



UNIVERSITÀ
CA' FOSCARI
VENEZIA

I processi di produzione di biopolimeri da flussi di scarto: le logiche di implementazione industriale



SETTIMANA EUROPEA PER
LA RIDUZIONE DEI RIFIUTI



Prof. Paolo Pa
Dipartimento di Scienze Ambientali
Informatica e Statistica – D
Ca' Foscari – Ve

Obiettivi trattamento/valorizzazione rifiuti - l'asse centrale

- ▶ Verso la produzione “0 waste” (ovvero circolarità dei flussi di massa, chiusura dei cicli)
- ▶ Recupero di materiali con maggiore valore aggiunto
- ▶ Recupero di energia da rifiuto
- ▶ Preservare la discarica da materiale putrescibile

DUE GRANDI FLUSSI DI MASSA CARICHI DI CARBONIO DI DIFFICILE GESTIONE CON SMALTIMENTI MASSIVI:

FORSU

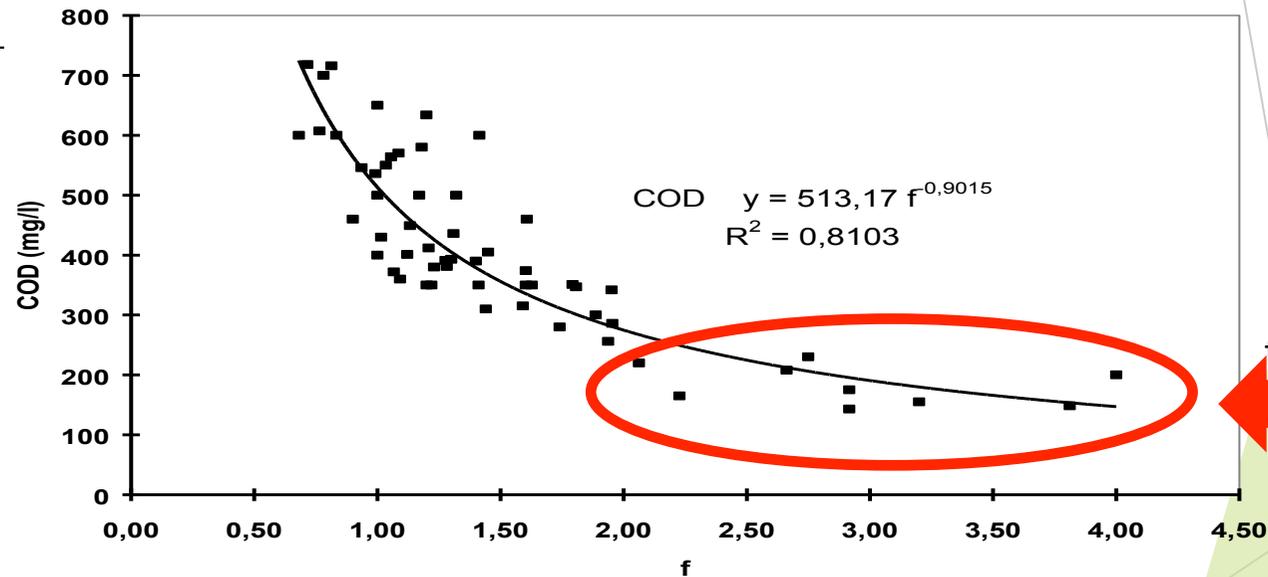


FANGHI DI DEPURAZIONE

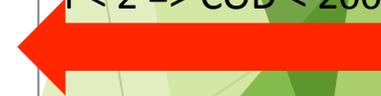


Problemi di carbonio: solo una frazione degli impianti di depurazione ne riceve a sufficienza

$$f = \frac{Q}{\alpha \cdot DI \cdot P}$$



$f < 2 \Rightarrow COD < 200$



In parallelo, la gestione della frazione umida dei RSU.

Nel passato:



Improvvisamente cambia TUTTO:



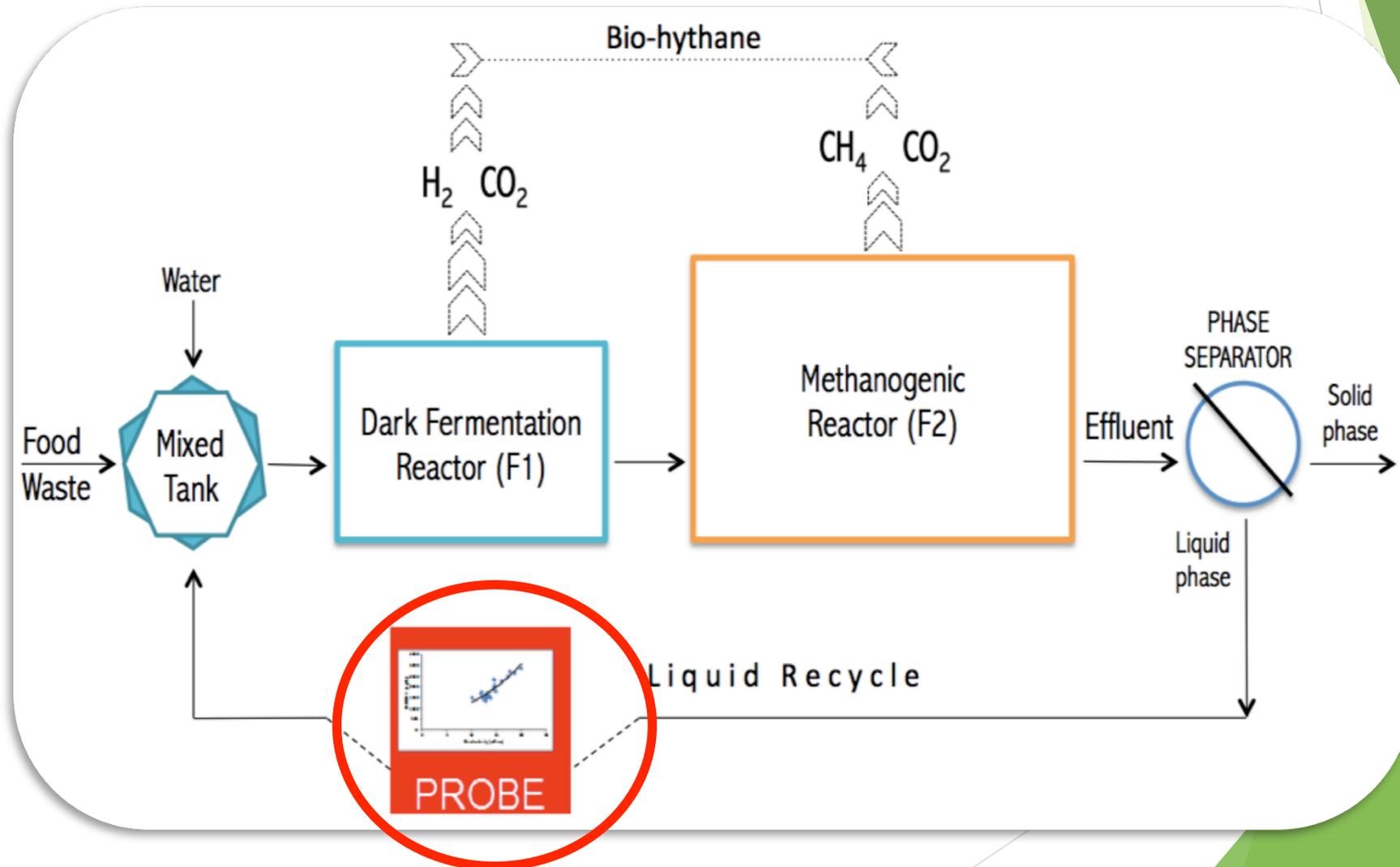
| Rifiuto: | TS, g/Kg | TVS, %TS | N, %TS | P, %TS |
|---------------|----------|----------|--------|----------|
| meccanico | 500-700 | 40-50 | 1,5-3 | 0,05-0,2 |
| Alla fonte | 170-250 | 70-90 | - | - |
| Porta a porta | 70-150 | 80-90 | 1,5-3 | 1-3 |

**Miglioramento
Progressivo
della
Qualità
=
DIMINUZIONE DEL
TENORE IN SECCO,
AUMENTO
%BIODEGRADABILE**

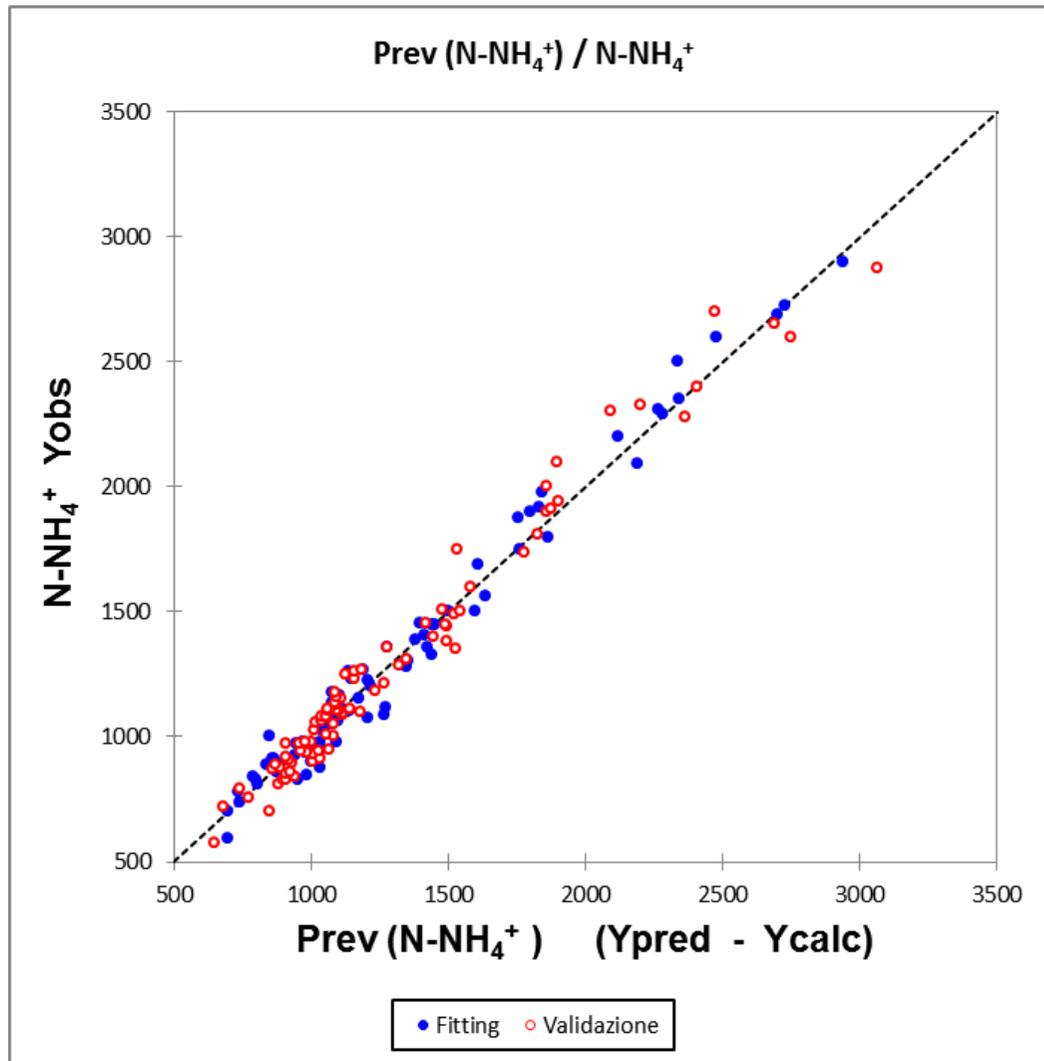


I NUOVI FLUSSI SONO PIU'VICINI ALLE LOGICHE DI TRATTAMENTO DELL'ACQUA CHE A QUELLE DELLE MATRICI SOLIDE

Inoltre, Bio-hydrogen e Bio-methane



Process Control: Analisi chemiometrica



MULTIPLE LINEAR REGRESSION

SDEP:

± 116 (mg/l)

$R^2 = 0.94$ (fitting)

$R^2 = 0.94$ (validation)

$Q^2 = 0.93$ (fitting)

$Q^2 = 0.92$ (validation)

Nuove sinergie:



ALLA PIENA SCALA NEL 1999

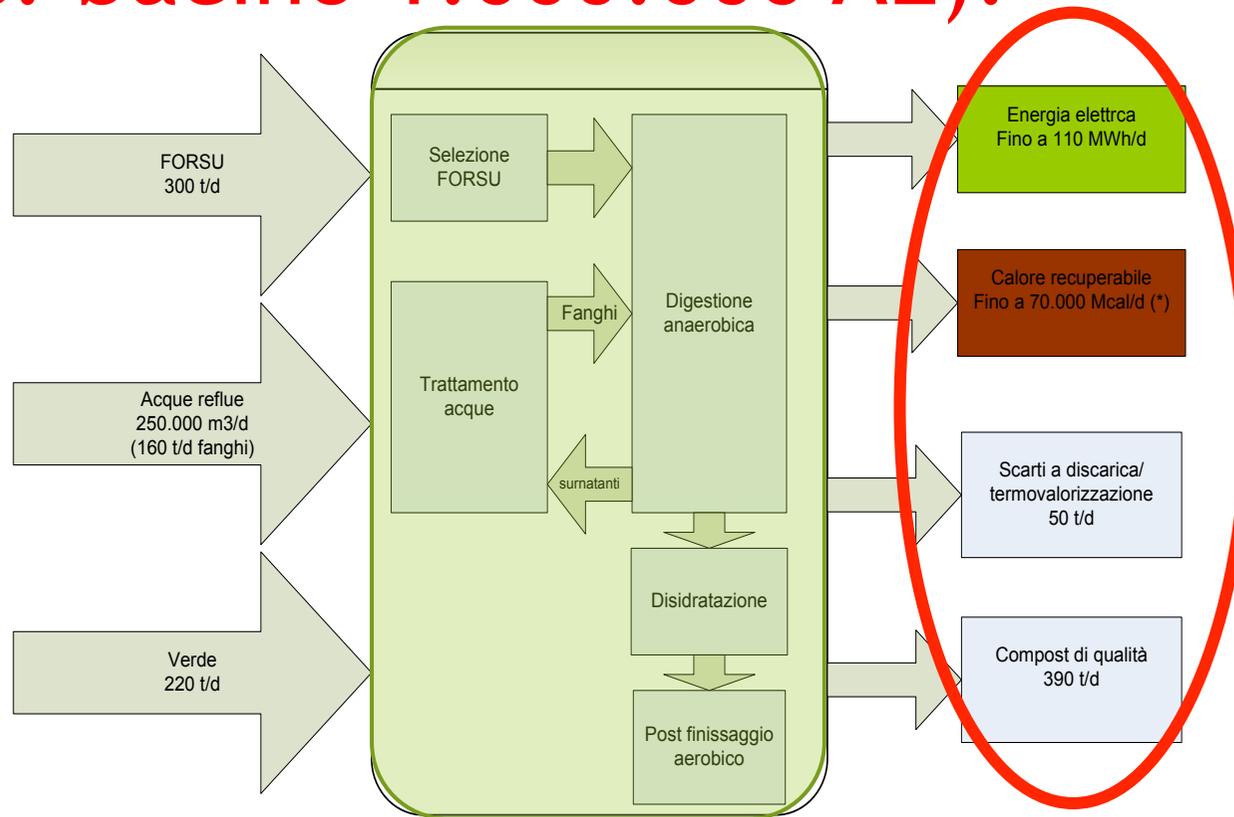
Dall'idea su
scala pilota:



Scale: pre-industrial - WWTP
Period: from 1995
Reactor volume: 22 m³
Flowrate: up to 75 m³/d
Wastwaters: municipal



Se venisse applicato in modo esteso
(Es. bacino 1.000.000 AE):



Vuol dire coprire **TOTALMENTE** i bisogni energetici (EE + riscaldamento)

di almeno 30.000 famiglie
(TUTTO TREVISO COMUNE!!!!).



Università
Ca' Foscari
Venezia



Progetti europei

nell'ambito di Horizon 2020



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Water

EU H2020 – IntCatch

Development and application of Novel, Integrated Tools for monitoring and managing Catchments



Water

EU H2020 - ENERWATER

Standard method and online tool for assessing and improving the energy efficiency of wastewater treatment plants



Waste

EU H2020 – RES URBIS

REsources from URban Blo-waSte



Waste

EU H2020 – NoAW

Innovative approaches to turn agricultural waste into ecological and economic assets



Water

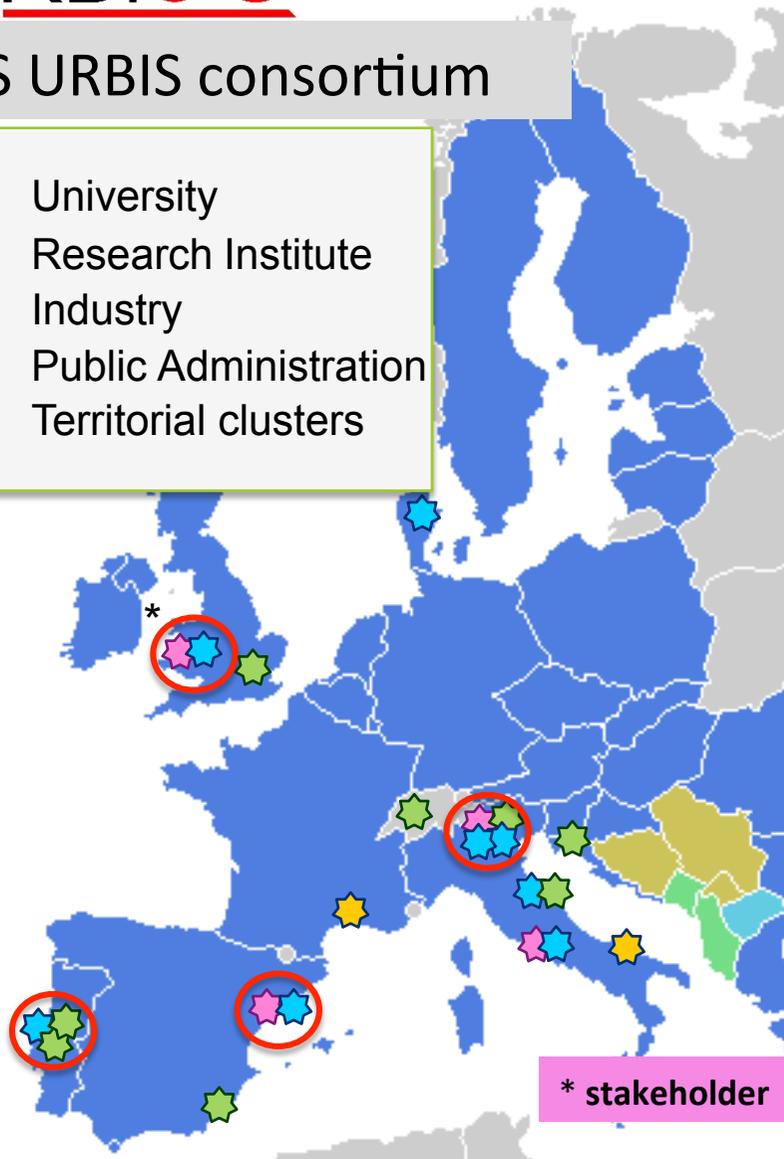
EU H2020 – SMART-Plant

Scale-up of low-carbon footprint material recovery techniques in existing wastewater treatment plants



RES URBI consortium

- University
- Research Institute
- Industry
- Public Administration
- Territorial clusters



* stakeholder

| |
|---|
| Process-related challenges |
| University of Roma “La Sapienza” (Italy) |
| New University of Lisbon (Portugal) |
| University Ca Foscari of Venice (Italy) |
| University of Barcelona (Spain) |
| University of South Wales (UK) |
| University of Bologna (Italy) |
| Biotrend (Portugal) |
| Physis (Italy) |
| CNR – IRSA (Italy) |
| Inst. Nat. Recherche Agronomique (France) |
| Product-related challenges |
| Biolnicia (Spain) |
| Mi-Plast (Croatia) |
| SABIO (Italy) |
| Territorial clustering |
| Empresa das Águas Livres (Portugal) |
| Barcelona Metropolitan Area (Spain) |
| Province Autonoma di Trento (Italy) |
| Rhondda Cynon Taff County Council (UK) * |
| Economics and exploitation |
| InnoExc (Switzerland) |
| Bio-Based and Biodegradable Industries Association (UK) |
| Regulation, safety, environmental and social aspects |
| Technical University of Denmark (Denmark) |
| National Institute for work safety (Italy) |
| University of Verona (Italy) |

WP2

WP3

WP1

WP5

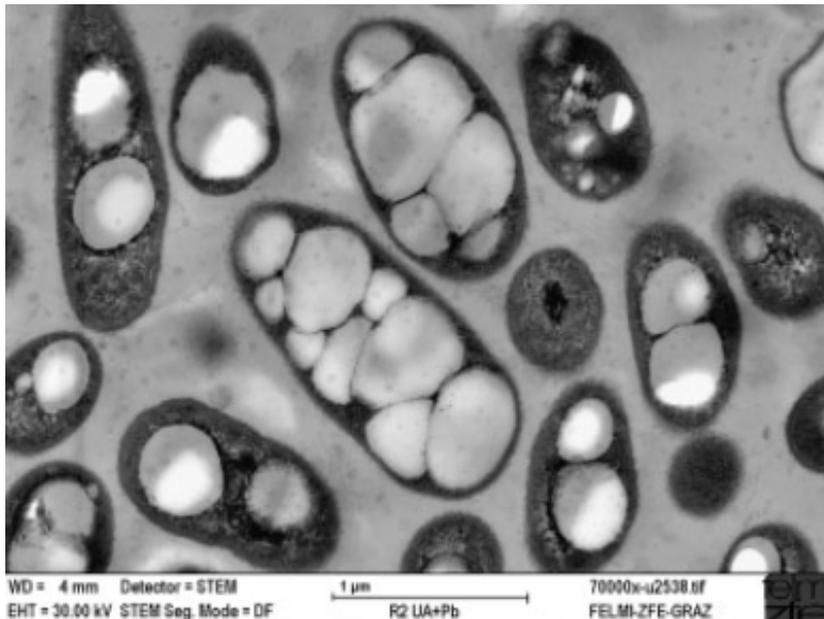
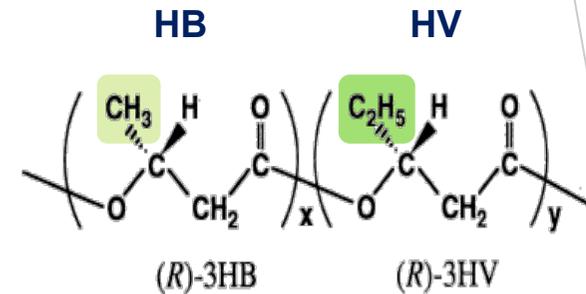
WP6

WP4

WP1

Poliidrossialcanoati (PHA)

- ✓ Bio-polimeri microbici
- ✓ Materiale intracellulare di stoccaggio
- ✓ short-chain length (scl) 3-6 C
- ✓ Batteri G⁻ and G⁺: ~75 generi, 300 specie



PHA-rich *Cupravidus necator* DSM 545 cells
Koller et al., Eng Life Sci 2011

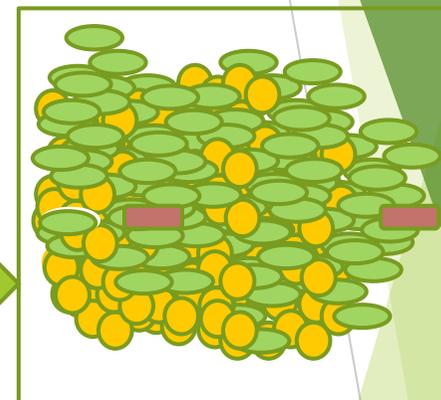
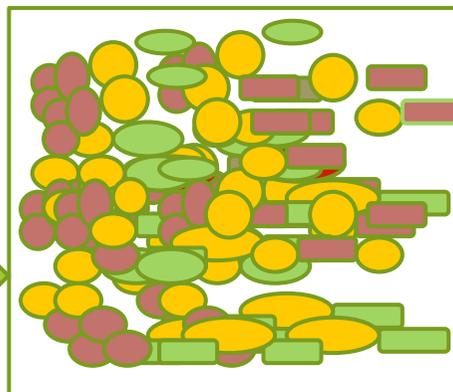
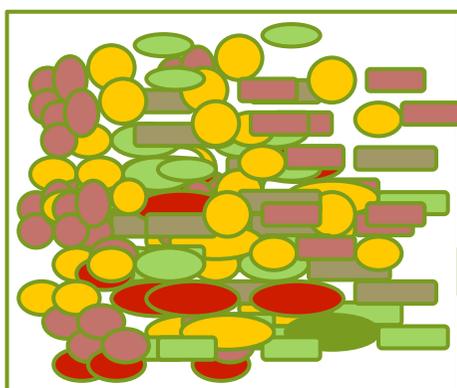
- ❖ Materiali termoplastici
- ❖ Potenziali applicazioni simili ai materiali derivati da petrolio
- ❖ Proprietà funzione della composizione monomerica

di colture miste (MMC) non sterili adatte

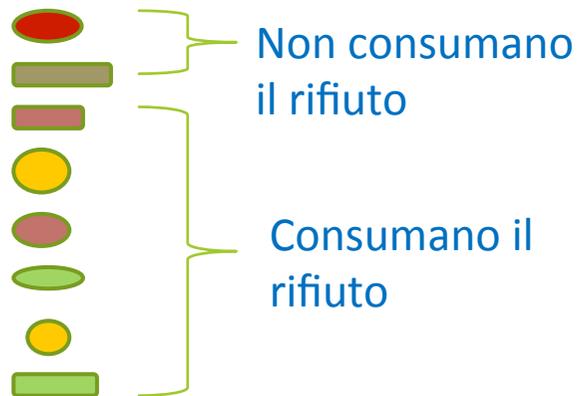
matrici di rifiuto

Eco-ingegnerizzazione del processo sulla base di principi di selezione ecologica

ConSORZIO misto
alimentato con rifiuti



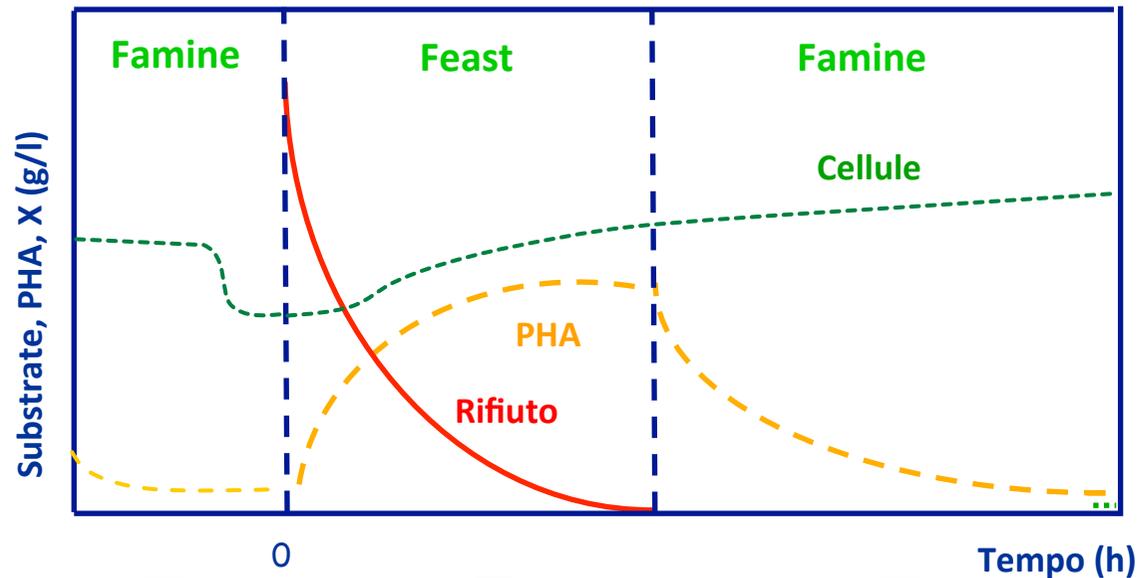
Coltura arricchita PHA-
produttrice



Come condurre la selezione?

Strategia Feast-Famine

Selezione della coltura: arricchimento in cellule PHA-produttrici tramite condizioni Feast-Famine



↓
Lunga fase fame
(Senza nutrimento)

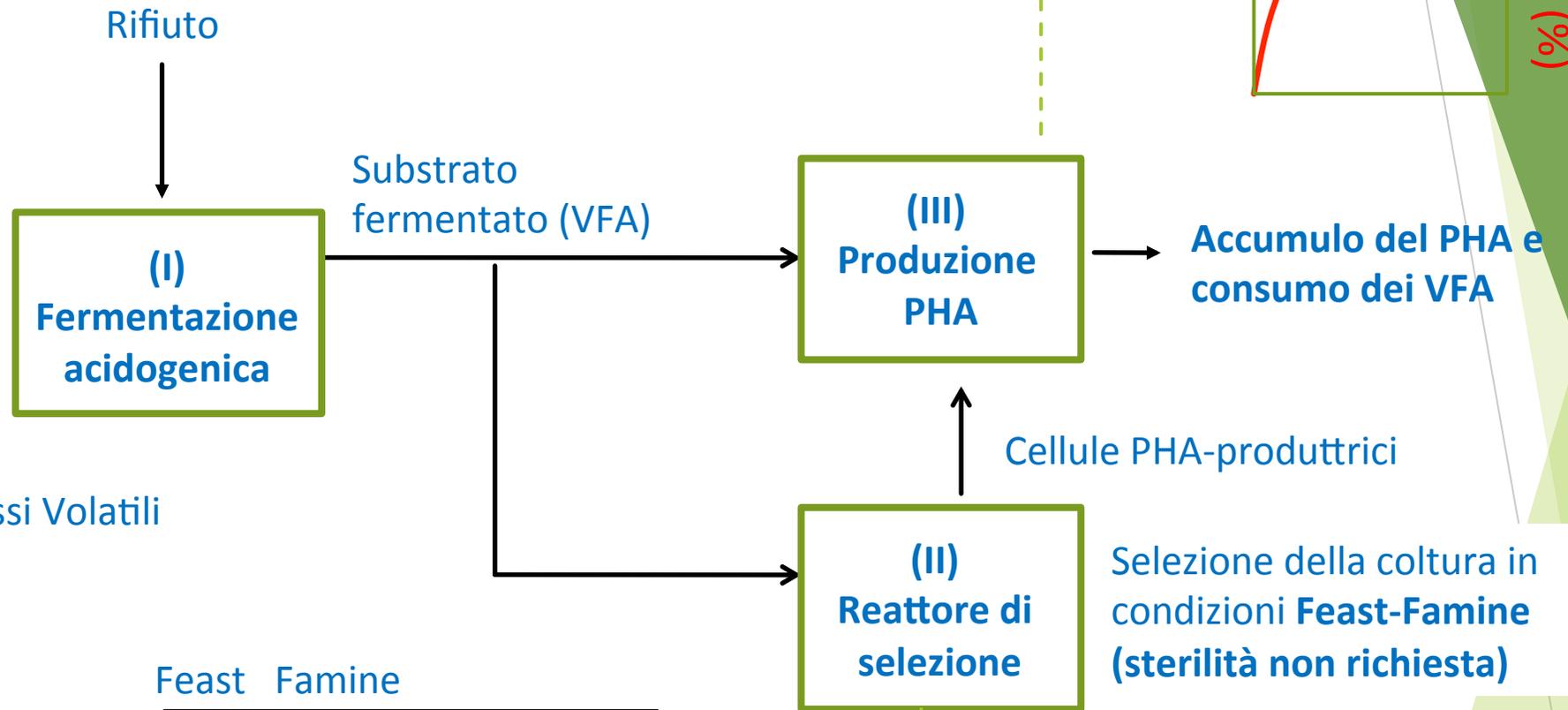
↓
Alimentazione pulsante
del rifiuto

↓
PHA usato come riserva
energetica

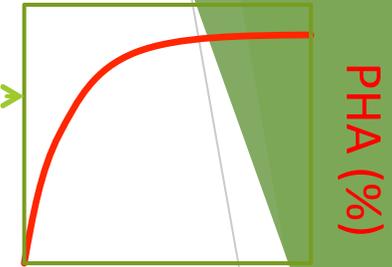
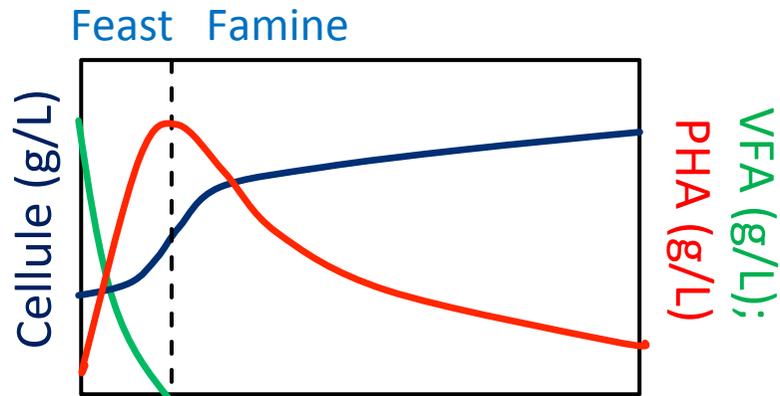
(Adattamento Fisiologico)

→ **Più brevi sono i periodi
di feast, maggiore è
l'efficienza selettiva**

Schema del tipico processo a 3 stadi



= Acidi Grassi Volatili



Il processo ha un livello di prontezza tecnologica (TRL) di grado elevato (6-7)

- tutto è stato fatto su substrati reali ed impianti pilota
- in parallelo studi su agrowaste su scala ancora Maggiore (UNIVR)



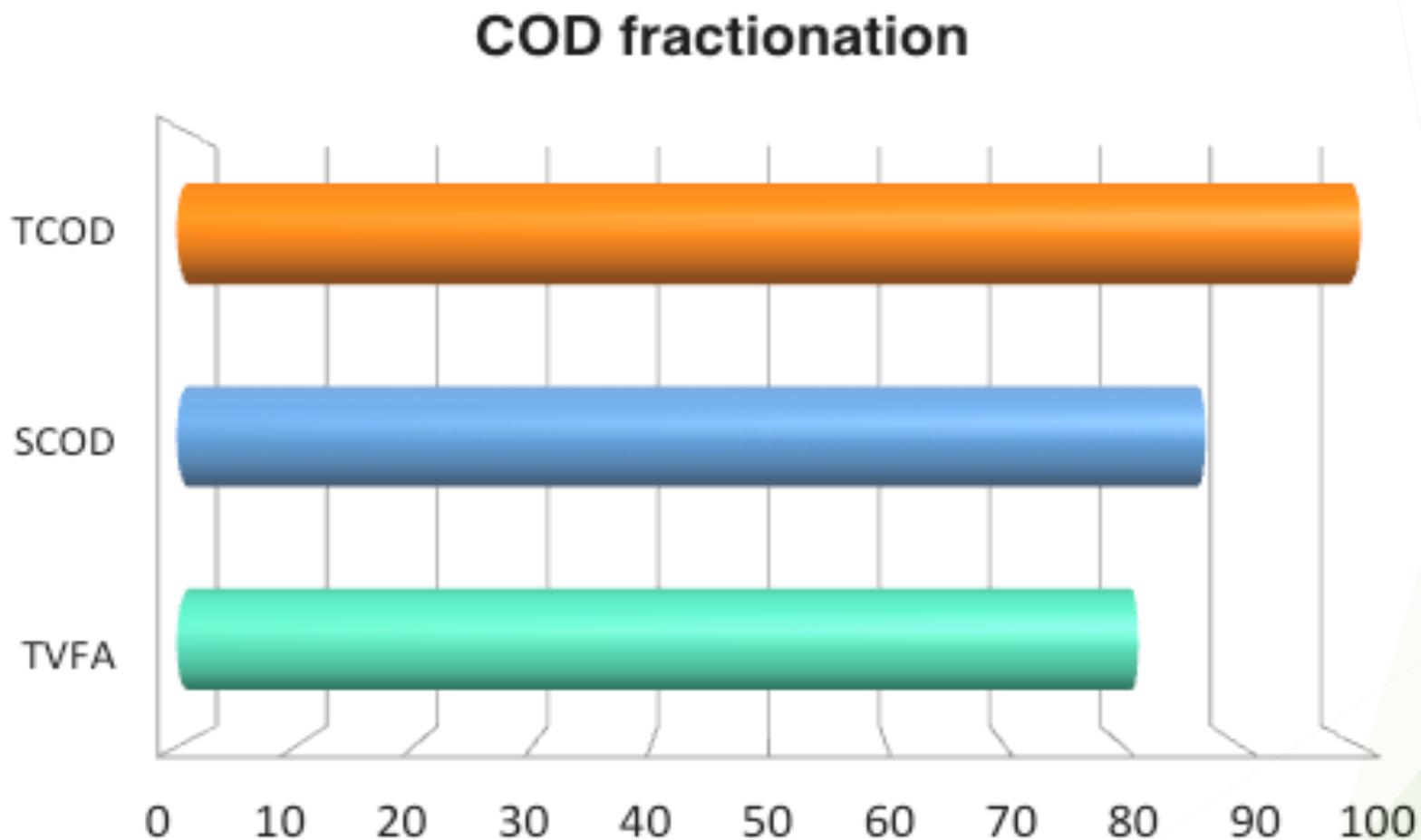
NOVA
idFCT
Associação para a Inovação
e Desenvolvimento da FCT



**Attualmente 3 strutture
pilota operanti in âmbito
veneto**



SCOD E VFA PRODOTTI RISPETTO AL COD TOTALE IN INGRESSO: UNA CONVERSIONE QUASI TOTALE!



Progress of waste transformation



OFMSW

Sludge
(WAS)

Cake to
anaerobic
digestion

Filtrate to
PHA
production

Aerobic
biomass
slurry

Cake to
PHA
extraction

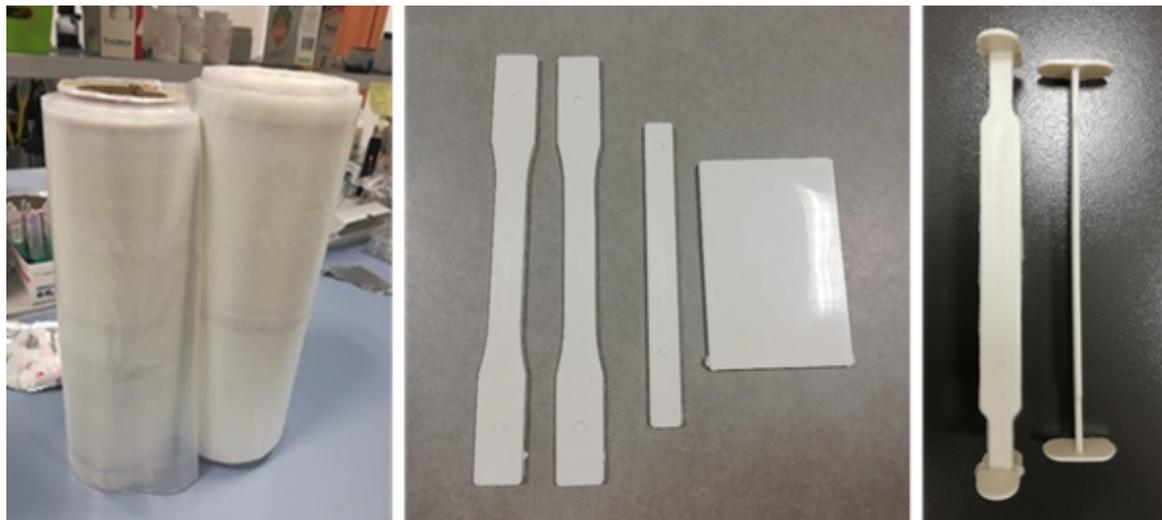
Feedstock

**Effluent from acidogenic
fermentation**

**Biomass after PHA
accumulation**

Il portafoglio prodotti e le prospettive di diffusione del mercato Applicazione:

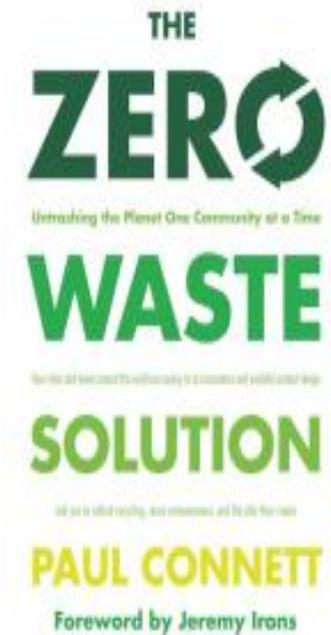
- Film interstrato, valore di mercato totale € 2-3 miliardi (PHA utilizzato come componente puro tramite elettrofilatura).
- Mercato adiacente degli adesivi (bio sostituti dei polieteri poliuretanic) valore di mercato di circa 35 miliardi di euro.
- Film di imballaggio fino al 25% di contenuto di PHA nella formulazione; valore di mercato 20 miliardi di euro.
- Beni durevoli, ad es. maniglie flessibili, arredamento per interni: fino al 60% nella formulazione, valore di mercato totale 1-2 miliardi di euro (maniglie flessibili realizzate).
- Valore di mercato totale delle bonifiche ambientali fino a 1 miliardo di euro. Questa è un'applicazione di nicchia in cui PHA ha mostrato buone prestazioni.



n definitiva:

Ogni processo e strategia illustrata, ogni sinergia tra le tecnologie e gli ambiti (compostaggio, digestione anaerobica, dark fermentation) diventa un must nel prossimo futuro, anzi, già nell'attuale. Tutto ciò porta al concetto di bioraffineria.

Tutto questo è completamente in linea con la visione 'Zero waste' di Paul Connett, che prevede un reale utilizzo conservativo dei rifiuti come una risorsa ambientale.





Università
Ca' Foscari
Venezia



Dal 1981:

Trattamenti aerobici-anaerobici dei
rifiuti organici/scarti organici

SEMPRE SU SCALA PILOTA



UNIVER
CA' FOS
VENE



Università
Ca' Foscari
Venezia



SETTIMANA EUROPEA PER
LA RIDUZIONE DEI RIFIUTI



UNIVERSITÀ
CA' FOSCARI
VENEZIA

Grazie

Prof. Paolo Pavan
Dipartimento di Scienze Ambientali,
Informatica e Statistica – D.A.I.S.
Ca' Foscari – Venezia
pavan@unive.it
+39 355 8115984