

Università degli Studi di Napoli Federico II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



ABSTRACT DI TESI MAGISTRALE IN GESTIONE DELLE
RISORSE ENERGETICHE DEL TERRITORIO

Analisi energetica ed economica di impianti di produzione di
biometano da FORSU

Relatore:

Prof. Ing. Francesco Calise

Candidato :

Pierpaolo Jacopo Errera M67/453

Correlatori:

Ing. Maria Vicidomini

Angelo Miranda

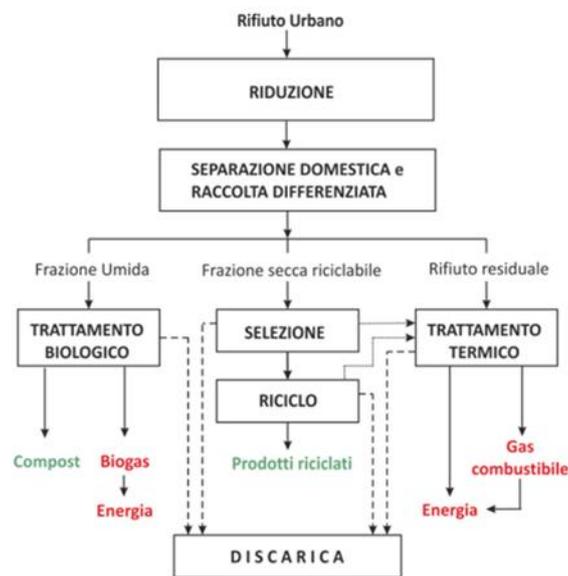
ANNO ACCADEMICO 2018/2019

In questo lavoro di tesi viene svolta un'analisi energetica ed economica relativa ad un impianto di digestione anaerobica da realizzare nell'area PIP del comune di Carpinone (IS). Tale impianto alimentato dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU), prodotta da 20 comuni della provincia di Isernia, consente di affiancare la produzione di compost-ACM utilizzato come fertilizzante, con la quella di biogas purificato a biometano, abbinando quindi il recupero di materia al recupero di energia.

L'impianto che la società Eco Power intende realizzare rientra nelle linee del PRGR (Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti) della Regione Molise come segue:



Parte I del PIANO REGIONALE per la GESTIONE DEI RIFIUTI della REGIONE MOLISE



Le priorità del PRGR indicano infatti di “dotare il territorio regionale di impiantistica per il trattamento della frazione umida raccolta in modo differenziato, in particolare di ottenere un grado di copertura del 100% degli impianti di trattamento biologico per la digestione aerobica ed anaerobica rispetto alla produzione regionale di frazione organica .”

La progettazione dell'impianto è stata realizzata utilizzando le linee guida sviluppate nell'ambito di un recente progetto realizzato da Biogas Engineering Srl in Calabria, con la quale la società ECO POWER srls ha delle collaborazioni ; l'impianto, entrato in esercizio nel luglio 2018, ha iniziato l'immissione in rete SNAM il giorno 28 agosto, rappresenta il primo impianto a secco per la produzione di biometano proveniente da raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani del Sud Italia.

La produzione e l'utilizzo del biogas ed in particolare dal biometano, mediante la digestione anaerobica è sempre più parte integrante della necessaria ed imminente transazione energetica in

particolare nel settore dei trasporti , e sta ottenendo un crescente interesse in Europa e in Italia, con tecnologie che appaiono ormai consolidate ed adeguate a criteri di efficienza e sostenibilità.

Dal punto di vista economico un fattore importante che distingue un impianto di biometano alimentato da FORSU o da deiezioni animali, rispetto a quelli funzionanti con altre matrici organiche, consiste nel fatto che l'alimentazione del digestore può costituire un ricavo o un costo evitato connesso al conferimento/smaltimento del rifiuto. L'utilizzo di FORSU per biometano può comportare costi di investimento e gestione superiori ad altre biomasse, connessi al pretrattamento e poi allo smaltimento dei residui, ma da un'analisi economica della filiera non sembrano tali da annullare i vantaggi costituiti dal c.d. "prezzo negativo".

Dunque sebbene al centro di molti studi ormai da alcuni decenni, la digestione anaerobica mostra ancora un notevole potenziale di sviluppo, non soltanto in termini di scelte tecnologiche, ma anche come ottimizzazione di processo.

Nella parte iniziale del lavoro di tesi si è sviluppata un'attenta analisi di letteratura, allo scopo di definire le caratteristiche della matrice FORSU in ingresso all'impianto e per analizzare lo stato dell'arte delle tecniche di digestione anaerobica e di upgrading del biogas. Il biometano ottenuto verrà utilizzato come carburante nel settore dei trasporti.

I flussi di rifiuti in ingresso all'impianto previsti sono:

FLUSSI IN INGRESSO		
VERDE	Quantità a Compostaggio [ton/anno]	10.000
F.O.R.S.U.	Quantità [ton/anno]	40.000

Viene definito il processo produttivo del biometano, mediante digestione anaerobica, secondo le seguenti fasi:

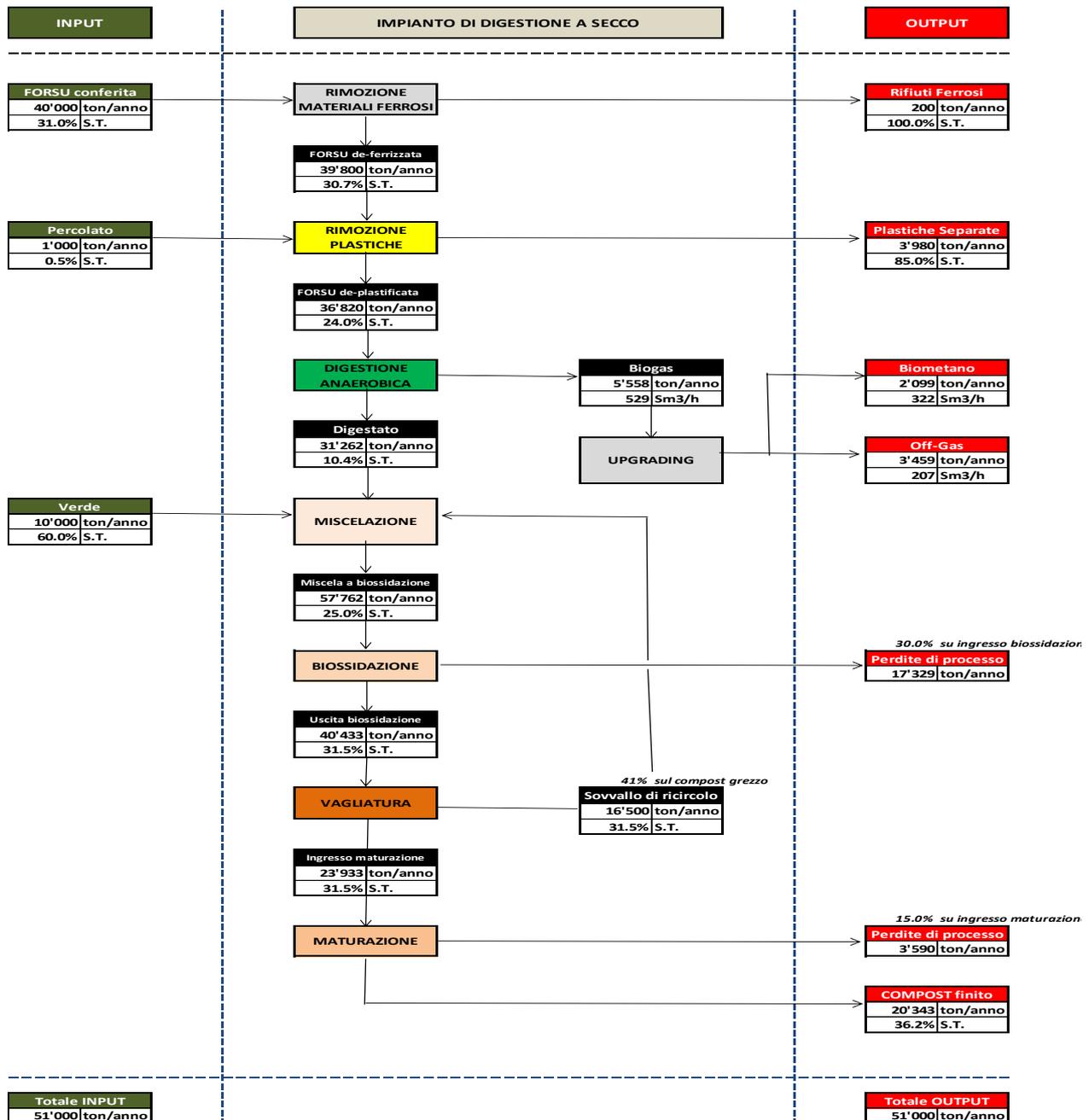
- Conferimento della FORSU;
- Pre-trattamento del rifiuto;
- Digestione anaerobica;
- Trattamento del Biogas;
- Upgrading a biometano;
- Compressione a CNG.

Attraverso un processo aerobico integrato si ottiene compost ACM, secondo le seguenti fasi:

- Miscelazione (digestato + Verde) ;
- Biossidazione accelerata;
- Vagliatura intermedia;

- Maturazione;

Viene svolto in primo luogo un bilancio di massa che consente di stabilire la produzione finale di biometano e quella di compost-ACM



Per svolgere il bilancio di massa si fa riferimento ai TS della FORSU in ingresso secondo valori di letteratura; conoscendo la resa in termini di biogas per l'organico viene stimata la produzione di

biogas. A partire da ciò definita la linea di cleaning e upgrading viene stabilita la produzione finale di biometano. Dal processo aerobico integrato viene stimata la produzione finale di compost-ACM. Successivamente sono stati sviluppati i bilanci energetici relativi all' impianto ed un 'analisi economica come segue:

- Bilancio termico dinamico, relativo ai consumi per mantenere le condizioni di termofilia ($T= 55^{\circ}\text{C}$) all'interno del digestore;
- Bilancio elettrico dinamico, relativo ai consumi elettrici delle utenze installate nell'impianto.
- Analisi economica, attraverso un Cash flow .

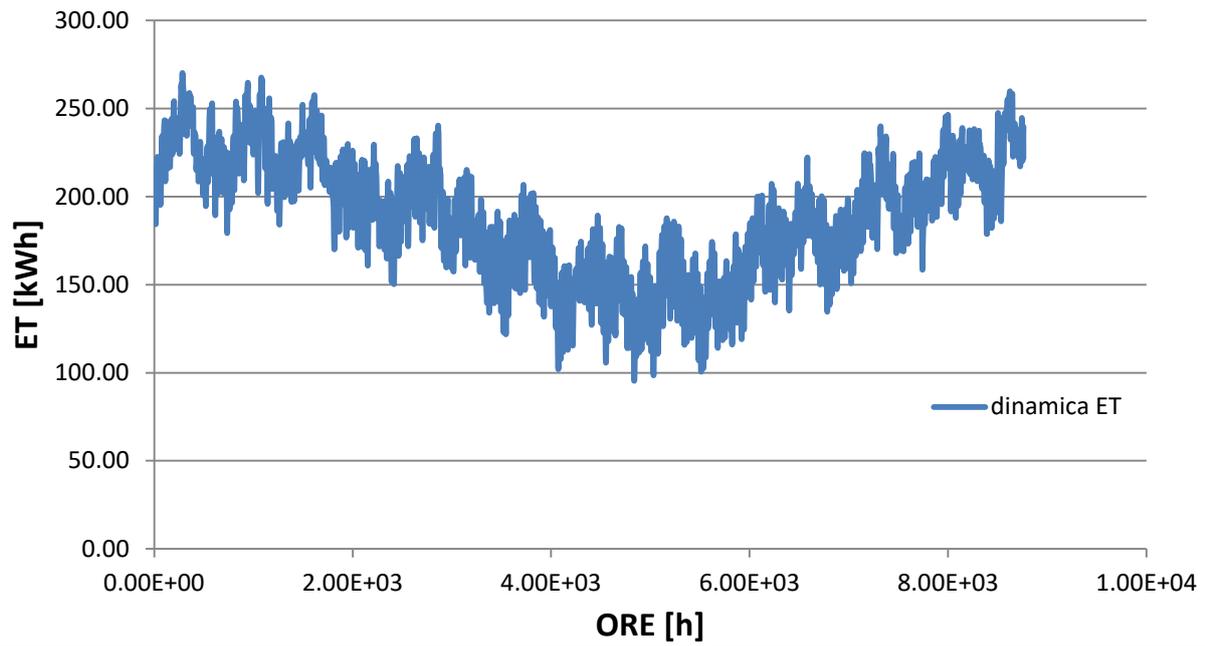
BILANCIO TERMICO

Per stabilire quanto calore è necessario per portare il substrato alla temperatura di riferimento di 55°C si è utilizzato un bilancio di energia che considera sia la potenza termica necessaria a portare la matrice alla temperatura desiderata, che la potenza termica dispersa per trasmissione attraverso tutte le superfici del digestore. Per tali calcoli, sono state sviluppate attente analisi per la valutazione dei parametri termofisici della matrice.

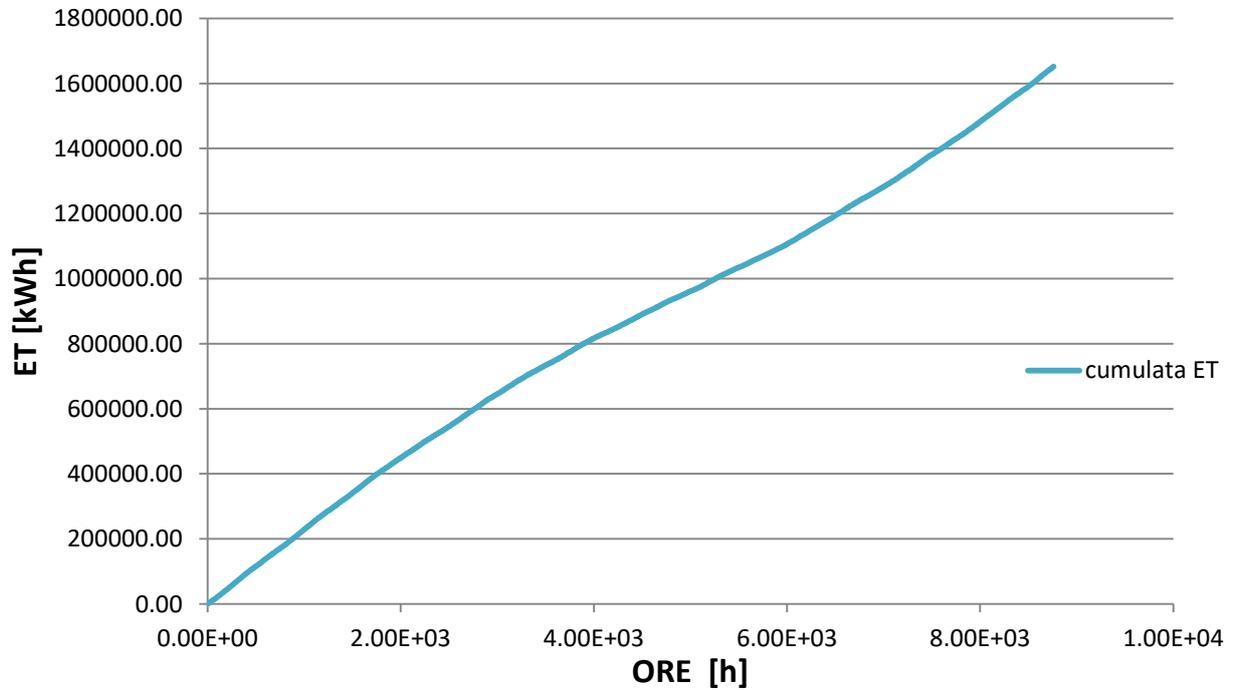
I risultati del bilancio termico vengono riportati nei grafici seguenti: nel primo grafico si riporta l' andamento dinamico della potenza termica: viene mostrata la riduzione dei consumi termici nei mesi estivi quando le temperature esterne sono più alte; al contrario invece nei mesi invernali, quando il delta di temperatura tra interno ed esterno del digestore si incrementa.

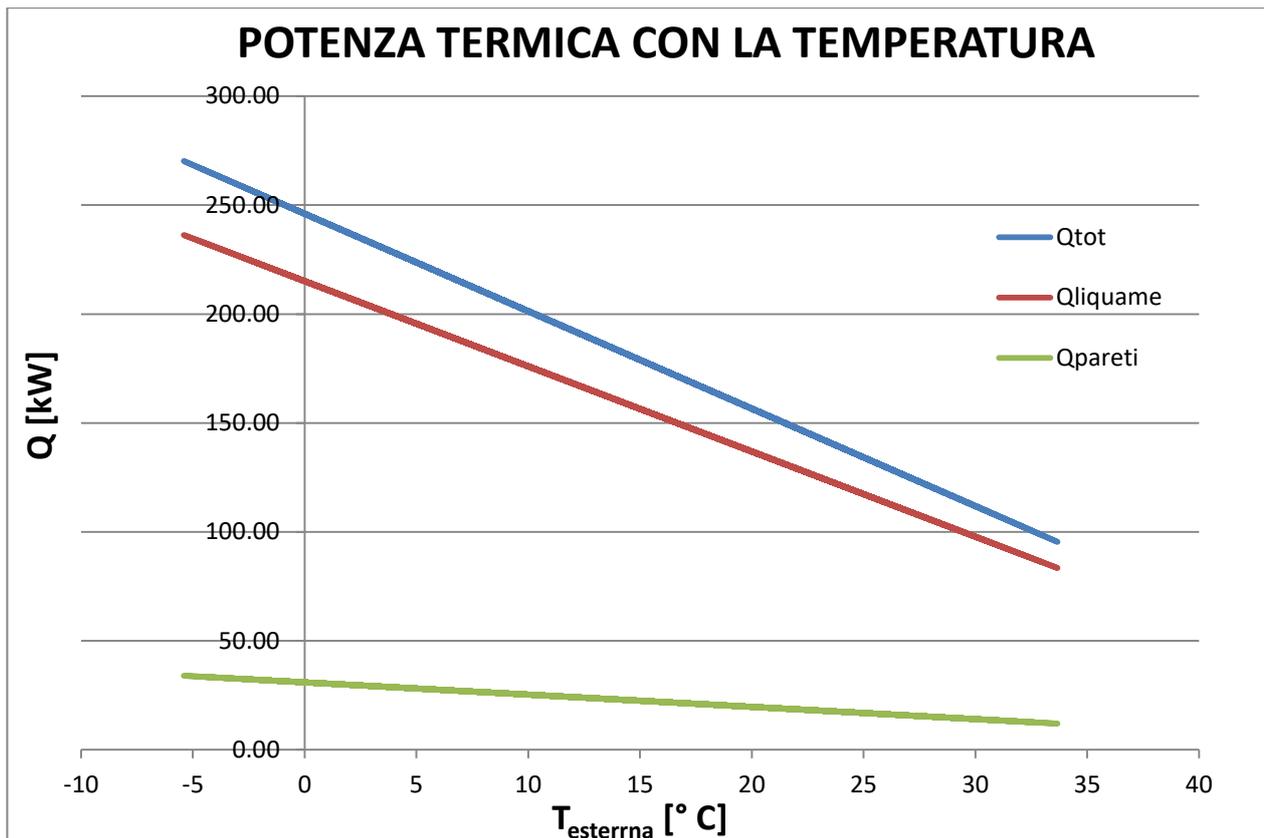
Il grafico successivo mostra l' energia termica cumulata, cioè incrementata ora per ora fino ad ottenere il valore annuale pari a 1.651.683 kWh. Nell' ultimo grafico viene riportata la potenza termica con la temperatura: l'andamento mostra come all'aumentare della temperatura esterna la potenza termica da fornire diminuisca; inoltre la Q_{tot} viene scorporata nelle due aliquote che la compongono Q_{ass1} e la Q_{ass2} , relative rispettivamente alla potenza termica per riscaldare il materiale in ingresso e la potenza da fornire per mantenere le condizioni termofile all'interno del digestore.

ANDAMENTO DINAMICO ENERGIA TERMICA



ENERGIA TERMICA CUMULATA





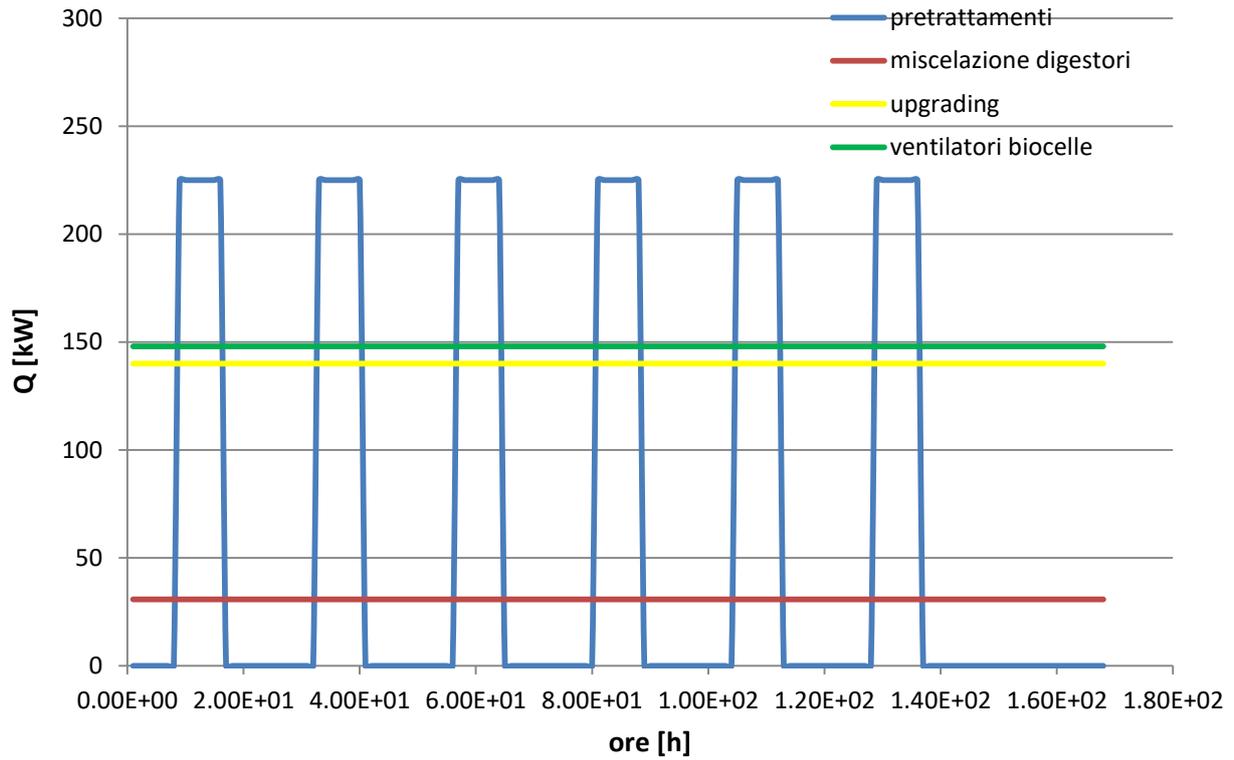
BILANCIO ELETTRICO

Per effettuare il bilancio elettrico dinamico vengono definite: potenze installate, fattori di carico, giorni ed ore di funzionamento.

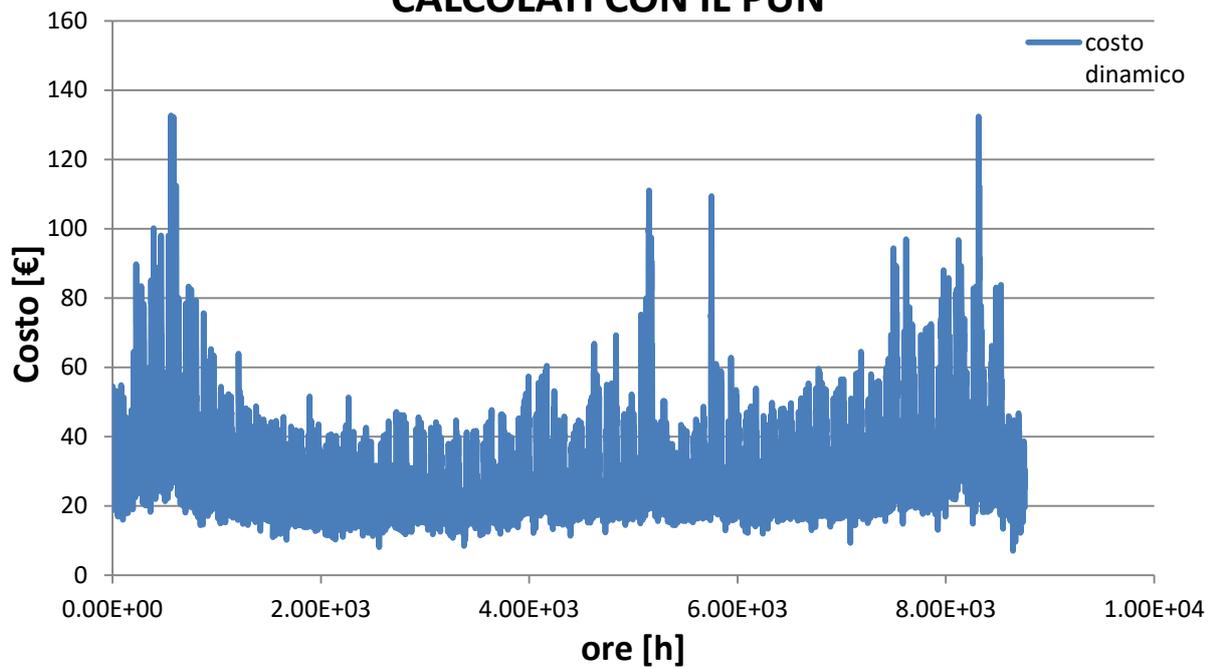
Si effettua un bilancio dinamico attraverso il PUN (€/kWh) che consente di stimare i costi elettrici complessivi.

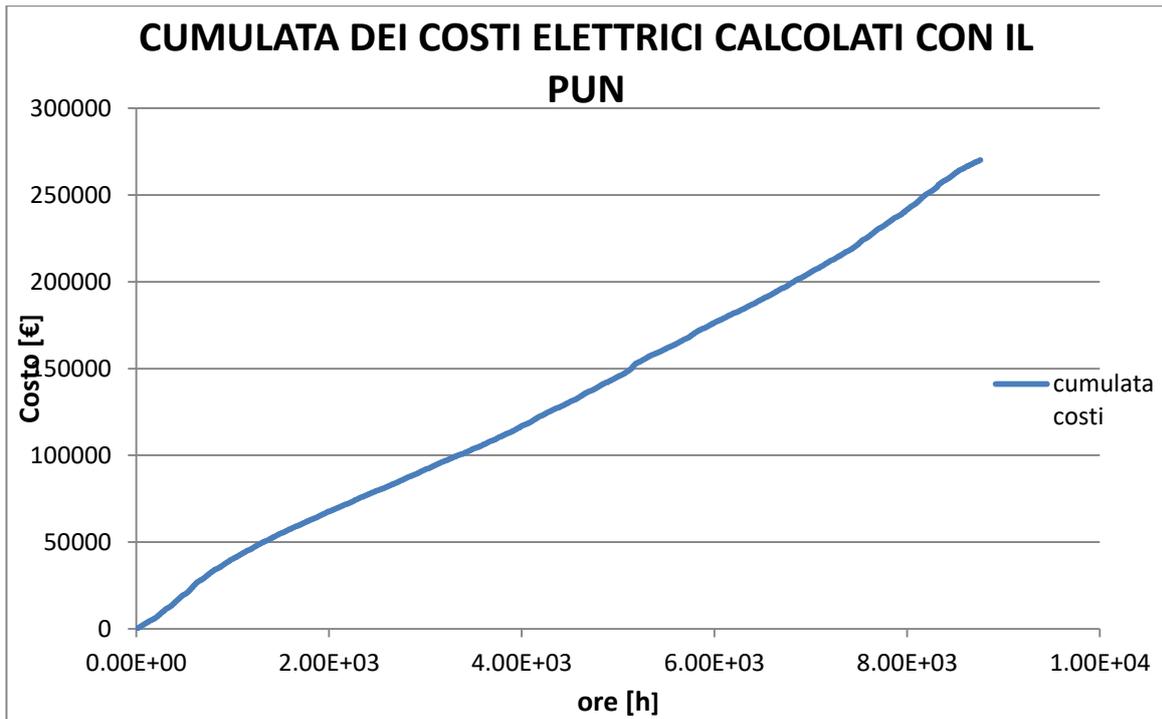
Il primo grafico mostra l'andamento settimanale di alcune delle potenze installate che pesano in maniera significativa sull'impianto. L'andamento mostrato si ripete in maniere identica nelle altre restanti settimane. Il grafico successivo mostra l'andamento dinamico dei costi calcolati con il PUN; le oscillazioni sono dovute esclusivamente alla variabilità del costo €/kWh del PUN. Nell'ultimo grafico la cumulata dei costi elettrici riporta il valore finale che risulta essere 270107 €.

Andamento settimanale potenze richieste



ANDAMENTO DINAMICO DEI COSTI ELETTRICI CALCOLATI CON IL PUN





ANALISI ECONOMICA

Vengono stimati costi e ricavi associati all'impianto relativi a :

- Costi d'investimento : stimati attraverso delle offerte economiche, considerando le linee di pretrattamento, digestori, upgrading, compressione, compostaggio, abbattimento odori e costi aggiuntivi (impianti elettrici, antincendio etc.).

C.I = 8.175.000 €.

- Costi di smaltimento/ricezione dei rifiuti : secondo costi tipici del mercato.

RIFIUTO IN INGRESSO/USCITA	Costo smaltimento [€/t]	Quantitativo [t/a]	Totale annuo [€/a]
FORSU-CER 200108	90	40.000	3.600.000
VERDE-CER 200201	50	10.000	500.000
METALLI FERROSI- CER 191202	160	200	32.000
PLASTICHE- CER 191212	170	4000	680.000
ACM-COMPOST	6	20343	122.058

- Vendita del biometano alla pompa :

prezzo medio vendita [€/kg]	0,97
vendita biometano totale [€/anno]	1.961.782

- Incentivazione CIC: stimata secondo le “ Procedure applicative del DM 2 Marzo 2018”.

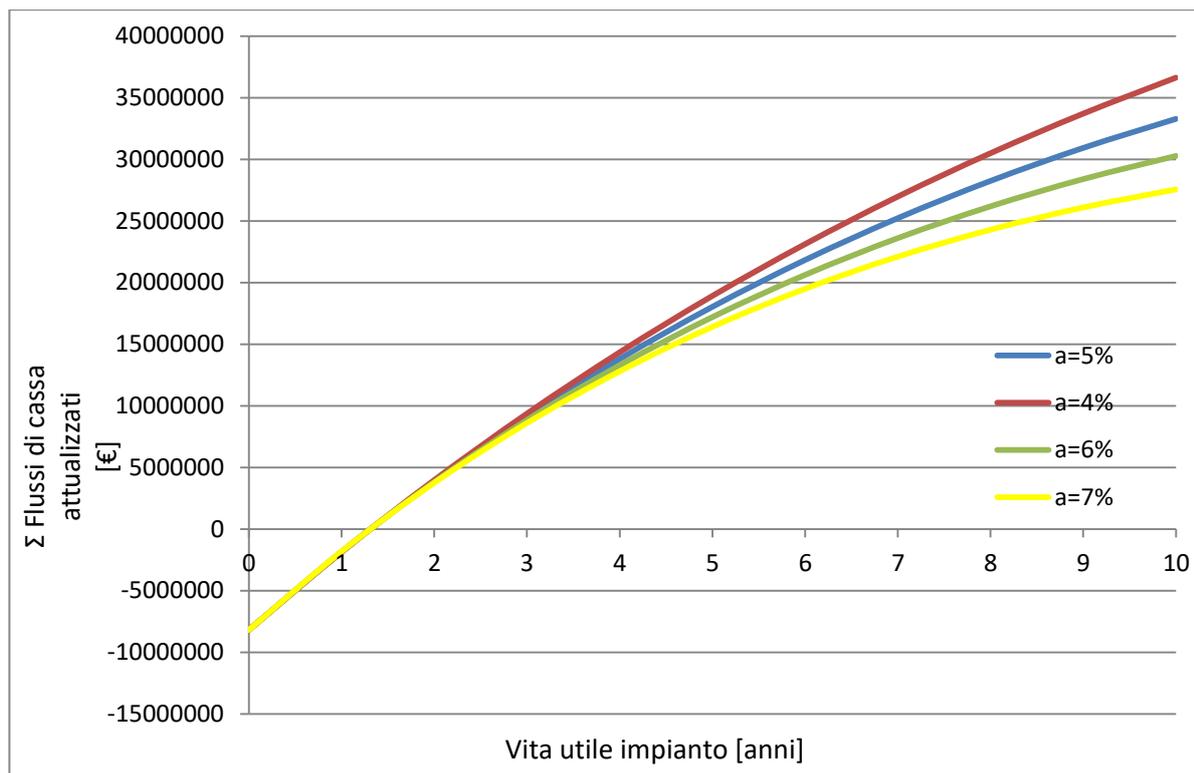
-

Incentivo primi 10 anni [€/CIC]	375
incentivo annuo [€/anno]	1.715.914

- Costi operativi: costi di gestione, personale, energetici.

Costi personale [€/anno]	99.840
Sorveglianza [€/anno]	120.000
Costi di manutenzione [€/anno]	180.000
Costo elettrico [€/anno]	270.107
Costo termico [€/anno]	258.439

Dal Cash flow, considerando una vita utile dell' impianto pari a 10 anni, al variare del tasso di attualizzazione in un range compreso tra 4-7%, si ottiene il seguente grafico :



La tabella riporta i valori degli indici economici ottenuti :

	VAN [€]	IP	DPB [anni]
a=4%	36.628.194	4,5	1,37
a=5%	33.285.563	4,1	1,39
a=6%	30.275.425	3,7	1,41
a=7%	27.562.025	3,4	1,42

Scorporando dal Cash flow le incentivazioni CIC gli indici economici risultano essere :

NO CIC	VAN [€]	IP	DPB [anni]
a=4%	25.036.090	3,1	1,91
a=5%	22.751.336	2,8	1,94
a=6%	20.693.848	2,5	1,97
a=7%	18.839.186	2,3	2,00