di Francesco Claudio Campione, Angelo Milone, Daniele Milone e Sebastiano Marino

Studio di fattibilità per la localizzazione di un impianto consortile per il recupero energetico da biomasse

Introduzione

Il crescente fabbisogno energetico, le problematiche ambientali connesse al soddisfacimento della domanda e il complesso contesto economico, rendono necessario la ricerca di nuove soluzioni innovative per produrre energia pulita e a basso costo. Una di queste è rappresentata dalla conversione energetica di biomassa, in particolare quella derivante da FORSU e da fanghi biologici di depurazione. La crescita dei consumi e l'urbanizzazione degli ultimi decenni hanno, da un lato, aumentato la produzione dei rifiuti e, dall'altro, ridotto le aree in cui trattarli e smaltirli.
La società moderna, allo stato attuale, si trova quindi costretta a gestire una grande quantità di rifiuti in spazi sempre più limitati e a fronteggiare il costo del trasporto e il loro smaltimento. Nel presente studio la produzione energetica del Biogas viene utilizzata anche per il funzionamento di un dissalatore dell'acqua di mare, vista la scarsa presenza di risorse idriche riscontrate nell'area di studio, per poter completare la domanda idrica in aumento e far fronte alle esigenze della popolazione che soprattutto nel periodo estivo, essendo meta turistica, aumenta di quasi del 50% .

Analisi dell'ATO PA1

Lo *studio di fattibilità* propone la localizzazione per un *impianto consortile* per il trattamento delle biomasse: biomasse secche, scarti di lavorazione agricola, potatura di parchi e giardini, scarti di allevamento, scarti di industrie casearie, frazione organica dei rifiuti solidi urbani e fanghi biologici [1].
Per poter affrontare le specifiche analisi di fattibilità si è reso necessario acquisire un minimo di elementi conoscitivi dell'area interessata dal progetto attraverso un'analisi quantitativa e merceologica dei r.s.u. prodotti nel bacino di utenza e rientranti nell'ambito ATO PA1 (vedi Tabella 1).
Il sistema integrato di smaltimento dei rifiuti va inteso come l'insieme delle attività, delle strutture e degli interventi, interconnessi fra loro, tesi a ottimizzare tutte le fasi della gestione dei rifiuti per ottenere i migliori risultati sia organizzativi, sia in termini di riutilizzo, anche energetico, sia nello smaltimento definitivo.
L'Ambito PA1 è caratterizzato da una forma sostanzialmente allungata sulla costa dal Golfo di Carini fino al Golfo di Castellammare, con una maggiore consistenza territoriale nella parte nord orientale, vicino al Capoluogo Palermo (Figura 1 Bacino di utenza).
Lo schema viario di riferimento è sostanzialmente il seguente:

- il baricentro del territorio è leggermente più a nord di Partinico; alcuni Comuni (Capacio e Carini) si trovano a pochi Km. di distanza dall'area metropolitana di Palermo.
- da un punto di vista funzionale, ai fini dei trasporti, l'asse principale è costituito dall'Autostrada e qualsiasi trasporto di una certa consistenza, per volumetrie e per distanza, non può che avvenire tramite questa;
- tutti i centri comunali, anche quelli più interni, sono direttamente collegati, ciascuno con una propria viabilità, alla autostrada e al mare.
- da un punto di vista orografico, il territorio del sottoambito è caratterizzato dalla presenza di declivi piuttosto accentuati, con la presenza di pianure o di colline a penden-

Tabella 1- Abitanti del bacino di utenza

Comuni A.T.O. PA1	Popolazione residente al 01-01-03	Quota % popolazione residente
Comune di Balestrate	5.778	4,73%
Comune di Borgetto	6.416	5,25%
Comune di Capaci	10.242	8,38%
Comune di Carini	26.234	21,46%
Comune di Cinisi	10.507	8,59%
Comune di Giardinello	1.936	1,58%
Comune di Isola delle Femmine	6.465	5,29%
Comune di Montelepre	6.169	5,05%
Comune di Partinico	31.319	25,62%
Comune di Terrasini	10.703	8,75%
Comune di Torretta	3.633	2,97%
Comune di Trappeto	2.852	2,33%
TOTALE	**122.254**	**100%**

Figura 1 - Bacino di utenza

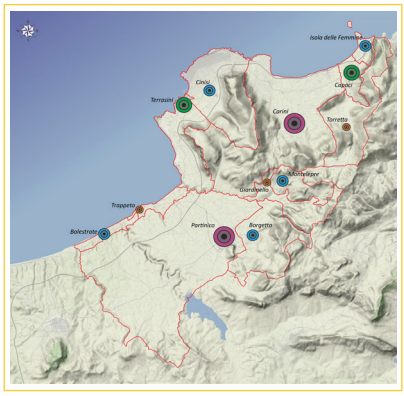


Figura 2 - Produzione di r.s.u



za dolce verso il mare e con rilievi maggiori, in certi punti anche assai aspri, nell'interno.

La tabella 1 riassume la situazione della popolazione e la consistenza percentuale di ogni singolo Comune facente parte dell'ambito [Fonte ISTAT].

Tabella 3 – Incidenza delle punte di produzione di R.S.U. a livello A.T.O.

Scelta della tecnologia impiantistica

Ogni scelta nella programmazione di soluzioni di smaltimento e recupero dei r.s.u. necessita di un livello approfondito di conoscenza delle quantità prodotte e della loro composizione. Risulta, quindi, importante suddividere il rifiuto nelle diverse classi merceologiche, in quanto solo in questo modo è possibile intervenire nella maniera più opportuna, i dati esistenti possono risultare datati o essere riferiti a realtà puntuali o, ancora, presentare incertezze derivanti dai diversi criteri e metodologie adottate per la loro determinazione. Inoltre, le caratteristiche merceologiche del rifiuto sono soggette a variazioni temporali, dettate dai modelli di consumo e dallo sviluppo di materiali e beni, e presentano differenze territoriali legate al substrato sociale, alla tipologia del centro abitato ecc. Di conseguenza, la valutazione della qualità dei rifiuti, spesso effettuata, in mancanza di dati diretti, con riferimento a realtà geografiche anche molto diverse da quella in esame, può spesso dare indicazioni poco significative (Figura 3 Fluttuazione estiva della popolazione e Figura 4 Metodologia per la localizzazione di un impianto consortile).

Tabella 2 – Produzione di R.S.U. (kg. / anno)

Comuni A.T.O. PA1	Scenario di progetto	Quota % prod. rifiuti
Comune di Balestrate	3.404.199	4,10%
Comune di Borgetto	3.287.880	3,96%
Comune di Capaci	6.982.595	8,41%
Comune di Carini	26.460.797	31,87%
Comune di Cinisi	5.579.434	6,72%
Comune di Giardinello	913.300	1,03%
Comune di Isola delle Femmine	4.317.419	5,20%
Comune di Montelepre	2.490.819	3,00%
Comune di Partinico	16.381.284	19,73%
Comune di Terrasini	8.809.195	10,68%
Comune di Torretta	1.984.352	2,39%
Comune di Trappeto	2.416.094	2,91%
TOTALE	**83.027.288**	**100%**

Tabella 3 – Incidenza delle punte di produzione di R.S.U. a livello A.T.O.

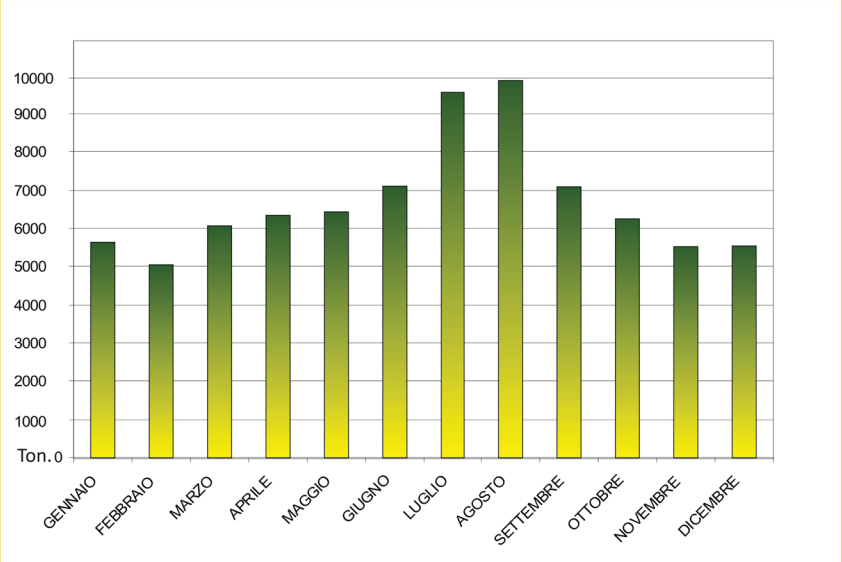
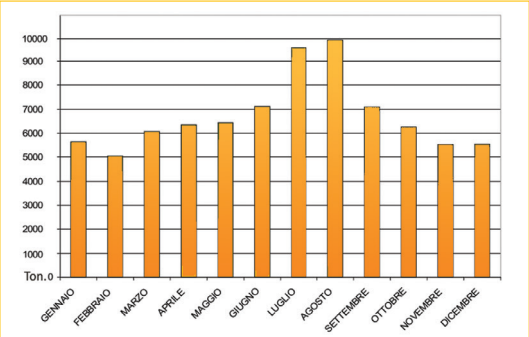
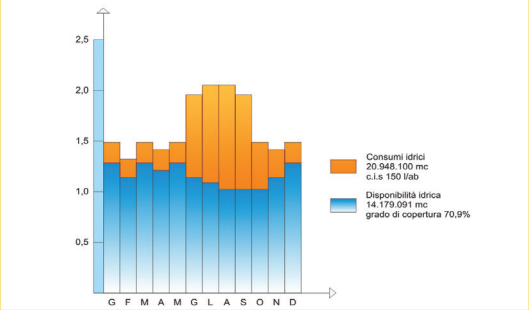


Figura 3 - Fluttuazione estiva popolazione





Comuni	Popolazione residente al 2011	Fluttuazione estiva	Popolazione residente estiva
Comune di Balestrate	6.598	1.671	8.269
Comune di Borgetto	7.237	950	8.187
Comune di Capaci	10.623	2.684	13.307
Comune di Carini	36.106	27.180	63.286
Comune di Cinisi	12.047	4.062	16.109
Comune di Giardinello	2.260	172	2.432
Comune di Isola delle Femmine	7.336	4.840	12.176
Comune di Montelepre	6.459	1.485	7.944
Comune di Partinico	31.885	6.465	38.350
Comune di Terrasini	11.696	8.6697	20.393
Comune di Torretta	3.250	831	4.081
Comune di Trappeto	4.157	1.962	6.119
TOTALE	**139.654**	**60.961**	**200.615**

La digestione anaerobica quale mezzo di produzione di energia

Al fine di poter esprimere valutazioni sulle opportunità di sfruttamento del contenuto energetico delle biomasse attraverso la digestione anaerobica, è utile cercare di qualificare le matrici utilizzabili in un impianto per la produzione di biogas; in linea di principio, tutta la sostanza organica è adatta a essere utilizzata come substrati. Ai fini del presente lavoro si è reso necessario raggruppare in classi omogenee le differenti biomasse utilizzabili come input per un impianto di digestione anaerobica. La suddivisione, qui effettuata principalmente sulla base della provenienza delle diverse matrici, è arbitraria ma funzionale allo scopo di poter confrontare in modo più chiaro le diverse biomasse. Sono state individuate le seguenti cinque macro classi di matrici, ciascuna delle quali comprensiva di un numero variabile di prodotti, talvolta disomogenei per opportunità ed efficienza di impiego [3].

1. Biomasse agroindustriali;
2. Reflui da insediamenti produttivi;
3. Fanghi biologici di depurazione;
4. Frazione organica dei rifiuti urbani da raccolta differenziata;
5. Frazione organica dei rifiuti urbani da selezione meccanica.

La scelta di una matrice rispetto a un'altra dipende da differenti fattori. Ricordiamo i principali:

- Resa potenziale di produzione di biogas;
- Reperibilità della matrice rispetto alla localizzazione geografica dell'impianto;
- Valore economico della matrice (concorrenza con altri mercati di collocazione);
- Lavorabilità e facilità di gestione della matrice;

Studio di fattibilità per l'area prescelta

Lo studio di fattibilità per la localizzazione di un impianto consortile per la gassificazione delle biomasse e del dissalatore, non soltanto richiede approfondimenti tecnologici, impiantistici ed economici, ma anche la considerazione, degli inevitabili influssi ambientali rivolti all'occupazione di aree, alla generazione di rumori, emissioni inquinanti, consumo di energia elettrica e termica.

Inoltre non possono essere ignorati i problemi di rischio, soprattutto in considerazione della probabile sistemazione urbana delle opere [2] [4].

Un processo di analisi finalizzato all'ottimizzazione delle scelte di ubicazione, di costruzione, di funzionamento, di prevenzione, richiede le seguenti fasi:

- Selezione delle aree idonee in rapporto alla loro vocazione ad accogliere il progetto e alla compatibilità dello stesso in relazione agli utilizzi attuali e potenziali delle zone di influenza;
- Ottimizzazione delle scelte specifiche, cioè delle modalità e dei criteri di costruzione e di gestione degli impianti a recupero, al fine di soddisfare le finalità primarie e del progetto e di non creare problemi di incompatibilità ambientale e conflittualità sociali;
- Considerazioni degli impatti residui e inevitabili (probabilmente molto localizzati) al fine di determinare

eventuali misure di compensazioni destinate a equilibrare il bilancio costi-benefici all'interno del bacino di utenza.

È in questa ottica che si inserisce la ricerca svolta.

Tra le diverse realtà presenti nel territorio quella che ha suscitato il maggiore interesse, è stata la realtà del territorio della fascia costiera che si estende da Isola delle Femmine a Balestrate, ricadente all'interno del piano d'ambito Ato Pa 1, che proprio per le caratteristiche particolari che presenta risulta un territorio che si presta allo studio di localizzazione di infrastrutture a scala territoriale, come: impianti di smaltimento r.s.u., impianti di depurazione delle acque reflue, impianti per la dissalazione per l'approvvigionamento idrico degli insediamenti che sorgono all'interno dell'area (Figura 5 Localizzazione dell'im pianto consortile e Figura 6 Diagramma di flusso della biomassa).

Tali caratteristiche che la fascia costiera presenta, possono essere così sintetizzati:

a) Superficie e popolazione sovradimensionate rispetto alla soglia di fattibilità tecnico-economica delle tecnologie disponibili sul mercato e delle risorse presenti nel territorio.
b) Elevati valori ambientali la cui tutela rappresenta il vincolo primario per adeguate politiche di sviluppo turistico (sono presenti diversi insediamenti turistici).
c) Presenza di forti punte estive di produzione di rifiuti:
   - Rifiuti solidi urbani:
     Inverno = 122,827 T/g
     Estate = 189,296 T/g
   - Acque reflue riversate lungo la costa:
     Inverno = 168,326 mc/g
     Estate = 257,041 mc/g
   - Elevati consumi idrici consumi idrici nel periodo estivo:
     Inverno = ab. 139.654:
     15.073.834 mc (periodo che va da Ottobre a Maggio)
     Estate = ab. 200.645;
     10.103.674 mc (periodo che va da Giugno a Settembre)
     Disponibilità risorse idriche =

Figura 4 - Metodologia per la localizzazione dell'impianto consortile

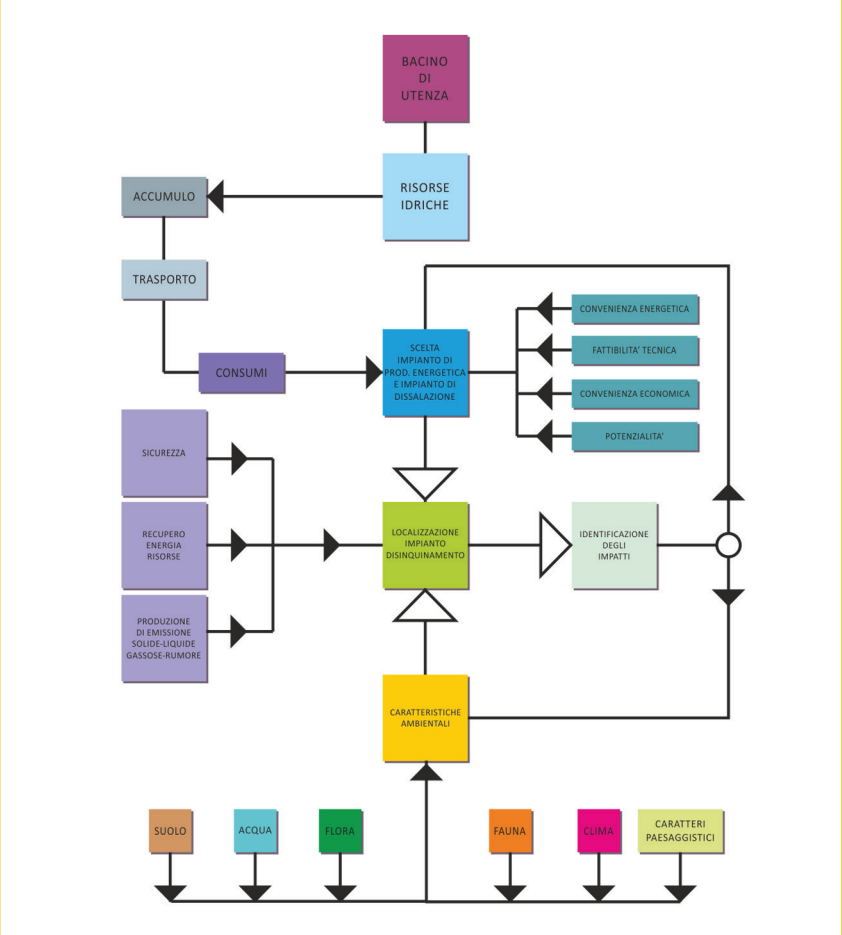


Figura 5 - Localizzazione dell'impianto consortile

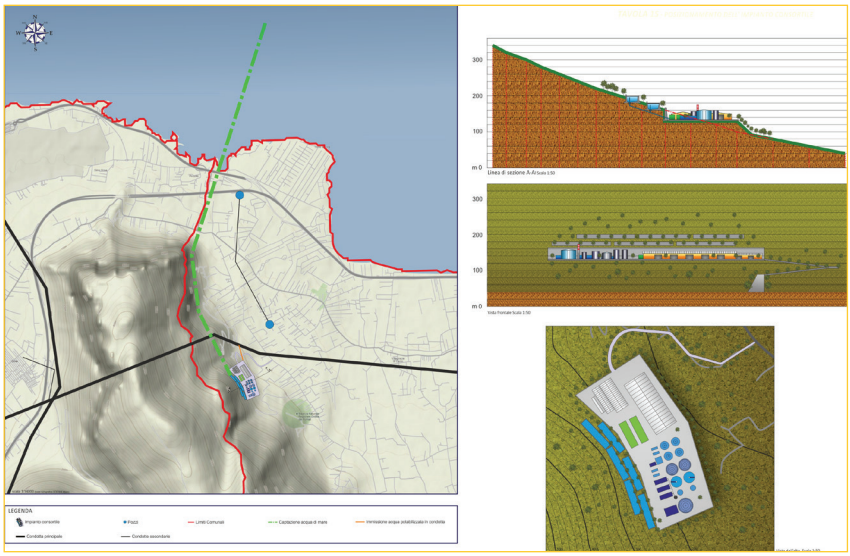


Figura 6 - Diagramma di flusso della biomassa

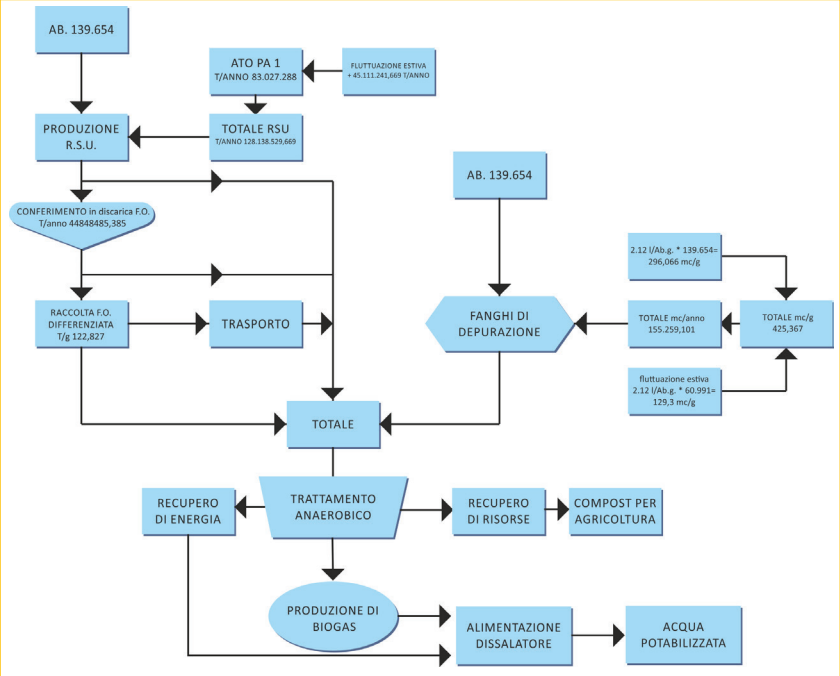
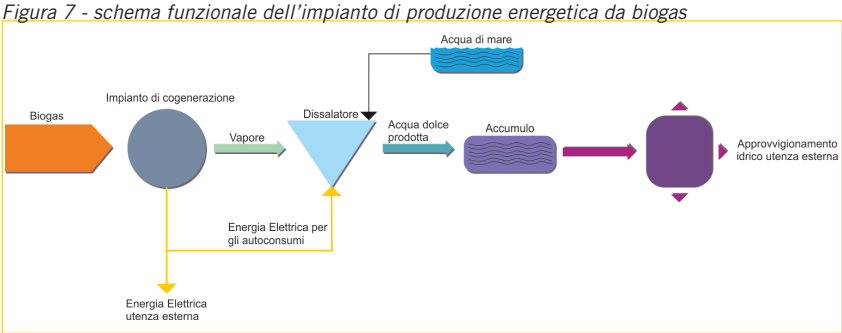


Figura 7 - schema funzionale dell'impianto di produzione energetica da biogas



14.179.091 mc;
Grado di copertura = 70% (valore medio annuo).

La ricerca è stata articolata in tre fasi :

a) Indagine conoscitiva sul territorio;
b) Studio delle tecniche di trattamento dei r.s.u., delle acque reflue e della dissalazione di acqua marina con particolare riferimento alla distillazione termica;
c) Ipotesi di localizzazione dell'impianto di potabilizzazione dell'acqua marina nell'area compresa tra Capaci, Villagrazia e Carini (Figura 7 Schema funzionale dell'impianto di produzione energetica).

Partendo da un'indagine conoscitiva sull'approvvigionamento idrico, della produzione di r.s.u. e acque reflue e in base alle potenzialità attuale dell'impianto con riferimento alle caratteristiche ambientali dell'area prescelta, si è pervenuti a un'ipotesi progettuale, che prevede un impianto di dissalazione della potenzialità di:

- Acqua dolce prodotta = 13.778 mc/g;
- Grado di copertura = 50%.

Tale portata è stata valutata attraverso un analisi costi-benefici che mette in relazione il costo dell'acqua prodotta da fonti idriche convenzionali con il costo dell'impatto per diverse potenzialità (Figura 8 Bilancio energetico dell'impianto di digestione anaerobica-dissalatore acqua di mare).

Per il calcolo della gestione dell'impianto e della produzione di acqua potabile è stato tenuto conto della produzione di biogas, dalla frazione organica dei r.s.u. e dalle acque reflue, per la produzione di energia termica per il funzionamento dell'intero impianto (Figura 9 Analisi costi-benefici).

Conclusioni

La tecnologia attuale mette a disposizione delle soluzioni più che accettabili per lo sfruttamento delle biomasse e per la dissalazione di acqua di mare. In un territorio dove lo smaltimento dei rifiuti, per la sua conformazione e per la presenza di molte aree naturalistiche protette, risulta essere un problema molto rilevante, lo sfruttamento di una parte di essi, ovvero la parte organica, assieme alla raccolta differenziata può contribuire notevolmente alla riduzione di utilizzo delle risorse non rinnovabili, ad un risparmio economico ed energetico notevole e alla riduzione di sostanze inquinanti immesse nell'ambiente [5].

Altro problema che interessa questa area è la scarsa presenza di impianti di depurazione delle acque reflue urbane, basti pensare che attualmente solo due comuni dei dodici rientranti nell'Ato Pa1 ne sono provvisti, il resto di essi scarica direttamente a mare. Attraverso la gassificazione anche questo tipo di rifiuto può essere sfruttato come risorsa energetica.

Quindi attraverso l'impianto consortile per la gassificazione delle biomasse si rende possibile un risparmio notevole, uno spreco minore di risorse, si elimina in parte il problema dello smaltimento dei rifiuti che nel caso studio viene sfruttato anche per il funzionamento di un dissalatore utile a sopperire alla richiesta idrica, così da permettere una maggiore quantità di acqua disponibile utilizzabile nel settore civile, agricolo e industriale.

Figura 8 - Bilancio energetico dell impianto di biogassificazione

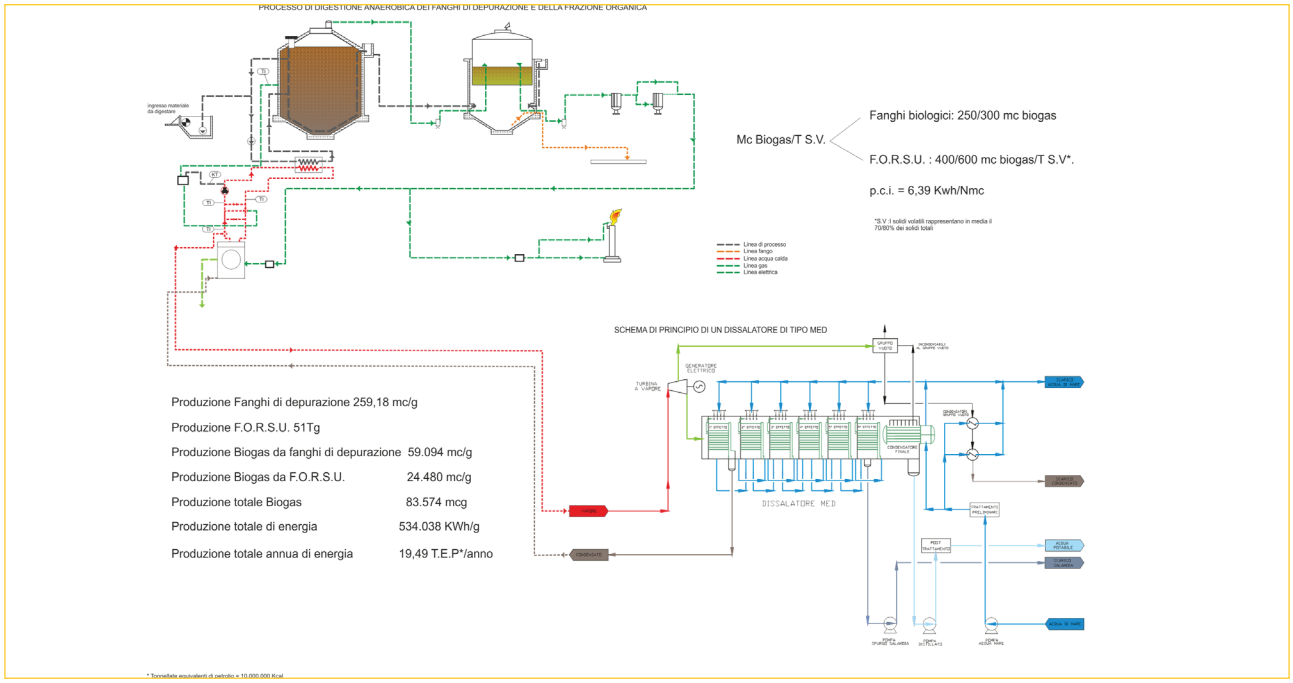
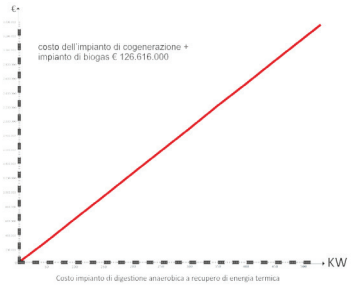
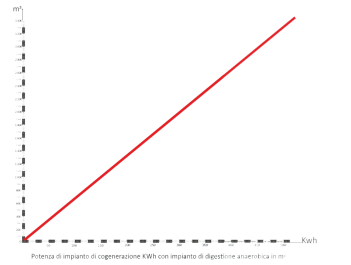
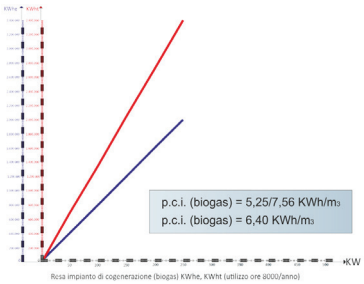


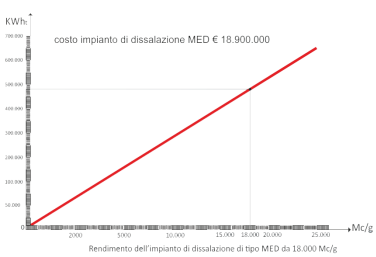
Figura 9 - Analisi costi - benefici

Tecnologia impiantistica	Potenzialità	Costi di investimento e di gestione
Dissalatore tipo MED	18.000 mc/g	18.900.000 €
Acquedotto urbano	18.000 mc/g	13.140.000 €/anno
Impianto di cogenerazione	20.250 KW	126.616.000 €
Energia elettrica prodotta in cogenerazione	160.000.000 KWhe	28.800.000€
Energia termica prodotta in cogenerazione	277.333.000 KWht	23.859.160 €
Produzione equivalente di gas metano	Nmc/g 35.087.677	
Costo investimeno: MED + Cog. + D.A.		145.516.000 €
Costo di gesione giornaliero		65.799.000 €/g









P.B.T. (Pay Back Time) = Ci Cg.e.c.r. = 2,21
Acquedotto urbano = costo di gestione in assenza di dissalatore
D.A. = Digestione Anaerobica
MED = Multiple Effect Distillation
Ci = Costo di Investimento
Cg.e.c.r. = Costo Gestione Energia Convenzionale Prodotta

Bibliografia

1) A. Milone, F.C. Campione *"Potenziale energetico da biomasse dell'industria di trasformazione per il bacino di utenza della Sicilia occidentale", I° International Conference on Solid Waste, Roma, 7-9 Aprile 1999;*

2) F.C.Campione- G.Salemi: *"A metodology to localize a desalination plant: the case of Ustica Island",Congresso Internazionale "Desalination Technologies for small and medium size plants with limited environmental impact", Roma, 3-4 Dicembre 1998;*

3) S. Alterio, F. C. Campione, L. Campione, A. Campodonico, S. Davì *"Biomasse, fanghi di depurazione e CDR: un sistema energetico integrato", rivista "Recycling", n.3, Maggio 2007, ed. PEI Srl.*

4) **S.Alterio**, **F. C. Campione, A. Milone, D. Milone***: "A model sustainable development in areas with limited resources", Venice 2006, Simposio Internazionale: "Energia dai rifiuti e biomasse", Venezia, 29 Novembre - 01 Dicembre 2006;*

5) A.Milone, D.Milone, F.C.Campione, S.Pitruzzella: *"Urban waste as resource for sustainable environment", MAMEE 2013:International Conference on Mechatronics, Applied Mechanics and Energy Engineering, July 27-29, 2013, Singapore;*

Francesco Claudio Campione è dottore di ricerca in Fisica Tecnica Ambientale e Docente a contratto della materia Gestione delle risorse energetiche del territorio, Facoltà di Architettura, Università di Palermo; Angelo Milone è Professore Ordinario di Tecnica del Controllo Ambientale, DEIM, Università di Palermo; Daniele Milone è Ricercatore confermato di Iª fascia, DEIM, Università di Palermo; Sebastiano Marino è Libero professionista;