



Università degli studi di Verona -
Dipartimento Scientifico e
Tecnologico

Università "Ca' Foscari" di
Venezia- Dipartimento di Scienze
Ambientali



RECUPERO ENERGETICO DALLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI: CODIGESTIONE TERMOFILA SU SCALA PILOTA IN FASE SINGOLA ED A FASI SEPARATE

C. Cavinato ², P. Pavan ¹, G. Carletti ^{2,3}, F. Fatone ², F. Cecchi ²

¹Dipartimento di Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari Venezia, Dorsoduro, 2137, I-30123, Venezia, Italia

²Dipartimento Scientifico e Tecnologico, Università degli studi di Verona, Strada le Grazie, 15, I-37134, Verona, Italia

³Consorzio Interuniversitario "Chimica per l'Ambiente" (INCA) via delle Industrie, 21/8 Marghera, Venezia, Italia

IX Congresso annuale INCA

"Verso il 7° programma quadro dell'Unione Europea"

1-2 marzo 2007, Pisa



"VERSO IL SETTIMO PROGRAMMA QUADRO"



PRIORITA'
TEMATICA

ENERGIA

" [...] si propone di adeguare l'attuale sistema energetico rendendolo maggiormente sostenibile, meno dipendente da combustibili importati, fondato su una gamma diversificata di fonti di energia, in particolare fonti rinnovabili, vettori energetici e fonti non inquinanti [...]"

PRIORITA' DI
RICERCA

Produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili
Tecnologie destinate a rafforzare l'efficienza generale di conversione, il rapporto costi-efficienza e l'affidabilità, riducendo il costo della produzione di elettricità da fonti energetiche rinnovabili interne, compresi i rifiuti, e per lo sviluppo e la dimostrazione di tecnologie adatte a condizioni regionali diverse.

CONTESTO NORMATIVO ITALIANO



Attuazione del Decreto 22/97, che comporta la creazione di flussi di rifiuti suddivisi in classi merceologiche omogenee: si vengono a creare flussi di materiale organico ad alta biodegradabilità.

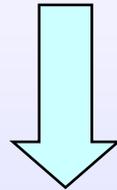
Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152
favorire la riduzione dello smaltimento finale attraverso:
L'utilizzo dei rifiuti come mezzo per produrre energia

Necessità di fonti di energia rinnovabile

CONTESTO NORMATIVO ITALIANO



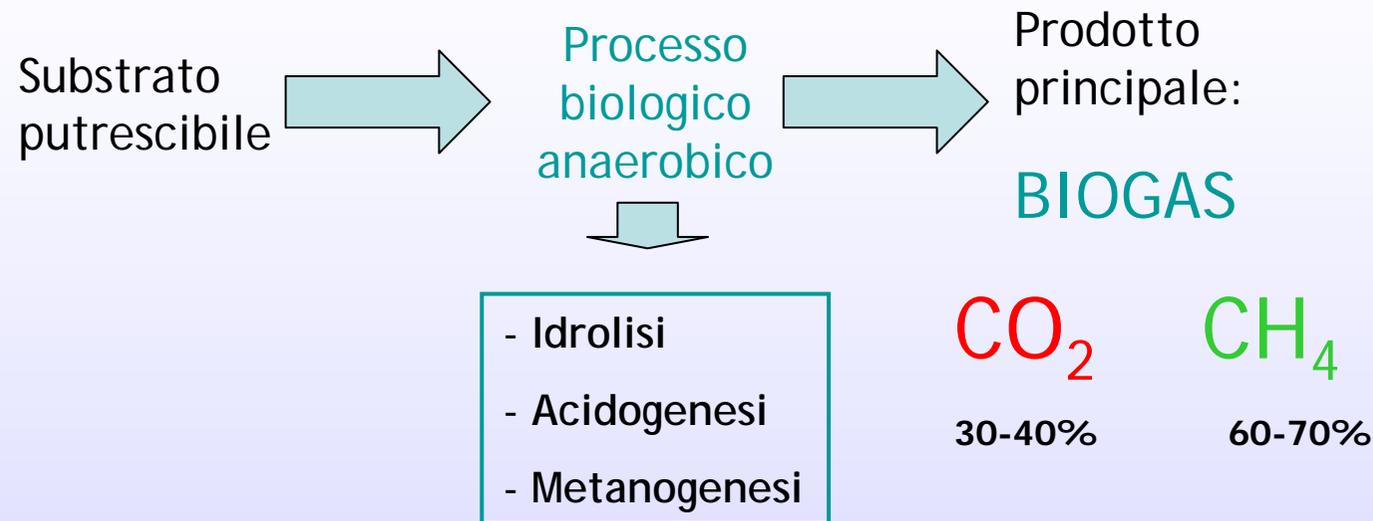
La necessità di rimuovere biologicamente i nutrienti (D.lgs 152/99), porta ad evitare l'uso della sedimentazione primaria; ne segue che i digestori anaerobici operano generalmente a basso carico ($< 1 \text{ kgVS/m}^3\text{d}$) ed il fango biologico è già parzialmente stabilizzato.



basse produzioni specifiche di gas:
 $0,1 - 0,2 \text{ m}^3/\text{kgVSfed}$

**In Europa esistono
circa 36000
digestori anaerobici
per la
stabilizzazione di
soli fanghi**

La codigestione anaerobica consente un recupero energetico e contemporaneamente favorisce la riduzione e stabilizzazione del rifiuto.



- riduzione del contenuto organico grazie alla conversione in prodotti gassosi
- produzione di biogas, una fonte di energia utilizzabile
- attenuazione degli odori molesti
- riduzione della quantità dei batteri patogeni (in condizioni di termofilia)

OBIETTIVI



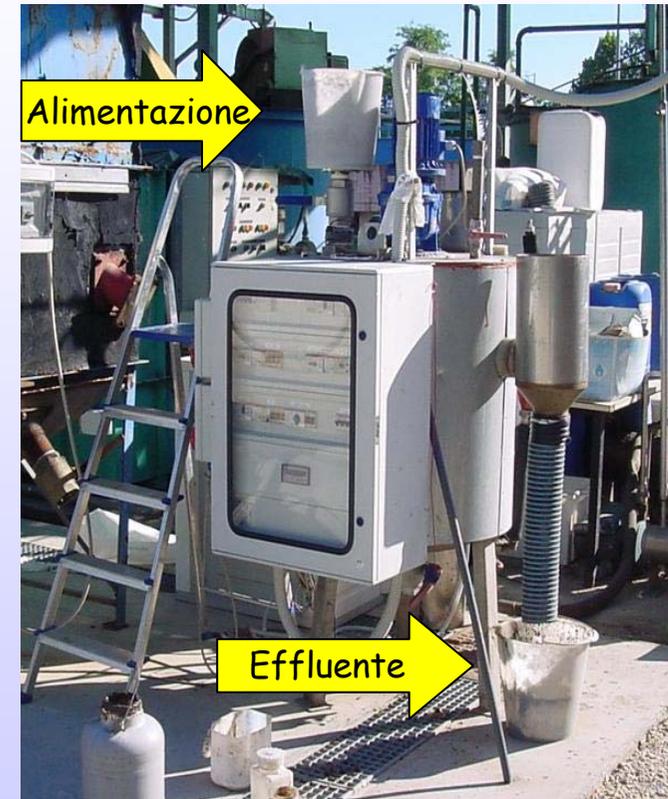
- valutare la stabilità e le rese del processo di codigestione anaerobica termofila in **fase singola** al variare del carico organico applicato;
- valutare la stabilità e le rese del processo di codigestione anaerobica termofila a **fasi separate** al variare del carico organico applicato;
- confrontare le rese del processo di codigestione anaerobica nelle due configurazioni;
- valutare la possibilità di implementare il processo su impianti esistenti attualmente funzionanti con soli fanghi di supero.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA: FASE SINGOLA



I substrati vengono alimentati, in modo semicontinuo, in un reattore di tipo CSTR del volume di 200 L

La temperatura di esercizio è di 55°C



DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA: FASI SEPARATE



I substrati vengono alimentati, in modo semicontinuo, in un reattore di tipo CSTR del volume di 200 L, dove permangono per 24 h.

In questa fase le sostanze complesse vengono idrolizzate e vengono sintetizzati gli acidi grassi (VFA).

La temperatura di esercizio è di 55°C

PRIMA FASE



DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA: FASI SEPARATE



Dopo 24 h il substrato idrolizzato viene trasferito nel secondo CSTR, del volume di 450 L tramite una pompa a membrana.

In questo reattore gli acidi grassi vengono metabolizzati dai batteri, con produzione di biogas.

La temperatura di esercizio è di 55°C

SECONDA FASE



La gestione del processo è basata sul controllo di alcuni parametri operativi, suddivisi in parametri di gestione, di resa e di stabilità:



Parametri di gestione:

Tempo di ritenzione idraulica (HRT)	d
Carico organico applicato (OLR)	kgTVS _a /m ³

Parametri di stabilità:

pH	
Alcalinità	mgCaCO ₃ /L
Acidi grassi volatili (VFA)	mgCOD/L
Ammoniaca	mgN-NH ₃ /L

Parametri di resa:

Produzione specifica di biogas (SGP)	m ³ _b /kgTVS _a
Velocità di produzione di biogas (GPR)	m ³ _b /m ³ _r d
Efficienza di rimozione TVS	%

CONDIZIONI OPERATIVE: FASE SINGOLA



START-UP		→ solo fango (10 L)
Periodo I	OLR = 2 kgTVS/m ³ d	→ 10 L fango + 1.3 kg FORSU
Periodo II	OLR = 4 kgTVS/m ³ d	→ 10 L fango + 2.6 kg FORSU
Periodo III	OLR = 6 kgTVS/m ³ d	→ 10 L fango + 4.7 kg FORSU

	START UP	Periodo I	Periodo II	Periodo III
OLR (kgTVS/m ³ _r d)	0.71	2.19	3.97	6.18
HRT (d)	20	18	16	14
Temperatura (°C)	55	55	55	55

CONDIZIONI OPERATIVE: FASI SEPARATE



START-UP		→ solo fango (50 L)
Periodo I	OLR = 3 kgTVS/m ³ d	→ 50 L fango + 4 kg FORSU
Periodo II	OLR = 7 kgTVS/m ³ d	→ 50 L fango + 9.2 kg FORSU
Periodo III	OLR = 10 kgTVS/m ³ d	→ 50 L fango + 15.4 kg FORSU

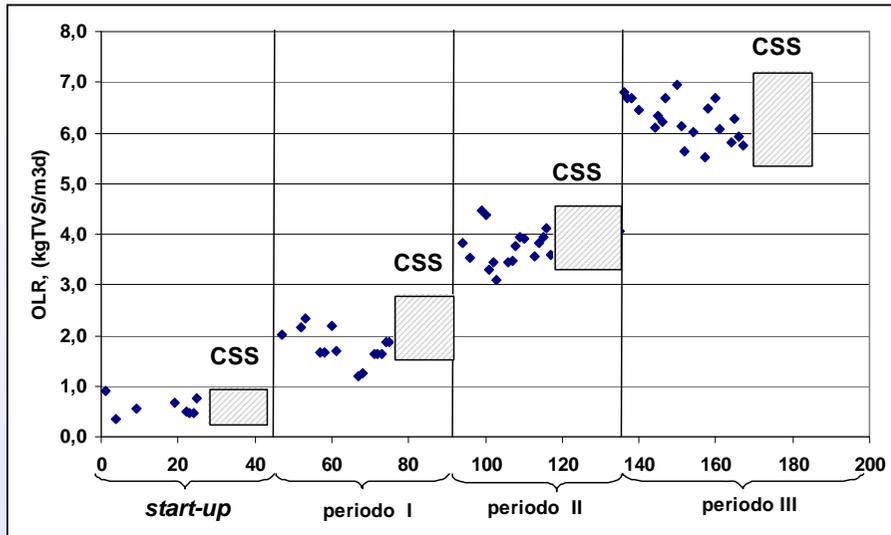
	STAT UP	Periodo I	periodo II	periodo III
OLR 1° fase (kgTVS/m ³ ,d)	13.71	26.05	52.74	77.52
OLR 2 a fase (kgTVS/m ³ ,d)	1.52	3.13	7.18	10.56
HRT 1° fase (d)	1	1	1	1
HRT 2° fase (d)	9.0	8.3	7.6	6.9
Temperatura (°C)	55	55	55	55

CARATTERISTICHE DEL SUBSTRATO ALIMENTATO



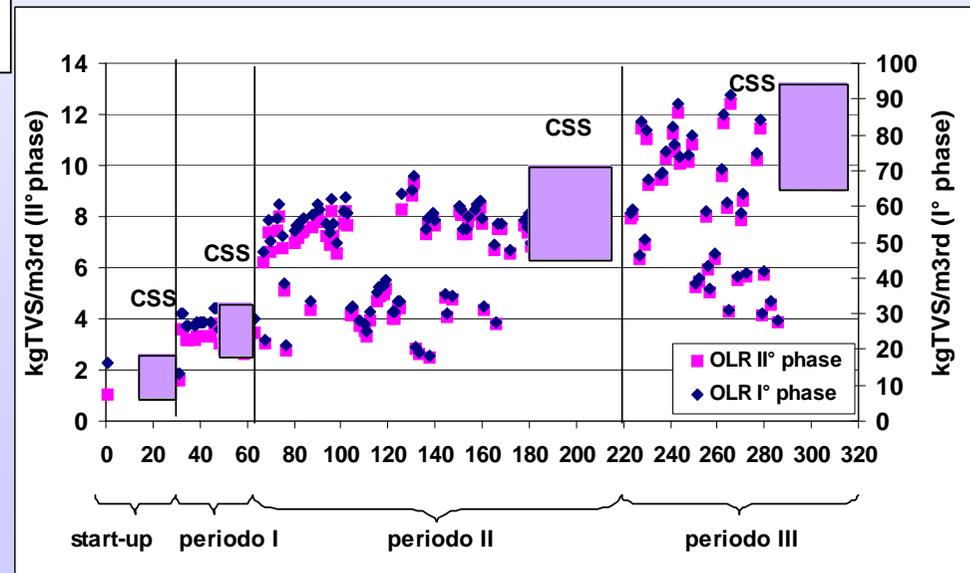
N°CAMPIONI	FASE SINGOLA				FASI SEPARATE			
	30				100			
FANGO DI SUPERO								
	media	min	max	s.d.	media	min	max	s.d.
TKN (mgN/ gTS)	48.29	35.78	61.67	14.34	52.34	41.07	65.31	13.41
Ptot (mgP/gTS)	14.41	9.91	19.80	3.95	16.25	14.92	17.91	1.50
COD (mgCOD/ gTS)	697	427	960	193	940	298	1444	257
TS (g/kg)	29.9	22.5	38.4	5.1	25.2	21.6	32.2	3.5
TVS (g/kg)	18.70	14.36	24.46	3.86	15.62	26.18	19.69	1.57
%TVS	62.70	56.70	73.93	6.23	62.34	59.84	64.68	1.96
FORSU								
TKN (mgN/gTS)	29.3	17.1	36.8	7.0	29.8	25.7	33.5	4.9
Ptot (mgP/gTS)	5.42	3.10	7.96	2.62	3.40	3.15	3.61	0.32
COD(mgCOD/gTS)	891	783	981	85	865	721	1096	96
TS (g/kg)	253.2	189.3	310.7	42.9	261.7	222.5	296.1	13.2
TVS (g/kg)	202.80	155.73	42.56	29.23	222.92	190.65	248.19	19.94
%TVS	80.9	70.0	90.1	7.1	84.5	19.7	88.6	3.5

PARAMETRI DI GESTIONE: CARICO ORGANICO APPLICATO



FASE SINGOLA

FASI SEPARATE

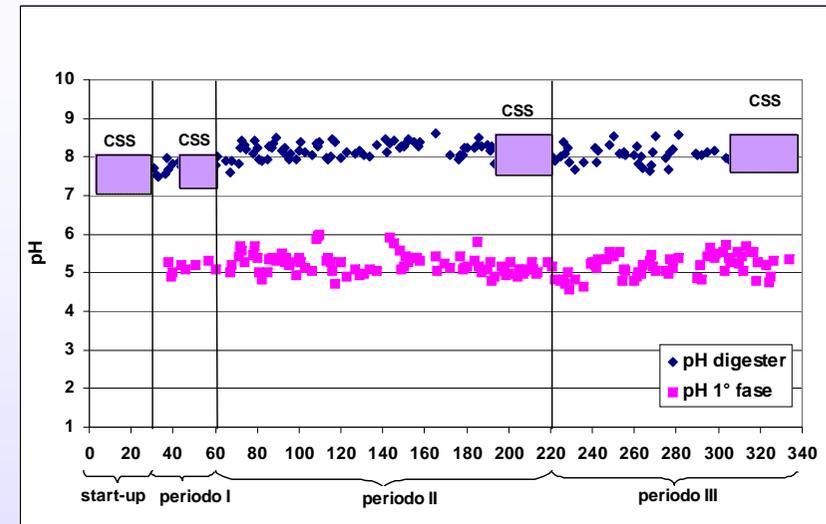
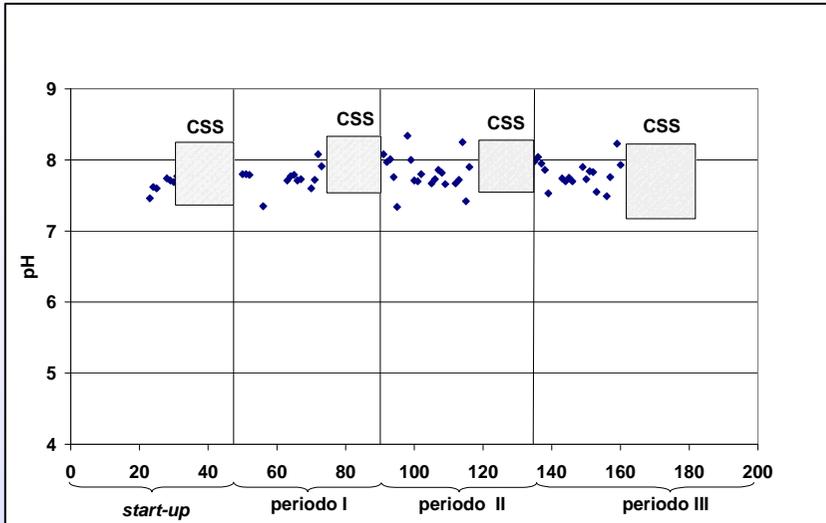


PARAMETRI DI STABILITA': pH e Ammoniaca

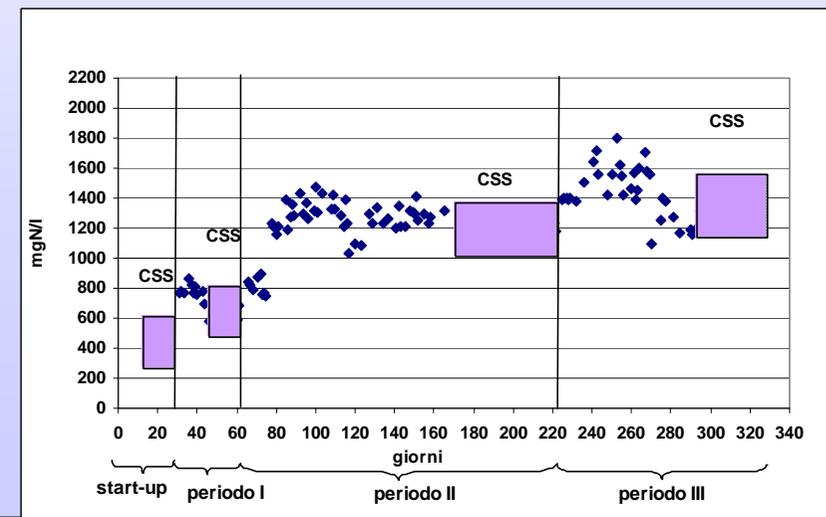
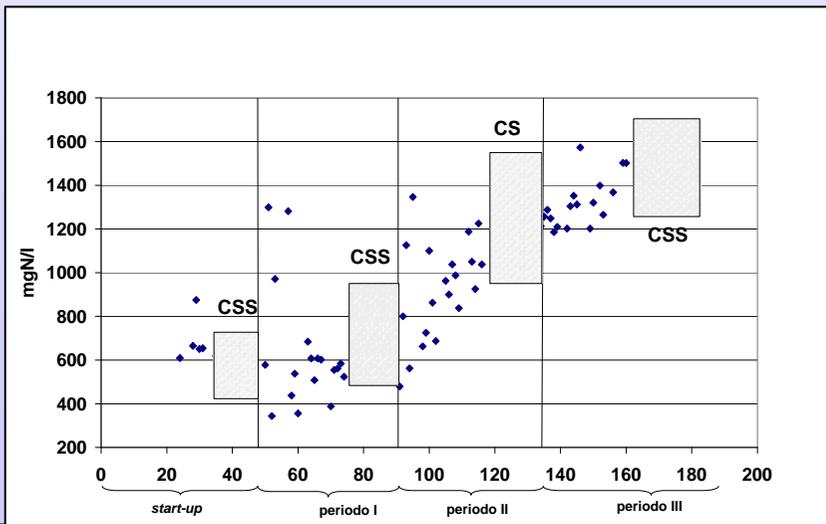


FASE SINGOLA

FASI SEPARATE



pH

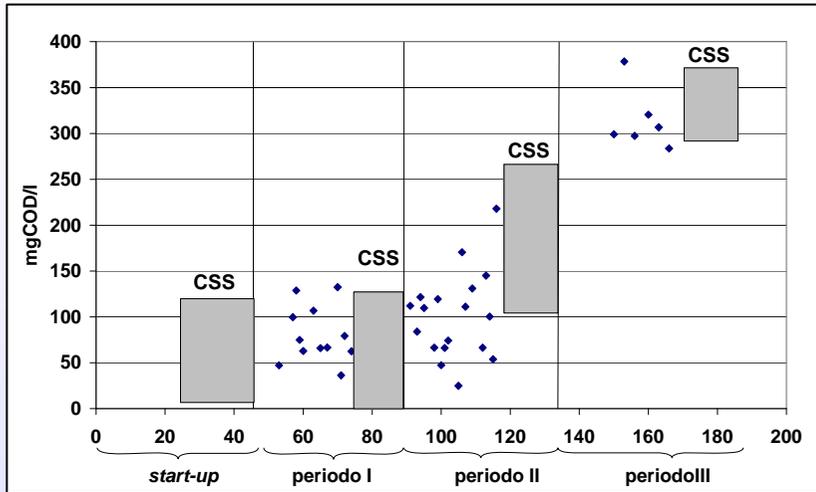


Ammoniaca

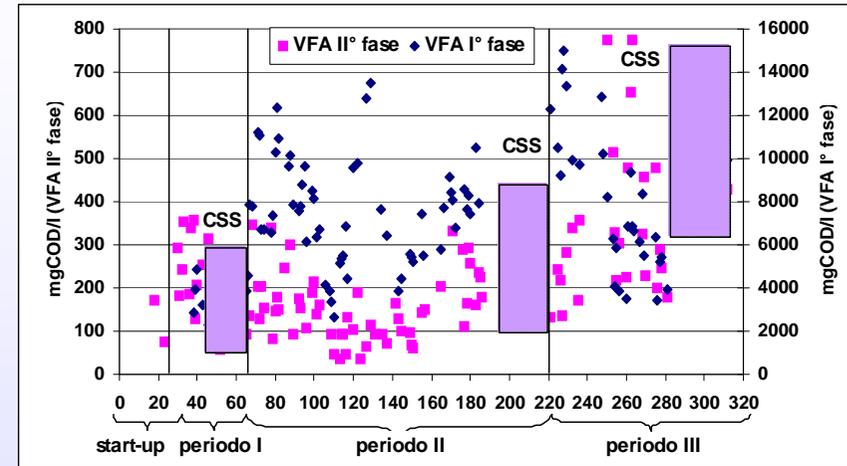
PARAMETRI DI STABILITA': VFA ed Alcalinità



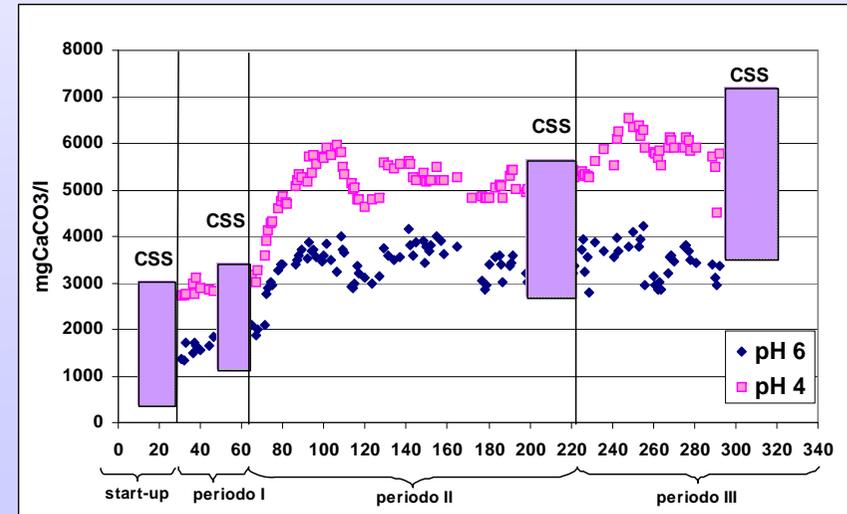
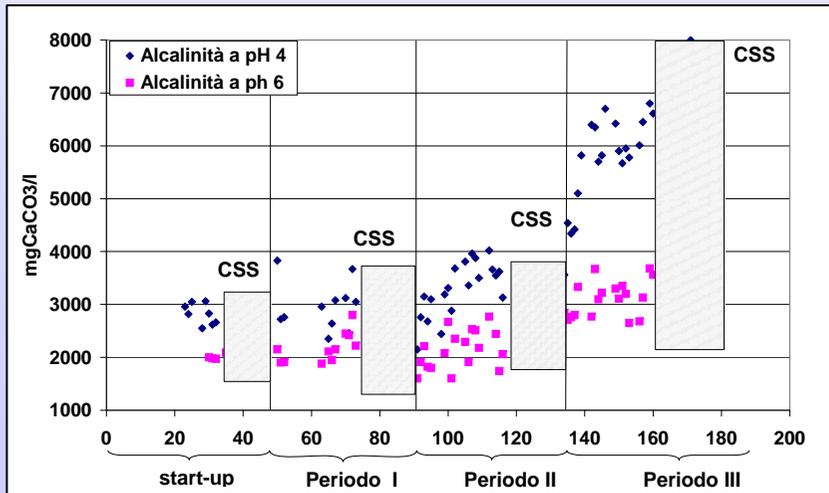
FASE SINGOLA



FASI SEPARATE



VFA



alcalinità

RESE DEL PROCESSO



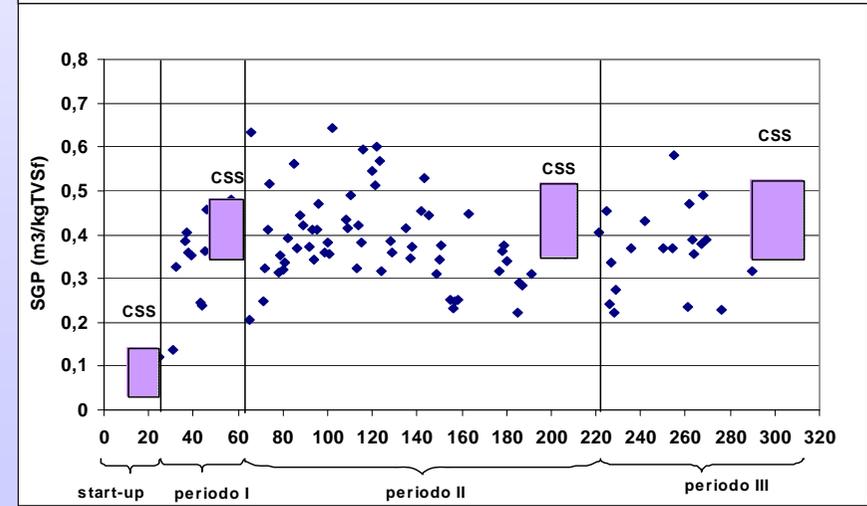
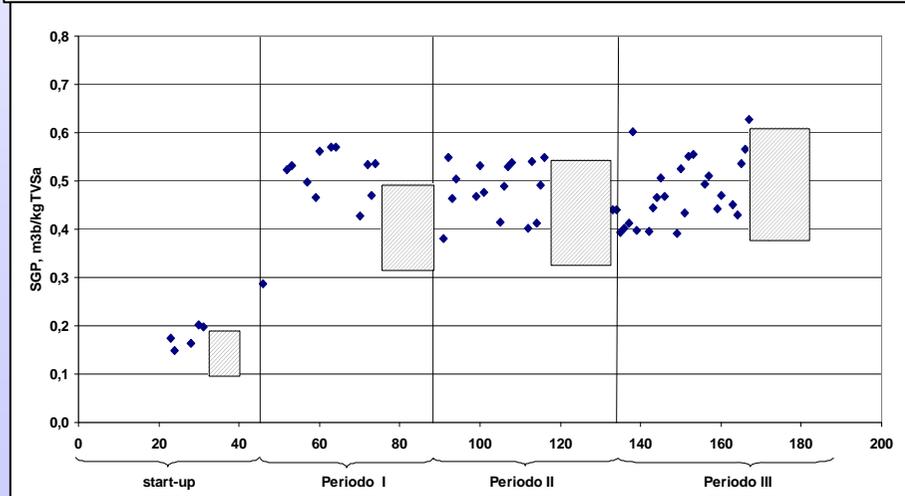
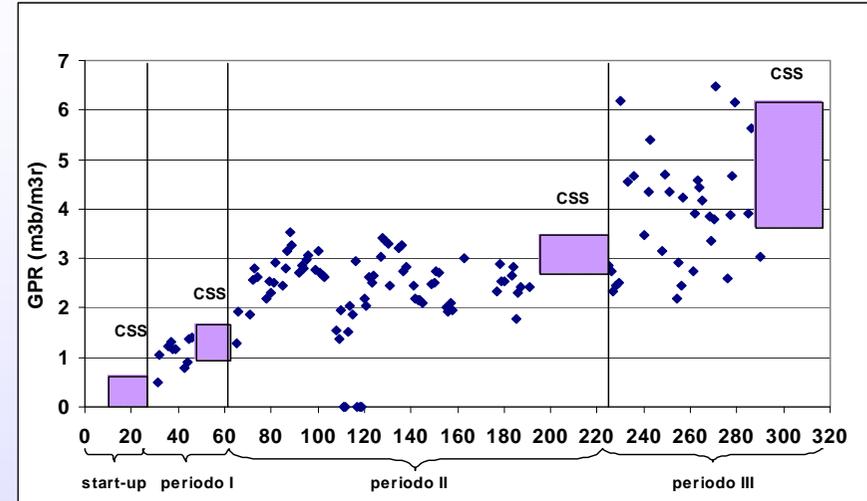
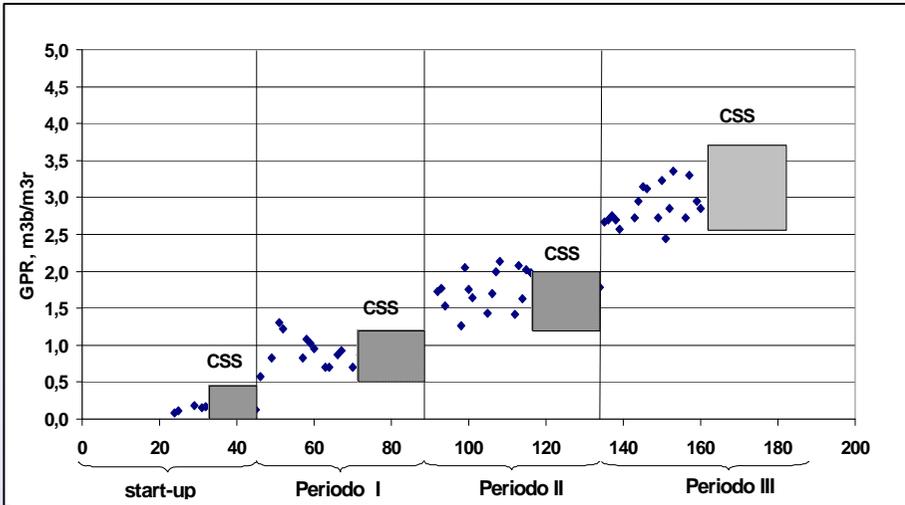
<i>parametro</i>	FASE SINGOLA				FASI SEPARATE			
	Start up	I	II	III	Start up	I	II	III
$GPR, m^3_{biogas}/m^3_{reactor}d$	0,12	0,85	1,65	3,12	0,15	1,27	3,03	4,59
$SGP, m^3/kgTVS_{feed}$	0,16	0,41	0,42	0,51	0,10	0,41	0,42	0,43
$CH_4, \%$				67		73	72	70

RESE DEL PROCESSO



FASE SINGOLA

FASI SEPARATE



G
P
R

S
G
R

POTENZIALITA' APPLICATIVE DEL PROCESSO



Applicando il risultato ottenuto nell'ultima condizione operativa a fasi separate ($4,59 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{d}$) ad un digestore reale di medie dimensioni (2000 m^3 di volume utile) si otterrebbe una produzione di oltre 9000 m^3 di biogas al giorno, rispetto ai $400\text{-}500 \text{ m}^3/\text{d}$ raggiungibili con i soli fanghi. Tradotto in termini energetici, ciò corrisponde ad una produzione di $20,5 \text{ MWh/d}$ di energia elettrica, oltre ai recuperi termici.

CONCLUSIONI



In termini di stabilità entrambe le configurazioni hanno dimostrato di essere in grado di sopportare l'aumento di carico con l'aggiunta della FORSU: tutti i parametri rientrano tra i valori tipici di questo processo;

Il confronto tra il processo in fase singola ed a fasi separate dimostra che a condizioni simili di carico organico non ci sono differenze sostanziali; a carichi organici elevati invece probabilmente la fase di idrolisi favorisce un miglior contatto tra substrato e biomassa nello step successivo, con una conseguente elevata produzione di biogas;

L'implementazione del processo a fase singola non richiede l'aggiunta di altre strutture e permette comunque di raggiungere elevate produzioni di biogas: l'unico limite applicativo potrebbe derivare da aspetti connessi alla fluidodinamica e all'impatto del maggiore tenore in secco delle portate da movimentare sull'elettromeccanica preinstallata

L'utilizzo di un fermentatore permetterebbe invece di trattare quantità maggiori di rifiuto senza avere particolari problemi di movimentazione grazie alle caratteristiche del substrato ottenuto dalla fase idrolitica.



*Università degli studi di Verona -
Dipartimento Scientifico e
Tecnologico*

*Trattamenti industriali delle
acque - A. A. 2005/2006*

*Università "Ca' Foscari" di
Venezia- Dipartimento di Scienze
Ambientali*



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**