

***IL RECUPERO DI RISORSE NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE:
realità e prospettive***

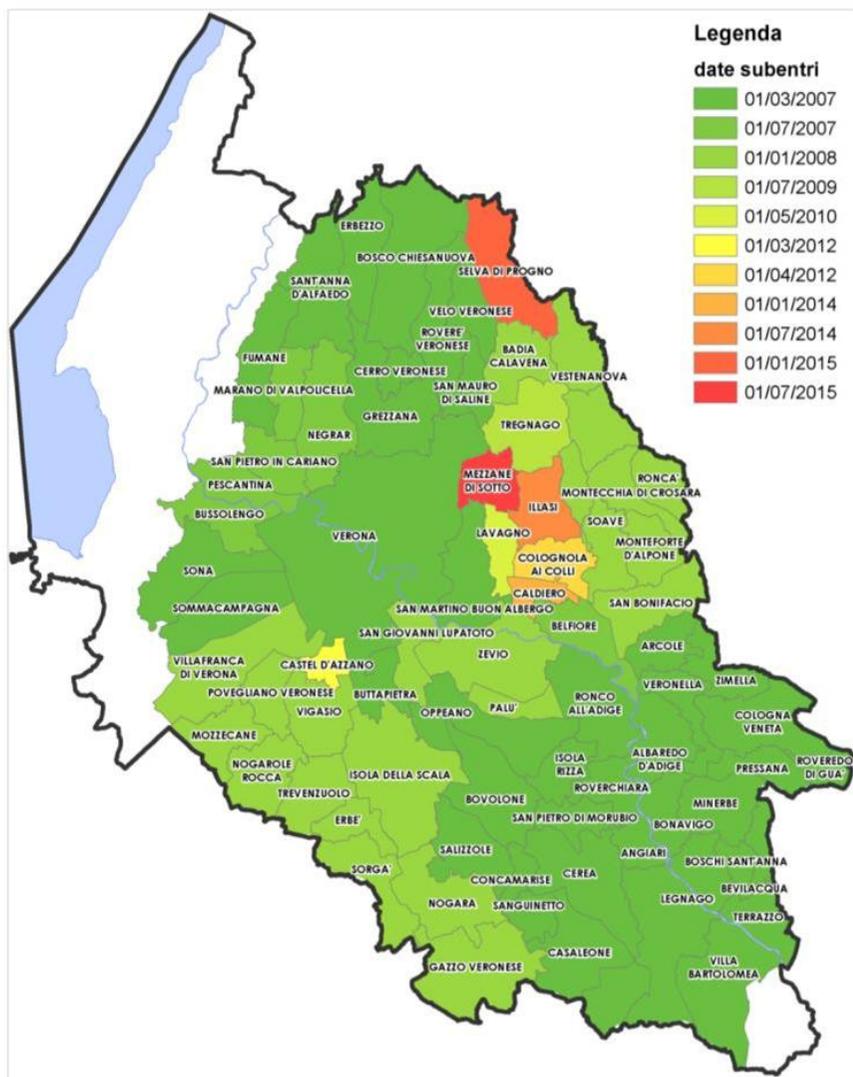
**Acque Veronesi Scarl: recupero di
energia e materia al depuratore Città
di Verona**

Annarita Mutta – Responsabile Area Depurazione
Simone Magri – Energy Manager – EGE Certificato UNI 11339

Verona | 24 maggio 2017



ACQUE VERONESI



- Acque Veronesi è una società consortile a responsabilità limitata (s.c.a r.l.) i cui soci sono **77 Comuni** della Provincia di Verona incluso il capoluogo
- Essa è affidataria «in house» del Servizio Idrico Integrato nei citati Comuni soci.





Comuni sul territorio di competenza	77
Territorio Gestito [Km ²]	2.394
Popolazione residente al 09.10.2011 [n. ab.]	792.717
Popolazione fluttuante [n. ab.]	80.921
N. utenze di acquedotto/fognatura/depurazione	314.739
N. utenze fognatura/depurazione	23.709
N. utenze totale	337.739

Estensione rete acquedotto [Km]	5.818
Estensione rete fognatura [Km]	3.092



ACQUE VERONESI – IMPIANTI

IMPIANTI GESTITI DA ACQUE VERONESI (NUMERO)

TIPOLOGIA IMPIANTO	DISTRETTO						TOTALE	
	MONTANO		PEDEMONTANO		PIANURA			
	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015
Sorgenti(1)	104	104	33	33	-	-	137	137
Campo pozzi (pozzi)(1)	23	23	146	146	32	31	201	200
Impianti di potabilizzazione(2)	2	2	16	19	8	8	26	29
Serbatoi e torrini(1)	239	239	157	157	14	14	410	410
Pompaggio acqua(1)	72	72	99	99	3	3	174	174
Impianti di sollevamento(1)	52	51	259	264	483	470	794	785
Scaricatori(3)	34	34	67	66	129	122	230	222
Vasche Imhoff(1)	57	58	7	9	13	12	77	79
Depuratori(1)	7	7	19	18	41	41	67	66
Totale	590	590	803	811	723	701	2.116	2.102

⁽¹⁾: Valori relativi agli impianti in servizio

⁽²⁾: Valori relativi alla somma dei potabilizzatori in servizio e fuori servizio

⁽³⁾: Valori relativi alle codifiche AATO; tale valore è in fase di verifica tramite la ricognizione della Cartografia



ACQUE VERONESI – DEPURAZIONE DATI 2016

ANNO 2016	valore
numero impianti depurazione	67
numero vasche imhoff	77
AE nominali	884.994
AE trattati	664.553
Q trattata tot (m ³)	70.106.924
Fango smaltito totale (t)	36.428
EE prelevata da rete (kWh)	21.184.751
EE consumata (kWh)	25.521.026
EE/AE (kWh/AE TRATTATO)	38



IL DEPURATORE CITTA' DI VERONA



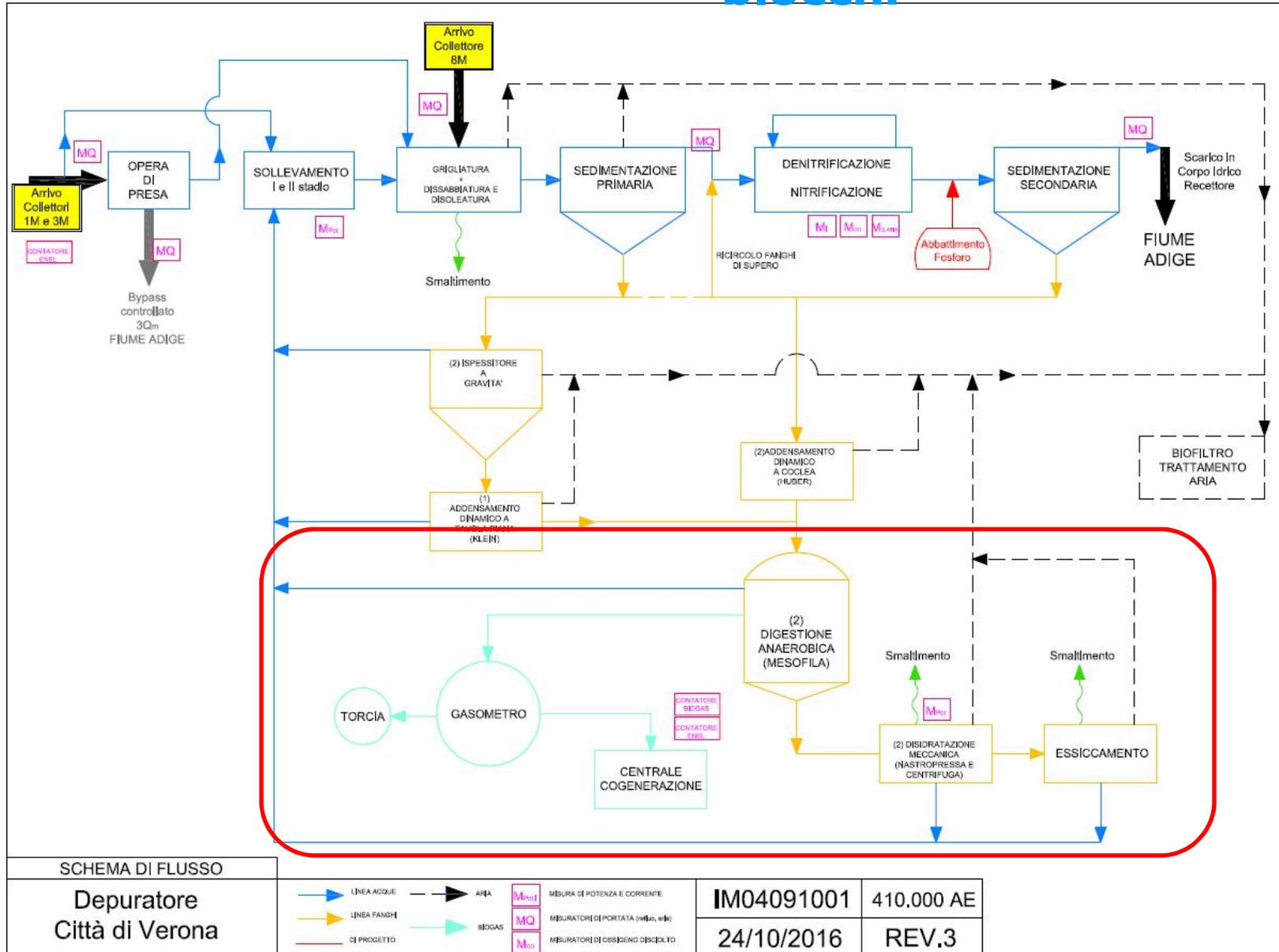
Potenzialità Nominale
410.000 AE

Portata di progetto
90.000 m³/d

Anno di entrata in
esercizio 1983

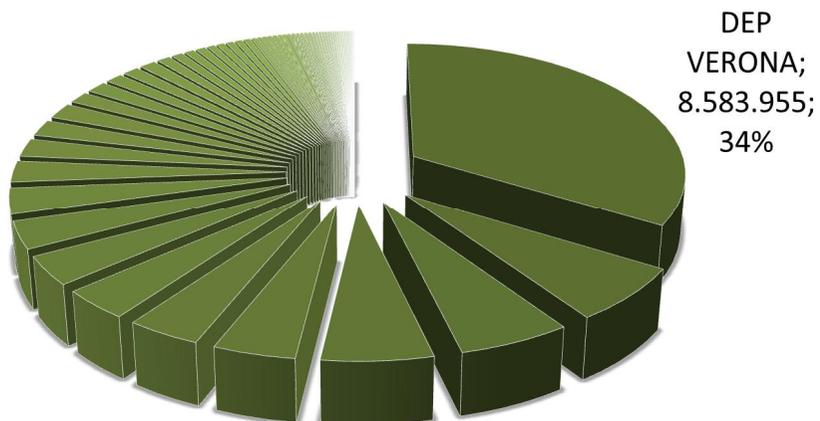


DEPURATORE DI VERONA – schema a blocchi

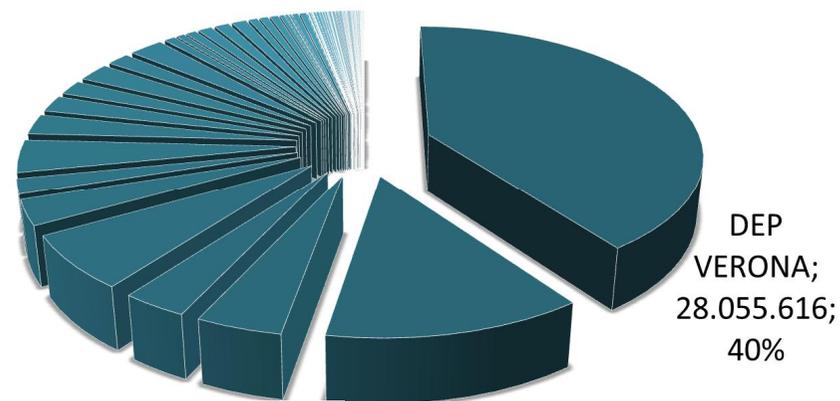


DEPURATORE DI VERONA – dati 2016

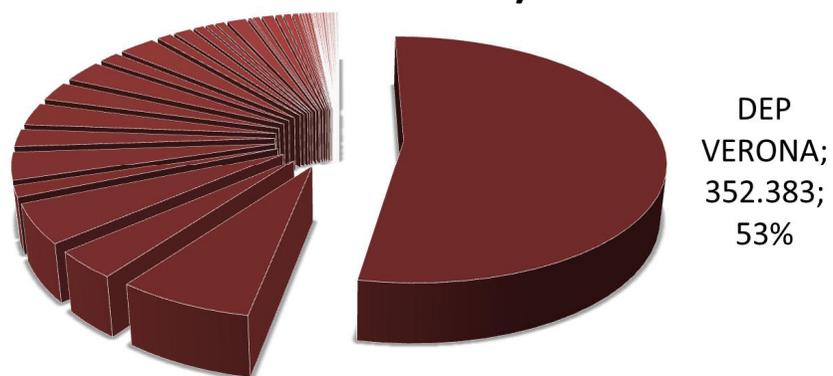
EE anno (kWh/y)



PORTATA TRATTATA (m3/y)



AE ingresso medi (calcolati su BOD5)

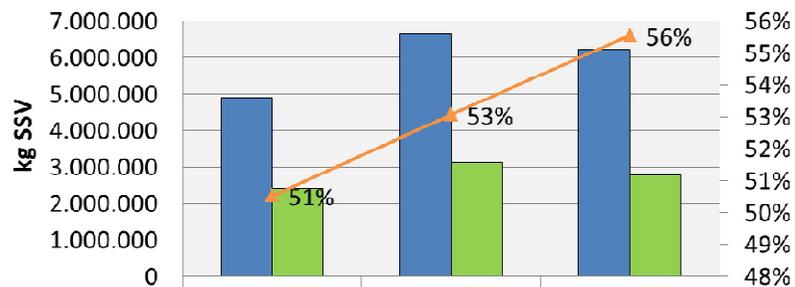


RECUPERO DI ENERGIA – LA DIGESTIONE ANAEROBICA



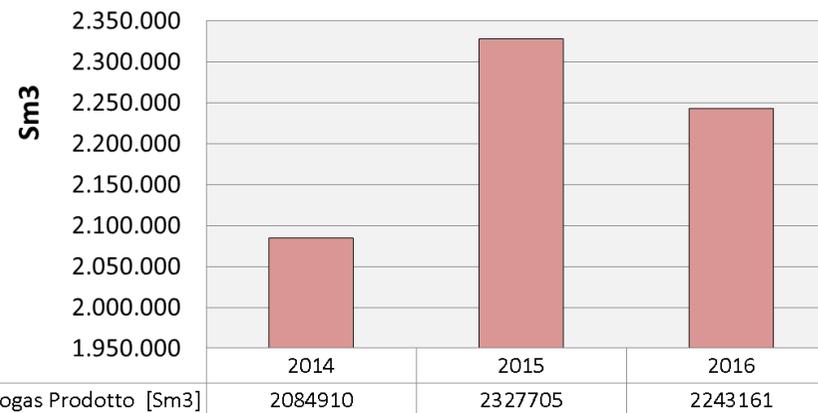
RECUPERO DI ENERGIA – LA DIGESTIONE ANAEROBICA

ABBATTIMENTO SSV

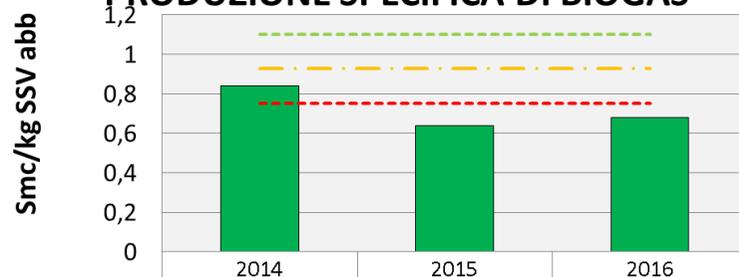


SSV ingresso	4.909.304	6.634.675	6.215.409
SSV uscita	2.424.030	3.125.960	2.778.646
RENDIMENTO RIMOZIONE SSV (%)	51%	53%	56%

PRODUZIONE BIOGAS

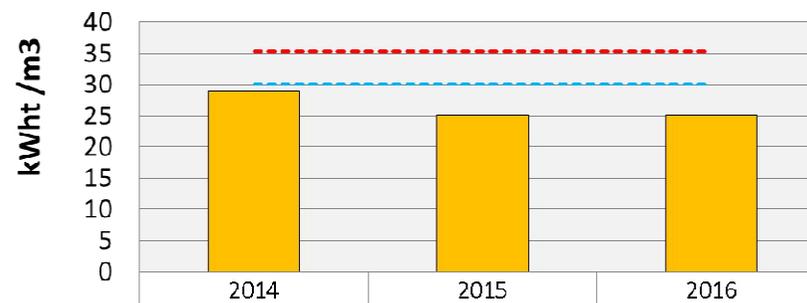


PRODUZIONE SPECIFICA DI BIOGAS



Produzione Specifica Biogas	0,84	0,64	0,68
Benchmark MAX	1,1	1,1	1,1
Benchmark MIN	0,75	0,75	0,75
EnPI - (Valore medio di letteratura)	0,93	0,93	0,93

CONSUMO SPECIFICO DI CALORE



Consumo Specifico Calore	28,85	25,07	25,08
Benchmark 1	35,35	35,35	35,35
Benchmark 2	30	30	30

RECUPERO DI ENERGIA – LA COGENERAZIONE

Realizzata nel 2007 ed entrata in funzione nel 2008 (rifacimento completo della preesistente)

Motore a combustione interna ciclo Otto a quattro tempi alimentato da biogas

- Marca: GE JENBACHER
- Tipo: JMS 312 A21
- Potenza: 625 kW

Generatore elettrico sincrono

- Marca: STANFORD
- Tipo: A06I712654
- Potenza: 910 kVA



**ENERGIA TERMICA 692 kWt
nominali**

utilizzata nella fase di digestione
anaerobica dei fanghi

**ENERGIA ELETTRICA 625 kWe
nominali**

completamente utilizzata in sito
dall'impianto di depurazione



RECUPERO DI ENERGIA – LA COGENERAZIONE

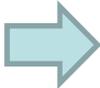
Dati con:			Pieno carico	Carico parziale	
				75%	50%
Potere calorifico inferiore del gas (PCI)		kWh/Nm ³	6,6		
			100%	75%	50%
Potenza introdotta		kW [2]	1.572	1.211	851
Quantità di gas		Nm ³ /h *)	238	183	129
Potenza meccanica		kW [1]	649	485	323
Potenza elettrica		kW el. [4]	625	469	310
Potenze termiche recuperabili					
~ Primo stadio intercooler		kW	92	37	2
~ Olio		kW	69	58	49
~ Acqua di raffreddamento motore		kW	184	178	157
Gas di scarico raffreddati a 180 °C		kW	247	272	191
Potenza termica complessiva		kW [5]	692	545	399
Potenza erogata complessiva		kW totale	1.317	1.014	709
Potenza termica da dissipare					
~ Secondo stadio intercooler		kW	27	19	9
~ Olio		kW	~	~	~
~ Calore insuperficie	ca.	kW [7]	46	38	38
~ Potenza termica rimanente		kW	27	21	16
Consumo specifico del motore		kWh/kWh [2]	2,43	2,50	2,63
Consumo olio motore	ca.	kg/h [3]	0,19	~	~
Rendimento elettrico		%	39,7%	38,7%	36,4%
Rendimento termico		%	44,0%	45,0%	46,9%
Rendimento complessivo		% [6]	83,8%	83,7%	83,3%
Circuito acqua calda:					
Temperatura di mandata		°C	90,0	85,8	81,5
Temperatura di ritorno		°C	70,0	70,0	70,0
Portata nominale		m ³ /h	29,7	29,7	29,7

*) Valore indicativo per il dimensionamento della tubazione, Sm³=Nm³ x 1,055

[] Spiegazioni: vedi voce 0.10 - Parametri tecnici



RECUPERO DI ENERGIA – LA COGENERAZIONE

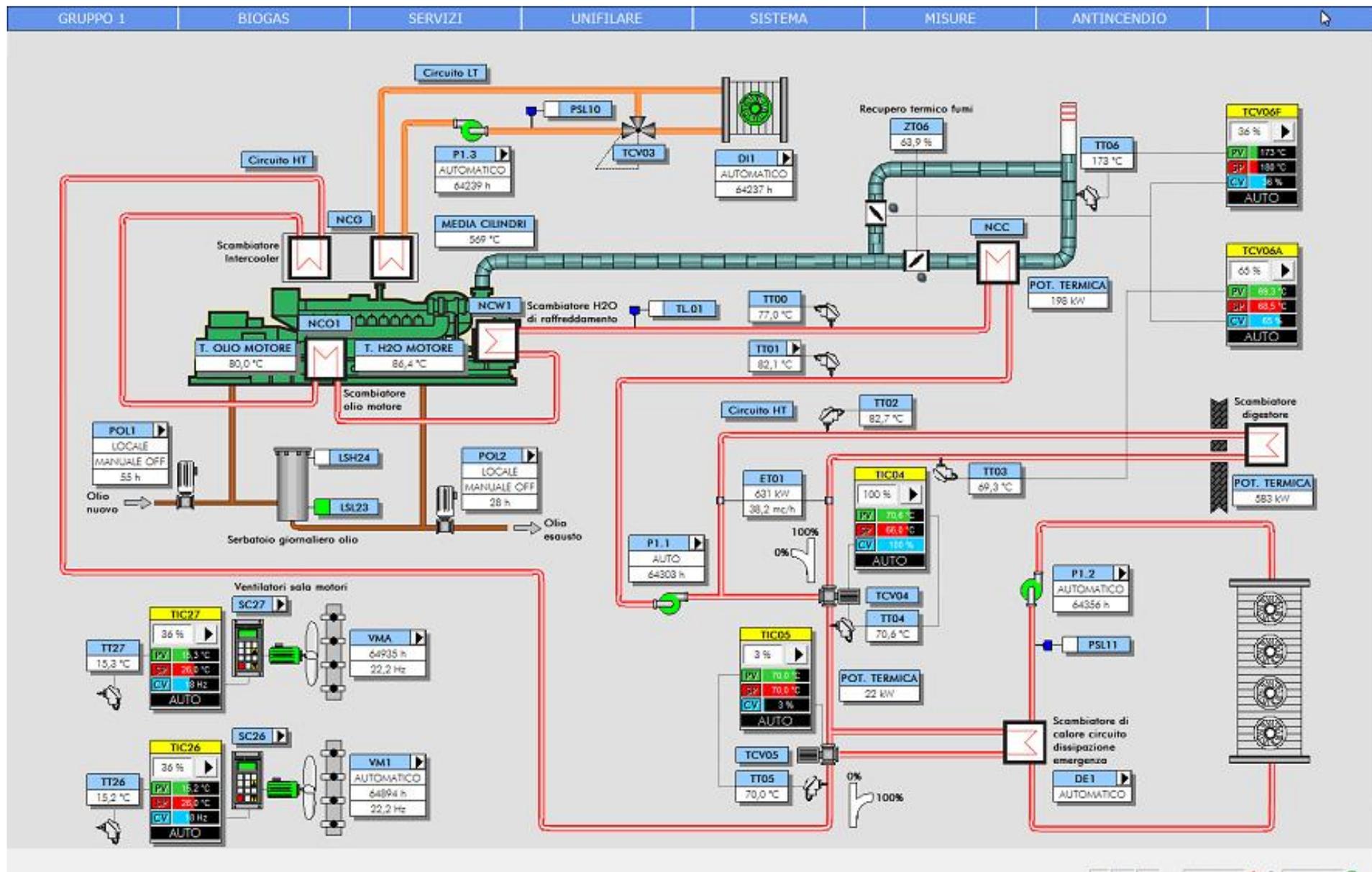
Data di entrata in esercizio e data da cui decorre la convenzione con il GSE per il rilascio dei Certificati Verdi  **1/3/2008**
(dal 2016 Tariffa Incentivante)

Impianto di produzione di **taglia < 3 MW**  titolo autorizzativo di competenza della Provincia di Verona costituito dalla comunicazione a norma art. 269 comma 15 del D.Lgs 152/2006

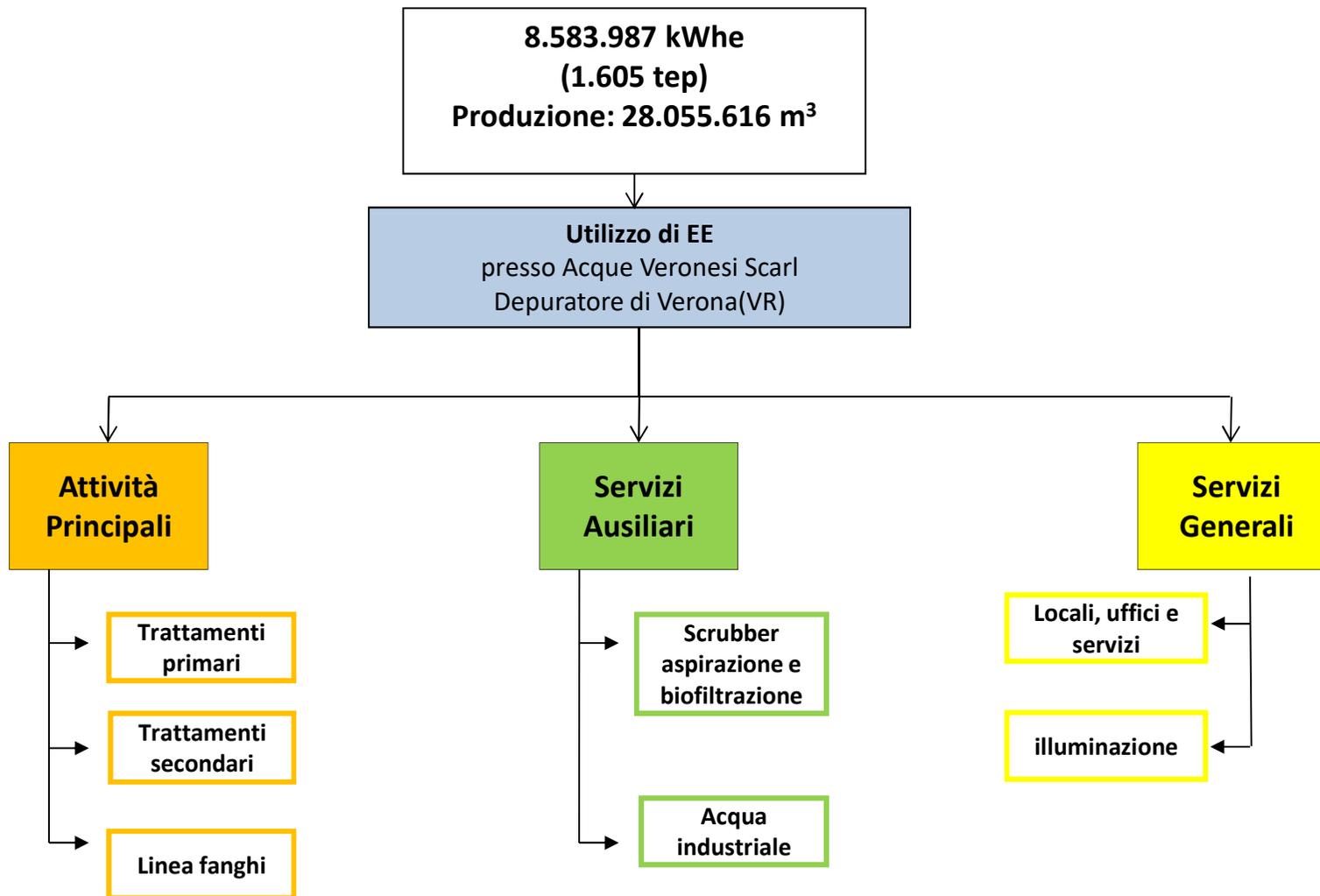
La centrale di cogenerazione attuale alimentata esclusivamente da biogas, non rientra nella assoggettabilità ad accisa del gas essendo questo destinato agli usi propri del produttore (art. 26 comma 6 del Testo Unico sulle Accise come modificato dal D.Lgs 26/2007) e non dispone pertanto di Licenza di officina rilasciata dall'Ufficio delle Dogane



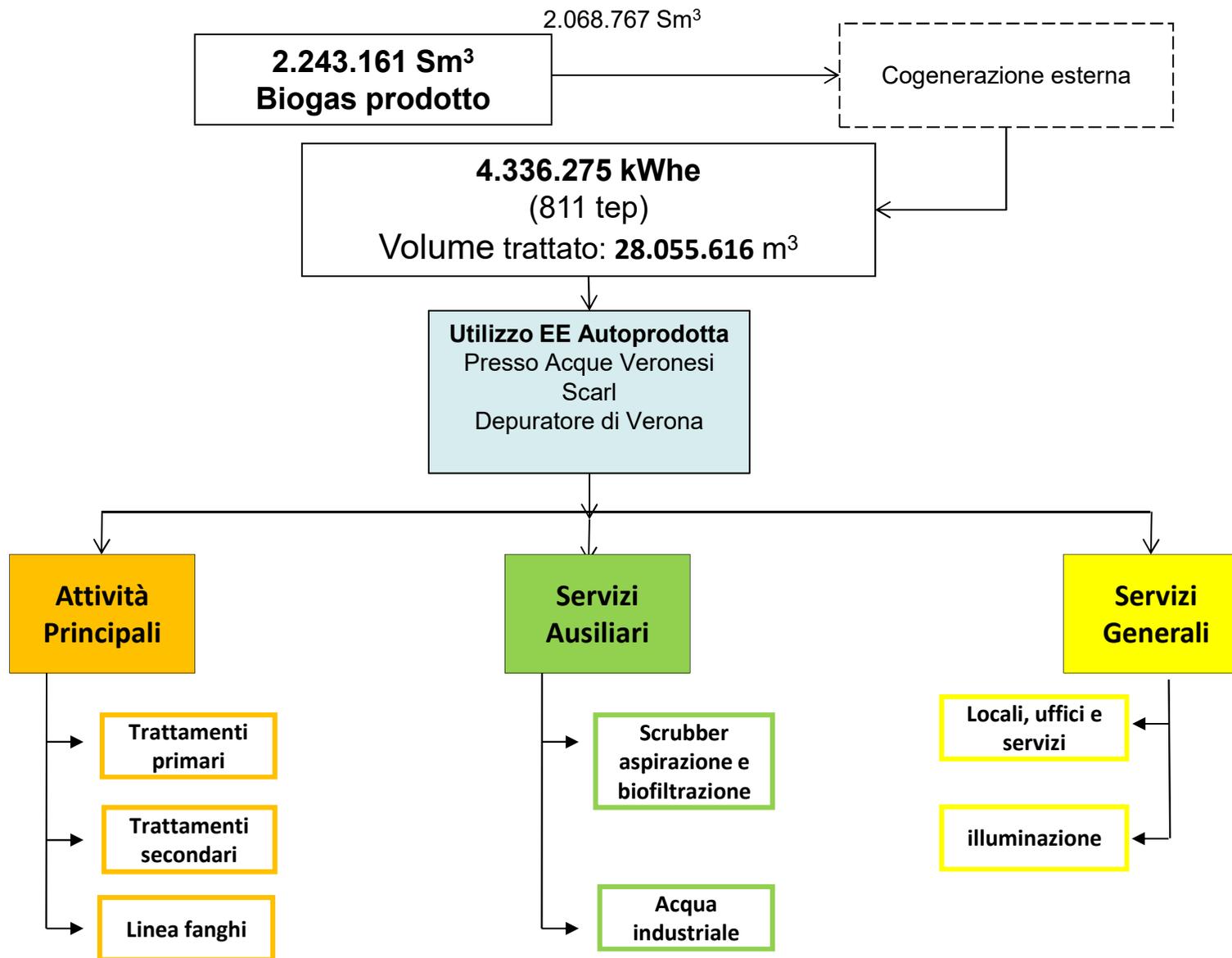
PRODUZIONE DI ENERGIA – LA COGENERAZIONE



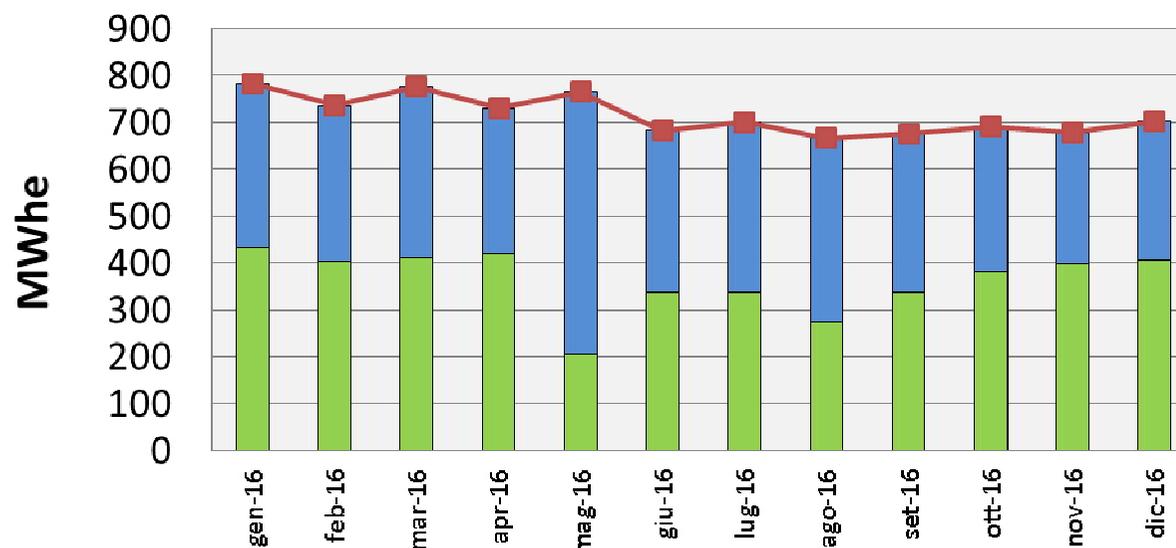
MODELLO ELETTRICO 2016



MODELLO AUTOPRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA 2016



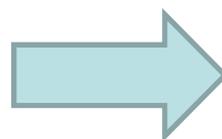
PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA



	gen-16	feb-16	mar-16	apr-16	mag-16	giu-16	lug-16	ago-16	set-16	ott-16	nov-16	dic-16
 Energia prelevata dalla rete	351	334	363	312	559	346	363	393	338	310	282	296
 Energia Autoprodotta	433	402	412	418	205	337	338	273	337	380	397	405
 Energia Totale	783	736	775	731	764	683	701	666	675	691	679	701

4.336.275 kWh prodotti

8.583.987 kWh utilizzati

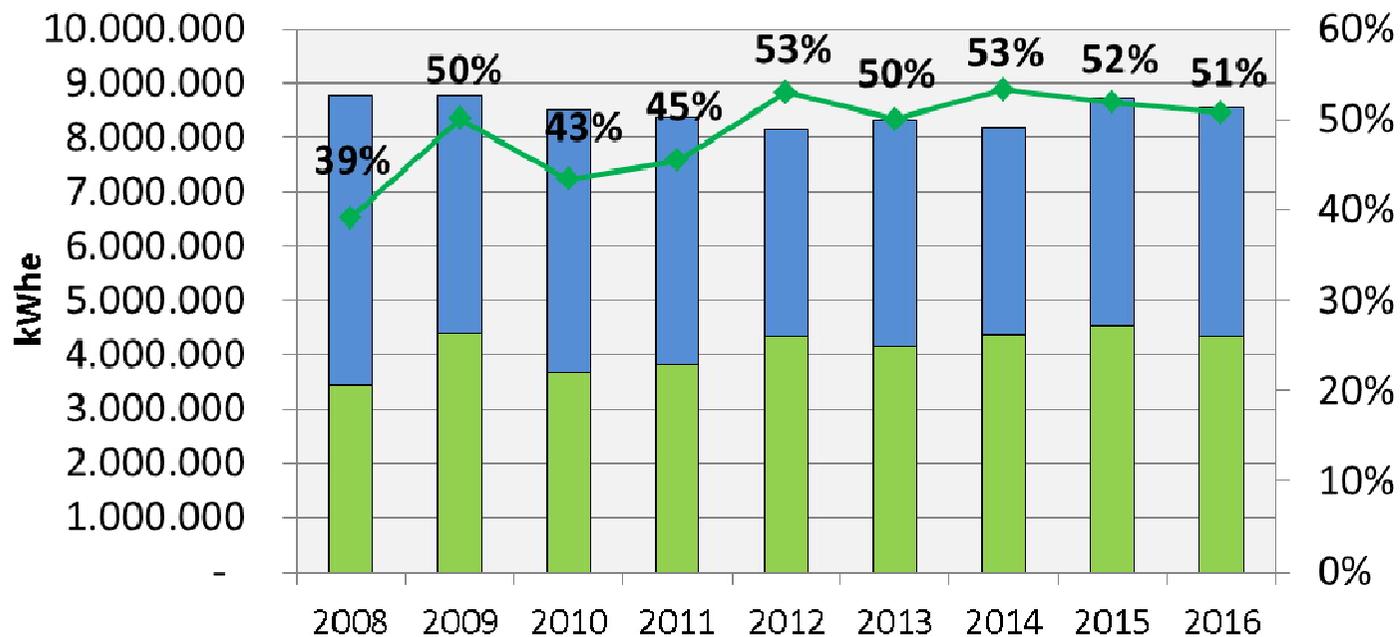


50,5 % EE autoprodotta



Nota : maggio 2016 attività di manutenzione straordinaria del motore di cogenerazione

PRODUZIONE EE 2008-2016



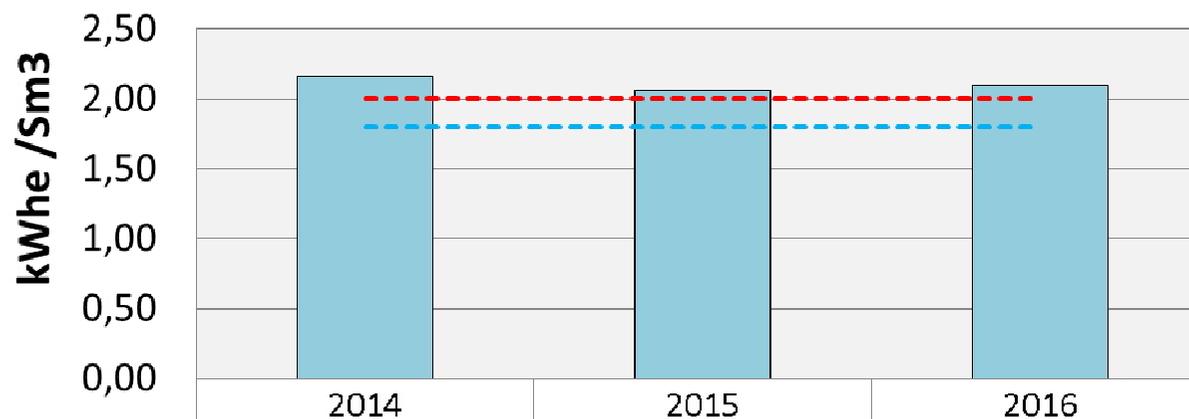
 Energia prelevata dalla rete

 Energia Autoprodotta

 Energia Autoprodotta %



PRODUZIONE SPECIFICA EE DA BIOGAS

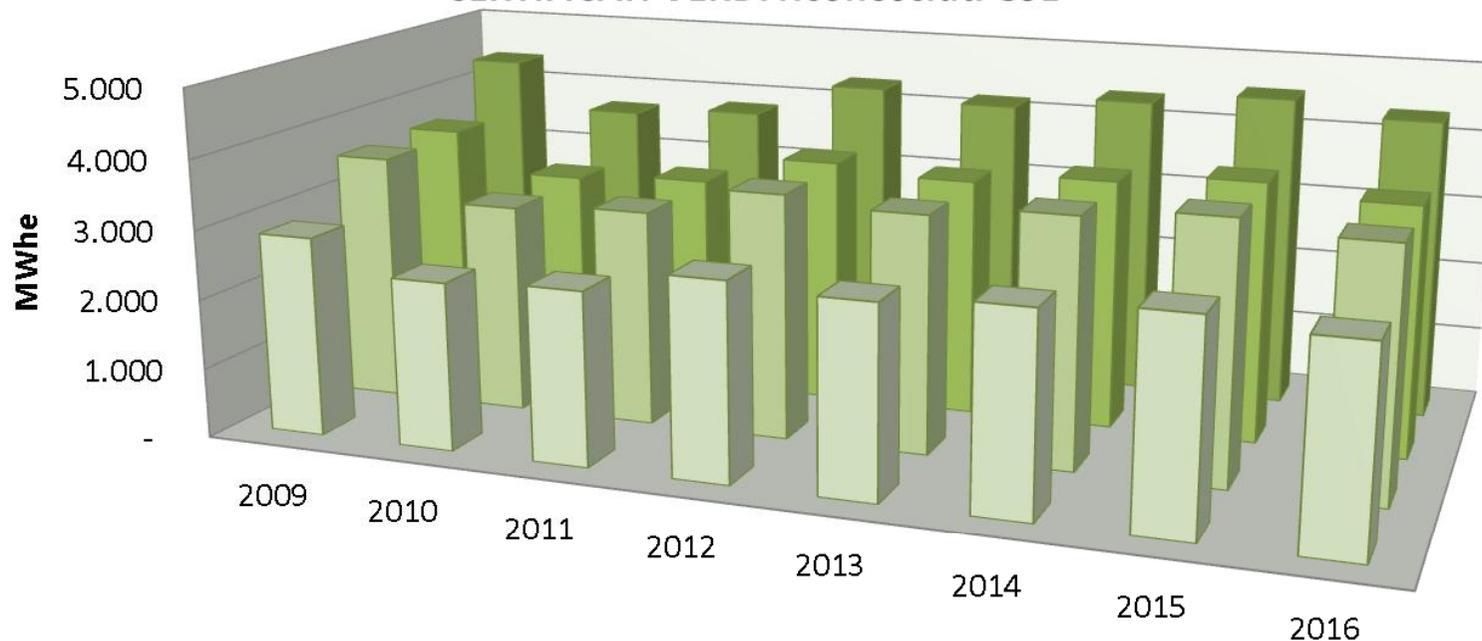


	2014	2015	2016
Prod. Specifica Energia Elettrica	2,16	2,07	2,10
Benchmark 2	2	2	2
Benchmark 1	1,8	1,8	1,8



STORICO ENERGIA PRODOTTA INCENTIVATA

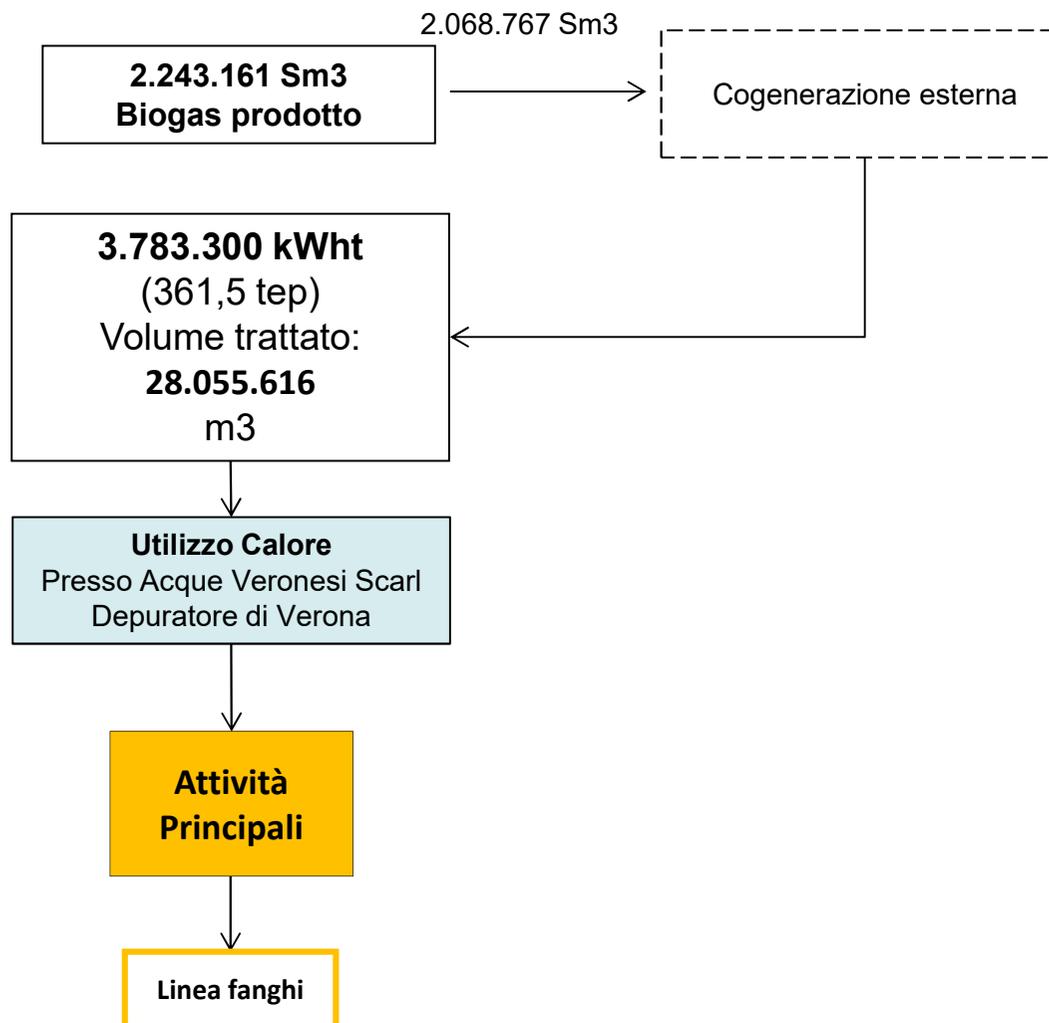
CERTIFICATI VERDI riconosciuti GSE



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
■ N° Certificati Verdi riconosciuti dal GSE (costante biogas K3=0,8)	2.869	2.411	2.487	2.824	2.725	2.849	2.962	2.833
■ MWh prodotti al netto delle perdite di linea (K2=1%)	3.587	3.013	3.109	3.530	3.407	3.561	3.702	3.542
■ MWh prodotti al netto dell'autoconsumo ausiliari (K1=17,5%)	3.623	3.044	3.141	3.565	3.441	3.597	3.740	3.577
■ MWh prodotti	4.391	3.689	3.807	4.322	4.171	4.360	4.533	4.336



MODELLO AUTOPRODUZIONE ENERGIA TERMICA 2016



IPOTESI FUTURE PER MASSIMIZZARE IL RECUPERO DI ENERGIA

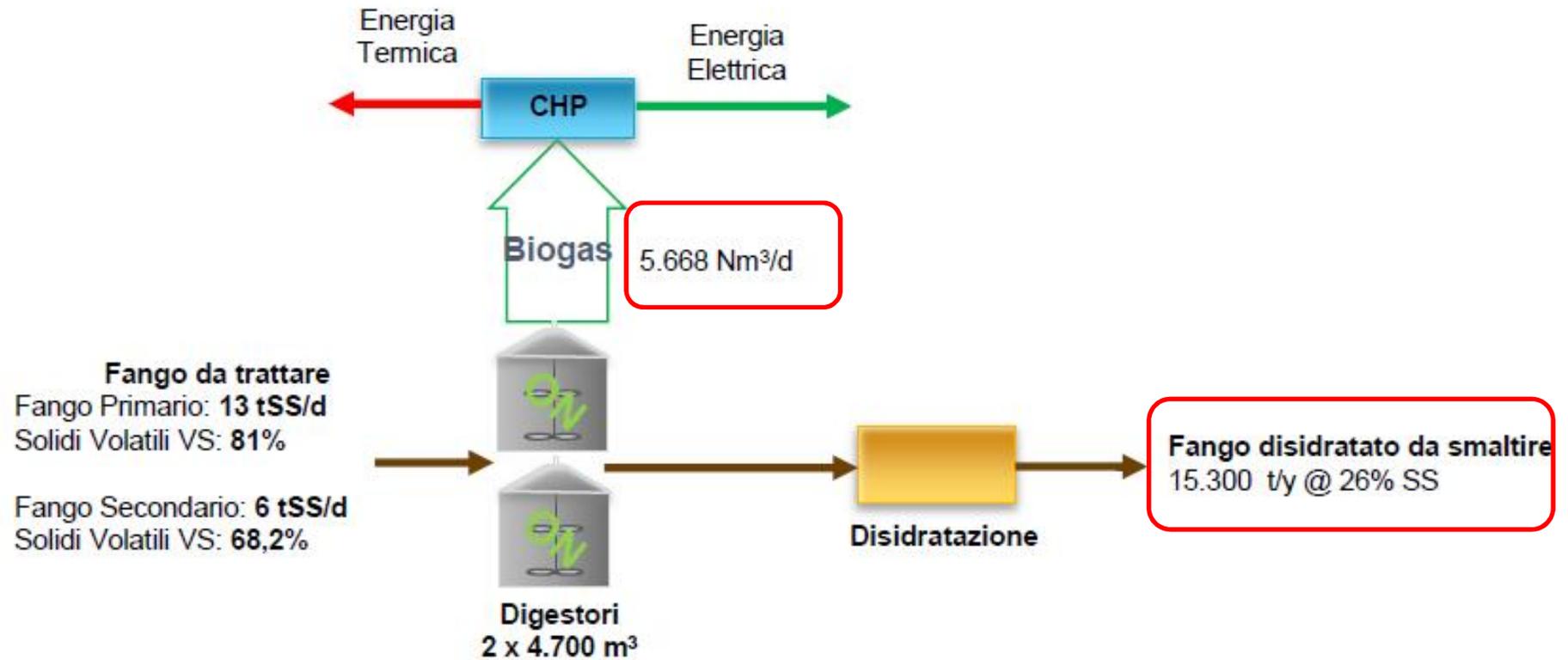


L'IDROLISI TERMICA DEI FANGHI PRIMA DELLA DIGESTIONE ANAEROBICA



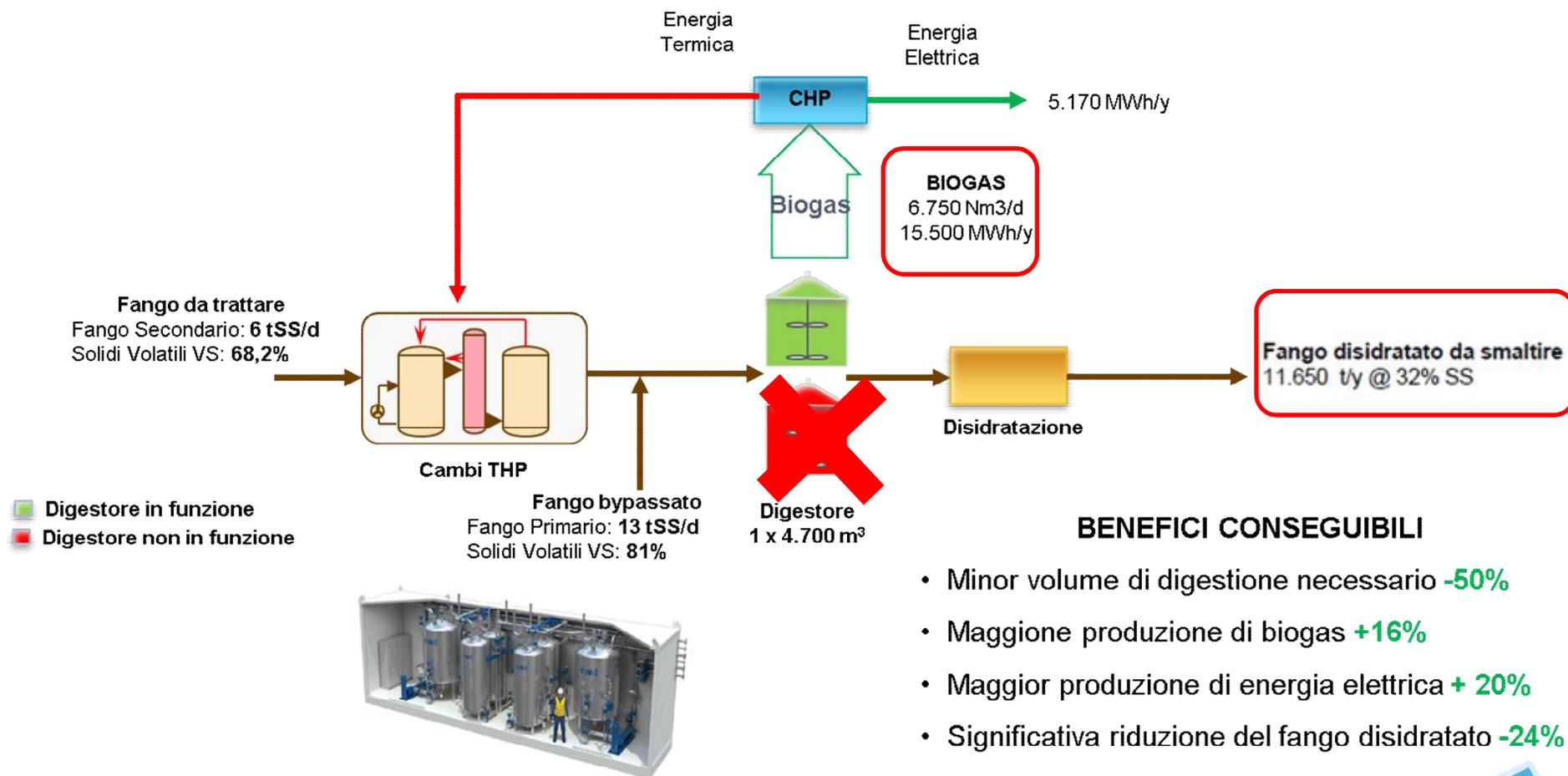
IDROLISI TERMICA

SITUAZIONE ATTUALE

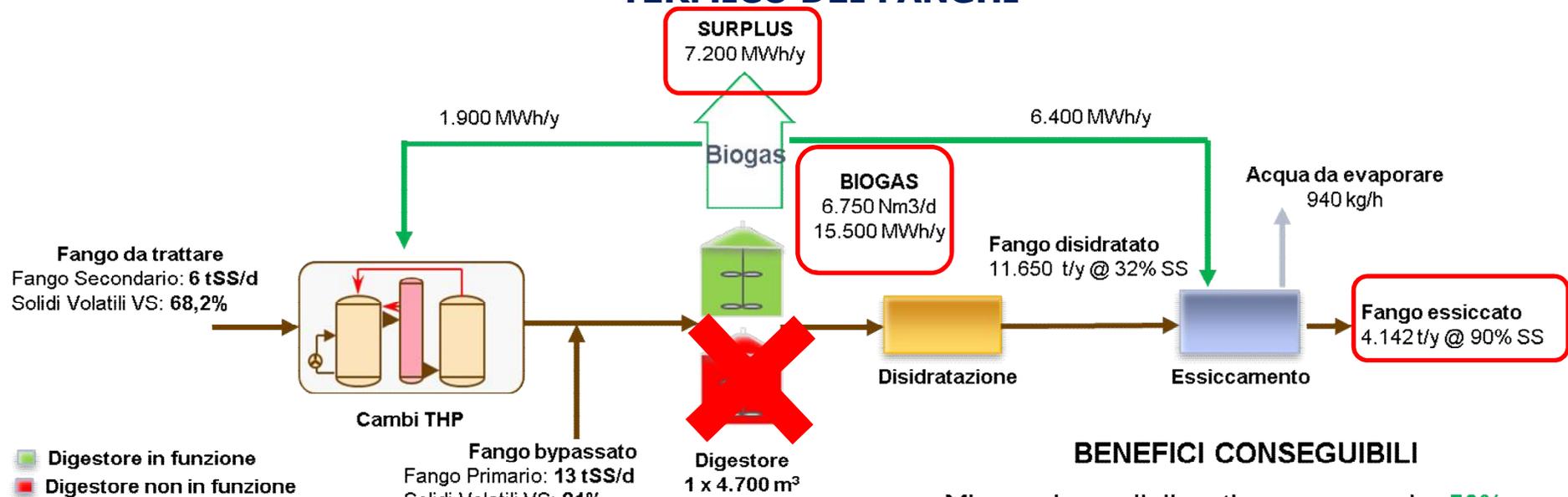


IDROLISI TERMICA – IPOTESI 1

PROCESSO DI IDROLISI SOLO SU FANGHI SECONDARI



PROCESSO DI IDROLISI SOLO SU FANGHI SECONDARI + ESSICCAMENTO TERMICO DEI FANGHI

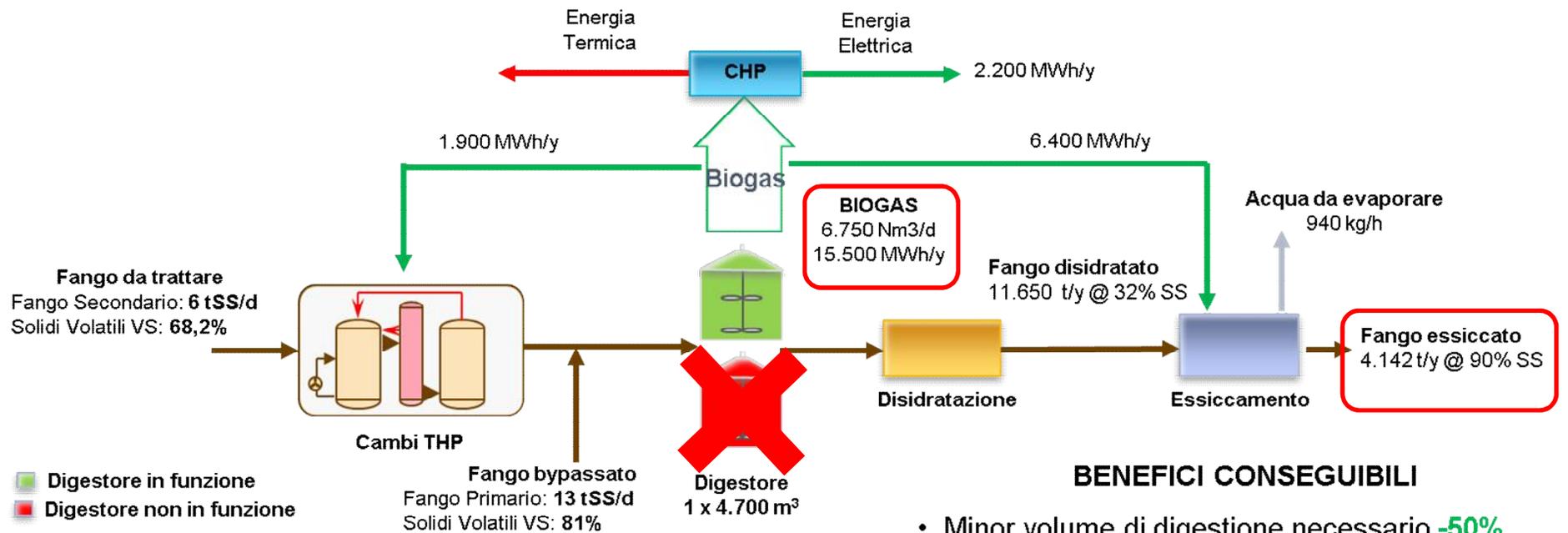


BENEFICI CONSEGUIBILI

- Minor volume di digestione necessario **-50%**
- Maggiore produzione di biogas **+16%**
- Significativa riduzione del fango disidratato **-24%**
- Significativa riduzione del fango da smaltire **-73%**
- Disponibilità di biogas in surplus non utilizzato

IDROLISI TERMICA – IPOTESI 3

PROCESSO DI IDROLISI SOLO SU FANGHI SECONDARI + ESSICCAMENTO TERMICO DEI FANGHI + COGENERAZIONE

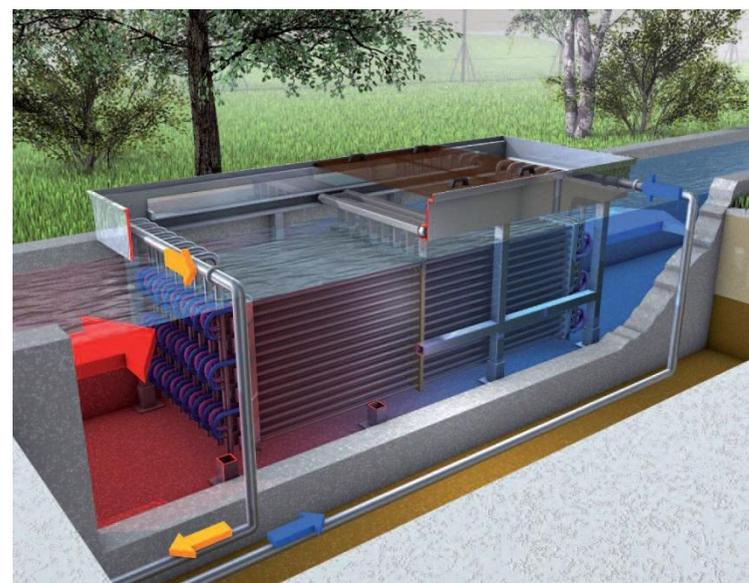
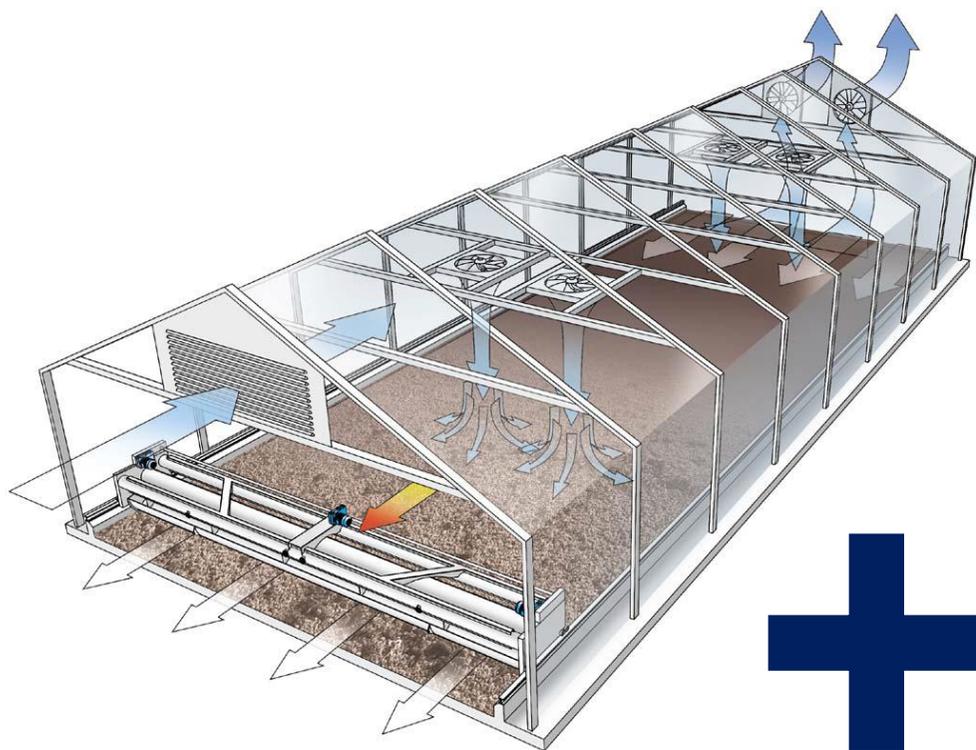


BENEFICI CONSEGUIBILI

- Minor volume di digestione necessario **-50%**
- Maggiore produzione di biogas **+16%**
- Significativa riduzione del fango disidratato **-24%**
- Significativa riduzione del fango da smaltire **-73%**
- Produzione di energia elettrica



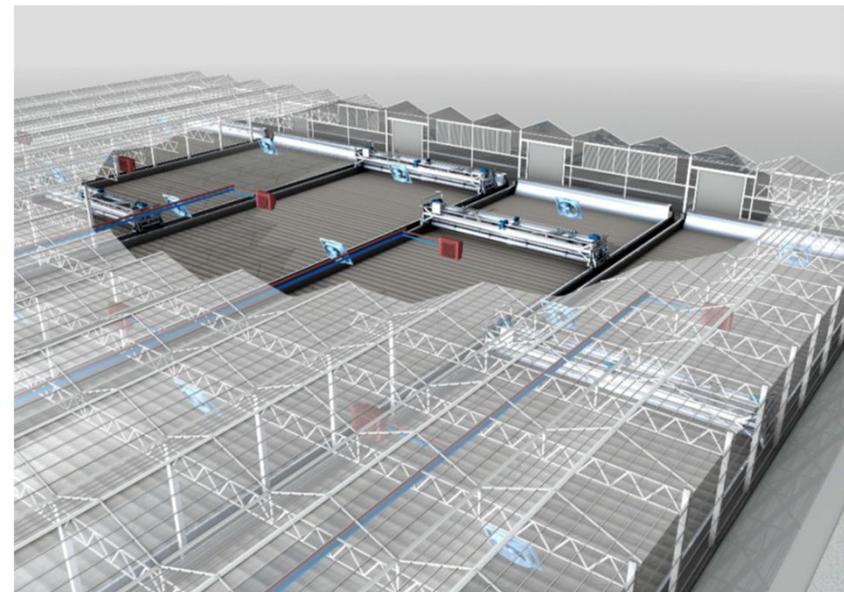
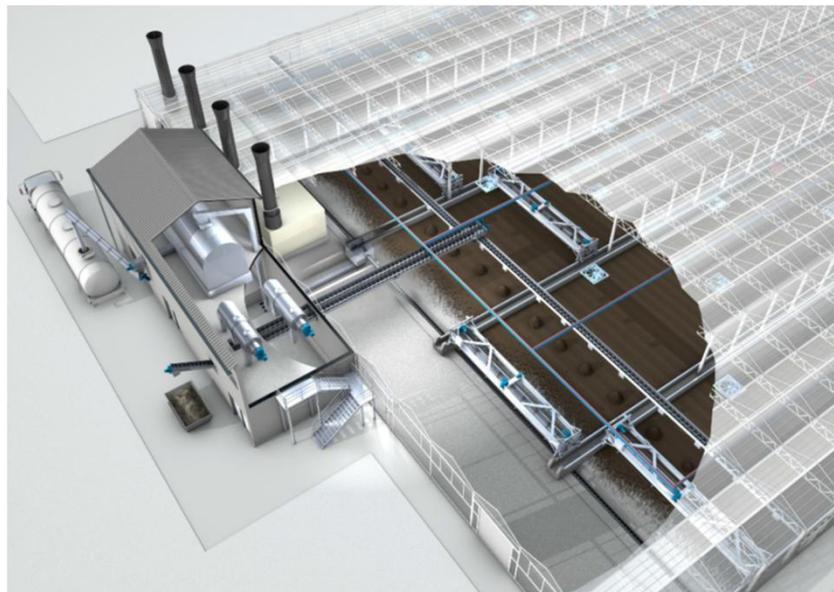
ESSICCAMENTO SOLARE TERMICO DEI FANGHI E RECUPERO DI CALORE DAI REFLUI DEPURATI



ESSICCAMENTO SOLARE TERMICO + RECUPERO TERMICO DA REFLUI DEPURATI CON POMPA DI CALORE

ESSICCATORE SOLARE

- ➔ Produzione dell'energia termica richiesta per l'evaporazione dell'acqua **utilizzando l'energia solare**
- ➔ Creazione ambiente ottimale per trasferire al prodotto da essiccare più calore di quello che sarebbe disponibile nelle condizioni ambientali naturali (effetto serra)



Input di progetto

- **condizioni climatiche** locali variabili da mese a mese (irraggiamento solare giornaliero, della temperatura e umidità dell'aria) calcolati secondo la metodologia indicata da CTI utilizzando i valori dell'anno climatico tipo (norma europea EN ISO15927-4) delle due stazioni meteo più vicine alla località di realizzazione dell'impianto (Buttapietra (VR), distanza 10,2 km; Breganze (VI), distanza 54,5 km): **radiazione solare globale annua di 1.305 kWh/m²**
- **quantità e concentrazione di fango disidratato alimentato: 13.000 t/y al 25%**
- **concentrazione** richiesta in secco del **fango essiccato** media **80%**



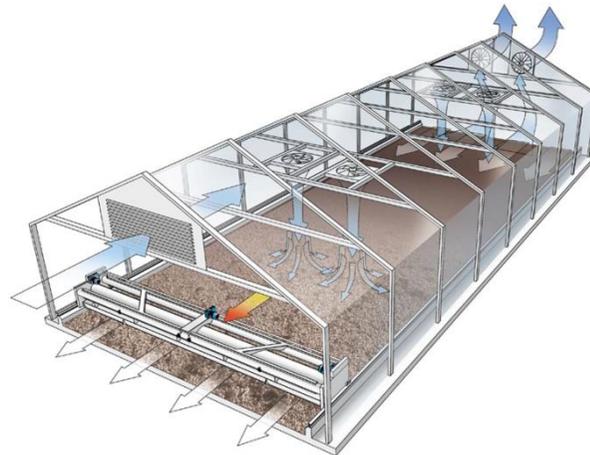
Dimensionamento

Acqua da evaporare=9.596 t/y



7 linee di trattamento con una superficie a serra complessiva di **13.440 m²**

160 m di lunghezza per 84 m di larghezza



ESSICCAMENTO SOLARE TERMICO + RECUPERO TERMICO DA REFLUI DEPURATI CON POMPA DI CALORE

ESSICCATORE SOLARE + RECUPERO TERMICO

temperatura media annua acque depurate scaricate dall'impianto nel fiume Adige **21 °C** (con il valor medio mensile minimo di 16 °C).



recupero una parte di questo calore mediante speciali scambiatori
1.106 kWht/h



utilizzo tramite pompa di calore nella serra via pavimento radiante nei periodi in cui la radiazione solare è minima o assente

Nuovo dimensionamento essiccamento solare

4 linee di trattamento con una superficie a serra complessiva di **7.296 m²**

152 m di lunghezza per 48 m di larghezza



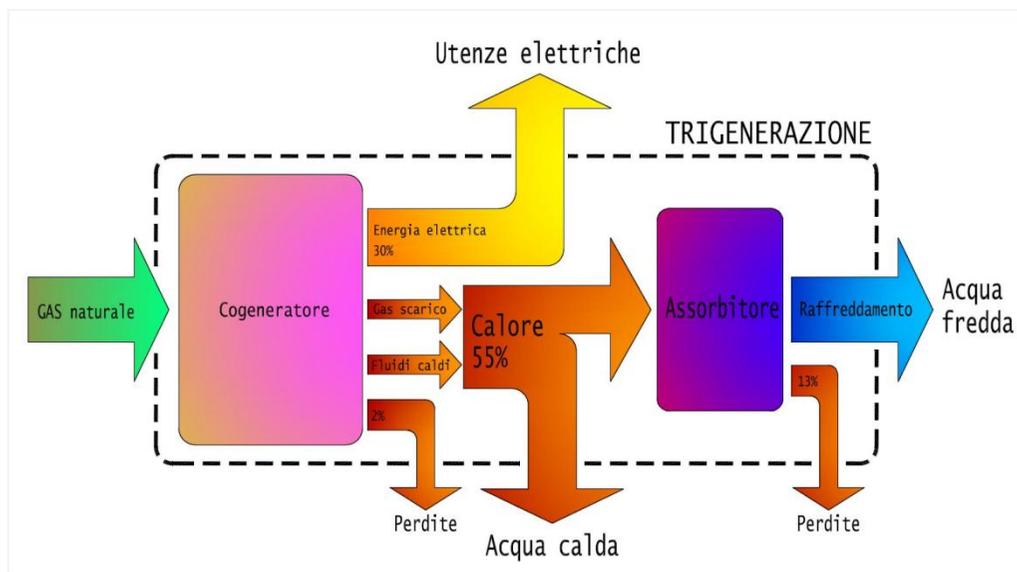
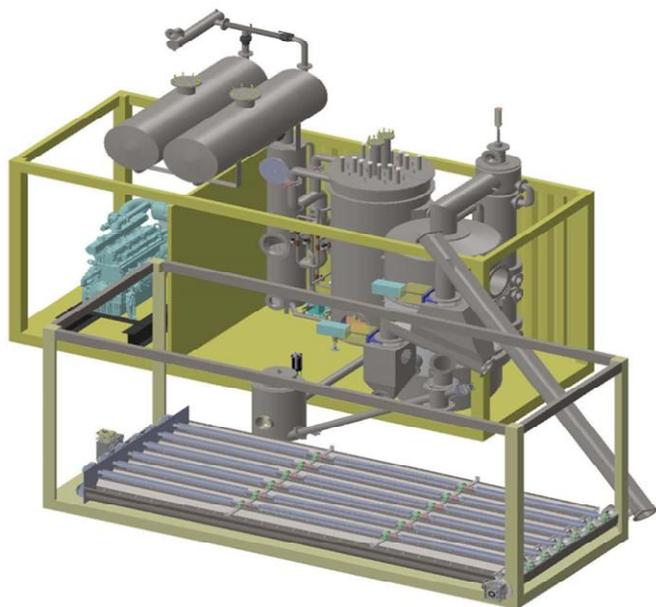
ESSICCAMENTO SOLARE TERMICO + RECUPERO TERMICO DA REFLUI DEPURATI CON POMPA DI CALORE

CONFIGURAZIONE PREVISTA		
PARAMETRO	U.M.	VALORE
Concentrazione media del fango disidratato	%	25
Secco del fango essiccato medio annuo	%	ca. 80
Quantità di fango essiccato prodotto	t/y	4.404
Quantità di acqua evaporata	t/y	9.596
Numero di linee di essiccamento	n°	4
Lunghezza di ingombro della serra	m	152
Larghezza di ingombro della serra	m	48
Consumo elettrico specifico	kWh _e /t H ₂ O _{ev}	50

RISCALDAMENTO INTEGRATIVO		
PARAMETRO	U.M.	VALORE
Calore richiesto in ingresso al pavimento radiante:	kWh _p /h	1.106
Temperatura acqua in ingresso al pavimento radiante:	°C	50
Temperatura acqua in uscita dal pavimento radiante:	°C	45
Flusso di acqua calda necessario:	m ³ /h	190
Ore annue di funzionamento riscaldamento integrativo:	h/y	4.100



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE DEI FANGHI IN ASSETTO TRIGENERATIVO



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE DEI FANGHI IN ASSETTO TRIGENERATIVO

OBIETTIVO

valutare la possibilità di sperimentare un **impianto di gassificazione** dei fanghi da depurazione civile con una produzione di 1700 kWhe in **trigenerazione**.

SCOPO

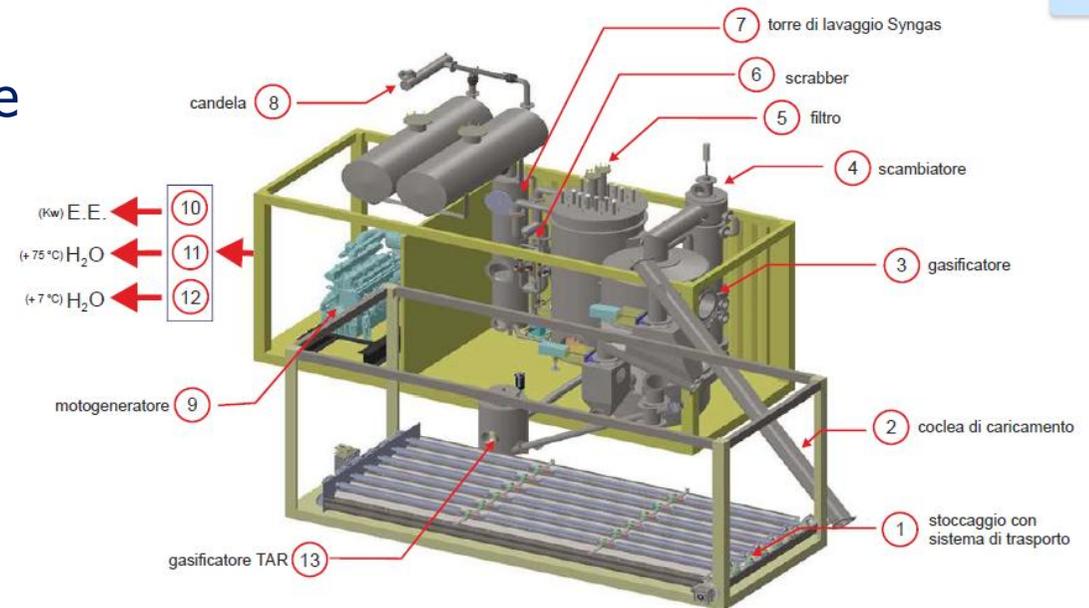
- **Riduzione dei fanghi** da smaltire e Recupero contenuto di energia
- Produzione **Energia Elettrica**
- Produrre **Energia Termica** sotto forma di **calore** alla temperatura di 70-100°
- **Energia Termica** sotto forma di **acqua refrigerata** per condizionamento a 7°C



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE DEI FANGHI IN ASSETTO TRIGENERATIVO

Il ciclo si compone dei seguenti processi:

- Caricamento dei fanghi
- Gassificazione dei fanghi in tre fasi di reazione
- Espulsione delle ceneri
- Pulizia del Syngas con filtri in candele ceramiche
- Lavaggio e inertizzazione del Syngas
- Raffreddamento e deumidificazione del Syngas
- Alimentazione con il syngas di motogeneratori
- Produzione di energia elettrica, termica e frigorifera



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE DEI FANGHI IN ASSETTO TRIGENERATIVO

INPUT GASSIFICAZIONE:

Fanghi essiccati , con umidità massima del 20% (700 Kg/h di biomassa macinata con densità pari a circa 0,4-07 Kg/l)

OUTPUT GASSIFICAZIONE :

- **Cenere** , dipende dalla percentuale di inerti , sabbia o terra presente nei fanghi , si presume una variabilità **dal 5 al 20% dell'ingresso** massimo.
- **Acqua**, in percentuale variabile all'umidità presente sui fanghi in ingresso , con umidità dei fanghi al 20% avremo circa 200 grammi di acqua ogni Kwhe prodotto
- **Syngas** attesa: 5000/5500 Nm³/h di syngas con potere calorico medio di circa 4,2 MJ/nm³



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE DEI FANGHI IN ASSETTO TRIGENERATIVO

COGENERAZIONE IN ASSETTO TRIGENERATIVO:

5 motori endotermici a ciclo otto della potenza di 339 kWe alimentati a Syngas

- Produzione di **energia elettrica**
- Recupero di calore sul motore e sui fumi, predisposto per la connessione ai frigoriferi ad adsorbimento



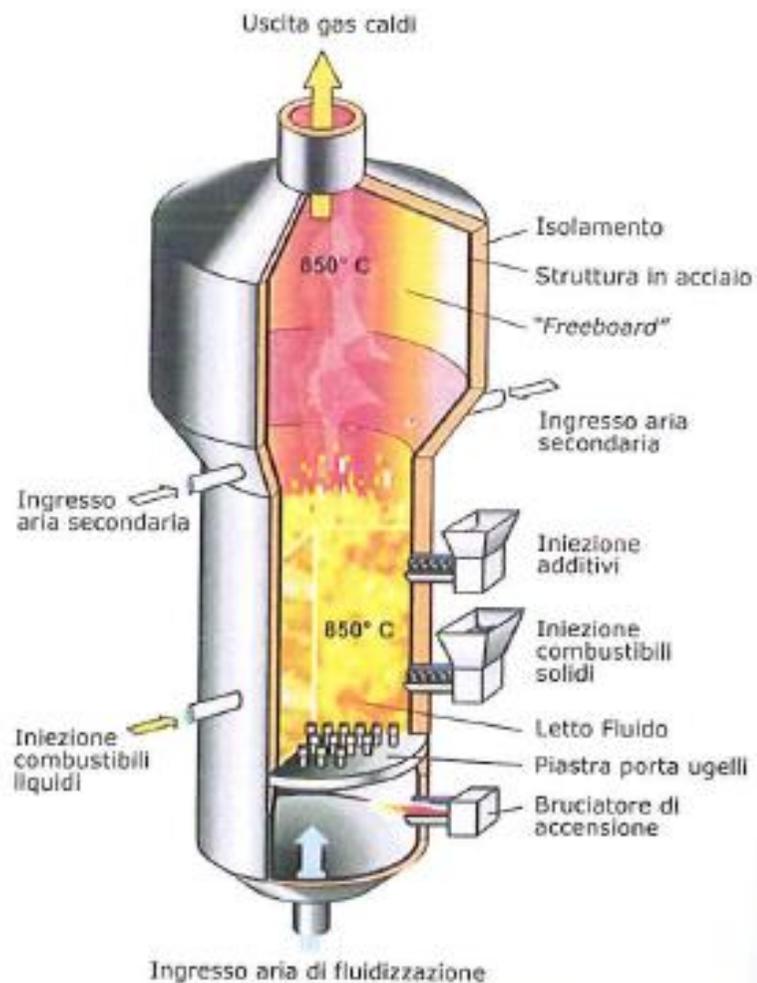
acqua refrigerata verrà fornita alla temperatura di 7°C per potenzialità massima di 1500 Kwf



acqua calda verrà fornita a 75°C per potenzialità massima di 3.000 Kwt



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE A LETTO FLUIDO E TURBINA A BASSA TEMPERATURA



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE CON TURBINA A BASSA TEMPERATURA

OBIETTIVO

valutare la possibilità di sperimentare un **impianto di gassificazione** dei fanghi da depurazione civile

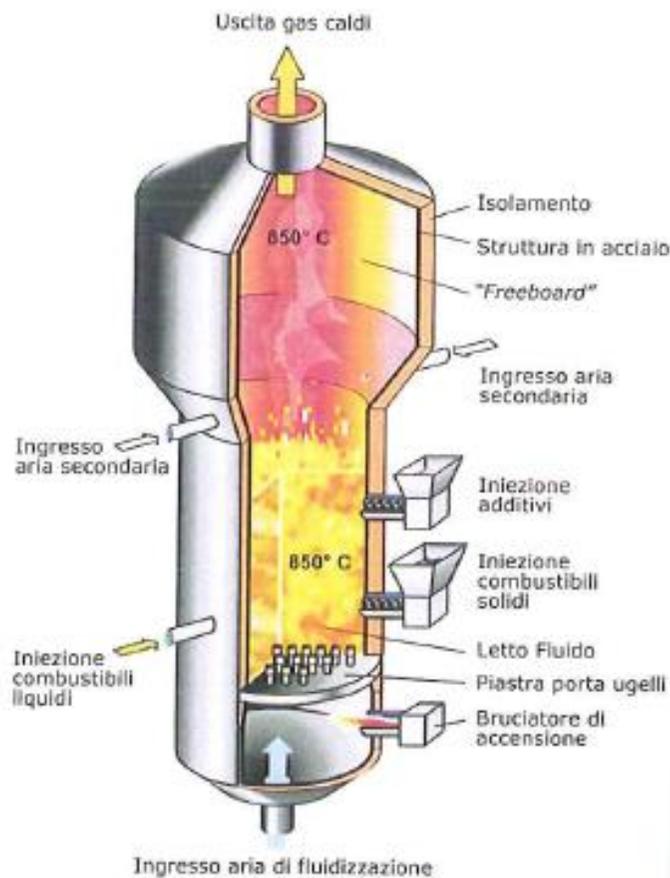
Il ciclo si compone dei seguenti processi:

- Essiccamento dei fanghi
- Gassificazione dei fanghi in letto fluido
- Produzione di energia elettrica e termica mediante turbina a vapore a bassa temperatura



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE CON TURBINA A BASSA TEMPERATURA

SISTEMA DI GASSIFICAZIONE PER BIOMASSE A LETTO FLUIDO



- La parte inferiore è riempita con sabbia tenuta in movimento da un flusso d'aria secondario
- Il fluido viene portato all'incandescenza (750-850 °C)
- Si inietta al suo interno il fango essiccato che viene polverizzato e termodissociato (micro gassificato) ed infine ossidato senza fiamma.
- Il gas prodotto principalmente CO e H₂ si consuma (convertito in energia termica) nella parte alta del combustore.



SPERIMENTAZIONE IMPIANTO DI GASSIFICAZIONE CON TURBINA A BASSA TEMPERATURA



Turbine a vapore che sfruttano l'energia termica a bassa temperatura per produrre energia elettrica.

Il calore generato per la microgassificazione dei fanghi viene usato per produrre e surriscaldare il vapore utile alla produzione di energia elettrica incentivata.

***IL RECUPERO DI RISORSE NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE:
realità e prospettive***

CONTATTI
annarita.mutta@acqueveronesi.it

Verona | 24 maggio 2017

