

BIOHYDROGEN PRODUCTION THROUGH BIOWASTE FERMENTATION

**Paola Zitella¹, Barbara La Licata¹, Vincenzo Cuzzola¹,
Davide Mainero², Roberta Gamberini², Andrea Valentino²**

¹Green Chemistry, Environment Park S.p.A., Via Livorno 60, 10144 Torino, Italy

²ACEA Pinerolese Industriale S.p.A., Via Vigone 42, 10064 Pinerolo (TO), Italy



BANDO REGIONALE PIATTAFORMA «AUTOMOTIVE»

FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE

P.O.R. 2007 – 2013

Obiettivi generali del progetto

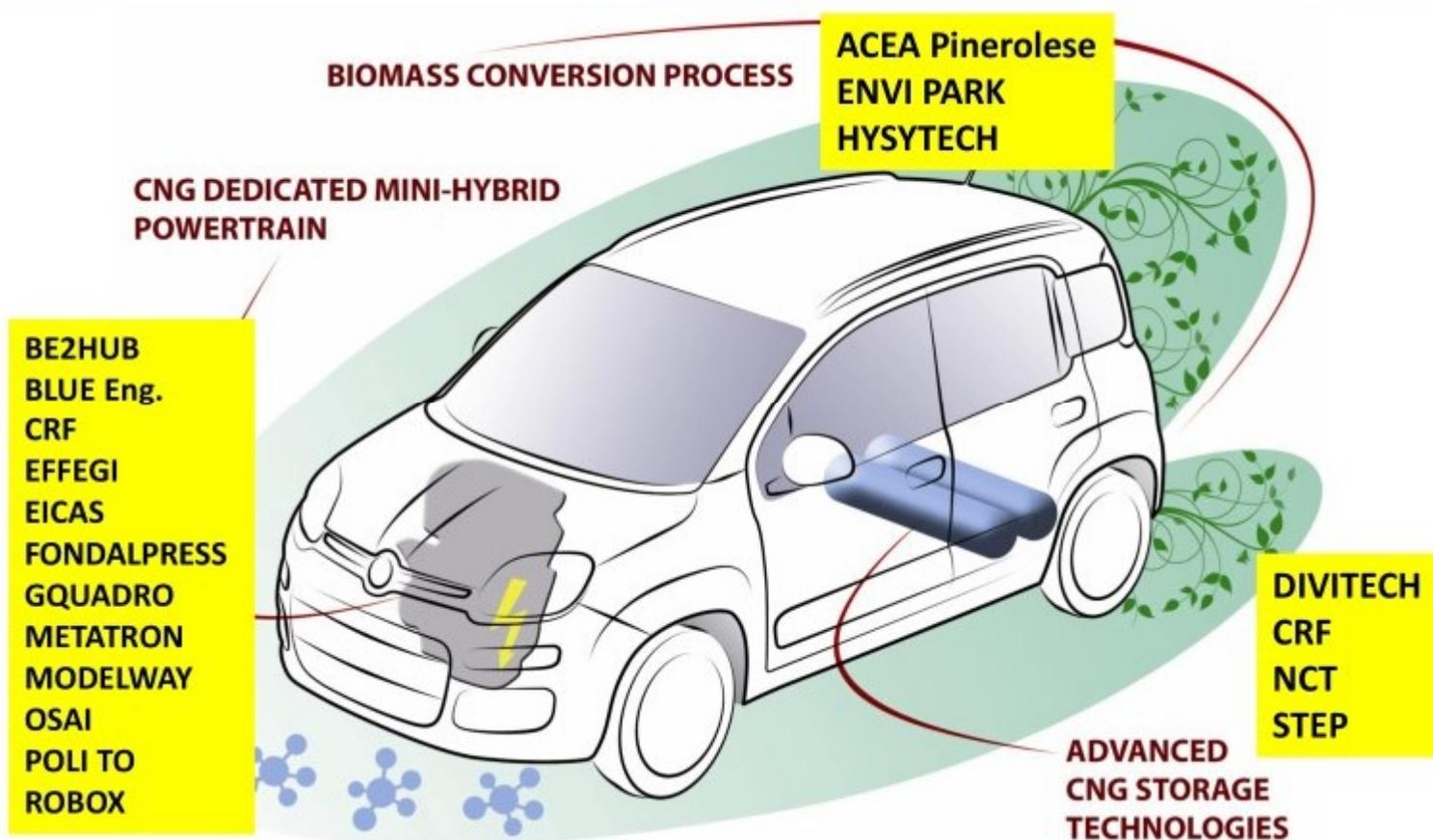


Sviluppare una **motorizzazione a bassissimo impatto ambientale**, in termini sia di emissioni di CO2 sia di sostanze inquinanti, alimentata con **bio-metano** e **miscele di metano-idrogeno**, ed integrata con un **sistema evoluto ibrido-elettrico di propulsione**.

Tale powertrain verrà integrato in un veicolo cittadino sul quale si svilupperanno **sistemi evoluti per il packaging** dell'intero sistema di stoccaggio gas, attento alle esigenze di alleggerimento e volto a garantire autonomie di utilizzo equivalenti a quelle a benzina.

In parallelo, verranno sviluppate le **tecnologie necessarie alla produzione per via biologica di miscele di metano/idrogeno da rifiuti**, fino a giungere alla realizzazione di un punto di erogazione a supporto della fase sperimentale del progetto, dimostrando in tal modo la fattibilità, in ambito regionale, di una **soluzione per la mobilità completamente "oil free"**.





- Sviluppo di una **versione dedicata metano** del motore Twin Air TC ad elevata efficienza;
- Sviluppo dell'architettura e dei componenti del **sistema mini ibrido elettrico**;
- Sviluppo di **componenti alleggeriti** del powertrain (campana cambio);
- Sviluppo di un **sistema di controllo attivo** della pressione di iniezione del gas e delle strategie necessarie all'utilizzo delle **miscele metano-idrogeno**;
- Sviluppo di soluzioni per l'aftertreatment metano a **basso contenuto di metalli nobili**;
- Sviluppo di **strategie e logiche di controllo** dedicate per l'ottimizzazione della gestione energetica su veicolo;

Obiettivi di CO₂ su veicolo FIAT Panda

- CO₂ target : **67 g/km** (alimentazione a metano)
(NEDC) **59 g/km** (alimentazione a miscela) → < 15 gCO₂/km per passeggero !

- Sviluppo di soluzioni innovative per l'**integrazione del sistema di stoccaggio** del gas a bordo veicolo;
- Utilizzo di **componenti alleggeriti** per il sistema di stoccaggio del gas a bordo veicolo;
- Sviluppo ed integrazione del **sistema di accumulo di energia elettrica** del sistema ibrido;
- Sviluppo di un **sistema di monitoraggio** dei dati di funzionamento motore/veicolo ed interfaccia utilizzatore integrato su cruscotto;
- Realizzazione di 1 **veicolo dimostratore MONOFUEL** integrante tutti i contenuti di progetto su base FIAT Panda;

Obiettivi di autonomia su veicolo FIAT Panda

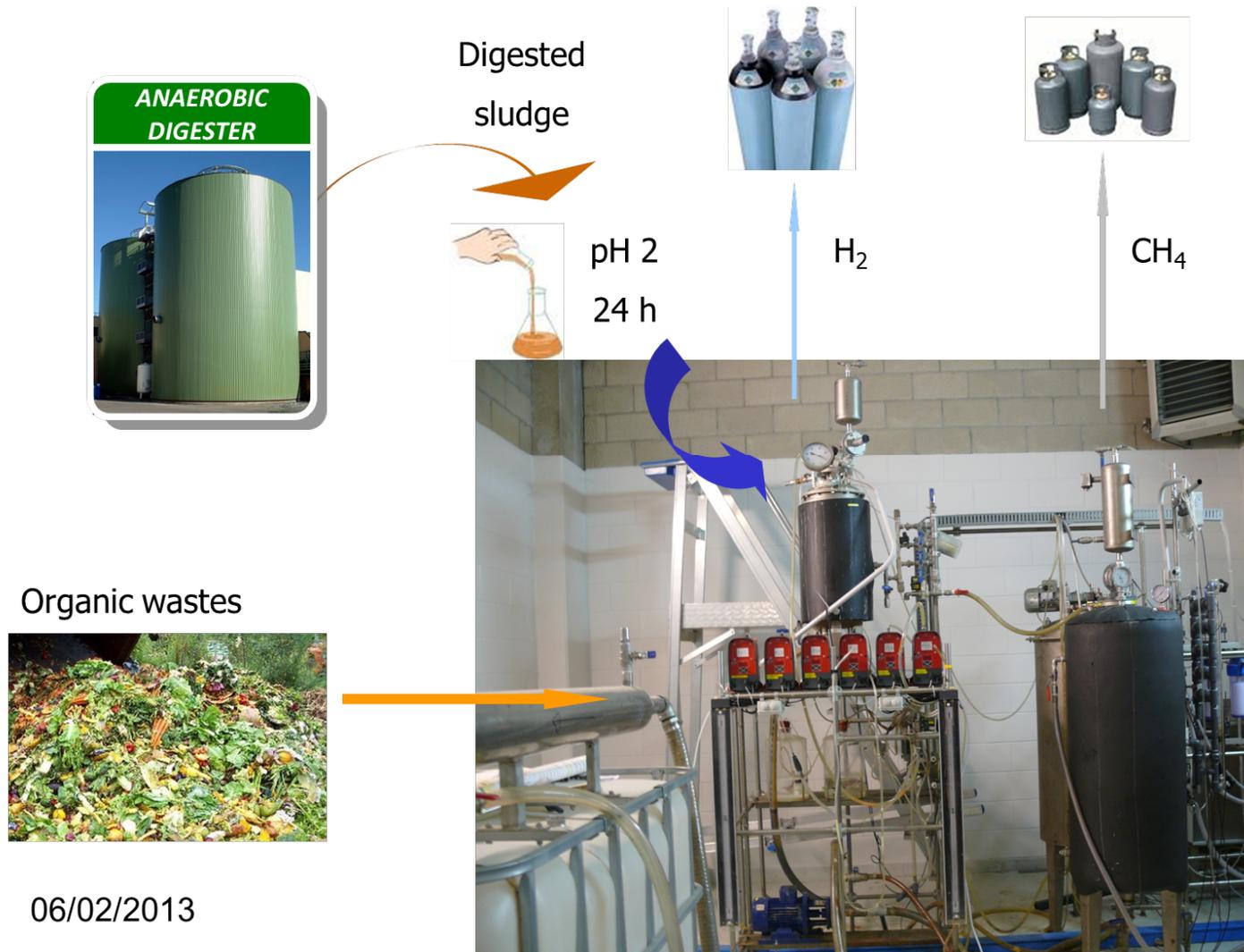
- autonomia > **550 km** (corrispondenti a 15 kg CH₄)

Focus attività area «fuel»



Tema	Soggetto
Sviluppo tecnologie di produzione di miscele CH ₄ /H ₂ per via biologica (scala laboratorio)	ENVIPARK
Implementazione tecnologie su scala pilota presso sito trattamento rifiuti – Progettazione / realizzazione	ACEA, ENVIPARK, HYSYTECH
Tecnologie per l'upgrading della miscela a combustibile automotive	ACEA, HYSYTECH, ENVIPARK





- Substrato alimentato: FORSU triturata
- pH: 5-7
- Totale riempimento reattore 20 L
- T controllata 37-40°C
- Lag time estremamente variabile sulla base dell'invecchiamento della biomassa

HRT	H ₂ average rate production		H ₂ maximum production		%H ₂ average	%H ₂ max
HRT=2.5h	10.20 lt/h	9.79 lt/lt giorno	12.38 lt/h	11.88 lt/lt giorno	39%	51,37%
HRT=2.8h	12.91lt/h	12.39 lt/lt giorno	17.75 lt/h	17.04 lt/lt giorno	33%	37,21%
HRT= 2.5h	12 lt/h	14 lt/lt giorno	13,5 lt/h	16,2 lt/lt giorno	40%	46%
HRT= 5h	6,5 lt/h	15,6 lt/lt giorno	7,5 lt/h	18 lt/lt giorno	50%	60%
HRT= 10h	5 lt/h	6 lt/lt giorno	10 lt/h	12 lt/lt giorno	47%	40%

PLANT



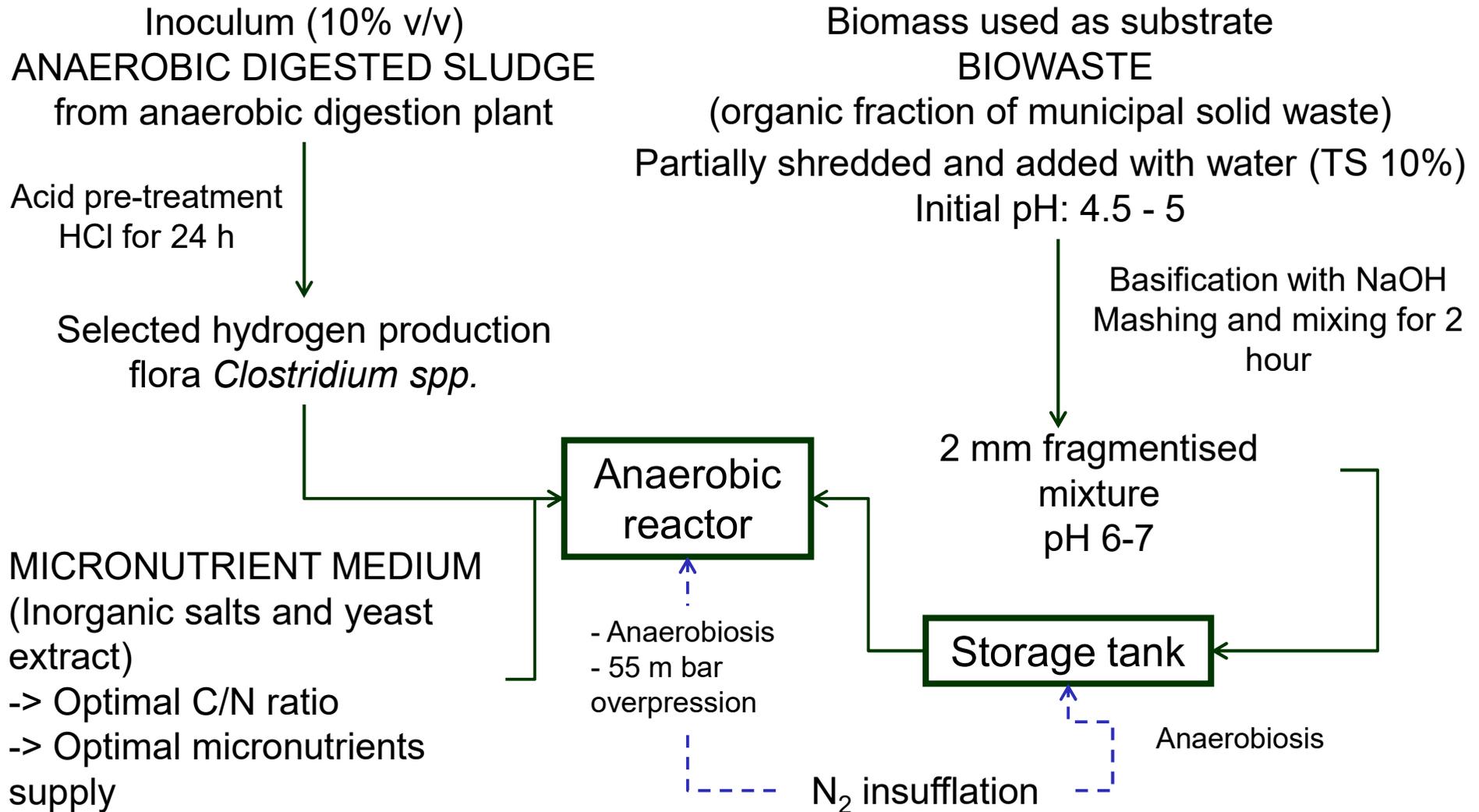
shredding zone

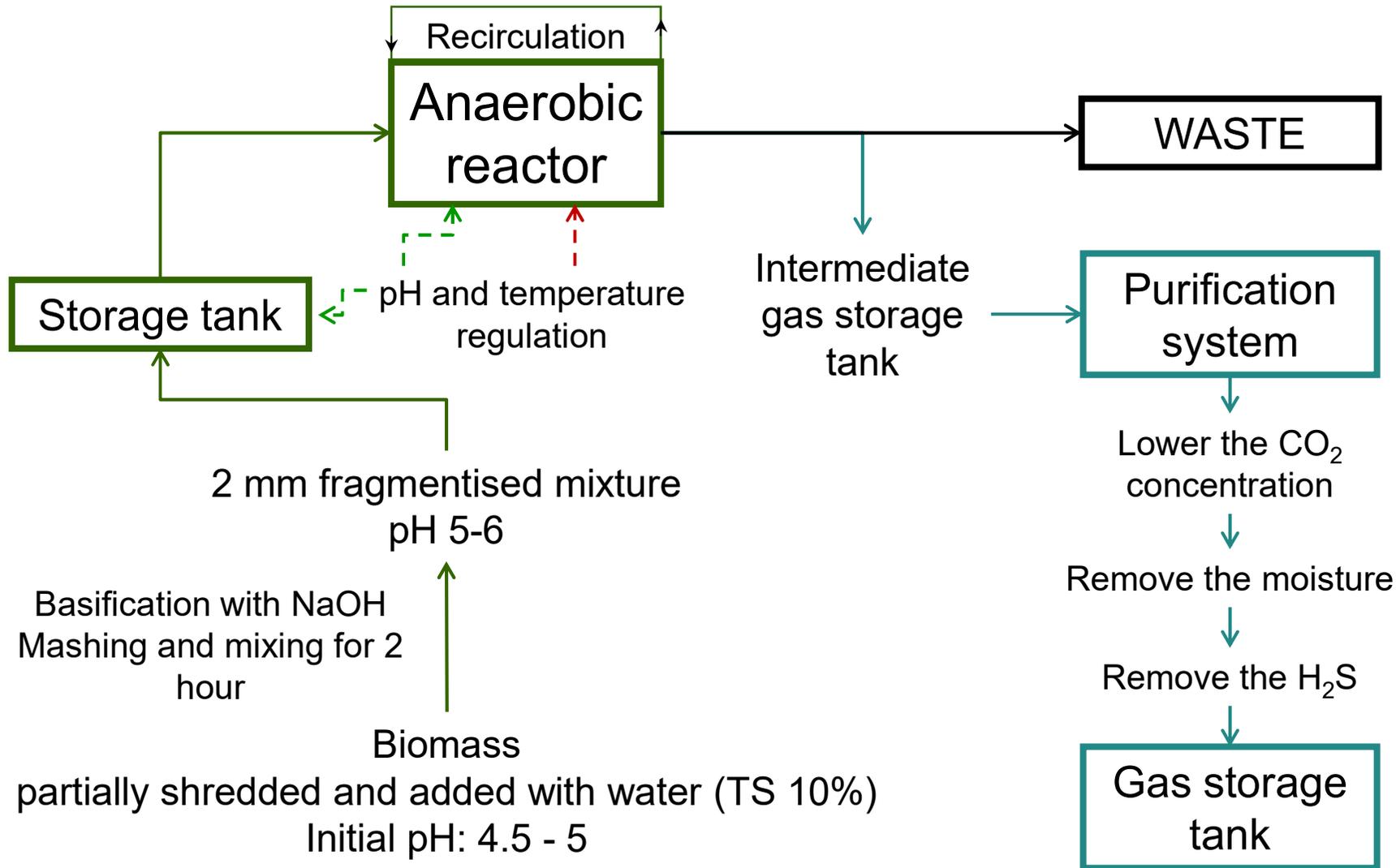


reactors



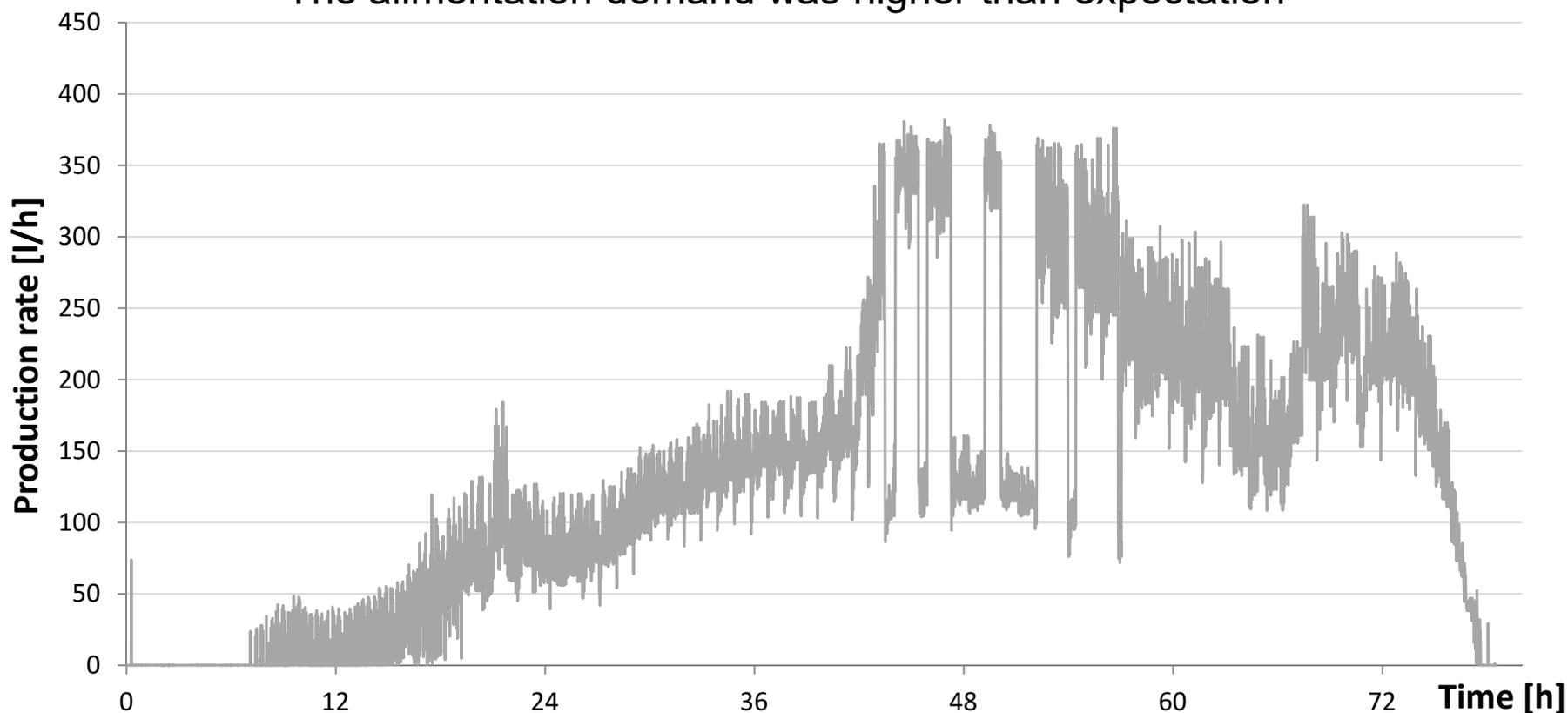
purification system





RESULTS: 1st TEST

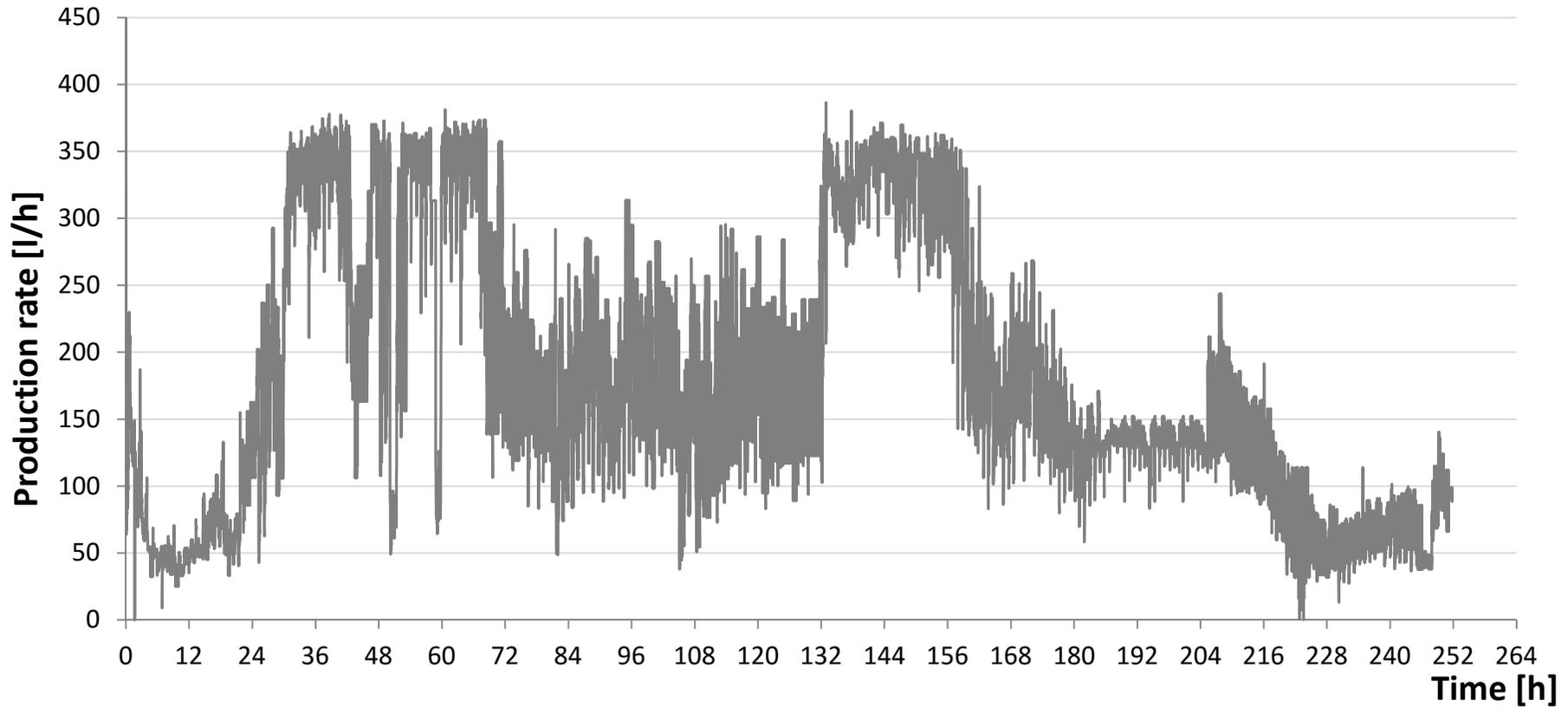
High production rate: up to 350 l/h
The alimentionation demand was higher than expectation



The aim was to solve the high continuous supply demand in order to feed the reactor even during the week end

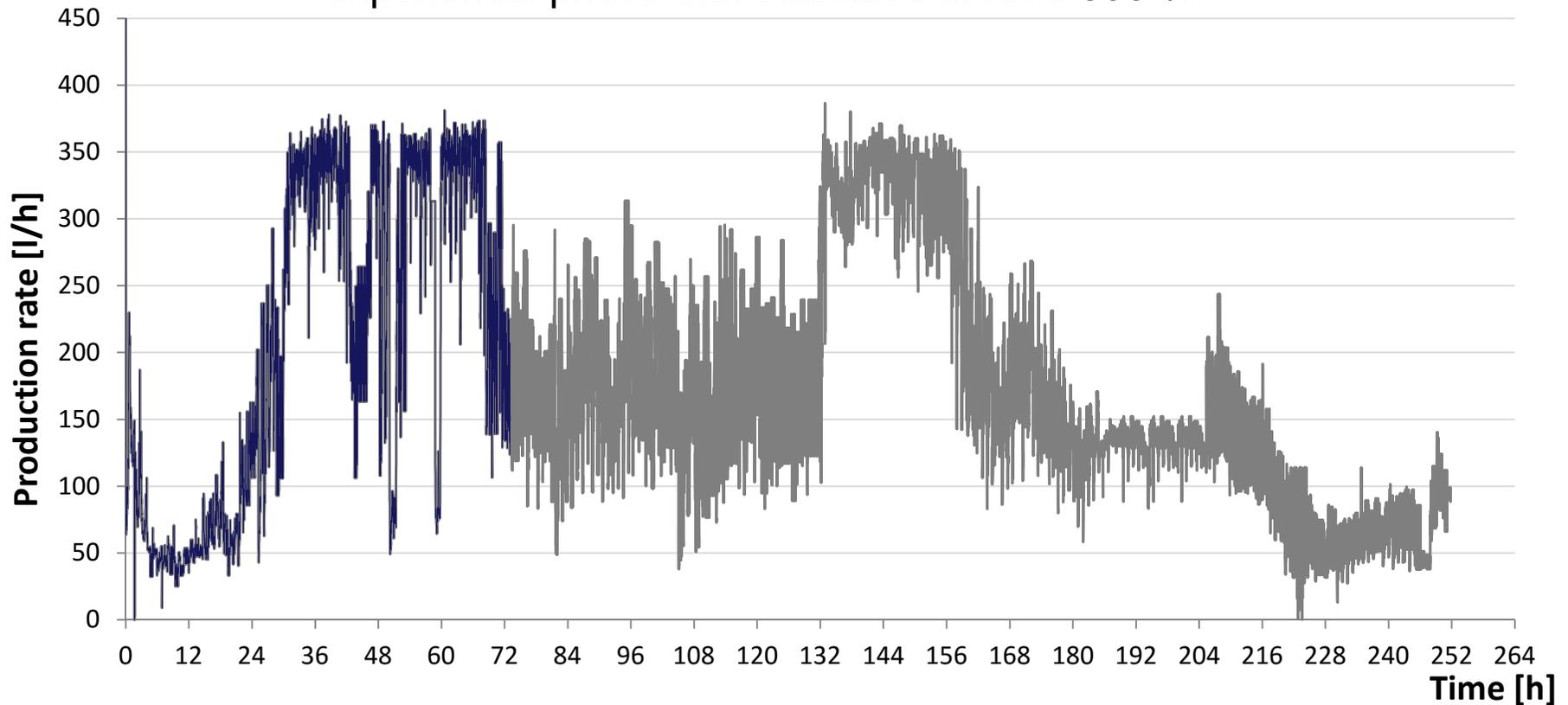


The continuous alimentation led to obtain an actively producing system for more than 10 days



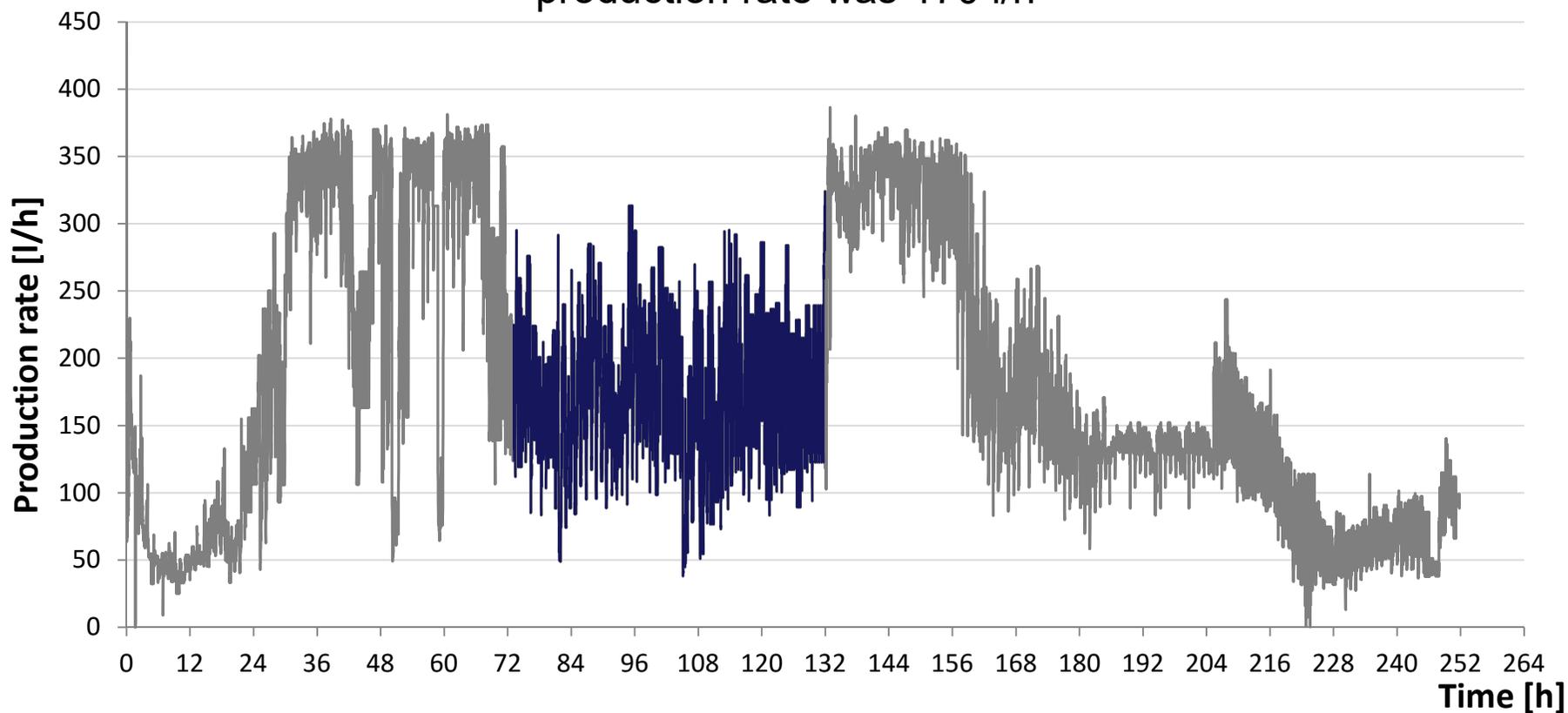
RESULTS: 2nd TEST

During the first three days it is highlighted an initial lag phase followed by an exponential phase that stabilized around 300 l/h



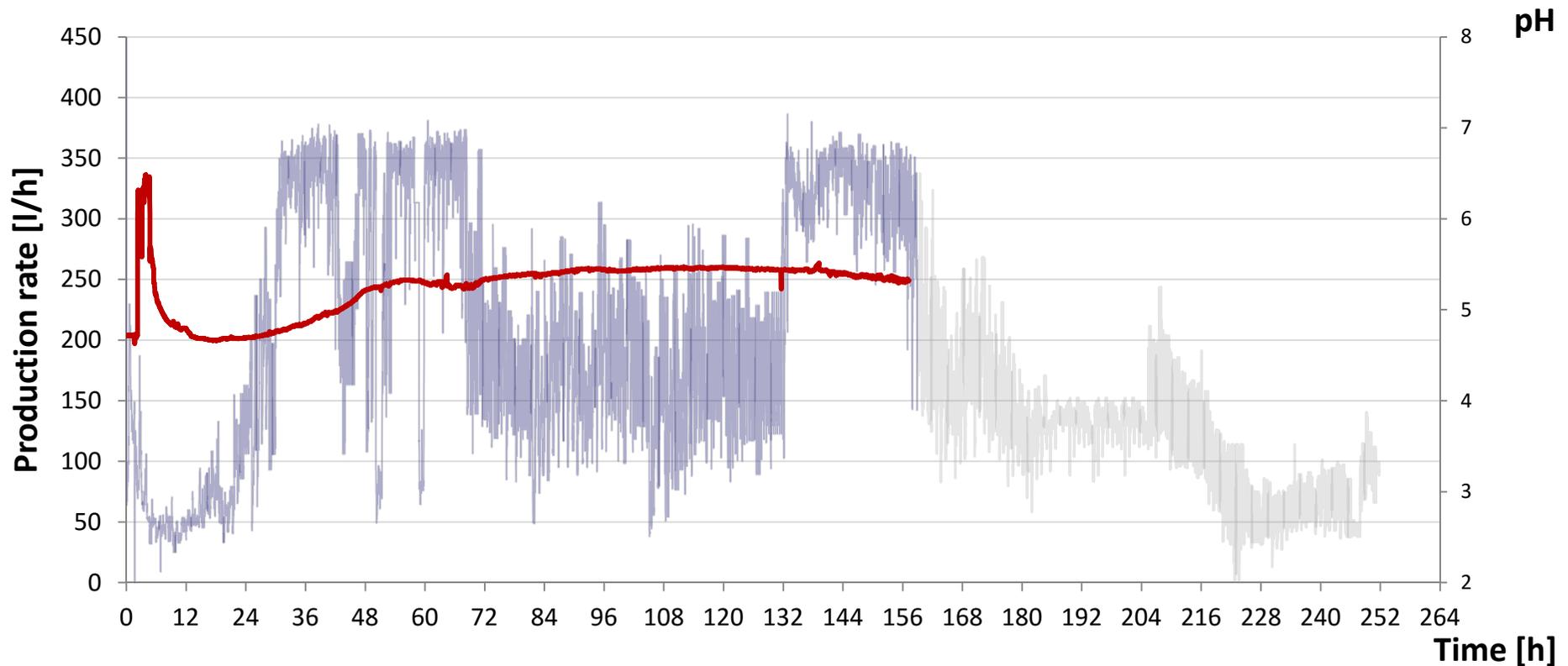
RESULTS: 2nd TEST

During the week end the mass flow was reduced and the average value of the production rate was 170 l/h

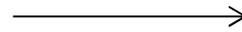


Although the fall during the week end the production rate raised just increasing the mass flow and stabilized around 330 l/h

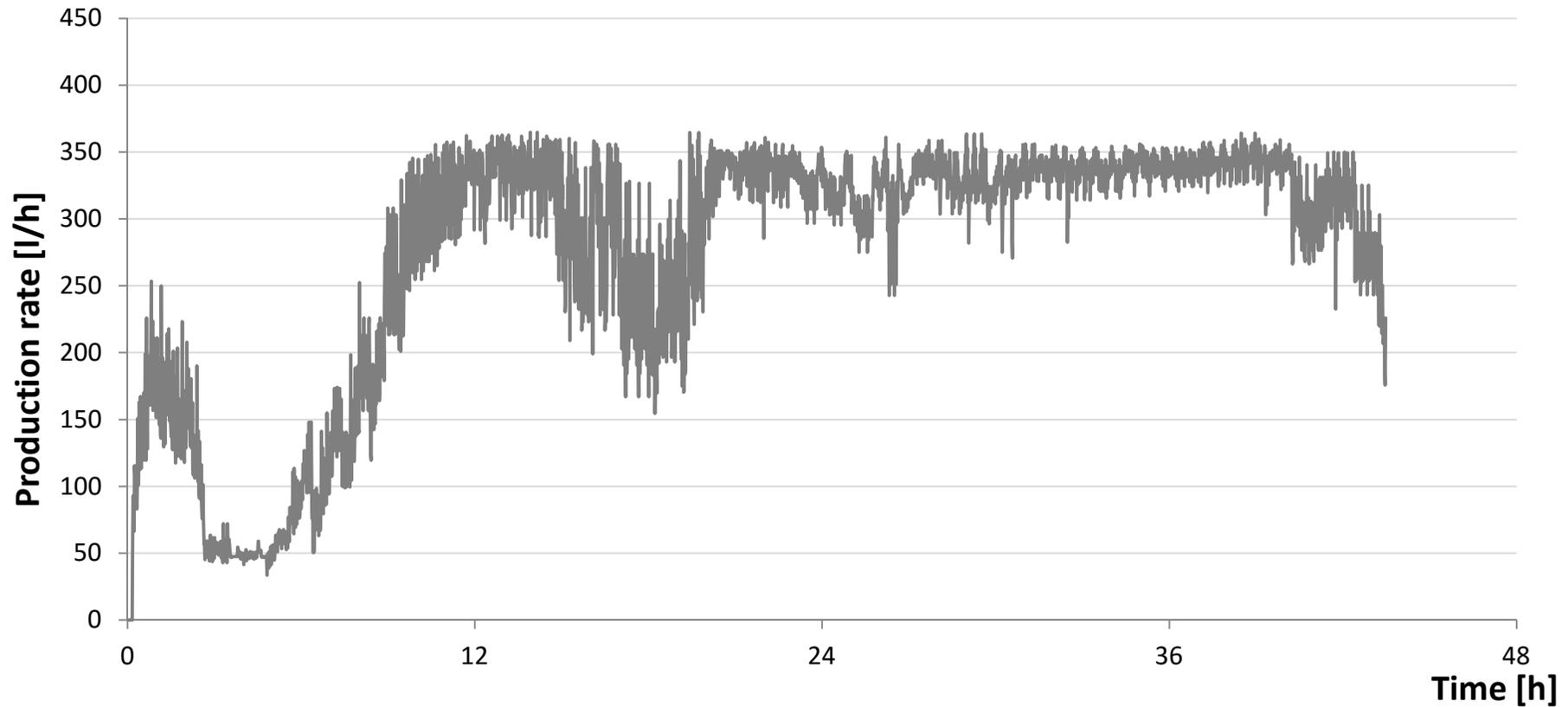
During the lag phase the pH quickly decreased from 6.5 to 4.8 and then it settle around 5.3



The aim of this third test was to starve the system feeding it with low value mass flow

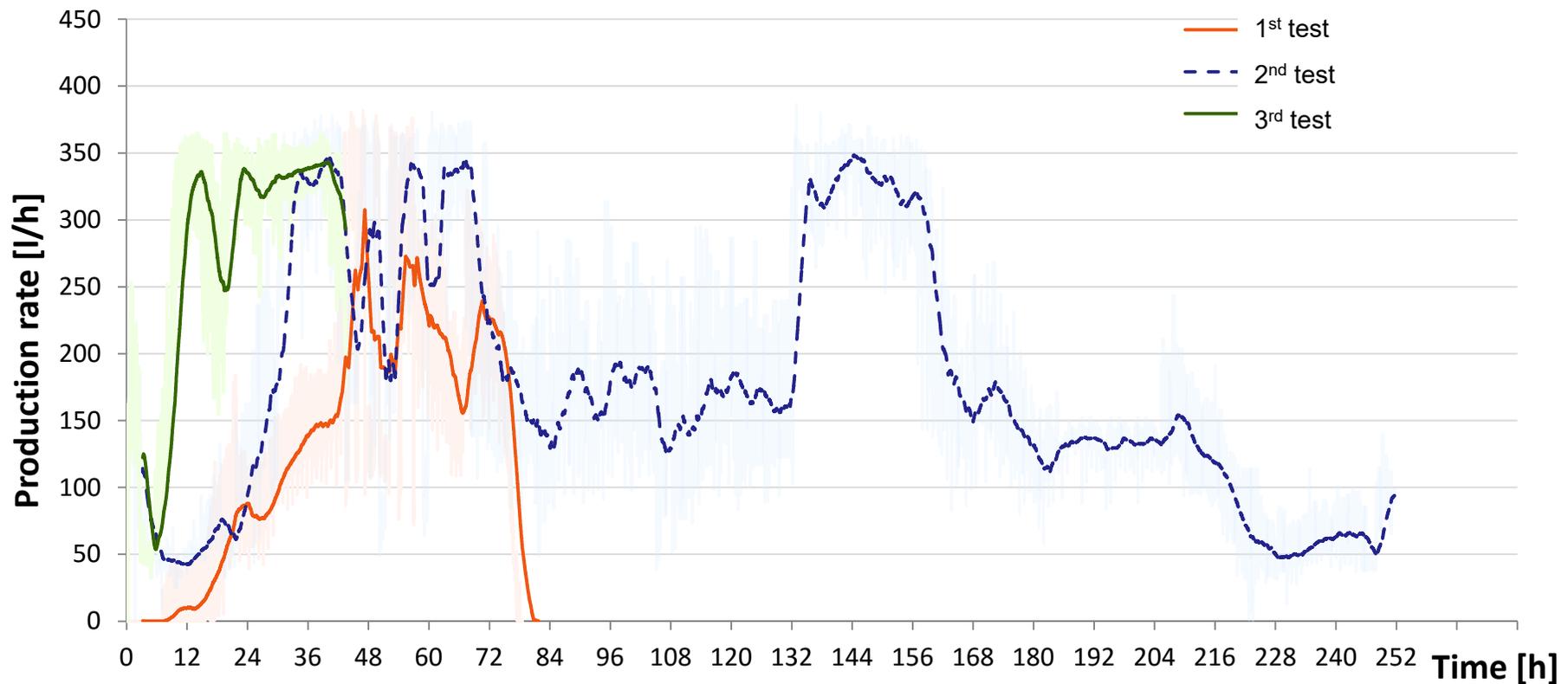


During the two days the production rate was stable around 320 l/h



Thanks to parameters optimization during the tests:

- Second test shown shorter lag time than the first thanks to hydraulic and technical optimization;
- Third test shown the shortest lag time thanks to the temperature stabilisation and more stable production rate thanks to mass flow parameter optimisation.



In this work the bio-hydrogen production get together with the management and the valorisation of organic waste.

This demonstrative scale plant confirmed the feasibility of bio-hydrogen production from organic waste, already tested at pilot scale by Environment Park with an higher flow rate and a slightly lower H₂ % values

The produced gas was mainly composed by hydrogen and carbon dioxide (H₂ percentage ranged between 21 and 36% with an average value equal to 30%)

Moreover, the lag phase was much more short (4h) than the pilot scale and the optimal pH (around 5) was lower.

These differences were mainly due to availability of biomass with short storage time
The downstream of this anaerobic fermentation could be used as substrate for the biogas production.

The combination of bio-hydrogen and bio-methane production by fermentation in a double exploitation of organic fraction of municipal solid waste represents a solution for increasing of the overall energy efficiency of the process.

Considerazioni di scale up industriale processo bistadio

ANAEROBIC DIGESTION



5000 mc V



4.600.000 mc/anno



quindi 525 mc/h eq. a circa 0,1mc/mc*h



0,4 mc V

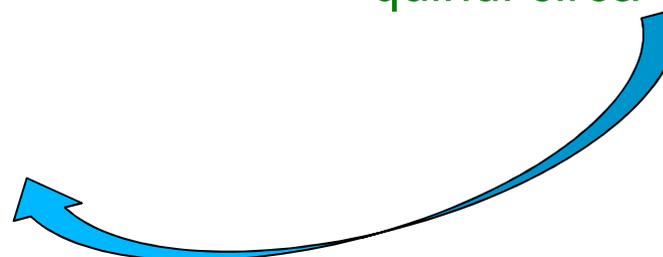


0,350 mc/h



quindi circa 0,875 mc/mc*h

Equivarrebbe ad una produzione
annua di biogas pari a
38.325.000 mc/ anno



- 4.600.000 mc/anno di biogas con il 60% di metano equivale ad un teorico (senza considerare le perdite dovute ai processi di up-grading) di 2.760.000 mc/anno in metano eq. ad un potere calorifico pari a circa $87 * 10^6$ MJ/anno
- Il biogas prodotto con il primo stadio è composto prevalentemente da H_2 e CO_2 con una percentuale media di idrogeno del 30% e una percentuale massima riscontrata del 36%
- Immaginando identicamente di non considerare in questo momento le perdite dovute alla purificazione, per fare un confronto teorico, si avrebbe una produzione in idrogeno pari a 11.497.500 mc/anno eq. ad un potere calorifico pari a circa $128 * 10^6$ MJ/anno
- Nel caso in cui la FORSU attualmente utilizzata nell'impianto venisse alimentata in un primo stadio da circa 290 mc per produrre idrogeno si avrebbe una produzione energetica pari a circa $7,4 * 10^6$ MJ/anno
- Questa valorizzazione andrebbe sommata a quella in metano portando ad un valore totale pari a $95 * 10^6$ MJ/anno denotando un possibile incremento percentuale in termini di produzione energetica a parità di biomassa del 8,5% rispetto allo standard

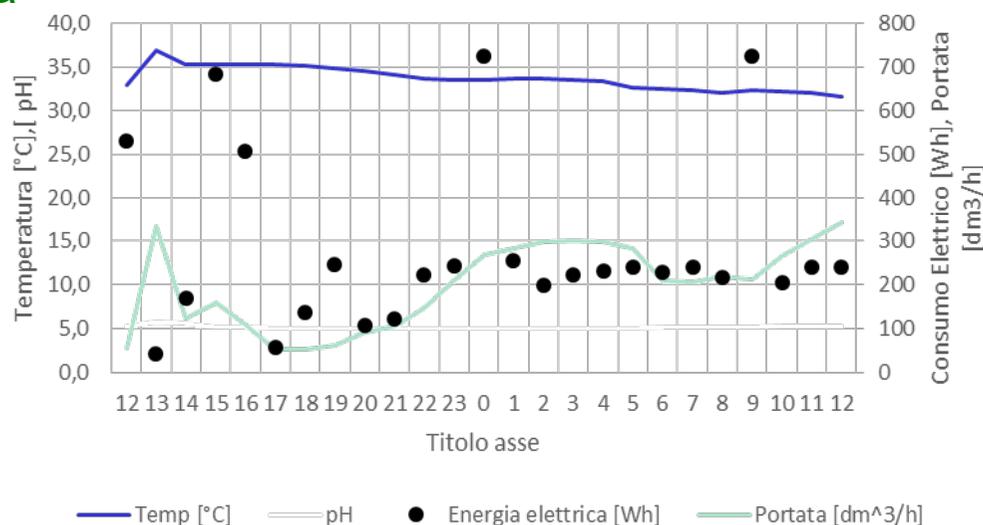
Problematiche da considerare:

1. Avendo il biogas del primo stadio una elevatissima portata/ton di biomassa trattata con una percentuale di idrogeno, migliorabile, ma da immaginare in prima istanza come uguale al massimo al 40%, l'up-grading di questo primo stream gassoso risulta oneroso
2. L'idrogeno presenta delle problematiche legate alle tematiche di sicurezza ed autorizzative più complesse da gestire rispetto al metano anche perché al momento meno affrontate a livello industriale e quindi meno immediate come applicazione
3. L'idrogeno, presenta una valorizzazione in termini energetici meno sviluppata dal punto commerciale e quindi più onerosa dal punto di vista dell'investimento

Valenza dei risultati ottenuti:

1. Il processo di produzione di idrogeno per via biologica si è confermato fattibile su scala dimostrativa, con anzi un incremento in termini di produttività specifica rispetto alla scala pilota

2. La gestione del processo non è troppo dissimile da quella già in essere (incremento dei costi dovuto a chemicals ed energia)



3. La doppia valorizzazione a parità di quantità di biomassa alimentata in DA, a fronte di un incremento dei costi di investimento e di gestione, può incrementare la produzione energetica da fonte rinnovabile anche fino al 8,5%

Valenza dei risultati ottenuti:

1. Il doppio stadio porta ad una migliore stabilizzazione della biomassa riducendo il tenore di SV in uscita dal processo globale
2. L'incremento in termini di costi di investimento legato alla realizzazione di processi bi-stadio, potrebbe non essere considerato come un raddoppio (i.e. considerato il quantitativo annuale di FORSU in ingresso al processo in Acea il volume necessario per il primo stadio potrebbe esser pari a circa 300 mc)
3. L'idrogeno, nel momento in cui venga applicato come nel caso del progetto Biomethair al settore dell'autotrazione come combustibile, a maggior ragione se prodotto da fonti rinnovabili, contribuisce alla riduzione delle emissioni in atmosfera fino a valori pari al 42%.