



UNIONE EUROPEA
FONDO EUROPEO AGRICOLO
PER LO SVILUPPO RURALE:
l'Europa investe nelle zone rurali



Regione Umbria



PROGETTO GASFARM

Programma di sviluppo rurale per l'Umbria 2014/2020 Misura 16 "Cooperazione" - sottomisura 16.2 –
Tipologia di intervento 16.2.1

“Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie realizzati da altri
partenariati diversi dai Gruppi Operativi e dalle Reti o Poli di nuova costituzione”

N° DOMANDA SIAN: 14250102069

LA DIGESTIONE ANAEROBICA: NUOVE TENDENZE E CRITICITA'

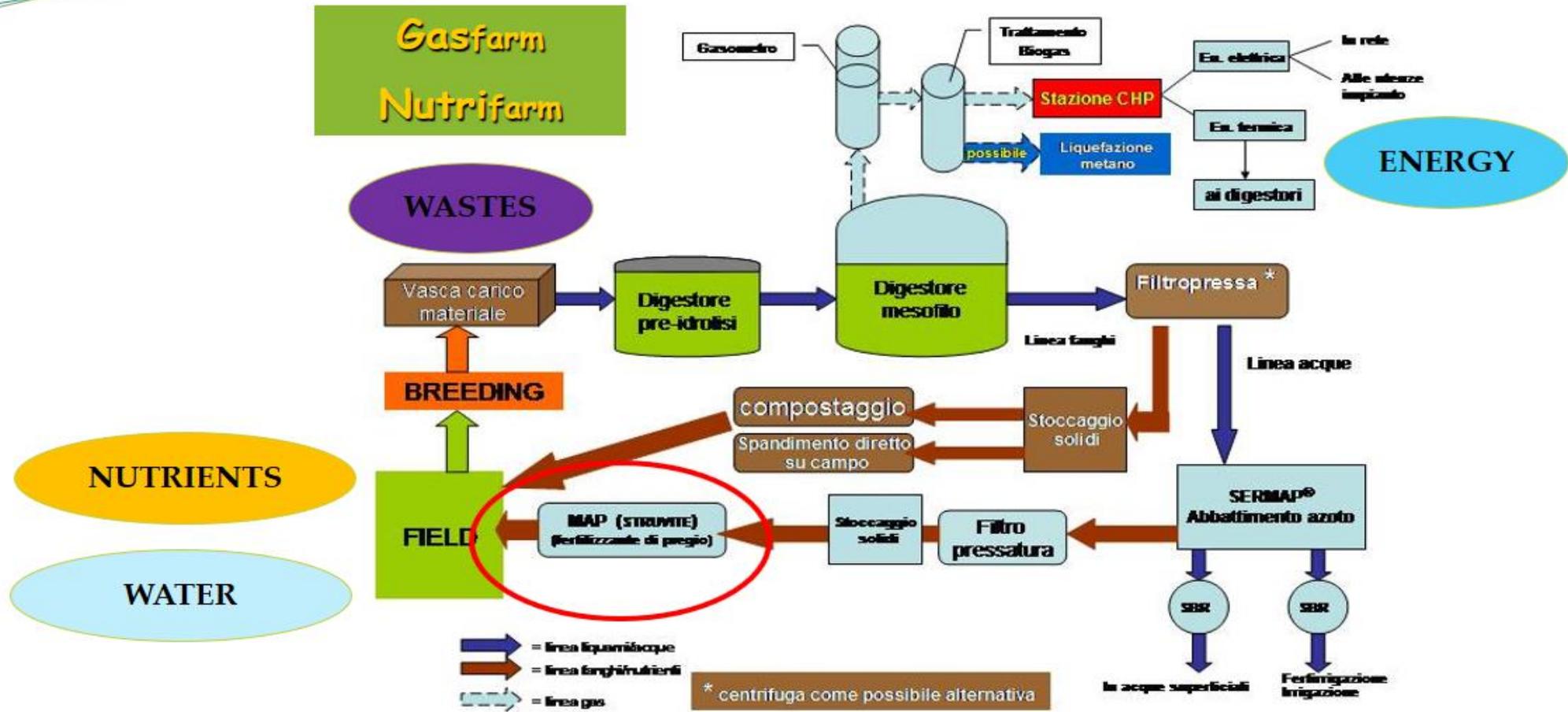
Dr. Luca Poletti – Biologo

LA PRODUZIONE DI BIOGAS: PRATICHE E PROSPETTIVE

Dr. Roberto Poletti - Agronomo

UN NUOVO PARADIGMA AGRO-ECOLOGICO

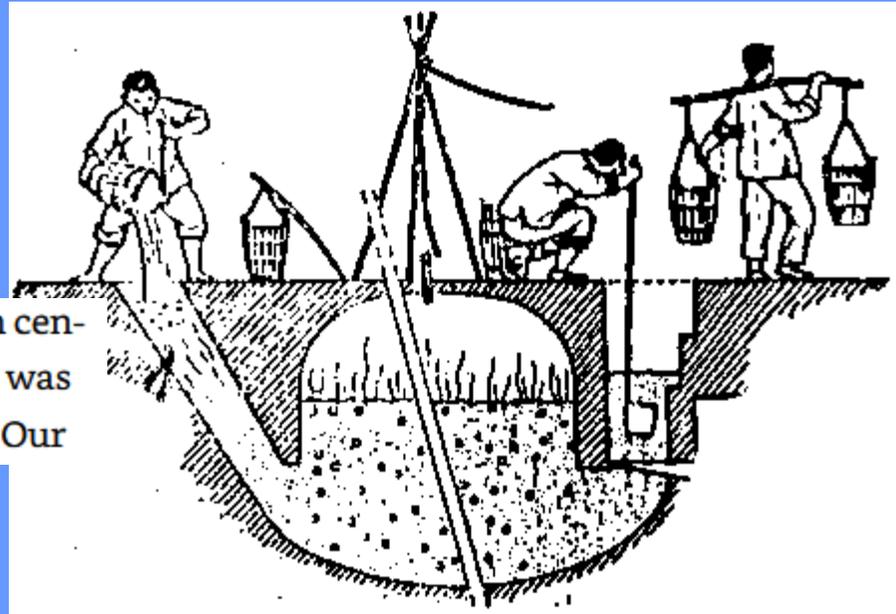
AN EXAMPLE OF CIRCULAR AGRO-ECONOMY
Energy&Material Flow Optimization (EMFO) in agro-energetic cycles



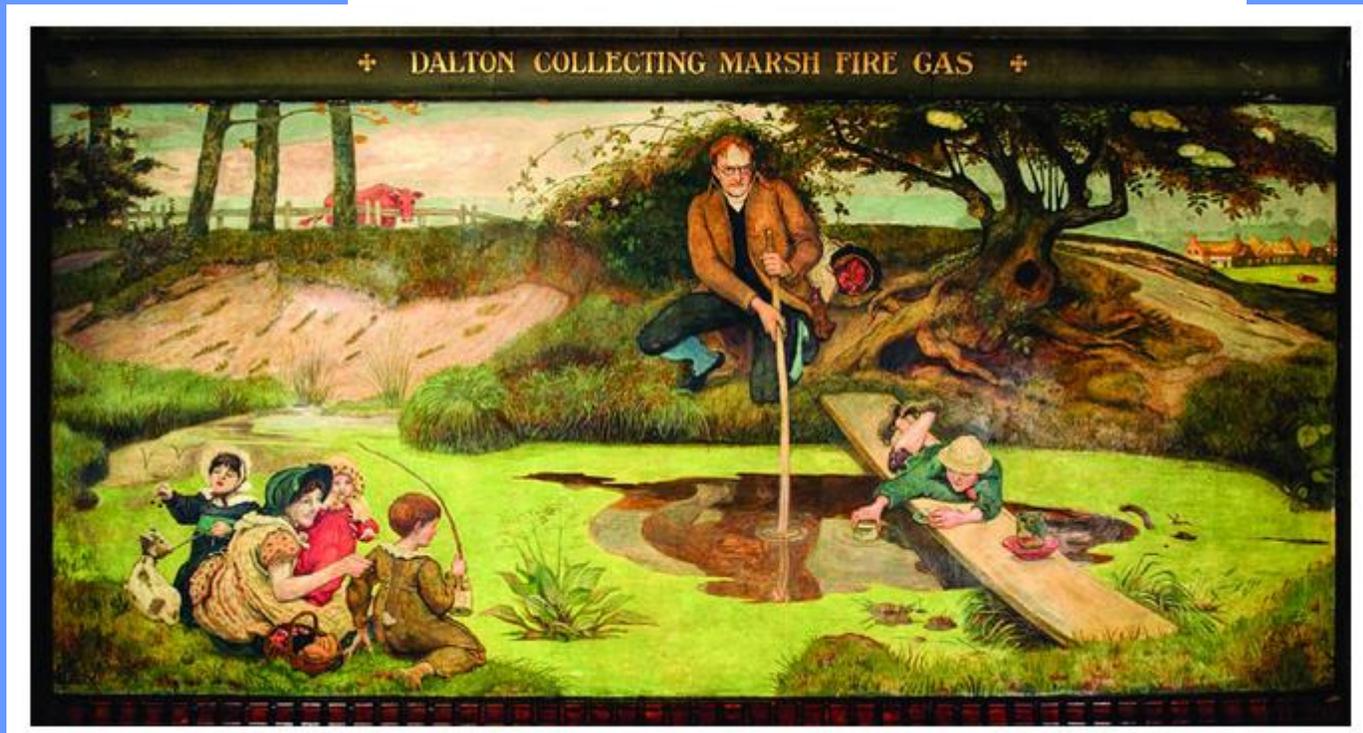
IL BIOGAS E' IL CUORE DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

STORIA BIOGAS

There are references to the use of AD to heat water in Assyria in the tenth century BC, and in Persia in the sixth century AD. There is also evidence that it was used in China around 4,000 years ago to heat brine during salt production. Our



Van Helmont
Boyle
Volta
Davy
Dalton
Pasteur
Imhoff



UPSIDES/DOWNSIDES BIOGAS

VANTAGGI BIOGAS

- Effetto pastorizzazione e rimozione microrganismi fecali patogeni
- Riduzione odori
- I nutrienti dei letami (N, K, P) sono catturati, concentrati e resi maggiormente biodisponibili
- E' un processo a produzione netta di energia
- **E' la forma più versatile di energia rinnovabile:**
- Diretto-→ Calore, cottura
- B2P-→ elettricità
- B2CH4-→ Rete gas, trasporto
- **B2F -→ Mangimi**

SVANTAGGI BIOGAS

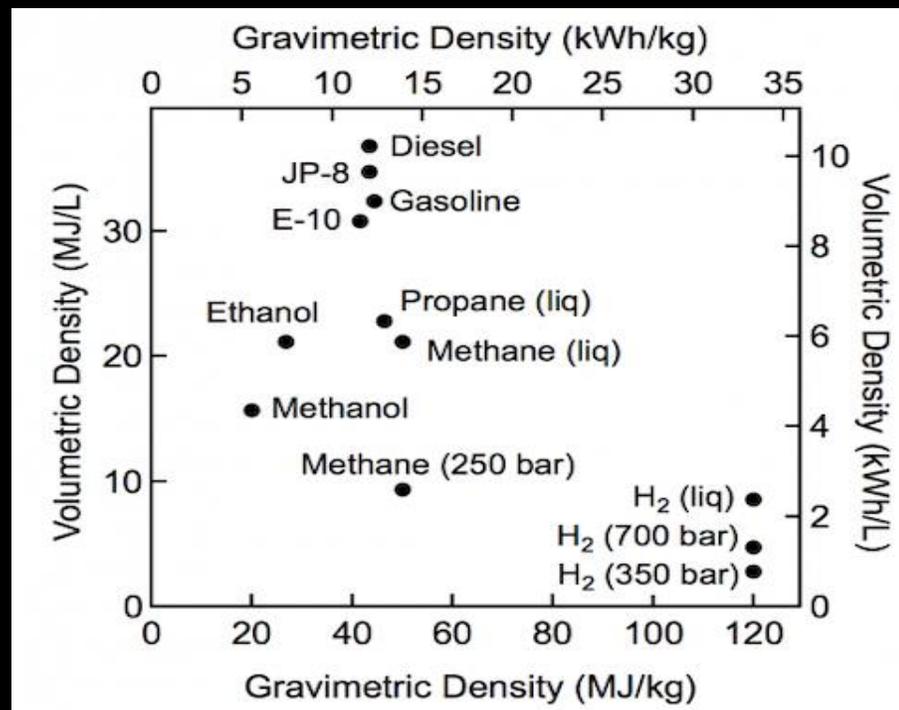
- Capital cost: costruzione ed installazione costosa con necessità di conoscenza specialistica e input tecnici
- La DA è un processo relativamente complesso e la sua conduzione necessita di uno staff ben addestrato
- Somministrazione di substrato costante e consistente
- Non c'è riduzione del volume del materiale di scarto e si produce **digestato** con cui bisogna fare i conti
- **Non c'è riduzione del contenuto di N**

BENEFICI AMBIENTALI

- Riduzione emissione GHG
- **Digestato fertilizzante organico** migliorativo rispetto al liquame con meno odori, meno semi infestanti e patogeni
- Mantiene la struttura del suolo-→ migliori rese-→ maggior reddito
- Produzione energetica consistente -→ operatività a 330 h/y

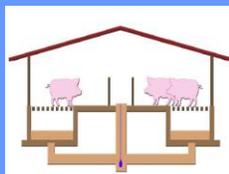
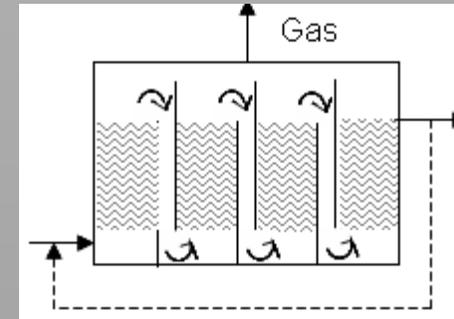
BIOGAS e IDROGENO

- SE SI PENSA AD UNA «**HYDROGEN ECONOMY**» ALLORA IL METANO E' LA MIGLIORE FONTE DI H_2
- **DENSITA' ENERGETICA**
- $PCI H_2 > PCI CH_4 \rightarrow$ Energia 10Kg CH_4 equivale a 4,2Kg H_2
- MA...
- Densità H_2 ca. 13 volte inferiore CH_4
- $1Nm^3 CH_4 \rightarrow 35 MJ$ en.term. Pot.
- $1Nm^3 H_2 \rightarrow 10,8 MJ$ en.term. Pot.
- 1 bombola 10 kg CH_4 equivale a 5 bombole da 50 l H_2 @200bar
- H_2 fragilizza metalli
- Range esplosività H_2 4-75% v/v (CH_4 : 4-15%)
- H_2 è improbabile divenga un vettore energetico sostitutivo comb fossili. La bassa densità energetica volumetrica rende impraticabile stoccaggio e trasporto
- Invece, la conversione del BIOGAS in H_2 (reforming catalitico biogas) con produzione di **syngas** ($CO_2 + CO + H_2$) e separazione H_2 con membrane selettive potrebbe diventare un possibile sbocco commerciale per gli impianti agro-energetici
- **UE considera H_2 e biometano vettori energetici equivalenti**



SSAD/MAD

- Customer pain: Manure management in small and medium farms (SMFs) inefficient and expensive → storing and fertigation
- Problems arise including:
 - Microbiological & odour impact
 - GHG emission
 - Inefficient fertigation (nozzle clogging)
 - Low fertilizing value with respect to AD digestate
 - NO nutrient recycling
- -→ Farms forced to downsize/shutdown.
- AD well-established technology for making manure management efficient&eco-sustainable
- Problem/Market Need: **AD is currently not a viable solution for SMFs**, (80% of EU farms) as it requires large quantities of feedstock for being economic sustainable (>300 kWe).
- Innovation is urged to successfully scale down AD --→ SSAD
- Breakthrough relies in reactor design -→ compartmentalization of microbial consortia brings about higher biogas specific yields -→ **lower reaction volumes**



SLURRY GATHERING



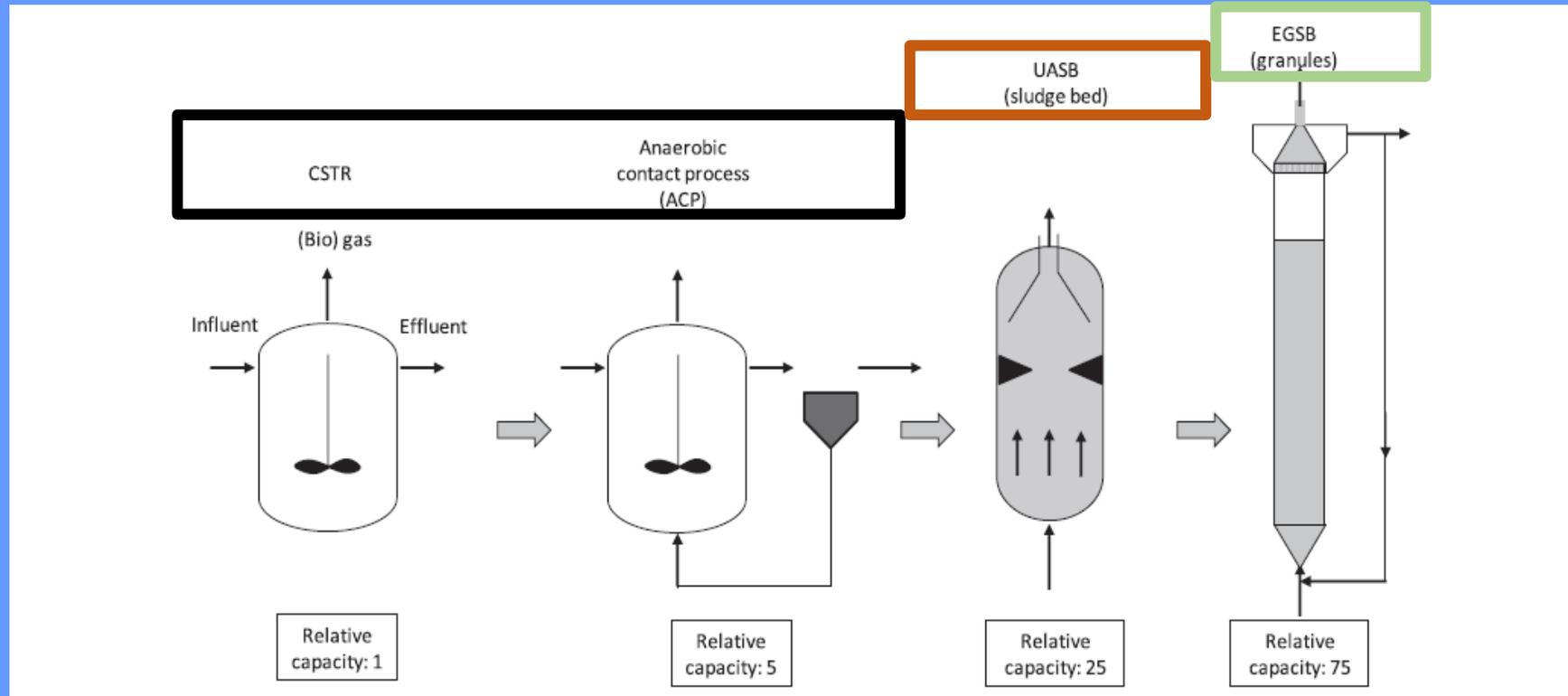
SLURRY STORAGE



GASFARM UNIT



The evolution of AD reactors: towards high-rate AD



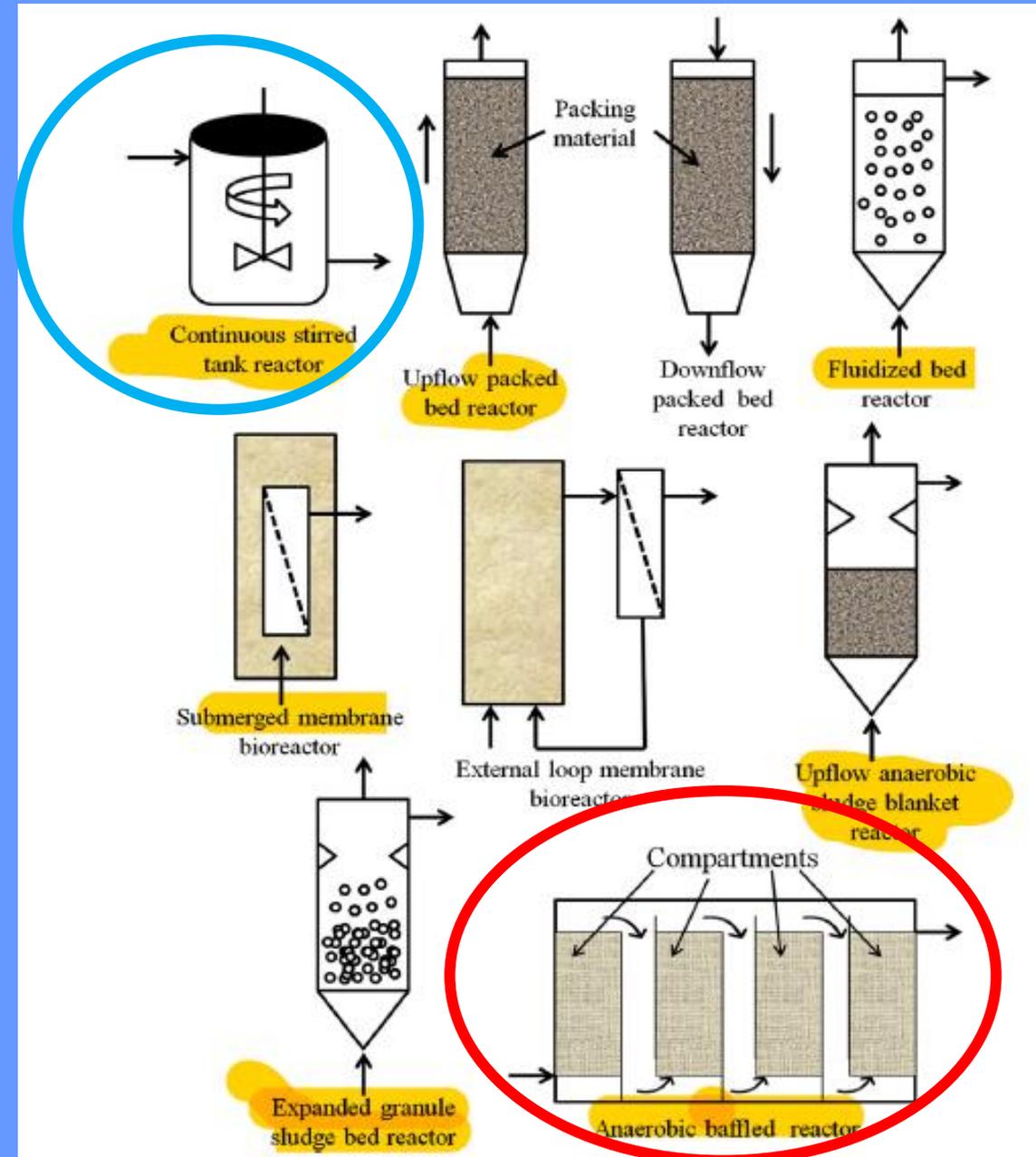
X 75 times
treatment
efficiency per unit
volume

I generation
CSTR - ACP

II generation
UASB

III generation
EGSB

BIOREACTOR SYSTEMS FOR AD CH₄ AND H₂ PRODUCTION



NUOVO DECRETO FER 19 giugno 2024 (c.d. «Fer 2»)

Art. 9

(Modalità di erogazione delle tariffe incentivanti)

1. Il GSE, a decorrere dalla data di entrata in esercizio commerciale, eroga gli incentivi secondo le seguenti modalità:

- a) per gli impianti di potenza non superiore a 300 kW, il GSE provvede direttamente al ritiro e alla vendita dell'energia elettrica, erogando, sulla produzione netta immessa in rete, la tariffa spettante in forma di tariffa omnicomprensiva. I soggetti titolari possono richiedere, in alternativa, l'applicazione del regime di cui alla lettera b);
- b) per gli impianti di potenza superiore a 300 kW, l'energia elettrica prodotta resta nella disponibilità del produttore, che provvede autonomamente alla valorizzazione sul mercato. Il GSE calcola la differenza tra la tariffa spettante e il prezzo dell'energia elettrica zonale orario, e:
 - 1) ove tale differenza sia positiva, eroga gli incentivi applicando una tariffa premio, pari alla predetta differenza, sulla produzione netta immessa in rete;
 - 2) nel caso in cui tale differenza risulti negativa, conguaglia o provvede a richiedere al soggetto titolare gli importi corrispondenti.

2. La soglia di potenza di cui al comma 1, lettere a) e b) è ridotta a 200 kW a decorrere dal 1° gennaio 2026.

3. Il GSE eroga gli incentivi per un periodo pari alla vita utile convenzionale indicata all'Allegato 1, considerata al netto di eventuali fermate derivanti da cause di forza maggiore ovvero da fermate effettuate per la realizzazione di interventi di ammodernamento e potenziamento non incentivati.

4. L'erogazione degli incentivi è sospesa nelle ore in cui si registrano prezzi di mercato pari a zero, ovvero nelle ore in cui si registrano prezzi negativi, ove previsto nel regolamento del mercato elettrico italiano.



NUOVO DECRETO FER

19 giugno 2024 (c.d. «Fer 2»)

Allegato 1 - tariffe di riferimento e vita utile convenzionale degli impianti

Fonte rinnovabile	Tipologia	Potenza	Vita utile convenzionale degli impianti	Tariffa
		kW	anni	€/MWh
Geotermica	Tradizionale con innovazioni	Tutte le potenze	25	100
	A emissioni nulle	Tutte le potenze	25	200
Eolica	<i>Off-shore</i>	Tutte le potenze	25	185
Fotovoltaica	<i>Off-shore floating</i>	Tutte le potenze	20	105
	<i>floating</i> su acque interne	1 < P ≤ 1000	20	90
		P > 1.000	20	75
Biogas	utilizzanti sottoprodotti e prodotti di cui alla tabella 1	1 < P ≤ 300	20	233
Biomasse	utilizzanti sottoprodotti e prodotti di cui alla tabella 2	1 < P ≤ 300	20	246
		300 < P ≤ 1.000	20	185
Energia mareomotrice, del moto ondoso e altre forme di energia marina		Tutte le potenze	20	180
Solare Termodinamico		1 < P ≤ 300	25	300
		300 < P ≤ 5.000	25	240
		P > 5000	25	200

Tabella 1.1 – Costi di Riferimento, vita utile convenzionale e tariffe di riferimento

NUOVO DECRETO FER

19 giugno 2024 (c.d. «Fer 2»)

Allegato 2: Requisiti specifici per l'accesso agli incentivi

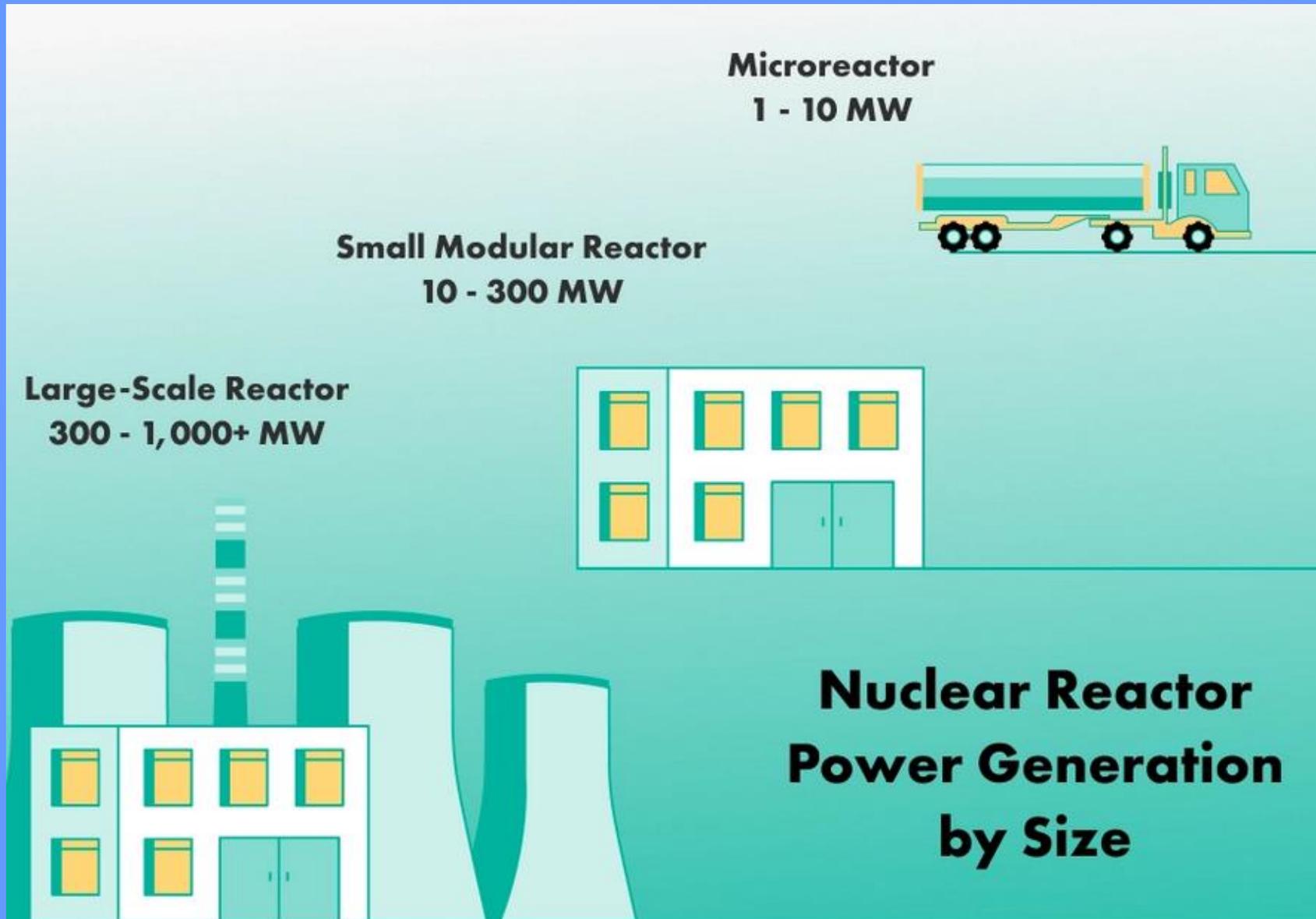
La partecipazione alle procedure di cui al presente decreto e l'accesso agli incentivi sono subordinati al rispetto dei requisiti specifici di cui ai successivi paragrafi, resta fermo l'obbligo di rispetto delle prescrizioni della normativa tecnica in materia di qualità e sicurezza.

1. Impianti a biogas

Per gli impianti alimentati a biogas la partecipazione alle procedure è subordinata al rispetto di tutti i seguenti requisiti:

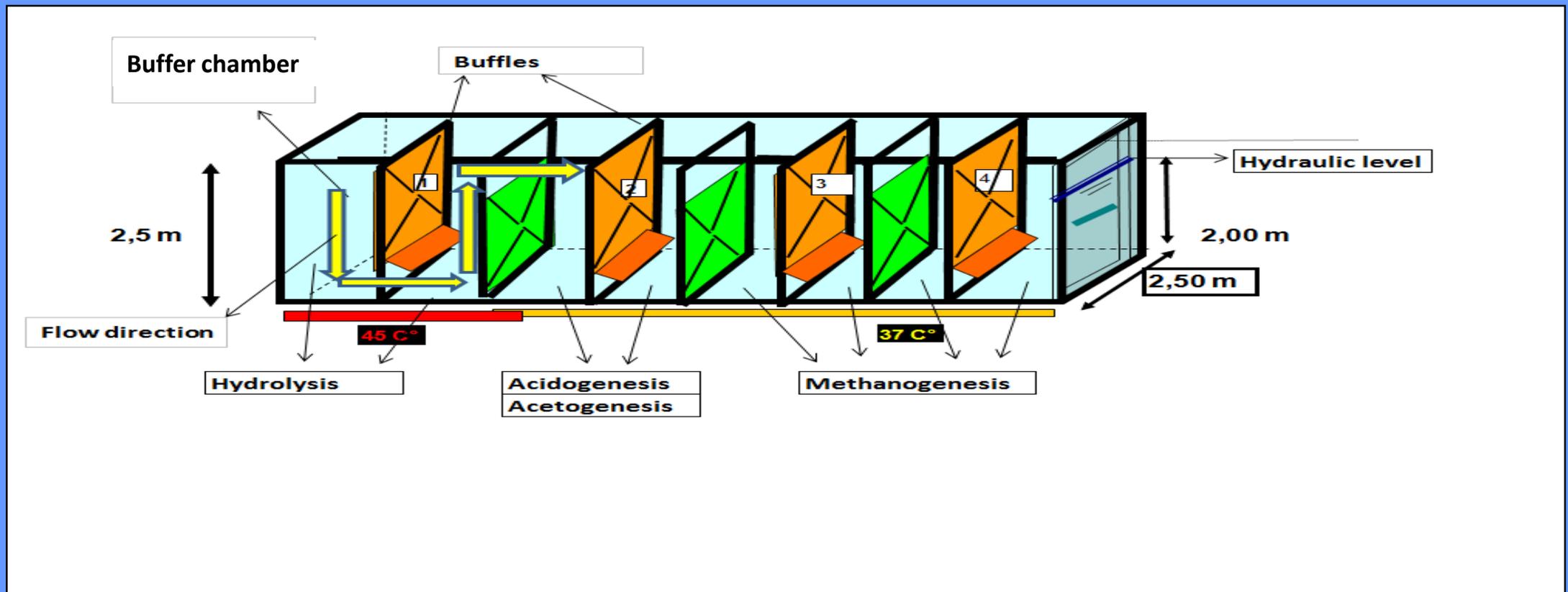
- a) le vasche del digestato degli impianti, di volume pari alla produzione di almeno trenta giorni, come specificato nell'ambito del pertinente titolo autorizzativo, sono dotate di copertura a tenuta di gas e di sistemi di recupero del gas da reimpiegare per produzione elettrica o biometano;
- b) l'energia termica prodotta è recuperata ed è prioritariamente autoconsumata in sito, a servizio dei processi aziendali, oppure immessa in un sistema di teleriscaldamento efficiente;
- c) gli impianti utilizzano in misura pari **almeno all'80% sottoprodotti di cui alla Tabella 1, Parte A**, allegata al presente decreto e per l'eventuale quota residua prodotti di cui alla Tabella 1, Parte B;
- d) prodotti e sottoprodotti utilizzati, **derivano per almeno il 51%** dal ciclo produttivo delle aziende agricole che realizzano l'impianto di produzione elettrica.

NUCLEAR SMALL MODULAR REACTORS (SMR)



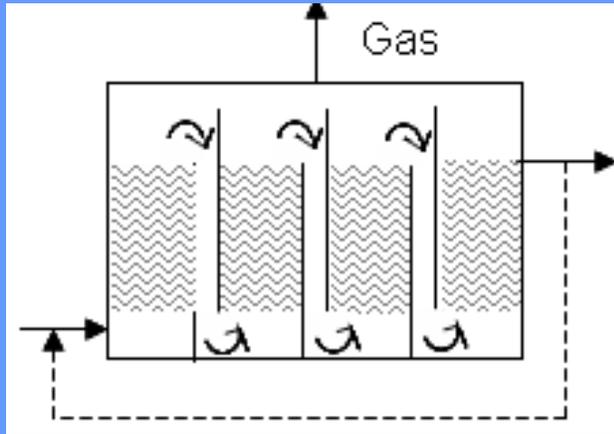
THE ABR CONCEPT

- (HALFWAY BETWEEN II-III GENERATION)
- CAN BE CONSIDERED SORT OF SEQUENTIAL UASB OR IMHOFF TANKS BEING AN INTERMEDIATE BETWEEN A PLUG-FLOW AND A FULLY-MIXED AD REACTOR



ABR Reactor

BIOLOGICAL ADVAANTAGES



- (RUMINANT ANALOGY example of NIS/NICE...) : in ruminants the food goes back and forward between the reticulus-rumen and the mouth in order to improve the digestion (mechanically and chemically)

Pretty much in an analogous way inside the ABR the content of each longitudinal chamber (biological sludge + nutrients/substrate/intermediates) can be displaced back or forward according to the requirement of the digestion process as a whole (pH, alkalinity, [VFA], trophic gradient, etc...) with the aim of keeping the **homeostasis** of the system --→

«RUMENGAS»

OUR PATENT

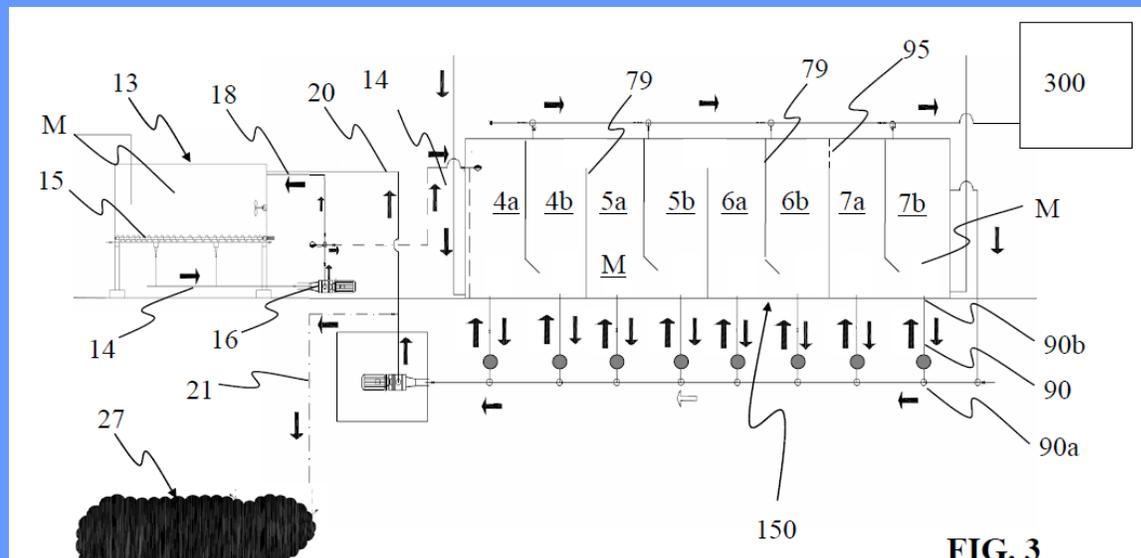
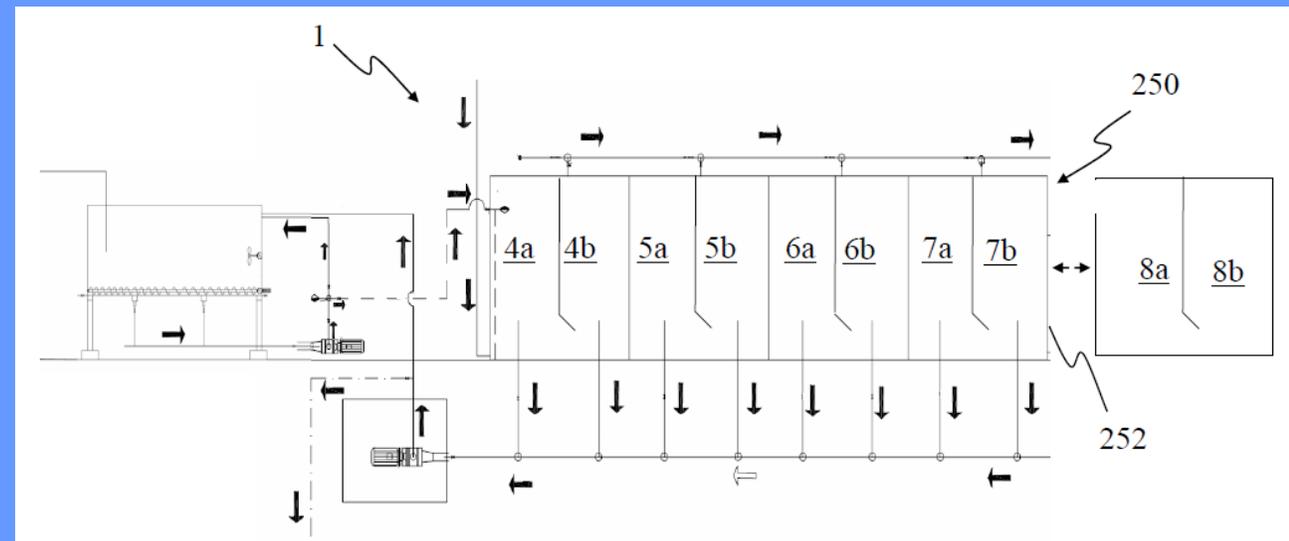
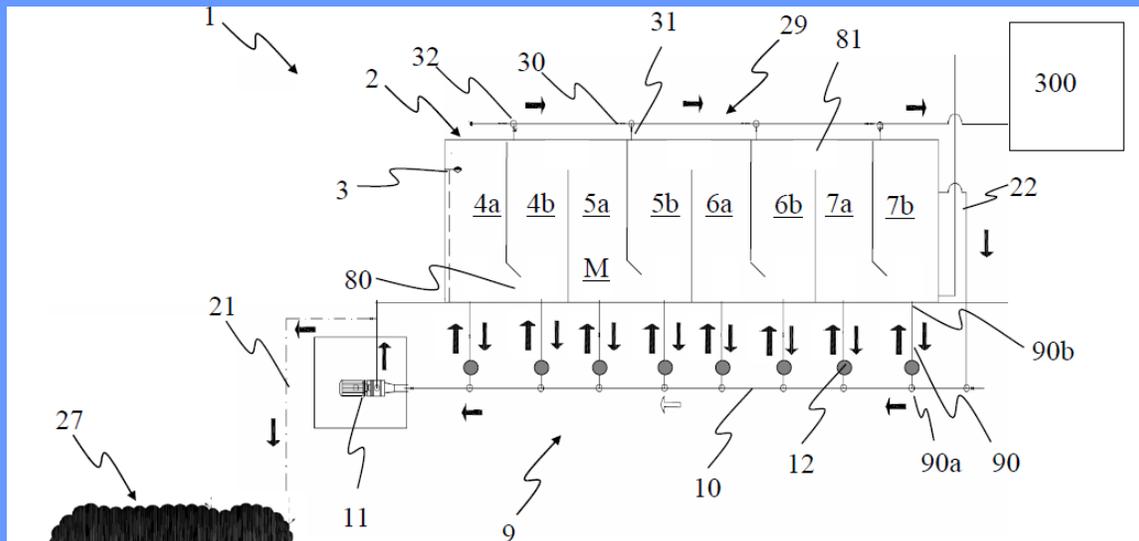
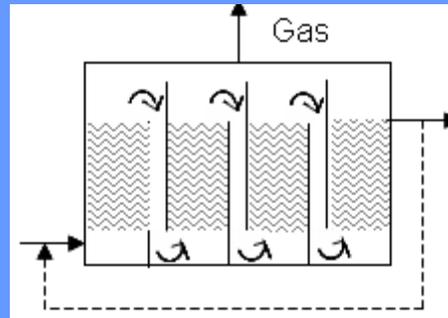


FIG. 3

ABR Reactor

ENGINEERING ADAVANTAGES

- **NO MIXING**
- HIGH SRT AND LOW HRT (the influent is a mere vector of solids)
- **FLEXIBLE** DESIGN AND OPERATION MODE
- LOW SLUDGE PRODUCTION
- HIGHER TOLERANCE AND **RESILIANCE** TO HYDRAULIC AND ORGANIC SHOCKS LOADS



- WITHSTANDS SUDDEN CHANGES IN pH AND TEMPERATURE
- LIMITED **HYDRAULIC CLOGGING** -→ SERECO'S PATENT
- LIMITED SLUDGE BED EXPANSION (often occurring in AF and UASB)
- PARTICULARLY SUITABLE FOR H₂ PRODUCTION

ABR Reactor

INDUSTRIAL AND ECONOMIC ADVANTAGES

ADVANTAGES

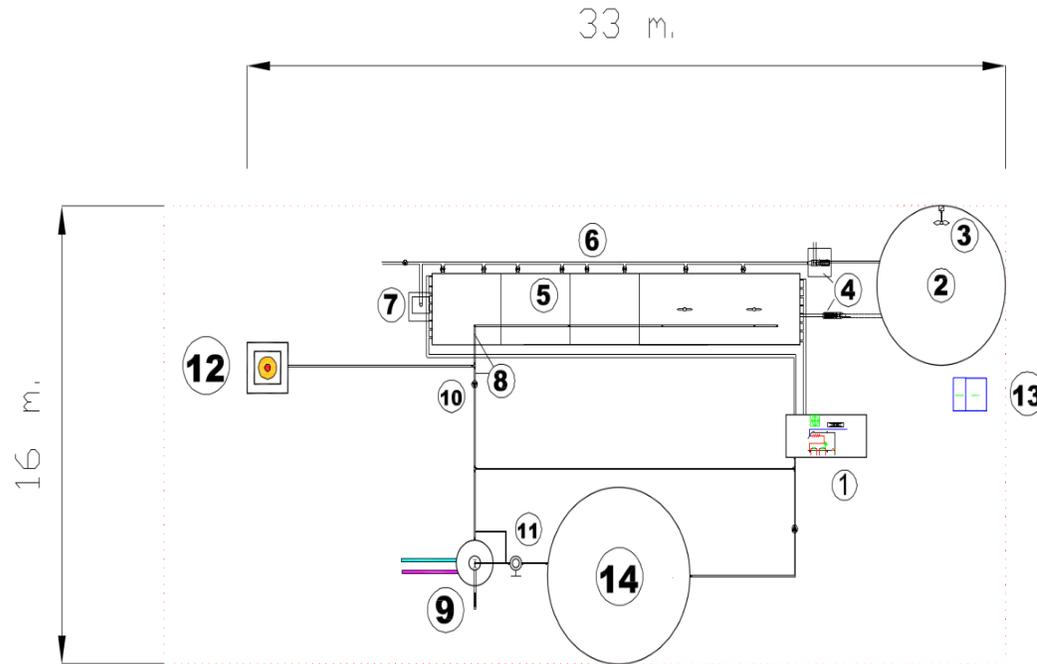
- workshop-made
- Direct portability from the workshop ; to site of use (with ordinary transport)
- Works of construction extremely limited and restrained
- Possibility of : mass-production with high cost abatement with respect to the traditional CSTR
- Low landscape and environmental impact
- Reduced Floor space and overall dimensions
- Low energy consumption



- Increase in biogas and methane yield with respect to traditional CSTR
- Capital expenditure lower than CSTR
- Reduced ROI (3-5 years)
- Extremely reduced and easy ordinary and extraordinary maintenance procedures
- Novel control sensing
- Modular system expendable for higher powers
- Adaptable to every kind of substrate

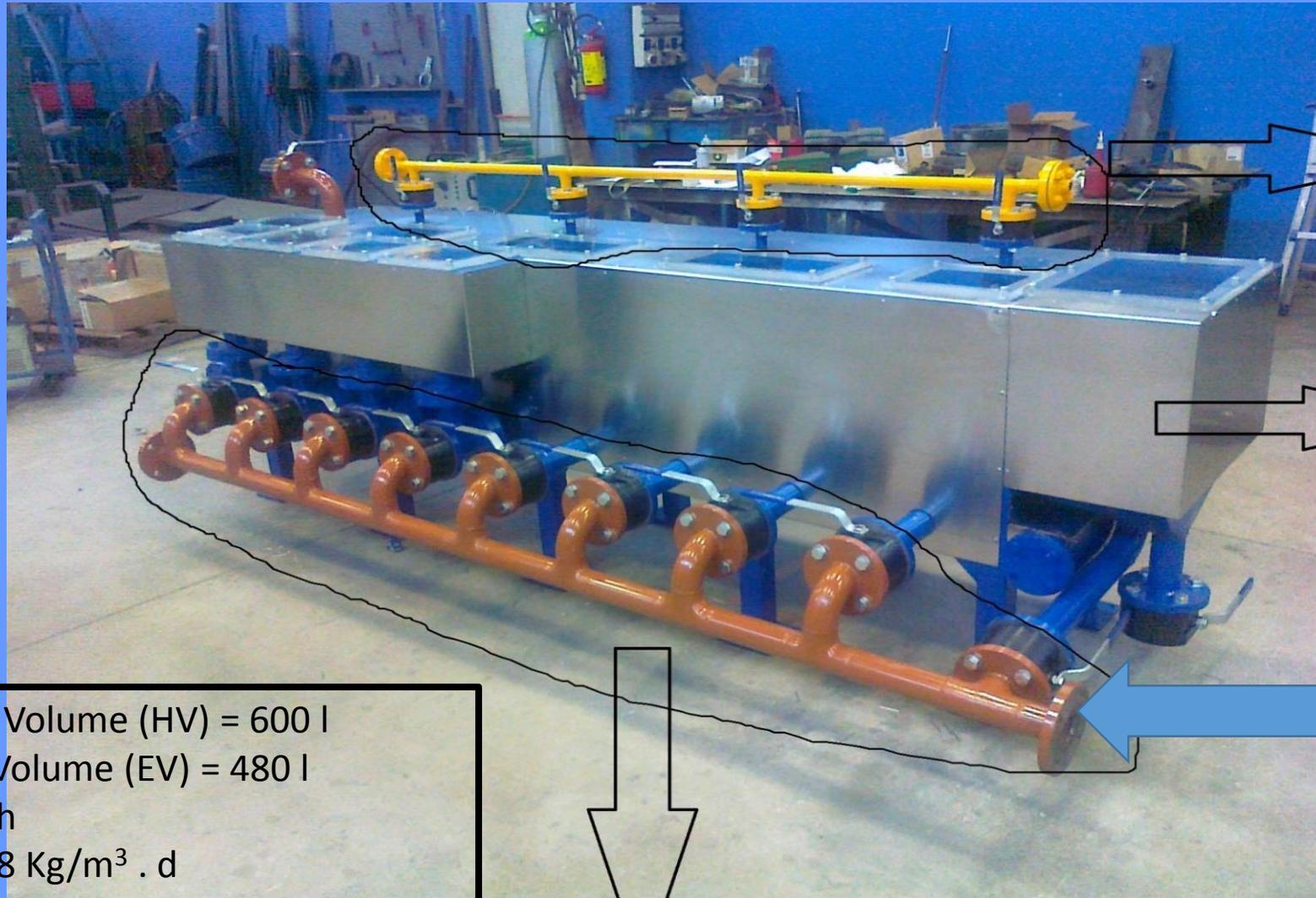
ABR BIOGAS PLANT 63 kWel.

PLANT SURFACE: 530 mq



1	CABINA DI COGENERAZIONE
2	VASCA DI CARICO E OMOGENEIZZAZIONE
3	AGGITATORE LATERALE
4	POMPE TRITURATRICI
5	REATTORE SBG - SIMPLEX [®]
6	LINEA IDRAULICA DI SERVIZIO PER TRASFERIMENTO E RICIRCOLO SURNATANTE E FANGHI
7	CASSETTA DI SCARICO
8	LINEA GAS
9	STAZIONE DI DESOLFORAZIONE E DECARBONATAZIONE
10	SOFFIANTE
11	FILTRO A GHIAIA
12	TORCIA DI SICUREZZA
13	QUADRI ELETTRICI DI PROTEZIONE, COMANDO E CONTROLLO
14	GASOMETRO A DOPPIA MEMBRANA

IL PROTOTIPO



BIOGAS
LINE

SEDIMENTATION
CHAMBER

patented

Hydraulic Volume (HV) = 600 l
Effective Volume (EV) = 480 l
HRT = 24 h
OLR = 6,58 Kg/m³ . d
SRT = 28 d

SEWAGE DRAIN LINE

IMPIANTO PILOTA AZIENDA CHECCARINI

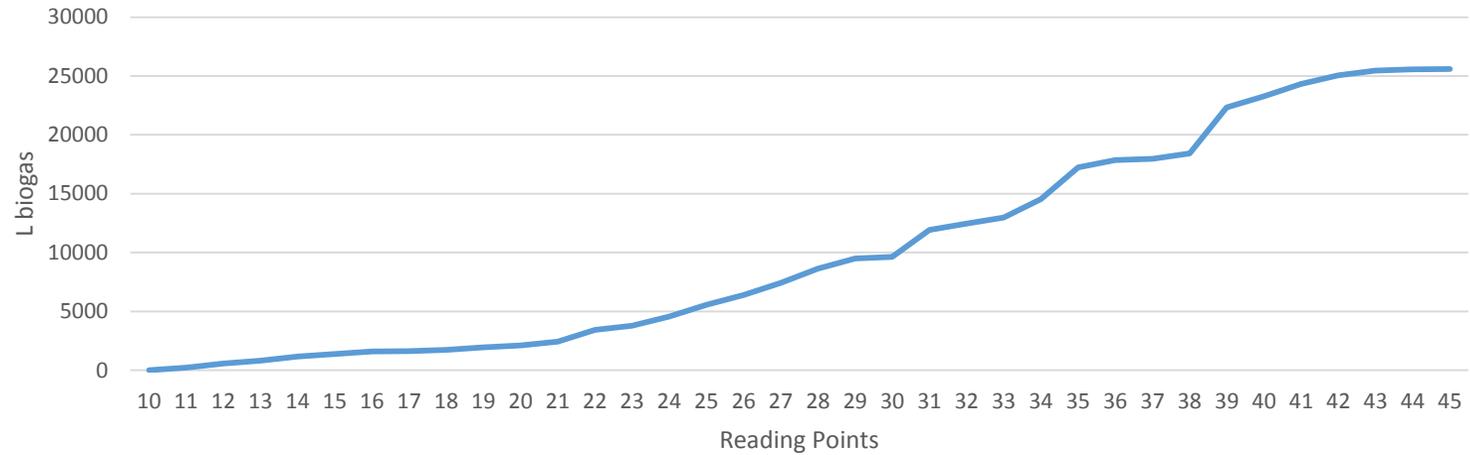


IMPIANTO PILOTA AZIENDA CHECCARINI: TESTING

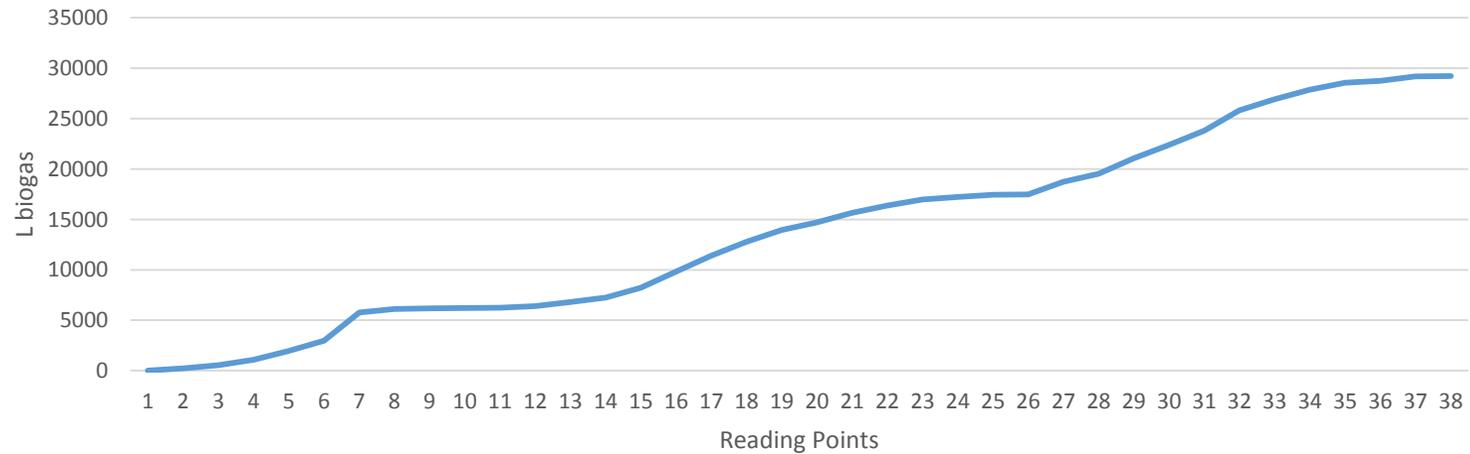
- 2 TEST DELLA DURATA DI 175 GG E 97 GG RISPETTIVAMENTE (CHECK)
- COLLAUDO FUNZIONALE INIZIALE
- DEGASSING
- **BATCH** FEEDING
- PROBLEMI INCONTRATI:
 - Comprensione meccanismi fluidodinamici
 - Sovrappressioni
 - Regolazione portate di ricircolo
- SUBCICLI DI CA. 25-40 gg CON CARICHI DI BIOMASSA EFFETTUATI AL DECRESCERE DELL' AHP (Average Hourly Production) DEL BIOGAS
- STIMA DEI PARAMETRI CINETICI:
 - PRODUZIONE CUMULATA BIOGAS
 - PRODUZIONE MEDIA ORARIA (AHP)
 - PRODUZIONE CUMULATA SPECIFICA (IN RIFERIMENTO AI SV AGGIUNTI)

RISULTATI TESTING: BGPcum

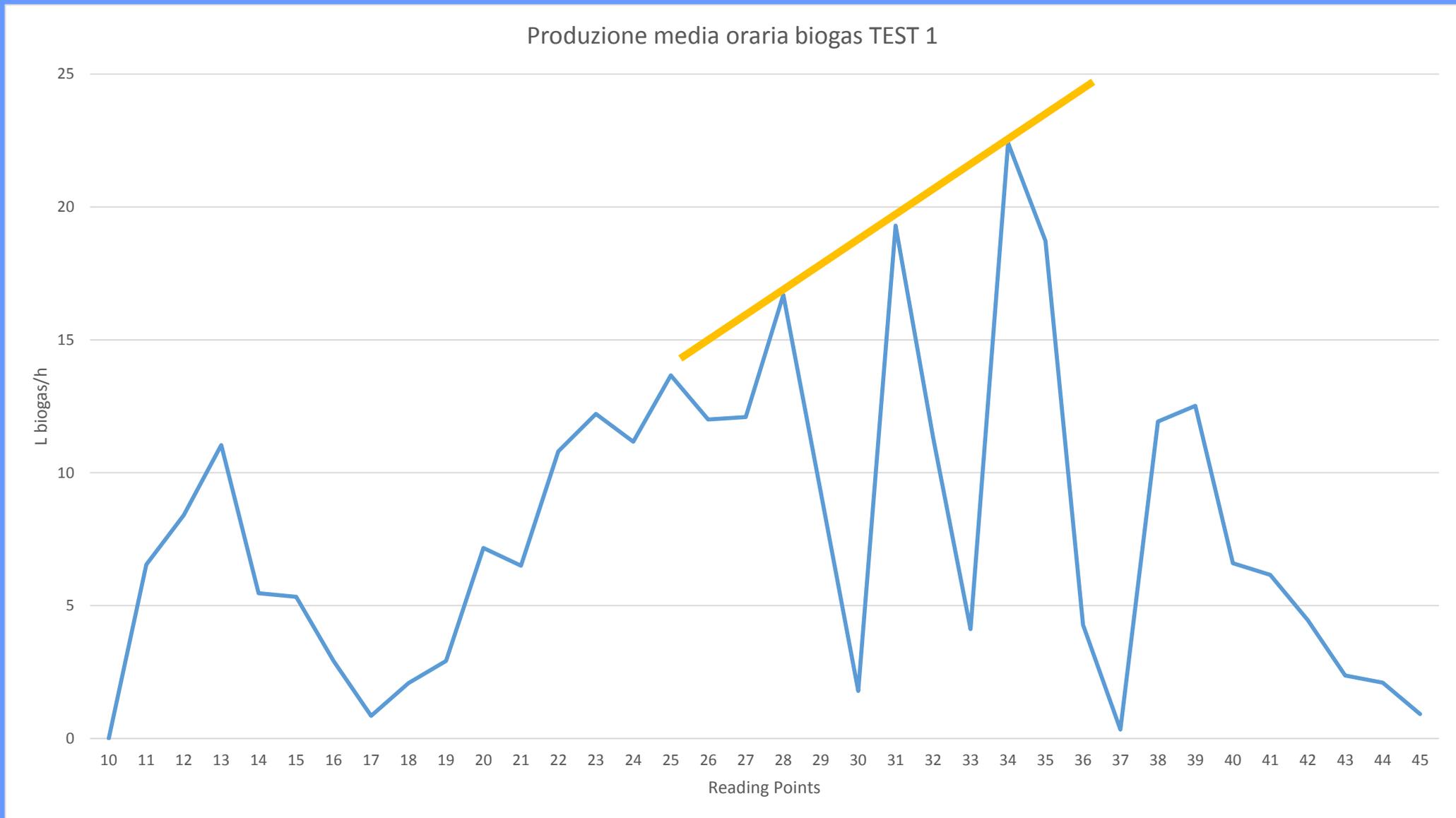
Produzione cumulata biogas TEST 1



Produzione cumulata biogas TEST 2

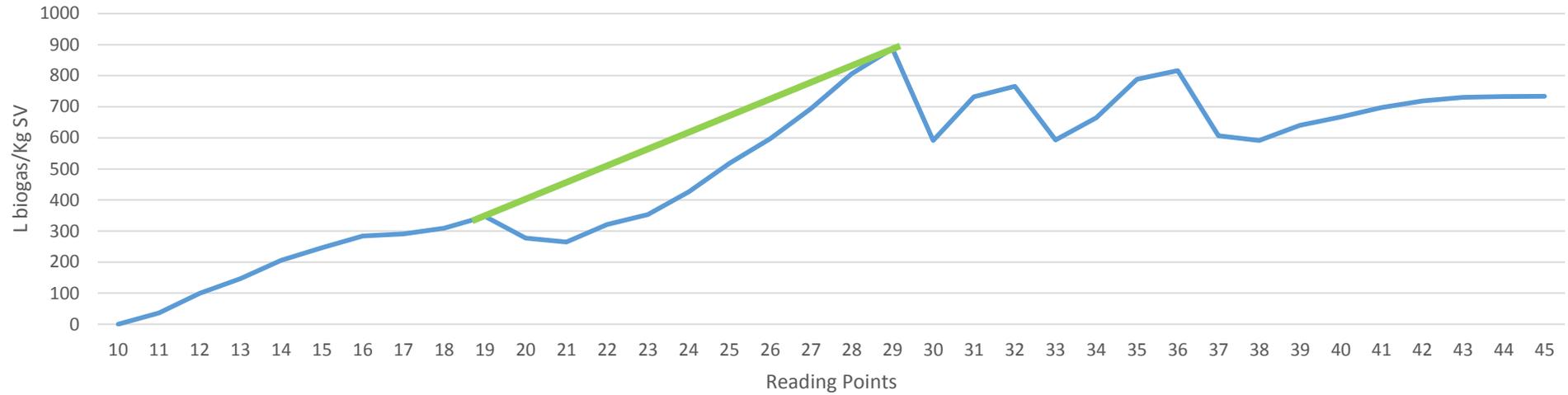


RISULTATI TESTING: AHP

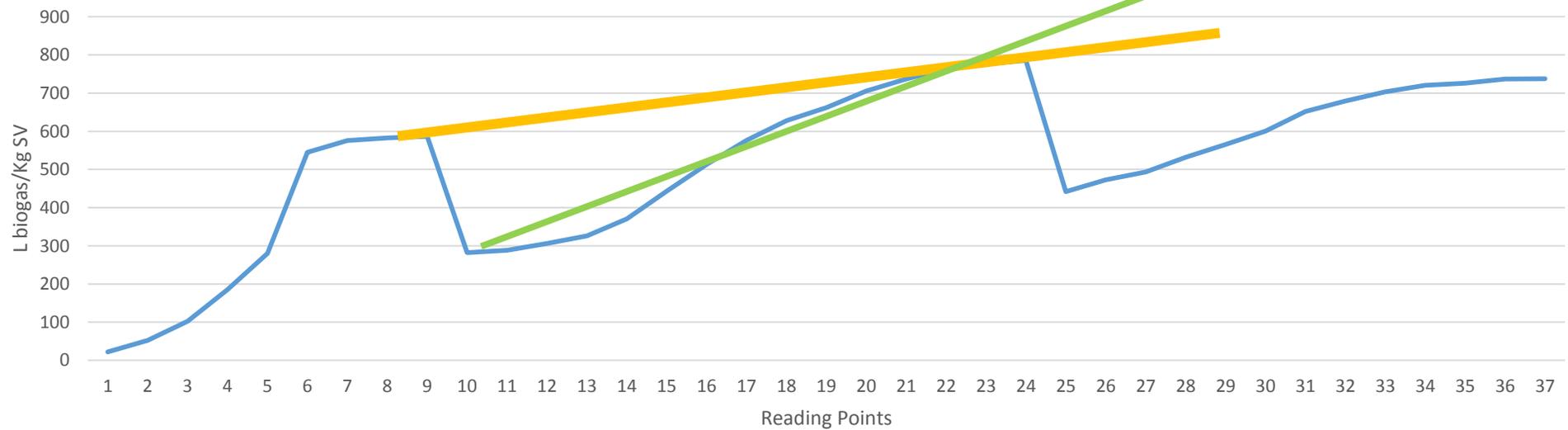


RISULTATI TESTING: BGPsv

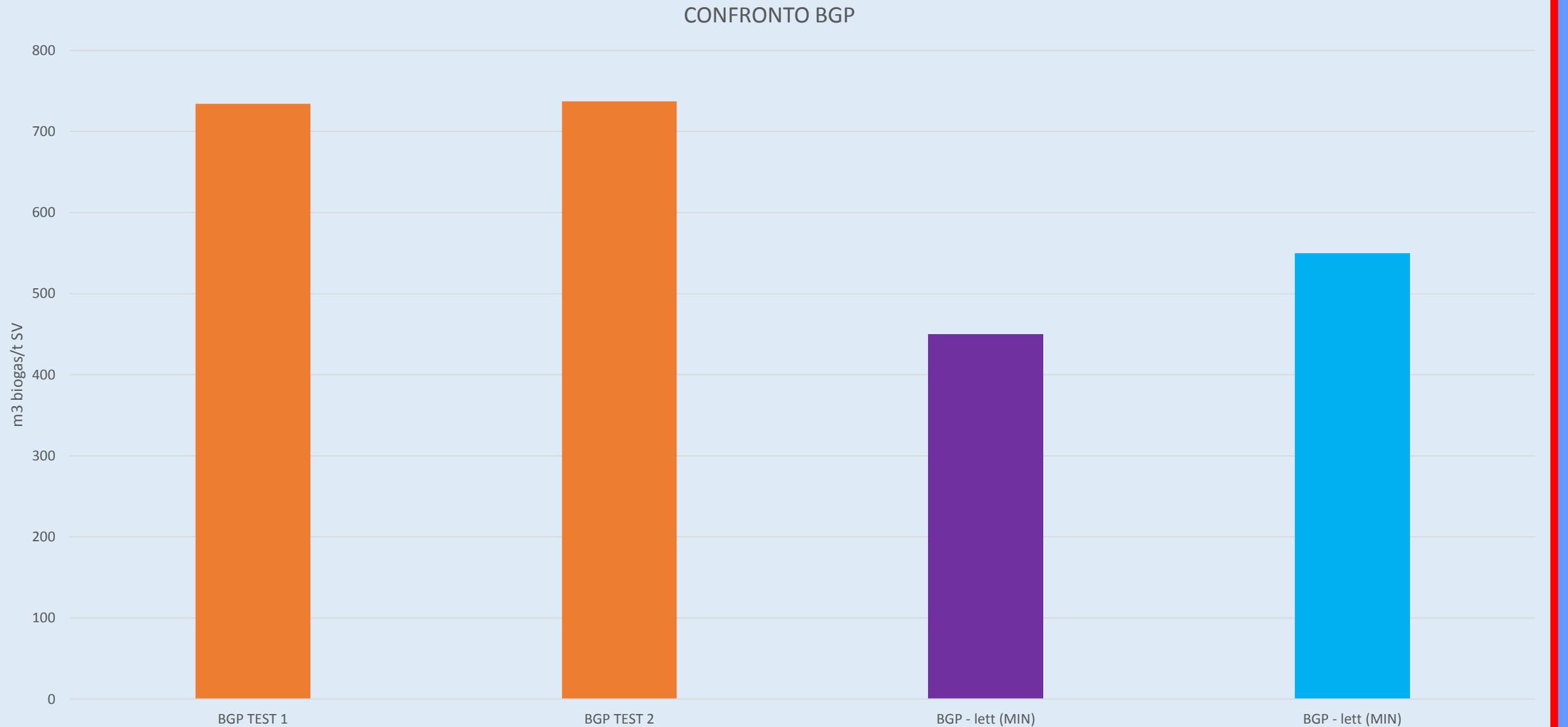
Produzione cumulativa Specifica TEST 1



Produzione cumulativa Specifica TEST 2



RISULTATI TESTING: BGPsv



VERSATILITA' ABR

BASIC

Vu-ABR-prototipo = 480 l

Vu-ABR-SIMPLEX-12-m = 76 m³

Vu-ABR-MAGNUM-16-m = 105 m³

Vu-ABR-MAGNUM-PLUS-20-m = 134 m³

Vu-ABR-MAGNUM-ULTRA-PLUS-24-m = 162 m³



PR-Parallel-Running

Vu-ABR-SIMPLEX-X-2 = 2 x 12-m = 151 m³

Vu-ABR-MAGNUM-X-2 = 2 x 16-m = 210 m³

Vu-ABR-MAGNUM-PLUS-x-2 = 268 m³

Vu-ABR-MAGNUM-ULTRA-PLUS-x-2 = 324 m³



Si può arrivare dunque a disporre di un volume utile di reazione di oltre 4 volte maggiore rispetto alla situazione base (ABR simplex).

ESTIMATED COST OF A 63kWe ABR-BASED AD PLANT

Only bioractor
115-135 k€
Around 1825-
2150 €/KWe

COMPONENT	ESTIMATED-COST	DISCOUNT-PROVIDED-%	DISCOUNTED-PRICE
COGENERATOR + CHILLER-INSTALLATION-&-STARTER+ CONTAINER	148,000	25,00%	111,000
DEADENING-CONTAINER	0 ⁽¹⁾	20,00%	0
SMOKE-COOLER	9,000	25,00%	6,750
BLOW	4,871	20,00%	3,897
TORCH-WITH-FRAMEWORK	11,500	25,00%	8,625
SCRUBBER	12,400	25,00%	9,300
FILTER-GRAVEL-WITH-HYDRAULIC-GUARD	1,619	25,00%	1,214
BIOGAS-ANALYSIS-BOX	0 ⁽²⁾	0,00%	0
KIT-PROTECTION-CELLS-FROM-H2S	0 ⁽²⁾	0,00%	0
GASOMETER-WITH-DOUBLE-MEMBRANE	25,920	25,00%	19,440
FEEDING-TANK-(70-mc)	22,200	25,00%	16,650
STIRRER-PRESURE-TANK	4,854	40,00%	2,912
REACTOR-(16-m)	96,640	25,00%	72,480
CHOPPER-PUMPS	7,054	40,00%	4,232
TRANSFER-PUMPS	1,238	100,00%	0
PIPING-SYSTEM-INCLUDING-BACK-TO-THE-MIXING-OF-WATER	8,890	20,00%	7,112
TRANSPORT-AND-INSTALLATION	17,250	20,00%	13,800
ELECTRICAL-INSTALLATIONS-(including-framework-scrubber)-CONTROL+PLC-PROGRAMMING-KIT+SATELLITE	16,800	10,00%	15,120
BOILER-HIRE+FREE-INOCULUM	5,000	25,00%	3,750
CRANE-HIRE	1,000	100,00%	0
STARTING-AND-TESTING-SERVICE	5,000	20,00%	4,000
WATERPROOFING-LAGOON	0 ⁽³⁾	0,00%	0
EXCAVATION-LAGOON	0 ⁽³⁾	0,00%	0
WORKS-AND-CIVIL-ENGINEERING	25,000	0,00%	25,000
CONNECTION-POWER-LINE	6,000	0,00%	6,000
DFIRE-SYSTEM	10,000	15,00%	8,500
TOTAL-COST	440,236		339,783

(1) → Cost-item-already-included-within-the-previous-item-(container)

(2) → Optional-item,-not-included-in-the-basic-version

(3) → Normally-already-present-in-zoo-technical-farms



7000-7200 €/KWe

Turnkey market price for < 100 KWe → > 10000 €/KWe

CONSIDERAZIONI ENERGETICHE

- portata di alimentazione = 150 l/d (HRT = 3 gg, SRT = 25/30 Vu = 151 m³ 2 ABR SIMPLEX in parallelo)
- ST = 7 % carico di esercizio solidi totali
- SV = 5,5% carico di esercizio solidi volatili
- BMP = 0,736 m³/Kg SV (media BMP TEST 1 e TEST 2)
- [CH₄] = 61%
- Con questi parametri il piccolo reattore in scala garantirebbe una potenza elettrica installata di **0,50 KWe**
- La portata di alimentazione corrisponde alla produzione di liquami di **14 capi suini**
- 50m³/gg di liquame suinicolo (5000 capi) dell'azienda Checcarini --→ **180 Kwe** soglia di convenienza tariffe incentivanti 200Kwe c.d. Fer 2 vs. **109-133 Kwe (CSTR)**
- **Semberebbe quindi che l'adozione del sistema ABR possa determinare un guadagno energetico notevole**

CONSIDERAZIONI ENERGETICHE



Pilota da 480 l



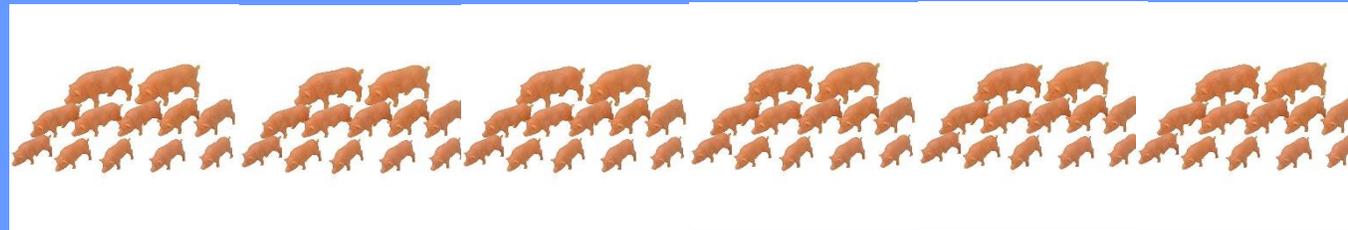
14 capi suini



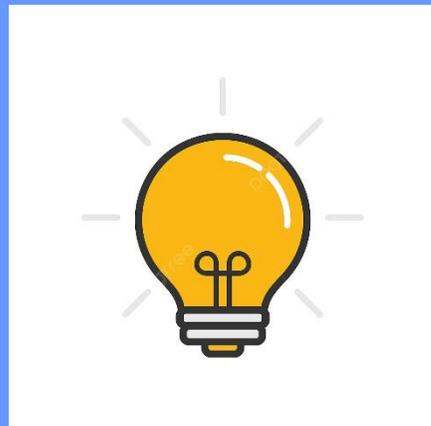
0,5 Kwe



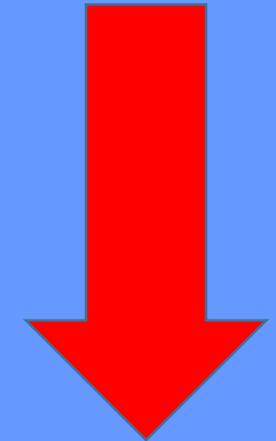
2 ABR SIMPLEX (150 m³)



5000 CAPI SUINI



180 Kwe



110-130 Kwe

ABR VS. CSTR

- Nei reattori di II e III generazione uno dei parametri chiave per il dimensionamento dei digestori (**OLR**, Organic Loading Rate) risulta molto superiore (fino a 400 volte) rispetto ai reattori CSTR
- Questo consente di lavorare con **volumi di reazioni più piccoli**
- Nel caso dell'Azienda Checcarini per il trattamento convenzionale di $50\text{m}^3/\text{gg}$ occorrono reattori con un volume di ca. **$1250-1500\text{ m}^3$** mentre con un sistema di ABR (anche multiplo con reattori PR) si può andare da **150 fino a $320-330\text{ m}^3$**)
- **Riduzione volumetrica** molto rilevante compresa tra le **4 e le 10 volte**
- Drastica **riduzione dei costi** e **semplificazione costruttiva** ed installativa che andrebbe a rivoluzionare l'intera filiera produttiva.
- Un vantaggio evidente!



CONCLUSIONI



- La sperimentazione in un impianto pilota in scala ridotta rispetto ad un ipotetico impianto industriale (scala 1:158 vu:vu) ha dato risultati positivi ed è stata importante per poter fissare alcuni importanti parametri tecnico-operativi
- Avvio della validazione della tecnologia a **TRL 5** secondo la nomenclatura europea EU Commission Decision (C 2014) 4995 = tecnologia validata a livello di pilota e dimostrata in ambiente rilevante
- BGP nell'ordine di **750 m³/Kg SV** vs. 450-550 m³/Kg SV (rese standard per liquami suinicoli)
- Costituzione filiera tecnica ed end-user interamente locale (**«Made in Umbria»**)

Future challenges

- CPR (**Continuous** Process Running)
- Misurazione diretta **SRT**
- Caratterizzazione **classi microbiche** compartmentalizzate e loro ottimizzazione
- Automazione con sensoristica innovativa del funzionamento della linea idraulica di ricircolo (> SRT) ed espulsione di ingestato «inibente»
- Scale-up del pilota a dimensioni reali per raggiungere **TRL 9/BRL9** = sistema dimostrato in ambiente operativo (full operational) – Business replication – «First-of-a-kind» pronto per la commercializzazione



Regione Umbria



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

