Università degli Studi di Udine

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali

PROGETTO BIOENERGY FVG

"PROGETTAZIONE, MESSA IN FUNZIONE E GESTIONE DI IMPIANTI PILOTA PER L'UTILIZZO DI BIOMASSE AGROFORESTALI"

a cura di:

Daniele Dell'Antonia

Coordinatore del progetto

Prof. Pierluigi Bonfanti

Responsabile scientifico

Prof. Rino Gubiani

Comitato scientifico

Prof. Pierluigi Bonfanti

Prof. Cesare De Zanche

Prof. Massimo Lazzari

Prof. Rino Gubiani

Prof. Danilo Monarca

Prof. Giuseppe Pellizzi

Prof. Gianfranco Pergher

Prof. Giovanni Riva

Prof. Giorgio Zoppello

Comitato Organizzatore

Daniele Dell'Antonia

Daniele Maroncelli

Sirio Rossano Secondo Cividino

Elisabetta Putignano

Pamela Casali

Federico Capone

Elisa Siega

Responsabile segreteria

Ilaria Gussetti

Sito Internet

http://bioenergy-fvg.uniud.it/

ISBN: 978-88-903361-0-2

BIOMASSE PER ENERGIA, SOGNI E REALTA'

L'uso energetico della biomassa continua a fare discutere, specialmente in concomitanza di crisi energetiche o dei mercati delle commodities o, più semplicemente, di novità normative che lo pongono al centro dell'attenzione. Un esempio è il recente obbligo di incorporazione dei biocarburanti nella benzina e nel gasolio per autotrazione.

L'interesse nasce tipicamente dalle seguenti considerazioni:

- *la biomassa è vista da molti – in un'ottica di contenimento delle emissioni di CO_2 e del consumo di combustibili fossili (che a ben guardare sono biomasse "antiche") – come una delle fonti energetiche rinnovabili più promettenti. La produzione di energia termica è una soluzione sperimentata da tempo, mentre quella di energia elettrica e di biocombustibili liquidi (attraverso molteplici processi di conversione) è in fase di forte sviluppo per tutte le taglie di potenza e/o di capacità produttiva;*
- *le biomasse energetiche (dedicate e/o residuali) sono idonee per il mondo agricolo, sia per l'opportunità di sostituire le coltivazioni tradizionali a destinazione alimentare con coltivazioni alternative, sia per la disponibilità di spazi che sono generalmente presenti nel mondo rurale e in particolare nei Paesi in via di sviluppo (che necessitano di lavoro). Particolari settori, poi (come quello della coltivazione delle alghe), promettono produzioni a due cifre in tonnellate/anno di sostanza secca per ettaro;*
- *lo sviluppo tecnologico e quello della bioingegneria stanno aprendo straordinarie prospettive. Esempi sono i processi di sintesi a partire da reazioni termochimiche e modificazioni genetiche di microbi capaci di gettare le basi per nuovi processi di fermentazione a basso input energetico.*

Vengono invece ciclicamente sollevati dubbi sui seguenti aspetti:

- *reale economicità di molte filiere e loro potenziale impatto negativo sulla filiera alimentare, in modo particolare di quella dei Paesi più poveri;*
- *validità dei bilanci energetici e ambientali (tema che verrà istituzionalizzato con la prossima RED, Renewable Energy Directive), specialmente quando sono necessari dei trasporti su lunghe distanze;*
- *significatività dell'apporto energetico della biomassa sui bilanci energetici nazionali.*

Non è difficile notare, peraltro, come spesso si difenda o si critichi una soluzione senza nemmeno disporre di evidenze sperimentali e/o di informazioni sufficientemente affidabili o più semplicemente comparabili tra loro.
Si passano le giornate a disquisire sull'etanolo da mais USA (per molti un crimine contro l'umanità) caratterizzato da rapporti input/output energetici pari a "solo" 1,3-1,5. Stranamente nessuno pensa che l'elettricità utilizzata per stampare questa pagina è prodotta – se va benissimo – con un rapporto pari a 0,5. Eppure tutti vogliono l'energia elettrica.
Si parla invece molto meno di altri fattori, forse importanti, come lo sviluppo economico e sociale associato alla messa a punto di nuovi prodotti e tecnologie e spesso si dimentica come l'economicità di una soluzione venga frequentemente valutata sulla base di assunzioni molto convenzionali e artefatte (concetto forse reso più chiaro dalle recenti turbolenze dei mercati finanziari).
Insomma, le biomasse sono attuali? Ma vale la pena?

Secondo chi scrive si. Tuttavia è importante lavorare bene, possibilmente senza perdere tempo e producendo risultati, non importa se apparentemente negativi o positivi.

Si dice che IBM non credeva nei PC portatili e che tra i suoi top manager qualcuno sosteneva che non avrebbero avuto mercato. Le evidenze oggi sono molto diverse.

Tra qualche mese presso una grossa distilleria brasiliana verrà utilizzato su scala reale un nuovo enzima che a partire da un substrato zuccherino e utilizzando gli stessi fermentatori per etanolo produrrà un idrocarburo con 12 atomi di carbonio, praticamente gasolio. Sicuramente ci saranno dei problemi di sviluppo ma l'idea potrebbe eliminare la fase di distillazione perché basterà centrifugare. Non male, vero? Pare che sia il frutto di una ricerca svolta da un laboratorio USA finanziato anche dalla fondazione di Bill Gates.

Che cosa si desume da questa storia? Che un progetto ritenuto improbabile più di una trentina di anni fa (i PC) ha generato ricchezza che sta portando avanti un altro progetto che molti oggi riterranno improbabile?

Prof. Giovanni Riva

Università Politecnica delle Marche
Dipartimento di Scienze Applicate ai Sistemi Complessi

INDICE

IL PROGETTO BIOENERGY-FVG:

"PROGETTAZIONE, MESSA IN FUNZIONE E GESTIONE DI IMPIANTI PILOTA PER L'UTILIZZO DI BIOMASSE AGRO-FORESTALI" 7

Il progetto "Bioenergy" e la produzione di energia da biomasse agroforestali 9

Studio di fattibilita' tecnico-economica per un motore alimentato ad olio vegetale 19

Studio di fattibilità di un impianto termico a biomassa nel centro polifunzionale per l'assistenza e residenza degli anziani del comune di Mortegliano 31

Studio di fattibilità tecnico-economica di un impianto di teleriscaldamento a biomassa nel comune di Lusevera 43

Studio del territorio per la determinazione di biomasse forestali per l'avvio di un impianto di teleriscaldamento: il caso del comune di Pulfero 51

Emissioni in impianti civili per il riscaldamento domestico 61

Lo sviluppo delle biomasse attraverso la gestione della sicurezza sul lavoro nel settore agro-forestale 69

CONVEGNO NAZIONALE IV SEZIONE AIIA:

"LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA BIOMASSE AGROFORESTALI E' SEMPRE UNA PROPOSTA ATTUALE?" 77

Le biomasse agroforestali: tecnologie e sistemi per la produzione della materia prima e dell'energia 79

Un modello per la pianificazione territoriale di filiere agroenergetiche per colture oleaginose 81

Il trapianto di astoni di pioppo 83

Metodologie per la raccolta di colture da energia per la combustione diretta negli areali del nord Italia 85

La Jatropha curcas, una coltura energetica oleifera per l'Eritrea 87

Le energie da fonti rinnovabili: tecnologie applicate al sistema agroforestale (idroelettrico, eolico, solare termico, fotovoltaico) 89

Progettazione e realizzazione di un prototipo di essiccatoio solare ibrido a bassa temperatura per riso 91

Il problema dell'utilizzazione dei rifiuti agricoli: scarti di lavorazione, residui colturali, deiezioni e loro utilizzazione energetica 93

Microcantiere per la raccolta e pellettizzazione aziendale di residui di potatura 95

Potere calorifico di biomassa costituita da scarti di produzione e lavorazione di rose sotto serra 97
Analisi tecnico-economica di un impianto a digestione anaerobica in un azienda agro-zootecnica del centro italia 99
Potenzialità settore agrozootecnico italiano: manure zootecnico, binomio biogas ed energia 101
La produzione di biogas da vinacce: primi risultati con impianto pilota 103
Feasibility study of a centralised plant for a sustainable management of livestock manure with energy production 105
Anaerobic digestion tests in pilot scale plants treating swine manure 107
Le prospettive per i sistemi energetici integrati: cogenerazione ed impianti di teleriscaldamento 109
Emissioni da motore endotermico (cogenerazione) con utilizzo di biocombustibili di diversa origine 111

IL PROGETTO BIOENERGY-FVG:

“PROGETTAZIONE, MESSA IN FUNZIONE E GESTIONE DI IMPIANTI PILOTA PER L’UTILIZZO DI BIOMASSE AGRO-FORESTALI”

IL PROGETTO “BIOENERGY” E LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA BIOMASSE AGROFORESTALI

Premessa

L’attuale modello di sviluppo economico implica l’uso massiccio di fonti di materie prime di origine fossile (petrolio, carbone, gas) per produrre energia, con conseguenti problemi di origine ambientale, sanitaria ed economica. Tra i problemi generati dall’uso dei combustibili fossili si possono annoverare i seguenti:

- emissioni di gas ad effetto serra. I paesi firmatari del protocollo di Kyoto, tra cui l’Italia, si sono impegnati a ridurre le emissioni dei gas - serra su scala mondiale dell’8% entro il 2012, rispetto ai livelli del 1990. Tale impegno presume anche la riduzione dell’impiego di combustibili fossili a vantaggio di fonti rinnovabili.
- dipendenza dal petrolio. L’Italia importa dall’estero prodotti di origine fossile per una quota pari al 90%. Negli ultimi anni il prezzo del petrolio è salito superando la soglia di 100 dollari al barile. Le previsioni parlano di un ulteriore incremento dei prezzi, con conseguenti rischi per l’economia del Paese.
- inquinamento e danni alla salute. La combustione di carbone, petrolio e derivati produce particolati incombusti (PM10), zolfo, benzene, ossidi di azoto, metalli pesanti e altre sostanze nocive responsabili di danni alla salute umana e all’ambiente. Queste particelle causano una perdita nell’aspettativa media di vita anche superiore all’anno a livello europeo (EEA, report 2007).

Il problema energetico è da molto tempo al centro dell’interesse anche dell’Unione Europea la quale nel gennaio 2007 ha adottato un pacchetto su energia e cambiamenti climatici, invitando il Consiglio e il Parlamento europeo ad approvare:

- un impegno unilaterale dell’UE a ridurre di almeno il 20% le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 entro il 2020;
- un obiettivo vincolante per l’UE del 20% di energia da fonti rinnovabili entro il 2020, compreso un obiettivo del 10% per i biocarburanti;
- un complessivo risparmio energetico di circa il 20% (direttiva sul rendimento energetico nell’edilizia, direttiva per la promozione della cogenerazione di calore ed elettricità, direttiva per l’aumento del risparmio energetico per gli elettrodomestici, ecc.).

L’Italia, nei confronti della politica energetica europea (pee) è sempre stata in grave ritardo sugli obiettivi adottati ed anche per quanto riguarda l’attuazione di queste risoluzioni (il cosiddetto pacchetto 20-20-20), il rispetto, anche parziale, appare alquanto complesso.

D’altra parte l’attuale fabbisogno energetico dell’UE è soddisfatto per il 50% con le importazioni di cui il 76,6% dal petrolio, il 53% dal gas e il 35,4% dal carbone. Anche il fabbisogno di uranio è soddisfatto per larga parte con prodotti esteri. Ne consegue che la dipendenza dalle importazioni è elevata e, qualora non vengano prese misure, si prevede che

nel 2030 l'Europa dovrà soddisfare con prodotti esteri il 70% del proprio fabbisogno energetico e tutto questo in un contesto di domanda energetica crescente a livello mondiale. Questi problemi hanno nuovamente portato ad un aumento dell'interesse per l'utilizzo di energie rinnovabili, in particolare le biomasse di origine agroforestale. La Commissione Europea ha inoltre presentato, nel dicembre 2005, un "piano di azione per la biomassa" dove il punto centrale è quello di incoraggiare la produzione e l'uso maggiore di energia da biomassa in sostituzione dei carburanti fossili.

In realtà l'uso delle biomasse presuppone anche un concetto diverso dell'utilizzo dell'energia. Le fonti fossili sono una fonte di energia quantitativamente fissata dal passato geologico della terra e sono come un enorme serbatoio, mentre le energie rinnovabili derivano invece dalla captazione di un flusso di potenza in arrivo dal sole e misurabile in W/m^2.

Da questa considerazione ne deriva che le biomasse, essendo la trasformazione di un flusso diffuso di potenza dal sole dal punto di vista energetico, sono poco concentrate e quindi l'eventuale costo del trasporto incide in maniera elevata rispetto alle fossili. Ne consegue che per captare una forma di energia diffusa è necessaria una buona organizzazione su base territoriale, cioè una rete sia per la captazione (ad esempio piste forestali) che per la distribuzione dell'energia (rete elettrica, teleriscaldamento, ecc.). Questo tipo d'impostazione basato su molti punti di captazione dell'energia, trasformazione e distribuzione, (fig. 2) è molto differente dal tipo di sfruttamento energetico utilizzato fino ad ora (fig. 1). Lo sviluppo tecnologico per l'utilizzo energetico delle biomasse si è sviluppato adeguatamente solo per quanto riguarda l'utilizzo termico delle stesse (caldaie, stufe, ecc.) e generalmente per usi familiari. Per altri tipi di produzione energetica, come per esempio la cogenerazione, la tecnologia a disposizione si basa sulla provenienza fossile del combustibile, mentre l'utilizzo delle biomasse richiede generalmente una impiantistica più complessa per lo stoccaggio e la trasformazione delle stesse, con costi notevolmente superiori.

Ad oggi, le biomasse soddisfano circa il 15% degli usi energetici primari nel mondo e il loro utilizzo mostra un forte grado di disomogeneità fra i vari Paesi. I Paesi in via di sviluppo, infatti, ricavano mediamente il 38% della propria energia dalle biomasse, mentre i paesi industrializzati appena il 3% dell'energia primaria consumata.

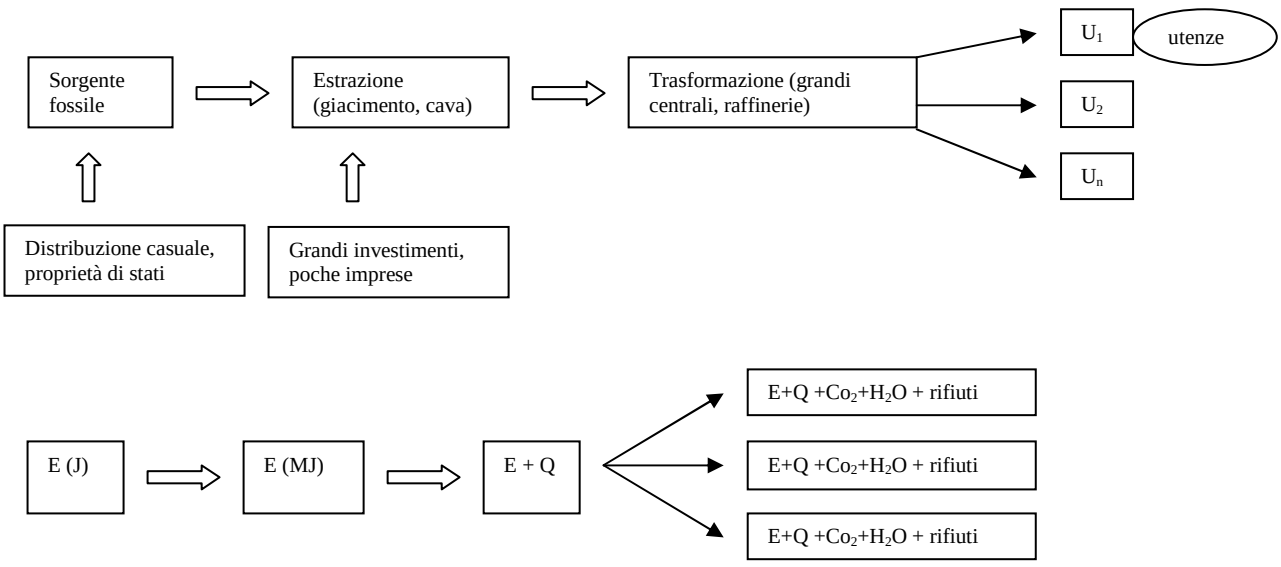


Figura 1 – Distribuzione dell'energia fossile fino alle utenze

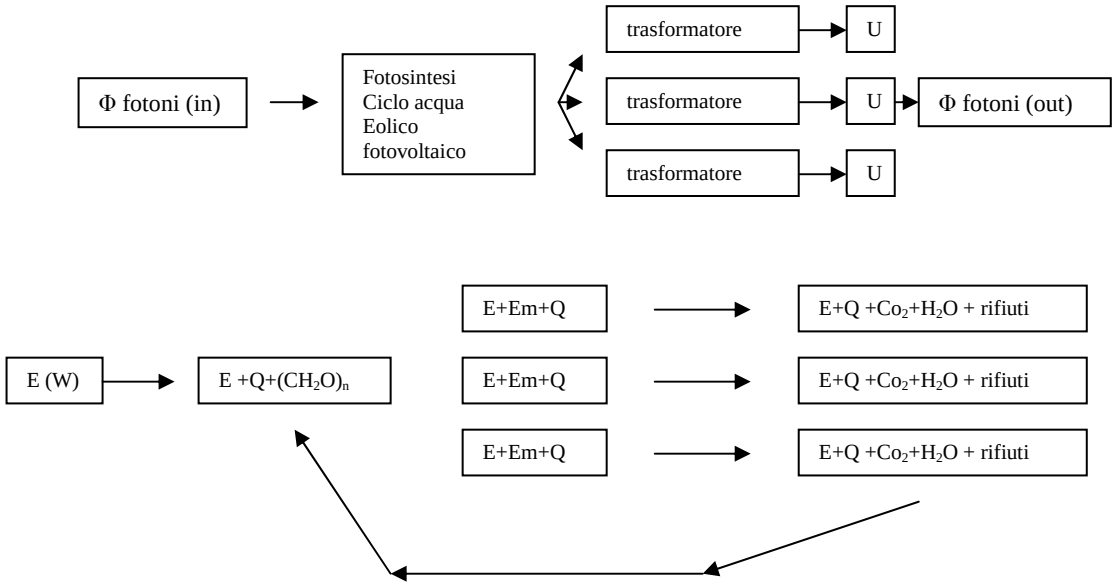


Figura 2 – Schema del flusso dell'energia solare

Tipo di fonte/ anno		2003-2006 (GWh)	2007 (GWh)	Variazione 06/07	% sul totale 2007
Idrica	0-1 MW 1-10 MW >10 MW	38.017 1.553 6.326 30.133	32.815 1416 5.684 25.715	-11,3 -6,9 -10,5 -11,7	66,4 2,9 11,5 52,0
Eolica		2.155	4.034	35,8	8,2
Solare		29	39	11,4	0,1
Geotermica		5.407	5.569	0,8	11,3
Biomasse e rifiuti		5.758	6.954	3,1	14,1
	solidi	4573	5506	1,8	11,1
	RSU	2.407	3.025	3,7	6,1
	colture ed RSU industriali	2.167	2.482	6,6	5,0
Biogas		1.184	1.447	8,0	2,9
	da discariche	1.044	1.247	6,0	2,5
	da fanghi	2,6	9,0	172,7	0,01
	da deiezioni animali	26	53	19,5	0,1
	da colture e rifiuti agroindustriali	110	138	23,2	0,3
Totale		51.366	49.411	-5,5	-

Tabella 1 -Produzione lorda degli impianti da fonte rinnovabile in Italia dal 2003 al 2007 (fonte GSE 2007) escluse stime fotovoltaiche (circa 18 GWh).

In particolare, gli USA ricavano il 3,2% della propria energia dalle biomasse; l'Europa, complessivamente, il 3,5%, con punte del 18% in Finlandia, 17% in Svezia, 13% in Austria. L'Italia, con il 2,5% del proprio fabbisogno coperto dalle biomasse, è al di sotto della media europea anche se risulta al di sopra per quanto riguarda la produzione di energia da fonti rinnovabili, dove gran parte di questa energia proviene dal settore idroelettrico e geotermico.

Una recente stima effettuata da alcuni ricercatori dimostrerebbe che l'Italia dispone di grandi potenzialità produttive di biomassa agricolo/forestale in grado di sopperire a circa il 14% della domanda interna di petrolio.

L'impiego delle biomasse in Europa soddisfa, dunque, una quota abbastanza marginale dei consumi di energia primaria, rispetto alle reali potenzialità, con i Paesi del centro-nord Europa che sono all'avanguardia nell'uso delle biomasse, in particolare nello sviluppo di impianti di cogenerazione e teleriscaldamento.

Paese	Idrica	Eolica	Biomasse, geotermica, ecc.	Produzione lorda di energia	Rapporto energia rinnovabile/ energia lorda
Austria	34,6	2,2	3,5	65,3	61,7
Belgio	0,3	0,6	3,6	88,5	5,1
Danimarca	0,0	7,2	4,4	39,2	29,6
Finlandia	14,1	0,2	11,3	81,1	31,6
Francia	58,5	3,8	5,4	570,1	11,9
Germania	23,7	39,0	36,3	631,9	15,7
Grecia	3,3	2,3	0,1	63,3	9,0
Irlanda	0,7	2,0	0,1	27,4	10,2
Italia	32,8	4,0	12,6	313,9	15,7
Lussemburgo	0,1	0,1	0,1	4,5	6,7
Olanda	0,1	3,4	7,5	102,8	10,7
Portogallo	11,6	4,0	2,2	47,6	37,4
Regno unito	6,0	5,3	10,3	397,7	5,4
Spagna	21,8	29,0	3,5	306,4	17,7
Svezia	66,5	1,1	9,1	149,5	51,3
Totale UE 15	274,1	104,2	110,1	2889,1	16,9

Tabella 2 - Produzione di energia lorda e rinnovabile nella UE a 15 in TWh (Fonte GSE, 2007)

Prospettive per lo sfruttamento delle biomasse agroforestali in Italia ed in Friuli Venezia Giulia

In Italia, come prima citato, l'utilizzo energetico delle biomasse è molto ridotto soprattutto per la scarsa ottimizzazione delle filiere energetiche. Le biomasse agroforestali possono risultare, in parte, una integrazione ai combustibili attualmente utilizzati, presentando diversi vantaggi:

- sono quasi indifferenti nel bilancio della CO_2;
- sono una fonte energetica totalmente rinnovabile;
- rappresentano una alternativa alle colture agricole destinate al mercato alimentare e mangimistico, le cui produzioni in Europa sono eccedentarie ed i prezzi sono in costante diminuzione;
- sono una fonte energetica spesso reperibile a poca distanza dal luogo di consumo, con minori costi accessori legati al trasporto ed ai servizi collegati;
- la creazione di filiere di produzione, lavorazione e smercio delle biomasse e la creazione di una rete di vendita ed assistenza di impianti a biomasse può essere una valida opportunità per creare nuovi posti di lavoro;
- lo sfruttamento delle biomasse può essere un valido incentivo alla manutenzione del territorio ed all'aumento del valore dello stesso.

Le biomasse utilizzabili in Italia sono:

- colture già coltivate per scopi alimentari quali colza, girasole, mais, ecc.;
- colture dedicate come ad esempio sorgo, miscanto, canna comune ecc.;

- prodotti di origine forestale classica quali conifere, boschi cedui, o in rotazione corta S.R.F. (Short Rotation Forestry) quali il pioppo, il salice la robinia, ecc.;
- scarti di potature, ramaglie, lavorazioni del legno, ecc.

Le biomasse forestali, d'altra parte, hanno sempre costituito una fonte energetica importante, soprattutto in montagna per la produzione di calore. In passato queste biomasse provenivano soprattutto da legna a pezzi (ciocchi), mentre oggi la tecnica permette di utilizzare gli scarti della lavorazione del legname e tutti i residui vegetali legnosi per produrre altre forme di combustibile, maggiormente automatizzabile, come il cippato ed il pellet.

Della naturale produttività delle foreste Italiane, attualmente solo 1/3 è utilizzata a fini economici e altrettanto limitato è il ricorso alle colture agrarie da biomassa (annuali, biennali, S.R.F.). Ciò, malgrado non richiedano terreni particolarmente fertili ed elevati inputs agronomici (fertilizzanti, prodotti chimici, lavorazioni), per cui potrebbero esser coltivate in tutte le aree non particolarmente fertili ed in tutte quelle marginali o abbandonate (circa 1 milione e mezzo di ettari di SAU abbandonati negli ultimi decenni, dati ISTAT).

Allo stato attuale le regioni dove sono maggiormente diffusi impianti a biomasse per la produzione di calore ed energia sono il Trentino Alto Adige, il Piemonte, la Lombardia e la Toscana. In Friuli Venezia Giulia sono attualmente in funzione alcune centrali per il teleriscaldamento situate in provincia di Udine: San Giovanni al Natisone, Treppo Carnico, Arta Terme, ecc.

Al pari della situazione nazionale, anche il Friuli Venezia Giulia ha grandi potenzialità produttive sia dal settore forestale che agricolo (tab. 3).

Superfici produttive agricole e forestali in Friuli Venezia Giulia	
Seminativi (ha)	180.000 (100.000 circa a mais)
Colture arboree (ha)	25.000 (18.000 a vite)
Colture arboree da industria e boschi (ha)	110.000
Superficie agricola non utilizzata (ha)	18.400
Foreste (ha)	275.500

Tabella 3 – Superficie coltivate in Friuli - Venezia Giulia.

Le foreste regionali occupano 275.000 ha, pari al 35% della superficie regionale, con un incremento annuo di massa legnosa stimato di 800.000 m^3, di cui vengono utilizzati attualmente solo 250.000 m^3. In questo quadro positivo si inseriscono però degli elementi sfavorevoli, quali:

- elevata frammentazione fondiaria, sia pubblica che privata;
- mancanza di piani di assestamento forestali;
- orografia montana regionale molto accidentata che rende particolarmente difficili e costose le operazioni di esbosco;

Il superamento di questi problemi e l'utilizzo a fini energetici di queste biomasse, unito all'introduzione di nuove colture, potrebbero risollevare la situazione di crisi del mercato agroforestale regionale e contribuire ad una migliore offerta di energia.

Il progetto Bioenergy

In questo panorama regionale si è inserito il progetto "Bioenergy" con lo scopo di costituire un gruppo di lavoro a Udine che potesse iniziare a studiare ed approfondire le tematiche inerenti l'utilizzo energetico delle biomasse.

L'idea di partenza del progetto è nata dallo studio della situazione maidicola in Friuli. La produzione di

mais in Friuli Venezia Giulia è di circa 800.000 tonnellate e rappresenta ancora una delle culture a maggior redditività. In questi ultimi anni però stanno emergendo una serie di problematiche che rendono necessario un ripensamento della destinazione del prodotto mais. Tra i problemi emersi ci sono:

- fumonisine. Dal 2007 è entrata in vigore la normativa che limita a 2 ppm il contenuto di fumonisine per il mais alimentare. In Friuli una buona parte della produzione supera questi limiti rendendo difficile la sua commercializzazione anche se non viene poi destinata all'uso alimentare (che è solo il 4% circa) e ciò contribuisce ad un suo deprezzamento;
- diabrotica. La presenza di questo parassita comporta la necessità di rotazioni con altre colture. Il nuovo piano di sviluppo rurale (PSR) compensa rotazioni in cui le culture tornano sullo stesso terreno ogni 4 anni;
- siccità ricorrenti. Nel 2003 e nel 2006 le produzioni di mais sono state compromesse nelle zone non irrigue. E' evidente che in queste aree o si coltivano colture nel periodo non siccitoso (cereali autunno vernini) o con il mais da granella si rischia di avere notevoli perdite visto l'elevato costo di produzione (circa 1500-1600 €/ha);
- direttiva nitrati. Nelle aree a vincolo idrogeologico (tutta l'alta pianura Friulana) la quantità di azoto che si può distribuire non deve superare le 170 unità, limitando fortemente le produzioni di mais;
- mercati internazionali. I prezzi del mais, come di altre produzioni agricole, coprono con difficoltà i costi di produzione, salvo qualche annata favorevole (come il 2007 per esempio).

Per fare fronte a queste problematiche si sono cercate delle alternative, dove quella più favorevole è sembrata l'utilizzazione del mais (in modo particolare quello contaminato da fumonisine) in caldaie per il riscaldamento di abitazione familiari in aziende agricole.

Quindi la prima operazione fatta è stata l'installazione di due impianti funzionanti a granella di mais. Di questi impianti sono stati monitorati i consumi, le caratteristiche del combustibile, il funzionamento della caldaia e le emissioni. I vantaggi rilevati sono stati:

- il mais è molto simile al pellet come utilizzazione e ha buone caratteristiche energetiche (circa 16 MJ/kg al 14% di umidità) con costi che sono circa la metà;
- l'ammortamento di una caldaia a mais ai prezzi attuali in sostituzione di una a gasolio o a gas avviene in 2-3 anni per una abitazione familiare di medie dimensioni.

I problemi riscontrati invece sono stati:

- la fusibilità delle ceneri. La granella di mais fonde a circa 850-900 °C creando uno strato duro sulla griglia della stufa ed impedendo il passaggio dell'aria che porta inevitabilmente allo spegnimento della caldaia. Tale caratteristica è data principalmente dall'alto tenore in potassio che è basso fondente;
- le elevate emissioni. Esse sono risultate un po' più elevate rispetto alle caldaie funzionanti a combustibili fossili misurate a confronto per quanto riguarda i principali inquinanti (SO_2, CO, NOx). Per altre emissioni (IPA, Diossine) forse presenti, si potrà pensare ad un controllo futuro. Le elevate emissioni sono dovute al fatto che nella granella di mais ci sono proteine e polisaccaridi rispetto alla semplice catena C-H degli idrocarburi. Con un controllo maggiore della combustione e dell'emissione dei fumi si potrebbero ridurre di molto le emissioni;
- altri problemi sono dati dalla scarsa automazione di queste caldaie rispetto a quelle a gas. L'accensione è ancora manuale perché il mais ha una temperatura di innesto della

combustione elevata (oltre 400℃ rispetto ai circa 200-250 ℃ del pellet) e le caldaie non sono ancora tecnologicamente molto evolute.

L'idea di mettere in funzione molte centrali a biomassa sul territorio sembrava interessante perché la biomassa è uniformemente distribuita su tutto il territorio regionale con una bassa concentrazione. Risulta quindi più conveniente avere molte centrali (filiere corte) con reti efficienti per il recupero della biomassa (strade interpoderali, centri di raccolta, piste forestali) e la distribuzione dell'energia alle utenze (reti di teleriscaldamento o elettriche).

Infatti, in Friuli per il mais (ed i cereali in genere), esiste una fitta rete interconnessa di raccolta, essicazione e conservazione (magazzini) che permette di avere questo prodotto lungo tutto l'anno su tutto il territorio. In termini energetici è simile al ciclo del fieno (fig. 3) e quindi è un tipo di energia che potrebbe essere rapidamente disponibile per un utilizzo termico o cogenerativo.

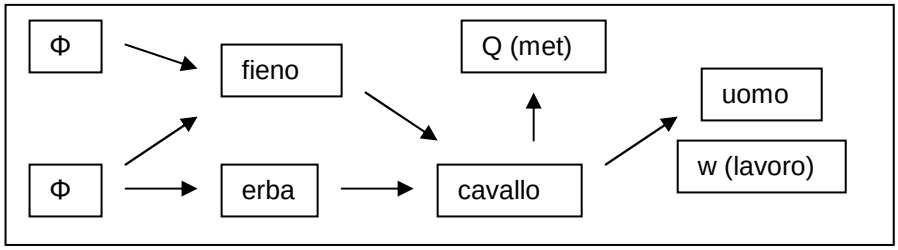


Figura 3 – Schema del sistema di recupero dell'energia con il cavallo.

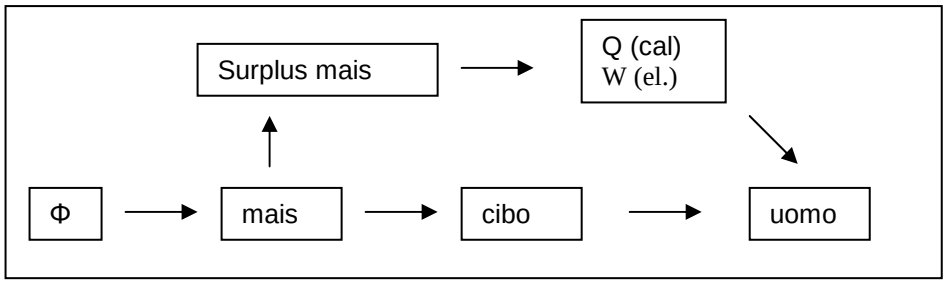


Figura 4 – Schema del sistema di recupero dell'energia con il mais.

A tal proposito abbiamo anche sperimentato delle forme di pellettizzazione per consentire l'utilizzo della granella di mais in miscela con altri componenti per avere una migliore combustione ed evitare alcuni inconvenienti che abbiamo riscontrato, come ad esempio la formazione di ceneri basso fondenti.

Oltre alle due caldaie installate, che comunque hanno un consumo molto limitato di mais, è stato realizzato anche uno studio di fattibilità per una centrale cogenerativa della potenza di 1 MWe (turbina OCR). La centrale progettata prevede l'utilizzo del mais di scarto come combustibile in una collocazione che permetta l'impiego di tutto il calore di risulta. Infatti, in un sistema cogenerativo ORC il rendimento elettrico è circa il 20% con un 60% di calore da smaltire. Il progetto, pur molto interessante, non è ancora stato realizzato solo per il disaccordo su alcuni punti economici da parte delle ditte interessate.

A questo proposito, nella logica di recuperare l'energia di flusso diffusa su tutto il territorio, a nostro parere è più opportuna una fitta rete di piccole centrali (e quindi rispettando i criteri della filiera corta) che poche grandi centrali come ad esempio quelle per la produzione di etanolo. Infatti, le grandi centrali rientrano nella logica del sistema ad energia fossile e si adattano poco alla produzione agricola estensiva. In uno studio per l'installazione di una centrale cogenerativa, le difficoltà maggiori che abbiamo riscontrato sono proprio quelle legate al fatto che devono coincidere i consumi con la pro-

duzione di energia termica. In questo caso, la mancanza di una rete (come quella elettrica) rende obbligatorio trovare utenze termicamente energivore in prossimità della centrale.

Nell'ambito dei problemi relativi al mais è stato realizzato anche uno studio di fattibilità per un impianto cogenerativo a olio di colza. Nei terreni senza irrigazione, infatti, potrebbe essere una buona opportunità coltivare colza per utilizzare l'olio in un motore endotermico cogenerativo (elettricità + calore). In questo caso i vantaggi sono dati dall'alta resa in energia elettrica (circa 40%), con una quantità di calore più facilmente gestibile e costi limitati di produzione della colza (500-600 €/ha). Lo svantaggio è dato dalle basse rese della colza in termini di t/ha di olio (circa 1 t/ha).

Nella filiera montana, invece, si stanno studiando (entrambi in stato di avanzamento) tre impianti di teleriscaldamento; uno per la piccola frazione di Pradielis (Lusevera) e gli altri due per alcuni edifici pubblici collocati nei comuni di Pulfero e Lusevera. In montagna il primo problema evidente che si rileva è la mancanza di una rete per il recupero dell'energia. Questo in termini concreti significa mancanza di una fitta maglia di piste forestali causa anche la morfologia del territorio e l'eccessivo frazionamento delle particelle boschive che ne hanno invalidato fino ad ora l'utilizzo economico. Ciò ha portato a mettere a punto anche delle strategie per il miglioramento della rete delle piste forestali, con la proposta di forme consortili o di contoterzismo anche per l'applicazione di una meccanizzazione più efficiente e meno pericolosa (introduzione degli harvester, processor, ecc). La seconda condizione è la costruzione di una rete di distribuzione dell'energia termica che non ha solo uno scopo puramente tecnico-economico ma anche altre importanti ricadute, come ad esempio:

1) combattere lo spopolamento di questo territorio, che viene abbandonato a favore delle aree di pianura maggiormente urbanizzate e industrializzate, migliorando al contempo la vivibilità del paese e del territorio circostante
2) creare opportunità di attività economiche in queste zone.

E'opportuno ricordare che avendo questo territorio le stesse opportunità energetiche della pianura nella logica dell'energia di flusso, un tale impianto valorizzerebbe enormemente il territorio. La zona montana, infatti, essendo meno densamente abitata e non dovendo sottrarre la superficie dedicata all'energia metabolica (quota destinata all'alimentazione), come nelle aree di pianura, può mettere a disposizione una grande area per l'intercettazione dell'energia rinnovabile (di origine fotosintetica, eolica, idrica). Ciò comporterebbe una migliore cura dei boschi per mantenerne l'efficienza fotosintetica e la sistemazione di tutto il territorio (strade, reti elettriche, sistemazione torrenti) con un aumento delle opportunità lavorative, una maggiore fruibilità del territorio e sostanzialmente il mantenimento dell'attuale densità abitativa.

Per l'impianto di teleriscaldamento di Pradielis è stata considerata anche l'ipotesi cogenerativa con l'utilizzo di un sistema di gassificazione. In questo caso l'utilità economica risulterebbe maggiore in quanto la produzione di energia elettrica migliora di molto il rendimento dell'intero progetto, che però risente di problematiche legate alla bassa evoluzione tecnologica di questi impianti ancora in fase di prototipo.

Il problema della tecnologia

Fino al giorno d'oggi, le applicazioni tecnologiche per la produzione di energia hanno seguito, a grandi linee, le regole inerenti la tipologia dell'energia fossile (figg. 1e 2):

- grandi centrali per la produzioni di energia elettrica (nucleari, termoelettriche a gas o a carburanti liquidi, gradi centrali idroelettriche o geotermiche):

- motori compatti a combustibili liquidi per il trasporto (ciclo otto, diesel e turbine).

In questo modo l'energia è facilmente trasportabile, frazionabile e regolabile con conseguente ottimizzazione dei rendimenti e della distribuzione, grazie alla sostanziale semplicità dei motori a combustione interna utilizzati per i trasporti.
La sempre maggiore richiesta di energia unita all'aumento dei costi dei prodotti petroliferi e alla certezza che le scorte di energia fossile tenderanno a diminuire, ha portato la ricerca di energia verso le fonti rinnovabili. Questa tipologia energetica ha delle caratteristiche diverse, che richiedono particolari strutture e soluzioni tecnologiche:

- sviluppo di piccoli impianti per biomasse di tipo termico e cogenerativo. Lo sviluppo tecnologico è stato molto limitato dalla prevalenza del combustibile fossile (infatti sono tecnologie più sviluppate al nord Europa dove la biomassa è più utilizzata). Mancano anche sistemi per l'accumulo di calore o energia per regolare le fluttuazioni del flusso del sole (notte, giorno, estate, inverno);
- sviluppo di un sistema di reti per il recupero (specie in montagna), il trasferimento e l'immagazzinamento dell'energia (ad esempio l'idrogeno);
- creazione di sistemi distribuiti sul territorio per l'utilizzo del calore (serre, piscine, ecc.).

In montagna per esempio, potrebbe essere economicamente e socialmente interessante costruire delle piccole reti di teleriscaldamento, alimentate da impianti cogenerativi, per alcuni borghi montani o per servire alcuni servizi dei paesi quali scuole, municipio, pronto soccorso, ecc. In questo caso, oltre a diminuire la dipendenza da fonti esterne (metano, gasolio o GPL), si consentirebbe anche il riutilizzo di risorse locali (bosco, potature), che potrebbe avviare un dibattito sociale per riaccorpare la superficie boschiva frammentata. Questo tipo di reti dovrebbero essere alimentate da centrali a cippato la cui tecnologia è ormai molto matura. D'altra parte la proposta di filiere legnose, di scarti (potature, residui colturali) o altre fonti da biomassa per alimentare impianti di una certa potenza (oltre 500 kWt), se adibiti al solo riscaldamento e all'acqua sanitaria, hanno dei costi di partenza tali da essere attualmente difficilmente ammortizzabili. Il costo della sola caldaia, infatti, e dell'impiantistica ancillare, generalmente è molto elevato e tale da rendere economicamente poco competitivo il confronto con le alternative a metano o a gasolio.
La scelta di fare cogenerazione su piccoli impianti (da 100 a 500 kWe), nasce dalla constatazione che essi possono essere adatti sia per realtà di piccoli comuni in montagna che per singole aziende artigianali o agricole. Il problema di fondo per questo tipo di impianti è che oggi non ci sono ancora tecnologie consolidate, perché fino a questo momento sono state poco appetibili economicamente. Infatti, mentre per impianti di grosse dimensioni si è raggiunto un forte progresso tecnologico, per queste piccole potenze le tecnologie utilizzabili sono essenzialmente tre:

- impianto a pirolisi e gassificazione con produzione di elettricità tramite motori endotermici;
- impianto cogenerativo con produzione di elettricità tramite turbine (ORC o microturbine);
- impianto cogenerativo a olio con motore endotermico.

Gli impianti a gassificazione attualmente in funzione in Italia hanno una potenza superiore ai 500 kWe. Non ci sono ancora sperimentazioni con esiti di tipo applicativo per i residui agricoli, o cereali, tra cui anche la granella di mais in impianti di bassa potenza (250-500 kWe).
Il Syngas prodotto da questi impianti presenta ancora dei problemi legati ad una sua ottimale pulizia prima di essere utilizzato. Le diverse tecnologie di filtrazione non riescono a rimuovere completamente

i residui carboniosi e i filtri da smaltire sono considerati rifiuti speciali. Il gas prodotto ha un potere calorifico basso (5 MJ/m^3) che generalmente va ad alimentare un motore a gas, che deve essere sovradimensionato per compensare il ridotto potere calorifico. A valle degli impianti di gassificazione sono comunque in prova altri tipi di utilizzo del gas basati su microturbine o motori Stirling. Queste due tecnologie hanno come caratteristica principale la combustione esterna e quindi il vantaggio di poter utilizzare direttamente i fumi di combustione di una caldaia o il syngas di un gassificatore.

Per impianti di taglia maggiore (500 – 1500 kWe) le tecnologie attualmente in uso, basate sulle caldaie a griglia mobile e turbine a vapore o ORC, sono già soddisfacenti. In questo caso il problema diventa la quantità elevata di biomassa necessaria per l'alimentazione dell'impianto, che non sempre è gestibile in sede locale o di singola azienda. Risulta quindi fondamentale studiare un filiera con un bacino agroforestale di una certa dimensione.

Considerazioni conclusive

Durante lo svolgimento del progetto Bioenergy si è osservato che spesso la strategia di realizzare grandi centrali poco si adatta alla realtà agroforestale del nostro territorio. Le nostre proposte di piccole centrali in pianura ed in montagna, hanno trovato varie difficoltà imputabili sia al sistema territoriale friulano (spopolamento delle aree di montagna, mancanza di piani di assestamento forestale, frammentazione fondiaria, mancanza di strade di accesso agli appezzamenti) che alla mancanza di tecnologie affermate (caldaie a mais sperimentali, difficoltà di tecnologie cogenerative con potenza inferiori ai 500 kWe, ecc.).

Dalle ricerche effettuate durante il progetto sulla tematiche delle biomasse è emerso quanto segue:

- l'importanza di effettuare degli studi e dei progetti di fattibilità per impianti di teleriscaldamento ed eventualmente di cogenerazione per capire dove è possibile realizzarli;
- in pianura è opportuno iniziare a mettere in funzione impianti che possono funzionare con vari tipi di biomasse (scarti di potatura, scarti legnosi, ecc.) anche non tradizionalmente utilizzate a questo scopo (mais, cereali);
- per tutte le utilizzazioni è opportuno monitorare i vari problemi che possono emergere. Per esempio la presenza di particolato nei fumi di combustione della biomassa o il problema delle ceneri basso fondenti nel mais;
- continuare la ricerca per il miglioramento delle tecnologie di trasformazione delle biomasse in energia (gassificazione, motori Stirling, ecc.);
- incrementare i sistemi di distribuzione a rete per veicolare l'energia (rete elettrica, calore, ecc.);
- creare dei sistemi di immagazzinamento dell'energia (o biomasse) per superare le disomogeneità ambientali (stagioni, notte, giorno, ecc.) che possono essere i silos per i cereali, le tettoie per il cippato, i bacini idrici per l'acqua, l'idrogeno per gli impianti eolici, ecc.

Più che una conclusione del progetto quindi, questo dovrebbe essere l'inizio di una nuova fase di ricerche nell'ambito delle energie rinnovabili perché c'è ancora molto da migliorare in questo settore.

Prof. Rino Gubiani

Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICO PER UN MOTORE ALIMENTATO AD OLIO VEGETALE

Rino Gubiani, Daniele Maroncelli, Daniele Dell'Antonia, Gianfranco Pergher

Premessa

L'utilizzo di fonti di energia alternativa è un'importante scelta di breve termine per ridurre gli impatti negativi dell'uso dei combustibili fossili. In particolare, tra le diverse tipologie, l'energia da biomassa rappresenta una delle fonti più interessanti in quanto diffusa su tutto il territorio nazionale e già ampiamente sperimentata con l'ausilio di tecnologie che attualmente risultano consolidate [3].
L'utilizzo delle biomasse vegetali per produzione di energia riduce il ricorso ai combustibili fossili tradizionali, presentando notevoli vantaggi ambientali ed economici fra cui:

- la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra;
- maggiore sicurezza negli approvvigionamenti di energia;
- minore costo rispetto ai derivati del petrolio;
- valorizzazione delle produzioni agricole locali;
- nuove opportunità di reddito per gli agricoltori.

Il comparto agricolo svolge un ruolo preponderante nella produzione di combustibili da biomassa in quanto è in grado di offrire un'ampia gamma di materiali che possono essere impiegati a fini energetici. In particolare i prodotti che stanno attirando l'interesse del settore agricolo dal punto di vista energetico sono le "colture dedicate", ossia delle coltivazioni destinate alla produzione di energia elettrica e/o termica. Tra le diverse opportunità offerte dal panorama agricolo sicuramente il colza si inserisce ai primi posti tra le specie erbacee oleaginose.
La versatilità nell'impiego di questa specie oleaginosa è data dalla sua adattabilità ambientale come viene riportato in uno studio condotto dall'ERSA del Friuli-Venezia Giulia sull'attitudine colturale del colza [12]. Tale coltura può vantare a suo favore il pregio di essere una specie a semina autunnale che non entra in competizione con le scelte colturali normalmente adottate dagli operatori agricoli locali. La convenienza economica della produzione del colza risulta inoltre legata alla bassa richiesta di fattori produttivi (concimi, diserbanti, ecc.) indispensabili per ottenere rese discrete. Come dimostra lo studio (fig. 1) la pianura friulana si è rivelata essere vocata alla coltivazione di tale specie. Dal punto di vista produttivo la coltura del colza consente di ottenere circa 0,9-1,0 t/ha di olio combustibile (Tabella), sotto forma di:

- olio vegetale puro, ottenuto dalla lavorazione dei semi per pressione e/o estrazione chimica e successiva raffinazione;
- biodiesel, ottenuto per transesterificazione, un processo nel quale l'olio vegetale viene fatto

Prof. GIANFRANCO PERGHER Professore Ordinario (pergher@uniud.it), Prof RINO GUBIANI Professore Associato (rino.gubiani@uniud.it), Dr DANIELE DELL'ANTONIA, Dottorando (daniele.dellantonia@uniud.it), Dr DANIELE MARONCELLI, Assegnista (daniele.maroncelli@uniud.it). Dipartimento di scienze agrarie e ambientali (DiSA), Università di Udine, Italia.

Questa ricerca è stata finanziata dalla regione Friuli Venezia Giulia (L.R. 11/2003). Progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali". Coordinatore del progetto: Prof. Pierluigi Bonfanti (Professore Ordinario DiSA)

reagire in presenza di un catalizzatore alcalino. Il prodotto finale che si ottiene è costituito da una miscela di alcuni metil esteri e non contiene zolfo e composti aromatici.

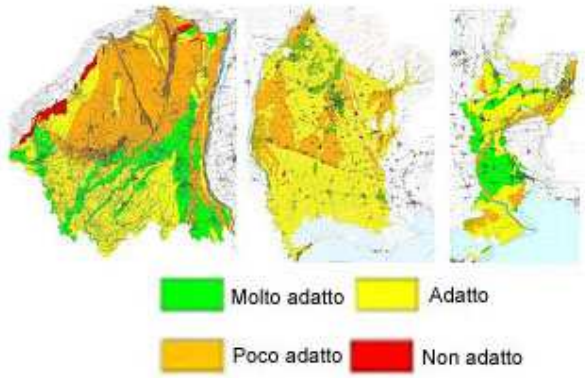


Figura 1 - Attitudine colturale del colza in provincia di Pordenone, Udine, Gorizia. (fonte ERSA)

Sia l'olio vegetale puro sia il biodiesel possono essere utilizzati come combustibili per autotrazione e riscaldamento, sia miscelati con gasolio che tal quali.

Coltura oleaginosa	Resa in semi (t/ha)	Resa in olio puro (t/ha)	Resa in biodiesel (t/ha)
Colza	3,0	1,0	0,9
Girasole	3,0	1,1	1,0

Tabella 1 - Resa di alcune colture oleaginose (fonte CETA).

L'impiego di oli vegetali come combustibile nei motori diesel non è certo un'idea nuova: lo stesso Rudolf Diesel sviluppò i primi motori utilizzando olio di arachidi o olio animale [14].

Dal conflitto mondiale ad oggi lo sviluppo tecnologico ha condotto ad un uso quasi esclusivo dei combustibili di origine fossile; inoltre i motori diesel sono stati migliorati enormemente, soprattutto per quanto riguarda il sistema di iniezione e quelli di controllo, a tal punto da diventare poco flessibili per l'utilizzo con carburanti diversi dal gasolio.

Nel corso degli anni, i combustibili di origine vegetale sono stati accantonati sia per l'alto costo produttivo, sia per la minore costanza qualitativa del prodotto. A questo si è aggiunta la politica di sviluppo dei paesi industrializzati basata sulla massimizzazione della produzione agricola e sui bassi costi del combustibile fossile.

L'olio vegetale presenta alcune limitazioni nell'utilizzo nei motori diesel a causa dell'elevata viscosità (Tabella 2), che incide sul sistema di alimentazione e di iniezione del motore: ciò comporta una minore polverizzazione nella camera di combustione, causando così una combustione più difficile che è associata alla formazione di residui. Questi possono andare ad inquinare l'olio motore e possono causare incrostazioni alle fasce elastiche dei pistoni riducendone la tenuta.

Gli oli vegetali possono derivare da processi di tipo meccanico oppure di tipo chimico: ciò che differenzia i prodotti raffinati da quelli grezzi è l'assenza di frazioni di composti che non garantiscono una combustione ottimale, provocando così il rilascio di residui solidi dannosi per il motore [2].

Tale inconveniente tecnologico è superabile mediante la trasformazione dell'olio in biodiesel al fine di abbassarne la viscosità a livelli simili a quelli del gasolio. Il biodiesel può essere così impiegato anche nei motori di ultima generazione [2], anche se prevalentemente in miscela al 20-30% con gasolio (l'impiego di biodiesel al 100% richiede comunque modifiche al motore).

Tuttavia, sia gli oli vegetali sia il biodiesel comportano difficoltà nel funzionamento a basse temperature, a causa dei punti di intorbidamento e di scorrimento più elevati, rispetto al gasolio (Tabella).

Gli oli vegetali puri sono maggiormente indicati per configurazioni motoristiche poco sofisticate come i motori agricoli o industriali e caratterizzate da un basso numero di giri quali i motori endotermici destinati alla produzione di energia elettrica e termica.

Per risolvere i problemi conseguenti all'uso di olio vegetale nei motori più sofisticati dal punto di vista tecnologico (quali ad esempio i common rail) è tuttavia possibile adottare alcune limitate modifiche,

consistenti essenzialmente nell'installazione di un circuito di preriscaldamento dell'olio, in modo tale da ridurne la viscosità, e di un doppio circuito di alimentazione del combustibile, in modo da consentire l'avviamento e il funzionamento a freddo con gasolio [5].

Caratteristiche	Olio di mais	Olio di palma	Olio di arachide	Olio di colza	Olio di girasole alto oleico	Olio di soia	Olio di girasole	Gasolio	Biodiesel
Viscosità (cSt)	34,09	42-43	39,06	37	41,02	28,5-32,6	37,1	2,7	5,1 (a 20 ℃)
Numero di Iodio	103 -140	35-61	80-106	94-120	90-100	117-143	110-143	-	108,7
Numero di Cetano	37,06	38-42	39-41,8	32-37,6	49,01	36-39	37	47	56
PCS (MJ/kg)	39,5	38,9-39,2	39,8	39,7	39,5	39,6	39,6	45,3	-
PCI (MJ/kg)	-	36,05	36,07	37,04	-	36,08	-	-	37
P. di intorbidamento (℃)	-1,1	-	12,08	-3,9	-12,2	-3,9	7,02	-15,0	-2
P. di scorrimento (℃)	-40,0	-	-6,7	-31,7	-20,6	-12,2	-15,0	-33,0	-9
P, di infiammabilità (℃) [**Flash Point]**	277	290	271	246	293	254	274	52	160

Tabella 2 - Caratteristiche chimiche fisiche degli oli vegetali puri e del biodiesel (fonte CTI [7] e CETA [13]).

In relazione a quanto finora affermato, le filiere agro energetiche che si basano sul colza sono caratterizzate da una differente complessità e permettono all'agricoltore di esprimere la propria imprenditorialità in funzione della tipologia di prodotto energetico ottenuto.

L'agricoltore può seguire diverse strade:

- limitarsi ad entrare nel settore aderendo ad accordi di filiera e produrre la materia prima (i semi) da destinare alla trasformazione industriale;
- effettuare una prima trasformazione per la produzione di olio grezzo da conferire all'industria del biodiesel, e di panello grasso da destinare all'alimentazione del bestiame;
- procedere alla trasformazione dell'olio in energia elettrica mediante l'utilizzo dello stesso in un motore endotermico, affermando così un'imprenditoria sempre più spinta verso il settore agro-energetico.

In particolare uno degli aspetti interessanti della produzione di energia elettrica è la possibilità di inserire questi sistemi all'interno della filiera agricola che comprende tre momenti produttivi diversi: la produzione di semi, l'estrazione dell'olio vegetale e l'utilizzo dell'olio nei generatori per la produzione di energia.

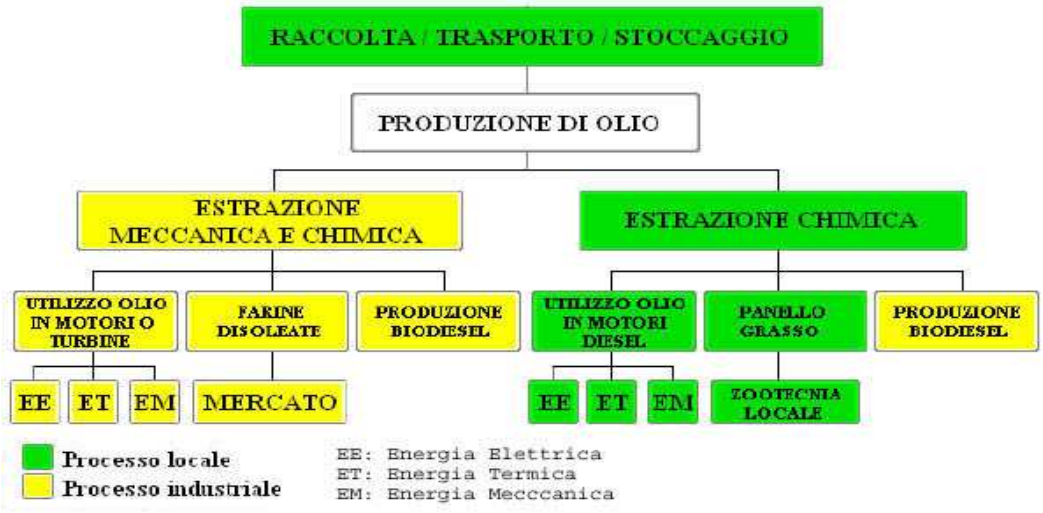


Figura 1 – Schema delle potenziali filiere del colza.

Analisi delle due ipotesi cogenerative

L'introduzione del meccanismo di incentivazione delle fonti energetiche rinnovabili (Direttiva 2001/77/CE e Direttiva 2004/8/CE) può rendere possibile lo sviluppo sul territorio nazionale di tutta una serie di impianti in grado di produrre energia elettrica attraverso questa tipologia di combustibile. Allo scopo è stato effettuato uno studio al fine di proporre delle soluzioni alle aziende. In relazione al panorama agricolo regionale sono state individuate due diverse soluzioni progettuali:

soluzione A: un gruppo cogenerativo di 50 kW elettrici, alimentato a olio di colza, adatto per produrre energia elettrica da cedere alla rete, con un investimento iniziale relativamente limitato;

soluzione B: un gruppo cogenerativo di 420 kWe adatto per essere installato in una struttura consortile che riunisce più aziende agricole. Il calore prodotto dal gruppo cogenerativo può essere convenientemente ceduto a terzi, come ad esempio industrie alimentari, latterie o altri complessi.

Soluzione A

Questa configurazione progettuale prevede la pressatura dei semi mediante una spremitrice a freddo della ditta Bracco s.r.l.

La macchina spremitrice " COTER S. 205-100-80" si compone di:

- una tramoggia di alimentazione con volume di 57 litri, dotata di un caricatore a coclea interna, comandato da un motoriduttore;
- una struttura in fusione di ghisa sferoidale, contenente il gruppo di comando con ingranaggi elicoidali temperati rettificati, montati su alberi con cuscinetti a rulli, il tutto in bagno d'olio;
- un albero a spirali estrattive frangitrici, costruito in acciaio legato ad alta resistenza, temperato rettificato, montato su cuscinetti a rulli di grosse dimensioni, con i relativi comandi per la registrazione del grado di spremitura, regolabile in continuo a macchina funzionante;
- un basamento in profilati di acciaio, dove è montata la pressa spremitrice, il motore di comando, il filtro a piastre, la vasca di raccolta olio;
- quadro elettrico con teleruttori salvamotori, termostati di regolazione delle temperature e attacchi per le resistenze elettriche.

Tale attrezzatura permette la pressatura a freddo mediante 4 teste di spremitura con una capacità di lavoro di circa 350 kg/h di semi.

La resa in olio, in relazione alle caratteristiche tecniche garantite dalla casa produttrice, è pari al 37%.

La configurazione progettuale prevede la produzione di energia elettrica mediante un gruppo motore - generatore della ditta MWM modello D229-6 da 58 kW diesel a 4 tempi, 6 cilindri a iniezione diretta. Il consumo specifico stimato è pari a 0,27 kg/kW.

alimentazione	tipo	diesel 4 tempi
iniezione	tipo	diretta
aspirazione	tipo	NA
cilindri	n°+disp.	6L
alesaggio x corsa	mm.	102x120
cilindrata	litri	5,88
raffreddamento	tipo	liquido
impianto elettrico	V.	12
massima potenza per genset 50 Hz. per genset 60 Hz.	kW/rpm kW/rpm kW/rpm	81/2500 61/1500 73/1800

Figura 2 - Caratteristiche tecniche del motore

Il generatore elettrico, istallato di serie dalla ditta fornitrice dell'impianto, è garantito per una potenza in continuo di 50 kW. Tale potenza permette l'allacciamento alla rete elettrica nazionale in bassa tensione (Delibera dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il gas n°89/07).

Per tale soluzione non è stato analizzato l'eventuale profitto ricavabile dalla vendita dell'energia termica in quanto i benefici economici non sono tali da giustificare i costi di messa in opera dell'impianto.

Ipotizzando un impiego annuo di 7.000 ore, si prevede un consumo di semi di colza pari a 255 t/anno e una produzione elettrica di 350 MWh/anno.

In seguito sono stati calcolati i costi di gestione annui e sono state effettuate 4 diverse ipotesi in relazione al prezzo d'acquisto considerato (tab. 6).

FABBISOGNO ANNUO COMBUSTIBILE VEGETALE			
Consumo motore endotermico (kg/MWh)	Energia elettrica prodotta * (MWh/anno)	Olio totale (t/anno)	Quantità Semi totale (t)
270	350	**94,5**	**255**

Si ipotizza un utilizzo annuo di 7.000 ore

Tabella 3 - Fabbisogno annuo di semi e olio di colza

Visto che nell'ultimo periodo il prezzo dei prodotti oleaginosi ha subito delle forti fluttuazioni sul mercato internazionale, sono state considerate 4 differenti soluzioni per verificare il ritorno dell'investimento finale a partire da 250 €/t fino a 400 €/t.

Successivamente sono stati analizzati i costi di manutenzione programmata del motore e dell'impianto di spremitura e i costi delle accise. L'impianto che si intende realizzare può beneficiare delle agevolazioni per quanto attiene alla produzione di energia da combustibili prodotti con fonti rinnovabili. Infatti in relazione al protocollo 8025, circolare n. 37/D, 28 dicembre 2007 in merito agli "oli vegetali non modificati chimicamente" può essere riconosciuto il trattamento agevolativo previsto dal punto 11. Questo significa che per gli oli non modificati chimicamente utilizzati per la produzione di energia l'accisa è di 0,01272601 €/l, anziché 0,423 €/l, accisa a cui è soggetto il gasolio e tutti gli oli modificati e non, che vengono utilizzati per autotrazione.

Nella Tabella 4 vengono poi descritti i costi iniziali che devono essere sostenuti, mentre nella Tabella 5 sono riportati i ricavi annui per la vendita di energia elettrica ceduta alla rete.

COSTI INIZIALI			
Costo Motore a olio (€)	Impianto Spremitura	Spese generali, tecniche e imprevisti (10%)	**TOTALE**
90.000	30.000	9.000	**129.000**

Tabella 4 - Costi d'investimento

ENERGIA ELETTRICA POTENZIALE				
Ore di funzionamento annue	Potenza caldaia (kW)	Produzione di energia (kWh)	Prezzo (€/kWh)	**Ricavo Totale (€)**
7.000	50	350.000	0,30	**105.000**

Tabella 5 - Ricavi annui dalla vendita di energia

Per valorizzare al meglio le produzioni della filiera è necessario il recupero dei sottoprodotti, in particolare il panello derivante dall'estrazione da destinare all'industria mangimistica.

VENDITA DEL PANELLO				
Produzione semi (t)	% di panello estraibile (t)	Quantità di panello estraibile (t)	Prezzo del panello (€/t)	**Ricavo Totale (€)**
255	50	128	150	**19.155**

Tabella 6 - Ricavo annuo dalla vendita del panello di colza.

COSTI FISSI DI GESTIONE ANNUALI									
COSTO SEMI COLZA			ACCISA			COSTI GESTIONE (€)			
Prezzo (€)	Quantità semi totale (t)	**Costo Totale (€)**	Olio prodotto (t)	Importo (€/t)	**Costo Totale (€)**	Costo manutenzione motore a olio*	Costo manutenzione impianto di spremitura**	Costo manodopera gestione impianto***	**Costo Totale (€)**
250	255	**63.851**	95	13,908	**1.314**	9.100	2.554	8.000	**19.654**
300	255	**76.622**	95	13,908	**1.314**	9.100	2.554	8.000	**19.654**
350	255	**89.392**	95	13,908	**1.314**	9.100	2.554	8.000	**19.654**
400	255	**102.162**	95	13,908	**1.314**	9.100	2.554	8.000	**19.654**
* Costo di gestione richiesto dalla ditta che garantisce il motore di 2,5 c€/kWhe									
**Costo di gestione richiesto dalla ditta che fornisce l'impianto di 10 €/t di olio									
*** Costo calcolato in relazione alle ore da impiegare per le operazioni di trasformazione dei semi									

Tabella 7 - Costi di gestione annuali

Infine dalla Tabella 8 si può ricavare l'utile annuo ottenibile mediante questa configurazione tecnologica: come si può apprezzare questo parametro varia fortemente il funzione del prezzo di acquisto dei semi.

In conclusione si procede secondo criteri economici attraverso lo studio dei profili di cassa e in particolare del Valore Attuale Netto, (VAN), ossia l'accumulazione dei benefici netti al momento zero.

BILANCIO ANNUO VENDITA DI ENERGIA ELETTRICA E DEL PANELLO				
	COSTO INVESTIMENTO (€)	COSTII ANNUI (€)	RICAVI ANNUI (€)	UTILE ANNUO (€)
A	129.000	84.820	124.155	39.336
B	129.000	97.590	124.155	26.565
C	129.000	110.360	124.155	13.795
D	129.000	123.131	124.155	1.025

Tabella 8 - Bilancio Annuo

Tale criterio viene adottato quando si vuole sapere se il profitto ottenibile complessivamente dal progetto è positivo, nullo o negativo.

$$\mathrm{VAN} = -C_o + \sum_{k=1}^{n} \frac{C_k}{(1+r_w)^k}$$ dove:

k: scadenze temporali;

Ck: flusso finanziario (positivo o negativo) al tempo k;

rw: costo del finanziamento;

$\frac{1}{(1+r_w)^k}$: fattore di attualizzazione al tempo k

Per l'analisi finanziaria è stato adottato un tasso di interesse dell'investimento pari al costo del finanziamento: è stato impiegato il tasso che al momento attuale viene riconosciuto dagli istituti di credito ossia 5,5%.

A fronte di un investimento di 129.000 euro si ha un tempo di ritorno (TR), che corrisponde all'intersezione tra la curva e l'asse delle ascisse, che varia dai 4 agli 8 anni.

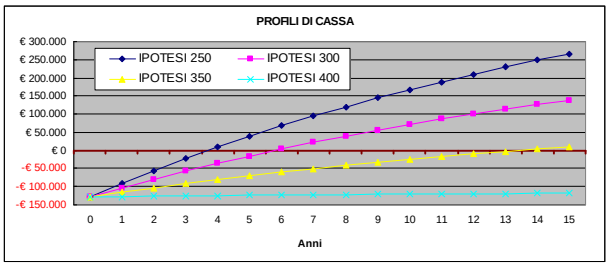


Figura 3 – Profilo di cassa

Il VAN di un progetto e di conseguenza il giudizio di convenienza è legato a diverse variabili e in particolare al tasso d'interesse. Poiché la scelta di quest'ultimo può modificare in modo significativo la decisione finale sull'investimento è stata eseguita l'analisi della sensibilità con il fine ultimo di individuare i campi di variazione del tasso entro il quale il giudizio di convenienza non si inverte. Come si può vedere in Figura 4, il VAN diminuisce all'aumentare di "i" e il campo di variazione massimo entro il quale l'investimento è conveniente è dato dal punto di intercetta tra la curva e l'asse delle ascisse.

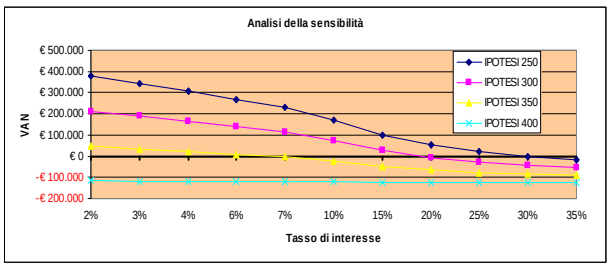


Figura 4 - Analisi della sensibilità

Infine è stato effettuato il calcolo del VAN con le modalità precedenti nel caso in cui l'azienda agricola possa accedere ad un contributo: infatti in considerazione di ciò, la misura 121 del Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013 è stata ritenuta la più idonea e riguarda l'ammodernamento delle aziende

agricole per la produzione e cessione dell'energia da fonti rinnovabili. Sono finanziabili gli interventi che prevedono l'acquisto e l'istallazione di attrezzature e macchinari per l'ottenimento di energia da fonti rinnovabili. Tale forma di incentivazione prevede un aiuto in conto capitale che potrà ammontare secondo i limiti percentuali massimi al 40% dell'intero investimento (vedi Tabella 10).

PROFILI DI CASSA				
Anno	**IPOTESI 250**	**IPOTESI 300**	**IPOTESI 350**	**IPOTESI 400**
0	-€ 129.000,00	-€ 129.000,00	-€ 129.000,00	-€ 129.000
1	-€ 91.715,00	-€ 103.819,52	-€ 115.924,04	-€ 128.029
2	-€ 56.373,77	-€ 79.951,77	-€ 103.529,77	-€ 127.108
3	-€ 22.874,97	-€ 57.328,31	-€ 91.781,65	-€ 126.235
4	€ 8.877,44	-€ 35.884,27	-€ 80.645,98	-€ 125.408
5	€ 38.974,52	-€ 15.558,17	-€ 70.090,85	-€ 124.624
6	€ 67.502,55	€ 3.708,28	-€ 60.085,99	-€ 123.880
7	€ 94.543,34	€ 21.970,32	-€ 50.602,71	-€ 123.176
8	€ 120.174,43	€ 39.280,31	-€ 41.613,81	-€ 122.508
9	€ 144.469,29	€ 55.687,88	-€ 33.093,54	-€ 121.875
10	€ 167.497,60	€ 71.240,08	-€ 25.017,44	-€ 121.275
11	€ 189.325,37	€ 85.981,50	-€ 17.362,38	-€ 120.706
12	€ 210.015,21	€ 99.954,41	-€ 10.106,39	-€ 120.167
13	€ 229.626,43	€ 113.198,88	-€ 3.228,68	-€ 119.656
14	€ 248.215,27	€ 125.752,87	€ 3.290,48	-€ 119.172
15	€ 265.835,02	€ 137.652,39	€ 9.469,77	-€ 118.713

Tabella 9 - Calcolo dei profili di cassa in assenza del contributo

BENEFICIARI	**Progetti integrati**	**Approcci collettivi**	**Progetti singoli**
Giovani in zone di cui art. 36 lett. a), punti i), ii) (Allegato 2)e iii) del regolamento (CE) 1698/2005 (Zone Natura 2000 dell'Allegato 4)	60%	55%	50%
Altri imprenditori in zone di cui art. 36 lett. a), punti i), ii) (Allegato 2) e iii) del regolamento (CE) 1698/2005 (Zone Natura 2000 dell'Allegato 4)	50%	45%	40%
Giovani in altre zone	50%	45%	40%
Altri imprenditori in altre zone	40%	35%	30%

Tabella 10 - Limiti percentuali massimi per l'aiuto in conto capitale

Totale investimento	129.000
Contributo PSR - Misura 121 – (40%)	51.600
Totale investimento considerando il contributo	**77.400**

Tabella 11 - Contributo fornito dal PSR

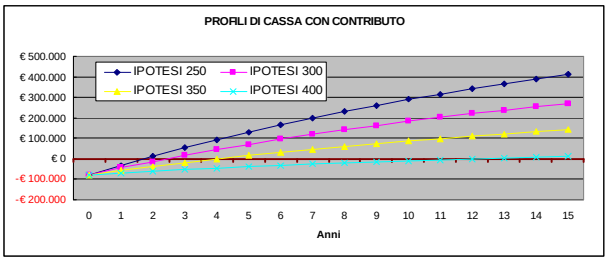


Figura 5 – Profili di cassa con il contributo

Come sopra è stata eseguita l'analisi della sensibilità per individuare il tasso massimo entro il quale l'investimento è conveniente.

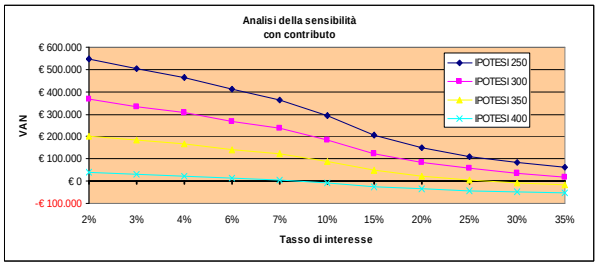


Figura 6 - Analisi della sensibilità

PROFILI DI CASSA				
Anno	**IPOTESI 250**	**IPOTESI 300**	**IPOTESI 350**	**IPOTESI 400**
0	-€ 129.000,00	-€ 129.000,00	-€ 129.000,00	-€ 129.000
1	-€ 82.886,26	-€ 96.236,58	-€ 108.341,11	-€ 120.446
2	-€ 39.176,55	-€ 65.181,21	-€ 88.759,21	-€ 112.337
3	€ 2.254,46	-€ 35.744,84	-€ 70.198,18	-€ 104.652
4	€ 41.525,55	-€ 7.843,07	-€ 52.604,78	-€ 97.366
5	€ 78.749,34	€ 18.604,11	-€ 35.928,58	-€ 90.461
6	€ 114.032,55	€ 43.672,52	-€ 20.121,75	-€ 83.916
7	€ 147.476,35	€ 67.434,05	-€ 5.138,97	-€ 77.712
8	€ 179.176,64	€ 89.956,83	€ 9.062,71	-€ 71.831
9	€ 209.224,30	€ 111.305,44	€ 22.524,03	-€ 66.257
10	€ 237.705,50	€ 131.541,08	€ 35.283,56	-€ 60.974
11	€ 264.701,89	€ 150.721,79	€ 47.377,91	-€ 55.966
12	€ 290.290,89	€ 168.902,55	€ 58.841,75	-€ 51.219
13	€ 314.545,87	€ 186.135,50	€ 69.707,95	-€ 46.720
14	€ 337.536,37	€ 202.470,05	€ 80.007,66	-€ 42.455
15	€ 359.328,31	€ 217.953,04	€ 89.770,42	-€ 38.412

Tabella 12 - Calcolo dei PROFILI DI CASSA con il contributo

Soluzione B

Questa configurazione progettuale prevede la pressatura dei semi mediante un gruppo di pulitura-spremitura-filtrazione della ditta “Bracco s.r.l.”

La macchina spremitrice “Coter 110-250” si compone di 4 macchine spremitrici multi testa con scarto dello scarico pellettato in grado di lavorare 1-3 ton di semi all’ora.

L’impianto cogenerativo è stato progettato per essere installato in un complesso industriale e/o alimentare: esso prevede l’erogazione di energia elettrica in rete e la fornitura di calore sotto forma di vapore.

Per l’utilizzo dell’olio vegetale come combustibile è stato adottato un sistema di alimentazione a doppio circuito. Tale soluzione prevede:

- l’introduzione di un serbatoio aggiuntivo a gasolio;
- un sistema a serpentina che permette l’impiego del calore di cogenerazione per il riscaldamento del serbatoio di stoccaggio dell’olio.

Tale soluzione garantisce una diminuzione significativa della viscosità dell’olio e ne consente l’impiego.

L’avviamento del motore avviene utilizzando il gasolio; quando l’olio, grazie al calore proveniente dal motore, ha raggiunto una temperatura sufficientemente elevata e, quindi, una viscosità ridotta, viene impiegato come combustibile.

La cogenerazione consiste nel recupero del calore proveniente:

- dall’acqua di raffreddamento del motore, con uno scambiatore a piastre per il raffreddamento della base del motore e dell’aria dell’intercooler;
- dai fumi di scarico con uno scambiatore a fascio tubiero.

Un sistema di controllo integrato gestisce la logica di funzionamento, l’erogazione dell’energia alla rete e le eventuali anomalie.

FABBISOGNO ANNUO COMBUSTIBILE VEGETALE			
Consumo motore endotermico (kg/MWh)	Energia elettrica prodotta * (MWh/anno)	Olio totale (t/anno)	Quantità semi totale (t)
230	2.800	644	**1.741**

Tabella 13 - Fabbisogno annuo di semi e olio di colza

Il motore Diesel ha una potenza di 420 kWe continui (modello MAN D2842 LE202 a 1.500 giri/min), modificato per il funzionamento ad olio vegetale, accoppiato ad alternatore sincrono da 570 kVA (trifase 400 V, 50 Hz).

Nelle altre tabelle (12, 13, 14 e 15) si sono eseguite le procedure della soluzione A.

COSTI FISSI DI GESTIONE ANNUALI									
COSTO SEMI COLZA min			ACCISA			COSTI GESTIONE (€)			
Prezzo (€)	Quantità semi totale (t)	**Costo Totale (€)**	Olio prodotto (t)	Importo (€/t)	**Costo Totale (€)**	Costo manutenzione motore a olio*	Costo manutenzione impianto di spremitura**	Costo manodopera gestione impianto	**Costo Totale (€)**
300	1.741	**522.162**	644	13,908	**8.957**	72.800	17.405	24.000	**114.205**
400	1.741	**696.216**	644	13,908	**8.957**	72.800	17.405	24.000	**114.205**
450	1.741	**783.243**	644	13,908	**8.957**	72.800	17.405	24.000	**114.205**
500	1.741	**870.270**	644	13,908	**8.957**	72.800	17.405	24.000	**114.205**
* Costo di gestione richiesto dalla ditta che garantisce il motore di 2,5 c€/kWhe									
**Costo di gestione richiesto dalla ditta che fornisce l'impianto di 10 €/t di olio									

Tabella 14 - Costi di gestione annuali

COSTI INIZIALI						
Costo Motore a olio (€)	Impianto Spremitura + gruppo di filtrazione/ decantazione	Costo delle tubazioni teleriscaldamento***	Costo Allacciamento rete ELETTRICA	Costo Allacciamento rete TERMICA	Spese generali, tecniche e imprevisti (10%)	**TOTALE**
382.000	200.000	50.000	10.000	3.000	38.200	**683.200**
***Se si ipotizza un costo di 400€/m e una distanza di ca 120 m						

Tabella 15 – Costi d'investimento

ENERGIA ELETTRICA POTENZIALE						
	Ore di funzionamento annue	Potenza caldaia (MW)	PRODUZIONE DI ENERGIA (kWh)	Prezzo (€/kWh)	Ricavo Totale (€)	**Totale (€)**
ELETTRICO	7.000	0,42	2.940.000	0,30	882.000	**882.000**
TERMICO	7.000	0,45	3.150.000	0,050	157.500	**157.500**

Tabella 16 - Ricavi annui dalla vendita di energia

VENDITA DEL PANELLO					
	produzione semi (t)	Percentuale di panello estraibile (t)	Quantità di panello estraibile (t)	Prezzo del panello (€/t)	**Ricavo Totale (€)**
valori	1.741	50	870	140	**121.838**

Tabella 17 Ricavo annuo dalla vendita del panello di colza

In tabella 19 vengono illustrati i profili di cassa e il VAN per la soluzione progettuale B: il tempo di ritorno dell'investimento varia da 1 ai 5 anni in relazione al prezzo d'acquisto considerato. Come detto precedentemente per l'analisi finanziaria è stato impiegato il criterio del costo del finanziamento che consiste nell'adozione del tasso di interesse che rappresenta il costo del finanziamento per l'impresa che lo realizzerà. Anche in questo caso è stato impiegato il tasso del 5,5%.

BILANCIO ANNUO VENDITA DI ENERGIA ELETTRICA E DEL PANELLO								
COSTO SEMI COLZA (€)	ACCISA (€)	COSTI GESTIONE (€)	COSTII ANNUI (€)	VENDITA ENERGIA TERMICA (€)	VENDITA PANELLO (€)	VENDITA ENERGIA ELETTRICA (€)	RICAVI ANNUI (€)	**UTILE ANNUO (€)**
522.162	8.957	114.205	645.324	157.500	121.838	882.000	1.161.338	**516.013**
696.216	8.957	114.205	819.379	157.500	121.838	882.000	1.161.338	**341.959**
783.243	8.957	114.205	906.406	157.500	121.838	882.000	1.161.338	**254.932**
870.270	8.957	114.205	993.433	157.500	121.838	882.000	1.161.338	**167.905**

Tabella 18 - Bilancio Annuo

Anno	IPOTESI 300	IPOTESI 400	IPOTESI 450	IPOTESI 500
0	-€ 683.200,00	-€ 683.200,00	-€ 683.200,00	-€ 683.200,00
1	-€ 194.087,79	-€ 359.067,93	-€ 441.558,01	-€ 524.048,08
2	€ 269.525,68	-€ 51.833,75	-€ 212.513,46	-€ 373.193,18
3	€ 708.969,73	€ 239.383,49	€ 4.590,37	-€ 230.202,75
4	€ 1.125.504,38	€ 515.418,79	€ 210.375,99	-€ 94.666,80
5	€ 1.520.323,95	€ 777.063,62	€ 405.433,46	€ 33.803,30
6	€ 1.894.560,50	€ 1.025.068,20	€ 590.322,05	€ 155.575,90
7	€ 2.249.287,10	€ 1.260.143,63	€ 765.571,90	€ 271.000,16
8	€ 2.585.520,84	€ 1.482.963,94	€ 931.685,50	€ 380.407,05
9	€ 2.904.225,80	€ 1.694.168,03	€ 1.089.139,15	€ 484.110,27
10	€ 3.206.315,82	€ 1.894.361,48	€ 1.238.384,32	€ 582.407,15
11	€ 3.492.657,06	€ 2.084.118,31	€ 1.379.848,93	€ 675.579,55
12	€ 3.764.070,56	€ 2.263.982,59	€ 1.513.938,61	€ 763.894,62
13	€ 4.021.334,55	€ 2.434.470,07	€ 1.641.037,83	€ 847.605,59
14	€ 4.265.186,67	€ 2.596.069,57	€ 1.761.511,03	€ 926.952,48
15	€ 4.496.326,12	€ 2.749.244,46	€ 1.875.703,63	€ 1.002.162,80

Tabella 19 - Calcolo dei profili di cassa

Anno	IPOTESI 300	IPOTESI 400	IPOTESI 450	IPOTESI 500
0	-€ 409.920,00	-€ 409.920,00	-€ 409.920,00	-€ 409.920,00
1	€ 79.192,21	-€ 85.787,93	-€ 168.278,01	-€ 250.768,08
2	€ 542.805,68	€ 221.446,25	€ 60.766,54	-€ 99.913,18
3	€ 982.249,73	€ 512.663,49	€ 277.870,37	€ 43.077,25
4	€ 1.398.784,38	€ 788.698,79	€ 483.655,99	€ 178.613,20
5	€ 1.793.603,95	€ 1.050.343,62	€ 678.713,46	€ 307.083,30
6	€ 2.167.840,50	€ 1.298.348,20	€ 863.602,05	€ 428.855,90
7	€ 2.522.567,10	€ 1.533.423,63	€ 1.038.851,90	€ 544.280,16
8	€ 2.858.800,84	€ 1.756.243,94	€ 1.204.965,50	€ 653.687,05
9	€ 3.177.505,80	€ 1.967.448,03	€ 1.362.419,15	€ 757.390,27
10	€ 3.479.595,82	€ 2.167.641,48	€ 1.511.664,32	€ 855.687,15
11	€ 3.765.937,06	€ 2.357.398,31	€ 1.653.128,93	€ 948.859,55
12	€ 4.037.350,56	€ 2.537.262,59	€ 1.787.218,61	€ 1.037.174,62
13	€ 4.294.614,55	€ 2.707.750,07	€ 1.914.317,83	€ 1.120.885,59
14	€ 4.538.466,67	€ 2.869.349,57	€ 2.034.791,03	€ 1.200.232,48
15	€ 4.769.606,12	€ 3.022.524,46	€ 2.148.983,63	€ 1.275.442,80

Tabella 20 – Calcolo dei Profili di cassa con il contributo del PSR

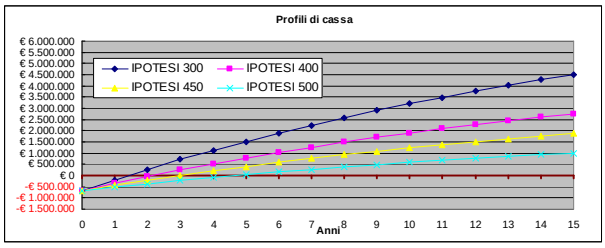


Figura 7 – Profili di cassa

Infine è stato effettuato il calcolo del VAN nel caso in cui l'azienda agricola possa accedere al contributo in conto capitale previsto dalla misura 121 del PSR 2007-2013 pari al 40% dell'investimento.

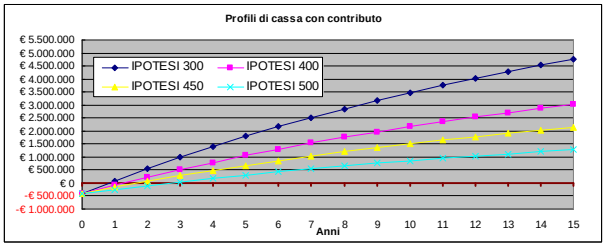


Figura 8 - VAN con il contributo del PSR

Conclusioni

Le problematiche affrontate nella valutazione delle due soluzioni progettuali hanno evidenziato diversi aspetti tecnologici e strategici che possono condizionare l'avvio di questo tipo di attività. È però credibile che in futuro, le imprese agricole possano indirizzarsi verso la coltivazione di biomasse che conferiscono una visione multifunzionale dell'agricoltura volta non solo alla produzione ma anche alla tutela e valorizzazione del territorio. Oltre ai vantaggi di tipo economico, si può ipotizzare anche una positiva ricaduta sul tessuto economico locale, in quanto viene offerta alle aziende agricole la possibilità di una produzione differenziata che permetta di fronteggiare il calo costante dei margini di guadagno offerti dalle colture tradizionali.

Tutto ciò richiede uno spirito imprenditoriale nuovo che presuppone una buona professionalità e una propensione ad investire in attività non convenzionali quali la produzione di energia. Si deve quindi considerare che per la produzione di tale combustibile è necessario un investimento "culturale", ossia tutta una serie di conoscenze che attualmente appartengono solo in minima parte al bagaglio culturale degli agricoltori locali.

Sulla base delle considerazioni agronomiche ed economiche e sul quelle relative alle ipotesi cogenerative possiamo osservare che il colza si dimostra interessante per essere inserito nelle rotazioni colturali delle aziende agricole friulane.

Lo studio ha evidenziato come l'adozione di un motore cogenerativo da 50 kW nella realtà aziendale risulta conveniente sul piano economico in 2 della 4 ipotesi proposte in quanto è stato stimato un tempo di ritorno dell'investimento che varia dai 3 ai 9 anni con un utile annuo variabile dai 13.000 agli oltre 39.000 €. Nel caso in cui il prezzo di acquisto della materia prima superi i 300 €/t l'investimento non si dimostra conveniente.

Se invece si considera una realtà più grande quale ad esempio potrebbe essere quella consorziale, i tempi di ritorno si attestano da 1 a 5 anni e un utile annuo che da poco più di 116.000 € può superare la soglia dei 500.000 € anche nel caso in cui il prezzo di mercato dei semi lieviti sensibilmente. In relazione a ciò è intuibile che per migliorare il guadagno complessivo annuo e ottimizzare gli investimenti è consigliabile ampliare la base produttiva. Infatti dallo studio risulta chiaro che l'aggregazione di più aziende permette la lavorazione di una maggiore quantità di biomassa, realizzando così efficaci economie di scala.

In conclusione l'interesse a trovare strategie e soluzioni che conservino il valore aggiunto del prodotto finale in ambito agricolo, aggiungendo alla produzione di materia prima anche la lavorazione, è sicuramente un ottimo strumento per l'arricchimento di una nuova tipologia di azienda agricola, multifunzionale, altamente professionale e attenta alle problematiche energetiche.

Bibliografia

[1] *R. Jodice, E. Tomasinsig. Energia dalle biomasse- le tecnologie, i vantaggi per i processi produttivi, i valori economici e ambientali. 2006.*

[2] *G. Santamaria, M. Pin. Produzione ed utilizzo di oli vegetali e biodiesel a scopi energetici in Friuli Venezia Giulia. 2007.*

[3] *Commissione Europea 2006 the agricoltural situation in the UE. 2004 report.*

[4] *R. Giovanardi. Aspetti agronomici ed ambientali delle colture energetiche. 2006, Seminario Villa Carinzia Pordenone.*

[5] *G. Toscaso, E.Maldini. Analysis of the physical and chemical characteristics of vegetable oils as fuel. J. of Ag. Eng. (2007), 3, 39-47.*

[6] *Macor. Oli grezzi e cogenerazione, un binomio remunerativo. L'informatore agrario (2007), 37, 45-48.*

[7] *www.cti2000.it*

[8] *http://ec.europa.eu/eurostat*

[9] *www.istat.it*

[10] *ISMEA - Indice dei prezzi all'origine dei semi oleosi*

[11] *www.ersa.fvg.it*

[12] *M. Pin, G. Michelutti. L'attitudine della pianura, delle colline e delle morene del Friuli Venezia Giulia per la coltivazione del girasole e del colza. 2007.*

[13] *AA.VV. I Biocarburanti. Le filiere produttive, le tecnologie, i vantaggi ambientali e le prospettive di diffusione. 2007.*

[14] *W. Korbitz. Biodiesel production in Europe and North America, an encouraging prospect. Renewable Energy 16 (1999) 1078-1083.*

STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN IMPIANTO TERMICO A BIOMASSA NEL CENTRO POLIFUNZIONALE PER L'ASSISTENZA E RESIDENZA DEGLI ANZIANI DEL COMUNE DI MORTEGLIANO

Rino Gubiani, Daniele Maroncelli, Daniele Dell'Antonia

Premessa

Il presente elaborato nasce dalla proposta dell'assessorato alle politiche agricole del comune di Mortegliano (UD) in collaborazione con l'Università degli Studi di Udine per una valorizzazione energetica delle biomasse con l'intento di limitare l'impiego di combustibili fossili. I pregi delle biomasse rispetto alle fonti di origine fossile sono numerosi e naturalmente variano in funzione dei sistemi e delle tecnologie impiegati. In particolare negli ultimi anni è stata posta attenzione soprattutto all'utilizzo di biomasse per la conversione in energia termica utile per il riscaldamento civile e industriale.

Da questi presupposti è nata la spinta propositiva per questo progetto che si propone diversi obbiettivi:

- riduzione dei costi annui legati all'acquisto di input energetici e limitazione della dipendenza da fonti fossili, caratterizzate da un mercato molto instabile;
- riduzione delle emissioni di inquinanti: l'impiego delle biomasse rappresentano uno dei punti chiave per la diminuzione delle emissioni dei gas a effetto serra;
- creazione di una filiera energetica locale, ossia una stretta interdipendenza tra la produzione di colture destinate a fini energetici e l'utilizzo di queste in loco come combustibile.

Questi i punti chiave su cui si è incentrato lo studio con il fine ultimo di creare delle nuove opportunità lavorative per le aziende agricole, a sostegno delle produzioni con finalità alimentari.

Negli ultimi anni le caldaie a biomassa hanno subito una notevole evoluzione tecnica che ha permesso l'impiego di combustibili legnosi di vario genere come ad esempio il mais, il miscanto e i sottoprodotti derivanti dalle operazioni di potatura dei frutteti e dei vigneti. Tali fonti energetiche hanno un ruolo strategico nelle attuali politiche agricole in quanto sono in grado di dare una visione multifunzionale dell'agricoltura, volta non solo alla produzione alimentari ma anche alla tutela del territorio e all'utilizzo di modelli colturali a bassi input.

Fabbisogno energetico dell'edificio

Carattere morfologico strutturale dell'edificio

Oggetto di questo studio è la struttura sita presso il comune di Mortegliano, centro urbano di circa 6.000 abitanti situato sulla strada che dal capoluogo friulano si dirige verso la località

Prof RINO GUBIANI Professore Associato (rino.gubiani@uniud.it), Dr DANIELE DELL'ANTONIA, Dottorando (daniele.dellantonia@uniud.it), Dr DANIELE MARONCELLI, Assegnista (daniele.maroncelli@uniud.it). Dipartimento di scienze agrarie e ambientali (DiSA), Università di Udine, Italia.

Questa ricerca è stata finanziata dalla regione Friuli Venezia Giulia (L.R. 11/2003). Progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali". Coordinatore del progetto: Prof. Pierluigi Bonfanti (Professore Ordinario DiSA)

balneare di Lignano Sabbiadoro. L'edificio di proprietà del comune, è adibito a centro polifunzionale per l'assistenza e residenza per anziani ed è ubicato in via Divisione Julia 19 e vi si può facilmente accedere dalla Strada Statale n° 353.

Lo stabile è stato realizzato alla fine degli anni settanta dopo l'approvazione di due varianti, rispettivamente nel 1975 e 1977 che prevedevano la realizzazione di due blocchi, di cui solo uno è stato effettivamente realizzato. Si tratta del corpo principale costituito da 22.000 m^3 , di cui 18.460 m^3 riscaldati e organizzato in quattro livelli: piano interrato (PI), piano terra (PT), piano primo (PP) e piano secondo (PS).

Si tratta di una costruzione realizzata in cemento armato gettata in opera, l'impalcato tipo è realizzato con solaio in latero–cemento tipo "celersap" costituito da file di blocchi forati in laterizio di alleggerimento e da nervature in cemento armato con sovrastante soletta collaborante. Il solaio è ordito trasversalmente al lato maggiore dell'edificio ed è sostenuto da tre travate longitudinali, le tamponature tipo sono realizzate con un doppio strato di forati da 12 cm, e da 8 cm, ai quali è interposta un' intercapedine d'aria non ventilata, mentre la finitura superficiale è garantita da listelli in ceramica.

Analisi dell'impianto esistente

L'impianto che è in funzione al momento presso la struttura oggetto dello studio è stato realizzato nel 1975 durante la costruzione dell'edificio; successivamente, nel 1993 sono state eseguite delle misure di ammodernamento in quanto è stato apportato un intervento di adeguamento legislativo della centrale termica che è stata realizzata all'esterno dell'edificio, mentre in quella esistente sono state attuate delle modifiche (installazione di due bollitori).

Inoltre è stato effettuato l'allacciamento alla rete di gas metano e la messa in opera di due caldaie della ditta Bongioanni della potenza nominale rispettiva di 476 kW funzionanti in parallelo.

Piano	Codice	Superficie lorda (m^2)	Volume lordo (m^3)	Pareti Nord (m^2)	Pareti Sud (m^2)	Pareti Est (m^2)	Pareti Ovest (m^2)	Superfici vetrate (m^2)
Interrato	PI	316,1	948,2	67,5	74,5	40,6	0,0	17,6
Terra	PT	2.448,3	8.530,5	718,5	818,4	384,8	377,1	320,4
Primo	PP	1.629,2	5.702,0	429,1	419,1	215,4	140,5	252,0
Secondo	PS	993,7	3.279,3	190,8	290,2	112,4	114,2	140,3
Totale	-	**5.387,3**	**18.460,1**	**1.405,9**	**1.602,1**	**753,2**	**631,7**	**730,3**

Tabella 1 - Dati geometrici riassuntivi dell'edificio

Caratteristiche tecniche del gruppo termico			
Modello caldaia	Euro Bongas 2/14 Modulek	Codice	1210914
Portata termica [kW]	526,6	Portata termica utile [KW]	475,6
Rendimento al 30%	88,7	Rendimento al 100%	90,2

Tabella 2 - Caratteristiche tecniche delle caldaie esistenti.

Analisi dei consumi di gas preesistenti

Risulta di fondamentale importanza determinare la potenza di picco complessiva e il fabbisogno energetico annuo in modo tale da poter effettuare un adeguato dimensionamento del generatore di calore e poter svolgere le opportune valutazioni economiche e funzionali sul tipo di combustibile solido da utilizzare. A tale scopo sono stati raccolti i dati inerenti ai consumi energetici mensili (riscaldamento a funzionamento continuo 24 su 24

con attenuazione notturna) presso la struttura oggetto dello studio.

L'impianto preesistente è caratterizzato da due caldaie a gas da 470 kW che a seconda delle esigenze energetiche hanno un funzionamento alternato o parallelo. Allo scopo di poter stabilire l'effettivo fabbisogno energetico è necessario stabilire quali siano i consumi annui della struttura. Per ottenere un risultato affidabile che non sia condizionato dalle variazioni climatiche stagionali, sono stati considerati i dati relativi all'andamento dei consumi registrati negli anni 2003 - 2005.

In base alle rilevazioni effettuate è possibile procedere alla valutazione del totale delle medie dei consumi annui di gas espressi in kWh che risulta pari a

$$C_{gas\ tot} = \mathbf{1.824.292}\ \text{kWh}$$

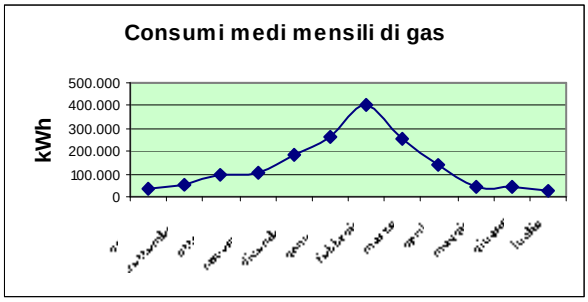


Figura 1 - Andamento dei consumi

Analisi del fabbisogno energetico

In base alle caratteristiche tecniche dell'impianto esistente che, come visto precedentemente, consiste in due caldaie di 476 kW per un totale di 952 kW, considerando il fabbisogno termico dell'edificio e la distribuzione temporale della richiesta di calore, è possibile analizzare il fabbisogno di energia della struttura. Infatti, se osserviamo la media mensile dei consumi di gas appare evidente come il mese di febbraio sia quello che necessita di maggiore energia termica con un picco di 450.015 kWh.

Se ipotizziamo un utilizzo della caldaia nello stesso periodo 24 ore su 24 con un rendimento del 90%, la potenza istallata dovrebbe essere di:

$$\frac{450.015(kWh) * 24(ore) * 30(giorni)}{1000 * 0{,}9} = \mathbf{563\ kW}$$

In relazione al calcolo della potenza necessaria per soddisfare il fabbisogno massimo di energia e allo scopo cautelativo di evitare il funzionamento della caldaia a gas ad un carico troppo ridotto, ipotizziamo una caldaia a biomassa di:

300 kW

In tale contesto le energie termiche in gioco, possono essere differenziate in:

EU: fabbisogno di energia termica stagionale dell'utenza;

ECb: energia termica stagionale coperta dalla caldaia a biomasse;

ECg: energia termica stagionale di integrazione fornita dalle caldaie a gas.

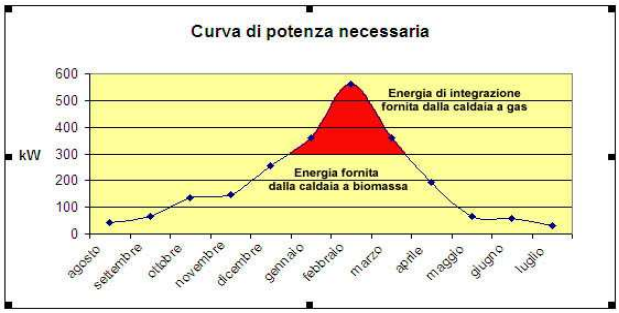


Figura 2 - Andamento della curva di potenza dell'energia fornita dalla caldaia

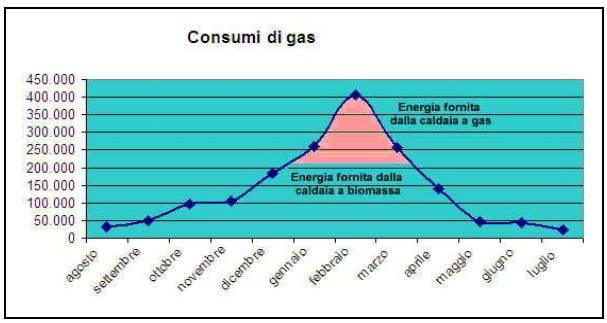


Figura 3 - Andamento dei consumi di gas

	2003		2004		2005	
Mese	Metano (m^3)	kWh	Metano (m^3)	kWh	Metano (m^3)	kWh
Gennaio	25.000	239.826	35.113	336.840	30.049	288.261
Febbraio	53.403	512.296	68.736	659.386	18.593	178.363
Marzo	53.404	512.306	14.498	139.080	21.807	209.195
Aprile	19.803	189.971	15.632	149.958	12.823	123.011
Maggio	4.000	38.372	7.767	74.509	4.474	42.919
Giugno	6.996	67.113	4.421	42.411	3.463	33.221
Luglio	3.000	28.779	3.000	28.779	2.218	21.277
Agosto	1.950	18.706	5.752	55.179	3.158	30.295
Settembre	10.225	98.089	2.000	19.186	4.688	44.972
Ottobre	5.305	50.891	16.506	158.342	12.043	115.529
Novembre	5.000	47.965	16.009	153.575	15.820	151.762
Dicembre	20.000	191.860	21.106	202.470	22.744	218.184
TOTALE	**208.086**	**1.996.169**	**210.540**	**2.019.710**	**151.880**	**1.456.985**

Tabella 3 - Consumi di gas espressi in m^3 e in kWh

Nell'ipotesi che il rendimento dell'impianto sia pari a 0,8 l'energia termica di cui si necessita sarà pari a :

$$\mathrm{ECb} = 300kW * 24(ore) * 30(giorni) =$$

216.000 MWh/ mese

In base a quanto detto finora risulta possibile ricavare, come si vede nella tabella 4, l'energia termica che la caldaia a biomassa è in grado di produrre e per differenza l'energia di integrazione fornita dalla caldaia a gas. In base alla richiesta energetica della struttura possiamo ricavare la copertura di energia che è possibile fornire dalla combustione dei residui. La restante quota, necessaria nei mesi invernali, verrà integrata grazie al funzionamento delle caldaie a gas.

Considerando i carichi termici e le utenze igienico sanitarie è stato calcolato un totale di:

1.641.863 kWh/annui.

L'energia fornita dalla caldaia a biomassa sarà dunque pari all'83% (1.367.198 kWh) mentre quella fornita solo il 17% (274.666 kWh).

Nell'ipotesi di un rendimento dell'impianto a biomassa che si aggira intorno allo 0,8 %, l'energia necessaria prodotta dalla combustione dei prodotti agricoli dovrà essere pari a 1.708.997 kWh/annui.

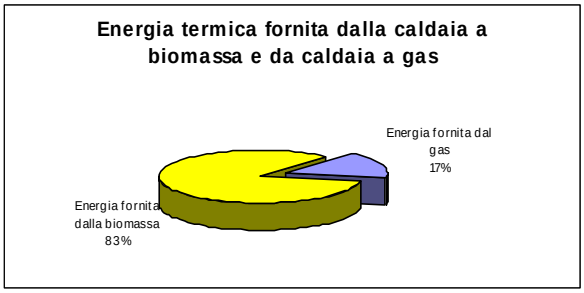


Figura 4 - Ripartizione dell'energia.

Soluzioni progettuali

Coerentemente con le considerazioni relative all'ambito energetico, effettuate precedentemente, si procede all'elaborazione delle soluzioni progettuali, tenendo presente le finalità ambientali ed economiche del progetto stesso.

Il progetto prevede l'analisi di fattibilità tecnico-economica di un impianto di conversione energetica alimentato con biomassa di origine agro forestale: il miscanto (Miscanthus sinensis L.)

Generalità

Il miscanto è una pianta originaria del Sud- est dell'Asia, appartiene alla famiglia delle Graminaceae e fu introdotta lo scorso secolo in Europa come pianta ornamentale simile alla canna di bambù.

Mese	Media kWh Effettivi	kWh Max caldaia biomassa	kWh caldaia gas Effettivi	kWh caldaia a biomassa effettivi
Gennaio	259.478	216.000	43.478	216.000
Febbraio	405.014	216.000	189.014	216.000
Marzo	258.174	216.000	42.174	216.000
Aprile	138.882	216.000	0	138.882
Maggio	46.740	216.000	0	46.740
Giugno	42.823	216.000	0	42.823
Luglio	23.651	216.000	0	23.651
Agosto	31.254	216.000	0	31.254
Settembre	48.674	216.000	0	48.674
Ottobre	97.429	216.000	0	97.429
Novembre	105.990	216.000	0	105.990
Dicembre	183.754	216.000	0	183.754
TOT	**1.641.863**	**2.592.000**	**274.666**	**1.367.198**

Tabella 4 - Energia termica prodotta mediante l'utilizzo di caldaia a biomassa e caldaia a gas

Recentemente è stata indicata quale coltura energetica rinnovabile ad alto potenziale e quale fonte di materiale biodegradabile adatto per alcuni sbocchi commerciali specialistici, nonché per talune interessanti trasformazioni industriali. In Italia ad oggi, scarse sono state le attenzioni rivolte a questo prodotto agricolo, il cui sfruttamento economico è apparso interessante solo negli ultimi anni. La convenienza economica della produzione del Miscanthus risulta infatti, legata alla presenza di una serie di fattori favorevoli. Tra questi figura l'aumento della domanda di biomasse energetiche, sostenuto dalla crescente necessità di impianti di generazione di energia rinnovabile, sia termica che elettrica. La destinazione energetica rappresenta, ad oggi, lo sbocco commerciale più sicuro per il materiale raccolto, il quale, quando impiegato come materia prima nei processi di trasformazione, assurge al ruolo di "biocombustibile".

Se confrontato con le principali colture utilizzate per la produzione di energia termica, il miscanto si inserisce ai primi posti sia per la resa ettaro sia per il valore energetico: infatti il p.c.i. si attesta sui 17,2 MJ/kg s.s.

Analisi energetica

Produzione di energia termica dal miscanto

La soluzione proposta prevede l'alimentazione dell'impianto con il miscanto, coltura poliennale molto adatta per la produzione di calore.

Come esplicitato nei calcoli fatti antecedentemente, la quantità di energia che deve essere apportata alla caldaia a biomassa deve essere di 1.708.997 kWh. Utilizzando il miscanto come combustibile per la produzione di calore con un contenuto energetico che si attesta sui 3,71 kWh/kg, sarà necessaria una massa di prodotto di:

$$\frac{1.708.997(kWh)}{3{,}71/1000} = \textbf{461 t}$$

Se si considera una resa media ettaro di 27,5 (umidità alla raccolta del 20%), la superficie indispensabile per tale coltura dovrà essere di **13 ha.**

È stato ipotizzato un costo della materia prima alla tonnellata di 60 €/t t.q.: tale valore è indicativo in quanto non è presente un mercato di compravendita di miscanto anche se è molto probabile in un futuro non molto lontano. Il costo annuo per il combustibile sarà pari a:

$$461(t) * 60(€/t) = \textbf{27.639 €}$$

Questa cifra non tiene conto del trasporto della biomassa presso la centrale termica pertanto è da imputare un costo di 4 €/t per l' approvvigionamento.

In conclusione i costi complessivi per la fornitura di miscanto per l'alimentazione della caldaia sono pari a **29.481 €**.

	Resa (t s.s/ha)	**P.c.i (MJ/ kg s.s.)**	**Equivalenze Energetiche**	
			Metano (m^3/ha)	Petrolio(t/ha)
Canapa	15,6	17,01	7.408	6,11
Sorgo	29,6	16,8	12.126	10
Miscanto	**22**	**17,2**	**9.850**	**8,13**
Arundo	35,3	16,8	14.966	12,35
Pioppo	13,7	16,9	6.354	5,24

Tabella 5 - Produzioni ed aspetti energetici di lacune colture a confronto

	Costo prodotto (€/t)	Costo (€/t s.s.)	Produz. media (t/ha)	Produz. media (t s.s./ha)	P.c.i (MJ kg^{-1} s.s.)	CE (MJ kg)	Energia (MJ/ha)	**Costo energia (€/GJ)**
Miscanto	60	75	27,5	22	17,2	13,26	364.650	4,524
Il miscanto si considera con umidità di acquisto del 20%								

Tabella 6 - Produzione media, p.c.i e costo dell'energia del mais, dei residui dei fruttiferi e del miscanto

Fattibilità economica

Dopo aver analizzato i parametri tecnico-costruttivi della soluzione proposta risulta di fondamentale importanza definire i vantaggi in termini economici apportati rispetto alla situazione impiantistica preesistente e utilizzando gli opportuni strumenti finanziari, definire quale tra di esse sia la più conveniente. Appare evidente che la valutazione economica sia il parametro indispensabile di cui deve disporre il decisore dell'investimento in modo tale da poter determinare la qualità dei progetti candidati.

Trattandosi di una sostituzione di un impianto termico, per primo sono stati analizzati i dati relativi all'andamento dei costi del combustibile e per la gestione globale dell'impianto. A tale scopo sono stati considerati i dettagli delle bollette energetiche relative alla fornitura di gas dal 2003 al 2005.

È possibile calcolare le media dei consumi di gas annui che risulta pari a:

$$\textbf{C}_{\textbf{gas,tot}} \textbf{ = 190.169 m}^3\textbf{/anno}$$

La media dei costi annui relativi alla fornitura di gas è pari a:

$$\textbf{S}_{\textbf{gas,tot}} \textbf{ = 76.907 €/anno}$$

Andamento dei costi del combustibile

A causa delle variabili che condizionano il settore, il punto più complesso è sicuramente la previsione dell'andamento del costo annuo del prezzo dei combustibili. Gli ultimi anni hanno messo in evidenza un situazione di estrema instabilità del mercato dovuta alla rapida crescita del prezzo del petrolio e dalla sempre maggiore domanda da parte dei paesi emergenti. È chiaro dunque come sia molto articolato stabilire un indice medio di crescita; l'unica certezza sembra essere che il trend positivo che si è instaurato continuerà in questa direzione.

Risulta importante delineare le condizioni economiche previste per l'utente finale considerato. In base a quanto appreso dal dirigente della struttura oggetto dello studio, le tariffe applicate si rifanno alla fascia di consumo n° 5 (75.972 – 202.598 m^3).

Si ottiene una tariffa complessiva applicata pari a **0,519757 €/m^3.**

Considerando questo prezzo del gas e i consumi medi rilevati è possibile calcolare la spesa annua che si dovrebbe sostenere attualmente per la fornitura di metano.

	2003		2004		2005	
Mese	Metano (m^3)	Costi (€)	Metano (m^3)	Costi (€)	Metano (m^3)	Costi (€)
Gennaio	25.000	12.875,41	35.113	2.514,61	30.049	15.283,21
Febbraio	53.403	21.938,15	68.736	36.277,30	18.593	9.439,06
Marzo	53.404		14.498	7.395,14	21.807	11.395,56
Aprile	19.803	10.264,96	15.632	7.971,18	12.823	6.599,11
Maggio	4.000	2.085,49	7.767	3.962,32	4.474	2.302,72
Giugno	6.996	1.793,20	4.421	2.443,92	3.463	1.801,15
Luglio	3.000	1.682,58	3.000	1.672,87	2.218	1.193,74
Agosto	1.950	1.090,92	5.752	1.509,47	3.158	1.698,84
Settembre	10.225	3.050,82	2.000	1.032,05	4.688	2.684,25
Ottobre	5.305	2.888,47	16.506	3.736,24	12.043	7.306,73
Novembre	5.000	2.722,58	16.009	7.079,37	15.820	5.769,96
Dicembre	20.000	10.445,59	21.106	10.515,19	22.744	8.298,48
TOTALE	208.086	70.838,17	210.540	86.109,66	151.880	73.772,81

Tabella 7 - Consumi di gas e relativi costi

Mese	Media m^3	Costi ipotizzati
Gennaio	30.054	15.628
Febbraio	46.911	24.394
Marzo	29.903	15.550
Aprile	16.086	8.365
Maggio	5.414	2.815
Giugno	4.960	2.579
Luglio	2.739	1.424
Agosto	3.620	1.882
Settembre	5.638	2.932
Ottobre	11.285	5.868
Novembre	12.276	6.384
Dicembre	21.283	11.067
TOTALE	**190.169**	**98.888**

Tabella 8 - Media dei consumi di gas e relativi costi

Come si può vedere dalla tabella il costo annuo per la fornitura di gas sarebbe pari a 98.888 €

In base a quanto detto precedentemente, l'utilizzo di una caldaia biomassa comporterebbe una diminuzione importante del combustibile gassoso

La metodologia che permette di stabilire con buona approssimazione il fabbisogno di combustibile annuo in termini energetici, consiste appunto, nella differenza tra il consumo preesistente di combustibile e il consumo ipotizzato con il nuovo impianto a biomassa.

Assumendo un rendimento globale dell'impianto di riscaldamento a gas pari allo 0,9, si può ricavare il fabbisogno energetico che è pari a:

$$\frac{1.641.863(kWh) - 1.367.198(kWh)}{0,9} = \textbf{305.184}$$

kWh/anno che corrispondono a **31.813 m^3 /anno**.

In base alle tariffe del gas sopradescritte, per la medesima fornitura di gas il costo è di **16.543 €/anno.**

Ora è possibile calcolare i costi evitati per differenza con i costi preesistenti:

$$98.888€ - 16.543€ = \textbf{82.345 €/anno.}$$

Costi dell'investimento

L'istallazione di impianto di riscaldamento a biomasse è una spesa molto onerosa e può essere anche tre o quattro volte superiore rispetto ad un impianto tradizionale alimentato a combustibili fossili ma, nonostante questo, la competitività è

garantita dai costi di gestione che diminuiscono sensibilmente.

Si propone ora un resoconto dei costi di impianto relativi alla configurazione progettuale definita precedentemente: le diverse voci di spesa si riferiscono a preventivi e a stime di tecnici esperti del settore.

Media kWh effettivi	kWh caldaia biomassa effettivi	kWh caldaia gas effetivi	kWh di energia da gas Richiesti (rendimento 0,9)	m^3 di metano	Costo del metano (€)
259.478	216.000	43.478	48.309	5.036	2.619
405.014	216.000	189.014	210.015	21.893	11.384
258.174	216.000	42.174	46.860	4.885	2.540
138.882	138.882	0	0	0	0
46.740	46.740	0	0	0	0
42.823	42.823	0	0	0	0
23.651	23.651	0	0	0	0
31.254	31.254	0	0	0	0
48.674	48.674	0	0	0	0
97.429	97.429	0	0	0	0
105.990	105.990	0	0	0	0
183.754	183.754	0	0	0	0
1.641.863	1.367.198	**274.666**	**305.184**	**31.813**	**16.543**

Tabella 9 - Consumi della caldaia a gas e relativo costo in seguito all'utilizzo di una caldaia a biomassa

Si valutano innanzitutto i costi dell'impianto termico, ove la voce più importante e rappresentata dal generatore di calore. Il costo particolarmente elevato è dovuto a delle caratteristiche tecniche che permettono di utilizzare combustibile legnoso con elevata percentuale di umidità. Successivamente è stato considerato il costo per l'istallazione dell'impianto idraulico (tubature e raccordi) e per la realizzazione di un sito idoneo allo stoccaggio della biomassa. È stata infatti prevista la costruzione di una struttura in acciaio con copertura in lamiera per il deposito e l'essicazione naturale del materiale vegetale dopo la raccolta.

Infine sono stati considerati i costi dovuti ai tecnici per la progettazione, la direzione lavori e il montaggio dell'impianto.

Anche per questo tipo di soluzione in base a stime di tecnici esperti sono da considerare dei costi fissi annui pari a **6.000 €**.

Analisi costi-benefici

L'analisi costi benefici è una tecnica di analisi finalizzata a confrontare l'efficienza di differenti alternative utilizzabili in un dato contesto per raggiungere un obiettivo ben definito; con questa si vuole verificare se i benefici che un'alternativa è in grado di apportare nel suo complesso sono maggiori dei relativi costi.

Costi complessivi per l'impianto	
Voci	**Prezzo [€]**
Costo impianto termico	86.000
Costo impianto idraulico	10.000
Costo centrale termica e deposito pellet	13.000
Costo accessori	21.000
Costo capannone	150.000
TOTALE	**280.000**

Tabella 10 - Riepilogo dei costi complessivi

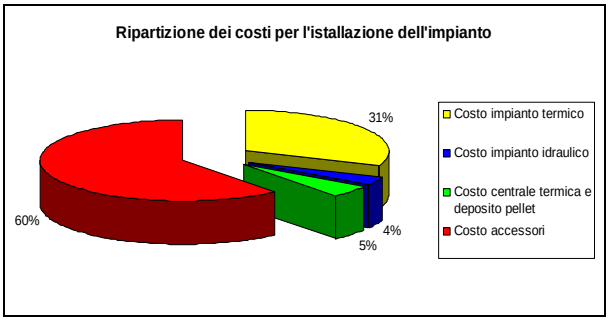


Figura 5 - Ripartizione dei costi per l'istallazione

Solitamente l'analisi è svolta ex ante ed è finalizzata a decidere sull'opportunità di allocare risorse ad un determinato progetto. L'analisi costi benefici si sviluppa mediante una successione di fasi logiche:

1. *individuazione* dei singoli costi e benefici all'interno dell'ambito di analisi;
2. *previsione in termini quantitativi dei costi e benefici*. Implica la formulazione di previsioni e di stime, tanto più complesse quanto più lungo è l'arco temporale considerato e numerose sono le relazioni tra le variabili osservate;
3. *sconto intertemporale ed aggregazione dei costi e benefici*. L'analisi costi benefici richiede il confronto di costi e benefici che si verificano in periodi di tempo diversi. *Lo sconto intertemporale* è l'operazione mediante la quale grandezze monetarie disponibili in momenti diversi di tempo sono rese pienamente confrontabili tra loro. Il principio su cui si basa lo sconto intertemporale è che normalmente gli individui preferiscono ottenere gli stessi benefici prima piuttosto che successivamente nel tempo. Lo sconto intertemporale esprime tutte le poste in termini del loro equivalente in uno stesso punto di riferimento temporale e viene effettuato rispetto al tempo zero (attualizzazione).

In base a quanto detto finora, i parametri economici che permettono di effettuare lo studio sono:

- durata dell'investimento pari a 15 anni, ossia gli anni per cui si ha la garanzia sulle prestazioni dei generatori di calore;
- investimento iniziale, ossia il costo di acquisto, progettazione e istallazione dell'impianto;
- costo virtuale del gas. Si tratta di una voce di costo "virtuale" che corrisponde ai costi preesistenti per la fornitura di gas allo scopo di confrontarlo con i costi previsti all'entrata in funzione dell'impianto, e poter così ottenere l'ammontare dei costi evitati contabilizzati come ricavi;
- costi esercizio fissi annui calcolati considerando gli oneri annui relativi alla gestione manageriale, alla manodopera indispensabile per il funzionamento dell'impianto, alla manutenzione ordinaria e straordinaria e gli oneri assicurativi.
- tariffa del gas in funzione della zona e della fascia di consumo considerata;
- costo della biomassa che corrisponde alla spesa per l'acquisto degli scarti di potatura, del mais e del miscanto;
- costi evitati che sono i costi che non si andranno a sostenere grazie all'impianto a biomassa. Essi sono pari alla differenza tra i costi virtuali del gas, i costi del gas residuo e i costi della biomassa;
- flusso di cassa. È dato dalla differenza tra i costi evitati, i costi fissi annui e il costo del capitale;
- flussi di cassa attualizzati, ossia sono anticipati all'anno zero.

Valore Attuale Netto (V.A.N.)

Il Valore Attuale Netto, più noto con il suo acronimo VAN o con il termine inglese Net Present Value (NPV), è un criterio di scelta per operazioni finanziarie. Più precisamente è una metodologia tramite cui si definisce il valore attuale di una serie attesa di flussi di cassa non solo sommandoli contabilmente ma attualizzandoli sulla base del tasso "i", (il costo del finanziamento). Tale criterio consiste nell'adozione del tasso di interesse che rappresenta il costo del finanziamento per l'impresa che lo realizzerà. In questo caso è stato impiegato il tasso che al momento attuale viene riconosciuto dagli istituti di credito, ossia 5,5%

La determinazione del valore attuale netto offre non solo un criterio di accettabilità di un progetto ma anche un criterio di scelta. Infatti nel caso di interventi alternativi la scelta del decisore dovrebbe

cadere sull'intervento con un valore attuale netto più elevato. Il valore attuale netto si esprime con la formula:

$$VAN = \sum_{k=0}^{n} \frac{C_k}{(1+i)^k}$$ dove;

- k: scadenze temporali;
- Ck: flusso finanziario (positivo o negativo) al tempo k;
- i: tasso di interesse al quale viene effettuata l'operazione (usualmente è utilizzato il tasso che rappresenta il costo medio ponderato del capitale)

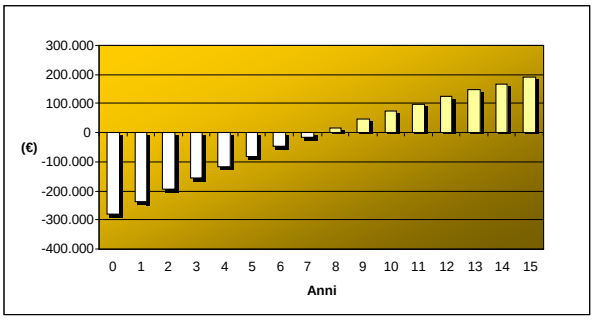
	COSTI					RICAVI
	Investimento	Costi esercizio fissi annui	Costo del gas residuo	Costo biomassa	Costo virtuale del gas	Costi evitati
0	€ 280.000,00					
1		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
2		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
3		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
4		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
5		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
6		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
7		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
8		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
9		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
10		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
11		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
12		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
13		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
14		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49
15		€ 6.000,00	€ 16.542,86	€ 29.481,35	€ 98.887,71	€ 46.863,49

Tabella 11 - Analisi economica dell'investimento

Profili di cassa e V.A.N.

La soluzione progettuale che prevede l'alimentazione della caldaia con una coltura dedicata come il miscanto è stato calcolato il seguente valore al quindicesimo anno:

VAN(15 anni) = € 190.396



Dalla figura si evince che il tempo di ritorno (TR) dell'investimento che corrisponde all'intersezione tra la curva e l'asse delle ascisse è pari a:

TR = 7-8 anni

Anno	Profili di cassa
0	-€ 280.000
1	-€ 235.580
2	-€ 193.475
3	-€ 153.565
4	-€ 115.736
5	-€ 79.880
6	-€ 45.892
7	-€ 13.676
8	€ 16.860
9	€ 45.804
10	€ 73.239
11	€ 99.245
12	€ 123.894
13	€ 147.258
14	€ 169.404
15	€ 190.396

Tabella 12 – Profili di cassa

Conclusioni

I moderni sistemi di riscaldamento alimentati a biomassa hanno raggiunto un livello tecnologico e un'efficienza tale da poter competere con gli impianti tradizionali alimentati con combustibili fossili. Essi sono solo meno conosciuti ed è quindi importante fornire tutte le informazioni necessarie affinché lo scetticismo verso queste nuove tecnologie non costituisca una barriera alla loro diffusione. Il mercato offre delle valide alternative tecniche che permettono di utilizzare al meglio le potenzialità della biomassa e al contempo di abbassare drasticamente la spesa annua per il condizionamento degli edifici.

La soluzione progettuale proposta nell'elaborato ha evidenziato diversi elementi di particolare interesse. Innanzitutto l'obbiettivo più verosimilmente raggiungibile è il risparmio energetico: la biomassa garantisce una significativa riduzione dei costi annui per l'acquisto del combustibile; dalle stime eseguite si possono calcolare i costi evitati che per l'impianto oggetto dello studio corrispondono a 82.345 €/anno.

La coltura del miscanto è in grado di fornire un'elevata quantità di biomassa caratterizzata da un buon contenuto energetico e da un prezzo d'acquisto relativamente basso. Quest'ultimo aspetto influisce positivamente in quanto diminuisce drasticamente la spesa annua per il combustibile e infatti è stato calcolato un Tempo di Ritorno (TR) di 7-8 anni. Questa soluzione necessita della progettazione di un capannone per lo stoccaggio della biomassa e quindi l'investimento iniziale di 280.000 € influisce molto sul Valore Attuale Netto (VAN) che a 15 anni è pari a 190.396 €.

Come precedentemente affermato, l'analisi costi benefici è in grado di fornire un supporto alle decisioni di politica pubblica in relazione a possibili interventi da effettuare, cioè finalizzata a decidere sull'opportunità di allocare risorse ad un determinato progetto. In base a questo è possibile affermare che la configurazione progettuale analizzata richiede un'esposizione economica significativa dovuta a esigenze di ordine tecnico. Oltre a ciò si deve considerare che per la produzione di tale combustibile è necessario un investimento "culturale", ossia tutta una serie di conoscenze sulla coltura che attualmente non fanno parte del bagaglio culturale degli agricoltori locali. È però ragionevolmente credere che nel corso di pochi anni, le imprese agricole si indirizzeranno sempre più verso la coltivazione di biomasse che conferiscono una visione multifunzionale dell'agricoltura, volta non solo alla produzione ma anche alla tutela e valorizzazione del territorio. È chiaro quindi come, oltre ai vantaggi di bilancio annuale, si ipotizza anche una positiva ricaduta sul tessuto economico locale, in quanto viene offerta alle aziende agricole la possibilità di una produzione differenziata che permetta di fronteggiare il calo costante dei margini di guadagno offerti dalle colture tradizionali.

Infine non è da dimenticare il ruolo di miglioramento della qualità paesaggistica dei territori rurali grazie all'introduzione di una diversificazione colturale che conferisce al territorio un aspetto molto più gradevole.

Bibliografia

[1] AA.VV. Energia da biomasse. Stato dell'arte del settore nazionale delle biomasse e opportunità di sviluppo, Regioni e Ambiente, anno V, n°11, Novembre 2004, pp. 24-27.

[2] Alemanno G. La carta delle fonti rinnovabili, Humus n. 11, febbraio 2004.

[3] Bartolazzi A. Le energie rinnovabili: eolica, solare fotovoltaico, solare termodinamico, da biomasse, idroelettrica*, Milano, Hoepli Editore, 2006.*

[4] Bartolelli V., Schenone G. Caldaie a biomasse per impianti di riscaldamento domestico, Progetto Rue and Rue dissemination a cura di Itabia, Roma 2004

[5] Berton M. Le imprese agrienergetiche: coltiviamo l'energia per un futuro sostenibile, AIEL Cervignano, Ottobre 2005.

[6] Borgobello D. Analisi di fattibilità di impianti domestici per la produzione di energia termica alimentati a biomasse, Tesi di laurea in ingegneria meccanica, Università degli studi di Udine.

[7] Castellazzi L., Gerardi V., Scoditti E., Rakos C., Hass J. Combustibili legnosi per il riscaldamento degli edifici pubblici ENEA 2005.

[8] Coiane D. Le nuove fonti di energia rinnovabile*, Milano, Franco Angeli, 2004.*

[9] Finocchiaro A., Martini P. Aspetti giuridici e amministrativi relativi all'acquisizione ed alla gestione degli impianti termici a biomasse, a cura dell'Assessorato Politiche per la Montagna e Foreste della Regione Piemonte, Torino 2001.

[10] Giovanardi R. *Aspetti agronomici e ambientali della filiera biomassa. DISAA Cervignano, Ottobre 2005.*

[11] Gubiani R. Energia dalle biomasse: l'utilizzo del mais DISAA *Cervignano, Ottobre 2005*

[12] Jodice R. Elementi di pianificazione delle fonti energetiche rinnovabili a scala regionale, CETA, Cervignano, Ottobre 2005.

[13] Jodice R. *Elementi di pianificazione delle fonti energetiche rinnovabili a scala regionale, CETA, Cervignano, Ottobre 2005.*

[14] Jodice R., Tomasinsig E. Energia dalle biomasse. Le tecnologie, i vantaggi per i processi produttivi, valori economici ed ambientali. A cura del Centro di Ecologia Teorica e Applicata di Gorizia e dell'Università degli studi di Udine. Trieste aprile 2006.

[15] Nati C., Spinelli R. I *residui di potatura: alcune proposte per il loro utilizzo IVALSA- CNR Cervignano, Ottobre 2005.*

[16] Orzan G. Studio di fattibilità tecnico economico per un impianto di riscaldamento a biomasse legnose, Tesi di laurea in ingegneria civile, Università degli studi di Udine.

[17] Passalacqua F. Programmi a supporto della Biomassa in Italia. L'esigenza di percorsi coordinati, BIOSIT, Firenze 29 settembre 2003.

[18] Pettenella D. Il mercato del pellet in Italia da prodotto di nicchia a biocombustibile di massa, Padova 2004.

[19] Riva G. Toscano G. Energia e agricoltura – un quadro degli ultimi venti anni e prospettive per il settore dell'ingegneria agraria *Convegno AIIA, Vieste (Fg), 11-14 settembre 2001.*

STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA DI UN IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO A BIOMASSA NEL COMUNE DI LUSEVERA

Gubiani Rino, Dell'Antonia Daniele, Maroncelli Daniele

Introduzione

Recentemente si stanno diffondendo nel Nord Italia dei sistemi di riscaldamento centralizzati alimentati a biomassa. La realizzazione di un impianto di teleriscaldamento in una zona di montagna ha lo scopo di migliorare l'abitabilità del territorio e quindi ridurre l'allontanamento delle persone verso aree urbane. Un sistema centralizzato di produzione del calore è energeticamente molto efficace e offre all'utenza finale una quantità di calore e non un combustibile che necessita di una ulteriore trasformazione tramite caldaie. Questo permette di raggiunge dei livelli di confort e praticità molto elevati per ogni singola abitazione. Il servizio calore infatti, permette di ottenere una riduzione dei costi energetici e degli investimenti individuali nelle singole abitazioni.

L'opportunità di valorizzare economicamente un combustibile che deriva dalla pulizia dei boschi locali, può fornire da stimolo per la costituzione di un programma integrato di mantenimento dell'ambiente boschivo, con benefici a livello occupazionale e turistico. Inoltre la creazione di questo servizio permette di contribuire alla riduzione della dipendenza energetica dall'estero e alla diminuzione delle emissioni ad effetto serra in atmosfera.

L'obiettivo di questo lavoro è valutare la fattibilità tecnico-economico di un impianto di teleriscaldamento nella regione Friuli Venezia Giulia. L'area oggetto di studio è stata individuata nella frazione di Pradielis del comune di Lusevera (altitudine 504 m.). Questa area geografica è inserita nella zona climatica "F" (3.072 gradi giorno annuali) con temperature medie giornaliere nettamente inferiori ai 20°C. Il centro abitato è caratterizzato da una sufficiente densità abitativa, con una disposizione delle case che permette di minimizzare il percorso delle tubazioni idrauliche necessarie a veicolare il calore.

Materiali e metodi

Per la valutazione tecnico-economica dell'impianto di teleriscaldamento è stato effettuato uno studio di fattibilità suddiviso in varie fasi. La figura 2 illustra il diagramma di flusso dello studio di fattibilità articolato per fasi con il rispettivo ordine logico (frecce continue) e le varie iterazioni che portano ad una riconsiderazione delle fasi precedenti (frecce con linea tratteggiata) [2].

La fase principale dello studio è stata l'analisi delle utenze che ha previsto come primo punto la raccolta delle informazioni relative agli edifici:

- età degli edifici, tipologia edilizia;
- collocazione su mappa, al fine di determinare le densità abitative;
- impianti di riscaldamento esistenti, differenziati per tipologia (autonomo, centralizzato)

Prof RINO GUBIANI Professore Associato (rino.gubiani@uniud.it), Dr DANIELE DELL'ANTONIA, Dottorando (daniele.dellantonia@uniud.it), Dr DANIELE MARONCELLI, Assegnista (daniele.maroncelli@uniud.it). Dipartimento di scienze agrarie e ambientali (DiSA), Università di Udine, Italia.

Questa ricerca è stata finanziata dalla regione Friuli Venezia Giulia (L.R. 11/2003). Progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali". Coordinatore del progetto: Prof. Pierluigi Bonfanti (Professore Ordinario DiSA)

e combustibile (gas naturale, gasolio, legna, ecc.);

- serie storiche di consumi di combustibile;
- tipologia d'uso (residenziale, terziario uso uffici o commerciale);
- regime di proprietà (privato, pubblico).

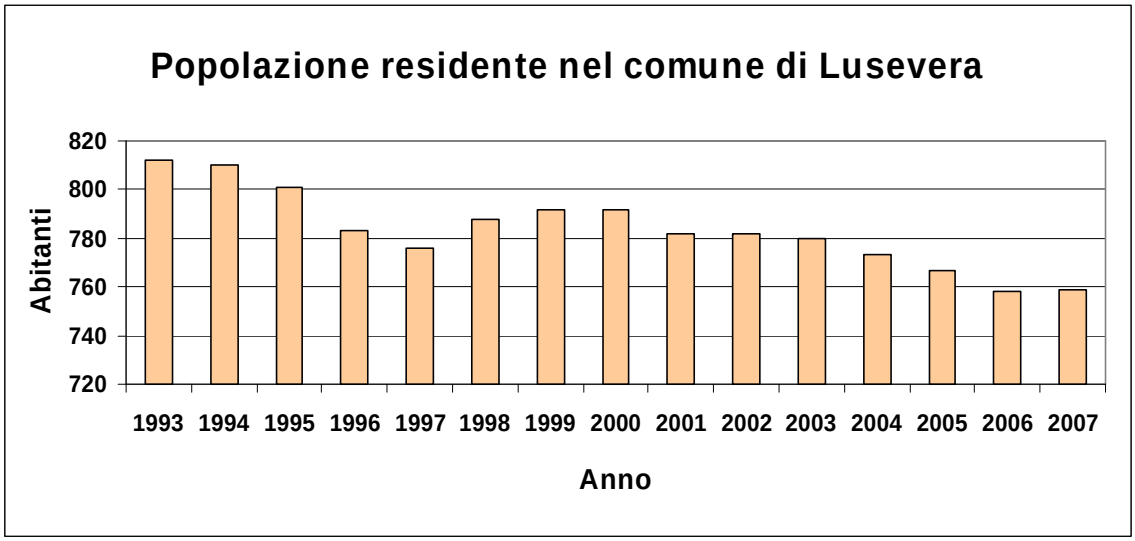


Figura 1 – Andamento annuale della popolazione residente nel comune di Lusevera [1].

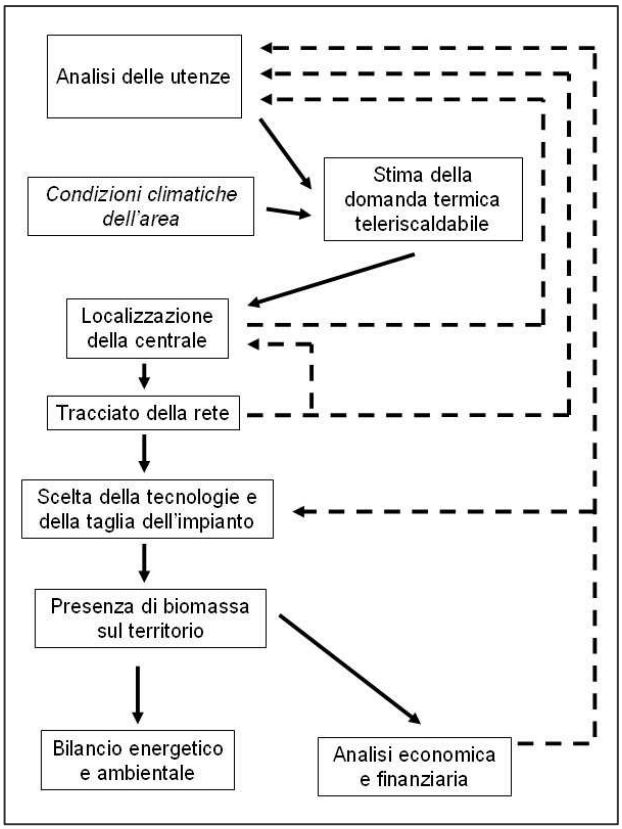


Figura 2 – Diagramma di flusso dello studio di fattibilità tecnico-economico.

La raccolta dei dati è stata effettuata nel 2007, mediante la compilazione di un questionario per ogni utenza abitativa presente nell'area oggetto di studio, con l'obbiettivo di stimare la domanda termica netta. I dati sugli impianti sostituiti sono stati utilizzati anche per effettuare la stima delle emissioni evitate e la valutazione del risparmio energetico (bilancio energetico-ambientale).

Per determinare la potenza dell'impianto termico è stato necessario quantificare l'andamento annuale dei consumi termici in base al totale dell'energia termica che sarà richiesta in rete. Per ottenere il grafico mensile della richiesta energetica, partendo dal consumo annuale di combustibile utilizzato da ogni abitazione, è stata determinata la media delle temperature mensili riscontrate nel comune negli ultimi anni. In questo modo è stato possibile costruire l'andamento del carico termico in riferimento alle temperature esterne riscontrate nei diversi periodi dell'anno.

Successivamente è stata progettata la rete di teleriscaldamento, che è direttamente collegata alla localizzazione della centrale di produzione. Il sistema di distribuzione a rete ramificata progettato sul territorio comunale è costituito da una rete di doppie tubazioni di diametro decrescente in funzione del carico termico, dove si individua una direttrice prin-

cipale in corrispondenza delle grandi utenze da cui si dipartono le diramazioni verso le unità abitative. Dopo aver determinato le caratteristiche del tracciato, si sono calcolate le dispersioni di calore da aggiungere al diagramma della domanda termica dell'utenza, in modo da determinare la richiesta termica in centrale. In riferimento alle scelte progettuali della centrale di produzione del calore è stata prevista l'installazione di una caldaia a combustibile fossile ad integrazione e supporto dell'impianto a biomassa forestale. La caldaia a gasolio permette di integrare i carichi termici della caldaia a cippato, migliorandone i rendimenti grazie ad un funzionamento costante per i periodi di maggiore richiesta energetica. In questo modo si riduce anche l'inquinamento derivante dalla combustione del legno, visto che i picchi di emissioni nocive si realizzano nelle fasi di accensione e spegnimento dell'impianto di combustione [7].

Per il recupero della biomassa sul territorio montano si è prevista la redazione di un piano di assestamento forestale, che ha avuto come principale obbiettivo l'esame del patrimonio boschivo e la definizione degli interventi da effettuare per la sua corretta gestione. Infatti, in un ambiente come quello di Lusevera, con notevoli difficoltà di raccolta e trasporto del materiale legnoso, gli aspetti logistici e i costi per l'approvvigionamento e lo stoccaggio giocano un ruolo fondamentale per la realizzazione della filiera. Questo strumento di pianificazione richiede un certo periodo di tempo in cui istruire le varie figure che prendono parte alla filiera di raccolta della biomassa. Durante questo periodo di transizione, la biomassa da utilizzare nell'impianto di combustione dovrà essere recuperata dagli scarti legnosi prodotti dalle aziende che operano nell'ambito montano (es: segherie).

Lo studio di fattibilità è stato concluso con un analisi di tipo economico. Ovviamente è stata una fase di verifica decisiva ai fini della realizzabilità, in quanto ha interagito sulle principali scelte di dimensionamento effettuate, che potevano anche portare ad una riconsiderazione progettuale. Le fasi prese in considerazione nella stima economica sono state l'investimento iniziale e il flusso di cassa annuo derivante dalla differenza tra i ricavi e i costi.

Risultati

Con i dati raccolti dai questionari è stato stimato il fabbisogno energetico delle utenze abitative nell'intera frazione comunale. Le abitazioni utilizzate come dimora fissa sono il 67% del totale (98 abitazioni), con un consumo energetico annuo medio di 20,1 MWh termici. Il consumo per il riscaldamento domestico risulta più elevato del 19% rispetto al consumo medio di energia termica nella regione Friuli Venezia Giulia [3]. Questo è dovuto alle temperature invernali molto basse (temperature media annua di 10,4°C nel periodo 2003-2006) e allo scarso isolamento termico delle case, che determina una forte dispersione energetica. Sommando il fabbisogno termico delle case di riposo, del centro sociale e delle abitazioni con dimora stabile durante tutto l'anno è stato possibile quantificare la domanda termica teleriscaldabile della frazione di Pradielis (tab. 1).

Successivamente, dopo aver individuato il tracciato della rete (1.963 metri) e la collocazione della centrale termica (fig. 3), è stata sommata alla domanda energetica delle utenze finali la dispersione termica della rete di teleriscaldamento e dei vari scambiatori di calore installati (tab. 2). Grazie alla richiesta energetica totale in caldaia si è determinato l'andamento annuale dei consumi termici in riferimento alle temperature esterne riscontrate nei diversi periodi dell'anno (fig. 4). Questi dati hanno permesso di calcolare la potenza termica dell'impianto a biomassa (1.440 kW) e della caldaia a gasolio (1.800 kW).

Il costo di investimento è stato stimato in 2,6 milioni di euro e prevede la realizzazione di un impianto di teleriscaldamento della durata di 40 anni, visto che le tubazioni idrauliche poste nel terreno hanno una

vita utile molto elevata. Sulla base di questa ipotesi progettuale è stato però previsto l'acquisto di due caldaie a biomassa della durata di 20 anni, perché l'efficienza tecnica degli impianti di combustione comporta una durata limitata, in relazione anche al forte progresso tecnologico.

Energia termica	MWht/anno	%
Totale energia termica effettiva abitazioni	1.974	89
Totale energia termica effettiva centro sociale	29	1
Totale energia termica effettiva casa di riposo	106	5
Totale energia termica effettiva casa di riposo in costruzione	106	5
Totale energia termica effettiva	2.215	100

Tabella 1 – Stima dei bisogni energetici nella frazione di Pradielis.

Energia Termica	MWht/anno	%
Effettiva utilizzata dalle abitazioni	2.215	88
Dispersione degli scambiatori di calore	193	8
Dispersione della rete di teleriscaldamento	118	5
Effettiva in uscita dalla centrale termica	2.526	100

Tabella 2 – Dispersione energia termica.

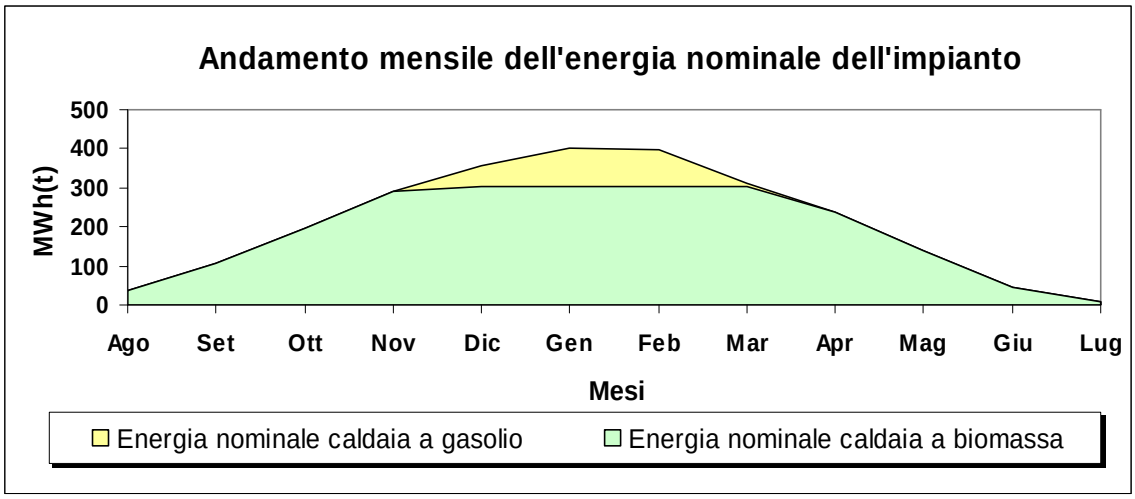


Figura 3 – Andamento mensile dell'energia nominale dell'impianto.

Il costo che incide maggiormente sul totale dell'investimento iniziale sono le opere idrauliche (64%). Questo è determinato dall'elevata spesa da sostenere per la posa delle tubazioni necessarie a portare l'acqua calda e per l'allacciamento al sistema di riscaldamento delle abitazioni con scambiatore e contatore termico (tab. 3).

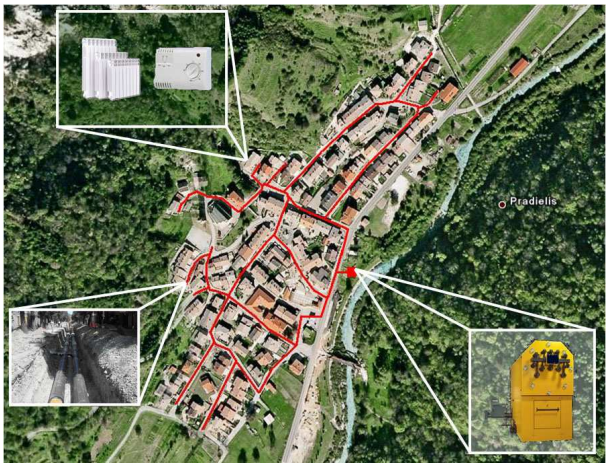


Figura 4 – Tracciato della rete e localizzazione della centrale di produzione [8].

Costo	€	%
Costo impianto termico a biomassa (1)	816.000	31
Costo impianto termico fossile	33.000	1
Costo impianto idraulico	1.678.862	64
Costo deposito e centrale termica	50.000	2
Costo Piccola Cippatrice	50.000	2
Totale	2.627.862	100
(1)Costo riferito a due caldaie a biomassa della durata di 20 anni		

Tabella 3 – Costi dell'investimento iniziale.

In seguito è stato calcolato il flusso di cassa annuo come differenza tra i costi ed i ricavi. Il costo della biomassa preso in considerazione è di 80 €/t, che è un valore mediamente alto in riferimento alla tendenza di mercato attuale. Il risultato ottenuto è di circa 85.000 € di utile per ogni anno di attività dell'impianto di teleriscaldamento, con un prezzo del calore venduto alle utenze di 85 €/MWht (tab. 4). L'utente finale però può usufruire delle agevolazioni fiscali sul credito d'imposta di 25,8 €/MWh di calore fornito dalle reti di teleriscaldamento alimentate a biomassa nei comuni in fascia climatica E o F (Legge 449/98). In questo modo l'utente finale paga solo 60 €/MWht (tab. 3).

Costi dell'impianto di teleriscaldamento a biomassa	
Costo cippato (€/t)	80
Quantità di cippato (t/anno)	841
Costo della biomassa (€/anno)	67.289
Costi Gestione (€)	10.000
Costo gasolio	26.121
Totale costi	103.410

Ricavi dell'impianto di teleriscaldamento a biomassa	
Prezzo del calore (€/MWht)	85
Calore nelle abitazioni (MWht)	2.215
Totale ricavi	188.305

Flusso di cassa annuo	84.895

Tabella 4 – Flusso di cassa dell'impianto di teleriscaldamento.

Infine è stata quantificata la biomassa ricavabile dalla cippatura dei residui di lavorazione delle segherie presenti sul territorio montano oggetto di analisi, per poter verificare la disponibilità della biomassa necessaria al funzionamento dell'impianto di teleriscaldamento. I dati hanno evidenziato la possibilità di ricavare circa 3.500 t/anno di scarti legnosi dalle aziende di lavorazione del legno. Questo valore risulta notevolmente superiore alla necessità di biomassa da utilizzare nell'impianto di combustione (841 t/anno di prodotto con il 30% di umidità).

Conclusioni

L'impianto di teleriscaldamento offre dei chiari vantaggi economici ed energetici per i residenti. Questo potrebbe ridurre la tendenza attuale dello spopolamento delle aree rurali verso zone più densamente abitate (la popolazione di Lusevera è diminuita del 13% dal 1993 ad oggi). L'acquisto del calore infatti, permette un risparmio per l'utente finale del 52% nei confronti del riscaldamento a gasolio e del 66% nei confronti di impianti alimentati a GPL (fig. 5). Questo, inoltre, garantisce una maggiore stabilità del prezzo dell'energia non più legata al costo dei prodotti di origine fossile. In relazione a questa situazione, le abitazioni presenti sul territorio che utilizzano questo servizio per il riscaldamento domestico potrebbero aumentare il loro valore nei confronti del mercato locale.

Dal punto di vista del bilancio ambientale, l'utilizzo di un sistema di teleriscaldamento a biomassa di origine forestale determina la riduzione della CO_2 prodotta dai vari impianti di combustione alimentati con prodotti di origine fossile. La combustione delle biomasse in ambito locale infatti, consente un bilancio di CO_2 in pareggio. Questo perché l'anidride carbonica emessa attraverso la combustione è pari a quella che la pianta ha assorbito nell'arco della sua vita per produrre una quantità uguale di sostanza organica attraverso il processo di fotosintesi (tab. 6).

In relazione al bilancio economico complessivo, l'impianto di teleriscaldamento produce un incremento annuo positivo, che però risulta basso per permettere un ritorno dell'elevato investimento iniziale in un breve periodo di tempo. Risulta evidente che la possibilità di erogare il servizio anche alle abitazioni che vengono utilizzate solo per limitati periodi, permetterebbe di massimizzare l'utilità dell'impianto, con effetti positivi sul flusso di cassa e quindi sul ritorno economico dell'investimento. Nella situazione attuale è chiaro che la realizzazione del progetto è legata alla possibilità di utilizzare dei finanziamenti pubblici, al fine di aumentare l'attrattività del territorio montano tramite il miglioramento della qualità della vita. Infatti, questi aiuti non prevedono solo un ritorno di tipo economico, ma anche dei vantaggi indiretti per la società e l'ambiente, con evidenti effetti positivi sull'abitabilità delle zone rurali.

Parametro	**Combustibili**				**Calore con impianto a biomassa e rete di teleriscaldamento**	
	Gasolio (l)	GPL (l)	Metano (m^3)	Legna (kg)	Senza credito d'imposta (kg)	Con credito d'imposta (Legge 449/98) (kg)
Quantità (1)	2.224	3.220	2.333	7.034	8.044	8.044
Costo IVA esclusa (€) (2)	2.484	3.461	1.167	831	1.712	1.192
Confronto con il calore da biomassa	2,1	2,9	1,0	0,7	1,4	1,0

(1) Quantità di combustibile da utilizzare per ottenere un valore di energia pari a 20,1 MWh termici.

(2) Per i combustibili fossili il valore dell'IVA e del 20% mentre per la legna e per il calore ceduto con una rete di teleriscaldamento alimentata con caldaia a biomassa il valore dell'IVA è del 10%.

Tabella 5 – Stima dei quantitativi e dei costi medi di combustibile per ogni abitazione

Combustibile	Quantità (t)	CO_2 Evitata (t)
Gasolio	30	94
GPL	7,9	24
TOTALE		118

Tabella 6 – Stima della CO_2 evitata con l'impianto di teleriscaldamento.

Bibliografia

[1] *"Elementi di linee guida per la promozione dei sistemi di teleriscaldamento" 2001,* ENEA. Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente", Lungotevere, 76 00196 – Roma.

[2] *Relazione energia ambiente 2005,* ENEA. "Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente", Lungotevere, 76 00196 – Roma.

[3] *Piano energetico regionale del Friuli Venezia Giulia*, 30 aprile 2007.

[4] *Relazione energia ambiente 2006,* ENEA. "Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente", Lungotevere, 76 00196 – Roma.

[5] *Statistiche dell'agricoltura 2001-2002,* ISTAT. Istituto nazionale di statistica, via Cesare Balbo, 16 – Rome.

[6] *Statistiche demografiche 1993-2007,* ISTAT. Istituto nazionale di statistica, via Cesare Balbo, 16 – Rome.

[7] GUBIANI R., DELL'ANTONIA D. *Corn utilization in a family-boiler: greenhouse emissions, economic estimation and energy assessment,* International conference on agricultural engineering, Creta, (2008).

[8] *Ortofoto satellitare,* sito internet http//maps.google.it/

STUDIO DEL TERRITORIO PER LA DETERMINAZIONE DI BIOMASSE FORESTALI PER L'AVVIO DI UN IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO: IL CASO DEL COMUNE DI PULFERO

Pamela Casali, Sirio Rossano Secondo Cividino, Rino Gubiani

Introduzione

Con l'entrata in vigore del protocollo di Kyoto sono divenuti necessari la ricerca e l'impiego di fonti energetiche rinnovabili che riducano la dipendenza dai combustibili fossili, riducendo così le emissioni di gas serra in atmosfera: le biomasse rappresentano una possibilità concreta e attuale in tal senso (Zullo *et. al*., 2005).

La biomassa utilizzata a fini energetici comprende tutti quei materiali di origine animale e vegetale, non fossili, che possono essere utilizzati direttamente come combustibili ovvero trasformati in altre sostanze (solide, liquide o gassose) di più facile utilizzo negli impianti di conversione (AA.VV., 2006). La combustione di questi materiali e loro derivati presenta un bilancio di emissione di CO_2 pari, in quanto viene rilasciata la stessa quantità di anidride carbonica che la pianta ha sottratto all'ambiente durante la sua fase di accrescimento. Le biomasse più adatte a subire processi di conversione termochimica sono la legna e tutti i suoi derivati (segatura, trucioli, ecc.), mentre i più comuni sottoprodotti colturali di tipo ligneo-cellulosico (paglia di cereali, residui di potatura della vite e dei fruttiferi, ecc.) e taluni scarti di lavorazione (lolla, pula, gusci, noccioli, ecc.).

Essendo la biomassa una fonte di energia rinnovabile strettamente legata al territorio, è chiaro che, la distribuzione sul territorio, la morfologia dello stesso, i collegamenti infrastrutturali e le relative distanze divengono un fattore decisivo che può influenzare la scelta sotto vari punti di vista:

- tecnico, relativamente alla scelta della tipologia impiantistica da utilizzare;
- economico, nella valutazione dei costi di trasporto e degli impianti in relazione alle loro dimensione;
- energetico, stima dei consumi energetici;
- ambientale, analisi delle emissioni evitate (Zullo et. al., 2005).

La realizzazione di impianti per la produzione energetica da biomasse riveste un duplice valore: da un lato costituisce un importante contributo al corretto impiego delle risorse boschive ed alla corretta manutenzione del territorio, dall'altro lato rappresenta una valida risorsa sotto il profilo economico e sociale, soprattutto in termini occupazionali.

Nel dettaglio la filiera legno – energia può essere così schematizzata:

L'utilizzo di legno, o combustibili da esso derivanti, finalizzato alla produzione di energia termica trova particolare utilizzo soprattutto nelle zone montane. Infatti, queste hanno la possibilità di produrre legname a costi ridotti mediante una buona gestione

Prof RINO GUBIANI, Professore Associato (rino.gubiani@uniud.it), Dipartimento di scienze agrarie ed ambientali (DiSA), Università di Udine, Italia.
Dr PAMELA CASALI, Assegnista (pamela.casali@cirmont.it), Dr SIRIO ROSSANO SECONDO CIVIDINO, Assegnista (labagro@cirmont.it), Centro internazionale di Ricerca Per la Montagna (Cirmont), via Jacopo Linussio 1, 33020 Amaro.

Questa ricerca è stata finanziata dalla regione Friuli Venezia Giulia (L.R. 11/2003). Progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali". Coordinatore del progetto: Prof. Pierluigi Bonfanti (Professore Ordinario DiSA)

del territorio, l'abbondanza di materia prima e la difficoltà nell'approvvigionamento degli altri combustibili fossili rappresenta una valida alternativa economica.

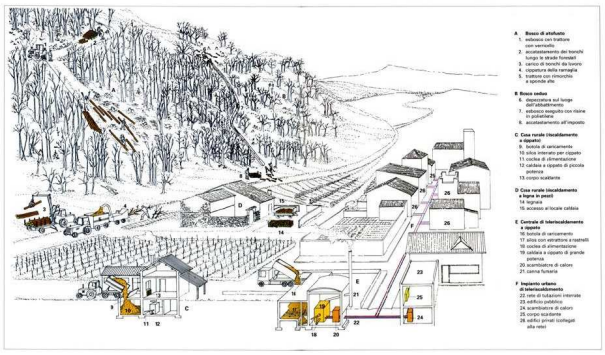


Figura 1 – La filiera forestale (da G. Mezzalira e M. Brocchi Colonna - Come produrre energia dal legno).

In queste zone è spesso praticata l'attività della selvicoltura finalizzata all'abbattimento di alberi per la produzione di legna da ardere. Questa prevede la produzione di molti scarti (circa 1/4 del totale), infatti quando si abbatte un albero solamente i residui forestali sono destinati alla produzione biomassa, e non la totalità della legna tagliata, dato che essa potrebbe già avere differenti impieghi nell'industria del legno e del riscaldamento domestico. In Friuli Venezia Giulia le foreste regionali occupano 275.000 ha, pari al 35,1% dell'intera superficie regionale, con un incremento annuo di massa legnosa stimato 800.000 mc, di cui vengono utilizzati attualmente solo 250.000 mc (AA. VV. 1990).

Premessa

Su tutto l'arco alpino, i proprietari boschivi e le ditte di utilizzazione forestale stanno mostrando un crescente interesse nei confronti del settore biomasse, che potrebbe offrire un nuovo sbocco al materiale ricavato dai lavori di miglioramento boschivo, attualmente poco valorizzato (Predan, 2008). La possibilità di vendere questo materiale contribuirebbe certamente ad abbattere i costi degli interventi, rendendoli meno onerosi e più redditizi a seconda delle situazioni. A questa grande aspettativa però non corrisponde attualmente un'attivazione della filiera perché, la difficoltà nel reperire i dati e le molteplici variabili in gioco, non permettono di definire una stima precisa in merito ai costi di raccolta.

Obiettivi

Nello specifico l'attività di ricerca si proponeva:

- di ottenere una stima dell'entità dei consumi energetici termici dell'area individuata (Comune di Pulfero) attraverso l'analisi delle informazioni riferite ai sistemi di riscaldamento in uso (potenze termiche installate e combustibili utilizzati);
- definire il potenziale produttivo della superficie boschiva di proprietà comunale;
- elaborare un programma di massima per la definizione di un piano delle utilizzazione delle varie particelle boschive.

Materiali e Metodi

La descrizione dell'area di studio

Figura 2 - Area di studio del monte Mia (Fonte: http://maps.live.it)

Il territorio comunale di Pulfero si trova a circa 30 km a NE di Udine, della cui provincia fa parte, e confina a Nord con la Slovenia, a Sud con il Comune di S. Pietro al Natisone, a Ovest con il Comune di Torreano di Cividale, a Est con i Comuni di

Savogna e S. Pietro al Natisone. I principali sistemi di rilievi montuosi sono costituiti dal monte Mia, che raggiunge l'altezza di 1237 m ed il versante Ovest del monte Matajur, 1641 m. Il fiume Natisone, che funge da asse portante del territorio comunale, separa con la sua incisione le valli di Pegliano, Erbezzo e Montefosca a Ovest, di Rodda e Mersino a Est, andando poi allargandosi verso sud. L'intera zona, di formazione eocenica, appartiene al bacino del medio Natisone. Il comune comunque conserva, sia nei centri che nei nuclei edificati i caratteri propri di insediamento a matrice agricola. Il sistema viario è rappresentato principalmente dalla strada statale n. 54 che, costeggiando il corso del fiume Natisone, attraversa longitudinalmente il territorio comunale e collega con il valico di Stupizza la Slovenia con la grande viabilità regionale italiana, attraversando i comuni di Pulfero, S. Pietro al Natisone e Cividale del Friuli. A pettine poi si innestano, sulla stessa strada statale, le strade comunali di collegamento con le frazioni.
(AA. VV., 2002).

La metodologia di lavoro

L'intera attività di studio è stata sviluppata seguendo una serie di aree di ricerca nello specifico si è utilizzata la metodologia seguente (fig. 3):

Fase 1: Indagine dei sistemi di riscaldamento in uso.

Lo studio ha consentito di stimare la domanda, e quindi l'entità dei consumi energetici termici delle varie utenze oggetto di studio (comprensorio scolastico, municipio, sala consiliare e l'albergo), evidenziando l'attuale forma di riscaldamento in riferimento: al tipo di combustibile utilizzato (gas metano, GPL, gasolio, olio combustibile), alle potenze termiche installate e alle volumetrie riscaldate.

La disponibilità reale in loco di materiale legnoso destinabile all'uso energetico è indispensabile per l'avvio ed il mantenimento di una filiera legno-energia. Si è quindi svolta un'indagine per definire la potenziale quantità di biomassa estraibile dalle particelle boschive comunali (Mezzalira et. al., 2003).

Figura 3 - Metodologia di lavoro.

Fase 2 : Studio dell'offerta potenziale di biomasse forestali.

Le fonti di biomassa presenti su un territorio possono essere innumerevoli e di diversa natura pertanto, da uno studio preliminare del territorio comunale, si è ritenuto opportuno classificare i vari appezzamenti boschivi. Tale suddivisione ha portato all'individuazione di due diverse tipologie di particelle (vedi figura 4):

1. il comprensorio del monte Mia,
2. le altre particelle comunali.

Il comprensorio del monte Mia comprende 550 ettari di foresta certificata PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Scheme) di proprietà comunale.

Quest'area rappresenta l'unica zona del Comune di Pulfero rimasta incontaminata sotto il profilo ecologico, non vi sono state eseguite piste forestali o altre viabilità, se non quella pedonale esistente, e non vi sono stati disboscamenti (AA. VV., 1989).

Le altre particelle boschive comunali, non sono altro che dei piccoli appezzamenti sparsi un po' ovunque sull'intera superficie comunale e con una composizione vegetazionale mista: sono presenti sia prati che boschi di produzione e protezione.

Fase 3: Piano della viabilità.

Affinché si possa parlare di filiera legno - energia in senso stretto vi devono essere connessioni dirette fra la gestione forestale e l'alimentazione degli impianti termici. Nell'impianto di combustione deve essere utilizzato legname ricavato dai boschi della zona, con utilizzazioni di maturità o interventi di miglioramento boschivo. Perché tali connessioni possano avere luogo, è necessaria un'adeguata viabilità, pianificata e progettata in funzione delle esigenze dei cantieri forestali ed in particolare dei sistemi di esbosco e della lavorazione di cippatura (Mezzalira et. al., 2003).

Nella presente azione, a partire dai dati rilevati nell'ambito del piano economico del monte Mia e dai dati sulla viabilità forestale elaborati della Direzione delle Foreste di Udine, è stato formulato un quadro sintetico dello sviluppo della rete viabile e delle sue caratteristiche qualitative nel territorio del Comune di Pulfero (AA. VV., 1989).

Fase 4: Studio degli assortimenti ritraibili.

L'indagine è stata svolta sull'analisi dei dati raccolti nel piano economico del monte Mia.

L'elaborazione di tali dati ha consentito di definire un quadro dettagliato da un punto di vista qualitativo e quantitativo dell'estensione della superficie forestale, dei turni di taglio e della percentuale di residui relativi al'area interessata, permettendo di ricavare la disponibilità di residui forestali a fini energetici. (Mezzalira et. al., 2003).

Si è creato quindi una matrice in cui vengono riportati essenzialmente le caratteristiche stazionali, la descrizione del soprassuolo, vari dati tecnici sulla particella e la quantità di biomassa estraibile.

La costruzione del piano delle utilizzazioni

Il piano delle utilizzazioni è uno strumento operativo che permette di calcolare le esigenze di manodopera e di attrezzature per eseguire gli interventi previsti per la gestione della filiera legno-energia. Consente, quindi, di pianificare ed organizzare in modo razionale le attività di cantiere in base alle caratteristiche dei boschi, della viabilità, delle attrezzature e delle indicazioni fornite dal piano di assestame nto.

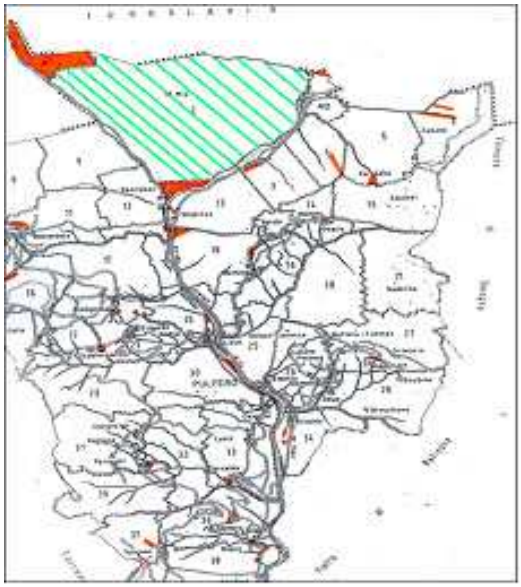


Figura 4 - Le particelle boschive comunali (in color arancione) e il comprensorio del monte Mia (in verde) (fonte: AA. VV., 1989).

Nell'ambito della presente azione si è quindi predisposto un piano delle utilizzazioni sperimentali inerente le particelle comprese nel piano economico del monte Mia in grado di definire la produttività di ciascuna particella andando a valutare i parametri che ne influiscono maggiormente l'utilizzo.

Si propone la metodologia utilizzata per la costruzione dello strumento operativo, che oltre ad essere stato il modello analitico, è stato il vero e proprio risultato dell'attività di ricerca.

I parametri utilizzati per la valutazione delle particelle sono evidenziati nella tabella 1. Per ogni parametro è stato attribuito un valore, la scala individuata aveva un range da 1 a 5. I valori corrispondono al grado di soddisfazione, utilizzazione,accessibilità di ogni parametro (tab. 2).

I giudizi sono stati espressi considerando che la biomassa estratta da ciascuna particella fosse impiegata interamente nella filiera foresta-legno-energia. In questo modo, per ciascuna particella, si avranno dei valori di produttività unitari e quindi confrontabili tra loro, ciò è dovuto al fatto che alle

varie classi prese in considerazione è stato attribuito lo stesso valore ponderale. Nel complesso, il modello sperimentale utilizzato per la valutazione delle particelle è riportato nella figura 5.

PARAMETRI E CLASSI DELLE SCHEDE TECNICHE RIASSUNTIVE	
Caratteristiche geomorfologiche	i parametri generali della particella in esame ovvero i dati della particella: tipologia del suolo, superficie totale, superficie forestale, pendenza ed esposizione.
Tipologia forestale	l'insieme dei dati relativi al popolamento: categoria attitudinale, classe economica, categoria forestale, percentuale di utilizzazione e forme di governo.
Viabilità forestale	caratteri principali che definiscono la rete viaria: tipologia, condizioni, copertura particella, pendenza massima e la presenza di aree di stoccaggio.
Tecniche di esbosco	informazioni necessarie per definire le operazioni di cantiere, come ad esempio: abbattimento, allestimento, concentramento, esbosco vero e proprio e la cippatura.

Tabella 1 - Parametri e classi delle schede tecniche riassuntive.

Valore	Giudizio sintetico associato
1	Situazione critica, pessime condizioni, pessimo utilizzo
2	Situazione difficile, non adatto all'utilizzo
3	Contesto e giudizio sufficiente
4	Buon giudizio,buona sfruttabilità
5	Situazione ottimale

Tabella 2 - Giudizio sintetico associato.

Risultati e discussione

Lo studio ha consentito di stimare la domanda, e quindi l'entità dei consumi energetici termici del Comune di Pulfero, evidenziando che l'attuale forma di riscaldamento prevalente è il gasolio.
Dall'elaborazione dei dati relativi al consumo di gasolio è emerso inoltre che per soddisfare le necessità termiche delle utenze dovrà essere installata una caldaia a cippato dalla potenza di 348 kW, che consumerà una quantità annua di cippato pari 350 t (Meneghini, anno 2006).

L'offerta potenziale di biomasse forestali

La valutazione della offerta potenziale di legno da destinare alla cippatura si è basata sul piano economico del monte Mia e sullo studio diretto di tutte le aree interessate.

I principali risultati ricavati sono i seguenti:

- le produzioni legnose di legno pregiato del monte Mia sono pari a 25% dell'intera produzione;
- le rimanenti particelle comunali sono piccoli appezzamenti in cui la materia prima risulta essere scadente e con un costo di esbosco elevato;

(AA. VV., 1989).

CLASSE ECONOMICA		SUPERFICIE FORESTALE	
tipo	% particelle	ha	%
A	25	105,39	22
B	17	62,1480	13
C	13	40,7820	8
D	37	244,7370	51
E	8	28,9030	6
TOT.	**100**	**481,96**	**100**

Tabella 3 - Tipologia forestale del monte Mia (fonte: AA. VV., 1989).

	variabili	GIUDIZIO				
		1	2	3	4	5
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	tipo di suolo	roccia coerente o roccia madre	orizzonte a prevalente contenuto minerale		orizzonte minerale con accumulo di materia organica	orizzonte organico
	superficie totale (ha)	< 10	<11 - 20	21 - 30	31 - 40	> 40
	superficie forestale (ha)	< 10	<11 - 20	21 - 30	31 - 40	> 40
	pendenza ed esposizione	> 60%	41% - 60%	21% - 40%	10% - 20%	> 10%
TIPOLOGIA FORESTALE	categoria attitudinale	conservazione della natura	b. protezione	b. produzione - protezione	b. produzione	
	classe economica	E	D	C	B	A
	categoria forestale	saliceti; rimboschimenti; formazioni secondarie recenti	aceri-tiglieti e aceri-frasseneti; rovereti e catagneti; betuleti corileti	robineti	querco-carpineti e carpineti; faggete	orno-ostrieti e ostrio-querceti
	percentuale di utilizzazione	0% - 10%	11% - 20%	21% - 30%	31% - 40%	> 40%
	forme di governo	fustaia		ceduo		
		scarsa qualità	buona qualità	scarsa qualità	media qualità	buona qualità
VIABILITA'	tipologia	completamente assente	pista esbosco a fondo naturale	pista trattorabile		pista camionabile
	condizioni	disastrose	discrete		buone	ottime
	copertura particella	0%	<20%	21% - 40%	41% - 60%	> 60%
	pendenza max	>60%	41% - 60%	21% - 40%	10% - 20%	>10%
	aree di stoccaggio	assente	assente, ma possibile costruzione	presente, dimensioni ridotte	presente, dimensioni sufficienti	presente e possibilità di cippatura
ESBOSCO	forme di trattamento	taglio diconversione	taglio salturario	taglio a raso	tagli successivi	taglio a raso con rilascio di matricine
	operazioni cantiere:					
	abbattimento	manuale		meccanizzato		
	allestimento	letto di caduta		su pista		meccanizzato
	concentramento	avvallamento guidato		a strascico con trattore o vericello		teleferica
	esbosco vero e prorpio	teleferica o gru	su pista forestale a strascico		su pista forestale con materiale caricato	
	cippatura	cimali e ramaglia			pianta intera	

Figura 5 - Scheda di rilevamento utilizzata per la classificazione delle particelle

Piano della viabilità

Dalle elaborazioni condotte è emerso che la rete viabile di interesse forestale è scarsamente sviluppata e non offre buone condizioni di accesso ai boschi.

Infatti, considerando solo le particelle comprese all'interno del piano economico del monte Mia, emerge che solamente il 15% della superficie esaminata è servita da viabilità forestale. Questi dati sono dovuti in parte alle condizioni geomorfologiche che non consentono lo sviluppo di un'adeguata rete viabile, ed in parte al fatto che le caratteristiche geometriche ed in particolare la larghezza della sezione utile (generalmente inferiore a 2,5 m) risulta nella maggior parte dei casi inadeguata, soprattutto in relazione alle necessità della filiera foresta-legno-energia. (www.regione.fvg.it).

Gli assortimenti ritraibili

Dall'analisi degli assortimenti ritraibili risulta che:

- il quantitativo di legname ritraibile dal monte Mia, secondo i dati riportati nel piano economico, ammonta a circa 2900 m^3 così ripartito (vedi tabella 4):
- le indagini sperimentali hanno messo in evidenza che la quota di legname di pregio (classe economica A) ricavabile ammonta mediamente al 59% della provvigione.
- la quota di ramaglie che potrebbe essere destinata alla produzione di cippato ammonta mediamente al 15-18% della cormomassa, pari a 453 m^3.

(AA. VV., 1989).

CLASSE ECONOMICA	QUANTITÀ ESTRAIBILE PER BIOMASSA m^3/ANNO
A	1690
B	770
C	440

Tabella 4 - Quantitativo di legname ritraibile dal monte Mia

Costruzione del piano delle utilizzazioni

In seguito alla creazione del modello analitico per la definizione del piano delle utilizzazioni, si è proceduto completando la scheda di rilevamento per ogni particella, assegnando un giudizio per ciascuna variabile presa in considerazione. Da ciò si ottenuto un valore medio per ogni classe: caratteristiche geomorfologiche, tipologia forestale, viabilità, tecniche di esbosco, voci economiche.

Riassumendo i vari valori medi in un unico valore, si è potuto assegnare per ciascuna particella boschiva di proprietà del Comune di Pulfero un giudizio generale della particella stessa.

Dall'analisi dei valori e giudizi delle particelle forestali (fig. 6) ne risultano alcune considerazioni sostanziali:

- la possibilità di utilizzazione della particelle è scarsa, nessuna di esse ha raggiunto un valore di piena sufficienza;
- difficilmente il territorio si presta ad uno sfruttamento intensivo per la filiera legno-energia.

	variabili	giudizio	media
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	tipo di suolo	1	2
	superficie totale	2	
	superficie forestale	3	
	pendenza ed esposizione	2	
TIPOLOGIA FORESTALE	attitudine	5	3
	classe economica	3	
	categoria forestale	2	
	percentuale di utilizzazione	4	
	forme di goveno	1	
VIABILITA' FORESTALE	tipologia	1	1,7
	lunghezza	3	
	pendenza max	2	
	aree di stoccaggio	1	
TECNICHE DI ESBOSCO	predisposizione all'esbosco	4	3,2
	forme di trattamento	3	
	tecniche di utilizzazione:		
	abbattimento e allestimento	2	
	concentramento	5	
	esbosco vero e prorpio	3	
	meccanizzazione	2	
			2,5

Figura 5 - Esempio di una scheda tecnica di rilievo di una particella con scarse proprietà di utilizzo

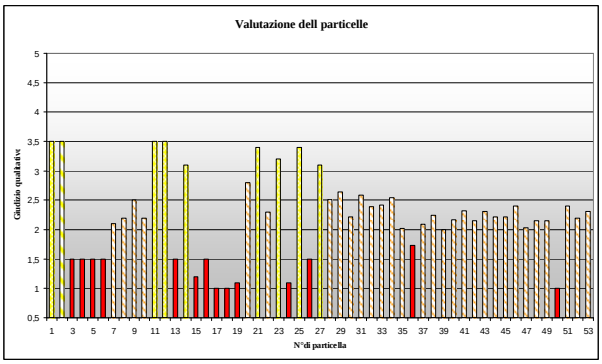


Figura 6 - Valutazioni medie delle particelle forestali analizzate.

Mentre le particelle comunali avevano come fattore limitante le scarse dimensioni, l'elevata frammentazione e la scarsa quantità di materiale esboscabile, le particelle situate presso il monte Mia sono state caratterizzate da una buona vocazionalità di prodotto, ma da una difficile situazione di viabilità ed esboscabilità: fattori che vanno ad aumentare drasticamente i costi di approvvigionamento per la materia prima.

Conclusioni

Il settore forestale può divenire un importante protagonista nel settore energetico, in quanto tutto ciò che si ottiene, sia come scarto (prodotti non commercializzabili, scarti di utilizzazioni forestali, ecc.) sia come prodotto finito (legna da ardere), è potenzialmente utilizzabile per produrre energia.

Da qui deriva dunque l'esigenza di promuovere tutte quelle azioni che possano favorire l'incremento di biomassa disponibile, ma anche la sostenibilità economica ed ecologica di tale azione, come ad esempio la realizzazione di un impianto pilota funzionante a biomassa forestale nel Comune di Pulfero.

Durante la realizzazione del progetto, non solo è stato analizzato il territorio ma è anche stato messo a punto un piano delle utilizzazioni per le particelle boschive del Comune di Pulfero.

Sebbene questo strumento sia stato creato per un'area limitata di territorio, può comunque essere applicato a situazioni simili, anche di dimensioni maggiori.

I principali risultati ottenuti sono:

- ✓ le biomasse presenti non sono sufficienti a soddisfare il fabbisogno energetico richiesto dalla caldaia a cippato;
- ✓ il progetto risulta essere molto costoso;
- ✓ la viabilità forestale non è sufficiente a coprire tutte le particelle (solo 1/3 delle particelle è servito da viabilità) e le strade presenti non sono in condizioni ottimali;
- ✓ i mezzi impiegati sono piuttosto obsoleti, nella maggior parte dei casi i trattori agricoli vengono adattati e impiegati per l'esbosco;

Strategie per la filiera

La sostenibilità della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, ed in particolare quella da biomassa vegetale, trova concretezza e terreno di sviluppo nella interazione tra le istituzioni, gli enti e le comunità locali.

A livello locale, è determinante la capacità di abbinare progetti di recupero, trasformazione e valorizzazione delle biomasse forestali ed agricole con la generazione di energia e la fornitura di servizi di teleriscaldamento al territorio. Dalla gestione coordinata tra impianti di energia da biomassa e i piani di gestione forestale permette di massimizzare le potenzialità produttive ed occupazionali del territorio coniugando le esigenze ambientali con le politiche locali di sviluppo socio – economico:

- coordinare l'offerta e realizzare accordi di filiera nel settore delle foreste demaniali per il recupero di scarti forestali per la produzione di biomassa;
- realizzare impianti industriali per la produzione di energia esclusivamente in una logica di filiera favorendo l'integrazione tra la fase di produzione e approvvigionamento e quella di trasformazione così da assicurare una ricaduta positiva degli interventi sul mondo forestale.

- incentivare la realizzazione di impianti per la produzione di energia a livello locale al fine di ridurre i costi di produzione e/o favorire una diversificazione del reddito agricolo - forestale;
- favorire la produzione di combustibili ottenibili dal bosco che ben si prestano per l'alimentazione di impianti di combustione di piccola e media taglia che risultano interessanti sia per le singole abitazioni sia per piccoli centri abitati;

Soluzioni proposte

Secondo quanto detto precedentemente e dagli studi effettuati, le soluzioni per l'approvvigionamento di materia prima per la caldaia a cippato del Comune di Pulfero risultano essere i seguenti:

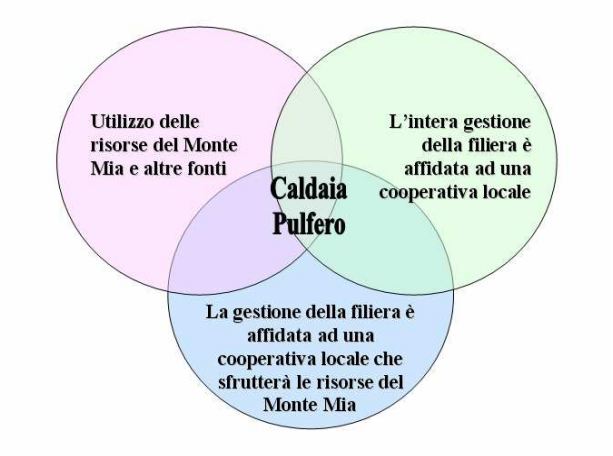


Figura 7 Possibili soluzioni per la gestione della filiera legno – energia.

Soluzione 1 La biomassa necessaria a soddisfare le esigenze della caldaia potrebbe derivare dall'impiego di materia prima proveniente dal monte Mia integrato dall'acquisto di cippato di produzione locale.

Soluzione 2 La gestione dell'intera filiera, dalla produzione del cippato alla vendita del calore, potrebbe essere affidata ad una cooperativa locale In questo modo si andrebbero ad abbassare notevolmente i costi di gestione ma anche di produzione del cippato stesso.

Soluzione 3 La materia prima ottenuta dall'esbosco del monte Mia potrebbe essere integrata da cippato prodotto localmente (preferibilmente), ma affidando sempre la gestione della filiera a una cooperativa locale.

Bibliografia

[1] *AA. VV., 1989. Piano economico dei boschi del monte Mia per il decennio 1989 - 1998 Comune Di Pulfero*

[2] *AA.VV., 1990. Foreste, Uomo, Economia nel friuli Venezia Giulia, Tipografia – Litografia G. Missio*

[3] *AA. VV., 2002 PULFERO – ambiente, storia e cultura, Comune Di Pulfero*

[4] *MEZZALIRA G., BROCCHI COLONNA M., VERONESE M., 2003. Come produrre energia dal legno – Quaderno ARSIA 3*

[5] *ZULLO L., FIORESE G., GATTO M., GUARISO G., CONSONNI S., 2005. Stima della disponibilità di biomassa e alternative di utilizzo energetico: un'applicazione alla provincia di Piacenza. XV Congresso della Società Italiana di Ecologia – Torino 2005*

[6] *AA.VV., 2006. Energia dalle biomasse. Le tecnologie, i vantaggi per i processi produttivi, i valori economici e ambientali. AREA SciencePark, numero 24,*

[7] *MENEGHINI L., F. SÀFFIGNA, 2006. Nuovo impianto di produzione di energia termica ad uso riscaldamento, alimentata a cippato di legno di produzione locale per riscaldamento edifici comunali e privati in rete di teleriscaldamento 1°stralcio.*

[8] *PREDAN S., 2008. ELENA - Energia Legno Natisone. Agriest*

Sitografia

www.regione.fvg.it

www.maps.live.it

SUMMARY

In Friuli Venezia Giulia le foreste occupano circa il 35% dell'intera superficie regionale. Nonostante un

incremento annuo di massa legnosa notevole, a fini energetici vengono utilizzati solo un quarto di queste risorse. In questo quadro si inseriscono degli elementi sfavorevoli, quali l'elevata frammentazione fondiaria sia pubblica che privata, i problemi legati all'orografia montana regionale, l'abbandono della gestione del bosco, lo spopolamento delle aree di montagna che rendono particolarmente difficili e costose le operazioni di esbosco.

Nell'ambito del progetto si è sviluppata un'analisi sulla disponibilità di biomasse forestali da destinare all'impianto di teleriscaldamento del Comune di Pulfero. Attraverso lo studio dei piani di assestamento silvo-pastorale e il censimento delle particelle boschive comunali, è stato messo a punto uno strumento operativo che permette di pianificare ed organizzare in modo razionale le attività di cantiere in base alle caratteristiche dei boschi, della viabilità, delle attrezzature e manodopera da impiegare, nonché i costi delle varie operazioni.

I risultati ottenuti dalla realizzazione del progetto possono essere così riassunti:

- la biomassa esistente non è sufficiente a coprire la necessità dell'intero impianto e la realizzazione del progetto risulta essere molto costosa;
- la viabilità forestale non e ben sviluppata e le strade esistenti, che coprono solamente 1/3 di tutte le particelle, necessitano di interventi di manutenzione.
- Il livello di meccanizzazione è molto basso e il parco macchine andrebbe migliorato, nella maggior parte dei casi si tratta di trattori agricoli adattati all'esbosco.

Key words: biomassa; piano delle utilizzazioni; viabilità forestale; tipologia forestale; tecniche di esbosco; voci economiche;

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano tutti coloro che hanno gentilmente collaborato alla realizzazione del presente lavoro.

Una particolare menzione è rivolta al Sindaco di Pulfero Piergiorgio Domenis, a Lorenzo Cernoia, assessore alla gestione delle risorse presso la Comunità Montana Torre, Natisone e Collio, al dott. Stefano Predan, Sergio Petroni, Francesca Domini, Elisabetta Putignano, Tania Gortani.

EMISSIONI IN IMPIANTI CIVILI PER IL RISCALDAMENTO DOMESTICO

Rino Gubiani, Daniele Dell'Antonia, Daniele Maroncelli, Gianfranco Pergher

Premesse

L'incremento nella concentrazione dei gas ad effetto serra osservato in atmosfera sta cambiando il clima del mondo. È ormai generale il consenso scientifico sull'evidenza dei cambiamenti climatici e sulle relative cause. In particolare, il nuovo rapporto del "Climate Change 2007", l'autorevole Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), conferma le indicazioni generali già presenti nel precedente rapporto del 2001, facendo salire dal 66% al 90% la stima dell'incidenza del fattore antropico sull'innalzamento della concentrazione di gas serra in atmosfera (fig. 1). Secondo questo rapporto intervenire per contrastare le cause dei cambiamenti climatici è un impegno da assumere soprattutto nei confronti delle generazioni future, considerando che le emissioni di CO_2 oggi prodotte resteranno per circa 100 anni nell'atmosfera. Alcuni effetti dei cambiamenti climatici in corso sono già visibili e riguardano l'aumento della temperatura media del pianeta, l'incremento della frequenza di eventi estremi, l'accelerazione della crescita del livello del mare nonché fenomeni di desertificazione e riduzione o modificazione della biodiversità, con effetti anche sul settore agricolo [4].

Per quel che riguarda la mitigazione del cambiamento climatico, il Protocollo di Kyoto rappresenta il primo strumento negoziale per la riduzione concordata a livello internazionale delle emissioni dei gas ad effetto serra. Il Protocollo assegna all'Italia un obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra, da realizzarsi entro il 2012, del 6,5% rispetto ai livelli del 1990. In realtà nel nostro Paese le emissioni, invece di diminuire, sono aumentate del 13%, portando a circa il 20% la riduzione da realizzarsi da oggi al 2012. In attesa di un accordo internazionale, la Commissione Europea indica ai governi nazionali e alle altre istituzioni europee, l'obiettivo di abbattere entro il 2020 le emissioni dei gas serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990, facendo ricorso a interventi di politica energetica, al sistema di scambio delle quote di emissione e ad altre politiche in materia di cambiamenti climatici.

Sulla base di queste affermazioni, si vogliono evidenziare le debolezze strutturali che caratterizzano i sistemi energetici, dove l'agricoltura e le foreste giocano un ruolo importante nel ciclo globale del carbonio, perché possono dare un forte contributo per la riduzione della concentrazione di CO_2 in atmosfera.

L'obiettivo di questo lavoro è raccogliere dei dati per quantificare l'ammontare dei gas ad effetto serra durante la combustione del mais per il riscaldamento di alcune utenze abitative. I dati ottenuti verranno successivamente confrontati con i valori di emissione dei combustibili fossili (metano, GPL e gasolio).

Prof. GIANFRANCO PERGHER Professore Ordinario (pergher@uniud.it), Prof RINO GUBIANI Professore Associato (rino.gubiani@uniud.it), Dr DANIELE DELL'ANTONIA, Dottorando (daniele.dellantonia@uniud.it), Dr DANIELE MARONCELLI, Assegnista (daniele.maroncelli@uniud.it). Dipartimento di scienze agrarie e ambientali (DiSA), Università di Udine, Italia.

Questa ricerca è stata finanziata dalla regione Friuli Venezia Giulia (L.R. 11/2003). Progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali". Coordinatore del progetto: Prof. Pierluigi Bonfanti (Professore Ordinario DiSA)

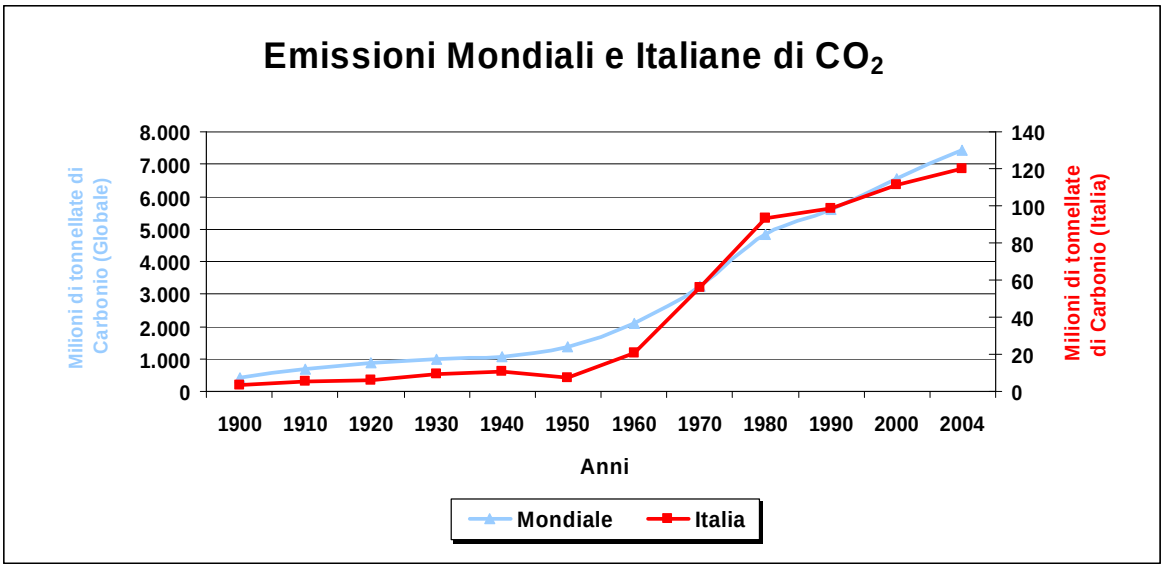


Figura 1 – Andamento delle emissioni di CO_2 in atmosfera dalla combustione di prodotti di origine fossile, dalla produzione di cemento e dalla combustione del gas [6].

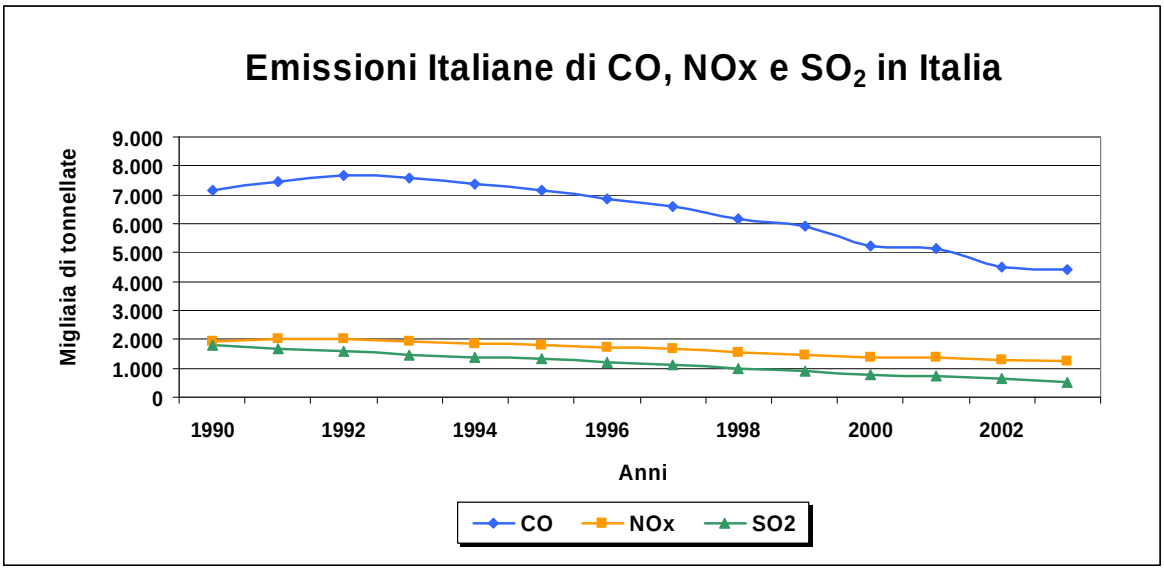


Figura 2 – Andamento delle emissioni di CO, NOx e SO2 in atmosfera da processi energetici (industrie energetiche, industrie manifatturiere e costruzioni, trasporti, emissioni evaporate da carburanti e altri settori) [3].

Materiali e metodi

Tutti i processi di utilizzo termico dei combustibili sono influenzati dal tipo di prodotto utilizzato. Nel caso ideale la combustione rappresenta la completa ossidazione in anidride carbonica (CO_2) e acqua (H_2O). Per le biomasse la combustione avviene in tre fasi principali: essiccazione (evaporazione dell'acqua), pirolisi-gassificazione (degradazione della biomassa in assenza o parziale presenza di ossigeno) e in fine l'ossidazione del carbone e dei gas combustibili [14]. Gli impianti di conversione termica presi in considerazione per la sperimentazione sono state delle piccole caldaie utilizzate per il riscaldamento domestico, con delle potenze comprese tra i 20 e i 30 kw(t). Le caldaie a biomassa presentano delle fasi di accensione e spegnimento molto lunghe, al contrario delle caldaie a combustibile fossile. Per risolvere questa problematica si utilizzano delle soluzioni impiantistiche che prevedono l'installazione di un accumulatore termico (buffer). Questo permette un miglioramento delle prestazioni

termiche e una riduzione delle emissioni in atmosfera, che risultano più elevate nelle fasi di accensione e spegnimento.

Lo scopo delle analisi è stato quello di determinare le emissioni di inquinamento (CO, NO, NO_2, NOx, SO_2 and CO_2) durante la combustione. I dati delle emissioni delle caldaie a mais granella sono stati confrontati con i valori ottenuti durante l'utilizzo di combustibili fossili in analoghi impianti. I gas di emissione sono stati misurati con un dispositivo professionale di analisi in semicontinuo (MRU Vario Plus):

- O_2, NO, NO_2 and SO_2, sono stati misurati direttamente con un sensore elettrochimico;
- CO_2, CO e idrocarburi incombusti (CH_4) sono stati misurati direttamente con un sensore a infrarossi;
- gli NOx sono stati calcolati dalla somma di NO e NO_2;
- la temperatura ambiente e dei gas è stata misurata direttamente con una termocoppia.

I valori sono misurati in parti per milione (ppm) e successivamente espressi in mg/m^3 come richiesto dalla legge (decreto ambientale n.152 del 2006). La concentrazione in massa di un inquinante nei fumi si esprime generalmente come massa di inquinante per unità di volume dei fumi in condizioni di riferimento. Questo per evitare che si possano artificiosamente "diluire" gli inquinanti aggiungendo aria di combustione in eccesso. Proprio per questo motivo le "condizioni di riferimento" secondo il decreto ambientale n.152 del 2006, fissano un limite al tenore residuo di ossigeno nei fumi (3% per i combustibili liquidi e gassosi, 6% per il carbone ed 11% per gli altri combustibili solidi). Inoltre i dati in mg/m^3 sono stati convertiti in mg/MJ di energia contenuta nel combustibile, in modo da valutare i valori in relazione all'effettiva energia prodotta dall'impianto.

Le emissioni di gas sono state misurate in un specifico punto della canna fumaria, distante almeno tre volte il diametro da curve o restringimenti. La sonda di prelievo viene inserita nel camino in posizione perpendicolare rispetto al flusso dei gas emessi durante la combustione. Dopo l'accensione della caldaia, si è atteso circa venti minuti che la caldaia entrasse a regime prima di iniziare a registrare i dati con intervalli di un secondo per un periodo di sessanta minuti.

Parametro	Unità di misura	Metano	GPL (1)	Gasolio	Legno vergine di conifera (2)	Legno vergine di caducifoglie (2)	Granella di orzo (3)	Granella di Mais
Carbonio – (C)	wt% (d.b.)	75	82	85,3	50,8	48,8	45,1	45,74
Idrogeno – (H)	wt% (d.b.)	25	18	12,7	6,3	6,2	6,5	6,46
Zolfo - (S)	wt% (d.b.)	-	-	1	0,02	0,02	0,1	0,11
Azoto – (N)	wt% (d.b.)	-	-	-	0,1	0,1	2	1,6
Ossigeno – (O)	wt% (d.b.)	-	-	-	41,9	43,9	44,1	44,49
Umidità	wt% (d.b.)	-	-	-	20	20	14	14
Ceneri	wt% (d.b.)	-	-	-	0,3	0,3	2	1,6
P.C.I.	MJ/kg (d.b.)	47,7	46	43,1	19,1	18,9	17,05	17,7
	MJ/kg (w.b.)	47,7	46	43,1	14,8	14,6	14,7	15,2

Tabella 2 – Proprietà chimico-fisiche dei combustibili.

Sono state monitorate le emissioni di sei differenti tipi di combustibile che vengono utilizzati per il riscaldamento in Friuli Venezia Giulia (tab. 2):

- mais granella (umidità 14%);
- orzo (umidità 14%);
- legno in ciocchi (umidità 14%);
- metano;
- gasolio;
- GPL.

Per la granella di mais si sono considerate tre differenti tipi di caldaie, che nella sperimentazione vengono definite come A, B e C.

Risultati

I risultati ottenuti durante la sperimentazione sono stati elaborati e sono riportati nelle tabelle 3 e 4. I dati presenti nella tabella 3 sono la media di 60 minuti di analisi in continuo, rapportati ad un valore di ossigeno nell'effluente gassoso dell'11%, mentre i valori della tabella 4 sono rapportati al contenuto energetico dei combustibili utilizzati nella sperimentazione. In questo modo i valori sono confrontabili tra loro anche se derivano da impianti di combustione e situazioni operative diverse. Infatti, le emissioni in atmosfera sono influenzate dalla composizione chimica dei combustibili. I dati sono stati analizzati in base al tipo di inquinante presente nell'effluente gassoso.

Emissioni di biossido di carbonio

L'anidride carbonica emessa dalla combustione di biomassa ha valori mediamente superiori del 30-35% rispetto ai combustibili fossili (fig. 5).

In riferimento all'efficienza di conversione energetica all'interno della camera di combustione, la somma delle concentrazioni di ossigeno e biossido di carbonio presenti negli effluenti gassosi durante la combustione di biomassa, risulta essere simile per tutte le caldaie di tipo familiare (O_2+CO_2=20%) (fig. 6).

Caldaia	Ossigeno (O_2) (%)	Anidride carbonica reale (CO_2) (%)	Anidride carbonica (CO_2) (%) (1)	Monossido di carbonio (CO) (mg/m^3) (1)	Ossidi di azoto (NOx) (mg/m^3) (1)	Biossido di zolfo (SO_2) (mg/m^3) (1)
Mais A	*15,1*	*5,4*	*9,3*	*1.168*	*444*	*161*
Mais B	*17,1*	*3,5*	*9,0*	*737*	*687*	*106*
Mais C	*9,8*	*10,5*	*9,4*	*167*	*708*	*105*
Orzo A	*19,3*	*1,6*	*9,2*	*727*	*669*	*166*
Cippato	*11,2*	*9,5*	*9,5*	*2.493*	*436*	*0*
Gasolio	*9,5*	*8,2*	*7,2*	*6*	*111*	*90*
GPL	*11,4*	*6,3*	*6,5*	*31*	*195*	*0*
Metano	*12,8*	*4,4*	*5,2*	*42*	*115*	*1*
Stufa	*15,7*	*5,1*	*9,5*	*6.583*	*150*	*17*
(1) Dati in condizioni di riferimento dell'11% di ossigeno residuo						

Tabella 3 – Emissioni totali nella combustione in caldaie di tipo famigliare espressi in condizioni di riferimento.

Emissione di monossido di carbonio

Nella combustione di biomassa le emissioni di monossido di carbonio sono molto alte in confronto ai combustibili fossili, perché non c'è una buona miscelazione tra i biocombustibili solidi e l'aria, con un sufficiente tempo di permanenza ad alte temperature. Risulta chiaro quindi che le condizioni di combustione influenzano il contenuto di inquinanti nei fumi. Per questo motivo i valori più elevati sono stati rilevati durante la combustione nelle stufe tradizionali, perché i ciocchi di legno presentano dimensioni tali da bruciare in modo non uniforme (fig. 7). I valori più bassi per il mais sono stati registrati nella caldaia "C, con valori nettamente inferiori rispetto alle altre caldaie che utilizzano lo stesso combustibile.

Caldaia	Ossigeno (O_2) (%)	Anidride carbonica reale (CO_2) (mg/MJ)	Monossido di carbonio (CO) (mg/MJ)	Ossidi di azoto (NOx) (mg/MJ)	Biossidi di zolfo (SO_2) (mg/MJ)
Mais A	15,1	94.753	366	239	59
Mais B	17,1	94.753	378	358	58
Mais C	9,8	94.753	80	362	54
Orzo A	19,3	96.989	386	357	89
Cippato	11,2	97.522	499	223	0
Gasolio	9,5	72.312	2	56	44
GPL	11,4	65.362	16	74	0
Metano	12,8	57.652	22	50	0
Stufa	15,7	97.522	3.020	78	10
MJ = Energia riferita al potere calorifico netto del combustibile					

Tabella 4 – Emissioni totali nella combustione in caldaie di tipo famigliare espressi in MJ di energia contenuta nel combustibile.

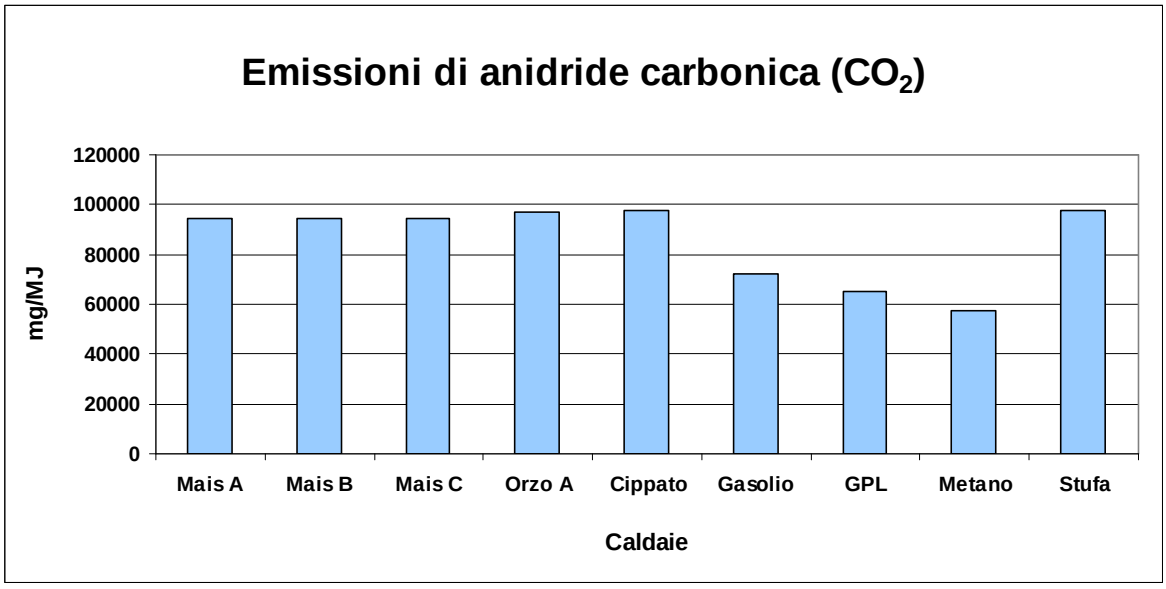


Figura 5 – Emissioni di anidride carbonica nella combustione.

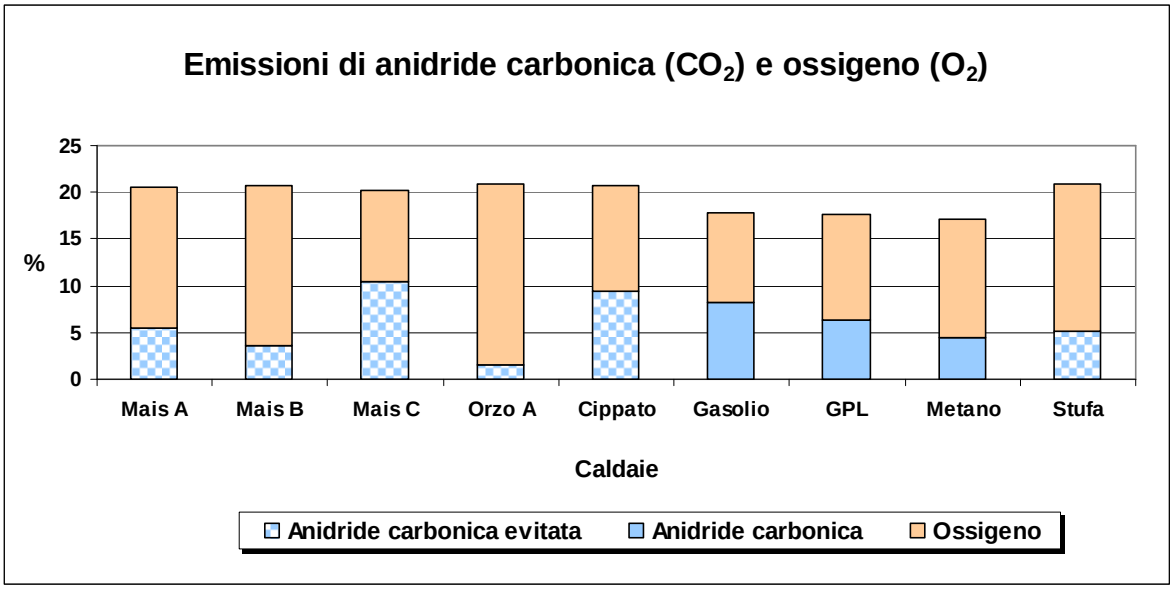


Figura 6 – Emissioni reali di biossido di carbonio e ossigeno nella combustione.

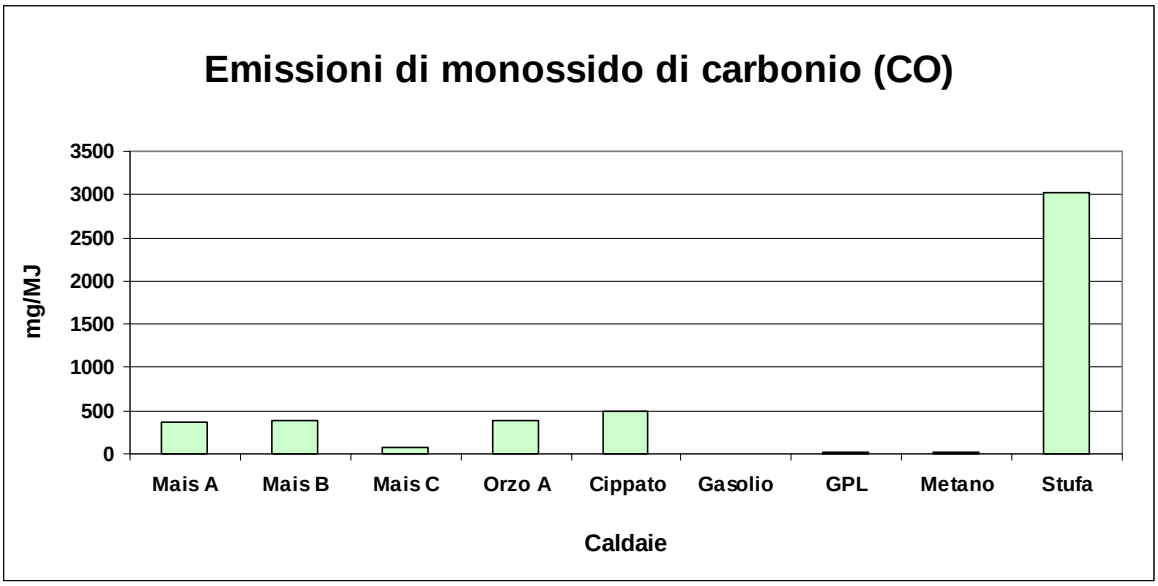


Figura 7 – Emissioni di monossido di carbonio nella combustione.

Emissioni di ossidi di azoto

La granella di mais presenta una elevata percentuale di azoto rispetto al legno (tab. 1). Durante la combustione l'azoto presente nel combustibile è quasi interamente convertito in N_2 e ossidi di azoto (NO e NO_2). Solo una piccola percentuale di azoto rimane nelle ceneri dopo la combustione [14].

Il principale meccanismo di formazione degli NOx nei biocombustibili solidi è l'ossidazione dell'azoto contenuto nel combustibile stesso, quando la temperatura di combustione è compresa tra 800-1.200℃. I fattori determinanti sono quindi la concentrazione di azoto nella biomassa, la concentrazione di ossigeno e la temperatura nell'area di fiamma (fig. 8) [13 e 14].

Contrariamente, i prodotti di origine fossile non presentano azoto nella loro composizione chimica. In questa situazione gli NOx che si formano durante la combustione sono riconducibili a reazioni tra l'azoto e l'ossigeno presente nell'aria ad elevate temperature (T<1300 ℃). Il fattore determinante in questo meccanismo è quindi la massima temperatura nella zona di combustione [13 e 14].

Emissioni di ossidi di zolfo

Lo zolfo contenuto nei combustibili forma principalmente emissioni gassose di SO_2. Le emissioni medie di ossidi di zolfo nella combustione della granella di mais sono 58 mg/MJ, in confronto alle caldaie a gasolio che presentano valori di 44 mg/MJ. Le stufe e le caldaie a biomassa legnosa presentano valori molto bassi, perché il legno contiene una concentrazione minore di zolfo rispetto alle piante erbacee (fig. 8).

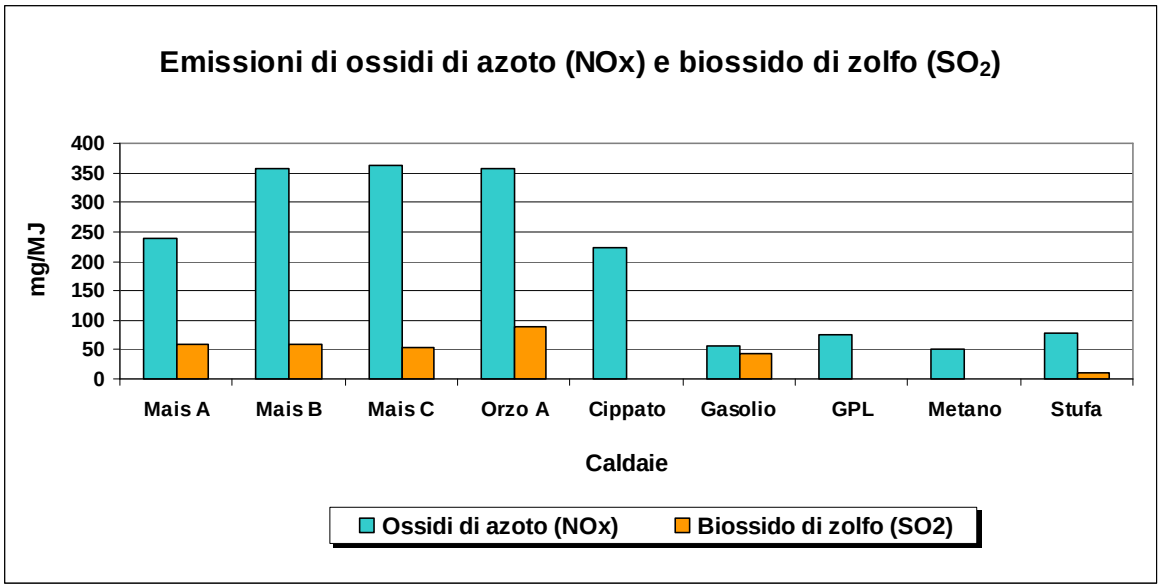


Figura 8 – Emissioni di ossidi di azoto e biossido di zolfo nella combustione.

Conclusioni

I dati raccolti hanno evidenziato una minore concentrazione di sostanze inquinanti (CO_2, CO, NOx, SO_2) nei fumi emessi dalle caldaie a combustibile fossile rispetto agli impianti a mais granella. Questo perché i combustibili di origine fossile presentano una composizione chimica più semplice, caratterizzata da elevate percentuali di carbonio e idrogeno, che permettono di ottenere una migliore efficienza di combustione rispetto alla biomassa di origine vegetale. Tuttavia, lo zolfo, l'azoto e il carbonio emessi dalla combustione di biomassa a livello locale è a ciclo chiuso. Infatti, l'anidride carbonica rilasciata attraverso la combustione è pari a quella che la pianta ha assorbito nell'arco della sua vita per produrre una quantità uguale di sostanza organica attraverso il processo di fotosintesi. Per quanto riguarda l'azoto e lo zolfo, questi elementi vengono assorbiti dalla pianta attraverso l'apparato radicale.

Il dato più interessante è emerso dalla forte influenza della tecnologia impiantistica per le caldaie a biomassa in relazione efficienza di combustione e quindi alla riduzione delle emissioni gassose in atmosfera. Infatti, negli ultimi anni le caldaie a biomassa hanno subito un progresso tecnologico, che nel prossimo futuro permetterà di portare ad una riduzione delle emissioni a valori simili a quelli che si verificano per impianti che utilizzano fonti non rinnovabili.

Bibliografia

[1] *Rapporto "Climate Change 2007",* Intergovernmental Panel on Climate Change.

[2] AGO. *Global warming cool it: a home guide to reducing energy costs and greenhouse gases,* Canberra: Australian Greenhouse Office; 2002.

[3] *Relazione energia ambiente 2005,* ENEA. "Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente", Lungotevere Thaon di Revel, 76 00196 – Roma.

[4] *Relazione energia ambiente 2006,* ENEA. “Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente”, Lungotevere Thaon di Revel, 76 00196 – Roma.

[5] *Statistiche dell’agricoltura 2001-2002,* ISTAT. Istituto nazionale di statistica, via Cesare Balbo, 16 – Rome.

[6] ANDRES B., ANDRES R.J., BODEN T. *Global CO_2 Emissions.* Gregg Marland, Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge, Tennessee 37831-6335.

[7] GUBIANI R., LAZZARI M. *Esperienze di combustione di granella di mais di bassa qualità in un impianto civile di bassa potenza termica completamente automatizzato,* AIIA 2005 “l'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea”, Catania 27-30 June 2005.

[8] KRISTIN A., RAYMER P. *A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy,* Biomass and Bioenergy 30 (2006) 605–617

[9] PAUL K.I., BOOTHT.H., ELLIOTT A., KIRSCHBAUM M.U.F., JOVANOVIC T., POLGLASE P.J. *Net carbon dioxide emissions from alternative firewood-production systems in Australia,* Biomass and Bioenergy 30 (2006) 638–647

[10] KOYUNCU T., PINAR Y. *The emissions from a space-heating biomass stove,* Biomass and Bioenergy 31 (2007) 73–79.

[11] WAHLUND B., YAN J., WESTERMARK M. *Increasing biomass utilisation in energy systems: A comparative study of CO_2 reduction and cost for different bioenergy processing options,* Biomass and Bioenergy 26 (2004) 531 – 544.

[12] OLSSON M., KJÄLLSTRAND J. *Emissions from burning of softwood pellets,* Biomass and Bioenergy 27 (2004) 607–611.

[13] TEIXEIRA F.N., LORA E.S. *Experimental and analytical evaluation of NOX emissions in bagasse boilers,* Biomass and Bioenergy 26 (2004) 571 – 577.

[14] OBERNBERGER I., BRUNNER T., RNTHALER G.B. *Chemical properties of solid biofuels—significance and impact,* Biomass and Bioenergy 30 (2006) 973–982.

LO SVILUPPO DELLE BIOMASSE ATTRAVERSO LA GESTIONE DELLA SICUREZZA SUL LAVORO NEL SETTORE AGRO-FORESTALE

G Zoppello; R.Gubiani ;S.R.S.Cividino; F.Capone; M.Vello.

L'importanza della sicurezza nel contesto agroforestale

Le ditte boschive sono tradizionalmente considerate il punto di passaggio fra la proprietà boschiva, la selvicoltura e l'industria del legno. Più di recente la realtà del lavoro in bosco sta assumendo un'importanza crescente per l'interesse sempre maggiore dell'opinione pubblica in ambito ambientale, che va da una sensibilizzazione al problema degli incendi boschivi alla vera e propria gestione sostenibile dei patrimoni forestali, con un occhio di riguardo per la ricaduta positiva che una buona gestione del territorio e delle sue componenti ambientali può avere sul turismo. Creare o mantenere posti di lavoro in zone montane ha inoltre un importante riflesso nel contrastare l'abbandono della montagna. In questo momento le richieste (e le politiche) nel settore si stanno evolvendo: cresce la domanda di servizi connessi al bosco e cresce la domanda di imprese che lavorino con attenzione agli aspetti sociali e ambientali. Al contempo le problematiche connesse alla montagna (isolamento,spopolamento abbandono, difficoltà per le imprese) continuano ad essere un fattore centrale nel condizionare le imprese che vi lavorano, tanto più se si considera la situazione concorrenziale che si verrà probabilmente a creare con l'allargamento ai Paesi dell'Est Europa (Pettenella, 2003). Inoltre le ditte boschive devono far fronte a dei problemi che riguardano diversi aspetti del loro lavoro:

la concorrenza con ditte che lavorano in maniera irregolare, da cui la necessità di un riconoscimento della loro professionalità e una maggiore attenzione anche dal punto di vista fiscale e previdenziale; la necessità di qualificarsi in ambito di responsabilità sociale e ambientale per risultare adeguate alle crescenti richieste da parte dell'opinione pubblica; una responsabilità crescente per gli aspetti che riguardano la salute e la sicurezza sul lavoro. (Manzato 2005) Le ditte boschive si trovano, dunque, di fronte a una serie di problematiche sia connesse all'ambito territoriale in cui lavorano che alle nuove necessità di crescita e affermazione. I temi della responsabilità sociale, ambientale, della sicurezza sul luogo di lavoro, della professionalità sono centrali in questo ambito. Inoltre la figura dell'operatore forestale è sicuramente unica nel suo genere. Considerando il tipo di attività svolta, le caratteristiche dell'organizzazione del lavoro, del luogo di operazione e degli strumenti utilizzati, si può affermare che il lavoro dell'operatore forestale è indubbiamente non assimilabile ad altre attività, anche apparentemente simili per qualche aspetto (operaio di fabbrica, operaio agricolo etc).

Prof. GIORGIO ZOPPELLO Professore Ordinario (gzoppello@uniud.it); Prof. RINO GUBIANI Professore Associato (rino.gubiani@uniud.it); Dr S.R.S. Cividino, dottorando (labagro@cirmont.it); Dr FEDERICO CAPONE, assegnista (federico.capone@uniud.it); Drssa MICHELA VELLO, dottoranda, (michela.vello@uniud.it)

Questa ricerca è stata finanziata dalla regione Friuli Venezia Giulia (L.R. 11/2003). Progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali". Coordinatore del progetto: Prof. Pierluigi Bonfanti (Professore Ordinario DiSA)

Proprio perché singolare vi è la necessità di poter svolgere l'attività forestale "in sicurezza" e nel rispetto delle norme di prevenzione protezione e benessere del lavoratore.

A tal fine sono necessarie:

- grande professionalità da parte di chi la pratica;
- approfondita conoscenza delle problematiche e delle casistiche che la caratterizzano di tutti coloro che organizzano e gestiscono tale attività;
- il rispetto delle norme di sicurezza, stabilite per legge o che derivano dall'esperienza.

IL Testo Unico sulla Sicurezza stabilisce che il datore di lavoro, eventualmente affiancato da esperti e collaboratori, valuti attentamente tutte le situazioni che possono esporre il lavoratore a rischio di infortunio e di malattia.

In questo modo si potrà successivamente dar luogo agli interventi preventivi e al programma di miglioramento delle condizioni di sicurezza e igiene (F. Piegai).

Obiettivo

Obiettivo di questo lavoro è quello di individuare, attraverso un'attenta analisi del contesto lavorativo, i rischi presenti all'interno del settore, arrivando a definire gli interventi necessari per diminuirne la probabilità di accadimento.

Nello specifico, si prende in considerazione l'attività lavorativa degli operatori forestali, gli eventuali rischi e le misure di prevenzione e protezione per l'ottenimento di adeguate condizioni di sicurezza sul lavoro.

Un approccio corretto alla tematica della sicurezza

L'analisi del contesto

Il seguente studio è stato sviluppato utilizzando una metodologia sistemica e sistematica volta a definire quegli elementi di gestione della sicurezza che possano essere utilizzati in diversi contesti e diversi scenari, partendo dalla ditta boschiva a conduzione familiare fino a giungere all'impresa di medie dimensioni strutturata ed organizzata.

(L'intero disegno metodologico è conforme all'adempimento degli articoli ex 17 e 28 del Testo unico del 2008.)

La prima parte del lavoro si è dunque sviluppata attraverso un'analisi del contesto, ovvero un'analisi del settore nelle sue diverse fasi cui ha fatto seguito l'individuazione dei rischi maggiormente presenti.

La prima di queste fasi riguarda il sopralluogo conoscitivo nella zona ove si andrà a installare il cantiere, allo scopo di valutare i rischi connessi alle lavorazioni da eseguire in quel determinato ambiente ed in relazione anche alla scelta delle macchine ed attrezzature da impiegare durante le lavorazioni, per poter pianificare ed organizzare il lavoro e la sicurezza degli addetti.

Segue poi la fase di preparazione-allestimento del cantiere.

Figura 1 - Esempio di segnaletica da applicare all'esterno di un cantiere forestale. (fonte Regione Piemonte "io scelgo la sicurezza")

Solitamente i cantieri investono una porzione di territorio molto ampia, con caratteristiche orografiche a volte difficili dovute alle pendenze significative che caratterizzano i boschi.

Una volta effettuato il sopralluogo preliminare e stabilite quelle che sono le scelte tecniche e le procedure da adottare, il datore di lavoro (o un'altra persona esperta da questi delegata) provvede a:

- segnalare la presenza del cantiere forestale tramite segnali di divieto, pericolo ed avvertimento, predisposti in prossimità dei passaggi ufficiali (viabilità principale e secondaria e sentieri per escursionisti) o in prossimità di zone interessate a particolari operazioni come per esempio l'area di arrivo del legname avallato tramite le risine (canalette). Per la segnalazione del cantiere vengono utilizzati pali in legno, transenne metalliche, nastri di segnalazione colorati (fettucce bianco/rosse) e cartelli di avvertimento, di pericolo e/o di divieto.
- indicare l'esistenza di ostacoli e/o di situazioni di pericolo lungo le strade e le piste forestali da percorrere con autoveicoli e/o trattrici;
- dotare il cantiere delle macchine ed attrezzature che saranno impiegate durante le lavorazioni;
- determinare il numero ed i nominativi degli addetti che faranno parte della squadra di lavoro fra i quali dovrà essere individuato il capo squadra e/o il capo cantiere;
- informare i lavoratori sull'eventuale presenza di linee elettriche aree;
- equipaggiare la squadra di pacchetto di medicazione e telefoni cellulari;
- informare il capo squadra e/o il capo cantiere ed i lavoratori sulle procedure da tenere in caso di emergenza;
- predisporre un cartoncino contenente i numeri utili per le eventuali situazioni di emergenza che riporti anche le indicazioni dell'esatta posizione del cantiere, in modo da poter essere raggiunti agevolmente dai soccorritori.

Inoltre deve essere prevista un'area con funzioni di campo base, avente sufficiente spazio per le manovre, presso la quale vengono parcheggiati i mezzi.

Tali aree servono anche come zone per lo scarico ed il deposito temporaneo di eventuali attrezzature da impiegarsi durante le lavorazioni.

I mezzi devono essere parcheggiati in modo da non ostacolare l'accesso ai soccorritori e che almeno uno degli automezzi, impiegati per il trasporto del personale, sia parcheggiato in posizione pronto alla partenza e direzionato verso la via per raggiungere un punto d'incontro con gli eventuali soccorritori o per raggiungere nel più breve tempo possibile il più vicino pronto soccorso. È importante la presenza di infrastrutture come rifugi e baracche presso i quali i lavoratori potrebbero ripararsi in caso di intemperie o adibiti a punti di ristoro.

Figura 2 - Segnalazione presso un cantiere forestale (fonte I.S.P.E.S.L.)

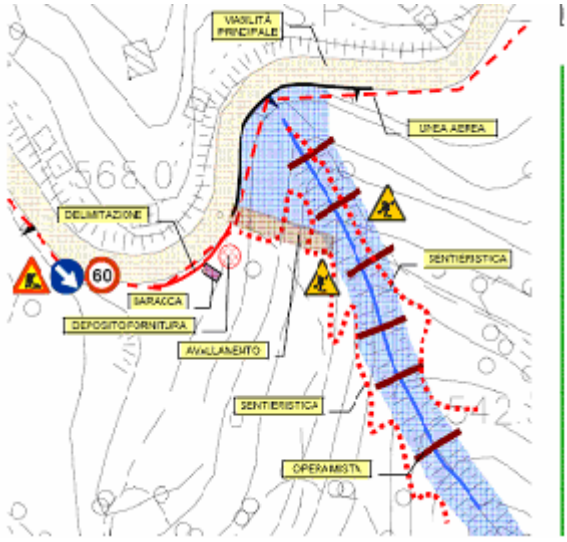


Figura 3 - Esempio di una corretta gestione ed organizzazione di un cantiere Forestale (Fonte schede anagrafiche della Regione Friuli Venezia Giulia)

In relazione alla durata dei lavori e alla distanza del cantiere da centri abitati è inoltre necessario mettere a disposizione dei lavoratori una struttura adibita a rifugio con una riserva di acqua potabile.

Per quanto riguarda la dotazione di carburanti ed oli per le motoseghe e per le trattrici impiegate per lo svolgimento dei lavori, questi devono essere portati presso il cantiere in taniche. La miscelazione benzina/oli per preparare il combustibile per le motoseghe è effettuata presso i centri aziendali.

La fase successiva comprende le operazioni di abbattimento, esbosco e trasporto.

Le piante da abbattere vengono scelte in relazione al tipo di conduzione del bosco ma può accadere e spesso accade, che si debbano tagliare piante danneggiate da agenti atmosferici o da movimenti di frana (piante a terra e/o piante troncate).

Una volta individuata la pianta da abbattere, l'operatore provvede al suo atterramento mediante il taglio, nella zona del colletto, del fusto dalla ceppaia, utilizzando la tecnica di abbattimento più indicata per orientare l'albero verso la direzione di caduta prescelta. Il taglio è effettuato in modo diverso a seconda delle dimensioni (diametro) della pianta ed in relazione alla pendenza naturale di questa. L'operazione di esbosco consiste nella movimentazione di alberi, fusti o toppi dal punto di concentramento fino agli imposti seguendo vie di esbosco.

<u>L'individuazione dei rischio e le misure di prevenzione e protezione</u>

Il successivo passo del presente lavoro ha previsto l'identificazione dei rischi associati alle fasi di produzione, attraverso la costruzione di linee guida e di protocolli applicativi.

Le attività degli operatori forestali determinano dei rischi "generici" e dei rischi "specifici" cioè legati ad ogni singola attività praticata.

I rischi generici**,** che concisamente possono essere così individuati:

1) derivanti dalle caratteristiche del terreno (pendenza, accidentalità, ostacoli): cadute e scivolamenti;
2) legati alla vegetazione: caduta di rami, frustate di rami e urti contro arbusti e rovi;
3) originati da fattori biotici: morsi e/o graffi di canidi e piccoli mammiferi, morso di vipere, puntura di zecche o di insetti e tetano;
4) causati dalle condizioni climatiche: basse o alte temperature, agenti meteorici, irraggiamento e fulmini.

Vi è poi una serie di rischi specifici, quali quelli derivanti dall'uso delle macchine ed attrezzature di lavoro:

- Trattrici ed autoveicoli: ribaltamento, impennamento, perdita di controllo. Contusioni, fratture, ferite, e lesioni agli organi interni. Cadute durante la salita e la discesa dai mezzi. Contatto con superfici calde (motore, tubo scarico) o ustioni, rumore, vibrazioni, esposizione a gas di scarico a vapori di carburanti ed oli;
- Falci, roncole ed altri attrezzi da taglio:
- contatto con lame taglienti, ferite da taglio, contusioni, fratture, amputazioni. Rottura causata da operazione errata, perdita di controllo, strappi muscolari.
- Mazze, pale e picconi: rottura dovuta ad operazione errata, perdita di controllo, ferite, contusioni, fratture e strappi muscolari.

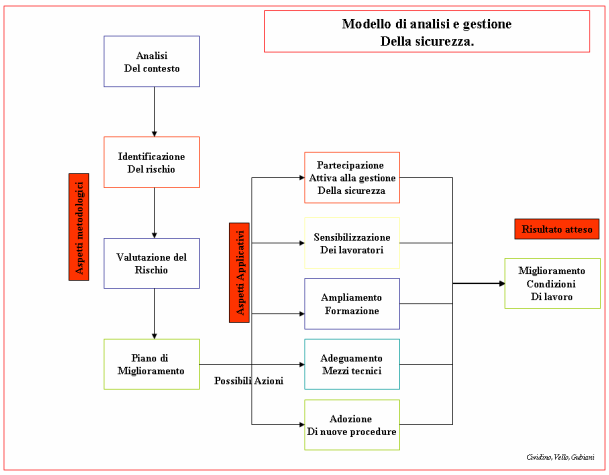
I rischi dovuti alle caratteristiche del terreno, alla vegetazione, ai fattori biotici ed alle condizioni climatiche, rientrano nella casistica dei rischi detti "trasversali" ossia comuni a tutte le lavorazioni.

Ultimata l'analisi dei rischi, sono stati presi in considerazione degli interventi attuabili al fine di poter ridurre la frequenza degli stessi e la gravità dei danni potenziali.

Figura 4 - Trattrice ribaltata (fonte Regione Piemonte "io scelgo la sicurezza")

La gestione del rischio

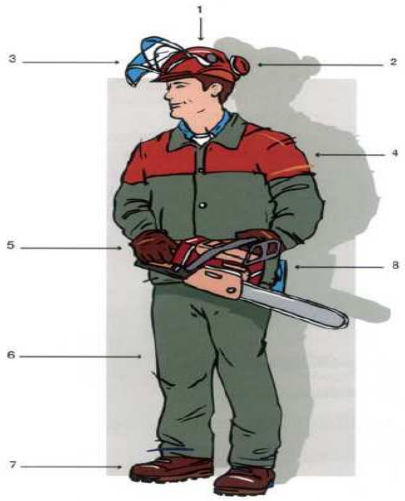
In questa fase è stata posta l'attenzione su come migliorare oggettivamente le condizioni di lavoro e su come aumentare il grado di benessere e di sicurezza dei lavoratori.



Schema 1: Metodologia di lavoro

Gli interventi possibili per ridurre il rischio di incidenti sul lavoro sono individuati tramite:

- - un'appropriata dotazione di Dispositivi di Protezione Individuali (elmetto, visiera, abbigliamento antitaglio e con inserti colorati, guanti antitaglio, calzature di sicurezza, etc);
- - una buona conoscenza da parte degli operatori forestali degli eventuali rischi biotici e delle azioni da effettuare in caso di necessità;
- - visite mediche periodiche e vaccinazioni eventuali;
- - corsi di aggiornamento.



1	Casco di protezione
	Cuffie
3	La mascherina o la reticella contro la proiezione di schegge
,5,6	Una tuta da lavoro comoda (giubbotto e pantaloni da lavoro), di colore vivace per essere visti dai colleghi, con rinforzi antitaglio su addome e arti inferiori
7	I guanti da lavoro (resistenza meccanica ed al taglio)
8	Kit di emergenza (cassetta pronto soccorso,acqua, ricetrasmittente o telefonino)

Figura 5 - Esempio di equipaggiamento di protezione per un 'operatore forestale. (fonte Regione Piemonte "io scelgo la sicurezza")

Per quanto concerne i rischi ascrivibili alle condizioni climatiche, è opportuno dotare il cantiere di un rifugio per il personale in caso di avverse condizioni meteorologiche.

Gli interventi da attuare per diminuire la percentuale di incidenti dovuti ai rischi "specifici" devono essere esaminati singolarmente.

I rischi legati all'uso delle macchine (trattrici ed autoveicoli) possono essere di varia natura. Effettuando un'opportuna predisposizione del cantiere forestale si possono ottenere dei risultati soddisfacenti. Al fine di evitare fenomeni di ribaltamento e impennamento è buona norma effettuare carichi di medie dimensioni e applicare le corrette tecniche per il superamento dei dossi. Naturalmente le macchine devono essere in buono stato di efficienza e garantire la sicurezza degli operatori.

Passando ai rischi dovuti all'uso di attrezzature da taglio, falci, roncole ed altri attrezzi si affronta indubbiamente l'argomento più complesso e corposo. L'operatore forestale lavora a stretto contatto con gli attrezzi taglienti, sia di tipo manuale che motorizzato. La motosega e l'accetta sono causa della percentuale maggiore degli infortuni registrati sul lavoro. Possibili rimedi sono dati dall'impiego di motoseghe dotate di dispositivi di protezione (fodero barra, scudo paramano anteriore e posteriore, perno prendi catena, catena a maglie kick-back, freno catena, bloccaggio grilletto acceleratore, leva comando combinato starter-spegnimento, decompressore), nonché l'uso di Dispositivi di Protezione Individuali (D.P.I.) dotazione personale (già citata) e utilizzo di ortoprotettori.

Considerando gli altri attrezzi di uso frequente, questi sono portati appesi ad appositi cinturoni porta attrezzi. La roncola può essere trasportata appesa ad un gancio di sostegno oppure inserita in una fondina applicata ai pantaloni dell'operatore. Quando questi attrezzi non sono impiegati, le parti taglienti devono essere protette con i copri lama, che di solito sono in cuoio o in materiale plastico. Durante l'uso di tali attrezzature, gli operatori devono indossare guanti di protezione, calzature antinfortunistiche con suola antisdrucciolo e puntale in acciaio. I manici devono avere buona presa con protezione all'innesto della lama per impedire lo scivolamento della mano verso la parte tagliente.

Gli attrezzi devono essere mantenuti in buono stato di conservazione, col manico non scheggiato e senza segni di rottura; le parti taglienti devono essere ben affilate.

Inoltre durante le fasi di lavoro, è importante mantenere adeguate distanze tra gli operatori per evitare di essere colpiti da attrezzi che sfuggono di mano a causa di rotture o per errore. Tutti gli attrezzi devono riportare il marchio CE per essere a norma.

A volte gran parte dei rischi sono dovuti ad un affaticamento fisico dell'operatore, e quindi spesso è risultato importante regolare una distribuzione adeguata delle pause lavorative della durata di 5-10 minuti per ogni ora di lavoro.

È rilevante organizzare il lavoro considerando l'alternanza di lavori statici (abbattimento) a quelli dinamici (uso di attrezzi manuali) valutando nella fattispecie: il sollevamento dei carichi che deve essere eseguito mantenendo la schiena diritta e agendo con la muscolatura delle gambe, nonché l'utilizzo prolungato di macchine e utensili portatili che causano vibrazioni. Questi possono arreccare danni alla salute con patologie localizzate a carico dell'apparato vascolare, di quello nervoso e di quello muscolo-scheletrico.

Non meno rilevante è l'allestimento che riguarda ogni singolo operatore forestale:

1. ciascun lavoratore deve prendersi cura della propria sicurezza e della propria salute e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro, su cui possono ricadere gli effetti delle sue azioni o omissioni, conformemente alla sua formazione ed alle istruzioni e ai mezzi forniti dal datore di lavoro;
2. in particolare i lavoratori:
   - osservano le disposizioni e le istruzioni impartite dal datore di lavoro, dai dirigenti e dai preposti ai fini della protezione collettiva ed individuale;
   - utilizzano correttamente i macchinari, le apparecchiature, gli utensili, le sostanze e i preparati pericolosi, i mezzi di trasporto e le attrezzature di lavoro, nonché i dispositivi di sicurezza;
   - utilizzano in modo appropriato i dispositivi di protezione messi a loro disposizione;
   - segnalano immediatamente al datore di lavoro, al dirigente al preposto le deficienze dei mezzi e dispositivi, nonché le eventuali altre condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza, adoperandosi direttamente, in caso di urgenza, nell'ambito delle loro competenze e possibilità, per eliminare o ridurre tali deficienze o pericoli, dandone notizia al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza;

- non rimuovono o modificano senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza o di segnalazione o di controllo;
- non compiono di propria iniziativa operazioni o manovre che non sono di loro competenza ovvero che possono compromettere la sicurezza propria o di altri lavoratori;
- si sottopongono ai controlli sanitari previsti nei loro confronti;
- contribuiscono, insieme al datore di lavoro, ai dirigenti, ai preposti, all'adempimento di tutti gli obblighi imposti dall'autorità competente o comunque necessari per tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori durante il lavoro

La quantificazione del rischio

L'ultima fase del lavoro ha previsto una quantificazione del rischio sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo; questa fase rimane strategica per la costruzione di piani di miglioramento e per adempiere alle richieste formali del D.Lgs 81/08

Se si analizza il contesto operativo di un'impresa boschiva si evidenziano alcune aree di macro-criticità; nello specifico il lavoro si caratterizza per essere parzialmente stagionale,altamente dinamico e complesso in cui è difficile fare una valutazione oggettiva ed efficace del rischio

Tuttavia per poter stimare il rischio si può ricorre alla seguente relazione:

$$R=F(C)*F(O-G)*F(T)*Cop$$

***R**=Rischio*
***F(C)=**Fattori umano-comportamentali*
***F(O-G)=** fattori organizzativi gestionali*
***F(T)*)=** fattori tecnici-tecnologici*
Cop =Condizione operative

Il rischio dipende quindi dalla connessione di diversi fattori, i quali se trascurati possono determinare eventi negativi, infortuni e nella peggiore delle ipotesi anche decessi.

Analizzando lo scenario infortunistico del settore emerge che la maggior parte degli infortuni dipendano da fattori umano e comportamentali primi fra tutti la sottovalutazione del rischio e la mancanza del rispetto delle procedure di procedure di sicurezza (Segantin e All. 2008)

Infatti sia a livello tecnologico che tecnico le ditte boschive nell'ultimo decennio hanno provveduto ad un ammodernamento del parco macchine e dell'attrezzatura di lavoro (passaggio necessario per sviluppare un'impresa competitiva e remunerativa).

Le prospettive per un futuro "sicuro"

Lo studio dimostra che il settore forestale è ancora un comparto ad alto rischio, in cui l'operatore spesso sottovaluta gli aspetti connessi alla sicurezza sul lavoro. Occorre pertanto iniziare una politica di sensibilizzazione dei lavoratori, in cui l'elemento portante sia rappresentato da una formazione ed un'informazione continue sui pericoli del lavorare in bosco.

Solamente attraverso un'azione trasversale (che parta, cioè, dagli imprenditori ed arrivi sino alle maestranze) si può ottenere un miglioramento oggettivo delle condizioni del processo produttivo. Sarebbe inoltre auspicabile legare maggiormente la qualità del prodotto alla qualità del lavoro, rilasciando certificazioni di qualità solamente a ditte ed imprese che operino in modo virtuoso e secondo le disposizioni di legge. Sarebbe opportuno andare ad incentivare anche attraverso mezzi di finanziamento comunitari o leggi regionali (contributi, sgravi fiscali o premi) tutte quelle imprese che investano per migliorare la sicurezza in bosco.

La sicurezza deve divenire patrimonio di tutti, un diritto e un dovere di ogni lavoratore, anche forestale: solamente con una gestione sicura del bosco, infatti, ci si può garantire un lavoro sicuro.

Bibliografia

[1] AAVV (2003)"Io scelgo la sicurezza "Regione Piemonte

[2] Febo P, Pessina D. (1989) Dossier Ergonomia e sicurezza per le macchine agricole

[3] Cossettini Roberto (2008) Schede anagrafiche dei cantieri Forestali del Friuli Venezia Giulia

[4] Pettenella D. (2003). Appunti del corso di economia ed estimo forestale, a.a.2003-2004. Università di Padova – Facoltà di Agraria - Corso di laurea in Scienze Forestali e Ambientali

[5] Pettenella D. Secco L. S. Manzato (2005) tesi di laurea la qualificazione delle ditte boschive in italia: una proposta di linee guida Università di Padova – Facoltà di Agraria - Corso di laurea in Scienze Forestali e Ambientali

[6] *SUVAPRO 2003 Dealing with windblown trees English edition*

CONVEGNO NAZIONALE IV SEZIONE AIIA

“LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA BIOMASSE AGROFORESTALI E’ SEMPRE UNA PROPOSTA ATTUALE?”

Atti del convegno

LE BIOMASSE AGROFORESTALI: TECNOLOGIE E SISTEMI PER LA PRODUZIONE DELLA MATERIA PRIMA E DELL'ENERGIA

UN MODELLO PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE DI FILIERE AGROENERGETICHE PER COLTURE OLEAGINOSE

Caprara C., Gabellini G., Martelli R.

Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie, Università di Bologna
e-mail: claudio.caprara@unibo.it

Key words: biodiesel, GIS, colture energetiche

1. Introduzione

In accordo con le indicazioni previste dalla Direttiva Europea 2003/30, l'Italia ha stabilito gli obiettivi di utilizzo dei biocarburanti prevedendo una incorporazione pari al 2,5% del consumo energetico per i trasporti per la fine del 2008 e del 5,75% per il 2010. La produzione di biodiesel, che rappresenta in Italia il principale biocarburante, può rappresentare un'opportunità per il settore agricolo essendo ottenuto da colture dedicate, quali girasole e colza.
Questi aspetti fanno della produzione di biocarburanti una realtà interessante che deve essere valutata soprattutto dal punto di vista energetico.
In questo lavoro vengono considerate due colture oleaginose, colza e girasole, dai cui semi si estrae olio che può essere utilizzato come combustibile in impianti di cogenerazione o esterificato in biodiesel per autotrazione. Il bilancio energetico include la fase colturale e il trasporto dei semi a un ipotetico punto di raccolta e/o trasformazione, nell'ottica di valutare le prestazioni energetiche del sistema a livello locale. L'obiettivo è lo sviluppo di un modello per l'individuazione di un bacino di approvvigionamento per una filiera energetica in grado di fornire dei criteri per il suo dimensionamento e la sua localizzazione.

2. Materiali e metodi

La sperimentazione sulle due colture è stata effettuata in due province dell'Emilia Romagna (Forlì-Cesena e Ravenna). Per entrambe le colture sono stati seguiti due diversi itinerari colturali, uno con un input energetico "normale" e un altro a "basso input". I due itinerari differiscono per le operazioni di lavorazione del terreno e concimazione.
I dati di campo sono stati utilizzati per realizzare un database implementato in un Sistema Informativo Geografico (GIS). La base cartografica è quella regionale, costituita dalle mappe dei confini amministrativi, uso del suolo e caratterizzazione pedologica del terreno. È stata effettuata l'intersezione fra le tre mappe con interrogazioni SQL ed algoritmi derivati dalla teoria degli insiemi; questo ha permesso di suddividere il territorio in aree omogenee, che appartengono ad un solo comune, e sono caratterizzate dalla stessa classe di uso del suolo (seminativo) e dallo stesso tipo di suolo.
La presenza dei dati relativi alla tipologia di suolo permette di diversificare i valori degli input energetici relativi alle lavorazioni del terreno e alla concimazione. I tipi di suolo sono stati suddivisi in classi sulla base della resistenza specifica alle lavorazioni: a tali classi corrispondono differenti consumi energetici per la stessa lavorazione. Con i dati relativi alle analisi dei terreni dell'area di pianura regionale, supportati dalla cartografia pedologica, è possibile calcolare il fabbisogno teorico dei tre principali macroelementi per la nutrizione delle piante e quindi formulare delle indicazioni per la concimazione.
La figura 1 mostra la correlazione fra i tipi di suolo (S1, S2, S3) e gli itinerari colturali (N.I.= input normale, B.I. = basso input). I blocchi gialli identificano la variabilità energetica in funzione del tipo di terreno e sono relativi alle fasi colturali di lavorazione del terreno e concimazione.
Per il calcolo degli input energetici necessari per il trasporto del seme, è stata implementata una griglia che simula la distribuzione aziendale: le dimensioni dei singoli elementi delle griglie, differenziate per provincia, corrispondono al valore medio provinciale delle superfici aziendali. La griglia permette di determinare la distanza di ogni elemento (rappresentante un'azienda agricola) dal sito di immagazzinamento/trasformazione del seme.

3. Risultati

I risultati dei bilanci energetici mostrano alcune differenze fra i due itinerari colturali (N.I. e B.I.), in quanto la tecnica a basso input consente di abbassare i costi energetici della fase agricola senza penalizzare sensibilmente le rese.
Il modello territoriale permette di realizzare mappe tematiche che rappresentano la distribuzione dell'energia netta e dell'efficienza energetica per ogni scenario considerato (figura 2). L'introduzione nel modello della caratterizzazione pedologica del suolo consente di aumentare il livello di dettaglio dell'informazione relativa agli indici energetici.
Il modello sviluppato può essere usato a diversi livelli territoriali, dove la scala di applicazione è limitata soltanto dalla risoluzione spaziale degli strati di dati disponibili.

Il modello può rappresentare uno strumento di pianificazione nell'ambito di filiere agroenergetiche, dove le prestazioni energetiche del sistema diventano un punto chiave per la scelta e dove è necessaria una valutazione dei costi energetici e della loro distribuzione sul territorio.

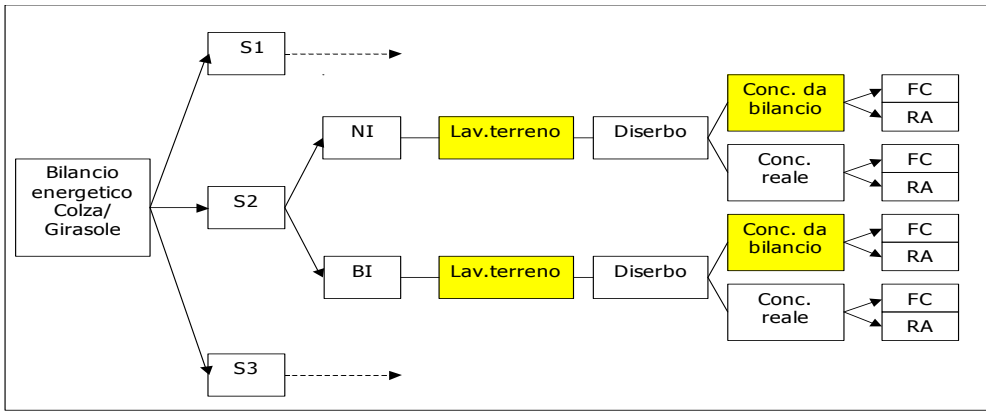


Figura 1 - Schema a blocchi dei bilanci energetici analizzati nel modello.

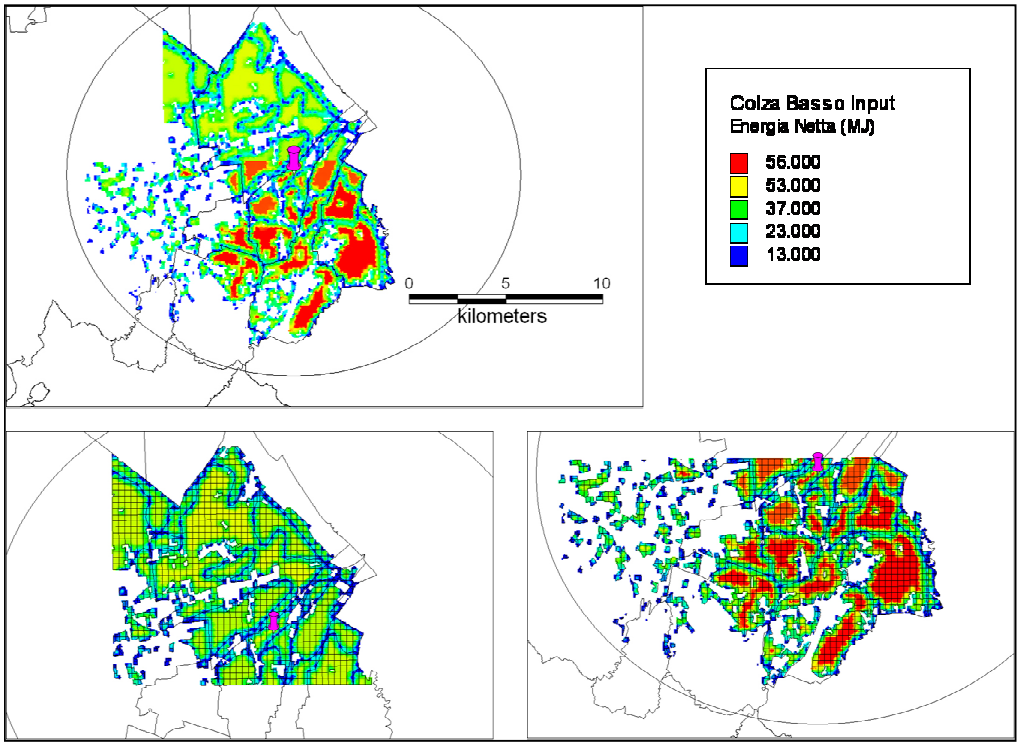


Figura 2 - Colza basso input, Provincia di Forlì-Cesena: distribuzione dell'energia netta in due possibili scenari per la scelta delle aree di approvvigionamento (il segna punto viola rappresenta l'ipotetica localizzazione dell'impianto di raccolta).

IL TRAPIANTO DI ASTONI DI PIOPPO

Fiala M.[1], *Bacinetti J.*[1]

[1] Università degli Studi di Milano - Facoltà di Agraria - Istituto Ingegneria Agraria
via G. Celoria, 2 - 20133 Milano. +39 02503.16868, marco.fiala@unimi.it

Key words: SRF, Pioppo, Impianto quinquennale, trapiantatrice

Negli ultimi anni si è assistito ad un rinnovato interesse per lo sfruttamento delle biomasse legnose come fonte energetica. Tra queste, oltre a quelle tradizionalmente derivate dal settore agro-forestale (residui di potatura, scarti forestali) e industriale (scarti lavorazione, legno usato), le *Short Rotation Forestry* (SRF) possono rappresentare un'interessante soluzione per l'approvvigionamento di questa materia prima.
Tenuto conto che il prodotto presenta margini ristretti sul fronte della qualità, la sostenibilità economica della coltura dipende dall'ottenimento di buone rese e dal contenimento dei costi di produzione. In tale direzione, sostanziali miglioramenti si sono registrati nei cantieri per il trapianto e per la raccolta, ormai completamente meccanizzati e caratterizzati – al pari delle colture erbacee di pianura – da elevata produttività di lavoro e ridotto impiego di manodopera.
Il pioppo in ceduazione biennale è lo schema culturale certamente più diffuso nell'Italia settentrionale e la coltivazione di SRF con intervalli di taglio più lunghi (5 anni) è stata sinora oggetto di minori studi ed applicazioni di campo. Nondimeno, il turno quinquennale, sebbene comporti la trasformazione della tecnica colturale e dei mezzi impiegati, presenta vantaggi quali: tecnica colturale meno intensiva; possibilità di diversificare la produzione (tondame e legno per cellulosa oltre al cippato); ottenimento di prodotto più omogeneo e migliore (elevato rapporto legno/corteccia); possibilità di separare l'operazione di sminuzzatura da quella del taglio; maggiore adattabilità al mercato grazie alla possibilità di anticipare o posticipare la ceduazione (l'anticipo o il posticipo di un anno del taglio impongono cambiamenti nell'organizzazione del cantiere di raccolta).
Nel turno quinquennale il trapianto avviene in febbraio-marzo, mettendo a dimora, verticalmente, a 90 cm di profondità, astoni alti 2 m con sesti d'impianto e densità (1000-1700 piante/ha) variabili e trovano impiego trapiantatrici apposite, di norma ancora in fase di prototipo.
Nel febbraio 2008, allo scopo di valutare l'efficacia e la capacità di lavoro di una di esse si sono effettuate prove sperimentali in un'azienda cerealicola-zootecnica ubicata sull'appennino bolognese, su una superficie complessiva di 8 ha. La trapiantatrice (Figura 1), sviluppata e brevettata dall'impresa di servizi agro-meccanici Stagnati di Ostiano (CR), è un'operatrice portata (larghezza: 3,5 m; lunghezza: 2,0 m; massa a vuoto: 1.200 kg) costituita da un robusto telaio che regge una piattaforma sulla quale operano 2 addetti e vengono accumulati circa 600-800 astoni da trapiantare. Sul telaio è inferiormente montato un robusto assolcatore cavo per l'apertura del solco entro cui un operatore posiziona gli astoni. Causa l'elevata pendenza del luogo (25%), l'operazione è stata eseguita lavorando a ritocchino procedendo in discesa e accoppiando la trapiantatrice a una trattrice cingolata di elevata potenza (225 kW).
La valutazione delle prestazioni della macchina è stata eseguita misurando i tempi delle diverse fasi del lavoro, definiti secondo metodologia internazionale. La Tabella 1 riporta i tempi rilevati durante le prove che hanno interessato due giorni lavorativi consecutivi. L'insieme dei lavori ha richiesto complessivamente 13,1 h, corrispondenti a una capacità operativa di lavoro della trapiantatrice di 0,6 ha/h. Conseguentemente, la produttività di lavoro risulta di 610 astoni/h. Considerando il solo tempo di messa a dimora (6, 98 h) la capacità teorica di lavoro risulta di 1,15 ha/h (1.150 astoni/h).

TRAPIANTATRICE									PRESTAZIONI	
T_{TR}	T_{RG}	T_{MD}	T_{SV}	T_{RS}	T_{RF}	T_{CR}	T_{RP}	T_{TOT}	C_o	P_L
[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[ha/h]	[astoni/h]
0,83	0,1	6,98	0,62	2,7	1,10	0,10	0,66	13,1	0,61	610
6,4 %	0,7 %	53,7 %	4,8 %	20,8 %	7,8 %	0,62 %	5,1 %	100%		

T_{TR}= trasferimento, T_{RG}= regolazione, T_{MD}= messa a dimora, T_{SV}= svolta, T_{RS}= risalita, T_{RF}= rifornimento, T_{CR}= carico, T_{RP}= riposo, T_{TOT}= totale

Tabella 1 – Tempi rilevati e calcolo delle prestazioni operative della trapiantatrice

La Figura 2, che ripartisce tutte le fasi di lavoro, evidenzia immediatamente la forte incidenza (1/5 del tempo totale) del tempo di risalita, reso necessario dalle particolari condizioni di giacitura del terreno. Di minor incidenza, anche se non trascurabili, il tempo di rifornimento (8% circa del tempo totale) e di trasferimento dal centro aziendale, distante circa 2,5 km, verso gli appezzamenti (6,4 % del tempo totale).
La qualità del lavoro svolto è stata buona: gli astoni sono stati messi a dimora con un grado di verticalità sufficiente per le finalità colturali e il numero di quelli rotti è contenuto (0,6% circa).

Relativamente alle fallanze, il buon rincalzamento-compattamento eseguito dalla macchina ha ridotto il numero degli astoni messi a dimora non germogliati (7,9 % del totale).
A conforto del fatto che la messa a dimora rappresenta una fase assai delicata, necessariamente supportata e integrata da altri interventi per garantire la buona riuscita dell'impianto SRF, nell'ambiente di prova si è osservato che il 3,8% degli astoni regolarmente germogliati risultavano disseccati a 220 giorni di distanza.
Sulla base dei risultati ottenuti si è proceduto alla valutazione economiche dell'operazione; in Figura 2 è riportato l'andamento del costo dell'operazione (astoni esclusi) per due differenti capacità operative di lavoro, una relativa a condizioni di lavoro estremamente difficili (0,6 ha/h) ed l'altra indicante situazioni di lavoro più agevoli (0,8 ha/h).

Figura 1 – A destra: trapiantatrice pronta per la messa a dimora degli astoni. A sinistra: impianto quinquennale appena eseguito

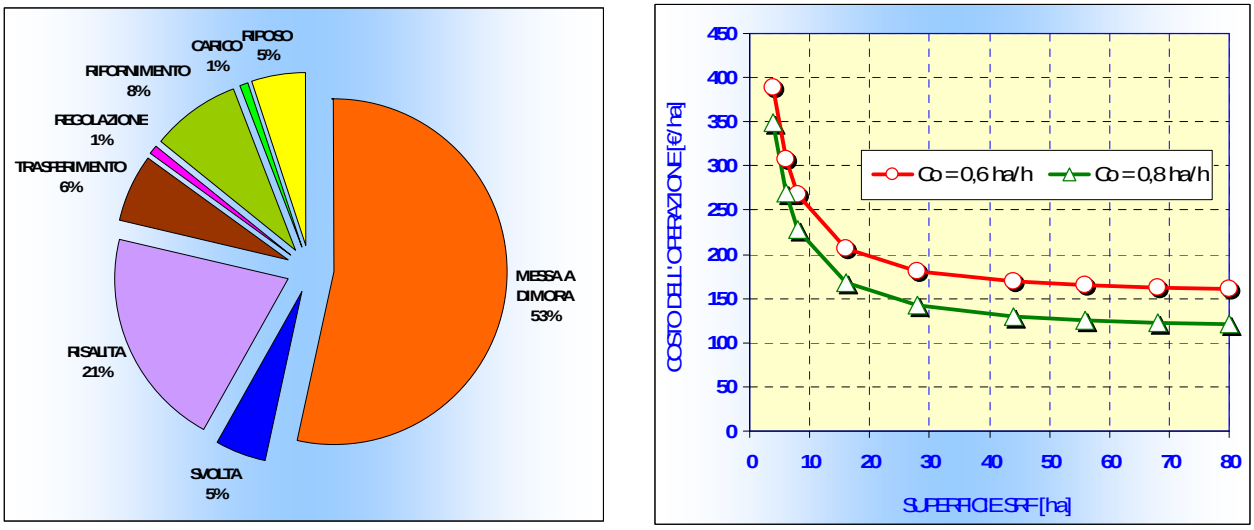


Figura 2 – A sinistra: suddivisione dei tempi di lavoro rilevati. A destra: costo dell'operazione al variare della superficie e per diverse Capacità operative di lavoro

METODOLOGIE PER LA RACCOLTA DI COLTURE DA ENERGIA PER LA COMBUSTIONE DIRETTA NEGLI AREALI DEL NORD ITALIA

Bentini M., Zucchelli M.

Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Università di Bologna

Key words: biomassa, sorgo, arundo, raccolta meccanica.

1. Introduzione

L'impiego di biomassa agroforestale a destinazione energetica riveste un ruolo fondamentale per ridurre la dipendenza dell'Italia dalle fonti di origine fossile e centrare gli obiettivi previsti dal protocollo di Kyoto, inoltre, la recente esigenza di convertire parte delle superfici in precedenza destinate alla coltivazione della barbabietola da zucchero, crea ulteriori presupposti per la diffusione delle colture dedicate. Negli areali del Nord Italia particolare interesse è rivolto al sorgo da fibra (*Sorghum bicolor*), coltura annuale e all'arundo (*Arundo donax*), coltura poliennale, per la loro attitudine alla produzione di biomassa per la combustione diretta.

Il sorgo da fibra risulta interessante per i minori vincoli di immobilizzazione del terreno e per la gestione tecnica comparabile a quella delle colture cerealicole tradizionali, l'arundo per le sue caratteristiche di adattabilità.

Gli obiettivi della ricerca, per entrambe le colture, hanno previsto la messa a punto della meccanizzazione nelle fasi di raccolta per l'ottenimento di un prodotto facilmente conservabile, accumulabile e utilizzabile direttamente per impianti a combustione diretta. Oggetto di valutazione sono stati inoltre gli aspetti operativi e la spesa energetica dei diversi cantieri di raccolta.

2. Materiali e metodi

Le prove di campo sono state svolte dal 2005 al 2008 nell'ambito di progetti finanziati dalla Regione Emilia Romagna e coordinati dal CRPV.

2.1 Sorgo da fibra

Il sorgo da fibra è stato raccolto nell'ultima decade di agosto. La modalità di raccolta ha previsto le seguenti fasi: taglio e sezionatura del fusto; condizionamento del prodotto; essiccazione in campo; andanatura; imballatura con rotoimballatrice o con imballatrice per balle parallelepipede giganti.

Le macchine che hanno fornito i migliori risultati, funzionando in maniera regolare e continuativa, sono state: per il taglio e la sezionatura del fusto la testata spannocchiatrice DBF TM- M 45-75 a 12 file con interfila 0,45 m montata su una mietitrebbia (New Hollad CX880), in cui l'apparato trebbiante veniva escluso; la falcia-condizionatrice ROC UFO 3 560 collegata ad un trattore con guida retroversa, che ha completato la raccolta tagliando gli stocchi presenti sul terreno ed eseguendo il condizionamento del prodotto; l'andanatore ROC RT 950. La rotoimballatura è stata eseguita con una rotoimballatrice John Deere 580 a camera variabile, mentre l'imballatura di balle parallelepipede giganti con una imballatrice New Holland BB960A.

2.2 Arundo

La raccolta dell'arundo è stata eseguita durante il periodo invernale, prima decade di febbraio, con la coltura al secondo e al terzo anno d'impianto. La successione delle operazioni è stata: taglio-andanatura del prodotto, imballatura.

Per il taglio e l'andanatura è stato costruito, dalla ditta Nobili di Molinella (BO) un apposito trinciastocchi, con larghezza di lavoro di 1,8 m, montato anteriormente al trattore che effettuava il taglio prima del passaggio del mezzo. Non sono state utilizzare altre tipologie di macchine perché il normale sviluppo della coltura ha portato ad una rapida occupazione delle interfile, infatti la pianta, da un unico rizoma, emette diversi steli che, negli anni successivi, tendono ad allargarsi e ad invadere l'intera superficie. Anteriormente è stato predisposto un elemento abbattitore-convogliatore, necessario per inclinare la pianta nella direzione d'avanzamento della macchina in modo da facilitarne l'ingresso verso l'apparato trinciante.

L'imballatura del prodotto è stata eseguita con una rotoimballatrice a catene, Krone KR 10-16, a camera variabile.

2.3 Valutazione dei cantieri

Sono stati considerati i seguenti parametri:

capacità operativa ($ha \cdot h^{-1}$), ottenuta misurando la larghezza operativa (m), la velocità effettiva ($km \cdot h^{-1}$) e il rendimento d'impiego (η_i) rispetto al tempo standard;

umidità del prodotto raccolto e perdite in campo;

massa delle balle;

spesa energetica (eseguita sulla sola fase di raccolta).

3. Risultati

3.1 Sorgo

La mietitrebbia, necessaria solamente per fornire potenza alla testata spannocchiatrice, avanzava con una velocità effettiva di 5,6 km·h^{-1} (capacità operativa 2,4 ha·h^{-1}). In successione, la falcia-condizionatrice operava con una velocità effettiva di 9,3 km·h^{-1} ed una rispettiva capacità operativa di 4,3 ha·h^{-1}.
Dopo tre giorni di essiccamento in campo, il prodotto è stato messo in andana con un ranghinatore che ha operato ad una velocità effettiva di 3,5 km·h^{-1} ed una capacità operativa di 1,7 ha·h^{-1}.
In successione è stata eseguita l'imballatura del prodotto. La rotoimballatrice ha mostrato una capacità operativa di 0,8 ha·h^{-1}. Il peso medio di ogni rotoballa è risultato di 532 kg. L'imballatrice per balle parallelepipede giganti ha fatto registrare una capacità operativa di 1,4 ha·h^{-1} ed ogni balla pesava 395 kg. L'umidità del prodotto alla raccolta era del 25,7% sul tal quale.
Le perdite complessive del cantiere dovute all'altezza di taglio di circa sette centimetri da terra più le perdite per prodotto lasciato a terra e non imballato sono risultate inferiori al 10%.
La spesa energetica della raccolta è risultata 1824 MJ·ha^{-1}.

3.2 Arundo

La raccoglitrice sperimentale, che ha operato ad una velocità di 2,3 km·h^{-1}, ha fatto registrare una capacità di lavoro di 0,42 ha·h^{-1}; la rotoimballatrice Krone una capacità operativa di 0,52 ha·h^{-1}. Le rotoballe presentavano un'umidità pari a 43,2%. La metodologia di raccolta ha fatto riscontrare elevate perdite di prodotto in campo, anche superiori al 30%, imputabili al prodotto non raccolto.
La spesa energetica della raccolta è risultata 1920 MJ·ha^{-1}.

4. Conclusioni

La prova eseguita sul sorgo da fibra ha messo in evidenza che la raccolta è praticabile con macchine già utilizzate dalle imprese agromeccaniche e caratterizzate da elevate capacità di lavoro, superiori a 1,5 ha·h^{-1} tranne la fase di imballatura. I maggiori problemi sono dovuti alla successione sul campo di più macchine e alla fase di essiccamento in campo che riduce il periodo utile di intervento e sconsiglia di protrarlo, nel nord italia, oltre il 15 settembre. Con elevate superfici da raccogliere l'operazione dovrebbe iniziare dopo la prima decade di agosto, un periodo in cui però molte cultivar non hanno ancora sviluppato appieno la loro biomassa.
Le prove di raccolta su arundo, eseguite in periodo invernale, hanno messo in evidenza che:
il trinciastocchi sperimentale utilizzato ha mostrato di essere in grado di intervenire anche quando la coltura esprime la sua massima produttività;
le basse capacità operative ottenute, dal trinciastocchi, sono da imputarsi alla ridotta larghezza di lavoro, dovuta allo stadio di prototipo della macchina, ed alla scarsa velocità di avanzamento imputabile all'elevata quantità di biomassa da trinciare;
la rotoimballatrice che ha mostrato i migliori risultata è stata quella a catene che ha evidenziato di essere in grado di intervenire su un prodotto con elevata umidità (35-50%) caratterizzato da fusti a frattura tagliente.
Per ottimizzare il cantiere sarà necessario aumentare la larghezza di lavoro, migliorare gli organi di trinciatura del trinciastocchi e modificare il sistema di convogliamento delle rotoimballatrici.
Gli aspetti energetici mostrano che *Arundo donax*, essendo una coltura poliennale, ha una maggiore efficienza energetica rispetto alle colture annuali.

LA JATROPHA CURCAS, UNA COLTURA ENERGETICA OLEIFERA PER L'ERITREA

Pessina D. [1], *Facchinetti D.* [1]

[1] Istituto di Ingegneria Agraria dell'Università degli Studi di Milano

Parole chiave: biocombustibili, colture oleifere, Jatropha Curcas

1. Introduzione

La *Jatropha curcas* è una pianta arbustiva che cresce esclusivamente in ambiente tropicale (fig. 1); originaria dei Caraibi, è stata introdotta sia in Africa che in Asia ad opera dei commercianti portoghesi, che la usavano come recinzione naturale. Si tratta di una coltura che è produttiva anche in terreni semi-aridi (600 mm/anno di precipitazioni), anche con salinità elevata. Allo stato adulto sopravvive anche a periodi pluriennali di siccità.

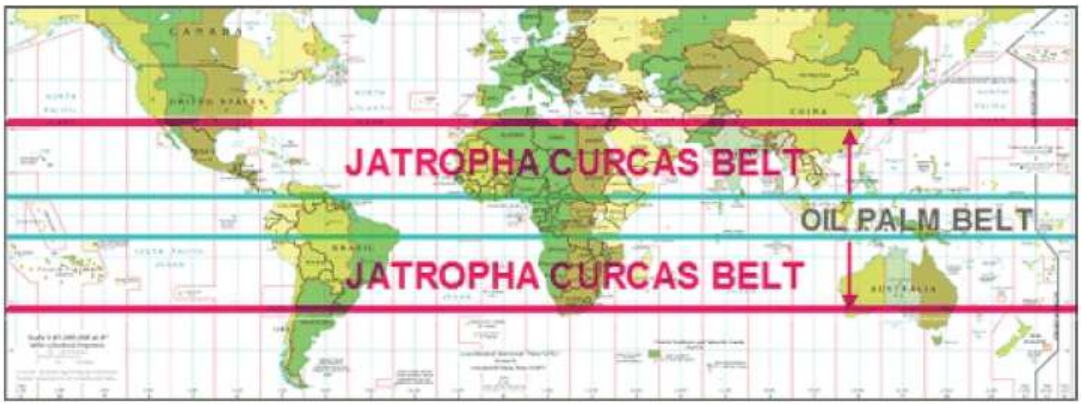


Fig. 1 – L'areale di coltivazione della Jatropha curcas è ben più ampio di quello della palma da olio.

Dal 1993, anno dell'indipendenza dall'Etiopia, l'Eritrea si trova a fronteggiare notevoli problemi economici, con una gravissima carenza di risorse, sia alimentari che di natura energetica.
Nonostante in passato venisse prodotto internamente circa l'80-90 % del fabbisogno alimentare, dal 1998 (cioè a partire dall'ultima guerra con l'Etiopia), anche le sementi destinate alla riproduzione vengono destinate in emergenza al sostentamento della popolazione.
Dal punto di vista energetico, per l'Eritrea il petrolio è attualmente l'unica materia prima per la produzione di energia elettrica e per l'autotrazione. Questa totale dipendenza rende l'economia eritrea totalmente vulnerabile alle enormi fluttuazioni del prezzo del barile, che è recentemente arrivato a superare i 150 $. Trovare valide soluzioni alternative diventa quindi un obbligo: la generazione eolica è mediamente poco conveniente, e l'adozione su larga scala dei pannelli fotovoltaici è praticamente insostenibile per un paese così povero.

2. Progetto "Jatropha in Eritrea"

Il progetto in questione intende dimostrare che è possibile coniugare un'attività imprenditoriale a finalità sociali, al fine di realizzare uno sviluppo sostenibile del Paese. In particolare, si vuole riuscire a portare a regime un processo produttivo che, dalla semina fino all'estrazione dell'olio e al reimpiego dei sottoprodotti, consenta di produrre quantità economicamente interessanti di olio, da utilizzarsi come biocombustibile per sopperire alla necessità di importare gasolio (tab. 1), sostenendo così i redditi degli agricoltori locali.
Non sono da trascurare alcuni obiettivi secondari, tra cui il trasferimento di tecnologie sostenibili, la promozione di attività imprenditoriali locali (per contenere l'esodo verso i centri urbani sovrappopolati), la lotta alla desertificazione, il consolidamento di pendii franosi, il rimboschimento, una gestione sostenibile del territorio, nonché il miglioramento delle condizioni economiche del Paese, grazie ad attività innovative in campo agrario, che non vanno a sottrarre terreno utilizzato per le produzioni alimentari, ma che tendenzialmente recuperano aree dismesse o abbandonate.

3. Gli sviluppi possibili

Partendo da varietà opportunamente selezionate, la produzione a regime (cioè al quinto anno dall'impianto) è stimabile intorno ai 6500 kg/ha di seme, corrispondenti a 2000 l/ha di olio, ottenuto tramite semplice spremitura meccanica a freddo dei semi (fig. 2); nei 4 anni precedenti, è possibile stimare rispettivamente il 15, 35, 65 e 90 % di tale quantità. I vasti altopiani incolti e completamente terrazzati nei dintorni dell'Asmara consentirebbero di effettuare una proficua piantumazione, con sesti di impianto indicativi di 2x2 m (cioè 2500 piante/ha), una densità che in letteratura è congrua per la Jatropha Curcas coltivata a fini energetici, anche se ci si può spingere fino a 4000 piante/ha.

	Olio di Jatropha Curcas	*Gasolio*
Massa volumica	0,919	0,82÷0,84
Flash point (℃)	240÷110	50
Residuo carbonioso	0,64	<0,15
Numero di cetano	51,0	>50,0
Punto di distillazione (℃)	295	350
Viscosità (cS)	50,73	>2,7
Contenuto di zolfo (%)	0,13	<1,
Potere calorifico (kcal/kg)	9470	10170
℃T min di fluidificazione (℃)	8	10
Punto di solidificazione (℃)	2.0	0.14
Indice di saponificazione	188÷198	
Numero di iodio	90,8÷112,5	

Tab. 1 - Comparazione di alcune caratteristiche dell'olio di Jatropha Curcas con il gasolio.

Fig. 2 – Semi di Jatropha Curcas.

Il riparo ombreggiato creato dalla chioma degli alberi di Jatropha Curcas potrebbe creare poi ulteriori aree coltivabili, che porterebbero a ridurre ulteriormente il grado di dipendenza dell'Eritrea dalle forniture estere.
Il ministero dell'energia Eritreo quantifica in circa 200.000 t di gasolio il fabbisogno nazionale; partendo dalla superficie messa a disposizione per il progetto (100.000 ha) e stimando a regime una produzione di 2000 l/ha, si potrebbero ottenere circa 180.000 t di olio vegetale. Tenendo conto della differenza del potere calorifico, l'olio prodotto corrisponderebbe in termini energetici a circa 170.000 tonnellate di gasolio, cioè ben l'85 % del fabbisogno energetico dell'Eritrea.
Il risparmio conseguente renderebbe possibili investimenti su impianti per la trivellazione di petrolio, o lo sfruttamento di risorse minerarie, in grado di generare reddito provvidenziale per rivitalizzare un'economia al momento depressa.

LE ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI: TECNOLOGIE APPLICATE AL SISTEMA AGROFORESTALE (IDROELETTRICO, EOLICO, SOLARE TERMICO, FOTOVOLTAICO)

PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO DI ESSICCATOIO SOLARE IBRIDO A BASSA TEMPERATURA PER RISO

Bisaglia C., Cutini M.*

CRA-Unità di ricerca per l'ingegneria agraria, via Milano 43, 24047 Treviglio (BG), Italy, e-mail: carlo.bisaglia@entecra.it

Introduzione

L'Italia è il maggior Paese europeo produttore di riso con 224.000 ha coltivati principalmente tra Piemonte (116˙000 ha) e Lombardia (94˙000 ha). L'esigenza di essiccare artificialmente il risone ha iniziato a diffondersi a partire dalla fine del XIX secolo a seguito dell'introduzione di varietà migliorate di riso con elevata produttività e cicli vegetativi più estesi che hanno portato l'epoca di raccolta in periodi caratterizzati da temperature tendenzialmente decrescenti che hanno reso insufficienti le tradizionali tecniche di essiccazione naturale. L'essiccazione artificiale, pertanto, è diventata indispensabile per portare il più rapidamente possibile l'umidità del riso ai livelli considerati ottimali per lo stoccaggio (Bunyawanichakul et al. 2007; Schluterman e Siebenmorgen, 2004). La pratica diffusa di essiccare il riso anche durante le ore notturne ed i costi crescenti dei combustibili di origine fossile hanno portato a consumi specifici molto elevati rendendo interessante lo sviluppo dell'impianto solare ibrido oggetto del presente lavoro, inteso non solo in ottica di risparmio energetico, ma anche per tutelare la qualità del prodotto in seguito ai più contenuti livelli di temperatura di essiccazione previsti (≤ 55 °C).

Obiettivi

Principali obiettivi del progetto erano: i) realizzare un impianto di concezione semplice basato su tecnologie solari ibride; ii) valutare l'entità di riduzione dei consumi energetici durante cicli di essiccazione del risone; iii) valutare la possibilità di preservare la qualità del prodotto mediante l'utilizzo di temperature di essiccazione moderate.

Materiali e metodi

E' stato realizzato un prototipo di essiccatoio ibrido del tipo discontinuo, a colonna semplice, operante in depressione presso l'azienda Mario Valsesia di Roasio, Vercelli (45° 34' N; 8° 16' E; 250 m slm). La c ella di essiccazione è verticale delle dimensioni di 9 x 9 x 1,2 m atta a contenere 65 t di risone verde per ciclo ed è dotata di un sistema di ricircolo regolabile. Il sistema di essiccazione è di tipo ibrido basato su una parete verticale posta a sud costituita da pannelli forati di alluminio (SorlarWall®) aventi una verniciatura esterna nera e costituenti una parete di 110 m^2 di superficie (11 x 10 m) che viene riscaldata dalla radiazione solare (parete calda) accumulando aria calda in un vano retrostante di 12,2 m^3. Inoltre, 20 m^2 di pannelli solari termici inclinati di 45° sono stati posti sul tetto per alimentare un radiatore supplementare a dispersione acqua/aria, inserito nell'essiccatoio. Infine, due generatori d'aria calda a combustione diretta da 110-160 kW ciascuno (con portate di 9,3-13,5 kg/h) sono posti all'interno dell'essiccatoio in posizione laterale per fornire aria a temperature di essiccazione ≤ 55 °C. Due ventilatori centrifughi da 15.000 m^3/h di portata ciascuno creano la depressione necessaria a richiamare l'aria riscaldata attraverso la cella di essiccazione. Per monitorare il funzionamento dell'impianto, sono stati inseriti sensori di temperature, umidità, radiazione solare e velocità dell'aria secondo lo schema di Figura 1. Un'ulteriore azione di monitoraggio del funzionamento dell'impianto è stata eseguita con termocamera all'infrarosso. I cicli di essiccazione si sono susseguiti nel periodo 13 settembre-10 ottobre 2008 tre dei quali sono stati sottoposti a monitoraggio; il risone aveva umidità medie alla raccolta del 24,0% mentre il valore di umidità da raggiungere era fissato a 13,5%. La temperatura di essiccazione è stata impostata a 50°C mentre il tempo complessivo di essiccazione ha rappresentato la variabile da ricercare essendo dipendente dalle condizioni ambientali. L'umidità del risone era monitorata ogni due ore e determinata istantaneamente con metodo indiretto (apparecchiatura a resistenza elettrica) e, successivamente, con metodo diretto (stufa ventilata, a 95°C); il consumo di gasolio è stato misurato volumetricamente ad intervalli orari.

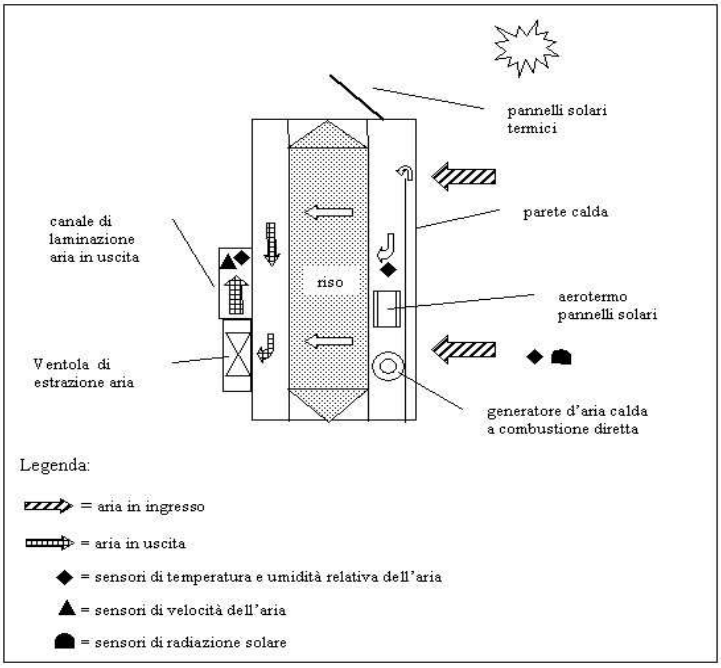


Figura 1 – Schema del prototipo di essiccatoio solare ibrido e sensori installati per il monitoraggio.

Risultati

Ogni ciclo di essiccazione è risultato influenzato non solo dalle condizioni iniziali di umidità del risone, ma anche dalle condizioni ambientali. Il giorno 04.09.08, a titolo di esempio, caratterizzato da condizioni di irraggiamento ottimali per la stagione (Fig. 2), ha fatto registrare incrementi massimi di temperatura dovuti al solo pannello SolarWall di 16℃ che, unitamente all'apporto dei pannelli termici, ha determinato andamenti speculari nei consumi orari di gasolio (Fig. 3) con perdite medie di umidità del riso dello 0,5%/h.

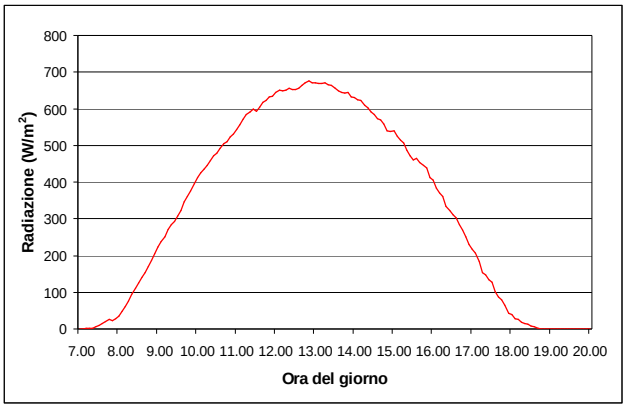


Figura 2 – Andamento radiazione solare (04.10.08)

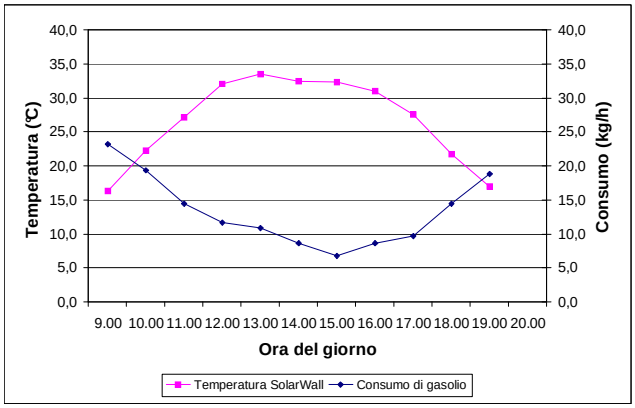


Figura 3 – Andamento temperatura SolarWall e consumo

Conclusioni

Il sistema realizzato, grazie alla possibilità di preriscaldare l'aria di essiccazione con pannelli solari, consente di ottenere sensibili risparmi di gasolio quantificabili nel 40-50% in funzione delle condizioni meteorologiche di riferimento con tempi di essiccazione leggermente superiori (20-25%).

Riferimenti bibliografici

Bunyawanichakul P., Walker G.J., Sargison J.E., Doe P.E. Modelling and simulation of paddy grain (rice) drying in a simple pneumatic drier. Biosystem Engineering. 2007, 96(3), 335-344.

Schluterman G.J., T.J. Siebenmorgen. Air and rice property profiles within a commercial cross-flow rice drier. Applied Engineering in Agriculture. 2004, 20(4), 487-494.

IL PROBLEMA DELL'UTILIZZAZIONE DEI RIFIUTI AGRICOLI: SCARTI DI LAVORAZIONE, RESIDUI COLTURALI, DEIEZIONI E LORO UTILIZZAZIONE ENERGETICA

MICROCANTIERE PER LA RACCOLTA E PELLETTIZZAZIONE AZIENDALE DI RESIDUI DI POTATURA

Bisaglia C., Cutini M., Romano E.*

CRA-Unità di ricerca per l'ingegneria agraria, via Milano 43, 24047 Treviglio (BG), Italy, e-mail: carlo.bisaglia@entecra.it

Introduzione

Il recupero di energia da residui di potatura ha assunto un crescente interesse dovuto sia alla necessità di individuare risorse energetiche rinnovabili, sia al fine di contenere le emissioni in atmosfera di gas serra. La gestione a fini energetici di questi sottoprodotti deve interfacciarsi con gli aspetti legati alla raccolta, trasporto e stoccaggio che possono incidere anche sensibilmente sulla produttività delle tecnologie adottate e sulla convenienza economica della filiera. Gli aspetti da affrontare riguardano la riduzione del volume apparente dei residui, l'allontanamento dai filari e l'utilizzo energetico. Le tecnologie attuali prevedono due modalità di raccolta: i) imballatura dei residui; ii) trinciatura e raccolta dei sarmenti. In entrambi i casi si ottiene un raddoppio della densità apparente con una produttività di 2-2,3 volte superiore e richieste di potenza da 2 a 4 volte maggiori per la tecnica di trinciatura, con problematiche legate alla conservazione del trinciato. In tale contesto si è sviluppato un microcantiere basata sull'imballatura e sul recupero energetico mediante pellettizzazione.

Obiettivi

Principali obiettivi del cantiere sviluppato erano di: i) sfruttare i vantaggi della tecnica di raccolta basata sull'imballatura dei sarmenti (basse richieste di potenza, cantieri di raccolta compatti e in linea, gestione facilitata dello stoccaggio); ii) colmare il limite operativo dovuto all'esigenza di un intervento supplementare di raccolta delle balle; iii) trasformare in loco i residui.

Materiali e metodi

E' stato realizzato un cantiere composto da una rotoimballatrice compatta, dotata di camera di compressione a ridotto coefficiente di attrito ed un'accumulatrice di rotoballe da associare alla precedente. Le operatrici sono state collegate ad un trattore specializzato da frutteto di ridotta potenza (Fig. 1) che è stato utilizzato anche per azionare la pellettatrice di piccole dimensioni. La capacità di lavoro del cantiere di raccolta è stata valutata considerando un'unità vitata omogenea (UVO) secondo le normative comunitarie in materia (Reg. CE 1493/1999 e successive) ed utilizzata come vigneto di riferimento (superficie 1 ha, dimensioni 50 x 200 m, interfilare 2,5 m, lunghezza filari 200 m, produzione di tralci 2,2 t/ha); si è considerato un accumulo di residui da raccogliere sia a filari alterni (potatura manuale, P-Man) sia su tutti i filari (potatura meccanica, P-Mec).

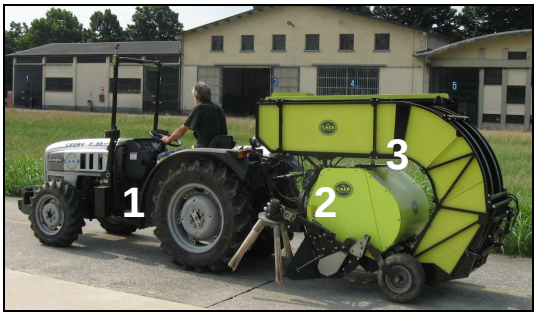


Fig. 1 – Il cantiere realizzato e utilizzato per le prove: (1) trattore specializzato da frutteto; (2) rotoimballatrice a camera di compressione fissa; (3) accumulatore di rotoballe.

Risultati

Le richiesta di potenza hanno fatto registrare picchi di assorbimento ridotti (< 7,0 kW) grazie al sistema di compressione a basso coefficiente di attrito con limitate richieste aggiuntive di potenza attribuite all'accumulatore a carico unicamente del circuito idraulico del trattore. Le velocità di avanzamento sono state di 3 km/h per le più leggere andane della tesi P-Mec (0,55 kg/m) e di 2 km/h per la tesi P-Man (andane da 1,1 kg/m). I risultati delle prove di raccolta e accatastamento sono riportate in Figura 2.

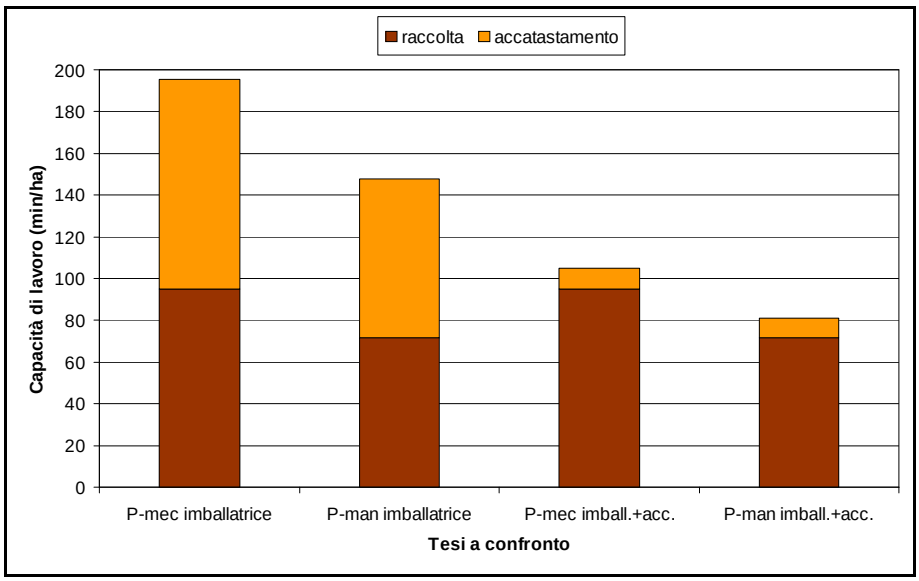


Fig. 2 – Capacità di lavoro con e senza accumulatore.

Si nota che a parità di condizioni operative l'uso dell'accumulatrice ha fatto registrare un aumento di circa il 40% rispetto alla soluzione basata sull'imballatura e successivo accatastamento con rimorchio.
La pellettatrice aziendale azionata dalla presa di potenza del trattore ha evidenziato richieste di potenza < 10 kW ed una produttività pari a 100-150 kg/h di pellet. Appare drastica la riduzione dell numero di passaggi e la logistica anche se i risultati non sono ancora disponibili.

Conclusioni
La possibilità di estendere le materie prime utilizzabili anche ai residui agricoli e le problematiche legate agli aspetti logistici (raccolta, trasporto, stoccaggio e successiva distribuzione del prodotto finito) rendono il cantiere proposto di particolare interesse in quando progettato espressamente per l'utilizzo con residui agroforestali impiegabili in loco per l'autoconsumo aziendale o per l'utenza civile o artigianale posta nel raggio di pochi chilometri dal sito di produzione.

POTERE CALORIFICO DI BIOMASSA COSTITUITA DA SCARTI DI PRODUZIONE E LAVORAZIONE DI ROSE SOTTO SERRA

Cascone G. 1, D'Emilio A. 1, Buccellato E. 1

1 Università degli Studi di Catania
Dipartimento di Ingegneria agraria - Sezione Costruzioni e Territorio

Parole chiave: residui vegetali, serra, potere calorifico.

1. Introduzione

Il comparto dell'agricoltura contribuisce in modo rilevante, benché inferiore rispetto ad altri settori produttivi, al consumo di fonti fossili di energia e, pertanto, all'inquinamento ambientale. Tale settore, tuttavia, è strategico ai fini dell'impiego di fonti di energia rinnovabili sia per la possibilità di usufruire di ampi spazi sia per il contributo potenziale derivante dalle attività agricole che rendono disponibili biomasse costituite da residui colturali, residui di lavorazione, reflui zootecnici ed altro utilizzabili per la produzione di energia.
Le biomasse possono essere impiegate direttamente oppure possono essere trasformate in biocombustibili solidi, liquidi o gassosi (pellet, biodiesel, biogas, ecc.) per la generazione di energia elettrica o di calore ovvero di entrambi in cogenerazione. Tali biomasse, come detto, possono essere reperite come prodotti di scarto di produzione e/o di lavorazione oppure, al fine di disporre di un approvvigionamento certo nel tempo, si può ricorrere all'impianto delle cosiddette colture energetiche, coltivate appositamente per fornire biomassa vegetale per la produzione di energia elettrica e/o termica.
Il parametro fisico più importante che caratterizza una biomassa per l'impiego ai fini energetici è il potere calorifico inferiore, ovvero il potere calorifico della biomassa riferito alla sostanza secca. Al momento della raccolta, infatti, le biomasse hanno elevati tenori di umidità che nei processi di conversione termochimica potrebbero rendere necessari trattamenti iniziali, ad esempio l'essiccazione, al fine di esaltarne le qualità energetiche.
Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito di una ricerca finalizzata alla valutazione dei consumi energetici e alle potenzialità di impiego di fonti di energia alternative in un'azienda per la produzione e la lavorazione di rose sotto serra sita nel territorio del comune di Vittoria, in provincia di Ragusa, zona ad elevata vocazione per le produzioni ortofloricole sotto serra.
All'interno dell'azienda si producono ingenti quantitativi di biomassa costituita dai residui derivanti dagli scarti delle pratiche agronomiche sotto serra e da quelli conseguenti alla selezione e alla defogliazione delle rose in fase di lavorazione. Tali scarti sono stati sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione del loro potere calorifico inferiore.

2. Materiali e metodi

La biomassa vegetale proveniente dalla lavorazione delle rose e dalla pulizia delle serre è stata sottoposta a prove di caratterizzazione energetica e ad analisi elementare presso il laboratorio del Centro di Ricerche sulle Biomasse (CRB) presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Perugia.
I campioni di biomassa costituiti da rami e foglie sono stati prelevati alla fine del mese di febbraio 2008, sono stati posti in appositi contenitori ed esposti all'aria in giorni di cielo sereno per un totale di 10 giorni al fine di ridurne il tenore di umidità. Successivamente, i campioni sono stati conservati nel laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Agraria dell'Università di Catania, fino all'1 aprile 2008, data del trasporto presso il CRB di Perugia.
Al fine di determinare l'influenza della presenza delle foglie sul potere calorifico della biomassa è stato scelto di esaminare due campioni aventi composizione differente: uno costituito da rami e foglie, di seguito denominato C1, ed uno costituito soltanto da rami, C2.
Mediante la strumentazione presente all'interno del laboratorio, per ciascun campione sono stati determinati il potere calorifico superiore, il tenore di umidità e la composizione elementare della biomassa (carbonio, azoto e idrogeno). Successivamente, mediante opportune elaborazioni, a partire dai dati misurati nel corso delle prove, è stato possibile determinare il potere calorifico inferiore su sostanza secca dei campioni di biomassa.

3. Risultati

3.1. Determinazione del potere calorifico superiore su sostanza tal quale

Mediante l'uso del calorimetro è stato determinato il potere calorifico superiore dei diversi campioni costituiti da biomassa tal quale (PCStq), ovvero comprensiva del contenuto d'acqua.
Il potere calorifico superiore medio rilevato nel corso delle prove (tab. 1) per il campione C1 (rami e foglie) è risultato pari a 16.470 J·g-1 mentre il potere calorifico superiore medio del campione C2 (soltanto rami) è risultato pari a 17.870 J·g-1, circa l'8,5% maggiore rispetto al campione C1.

Biomassa: rami + foglie (Campione C1)		
Codice	PCStq [J·g-1]	Peso [g]
RO550CT8	16.779	0,4050
RO550CT9	16.396	0,4079
RO550CT0	16.236	0,4377
Potere calorifico medio: 16.470 J·g-1		

Biomassa: solo rami (Campione C2)		
Codice	PCStq [J·g-1]	Peso [g]
RO550CT2	17.872	1,0081
RO550CT3	18.027	0,9263
RO550CT4	17.709	1,0638
Potere calorifico medio: 17.870 J·g-1		

Tabella 1 – Potere calorifico superiore dei campioni di biomassa tal quale.

Al fine di confrontare tali risultati con i dati disponibili in letteratura occorre fare riferimento al potere calorifico inferiore su sostanza secca.

3.2. Determinazione del potere calorifico superiore ed inferiore su sostanza secca

I valori del potere calorifico superiore sono stati corretti per eliminare l'influenza del filo di nichel che ha preso parte alla combustione all'interno del calorimetro. Inoltre, ai sensi della norma ASTM 2015, è stata effettuata un'ulteriore correzione termochimica riferita alla formazione dell'acido nitrico sottraendo al potere calorifico totale la quantità di calore generata durante la reazione.

Il contenuto di azoto e di idrogeno presente nei campioni di biomassa è stato individuato mediante un analizzatore elementare, mentre per la misura del contenuto d'acqua, necessario per determinare il potere calorifico inferiore, è stato utilizzato un analizzatore termogravimetrico.

I valori del potere calorifico superiore ed inferiore riferiti alla sostanza secca per i due tipi di biomassa in esame sono riportati in tabella 2.

Nome	PCSss [kJ·kg-1]	e1 (N2) %	PCSss CORRETTO [kJ·kg-1]	PCIss [kJ·kg-1]	PCSss medio [kJ·kg-1]	PCIss medio [kJ·kg-1]
C1-1	18.800,00	38,18	18.761,82	17.223,40	18.399,19	16.850,84
C1-2	18.364,70	42,32	18.322,38	16.767,70		
C1-3	18.169,20	55,81	18.113,39	16.561,42		
C2-1	19.919,75	68,87	19.850,88	18.318,68	19.834,07	18.292,20
C2-2	20.079,08	64,38	20.014,70	18.473,37		
C2-3	19.731,48	94,86	19.636,62	18.084,56		

Tabella 2 – Potere calorifico superiore ed inferiore riferiti alla sostanza secca dei campioni di biomassa.

Tali risultati sono in linea con quelli disponibili in letteratura relativi a biomasse costituite da materiale di scarto di vivai, per i quali viene indicato un valore del potere calorifico inferiore riferito a sostanza secca pari a 18.000 kJ·kg-1 (ProBIO – Regione Puglia – MiPAAF, Roma, 2007). Pertanto, i risultati incoraggiano ulteriori approfondimenti mirati alla utilizzazione di prodotti di scarto della produzione e della lavorazione delle rose per la produzione di energia mediante trasformazione termochimica.

ANALISI TECNICO-ECONOMICA DI UN IMPIANTO A DIGESTIONE ANAEROBICA IN UN AZIENDA AGRO-ZOOTECNICA DEL CENTRO ITALIA

Colantoni A.[1], Arcari P.[2], Cividino S.R.S., Dell'Antonia D., Vello M.[3]

[1]Dipartimento GEMINI, Università della Tuscia, andrea.colantoni@tin.it
[2]CRA-CMA Unità di ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura, paola.arcari@ucea.it
[3] DISA, Dipartimento di agricoltura e scienze dell'ambiente, michela.vello@uniud.it.

Introduzione

L'ormai inarrestabile crescita di domanda energetica, fortemente dipendente da fonti petrolifere in via di esaurimento, insieme alle problematiche legate ai cambiamenti climatici del pianeta, indirizzano i maggiori esperti a nuove vie di approvvigionamento energetico più rispettose dell'ambiente. Tra le possibili soluzioni prospettate all'interno delle energie rinnovabili, la digestione anaerobica rappresenta una valida alternativa. A tal proposito, il presente lavoro vuole mostrare un caso reale, ovvero un digestore di un'azienda zootecnica del centro Italia, alimentato a biomasse residuali per la produzione di energia termica ed elettrica. Lo studio punta a trovare una possibile soluzione all'ottimizzazione del combustibile biogas tra le alternative offerte nel comparto meccanico e tecnico di trasformazione dello stesso, sottolineando, altresì, l'importante possibilità di diversificazione delle fonti rinnovabili di approvvigionamento.

Materiali e Metodi

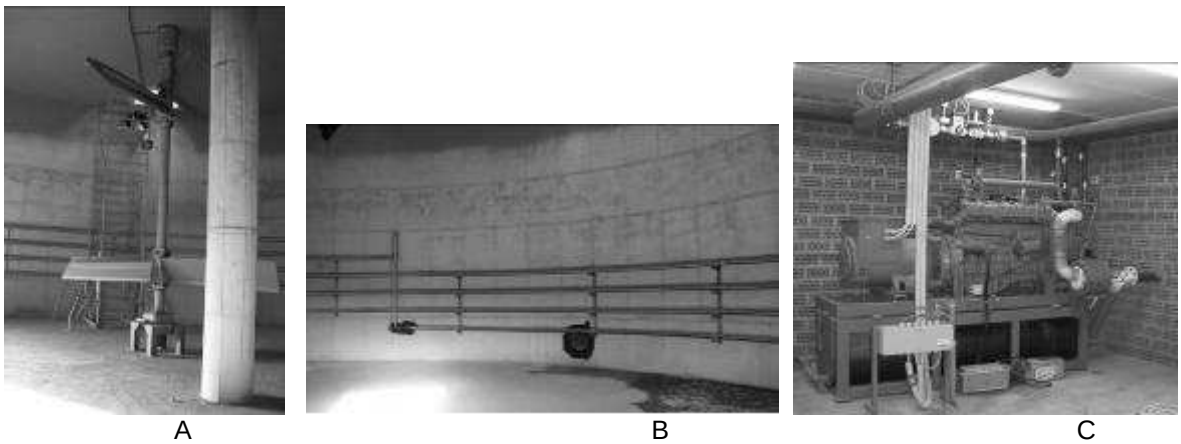
L'azienda in esame è caratterizzata da 54 ha di terreno seminativo, in buona parte irriguo e 250 bovine frisone di cui 100 vacche in mungitura per il latte alimentare (figura 1).

Figura 1 - Foto dell'azienda in esame e dell'impianto

Descrizione dell'impianto

Impianto di "tecnologia Tedesca", di Hochreiter Biogas Energia, con tramoggia da 40m^3 e coclee di carico; i due fermentatori primari sono coibentati, riscaldati e rimescolati da 2 agitatori a pale con albero verticale (fig. 2a); il fermenter 3 che fa anche da gasometro e vasca di stoccaggio (fig. 2b) è rimescolato da un agitatore ad elica.

L'impianto è caratterizzato da 3 fermentatori in serie da 3400 m^3 , il 3° fermentatore con gasometro, una 4° vasca da 1000 m^3 che fa da stoccaggio, è dimensionato per 350 kWe installati (un cogeneratore da 110 kWe e uno da 240 kWe) e 600 kWt sottoforma di calore (fig. 2c).



A B C

Figura 2 - Caratteristiche tecniche dell'impianto

"L'allevamento di batteri" viene alimentato con 40% di liquame zootecnico, 20% di colture dedicate, 40% di prodotti acquistati.

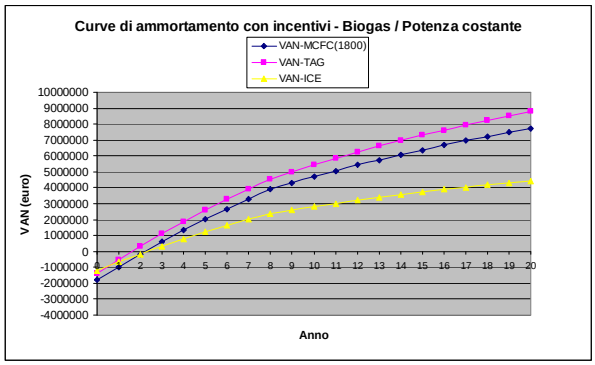


Figura 4 - Curve di ammortamento C.I.

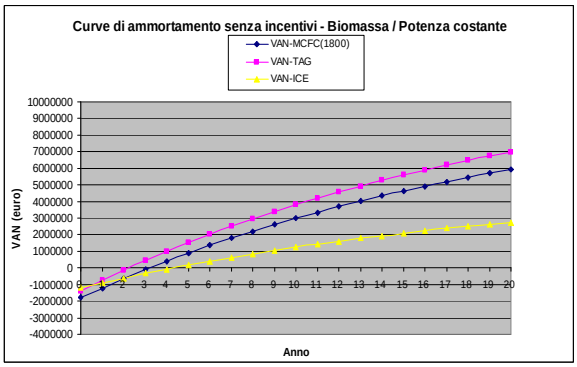


Figura 3 - Curve di ammortamento S.I.

	TAG	ICE
Potenza installata(MW)	1	1
η elettrico (%)	24	33
η termico (%)	40	20*
Fattore utilizzo impianto	0,80	0,80
P.C.N.biomassa (Mcal/t)	3500	3500
P.C.I.biogas (Mcal/Nm3)	4,50	4,50
η complessivo imp. (%)	60,0	51,0
Fattore di utilizzo energia termica	0,90	0,90

Tabella 1 - Tipologie impiantistiche considerate

	M.C.I.		Turbina a gas	
	C.I.	S.I.	C.I.	S.I.
PAY BACK (anni)	3	4,8	1,6	2
VAN (10) €	2406	1011	5436	4041
VAN (20) €	3763	2368	8777	7382

Tabella 2 - Sintesi dei pay-back e VAN

Aspetti tecnico-economici

Il costo complessivo dell'impianto è stato di circa 1.500.000 €. Nell'anno 2007 l'impianto ha prodotto 2.500.000 kWh di energia elettrica, di cui un 15% (375.000 kWh elettrici) consumati per l'azienda e il funzionamento dell'impianto. L'energia termica, di cui 40% adoperata per scaldare i batteri e un 15% per il riscaldamento delle utenze in stalla e per il riscaldamento domestico. I motori a combustione interna di tipo alternativo rappresentano il mezzo più utilizzato per la produzione di energia elettrica tramite biogas; l'alta diffusione di questa tecnologia è stata resa possibile dalla compatibilità tra potenza ed economicità del progetto. Il sistema di generazione analizzato è prodotto dalla "Jenbacher" (modello JGS 320 GS-L.L) ed ha una potenza di 1048 kW elettrici; il sistema è composto dal motore, da un generatore elettrico, un sistema di raffreddamento, che include uno scambiatore per il recupero del calore, e un pannello di controllo. Allo stato attuale l'impianto è di recente installazione, quindi possiamo prevedere in base ai dati forniti un possibile andamento del tempo di ritorno dell'investimento, rappresentando anche i flussi di cassa definiti in VAN (Valore Attuale Netto). Inoltre é risultato interessante, paragonare le tre configurazioni di impianto sulla base di una potenza elettrica costante. Tale approccio ha dimostrato come i diversi rendimenti delle tecnologie in esame determinano un sostanziale ridimensionamento degli impianti di produzione e trattamento dei biocombustibili, a monte dei generatori, nonché dei relativi problemi di approvvigionamento della biomassa.

In questo scenario, due diversi generatori (turbina a gas e M.C.I.), sono stati confrontati sulla base di una potenza elettrica costante di 1 MW. La turbina a gas e il motore a combustione interna, nell'ambito della produzione di energia elettrica, rappresentano la tecnologia attualmente più sviluppata e competitiva, sia in termini economici che tecnici, e per questo sono state assunte come riferimento per l'analisi economica. Tali tecnologie presentano, tuttavia, degli aspetti, intrinseci al loro funzionamento, che ne limitano l'impiego come: bassa efficienza elettrica; efficienza elettrica dipendente dalla taglia; emissioni di esausti inquinanti, rumore e vibrazioni, sempre meno tollerati dalle norme; necessità di manutenzione di routine regolare e costosa; efficienza dipendente dal carico di lavoro.

Da quanto esposto nel presente lavoro emerge che la possibilità di sfruttare fonti rinnovabili, come il biogas da digestione anaerobica di biomasse, come combustibile in tecnologie a medio rendimento per la generazione distribuita di elettricità e calore, permette da un lato un notevole risparmio in termini di energia, e dall'altro affronta il problema della diversificazione delle fonti di approvvigionamento. Da quanto esposto nel presente lavoro si desume: 1. che sfruttare il biogas da digestione anaerobica come combustibile in tecnologie a medio rendimento, per la generazione distribuita di elettricità e calore, permette un notevole risparmio in termini di energia. 2. l'utilizzo di diverse fonti di biomassa (reflui, energy crops, materiale di scarto proveniente da i diversi comparti agricoli e forestali ecc.) permette un più sicuro approvvigionamento a lungo termine.

Bibliografia

- PICCININI, Biogas, produzione e prospettive in Italia, 2004
- KRAMER J. M., Agricultural biogas Casebook , 2002, Great Lakes Regional Biomass Energy ProgramCouncil of Great Lakes Governors

POTENZIALITÀ SETTORE AGROZOOTECNICO ITALIANO: MANURE ZOOTECNICO, BINOMIO BIOGAS ED ENERGIA

Colantoni A.[1], Arcari P.[2], Cividino S.R.S., Vello M.[3]

[1]Dipartimento GEMINI, Università della Tuscia, andrea.colantoni@tin.it
[2]CRA-CMA Unità di ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura, paola.arcari@ucea.it
[3] DISA, Dipartimento di agricoltura e scienze dell'ambiente, michela.vello@uniud.it.

Introduzione

Da tempo il problema dello smaltimento dei reflui zootecnici è oggetto di studio di molti ricercatori di tutto il mondo: obiettivo finale di tali ricerche è quello di trasformare quello che da molti è considerato solo un rifiuto, di difficile smaltimento, in una vera e propria risorsa. E' possibile, infatti, produrre energia elettrica e/o termica direttamente dal biogas prodotto dal processo anaerobico di trasformazione dei reflui. Alla luce di quanto detto, il presente lavoro vuole evidenziare le enormi potenzialità dei settori agro-zootecnici italiani, in termini di resa di biogas e produzione di energia. Partendo, dunque, dal patrimonio bovino e suino italiano, si è stimata la produzione potenziale del biogas, e in seguito la quantità di energia elettrica e termica potenzialmente ricavabile, esprimendola, altresì, in termini di percentuale rispetto al fabbisogno elettrico nazionale. Inoltre, non da ultima per importanza, è stata calcolata la concentrazione di CO_2 evitata all'ambiente.

"Manure" zootecnico, binomio biogas ed energia

Non sono da sottovalutare, a nostro avviso, altri importanti benefici connessi al processo anaerobico. E'a tutti noto, infatti, che nella tradizionale e, purtroppo ancora tanto utilizzata, modalità di smaltimento dei reflui zootecnici - ovvero attraverso la messa a terra del reflui con successivo attacco di microrganismi aerobi - si va incontro a due inevitabili problemi: gli odori e le emissioni di inquinanti (con la conseguente alta potenzialità di contaminazione di falde sottostanti). La digestione anaerobica, al contrario, non solo produce energia sottoforma di biogas, ma, attraverso lo stoccaggio del refluo in grandi digestori, lo isola dall'ambiente circostante permettendo, in questo modo, l'abbattimento del suo carico organico maleodorante (mercaptani, acido solfidrico e ammoniaca) e l'igienizzazione totale del refluo, grazie alle alte temperature raggiunte (oltre i 55℃) e autoalimentate dagli stessi microrganismi d igestori.

Consistenza bovini e suini in Italia e Centro Italia ed analisi energetica

Attraverso la fonte ISTAT relativa all'anno 2004 è stato possibile classificare gli allevamenti Italiani in base alla consistenza aziendale, ovvero al numero di capi, di unità bovine per azienda, in base ad una semplice ripartizione geografica dell'Italia, vedi tabelle 1 e 2).

Italia Nord-occidentale	2.478.514
Italia Nord-orientale	1.842.845
Italia Centrale	483.788
Italia Meridionale	684.133
Italia Insulare	557.226
Totale	6.046.506

Tabella 1 - Numero di bovini in Italia.

Italia Nord-occidentale	4.735.903
Italia Nord-orientale	2.467.943
Italia Centrale	659.089
Italia Meridionale	515.485
Italia Insulare	235.596
Totale	8.614.016

Tabella 2 - Numero di suini in Italia.

Classe	Consistenza aziendale (n°capi)	Bovini	
		N°capi	%
1	1—2	45.068	1
2	3—5	106.854	2
3	6—9	161.602	3
4	10—19	418.454	7
5	20—49	1.039.605	17
6	50—99	1.086.849	18
7	100—499	2.315.855	38
8	500—999	462.232	8
9	1000—1999	204.621	3
10	2000 ed oltre	205.366	3
	Totale	6.046.506	100
Σ classi 6 → 10		4.274.923	71

Tabella 3 - Ripartizione fra le aziende dei capi bovini.

Lo stesso tipo di analisi è stata condotta sempre dall'ISTAT sui suini, per i quali si ha sia il totale di suini, le rispettive quote ripartite tra centro, nord sud ed isole, e la consistenza aziendale dei suini (vedi Tabelle 3 e 4).

Classe	Consistenza aziendale (n°capi)	Suini	
		N°capi	%
1	1—2	204.764	2
2	3—5	105.965	1
3	6—9	49.132	1
4	10—19	75.962	1
5	20—49	93.939	1
6	50—99	78.951	1
7	100—499	438.098	5
8	500—999	745.612	9
9	1000—1999	1.342.896	16
10	2000 ed oltre	5.478.697	64
	Totale	8.614.016	100
Σ classi 7 → 10		8.005.303	93

Tabella 4 - Ripartizione fra le aziende dei capi suini.

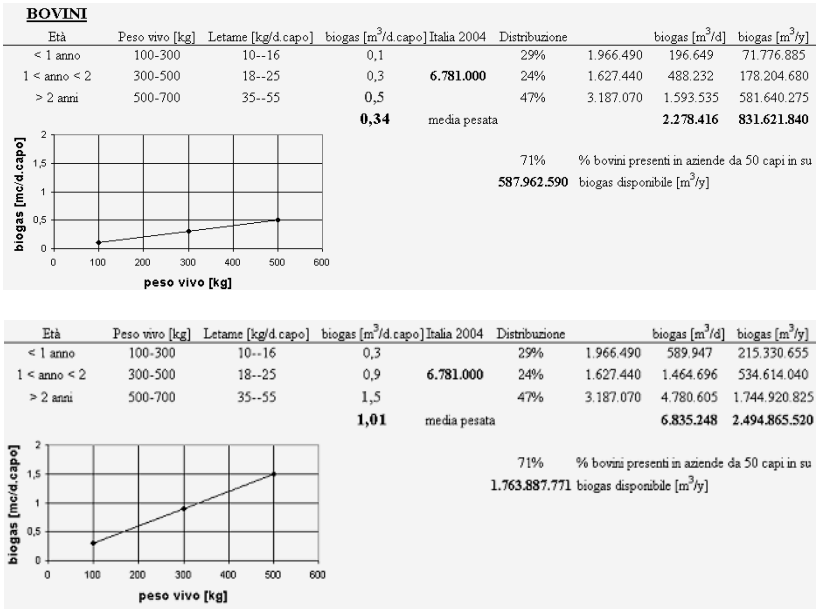


Figura 1 - Analisi energetica per i bovini.

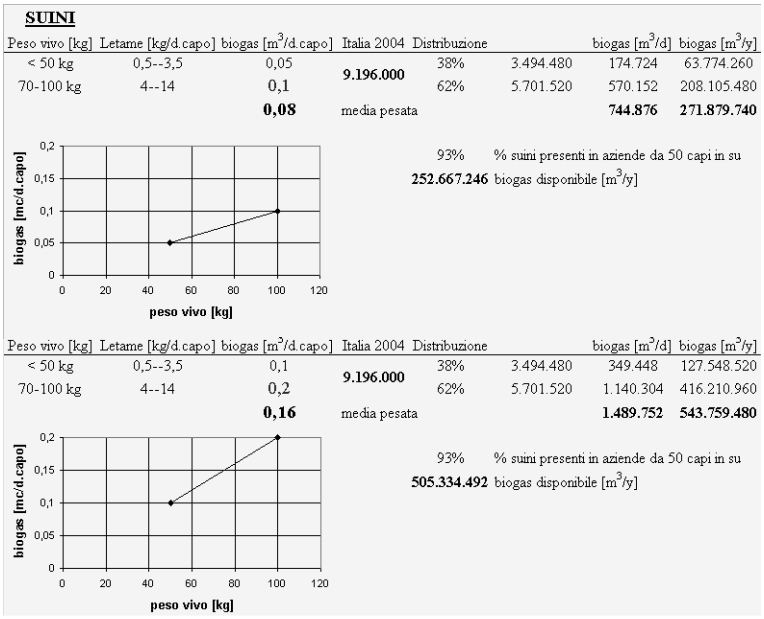


Figura 2 - Analisi energetica per i suini.

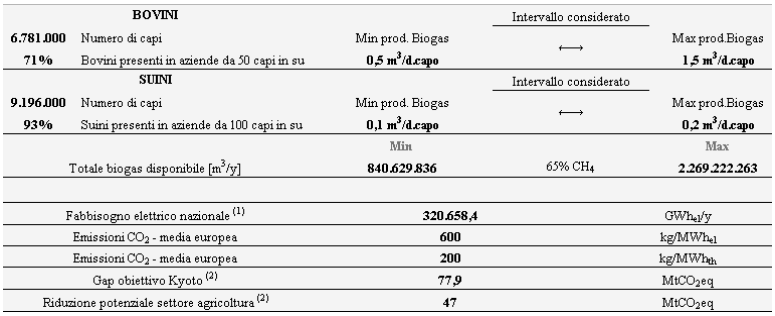


Figura 3 - Sintesi dei dati sui bovini e suini per scopi energetici.

Conclusioni

Il potenziale di biomassa da refluo zootecnico risulta elevato, evidenziando un approvvigionamento di biomasse per classe aziendale costante, senza problematiche di trasporto. Dalla figura 1, per i bovini, considerando una produzione di biogas, stimata tra un valore minimo di 0,5 m^3/d capo ed un massimo di 1,5 m^3/d. capo, la produzione potenziale di biogas annua varia tra un valore approssimativo di circa 830 milioni ad un valore di 2,5 miliardi di m^3 di biogas annui, potenzialmente utilizzabili per scopi energetici. Sempre dalla figura 1, per i suini, considerando una produzione di biogas, stimata tra un valore minimo di 0,1m^3/d capo ed un massimo di 0,2 m^3/d. capo, la produzione potenziale di biogas annua varia tra un valore approssimativo di circa 270 milioni ad un valore di 543 milioni di m^3 di biogas annui, utilizzabili per scopi energetici.

Da quanto detto la biomassa refluo, potrebbe divenire una grande fonte di energia, agevolando il settore zootecnico in termini di problematiche per lo smaltimento e incentivando il settore con nuovi introiti derivati dall'utilizzazione di energia (certificati verdi, certificati, bianchi, vendita energia elettrica al gestore della rete nazionale).

Bibliografia

- METCALF & EDDIE, Inc., Wastewater Engineering, treatment and reuse, 2003
- POWERS W.J.; VAN HORN H. H. , Dietary Influence on Manure Nutrient Excretions and Outdoor Generation Potential, International Symposium on Animal, Agricultural, and Food Processing, 305-313, 2001.

LA PRODUZIONE DI BIOGAS DA VINACCE: PRIMI RISULTATI CON IMPIANTO PILOTA

Failla S, Restuccia A.,

Università di Catania, Dipartimento di Ingegneria Agraria – Sezione Meccanica.

Key words: biomassa, scarti agro-industriali, digestione anaerobica, metano, energia rinnovabile

1. Introduzione

Con riferimento all'Italia, nel 2007 si calcola che sia stato complessivamente prodotto un quantitativo di energia elettrica pari a 313.888 GWh, di cui, 49.411 GWh (circa il 16%) da fonti rinnovabili (GSE, 2008). E tali quantitativi sembrano destinati ad aumentare ulteriormente considerando i numerosi studi in corso sui temi legati alle energie alternative e al prorompente progresso tecnologico del comparto ma anche alle rilevanti risorse finanziarie rese disponibili dall'operatore pubblico, attraverso diverse misure di intervento. In questo quadro evolutivo è parso importante approfondire la possibilità di produzione di biogas da residui dell'industria agro-alimentare e, in particolare, dalle vinacce. Tale scelta ha un duplice scopo: fornire un'alternativa valida al conferimento obbligatorio alla distilleria, che rappresenta in atto un costo considerevole per la comunità e valorizzare uno scarto agro-industriale, svincolando al massimo l'approvvigionamento energetico da coltivazioni a tal fine esclusivamente praticate.
L'obiettivo principale della ricerca consiste nella valutazione dei rendimenti quantitativi e qualitativi in biogas confrontando tre diverse tesi (vinacce tal quali, vinacce senza vinaccioli e vinacce pestate) e nella comparazione del profitto ottenibile con la produzione del biogas con quello ricavabile dalla distillazione della stessa biomassa. Per ogni tesi sono state condotte tre ripetizioni e 2 per il testimone, per un totale di 11 prove cui corrispondono 11 digestori utilizzati.
Per lo svolgimento della sperimentazione ci si è avvalsi di un impianto pilota di digestione anaerobica da laboratorio, di proprietà dell'ERSAF Lombardia. La concessione dell'impianto per la ricerca è stata resa possibile grazie alla convenzione sottoscritta tra il Dipartimento di Ingegneria Agraria dell'Università degli Studi di Catania e l'ERSAF Lombardia.
Le vinacce sono state reperite presso le Cantine Virgili di Mantova.

2. Materiali e metodi

2.1. L'impianto pilota

La piattaforma, unica in Italia, è stata progettata e realizzata nell'ambito del progetto PROBITEC dalle ditte italiane TGE s.r.l. per la parte meccanica ed AMBRA SISTEMI s.r.l. per la parte di analisi e software di gestione. L'impianto è di tipo modulare, ed è composto da 4 unità distinte. La prima funge da quadro generale di analisi e ad essa sono collegati in parallelo i tre moduli che contengono ciascuno 12 digestori in polietilene della capacità di 4 litri ciascuno, sistemati all'interno di un "cassetto" dotato di piastra riscaldante ventilata. Ogni digestore è collegato al gasometro (o polmone) in poliammide corrispondente, destinato alla raccolta del biogas, anch'esso della capacità di 4 litri. I gasometri sono contenuti in appositi cassetti con spazio confinato che obbliga il loro rigonfiamento in posizione eretta; in cima ai cassetti è posto un micro–switch collegato al software che, ricevuto il segnale di completo riempimento, comanda il quadro generale per effettuare il campionamento e lo svuotamento.
Il biogas viene aspirato tramite la pompa di campionamento, passando prima attraverso il "dryer" che, abbassando la temperatura del gas, favorisce la condensazione del vapore acqueo residuo, poi dall'analizzatore dell'idrogeno solforato (H_2S), che rileva la quantità dello stesso gas (in ppm). Successivamente l'H_2S viene intercettata tramite un filtro a carboni attivi, prima che il biogas giunga all'analizzatore degli altri gas per la misurazione di metano (CH_4), anidride carbonica (CO_2) ed ossigeno (O_2). Al termine del circuito è posizionato il contatore volumetrico di precisione "Ritter®", che misura la quantità di Biogas prodotto. Tutte le componenti del quadro di analisi sono direttamente collegate al computer che, tramite software dedicato, effettua il monitoraggio continuo, 24 ore su 24, i campionamenti e le registrazioni dei dati in maniera del tutto automatizzata per i 36 digestori.

2.2. Le analisi dei campioni

Analisi iniziali sono state condotte sia sulle sole materie prime (inoculo e substrato), che sull'ingestato (ottenuto per semplice addizione di inoculo + substrato) prima del caricamento dei digestori (tab.1). Al termine delle prove è stato effettuato un campionamento manuale sul biogas presente dentro i digestori e sono state condotte una serie di analisi sui digestati (pH, sostanza secca, azoto totale, carbonio organico, solidi volatili, COD e $N\text{-}NH_4$).

2.3. Il protocollo delle prove

L'ingestato, espresso in massa di sostanza secca, era composto da due parti di inoculo (94 g) ed una di vinacce (47 g),. La temperatura è stata mantenuta a 40℃ per l'intero processo.

Iniziata la produzione di biogas, essa è stata raccolta all'interno degli appositi gasometri per il tempo necessario a raggiungere un volume tale da attivare il micro–switch.

PARAMETRO	VINACCE		INOCULO	
	Valore TQ		Valore	
pH	3,8		8,11	
Umidità (80℃)	73,5%		95,3%	
Sostanza secca (S.S.)	26,5%		4,7%	
FOS/TAC	-		0,190	
	%S.S.S	%S.T.Q	%S.S.S	%S.T.Q.
Azoto totale	6,91	1,83	6,38	0,3%
Carbonio organico	21,30	5,64	35,10	1,65%
Solidi volatili	93,19	24,70	68,08	3,2%
Titolo alcolometrico vol.	-	5,34	-	-
	INGESTATO			
pH	8,84			
COD	85,40 g/l			
(N-NH4+)	1,22 g/l			
FOS/TAC	0,650			

Tabella 1 - Analisi chimico-fisiche delle materie prime e dell'ingestato.

A quel punto l'impianto è stato in grado di effettuare i campionamenti e registrarne i risultati in modo del tutto automatizzato. Al quindicesimo ed al ventunesimo giorno sono state condotte le analisi relative al FOS/TAC e ne sono stati valutati i risultati in comparazione con le produzioni di biogas in termini di ml/giorno. Prima della dismissione delle prove è stato effettuato un campionamento manuale per ogni prova condotta, al fine di registrare l'eventuale quantità di biogas prodotto nell'intervallo di tempo compreso tra l'ultimo campionamento automatico e la data della dismissione.

3. Risultati

La sperimentazione condotta su un impianto pilota da laboratorio, mai usato prima, ha consentito di tarare la strumentazione, di mettere a punto un idoneo protocollo di prova e di adeguare il software alle esigenze del processo di digestione anaerobica, apportando notevole contributo al miglioramento delle prestazioni dell'impianto ed alla correzione delle criticità evidenziate. Infatti, delle prove condotte, 5 su 11 non hanno registrato produzione di biogas a causa di perdite e di inconvenienti tecnici e pertanto sono state annullate. Tuttavia, la tesi relativa alle "vinacce tal quali" si è dimostrata migliore rispetto alle altre tesi. In particolare, le prove "vinacce senza vinaccioli" hanno prodotto la minore quantità di biogas in assoluto, dimostrando l'apporto determinante dei vinaccioli nella produzione di biogas, mentre le "vinacce pestate" hanno fatto registrare volumi di produzione simili a quelli delle VTQ, ma con concentrazioni più elevate di CH_4; tuttavia tale differenza non giustifica un eventuale costo aggiuntivo da sostenere per pestare le vinacce (fig. 1). Le vinacce, inoltre, si sono dimostrate prontamente degradabili, grazie alla presenza di alcool, acidi organici e zuccheri fermentescibili, fornendo la maggior quantità di biogas già al 6°giorno dal caricamento dei digestori.

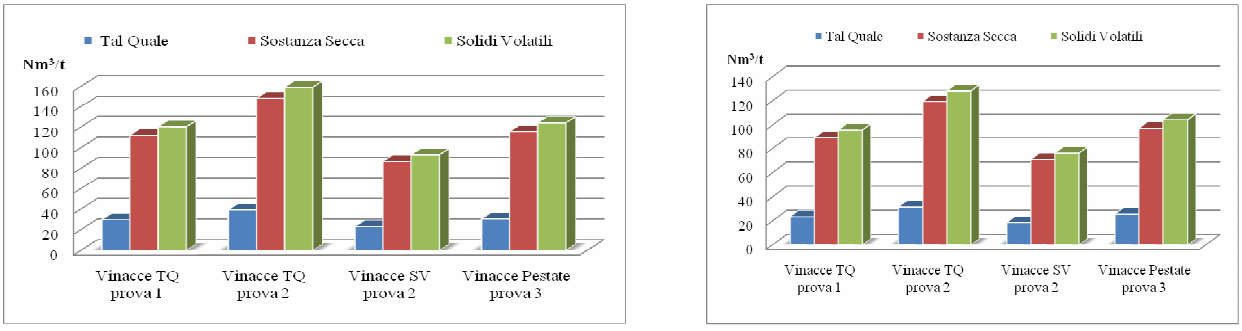


Figura - Produzione di biogas e di CH_4 per tonnellata di substrato

La digestione anaerobica delle vinacce fresche potrebbe rappresentare una possibile soluzione al problema dello smaltimento dello stesso sottoprodotto, poiché dalla trasformazione del metano in energia elettrica, quantificabile in circa 300 kWh/t, per un impianto di potenza installata inferiore ad 1MWe corrisponde ad una tariffa omnicomprensiva di € 0,30 per un totale di circa € 90,00, a fronte di un ricavo di circa € 54,00 al lordo delle spese di trasporto sostenute per il conferimento al distillatore.

FEASIBILITY STUDY OF A CENTRALISED PLANT FOR A SUSTAINABLE MANAGEMENT OF LIVESTOCK MANURE WITH ENERGY PRODUCTION

Chiumenti R.[1], Chiumenti A.[1], da Borso F. [1], Limina S. [1]

[1] University of Udine, The Department of Agriculture and Environmental Sciences – Division of Agricultural Engineering.

Key words: manure, treatment, anaerobic digestion, energy, combustion, nitrogen, nitrates, denitrification, livestock.

1. Introduction

The enforcement of Italian Directive 7th April 2006 states new rules for the management of farming residues in compliance with the European Nitrates Directive (91/676/CEE), in order to prevent the pollution of water from agricultural use of animal manure, in many cases determining the need of technical solutions for the reduction of nitrogen.
The present study represents a feasibility evaluation of a centralized plant for solving, at territorial level, the problem of respecting the new limits, in terms of the nitrogen load from livestock farming, imposed by the enforcement of the EU Nitrates Directive.

2. Materials and methods

2.1. Territorial study

The first stage of the project was a territorial survey finalised to determine the regional situation of livestock farms and their impact in terms of nitrogen load.
One particular area of the Friuli Venezia Giulia Region appeared to be particularly problematic: the Municipality of Vivaro (PN), is not enlisted among the vulnerable areas defined by the European Union, but nonetheless it is characterized by an elevated load of nitrogen per hectare of agricultural land (SAU): in fact, its 160 kgN/ha of SAU are very close to the limit stated for vulnerable areas (170 kgN/ha); furthermore, this area is close to protected areas of peculiar geological-environmental characteristics (confluence of the two torrents Cellina and Meduna).

2.2. Design of a centralised plant

After considering the livestock farming potential of the area a dedicated solution was studied, with the following main objectives:
- reduction of approximately 70% of the total nitrogen load;
- volume reduction of the effluent manure up to 70%.

The achievement of the first objective would allow a sustainable agronomical utilization of manure, while the second would reduce the costs of transportation related to land spreading.
The plant that was studied implements different technologies: the liquid manure from swine and bovine farms, plus additional biomasses, is processed in a anaerobic digestion plant, with a post treatment with nitrification-denitrification for nitrogen removal, combined with the evaporation process for volume reduction; poultry manure, instead, is processed in a combustion unit, with steam cycle for the production of electric energy.

3. Results

The present feasibility study showed that it is possible to solve the nitrates problem with centralised plants that implement different tested technologies, reducing nitrogen concentration, manure volume and producing energy.
The energetic exploitation of biomass from farming activities is a valid opportunity also because of governative incentives for the production of energy from renewable sources: the present feasibility study shows that the electric potential of the plant is of 1MWe, so that the investment (about 5 millions of euros) could be paid back in only 4-5 years, producing income for the rest of the 15 years of incentives.
With this type of solution it is possible to manage the effluents of livestock farms in an environmentally sound way, not only solving the “nitrogen problem” but also producing income.

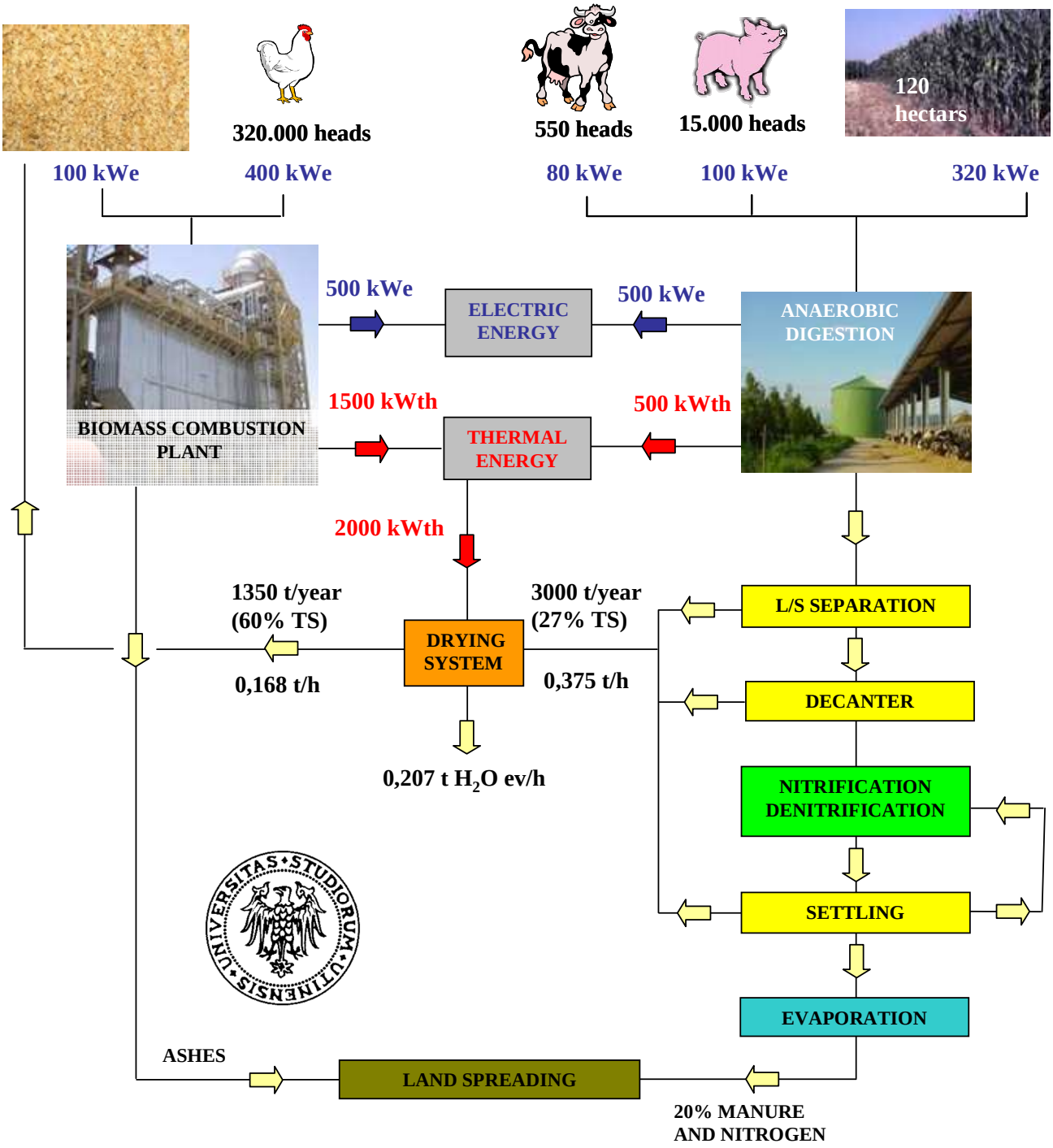


Figure 1 – Flow diagram of the centralised plant object of the study.

ANAEROBIC DIGESTION TESTS IN PILOT SCALE PLANTS TREATING SWINE MANURE

Chiumenti R.[1], Chiumenti A.[1], Da Borso F. [1], Limina S. [1]

[1] University of Udine, The Department of Agriculture and Environmental Sciences – Division of Agricultural Engineering.

Key words: biogas, manure, treatment, anaerobic digestion, energy, intensive farming, swine.

1. Introduction

Manure management is a strategic issue for farming activities. It is fundamental, in fact, to develop and implement technologies that limit the environmental impact of farms without compromising the profit: environment friendly solutions must be also sustainable from an economic prospective.
The anaerobic digestion of manure represents a valid and actual option.
This technology offers the possibility of producing energy from renewable sources, but also several environmental advantages:

- Digested manure is not toxic for plants and hence can be spread on crops without problems;
- Digested manure is characterised by a lower content of suspended solids, which reduces the risk of clogging the sprinklers;
- Weeds are deactivated by the process;
- Pathogens populations are reduced;
- The emission of methane into the atmosphere is avoided by the controlled production of this gas in a confined environment; methane is one of the most important greenhouse gases which is produced in significant amounts by slurry tanks.
- Odour and gases emissions from digested manure are drastically lower than those from untreated manure.

2. Materials and methods

Three vertical pilot scale anaerobic reactors were designed and manufactured. The digesters are made of steel and feature insulation and electric heating for temperature control. Two digesters are conventional high load, completely mixed type, while the third digester is a hybrid type, with a fixed bed up-flow section realised using plastic filling material. In order to assess the performance of the process different hydraulic retention times were adopted.
Temperature, gas production and composition, and also fresh manure / digested manure characteristics were determined.
The tests were performed at mesophilic temperature conditions, with liquid manure from a fattening pigs livestock housing: the slurry was pumped directly from the housing tank, located under the slatted floor, and a solids separation, by means of a static grate, was performed prior to the anaerobic digestion.
The three digesters are equipped with moisture separation unit for the treatment of biogas, pressure gauge and biogas flow-meter to quantify biogas production. Each digester features a biogas sampling outlet in order to convey the gas to an analysing unit for the determination of CO_2 and CH_4 content. The biogas produced is discharged into the atmosphere by means of pipes that convey the gas at a height of 2.5 m from the ground for safety concerns.
Untreated and digested manure are subject to the determination of the following parameters:

- Total Solids (TS) and Volatile Solids (VS);
- $N\text{-}NH_4$ and Total N content;
- COD;
- pH;
- redox potential;
- temperature;
- odour emissions (with a TO6 Ecoma olfactometer);
- gaseous emissions from digested and untreated manure, including NH_3, N_2O, H_2S and Methyl-Mercaptanes (static chamber method and Bruel&Kjaer photo-acoustic analyzer).

Figure 1 – Front view of the three pilot scale digesters installed in a fattening pigs farm.

3. Results

The hydraulic retention time varied from 10 to 20 days.

The performance of the digesters, in terms of volatile solids (VS) removal, reached peaks of 70% for some periods of the tests, with the best results for the hybrid type digester.

During the entire period (270 days) the mean VS removal efficiency resulted slightly higher than 40%, with lower values corresponding to the lowest retention time.

The results are aligned with those obtained by other authors (Moller et al., 2007), even if for several studies higher mean efficiency was obtained. Moller, for example, reports an average VS reduction of 61%, but operating at thermophilic conditions.

The qualitative characteristics of biogas were generally good, highlining an average methane percentage higher than 60%, with maximum levels of 75%: these can be considered more than satisfactory, considering that are only slightly lower than those obtained by Moller et al. in thermophilic conditions.

The mean organic matter conversion rate, i.e. biogas yield, reached maximum levels of 0,33 m^3/kgVS for the hybrid flow digester operating with the highest organic load (RT=10 days).

Considering that the slurry was subject to filtration, and that the farm was of fattening pigs, with completely full or completely empty housings (meaning that the animals have all the same age, and the live weight increases during the breeding) the tests confirm the expected results, underlining that in presence of filtered manure, this type of process could be of interest for a farmer primarily oriented to obtain a good stabilization of the slurry for a sustainable agronomical utilization.

Obviously, as a consequence of the liquid/solid separation process, the biogas production is reduced compared to what could be obtained by processing unfiltered manure.

The emissions of NH_3, CH_4, CO_2, N_2O and mercaptanes were also determined, by means of static chamber method, both from raw and digested manure. The results showed significant reductions of the emissions (about 90% for CH_4, 32% for NH_3, 77% for CO_2, 78% for N_2O and 43% for mercaptanes), confirming that significant advantage of the anaerobic treatment is the reduction of gases, and hence of odours, emitted by digested manure (compared to the untreated), which means an enhanced sustainability of agricultural utilization of manure.

LE PROSPETTIVE PER I SISTEMI ENERGETICI INTEGRATI: COGENERAZIONE ED IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO

EMISSIONI DA MOTORE ENDOTERMICO (COGENERAZIONE) CON UTILIZZO DI BIOCOMBUSTIBILI DI DIVERSA ORIGINE

Baldini M., Bulfoni E., Turi M.*, Simeoni P.**, Dell'Antonia D., Maroncelli D., Gubiani R.

Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali, Università degli Studi di Udine
* Azienda agraria "A. Sevadei", Università degli Studi di Udine
** Dipartimento di Energetica e Macchine, Università degli Studi di Udine

Parole chiave: olio vegetale, biodiesel, emissioni motore endotermico

1. Introduzione

L'Italia, insieme agli altri Paesi dell'Unione Europea, si è impegnata ad una significativa riduzione delle emissioni di gas serra e ad una sostituzione dei combustibili fossili con fonti rinnovabili. Questo è dimostrato dalle numerosi leggi e direttive europee emanate negli ultimi anni in questa direzione. Il raggiungimento di questi obiettivi, legati alla recente crisi energetica che colpisce l'economia mondiale, ha evidenziato l'importanza delle fonti energetiche rinnovabili e tra queste notevole interesse possono assumere i biocombustibili liquidi ottenuti da attività agricola.

Nonostante ciò, rimane evidente la difficoltà nel raggiungere i livelli stabiliti di utilizzo dei biocombustibili a causa delle resistenze evidenziate dalle compagnie automobilistiche, dagli utilizzatori privati e dagli amministratori locali. La causa di questa resistenza è sicuramente dovuta alla mancanza di una adeguata conoscenza sulla qualità delle emissioni dei motori alimentati con biocombustibili.

Seguendo questa indicazione è stata eseguita una ricerca nell'ambito del progetto Europeo Alter-Energy, che aveva come principali obiettivi la produzione di bio-combustibili da colture dedicate e la loro utilizzazione a livello aziendale, nel distretto di Falesti (Moldova). La sperimentazione ha riguardato la valutazione delle missioni di un generatore di energia elettrica dotato di motore endotermico alimentato indifferentemente a gasolio e a biodiesel.

2. Materiali e metodi

Semi di colza, girasole standard e girasole alto oleico sono stati sottoposti a spremitura meccanica a freddo mediante una semplice macchina spremitrice aziendale, modello MPS 18-22 "MAILCA". L'olio ottenuto è stato sottoposto solamente a decantazione, senza filtrazioni o raffinazioni successive.

Gli oli così ottenuti sono stati in seguito sottoposti ad un processo di transesterificazione, sempre a livello aziendale, mediante un impianto TEAG 50 FA "MAILCA", utilizzando metanolo come alcool e idrossido di sodio quale catalizzatore alcalino. Il glicerolo ottenuto delle reazioni, dopo 48 ore, è stato separato mediante decantazione dal metilestere. Quest'ultimo è stato successivamente utilizzato come combustibile in un generatore di energia elettrica "Tessari", dotato di un motore diesel "IVECO", a combustione interna con 4 cilindri con una potenza di 40 kW(e) a 1500 rpm, adattato per essere alimentato indifferentemente con biodiesel e gasolio di origine fossile.

I tre diversi metilesteri ottenuti, colza metilestere (CME), girasole standard metilestere (GSME) e girasole alto oleico metilestere (GAOME), sono stati analizzati secondo la normativa Europea EN 14214 prima di essere utilizzati come combustibili, in comparazione al gasolio. Lo scopo delle analisi è stato quello di valutare l'impatto ambientale mediante l'analisi delle emissioni di inquinanti (CO, NO, NO_2, NOx e SO_2) durante la combustione. I gas di emissione sono stati misurati con un dispositivo professionale di analisi in semicontinuo (MRU Vario Plus). Le emissioni di gas sono state misurate in uno specifico punto dello scarico del motore, distante almeno tre volte il diametro del cilindro da curve o restringimenti. La sonda di prelievo è stata inserita in posizione perpendicolare rispetto al flusso dei gas emessi durante la combustione. Dopo l'accensione del motore, si è atteso circa venti minuti che il generatore entrasse a regime prima di iniziare a registrare i dati con intervalli di un secondo per un periodo di quindici (15) minuti.

3. Risultati e discussione

Per quanto concerne il livello degli ossidi di zolfo nei fumi di combustione, questo dipende dalla concentrazione di zolfo nella materia prima utilizzata. Tale concentrazione è notoriamente assente o in tracce nelle materie prime di origine vegetale (oli), mentre è ben presente nel gasolio di origine fossile, che poi, in funzione del grado di raffinazione, viene ridotta a valori tra 15 e 500 ppm (Lapuerta et al., 2008). Nonostante questa premessa, l'analizzatore non è stato in grado di rilevare nessuna concentrazione per tutti i combustibili utilizzati.

Relativamente alle emissioni di ossigeno (O_2), non si sono rilevate differenze significative tra quelle generate dai diversi esteri metilici di origine vegetale e quelle generate dal gasolio fossile.

Le emissioni di monossido di carbonio (CO) generate da GAOME si sono dimostrate decisamente inferiori rispetto a quelle derivate dalla combustione degli altri due esteri metilici di origine vegetale (CME e GSME) e del tutto simili a quelle del gasolio (Fig. 1). Si tenga conto che il CO non dà grossi problemi dal punto di vista

ambientale (può essere considerato un inquinante minore), ma la sua presenza nei fumi è indice di possibili problemi durante la combustione. Per quanto concerne gli ossidi di azoto, le emissioni di NO e NO_2 hanno evidenziato un analogo comportamento rispetto al tipo di biocarburante utilizzato, per cui, anche per ragioni di sintesi, vengono riportate esclusivamente le emissioni totali sotto forma di NOx (Fig.2).

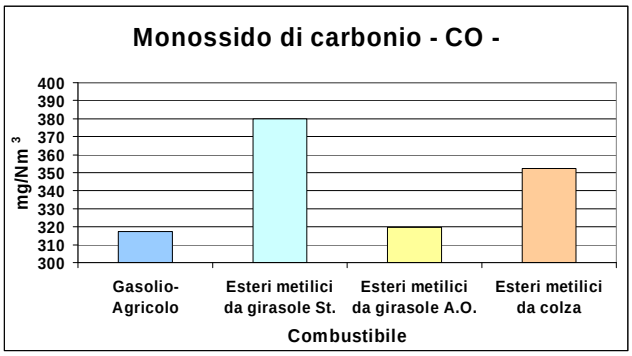


Figura 1: emissioni di CO.

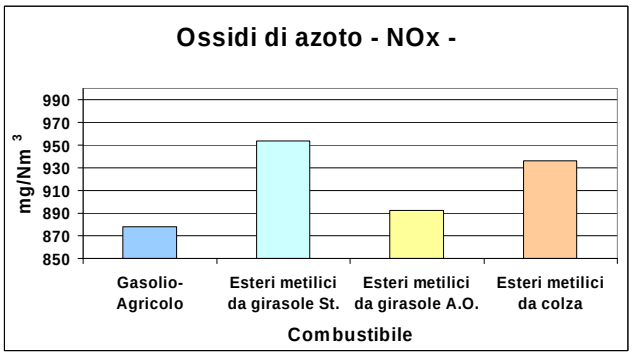


Figura 2 - Emissioni di NOx.

Gli ossidi di azoto, essendo tra i composti più dannosi, sono considerati generalmente "il problema" di tutti i combustibili derivati da oli vegetali, perché il loro livello nei fumi di combustione è risultato significativamente superiore a quelli del combustibile fossile, come evidenziato anche dai nostri risultati (Fig. 2). Tra le diverse teorie che cercano di spiegare il fenomeno, la più accreditata sembra essere l'anticipo della combustione, causata da un anticipo dei tempi d'iniezione del biodiesel, dovuto alle sue caratteristiche fisiche, con il conseguente raggiungimento di picchi di temperatura più elevata (Stone, 1999; McCormick et al., 2001; Yuan et al., 2005). D'altra parte, però, il metilestere ottenuto da olio di girasole alto oleico ha evidenziato una significativa riduzione degli stessi NOx rispetto agli altri oli, con valori del tutto comparabili al combustibile fossile (Fig. 2) ed in linea con quanto riportato da altre sperimentazioni (Tat et al., 2007). Studi effettuati con biodiesel provenienti da oli di diversa origine (Grabonsky et al., 1993; Petterson et al. 2000) evidenziano, infatti, emissioni di NOx ridotte quando aumenta la lunghezza media della catena carboniosa e diminuisce il grado di insaturazione della stessa (cioè diminuisce il numero di iodio).

OLI VEGETALI			
Parametri	Colza	Girasole standard	Girasole alto oleico
Totale C 16 (%)	5,9	7,2	3,2
Totale C 18 (%)	92,6	91,8	95,3
Numero di Iodio	109,3	127,9	83,3

Tabella 1. Composizione acidica e numero di iodio degli oli utilizzati per la produzione dei biocombustibili

Tutto ciò concorda con i nostri risultati (Tabella 1) che mostrano, nell'olio di girasole alto oleico, una composizione acidica dotata di una catena di atomi di carbonio mediamente più lunga (C 18) e un più basso numero di iodio rispetto agli altri oli utilizzati.

Conclusioni

I risultati più rilevanti ottenuti in questo studio possono essere così riassunti:

- gli oli vegetali ed i rispettivi esteri metilici ottenuti a livello aziendale hanno fornito prodotti che potrebbero rivestire un importante risorsa energetica per le aziende agricole ed agri-energetiche, qualora supportate da adeguati incentivi.
- per quanto concerne le emissioni da motori endotermici in seguito all'utilizzo di oli vegetali puri o metilesteri derivati (biodiesel) come biocarburanti si può affermare che utilizzando oli ad alto contenuto di acido oleico (> 80% di C 18:1 nell'olio) come materia prima, si sono ottenuti livelli di emissioni dei principali inquinanti (O2, CO, NO, NO2 and NOX) del tutto analoghi a quelli da gasolio e sensibilmente inferiori a quelle degli altri oli.

In conclusione, i risultati ottenuti confermano che gli oli vegetali ad alto oleico possono rappresentare le materie prime più interessanti da prendere in considerazione per scopi energetici per la loro resistenza alle alte temperature, la buona stabilità all'ossidazione e il limitato impatto ambientale nella combustione.

Volume redatto grazie al finanziamento dalla regione Friuli Venezia Giulia (art. 7 della L.R. F.V.G. 11/2003), nell'ambito del progetto "BIOenergy FVG – progettazione, messa in funzione e gestione di impianti pilota per l'utilizzo di biomasse agro-forestali".

http://bioenergy-fvg.uniud.it/ ISBN: 978-88-903361-0-2