collegata ad una vasca di raccolta. Il liquido utilizzato viene riciclato e periodicamente rinnovato, in tutto o in parte, in modo da assicurare, nel tempo, un costante rendimento di trattamento.

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



Viste le portate di aria da trattare, estratta dai locali costituenti l'impianto, si è scelto di dotare il biofiltro di n. 3 scrubber, ciascuno collegato a n. 1 elettroventilatore. Sulla base delle portate trattate, la potenza dei ventilatori risulta pari a 132 kW (come descritto al successivo paragrafo).

TABELLA 5-3 – PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO E CARATTERISTICHE DEGLI SCRUBBER

CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE
Tipo di impianto	Scrubber umidificatore solo torre
Materiale scrubber:	Polipropilene
Portata aria cadauna torre riferita a 20 °C, da trattare ad umido:	60.000 m ³ /h
Quantità scrubber umidificatori	n. 3
Portata aria totale riferita a 20 °C:	180.000 m ³ /h
Temperatura max aria in ingresso scrubber:	Ambiente
Temperatura non distruttiva scrubber a regime, min.÷max:	5 ÷ 50 °C
Dimensioni indicative d'ingombro cadauna torre	3700 • 3500 • h 7500 mm
Perdite di carico	1 kPa
Potenza installata cadauno scrubber (escluso ventilatore):	15 kW

5.5 Calcolo delle perdite di carico e dimensionamento ventilatori aspirazione

Il dimensionamento dei ventilatori costituenti il sistema di aspirazione è stato effettuato a partire dalla determinazione delle perdite di carico insistenti sulla rete stessa. Infatti, per assicurarsi che l'aria esausta possa essere correttamente estratta da tutte le aree interne ai locali confinati dell'impianto, è necessario che i ventilatori abbiano una prevalenza sufficientemente maggiore rispetto a tutte le resistenze che l'aeriforme incontra dal punto di aspirazione fino al ventilatore. Analogamente al sistema di aerazione per l'insufflazione dei cumuli delle biocelle (cfr paragrafo 4.3) anche nel caso della rete di aspirazione di seguito discussa il dimensionamento è stato eseguito riferendosi al punto più svantaggiato della rete, corrispondente al percorso di collettamento per il quale le perdite di carico risultano essere le più elevate. Nel caso in oggetto le perdite di carico distribuite e concentrate sono dovute alla presenza dei seguenti elementi costituenti la rete di aspirazione:

- Sistema di canalizzazione (tubazioni, pezzi speciali, valvole di regolazione, bocchette di aspirazione);
- Impianto di pretrattamento (plenum, pezzi speciali, scrubber);

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



- Sistema di biofiltrazione (plenum di distribuzione, letto filtrante);
- Varie (10 % sul totale).

Sulla base delle medesime considerazioni effettuate per il dimensionamento del sistema di insufflazione delle biocelle e della maturazione, il calcolo delle perdite di carico relativamente al sistema di canalizzazione è stato condotto con il metodo a perdita di carico specifica costante. Pertanto, si rimanda al paragrafo 4.3 per la descrizione del metodo sopra citato e per la consultazione dei tabulati di calcolo delle perdite di carico del sistema di canalizzazione.

Oltre alla determinazione delle perdite di carico del sistema di canalizzazione, nel caso del sistema di aspirazione dell'aria esausta è necessario tener conto delle perdite di imbocco alle bocchette, di seguito indicate con $\Delta H_{bocchetta}$. Nel caso in esame, il contributo relativo alla presenza delle bocchette di aspirazione è stato valutato graficamente in funzione della sezione di imbocco delle bocchette e della portata aspirata dalle stesse. Quindi, per ogni percorso di aspirazione le perdite di carico complessive sono state calcolate sommando ai contributi relativi al sistema di canalizzazione le perdite di imbocco $\Delta H_{bocchetta}$, date dal prodotto della perdita di carico relativa ad una singola bocchetta per il numero di bocchette presenti nel tratto in esame.

TABELLA 5-4 – SCHEMA RIEPILOGATIVO CALCOLO PERDITE DI CARICO SISTEMA DI CANALIZZAZIONE

PERDITE DI CARICO							
CONDOTTA			BOCCHETTE			TOTALI	
Percorso	Perdite [Pa]	[mmH ₂ O]	N. Bocc.	Perdite [Pa]	[mmH ₂ O]	Perdite [Pa]	[mmH ₂ O]
RETE A							
B -> L	1192,7	157,3	0	0	0	1193	157
F -> L	828,3	104,3	0	0	0	828	104
G -> L	719,4	89,9	0	0	0	719	90
E2 -> Q	1184,4	120,7	8	240	24	1424	145
F" -> Q	1085,3	110,6	10	300	31	1385	141
G" -> Q	1469,8	149,8	6	180	18	1650	168
O -> Q	1150,1	117,2	5	150	15	1300	132
RETE B							
Al' -> AL	564,9	57,6	4	120	12	685	70
AD' -> AL	1024,4	104,4	4	120	12	1144	117
ASPIRAZIONE - Percorso più svantaggiato							
RETE A	Pa	mmH ₂ O	SCELTA DEL PERCORSO PIÙ SVANTAGGIATO DELL'IMPIANTO DI CANALIZZAZIONE				
G" -> Q	1650	168					
RETE B	Pa	mmH ₂ O	G" -> Q				
AD' -> AL	1144	117					

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



Infine, per la determinazione delle perdite di carico relative al sistema di canalizzazione è stato scelto, per i motivi prima esposti, il percorso più svantaggioso, ovvero quello per il quale le perdite di carico assumono il valore maggiore. Si riporta di seguito lo schema riassuntivo delle perdite di carico del sistema di canalizzazione comprensivo delle perdite di carico delle bocchette.

Come si evince dalla tabella 5-4 sopra riportata il percorso più svantaggioso è il G'' – Q, per il quale le perdite di carico sono pari a 1650 Pa (168 mmH₂O). Tuttavia, per il calcolo delle perdite di carico dell'intero sistema di aspirazione è necessario tener conto di tutti gli elementi di resistenza costituenti la rete, tra cui figurano gli impianti costituenti il sistema di trattamento dell'aria estratta.

La resistenza offerta dalla presenza dell'impianto di trattamento dell'aria esausta, costituito dalla sezione di pretrattamento e da quella di biofiltrazione, deve necessariamente essere tenuta in conto nella valutazione delle perdite di carico complessive del sistema di aspirazione. In particolare, le perdite di carico del sistema di pretrattamento sono principalmente dovute alla risalita della corrente gassosa attraverso l'aria nebulizzata presente all'interno delle torri di lavaggio ed alla presenza degli elementi di collettamento tra cui il plenum di distribuzione. Per l'impianto in oggetto tali perdite di carico sono state ottenute a partire dalla consultazione delle schede tecniche degli scrubber prescelti (cfr. paragrafo 5.4) i quali sono caratterizzati da un valore pari a 1 kPa ciascuno.

Analogamente al sistema di pretrattamento, il sistema di biofiltrazione è anch'esso caratterizzato da perdite di carico dovute, in questo caso, alla presenza dello strato filtrante che si oppone alla risalita dell'aria, oltre che alle perdite generate dal sistema di collettamento e distribuzione. In particolare, per un'adeguata diffusione della corrente gassosa da depurare all'interno dello strato filtrante ed un completo attraversamento dello stesso, è necessario che la prevalenza dei ventilatori in premente sia sufficientemente maggiore rispetto alle perdite di carico. Adottando un criterio a vantaggio di sicurezza, quest'ultime sono state poste pari a 1 kPa ovvero pari al più alto valore di soglia indicato dalle BAT (0,5 kPa/m di letto filtrante vecchio).

TABELLA 5-5 – RIEPILOGO PERDITE DI CARICO COMPLESSIVE RELATIVE AL SISTEMA DI BIOFILTRAZIONE

PERDITE DI CARICO ASPIRAZIONE		
Perdite	Pa	mmH ₂ O
Impianto canalizzazione	1650	168
Scrubber	1000	102
Biofiltro	1000	102
Altro (10% sul totale)	365	37
TOTALE	4015	409

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:



Noto dunque il valore delle perdite di carico complessive (dato dalla somma di tutte le aliquote appena discusse) maggiorato del 10% a vantaggio di sicurezza, ed il valore della portata che ciascun ventilatore deve aspirare (dato dal rapporto del valore di portata totale per il numero di ventilatori installati), è possibile ricavare graficamente il punto di funzionamento del ventilatore ed il rendimento della macchina ad esso associato. Si riportano di seguito i parametri di funzionamento in aspirante ed in premente che i ventilatori a servizio del sistema di aspirazione devono avere per poter vincere le resistenze esercitate dal sistema di aspirazione.

TABELLA 5-6 – PARAMETRI CARATTERISTICI DEL FUNZIONAMENTO DEI VENTILATORI

CARATTERISTICA	DESCRIZIONE/VALORE	
	PREMENTE	ASPIRANTE
Pressione di calcolo	500 mmH ₂ O	500 mmH ₂ O
Pressione max di funzionamento	695 mmH ₂ O	648 mmH ₂ O
Rendimento	80,9 %	
Potenza installata	132 kW – n. 4 poli	
Rumore	88,5 dB/A	
Quantità ventilatori	n. 3 (n. 1 per ciascuno scrubber)	
Tipo di impianto	Ventilatori sistema di aspirazione	
Portata aria cadauno ventilatore a 20 °C	60.000 m ³ /h	
Portata aria totale riferita a 20 °C:	180.000 m ³ /h	
Temperatura min. soglia di funzionamento	0 °C	
Velocità limite di rotazione	1520 giri/min	

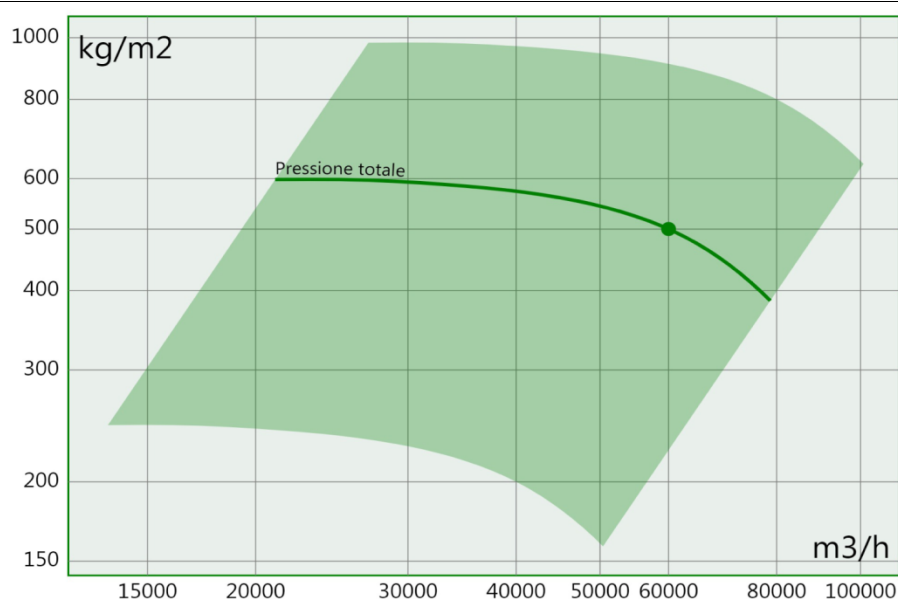


FIGURA 5-2 – CURVA E PUNTO DI FUNZIONAMENTO DEI VENTILATORI DEL SISTEMA DI ASPIRAZIONE

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti:

