



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIEF

DEPARTMENT OF
INDUSTRIAL
ENGINEERING

Analisi degli elementi d'impatto ambientale degli impianti di digestione anaerobica

Ing. Donata Bacchi, Ph.D. student

WVG-DIEF, Waste Valorization Group - Dipartimento di Ingegneria Industriale
Università degli Studi di Firenze



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIEF
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
INDUSTRIALE

Sommario

☐ Individuazione delle emissioni

☐ Atmosfera

☐ Acqua

☐ Fattori di Interferenza:

- Traffico
- Rumore
- Rifiuti
- Energia

☐ Bibliografia

Obiettivi

- ☐ Identificare le principali fonti di impatto degli impianti di DA;
- ☐ Caratterizzare (quantitativamente e qualitativamente) le principali fonti di impatto individuate;
- ☐ Fornire alcuni degli elementi necessari per la valutazione degli impatti sull'ambiente;
- ☐ Descrivere alcune dei sistemi di abbattimento e contenimento delle emissioni;
- ☐ Fornire elementi utili per le attività di monitoraggio e controllo degli impianti di DA.

Individuazione delle emissioni

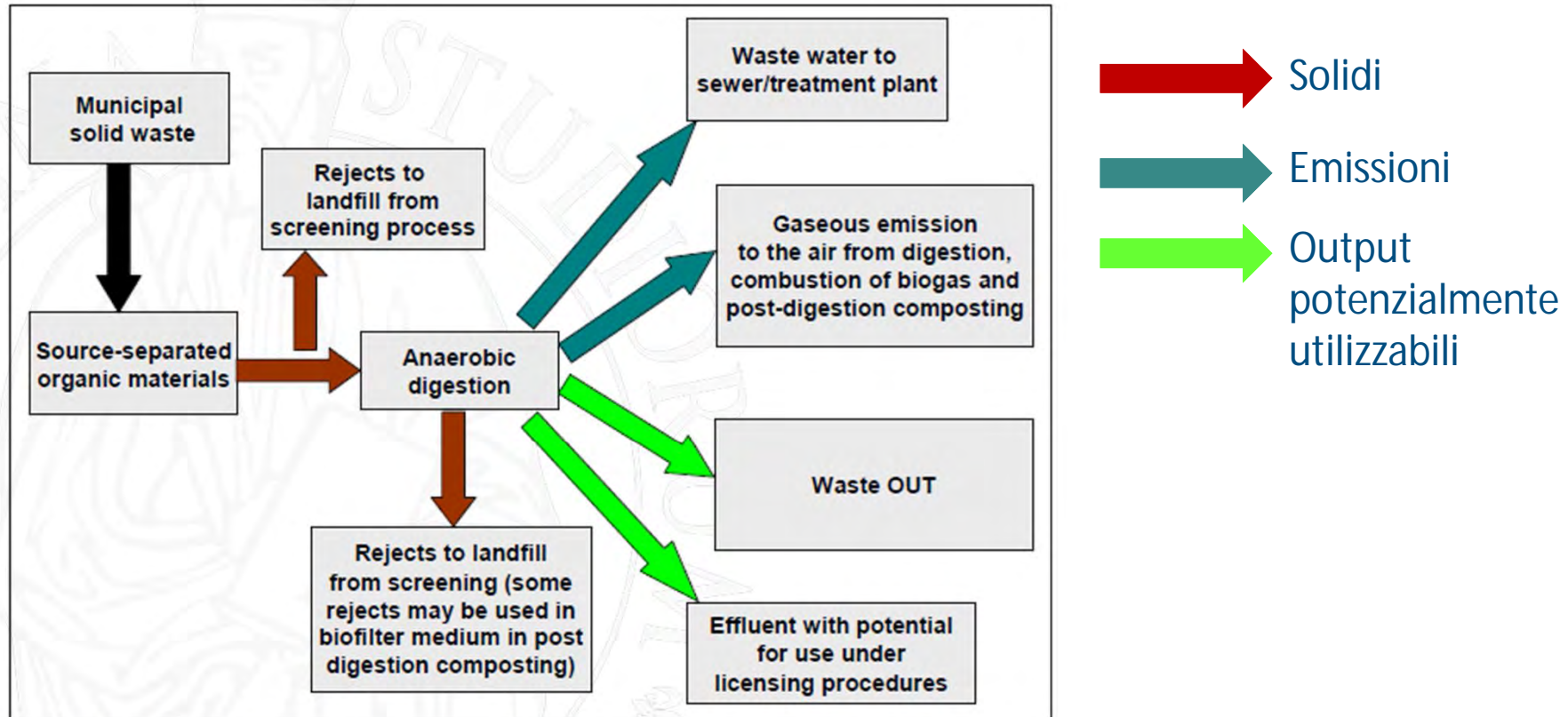


Figure 3.2: Schematic representation of anaerobic digestion inputs and outputs

Note: Brown arrows represent solid materials

Blue Arrows represent emissions

Green Arrows represent waste OUT with some use

[59, Hogg, et al., 2002], [150, TWG, 2004]

(European Commission, 2006)

Individuazione delle emissioni



Individuazione delle emissioni



Elaborazioni da schema «Principali emissioni Impianti trattamento biologico»
(Gruppo Tecnico Ristretto Gestione Rifiuti, 2006)

Individuazione delle emissioni

- **Regione Basilicata**, DGR n.709 del 22 aprile 2002, Linee guida per la progettazione, costruzione e gestione degli impianti di compostaggio e biostabilizzazione.
- **Regione Sicilia**, DGR n.17 Parte I del 14 giugno 2002, Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e biostabilizzazione.
- **Regione Lombardia**, DGR n.7/12764 del 16 aprile 2003, Linee guida per la costruzione e l'esercizio di impianti di produzione di compost.
- **Regione Abruzzo**, DGR n.400 del 26 maggio 2004, Direttive regionali concernenti le caratteristiche prestazionali e gestionali richieste per gli impianti di trattamento dei rifiuti urbani.
- **Regione Veneto**, DGR n.568 del 25 febbraio 2005, Norme tecniche ed indirizzi operativi per la realizzazione e la conduzione degli impianti di recupero e di trattamento delle frazioni organiche dei rifiuti urbani ed altre matrici organiche mediante compostaggio, biostabilizzazione e digestione anaerobica.
- **Regione Emilia Romagna**, DGR n.1495 del 16 maggio 2011, Criteri tecnici per la mitigazione degli impatti ambientali nella progettazione e gestione degli impianti a biogas.

Atmosfera



Atmosfera

240 kg TVS

Umidità 70% p/p
TVS 80% p/ss

144 kg TVS



40%INPUT

Umidità 40% p/p
TVS 40% p/ss

Atmosfera

240 kg TVS

Umidità 70% p/p
TVS 80% p/ss

144 kg TVS

Biogas



40%INPUT

Umidità 40% p/p
TVS 40% p/ss

(European Commission, 2006)

Component	Biogas concentration (vol-%)
CO ₂	25 – 50
Methane	50 – 75
Water (biogas)	6 – 6.5
O ₂	0.9 – 1.1
N ₂	3.9 – 4.1
H ₂	
H ₂ S	<0.1 – 0.8
Ammonia	<0.1 – 1
Mercaptane	In spores
Low molecular fatty acids	
Higher molecular substances	traces

Table 3.27: Composition of biogas generated by anaerobic digestion

Table 9.6.1 Typical composition of biogas from anaerobic digestion plants (adapted from Persson *et al.*, 2006).

Biogas composition	Unit	Value
Energy content	MJ/Nm ³ of methane	37
Density	kg/Nm ³	1.2
Methane	vol.-%	63 (range 53-70)
Carbon dioxide	vol.-%	37 (range 30-47)
Nitrogen as N ₂	vol.-%	0.2
Hydrogen sulfide	ppm	<1 000 (from 0-10 000)
Ammonia	ppm	<100
Hydrogen	vol.-%	~ 0
Carbon monoxide	vol.-%	~ 0
Oxygen	vol.-%	~ 0
Water ^{a)}		-

a) Water vapor will be present in raw biogas at saturation concentration depending on gas temperature.

(Møller J. *et al.*, 2010)

Atmosfera

240 kg TVS

Umidità 70% p/p
TVS 80% p/ss

144 kg TVS

Emissioni fugitive
1-3 Nm³/t (Møller et al., 2010)
Emissioni diffuse
Gas serra e ammoniaca



40%INPUT

Umidità 40% p/p
TVS 40% p/ss

Principali fonti emissioni odorigene:

- ☐ processi fermentativi durante lo stoccaggio dei rifiuti in attesa del trattamento;
- ☐ fasi di pretrattamento e selezione;
- ☐ sezione di metanizzazione;
- ☐ processo di post-stabilizzazione aerobica e maturazione della frazione organica digerita;
- ☐ Digestato liquido prodotto dalla digestione anaerobica.

Emissioni diffuse e fugitive

Atmosfera

Smet et al., 1999

Progetto BIOFAR – Studio della biodegradabilità in fase di conferimento e del carico odorigeno della FOS ed altri rifiuti

ACP-Aerobic composting process
CCP – anerobic/aerobic compostig

	ACP		CCP				LFG	Fanghi Civili	FOS 1	FOS 2
	Emission (g ton ⁻¹)	Max conc (mg m ⁻³)	Phase I (g ton ⁻¹)	Biogas (mg m ⁻³)	Phase II (g ton ⁻¹)	Max (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)
Alcohols										
2-propanol	134	95	1,4	14	n.d.	n.d.	0,01	<RL	2,29	1,25
<u>Ethanol</u>	133	194	2,2	22	<0,1	0,2	0,05	0,25	38,24	9,19
Isobutanol	5,8	15	0,4	3,8	<0,1	0,4	<RL	<RL	2,35	2,80
2-butanol	3,7	15	0,4	3,7	n.d.	n.d.	<RL	0,03	9,23	2,65
Other	8,5		0		<0,1					
Sum	285				<0,1					
Carbonyl Compounds										
<u>Acetone</u>	125	114	0,7	7,4	0,2	19	1,04	8,28	7,60	14,69
Butanone	22	61	0,8	7,8	0,1	8,3	2,50	5,26	12,87	9,03
2-Heptanone	1,4	2,4	0,4	3,6	<0,1	0,7				
3-Methylbutanal	4,0	4,0	0,1	1,0	0,1	5,5				
Other	5,6		0,8		0,2					
Sum	158		2,8		0,6					
Terpenes										
<u>Limonene</u>	56	57	68	679	0,7	3,4	18,95	1,00	27,60	13,99
α-Pinene	8,0	6,9	7,7	77	0,1	2,7	8,01	0,14	6,55	0,85
Thujone	6,8	4,9	2,4	23	<0,1	2,0				
P-Cymene	2,9	3,4	123	1233	0,8	5,1				
Other	8,9		4,6		0,5					
Sum	82		206		2,1					
Esters										
<u>Ethyl acetate</u>	35	66	0,3	3,1	<0,1	0,4	<RL	<RL	2,35	0,64
Methyl acetate	9,6	24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<RL	<RL	<RL	<RL
Methyl propionate	2,1	5,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				
Propyl propionate	1,0	2,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				
Other	5,3		0							
Sum	53		0,3		<0,1					
Sulphur compounds										
Dimethyl sulphide	8,2	8,2	0,3	3,3	0,1	0,6	1,04	46,57	9,21	0,125
Dimethyl disulphide	0,4	0,8	0,5	5,4	<0,1	1,3				
Carbon disulphide	0,4	0,4	n.d.	n.d.	<0,1	0,1	0,013	0,12	<RL	<RL
Methyl propyl disulphide	0,2	0,1	0,4	4,3	<0,1	0,1				
Other	0		0,4		0					
Sum	9,2		1,7		0,2					
Ethers										
2-Ethyl furane	1,6	4,0	n.d.	n.d.	<0,1	0,1				
2-Methyl furane	0,9	0,2	0,2	1,6	<0,1	0,2				
Diethyl ether	0,2	0,5	0,1	1,4	n.d.	n.d.				
Sum	2,7		0,3		<0,1					
Other VOC	0		1,2		0					
Total VOC	590		217		3					
NH3	152	227	1,8	18	41	>500	0,40	0,40	2,10	0,20
H2S	n.d.	n.d.	17	170	n.d.	n.d.	0,13	0,36	1,02	0,20

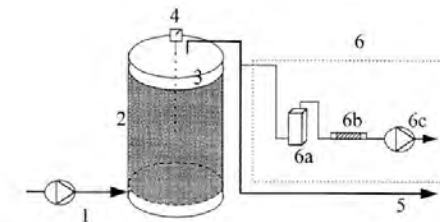


Fig. 1. Set-up of the pilot-scale composting experiment: (1) flow controller and flow meter, (2) composting bin, (3) composting material, (4) temperature probe, (5) effluent air, (6) gas sampling unit, (6a) water cooler, (6b) adsorbent sampling tube, (6c) air pump.

L'emissione cumulata di VOC durante il processo ACP è 200 volte maggiore rispetto alla fase aerobica del CCP.

Le concentrazioni di H₂S sono risultate essere poco significative nei processi aerobici, rilevanti invece le emissioni di NH₃

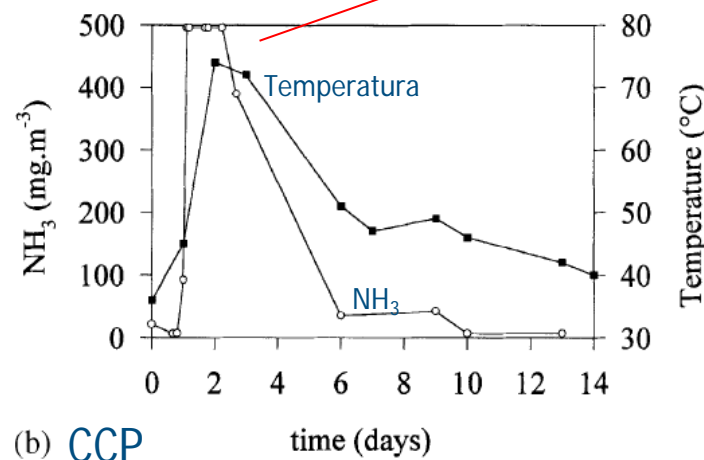
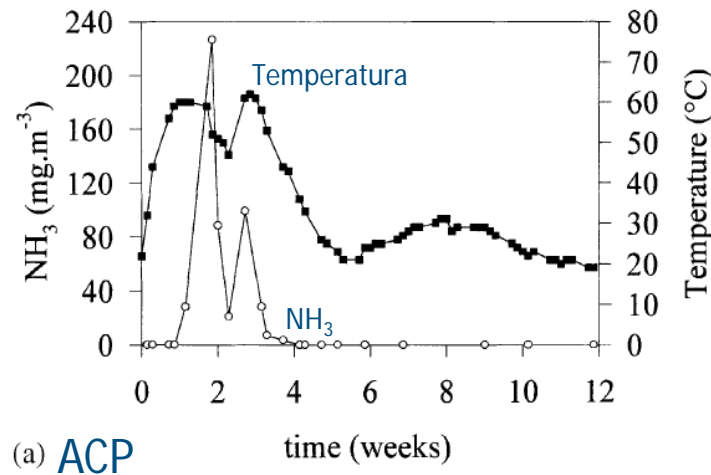
Emissioni diffuse e fuggitive

Atmosfera

Smet et al., 1999

Progetto BIOFAR – Studio della biodegradabilità in fase di conferimento e del carico odorigeno della FOS ed altri rifiuti

ACP-Aerobic composting process
CCP – anerobic/aerobic compostig



Le concentrazioni di ammoniaca risultano essere correlate alla temperatura del materiale in compostaggio.

Risultano molto maggiori nella fase aerobica del processi combinato e non si esauriscono completamente dopo 14 giorni



Emissioni diffuse e fugitive

Atmosfera

Smet et al., 1999
Progetto BIOFAR – Studio della
biodegradabilità in fase di conferimento e del
carico odorigeno della FOS ed altri rifiuti

ACP-Aerobic composting process
CCP – anerobic/aerobic compostig

	ACP		CCP				LFG	Fanghi Civili	FOS 1	FOS 2
	Emission (g ton ⁻¹)	Max conc (mg m ⁻³)	Phase I (g ton ⁻¹)	Biogas (mg m ⁻³)	Phase II (g ton ⁻¹)	Max (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)
Alcohols										
2-propanol	134	95	1,4	14	n.d.	n.d.	0,01	<RL	2,29	1,25
Ethanol	133	194	2,2	22	<0,1	0,2	0,05	0,25	38,24	9,19
Isobutanol	5,8	15	0,4	3,8	<0,1	0,4	<RL	<RL	2,35	2,80
2-butanol	3,7	15	0,4	3,7	n.d.	n.d.	<RL	0,03	9,23	2,65
Other	8,5		0		<0,1					
Sum	285				<0,1					
Carbonyl Compounds										
Acetone	125	114	0,7	7,4	0,2	19	1,04	8,28	7,60	14,69
Butanone	22	61	0,8	7,8	0,1	8,3	2,50	5,26	12,87	9,03
2-Heptanone	1,4	2,4	0,4	3,6	<0,1	0,7				
3-Methylbutanal	4,0	4,0	0,1	1,0	0,1	5,5				
Other	5,6		0,8		0,2					
Sum	158		2,8		0,6					
Terpenes										
Limonene	56	57	68	679	0,7	3,4	18,95	1,00	27,60	13,99
α-Pinene	8,0	6,9	7,7	77	0,1	2,7	8,01	0,14	6,55	0,85
Thujone	6,8	4,9	2,4	23	<0,1	2,0				
P-Cymene	2,9	3,4	123	1233	0,8	5,1				
Other	8,9		4,6		0,5					
Sum	82		206		2,1					
Esters										
Ethyl acetate	35	66	0,3	3,1	<0,1	0,4	<RL	<RL	2,35	0,64
Methyl acetate	9,6	24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<RL	<RL	<RL	<RL
Methyl propionate	2,1	5,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				
Propyl propionate	1,0	2,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				
Other	5,3		0							
Sum	53		0,3		<0,1					
Sulphur compounds										
Dimethyl sulphide	8,2	8,2	0,3	3,3	0,1	0,6	1,04	46,57	9,21	0,125
Dimethyl disulphide	0,4	0,8	0,5	5,4	<0,1	1,3				
Carbon disulphide	0,4	0,4	n.d.	n.d.	<0,1	0,1	0,013	0,12	<RL	<RL
Methyl propyl disulphide	0,2	0,1	0,4	4,3	<0,1	0,1				
Other	0		0,4		0					
Sum	9,2		1,7		0,2					
Ethers										
2-Ethyl furane	1,6	4,0	n.d.	n.d.	<0,1	0,1				
2-Methyl furane	0,9	0,2	0,2	1,6	<0,1	0,2				
Diethyl ether	0,2	0,5	0,1	1,4	n.d.	n.d.				
Sum	2,7		0,3		<0,1					
Other VOC	0		1,2		0					
Total VOC	590		217		3					
NH3	152	227	1,8	18	41	>500	0,40	0,40	2,10	0,20
H2S	n.d.	n.d.	17	170	n.d.	n.d.	0,13	0,36	1,02	0,20

La concentrazione maggiore viene rilevata per il Biogas prodotto dalla prima fase anaerobica del processo CCP, in cui si rilevano elevate concentrazioni di p-cimene. Superamento della soglia olfattiva 0.057 mg m⁻³ (APAT, 2003).

Il dimetilsolfuro risulta essere il composto dominante fra i composti dello zolfo, composti per i quali si riportano in letteratura delle buone correlazioni con le emissioni odorigene.

Inoltre viene superata per ogni campione analizzato la soglia olfattiva di 6 µg m⁻³ (Devos et al., 1990).

I valori maggiori vengono rilevati nei campioni effettuati sui fanghi civili.

Emissioni diffuse e fugitive

Atmosfera

Smet et al., 1999
Progetto BIOFAR – Studio della
biodegradabilità in fase di conferimento e del
carico odorigeno della FOS ed altri rifiuti

	ACP		CCP				LFG	Fanghi Civili	FOS 1	FOS 2
	Emission (g ton ⁻¹)	Max conc (mg m ⁻³)	Phase I (g ton ⁻¹)	Biogas (mg m ⁻³)	Phase II (g ton ⁻¹)	Max (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)	Conc (mg m ⁻³)
Alcohols										
2-propanol	134	95	1,4	14	n.d.	n.d.	0,01	<RL	2,29	1,25
Ethanol	133	194	2,2	22	<0,1	0,2	0,05	0,25	38,24	9,19
Isobutanol	5,8	15	0,4	3,8	<0,1	0,4	<RL	<RL	2,35	2,80
2-butanol	3,7	15	0,4	3,7	n.d.	n.d.	<RL	0,03	9,23	2,65
Other	8,5		0		<0,1					
Sum	285				<0,1					
Carbonyl Compounds										
Acetone	125	114	0,7	7,4	0,2	19	1,04	8,28	7,60	14,69
Butanone	22	61	0,8	7,8	0,1	8,3	2,50	5,26	12,87	9,03
2-Heptanone	1,4	2,4	0,4	3,6	<0,1	0,7				
3-Methylbutanal	4,0	4,0	0,1	1,0	0,1	5,5				
Other	5,6		0,8		0,2					
Sum	158		2,8		0,6					
Terpenes										
Limonene	56	57	68	679	0,7	3,4	18,95	1,00	27,60	13,99
α-Pinene	8,0	6,9	7,7	77	0,1	2,7	8,01	0,14	6,55	0,85
Thujone	6,8	4,9	2,4	23	<0,1	2,0				
p-Cymene	2,9	3,4	123	1233	0,8	5,1				
Other	8,9		4,6		0,5					
Sum	82		206		2,1					
Esters										
Ethyl acetate	35	66	0,3	3,1	<0,1	0,4	<RL	<RL	2,35	0,64
Methyl acetate	9,6	24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<RL	<RL	<RL	<RL
Methyl propionate	2,1	5,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				
Propyl propionate	1,0	2,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				
Other	5,3		0							
Sum	53		0,3		<0,1					
Sulphur compounds										
Dimethyl sulphide	8,2	8,2	0,3	3,3	0,1	0,6	1,04	46,57	9,21	0,125
Dimethyl disulphide	0,4	0,8	0,5	5,4	<0,1	1,3				
Carbon disulphide	0,4	0,4	n.d.	n.d.	<0,1	0,1	0,013	0,12	<RL	<RL
Methyl propyl disulphide	0,2	0,1	0,4	4,3	<0,1	0,1				
Other	0		0,4		0					
Sum	9,2		1,7		0,2					
Ethers										
2-Ethyl furane	1,6	4,0	n.d.	n.d.	<0,1	0,1				
2-Methyl furane	0,9	0,2	0,2	1,6	<0,1	0,2				
Diethyl ether	0,2	0,5	0,1	1,4	n.d.	n.d.				
Sum	2,7		0,3		<0,1					
Other VOC	0		1,2		0					
Total VOC	590		217		3					
NH3	152	227	1,8	18	41	>500	0,40	0,40	2,10	0,20
H2S	n.d.	n.d.	17	170	n.d.	n.d.	0,13	0,36	1,02	0,20

ACP-Aerobic composting process
CCP – anerobic/aerobic compostig

- La **combustione del biogas** comporta una netta **riduzione delle emissioni di composti volatili durante la fase anaerobica** del processo combinato CCP (da 2360 mg m⁻³ a 4.3 mg m⁻³);
- L'aria consumata nella fase aerobica del processo combinato **CCP** risulta 10 volte inferiore a quella consumata nel processo ACP, che comporta un **minor flusso di aria da trattare e quindi una riduzione della superficie del biofiltro**;
- Nella fase aerobica del processo combinato CCP risulta **predominante l'emissione di NH₃** (circa il 93% dei volatili emessi) con elevate concentrazioni (> 500 mg m⁻³) per cui risulta necessario un lavaggio in scrubber preliminare.

Atmosfera

Emissioni diffuse e fuggitive

Regione Emilia Romagna, DGR n.1495 del 16 maggio 2011, *Criteri tecnici per la mitigazione degli impatti ambientali nella progettazione e gestione degli impianti a biogas.*

Misure per la riduzione delle emissioni (preventive):

☐ Misure strutturali

- Stoccaggio dei materiali da inviare a trattamento
- Stoccaggio ed eventuali trattamenti del digestato

☐ Misure gestionali

...

☐ Chiusura delle aree operative destinate alle prime fasi di processo;

☐ Canalizzazione delle arie esauste provenienti da tali aree verso una linea di trattamento odori;

☐ Dimensionamento adeguato dei biofiltri e/o degli scrubber;

☐ La corretta gestione dei sistemi di deodorizzazione.

Atmosfera

E1 Biofiltro

Range ottimali:

- ☐ Porosità del media filtrante (75-90%)
- ☐ Umidità (50-80%)
- ☐ pH (7-8.5)
- ☐ Temperatura (20-40°C)
- ☐ Tempo di contatto adeguato
(80 Nm³ m⁻² h⁻¹)

Characteristic	Description
Filter media	Biologically active, but reasonably stable
	Organic matter content >60 %
	Porous and friable with 75 – 90 % void volume
	Resistant to water logging and compaction
	Relatively low fines content to reduce gas headloss
	Relatively free of residual odour
	Specifically designed mixtures of materials may be desirable to achieve the above characteristics
Moisture content	50 – 80 % by weight
	Provisions must be made to add water and remove bed drainage
Nutrients	Must be adequate to avoid limitations
	Usually not a problem with aerobic digestion gases because of the high NH ₃ content
pH	7 to 8.5
Temperature	Near ambient, 15 – 35 or 40 °C
Gas pretreatment	Humidification could prove to be useful in order to achieve near 100 % inlet gas humidity
	Dust and aerosols may be removed to avoid media plugging, but for most biofilters this is not a problem (unless they have a tissue layer in the bottom)
Gas loading rate	<100 m ³ /h·m ² , unless testing supports higher loadings
Gas residence time	30 - 60 seconds, unless testing supports shorter residence time
Media depth	>1m, <2 m
Elimination capacity	Depends on media and compound (typically in the range 10 – 160 g·m ⁻² ·h ⁻¹)
Gas distribution	The manifold must be properly designed to present a uniform gas flow to the media

Table 4.52: Qualities of biofilter media
[59, Hogg, et al., 2002]

(European Commission, 2006)

Atmosfera

E1 Biofiltro

- ❑ Rimozione del particolato nel gas entrante;
- ❑ Regolazione dell'umidità e della temperatura dell'aria in ingresso;
- ❑ Monitoraggio dell'umidità e della temperatura all'interno del media filtrante;
- ❑ Assicurare una omogenea distribuzione del flusso;
- ❑ Mantenere un'adeguata capacità tampone del mezzo filtrante.

(European Commission, 2006)

Parameter	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) min – max	Effectiveness (%) min – max	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) min – max	Effectiveness (%) min – max	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) min – max	Effectiveness (%) min – max
Acetaldeide	2100 – 2500	78 – 89	46 – 740	89 – 96	4900 – 6100	99
n-Butylacetate	150 – 425	97 – 99	30 – 120	83 – 96	170 – 980	73 – 99
Ethylbenzene	250 – 310	12 – 42	60 – 190	27 – 61	250 – 740	16 – 43
2-Ethyltoluene	180 – 220	33 – 41	25 – 105	14 – 89	80 – 270	25 – 55
3,4-Ethyltoluene	480 – 640	23 – 45	70 – 260	38 – 96	230 – 1000	48 – 77
Limonane	1700 – 4300	29 – 40	810 – 2200	94 – 98	1300 – 3700	30 – 63
Toluene	490 – 550	16 – 39	130 – 280		460 – 1000	7 – 36
m/p-Xylene	850 – 1400	9 – 42	280 – 620	30 – 71	720 – 2000	19 – 45
o-Xylene	260 – 290	23 – 41	60 – 150	7 – 63	160 – 650	20 – 45
Acetone	2450 – 2900	99 – 100	1200 – 2800	99 – 100	4700 – 8200	93 – 97
2-Butanone	960 – 2800	99 – 100	80 – 770	94 – 99	370 – 11000	95 – 100
Ethanol	5200 – 5300	100	88 – 750	94 – 99	14000 – 18000	100
α -Pinene	370 – 700	8 – 44	280 – 790	53 – 83	560 – 930	5 – 39
β -Pinene	330 – 800	12 – 44	120 – 300	53 – 81	230 – 490	38 – 49

Table 4.54: Concentration ranges for some parameters of the exhaust air from MBTs, showing the retention efficiency of the biofilter for these compounds
[132, UBA, 2003], [150, TWG, 2004]

400/300 OU_E/m^3
 $\text{NH}_4 < 5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$

(Linee Guida Regionali)

Composto odoroso	Tasso di rimozione %
Aldeidi	92-99,9
Ammine, ammidi	92-99,9
Ammoniaca	92-95
Benzene	>92
Limonane	96
Monossido di carbonio	90
Dimetilsulfide	91
Etanolo, di acetile, metilacetilcarbinolo	96
Acido solfidrico	98-100
Isobutano, n-butano	95-98
Mercaptani	92-95
Acidi organici	99,9
Solfuri e disolfuri organici	90-99,9
Idrocarburi poliaromatici	95-100
Propano	92-98
Diossido di zolfo	97-99
Terpeni	>98

(Gruppo Tecnico Ristretto Gestione Rifiuti, 2006)

Atmosfera

**E2
MCI**

(Møller J. et al., 2010)

Table 9.6.5 Emissions from combustion of biogas in stationary engines <25 MW (data from DMU, 2003).

Compounds	Emission factor (g/GJ of energy produced)
CH ₄	323
N ₂ O	0.5
CO	273
NO _x	540
SO ₂	19.2
TSP (Total suspended particulate matter)	2.63
PM10 (Particulate matter<10µm)	0.451
PM2.5 (Particulate matter<5µm)	0.206
Benzo(a)pyrene	1*10 ⁻⁶
Benzo(b)fluoranthene	1*10 ⁻⁶
Benzo(k)fluoranthene	0.4*10 ⁻⁶
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1.1*10 ⁻⁶

Dispositivi di sicurezza

- T=900°C
- Tempo residenza = 0.3 sec
- Composti dello zolfo nel biogas < 50ppm

Tecniche di abbattimento delle emissioni (pre o post):

- Riduzione emissioni di H₂S depurando il biogas mediante sali di ferro all'interno del digestore o mediante l'ossidazione biologica con aggiunta controllata di ossigeno;
- Riduzione selettiva catalitica degli NO_x;
- Ossidazione termica per ridurre CO e idrocarburi;
- Utilizzo della filtrazione mediante carboni attivi.

Parameter	Biogas	Exhaust gas
AOX	<150	
CO		100 – 650 ¹
Dust		<10 – 50
NO _x		100 – 500 ²
H ₂ S		<5
HCl		<10 – 30
HF		<2 – 5
Hydrocarbons		<50 – 150
SO ₂		<50 – 500

Data in mg/Nm³ at 5 % O₂

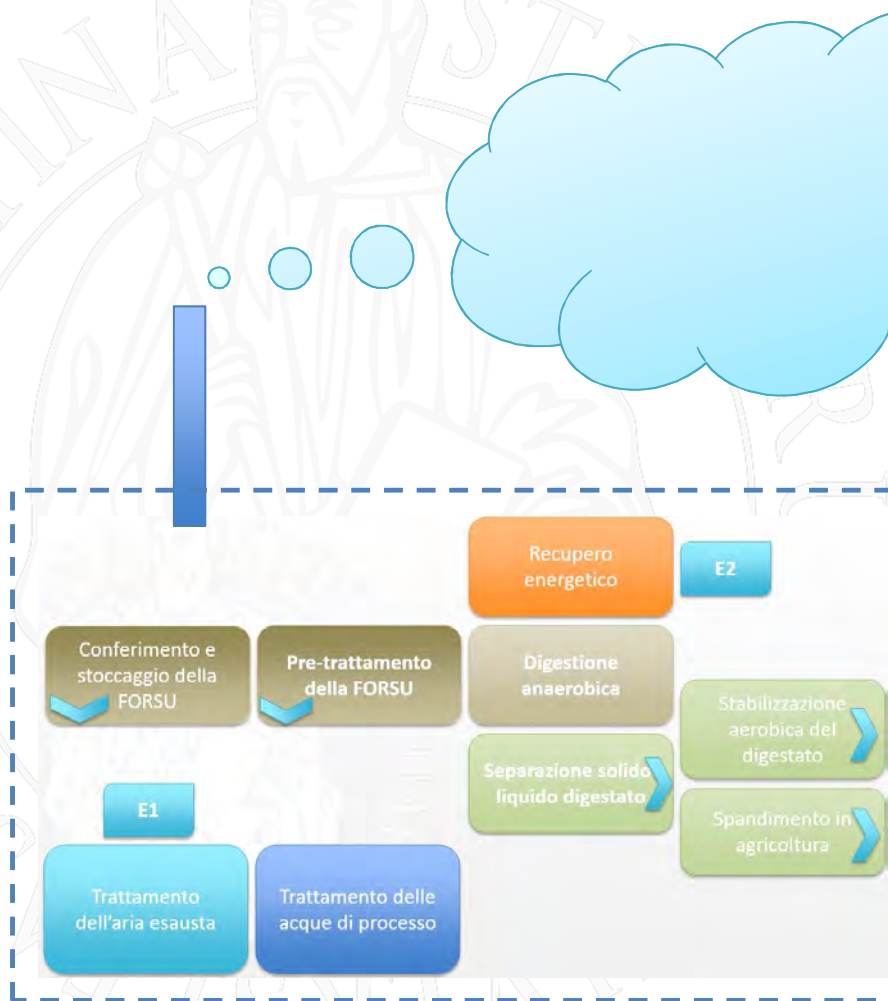
¹ when using spark ignition engines with low heat capacity (e.g. <3 MW_{th}) the value of 650 may be difficult to achieve. In those cases, 1000 can be seen as more achievable.

² when using pilot injection engines with a low firing capacity (e.g. <3 MW) the achieved values are 1000. The lower end of the range can only be achieved with abatement

Table 4.16: Achieved emission values with the use of good engines and abatement techniques [54, Vrancken, et al., 2001], [117, DG Env, 2001], [132, UBA, 2003], [150, TWG, 2004]

(European Commission, 2006)

Atmosfera



Component	Emissions concentration	Unit	Specific emission (g/tonne of waste)	Specific emissions (g/MJ of methane)
Flue-gas				11000 Nm ³ /t
Methane	Fugitive	vol-%	0 – 411	0.1
CO ₂	31 – 35.2	vol-%	181000 – 520000	85
CO			72.3	0.25
NO _x			10 – 72.3	
NH ₃	Fugitive			
N ₂ O			0	0.2
SO _x			2.5 – 30	0.15
H ₂ S	284 – 289	mg/Nm ³	0.033	
TOC (VOC)			0.0023	
PM (e.g. bioaerosol)				
Odour	626	GE/Nm ³		
Chloroform	2	µg/Nm ³		
Benzene	50 – 70	µg/Nm ³		
Toluene	220 – 250	µg/Nm ³		
Ethylbenzene	610 – 630	µg/Nm ³		
m+p+o xylene	290 – 360	µg/Nm ³		
Halogenated HC and PCBs			0.00073	
Dioxins/furans (TEQ)			(0.4 – 4) · 10 ⁻⁸	
Total chlorine	1.5	µg/Nm ³		
HCl			0.011	
HF			0.0021	
Cd			9.4 · 10 ⁻⁷	
Cr			1.1 · 10 ⁻⁷	
Hg			6.9 · 10 ⁻⁷	
Pb			8.5 · 10 ⁻⁷	
Zn			1.3 · 10 ⁻⁷	

Fugitive means that fugitive emissions of these components occur but no data have been provided to quantify it

Table 3.18: Examples of gaseous emissions from anaerobic plants
[33, ETSU, 1998], [54, Vrancken, et al., 2001], [56, Babbie Group Ltd, 2002], [59, Hogg, et al., 2002], [150, TWG, 2004]

(European Commission, 2006)

Atmosfera

Emissioni odorigene

Regione Emilia Romagna, DGR n.1495 del 16 maggio 2011, *Criteri tecnici per la mitigazione degli impatti ambientali nella progettazione e gestione degli impianti a biogas*.

Campagna di rilevamento delle emissioni odorigene per 2 anni dall'entrata in funzione dell'impianto:

- ☐ secondo la UNI EN 13725/2004;
- ☐ Campionamento alle sorgenti più impattanti;
- ☐ Campionamento a monte e a valle dell'impianto in direzione prevalente dei venti.

Regione Lombardia, DGR n.IX-3018 del 15 febbraio 2012, *Linee guida per la caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno*.

Qualità dell'aria	CH ₄ [mg/Nm ³]
	NH ₃ [mg/Nm ³]
	H ₂ S [mg/Nm ³]
	Odore [OU _E /m ³]
	Mercaptani [mg/Nm ³]
	Terpeni [mg/Nm ³]
	Polveri totali [mg/Nm ³]

Atmosfera

Emissioni odorigene

Regione Emilia Romagna, DGR n.1495 del 16 maggio 2011, *Criteri tecnici per la mitigazione degli impatti ambientali nella progettazione e gestione degli impianti a biogas.*

Campagna di rilevamento delle emissioni odorigene per 2 anni dall'entrata in funzione dell'impianto:

- ☐ secondo la UNI EN 13725/2004;
- ☐ Campionamento alle sorgenti più impattanti;
- ☐ Campionamento a monte e a valle dell'impianto in direzione prevalente dei venti.

Regione Lombardia, DGR n.IX-3018 del 15 febbraio 2012, *Linee guida per la caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno.*

Emissioni fuggitive

Programma di manutenzione periodica delle apparecchiature, valvole, pompe, compressori, flange ecc. finalizzato all'**individuazione e riparazione delle perdite.**

In particolare nelle **tubazioni di adduzione del biogas** dai digestori:

- Misure di controllo: verifiche visive tramite check-list giornaliera;
- Misure di prevenzione: manutenzione preventiva

Atmosfera

Emissioni convogliate

E1 Biofiltro

Punto campionamento	Parametro
Condotta adduzione al trattamento aria	Portata [Nm ³ /h]
	Temperatura [°C]
Condotta adduzione al biofiltro	Umidità relativa [%]
Superficie del biofiltro	H ₂ S [mg/Nm ³]
	NH ₃ [mg/Nm ³]
	VOC [mg/Nm ³]
	Polveri totali [mg/Nm ³]
	Odore [OU _E /m ³]
	Mercaptani [mg/Nm ³]
	Acidi organici
	Ammine
Campionamento massa filtrante	pH
	Umidità

E2 MCI

Punto campionamento	Parametro
Camino	Portata [Nm ³ /h]
	Temperatura [°C]
	Umidità relativa [%]
	O ₂ [mg/Nm ³]
	Velocità fumi [m/s]
	Polveri totali [mg/Nm ³]
	NO _x [mg/Nm ³]
	SO _x [mg/Nm ³]
	CO [mg/Nm ³]
	TOC [mg/Nm ³]
	HF [mg/Nm ³]
	HCl [mg/Nm ³]

Acqua



Acqua

Consumi

- ❑ Consumi «accessori» 78 i/t
(European Commission, 2006)
- ❑ Consumi per il trattamento
(Bilanci di massa)

Tecnologia	Umido, CSTR	Secco, Batch	Semi-Secco, PFR
INPUT-DA			
FORSU [kg]	1000	1000	1000
Acqua Industriale [kg]	5	0	16
Acqua di ricircolo [kg]	2203	11	64

TS=1%-2%

Acqua

Scarichi

Tecnologia	Umido, CSTR	Secco, Batch	Semi-Secco, PFR
OUTPUT-Sovvalli			
Scarti a smaltimento (DA) [kg]	176 FL=126 FP=12 I=38	164	550
Scarti a smaltimento (SA) [kg]	0	104	Plastiche 1.5
Reflui [kg]	444	11	259

Simili a quelli da trattamento aerobico, ma maggiori volumi e più concentrati

☐ Acque meteoriche (acque chiare)

- tetti
- dilavamento strade e piazzali

☐ Acque ad uso civile (acque nere)

☐ Percolati e colaticci

- stoccaggi (elevata umidità del rifiuto conferito)
- acque provenienti dal trattamento ad umido delle emissioni gassose (spurgo scrubber, percolati biofiltri)
- acque di lavaggio degli automezzi, delle macchine e dei piazzali

☐ **Acque di processo** dalla disidratazione del digestato

Acqua

Scarichi

Acque di processo

(Møller J. et al., 2010)

Table 9.6.6 Chemical composition of dewatered digestate and press water from anaerobic digestion of biowaste.

	One-stage, thermophilic, "dry" digestion plant in Kaiserslautern, Germany ^{a)}	One-stage, thermophilic, "wet" digestion plant in Elsinore, Denmark ^{b)}
	Dewatered digestate	Press water
TS	44%	2.7 %
VS	38% of TS	
COD		45 g/l
pH	8.3	
NH ₄ -N	2.43 g/kg ww	3.2 g/l
Total P		215 mg/l
Pb	54 mg/kg TS	2.61 mg/l
Cd	0.76 mg/kg TS	0.030 mg/l
Ni	16 mg/kg TS	1.4 mg/l
Hg	0.42 mg/kg TS	0.026 mg/l
Zn	205 mg/kg TS	10.8 mg/l
Cr		9.9 mg/kg TS
Cu		76 mg/kg TS
AOX (adsorbable organic halogen compounds)	107 mg/kg TS	
LAS		100 mg/kg TS
PAH		0.47 mg/kg TS
NPE		5.3 mg/kg TS
DEHP		61 mg/kg TS

a) From Schmidt *et al.* (2001). Of 1 tonne of biowaste 330 kg was removed during pre-treatment; 386 kg and 186 kg ended up as dewatered digestate and press water, respectively.

b) From Jansen (1996). Approx. 930 l of liquid digestate was produced per tonne of biowaste. The plant is no longer operating.

Components	Units	Dry systems	Wet systems	Amount (g) ¹
Waste water flow	m ³ /t			0.47
COD	mg O ₂ /l	20000 – 40000	6000 – 24000	20 - 530
BOD	mg O ₂ /l	5000 – 10000	2500 – 5000	
Ammonia				1 – 160
Nitrate				1 – 10
Total N	mg N/l	2000 – 4000	800 – 1200	
Total P				
Cl				
Sulphate				1 – 5
As				
Cd				
Cr				
Cu				
Hg				
Ni				
Pb				
Zn				

¹ Based on 261 litres of waste water/tonne waste (possibly to be reduced to 211 litres by means of a partial re-use of the water used for the production of polymer solution). The range depends on the type of waste water treatment applied

Table 3.19: Typical waste water characteristics from anaerobic digestion

[59, Hogg, et al., 2002], [33, ETSU, 1998], [56, Babtie Group Ltd, 2002], [66, TWG, 2003]

(European Commission, 2006)

Parametri da monitorare per l'ottimizzazione delle performance dell'impianto, da misurare in ingresso e in uscita al digestore:

TOC, Azoto Totale, Fosforo Totale, Cloruri

Fattori di Interferenza



Fattori di Interferenza

Traffico

L'impianto può determinare un **aumento del volume di traffico** sulla viabilità generale dovuto alla movimentazione del materiale in ingresso e/o in uscita dall'impianto stesso



Valutazione di come verrà influenzata la viabilità rispetto alle condizioni precedenti all'installazione dell'impianto

Rumore

Fonti di rumore:

- Apparecchiature utilizzate nelle varie sezioni
- Moduli di cogenerazione
- Traffico veicolare



- Individuazione delle possibili **sorgenti** (posizione, tipo e durata del ciclo di funzionamento, tipo di rumore, contributo complessivo)
- Mappare i **livelli di rumore** nell'ambiente
- Insonorizzazione delle macchine che superano i limiti
- Moduli di cogenerazione in sala motori
- Collocazione delle macchine principalmente all'interno dei capannoni
- Insonorizzazione delle macchine esterne

Fattori di Interferenza

Digestato $\approx 100 - 500 \text{ kg/t}$

Tecnologia	Umido, CSTR	Secco, Batch	Semi-Secco, PFR
INPUT-SA			
Digestato disidratato [kg]	262	511	127
Materiale strutturante [kg]	148	0	91
Materiale strutturante ricircolo [kg]	43	246	44

Feedstock	Units	N	P	K	Mg	Ca
Biowaste/RDF	% of TS	1.2	0.68	0.74		0
Source sep. MSW	% of DM	1.90	0.66	0.63	-	-
Source sep. MSW	ppm	20.0	11.9	14.7	11.6	49.7
Source sep. MSW	ppm	11	8	10	-	-
Organic fraction MSW	ppm	1 – 1.3	6 – 12	8 – 12	17 – 26	60 – 110
Fruit/veg from market	ppm	21.9	9.5	10.5	4.7	-
Unsorted MSW	ppm	11	8	10	-	-
Unsorted MSW	ppm	19	13	15	3.67	-

Table 3.30: Chemical characteristics of anaerobic digestate
[59, Hogg, et al., 2002], [150, TWG, 2004]

(European Commission, 2006)

Fattori di Interferenza

Digestato

Tambone et al., 2010

Mineralizzazione
della sostanza
organica durante i
processi biologici

	TS	VS	TOC	TKN	NH ₃ -N	NH ₃ -N	Org-N	C:N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ABP
	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[% TKN]	[g kg ⁻¹ TS]		[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[NI kg ⁻¹ VS]
I1	110	823	451	55	17	32	37	12	15	27	649
I2	112	873	482	32	8	26	24	20	10	16	732
I3	123	920	510	39	19	48	20	25	12	18	714
Ingestato	115	872	481	42	15	35	27	19	12	20	698
D1	45	707	397	135	87	63	48	8	17	59	399
D2	38	685	384	145	97	68	48	8	21	48	396
D3	31	681	378	151	98	65	53	7	35	58	372
Digestato	38	691	386	144	94	65	50	8	24	55	389
C1	769	362	184	12	1	10	11	17	6	9	517
C2	731	679	284	19	2	10	17	16	29	21	323
C3	711	415	200	17	2	10	15	13	31	16	472
Compost	737	485	223	16	2	10	14	15	22	15	437
DS1	176	765	412	73	14	19	59	7	52	5	438
DS2	145	743	363	55	10	19	45	8	50	7	385
DS3	185	682	357	50	9	18	41	9	40	4	359
DS4	131	660	340	50	9	19	41	8	42	6	394
Fanghi	159	713	368	57	11	19	47	8	46	6	394

$D > DS > I > C$
Effetto di
concentrazione
dell'azoto della
digestione anaerobica

Strippaggio durante
i processi aerobici

Stabilità biologica
 $D \approx DS > C > I$

Fattori di Interferenza

Digestato

Tambone et al., 2010

	TS	VS	TOC	TKN	NH ₃ -N	NH ₃ -N	Org-N	C:N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ABP
	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[% TKN]	[g kg ⁻¹ TS]		[g kg ⁻¹ TS]	[g kg ⁻¹ TS]	[NI kg ⁻¹ VS]
I1	110	823	451	55	17	32	37	12	15	27	649
I2	112	873	482	32	8	26	24	20	10	16	732
I3	123	920	510	39	19	48	20	25	12	18	714
Ingestato	115	872	481	42	15	35	27	19	12	20	698
D1	45	707	397	135	87	63	48	8	17	59	399
D2	38	685	384	145	97	68	48	8	21	48	396
D3	31	681	378	151	98	65	53	7	35	58	372
Digestato	38	691	386	144	94	65	50	8	24	55	389
C1	769	362	184	12	1	10	11	17	6	9	517
C2	731	679	284	19	2	10	17	16	29	21	323
C3	711	415	200	17	2	10	15	13	31	16	472
Compost	737	485	223	16	2	10	14	15	22	15	437
DS1	176	765	412	73	14	19	59	7	52	5	438
DS2	145	743	363	55	10	19	45	8	50	7	385
					9	18	41	9	40	4	359
					9	19	41	8	42	6	394
					11	19	47	8	46	6	394

Ammendante compostato misto	Limite (D.Lgs.75/2010)	Digestato D	Compost C
Umidità	< 50 % p/p	3,8	73,7
pH	[6,0 – 8,5]	-	-
TOC	> 20 % p/ss	38,6	22,3
Acidi umici e fulvici	> 7% p/ss	-	-
N-org	> 80%TN p/ss	35*	92*
C/N	< 25	8	15

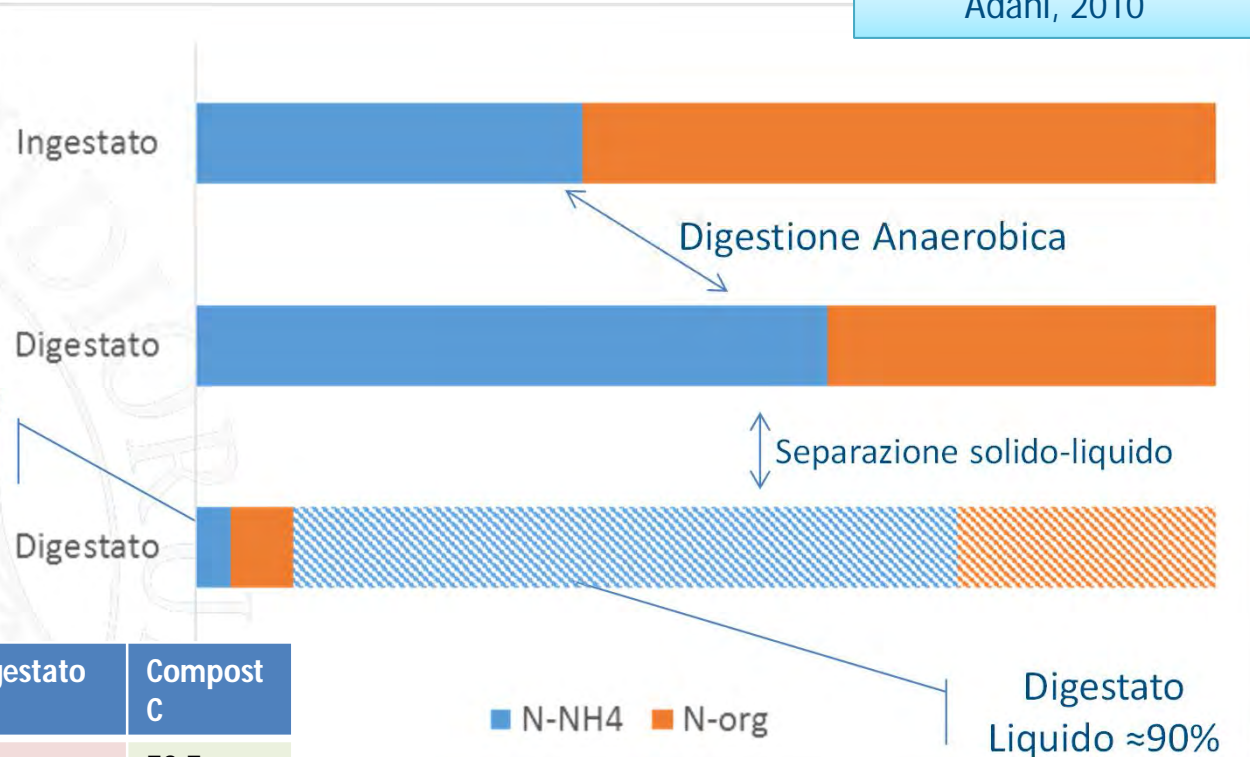
*calcolato come N-org/TKN

Fattori di Interferenza

Digestato

Adani, 2010

Digestato
Solido
≈1%



Ammendante compostato misto	Limite (D.Lgs.75/2010)	Digestato D	Compost C
Umidità	< 50 % p/p	3,8	73,7
pH	[6,0 – 8,5]	-	-
TOC	> 20 % p/ss	38,6	22,3
Acidi umici e fulvici	> 7% p/ss	-	-
N-org	> 80%TN p/ss	35*	92*
C/N	< 25	8	15

*calcolato come N-org/TKN

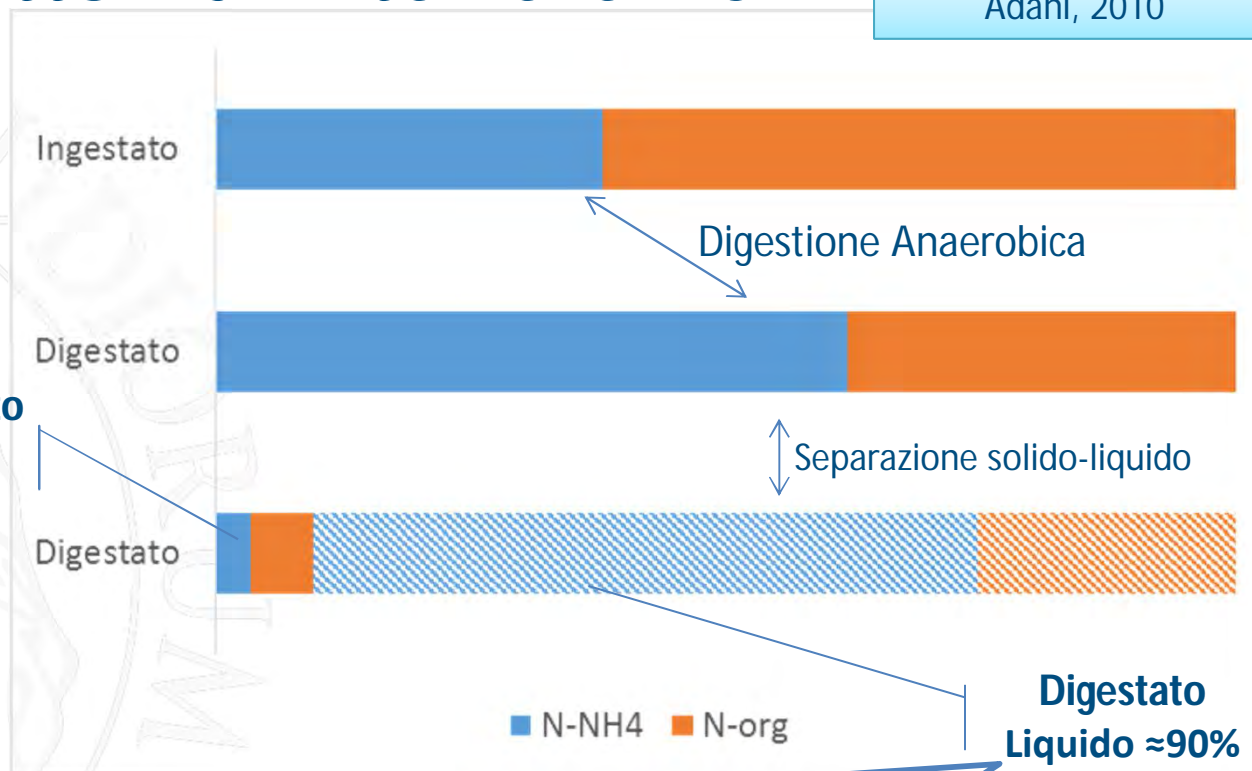
Fattori di Interferenza

Adani, 2010

Digestato

Buone proprietà
ammendanti,
soprattutto se
ulteriormente
trattato in
compostaggio

**Digestato
Solido
≈1%**



**Digestato
Liquido ≈90%**

- Ricco di elementi nutritivi in forma minerale N-NH₄, H₃PO₄ e altre forme di P, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e SO₄²⁻ -> assimilabile ad un fertilizzante minerale in soluzione acquosa
- Elevato titolo di azoto ammoniacale (<75%) ed un elevato rapporto N/P che ne permetterebbero l'utilizzo in totale equivalenza e sostituzione dei fertilizzanti minerali azotati

Fattori di Interferenza

Digestato

ARPA - Prov.Bologna, 2014

Monitoraggio conoscitivo della composizione chimico-fisica e microbiologica del digestato prodotto da impianti a biogas

- Ottenere un quadro analitico maggiormente definito, la vigente norma sia a livello nazionale che regionale non fornisce indicazioni specifiche relativamente ai limiti di accettabilità per il loro utilizzo in agricoltura, rendendo di fatto problematico il controllo fiscale da parte degli organi di vigilanza
- insiliati (1), insilati + sottoprodotti di origine vegetale (3), insilati + sottoprodotti + liquame (1)
- Parametri chimico-fisici (compresi microinquinanti organici) e Parametri microbiologici, marzo-maggio 2013, 9 campioni
- Per tutti i parametri chimico fisici indagati sono stati rilevato valori ampiamente al di sotto dei limiti fissati dalle normative prese a riferimento; in molti campioni, i parametri presentavano concentrazioni inferiori ai limiti della rilevabilità strumentale
- Assenza dei due microrganismi indagato negli impianti con fase termofila; concentrazioni minime negli impianti mesofili, sempre comunque ampiamente inferiori ai valori limite del DLgs n. 99/92.

Fattori di Interferenza

Rifiuti

Fractions suitable for energy recovery	Specific amounts (kg per tonne MSW)	Heating value (MJ/kg)	
		Lower	Higher
Biogas ¹	117.5 (75 – 364 Nm ³)	15.4	16.8
Light residue	37.3	12.4	21.5
RDF	257.2	17	25.8
Wood-like fraction	14	4.9	10.0

¹ This lower yield is mainly explained by the higher content of non-degradable material (sand). Yields may vary from season to season (higher yields during autumn/winter).

Table 3.26: Expected waste OUT (based on the standard composition of waste) from the installation
[54, Vrancken, et al., 2001], [59, Hogg, et al., 2002]

(European Commission, 2006)

Tecnologia	Umido, CSTR	Secco, Batch	Semi-Secco, PFR
OUTPUT-Sovvalli			
Scarti a smaltimento (DA) [kg]	176 FL=126 FP=12 I=38	164	550
Scarti a smaltimento (SA) [kg]	0	104	Plastiche 15
Reflui [kg]	444	11	259

Frazione Leggera (TS>30% p/p)
Frazione Pesante (TS>60% p/p)
Inerti, Frazione Sabbiosa (TS>70% p/p)
SMALTIMENTO?

Plastiche ed inerti
Sovvallo vaglio a tamburo (>100mm)
SMALTIMENTO

Sovvallo da pressoestrusore
SMALTIMENTO

Fattori di Interferenza

Rifiuti

Progetto BIO-FIPLAS

Studio della biodegradabilità della frazione leggera proveniente da vagliatura idromeccanica da FORSU contenente bioplastiche.
(Pecorini et al., 2014)

Obiettivi del Progetto BIO-FIPLAS:

- ☐ Caratterizzare la **Frazione Leggera**
- ☐ Valutare possibili trattamenti per **ridurre i costi di smaltimento** ed **aumentare l'efficienza** del processo di DA, in particolare secondo la gerarchia Europea nella gestione dei rifiuti urbani



Obiettivi specifici dei test:

- ☐ Valutare le **tempistiche di attivazione** di processi aerobici di degradazione;
- ☐ Valutare la **riduzione del peso e del volume** del campione sottoposto al test;
- ☐ Caratterizzare la frazione leggera prima e dopo il test per valutarne la «compostabilità», la **stabilità biologica** e la **variazione del contenuto energetico**.

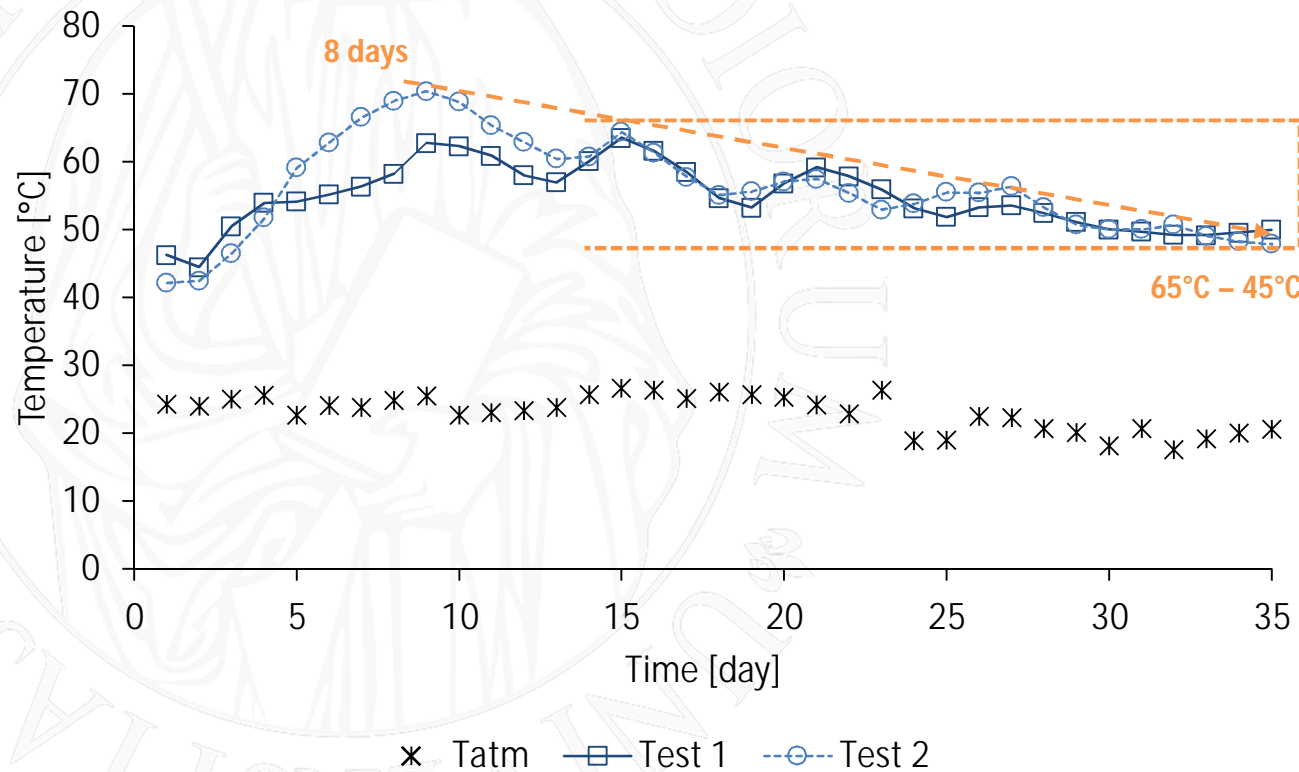


Fattori di Interferenza

Rifiuti

Progetto BIO-FIPLAS

Studio della biodegradabilità della frazione leggera proveniente da vagliatura idromeccanica da FORSU contenente bioplastiche.
(Pecorini et al., 2014)



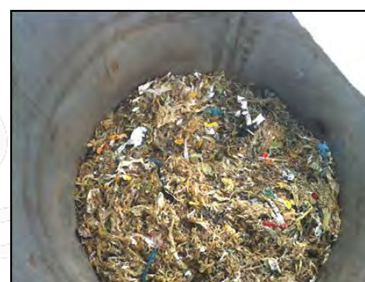
Fattori di Interferenza

Rifiuti

Progetto BIO-FIPLAS

Studio della biodegradabilità della frazione leggera proveniente da vagliatura idromeccanica da FORSU contenente bioplastiche.

(Pecorini et al., 2014)



Test1 48%

Test2 47%

Weight loss

Biogas production (gas generation sum)
under anaerobic conditions in 21 days

LFin = $316 \pm 74 \text{ NI kg}_{\text{vs}}^{-1}$

LF Test1 = $194 \pm 12 \text{ NI kg}_{\text{vs}}^{-1}$

LF Test2 = $167 \pm 16 \text{ NI kg}_{\text{vs}}^{-1}$

Real Dynamic Respiration Index

LFin = $1900 \text{ mgO}_2\text{h}^{-1}\text{kg}_{\text{vs}}^{-1}$

LF Test1 = $1060 \text{ mgO}_2\text{h}^{-1}\text{kg}_{\text{vs}}^{-1}$

LF Test2 = $839 \text{ mgO}_2\text{h}^{-1}\text{kg}_{\text{vs}}^{-1}$

Lower heating value

LFin = $10455 \pm 331 \text{ kJ kg}^{-1}$

LF Test1 = $25787 \pm 765 \text{ kJ kg}^{-1}$

LF Test2 = $24735 \pm 1256 \text{ kJ kg}^{-1}$

Fattori di Interferenza

Rifiuti

Progetto BIO-FIPLAS

Studio della biodegradabilità della frazione leggera proveniente da vagliatura idromeccanica da FORSU contenente bioplastiche.
(Pecorini et al., 2014)



Principali conclusioni:

- ❑ Le temperature rilevate hanno mostrato la presenza di processi di degradazione per almeno 5 settimane, dimostrando una sostanziale mantenimento di **processi di bioessiccazione**;
- ❑ Sono state rilevate **significative riduzioni di volume e peso**, che corrispondono ad inferiori costi di smaltimento;
- ❑ Si rileva inoltre un **aumento della stabilità biologica** ed un **incremento del potere calorifico** e quindi una riduzione degli impatti sull'ambiente se conferito in discarica e la possibilità di avviarlo a recupero energetico;
- ❑ Ulteriori indagini devono essere effettuate per valutare una possibile **applicazione full-scale, in particolare rispetto ai bilanci energetici e ai costi.**

Fattori di Interferenza

**Consumi
Energia**

**Produzione
Energia**

Energia Elettrica \approx 20-60% dell'energia elettrica prodotta

Energy type	kWh per tonne MSW	Source
Electricity input	50 – 55	Own production (biogas engine)

Table 3.15: Electricity consumption and production
[54, Vrancken, et al., 2001], [59, Hogg, et al., 2002], [66, TWG, 2003]

(European Commission, 2006)

29.1 Nm³
55% CH₄

Energia Termica \approx 30% del biogas prodotto

Tecnologia	Umido, CSTR	Secco, Batch	Semi-Secco, PFR
ENERGIA - produzione			
EE [kWhel/t]	268	79	131
ET [kWhel/t]	168	83	146
ENERGIA – consumo			
EE [kWhel/t]	75 (27%)	67 (84%)	40 (30%)
ET [kWhel/t]	70 (41%)	np	30 (21%)

Bibliografia

European Commission, 2006. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Treatment Industries.
<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> (Ultimo accesso Marzo 2015).

Gruppo Tecnico Ristretto Gestione Rifiuti, 2006. Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nella categoriae IPPC: 5 Gestione dei Rifiuti (Impianti di trattamento meccanico biologico).

Møller J., Christensen T.H. and la Cour Jansen J., Anaerobic Digestion: Mass Balances and Products. In Christensen T.H. editor. Solid Waste Technology and Management, Volume 2. Wiley Publisher. 2010. ISBN: 978-1-4051-7517-3.

Linee guida regionali <http://www.compost.it/norme-regionali.html>

Tambone, F., Genevini, P., D'Imporzano, G., Adani, F., 2009. Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. Bioresour. Technol. 100, 3140–3142.

Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Lacort, P., Van Gemert, L.J., 1990. Standardized Human Olfactometry Thresholds. IRL Press at Oxford University Press, Oxford.

Smet E., Van Langenhove H.V., De Bo I., 1999. The emission of volatile compounds during the aerobic and the combined anaerobic/aerobic composting of biowaste. Atmospheric Environment 33, 1295-1303.

Fulvia Tambone, Barbara Scaglia, Giuliana D'Imporzano, Andrea Schievano, Valentina Orzi, Silvia Salati, Fabrizio Adani, 2010. Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. Chemosphere 81, 577-583.

APAT, Manuali e Linee Guida 19/2003 : Metodi di misura delle emissioni olfattive.

Hudson N., Ayoko G.A., Dunlop M., Duperouzel D., Burrell D., Bell K., Gallagher E., Heinrich N. Comparison of odour emission rates measured from various sources using two sampling devices (2008) Bioresource Technology, 100 (1) , pp. 118-124.

I. Pecorini, D. Bacchi, A. Corti and E. Carnevale (2014), Study of the biodegradability of the light fraction from an hydropulper pretreatment of municipal solid waste containing compostable plastic material. Proceedings of VENICE 2014, fifth International symposium on energy from biomass and waste. Venezia, Italy; 17-10 November 2014. Padova CISA Publisher ISBN: 978-88-6265-085-4.

ARPA, 2014. Monitoraggio conoscitivo della composizione chimico-fisica e microbiologica del digestato prodotto da impianti a biogas.

D'Imporzano, G., Adani, F., 2009. Digestato: criteri di valutazione per il riutilizzo in agricoltura, una proposta del Gruppo RICICLA del Di.Pro.Ve



Grazie per l'attenzione!

Ing. Donata Bacchi, Ph.D. student

donata.bacchi@unifi.it

WVG-DIEF, Waste Valorization Group - Dipartimento di Ingegneria Industriale di Firenze



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIEF
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
INDUSTRIALE

Atmosfera

Emissioni diffuse e fuggitive

EMISSIONI DIFFUSE: emissioni causate dal contatto diretto di un materiale volatile o leggermente polveroso con l'ambiente in condizioni o operazioni normali. Le emissioni diffuse possono essere puntuali, lineari, superficiali o di volume.

EMISSIONI FUGGITIVE: emissioni che si hanno nell'ambiente a seguito di una graduale perdita di tenuta di una componente, progettato per contenere un fluido (liquido o gassoso).

**DIFFUSE AREALI
CON FLUSSO
PROPRIO**



CAPPA STATICA
sorgenti areali con un flusso
emissivo proprio
Isola una parte di superficie e
permette di convogliare il
flusso nel condotto di uscita

**DIFFUSE AREALI PRIVE DI
FLUSSO PROPRIO (CAPPE A
FLUSSO)**



WIND TUNNEL
sorgenti areali senza flusso emissivo proprio
Simula la condizione di flusso parallelo senza
rimiscelamento verticale: una corrente di aria
orizzontale raccoglie i composti odoriferi
volatilizzati generando l'emissione di odore

**SORGENTI
PUNTUALI**



**Pompa a
depressione**



**Pompa di campionamento
aria ambiente**