

IMPIANTO PILOTA PER LA CONVERSIONE ENERGETICA DEGLI SCARTI DI POTATURA DEI VIGNETI

Franco Cotana, Gianluca Cavalaglio

Centro di Ricerca sulle Biomasse, Via M. Iorio 8, Tel. 075.500.42.09
cotana@crbnet.it, cavalaglio@crbnet.it

SOMMARIO

Il progetto pilota di filiera agro-energetica per il recupero energetico degli scarti di potatura dei vigneti è giunto al completamento dell'impianto di conversione energetica. La realizzazione della centrale a biomasse ha visto il completamento del silos di stoccaggio del cippato, del sistema di movimentazione del cippato, della caldaia a biomasse, del sistema di trattamento fumi, del sistema di scarico ceneri, delle apparecchiature di centrale, della rete idraulica, delle sottostazioni e del gruppo frigo ad assorbimento. Il presente lavoro illustra la progettazione e la realizzazione di tutte le sezioni della filiera energetica fino alla fase finale di stoccaggio e conversione energetica della biomassa. Sono descritte le scelte progettuali ed i criteri seguiti per il dimensionamento delle apparecchiature. Infine, alla luce del costo totale dell'investimento e della sperimentazione sulla produzione della biomassa, è eseguito un bilancio economico dell'investimento, dimostrando che esso risulta conveniente anche in assenza di finanziamenti, seppure con tempi di ritorno dell'investimento non inferiori a 8-9 anni.

Come ottimizzazione dell'impianto si è ipotizzato il recupero di energia dai fumi di scarico della caldaia per alimentare un impianto di conversione statica di energia elettrica costituito da moduli termoelettrici in grado di produrre circa 10 kW di energia elettrica.

1. INTRODUZIONE

L'attuale quadro normativo per il settore energetico europeo e nazionale prevede obiettivi impegnativi sia nel settore dei biocarburanti liquidi (5,75% del consumo totale di carburanti entro il 2010), sia, più in generale, nella produzione di energia primaria da biomasse (dall'attuale 4% ad oltre l'8% entro il 2010).

[1-3]

Questi obiettivi corrispondono, in termini di superfici coltivate per la produzione delle biomasse necessarie alle diverse filiere energetiche, ad oltre 3 milioni di ettari, come evidenziato nella figura 1, che mostra la stima degli ettari totali necessari alle produzioni energetiche al fine di garantire un contributo pari all'8% dell'energia primaria consumata in Italia.

Tabella 1: Biomasse residuali legnose disponibili sul territorio italiano. [5-6]

Pianta	Superficie coltivata (ha) [5]	Residuo (t/ha) [6]	Biomassa totale ottenibile (Mt)
Vite	871.597	2,9	2,53
Olivo	1.170.362	1,7	2,00
Melo	64.447	2,4	0,15
Pero	45.826	2,0	0,09
Pesco	67.458	2,9	0,20
Agrumi	179.470	1,8	0,32
Mandorlo	86.406	1,7	0,15
Nocciolo	69.561	2,8	0,19
Totale	2.555.127	-	5,63

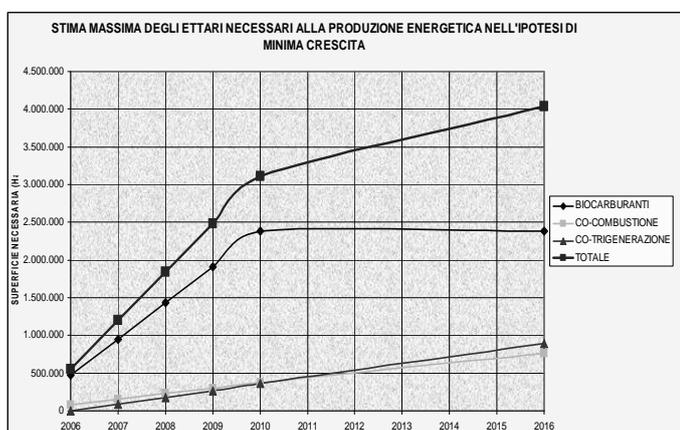


Figura 1: Stima degli ettari necessari alle produzioni energetiche [4]

Se si tiene conto del fatto che in Italia la disponibilità di terreni per produzioni energetiche potrebbe arrivare nella migliore delle ipotesi a 1.500.000 di ettari (considerando 800.000 ettari di terreni set-aside, la riconversione energetica dei terreni coltivati a barbietole e l'utilizzo di terreni marginali), risulta evidente la necessità di integrare le produzioni energetiche con biomasse di tipo residuale, che non impegnano superfici agricole.

[4]

La tabella 1 mostra le principali colture dalle quali è possibile ricavare biomasse residuali di tipo legnoso, le superfici totali coltivate (ha), la produzione media di residui (t/ha) e le quantità teoriche ottenibili dalla raccolta (Mt).

Il valore teorico complessivo è di oltre 5,5 milioni di tonnellate di biomasse residuali, corrispondenti a quasi 500.000 ettari adibiti a coltivazioni lignocellulosiche.

Il progetto di filiera agro-energetica ERAASPV, finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, per la

realizzazione di un impianto pilota di recupero energetico degli scarti di potatura, è giunto al completamento di tutte le sezioni dell'impianto di conversione energetica, e si concluderà alla fine del 2008 con la fase di monitoraggio della filiera.

Nel presente lavoro sono trattati gli aspetti concernenti la progettazione, realizzazione ed analisi economica dell'impianto.

2. ANALISI DEI FABBISOGNI ENERGETICI DELL'AZIENDA VITIVINICOLA

L'azienda vitivinicola dispone di caldaie alimentate a gasolio e gpl e di macchine frigorifere a compressione impiegate per il condizionamento estivo dei locali e per il condizionamento delle botti nel processo di vinificazione.

I consumi complessivi dell'azienda ammontano a:

- 30.000 l di gasolio per il riscaldamento degli uffici, per il condizionamento delle botti e per la produzione di vapore, destinato alla linea di imbottigliamento ed alla sterilizzazione delle bottiglie (297 MWh);
- 11.000 l di gpl per il condizionamento delle barriques dei vini rossi, per il riscaldamento del laboratorio e della sala degustazioni (79 MWh);
- 709.000 kWh/anno di energia elettrica consumati annualmente dall'azienda, dei quali circa 336 MWh/anno sono destinati ad alimentare le macchine frigorifere a compressione.

Nello specifico, l'azienda impiega 7 caldaie e 5 macchine frigorifere a compressione. Le tabelle 2 e 3 descrivono le caratteristiche di impiego delle caldaie e dei gruppi frigo a compressione.

La scelta dell'ubicazione della centrale termica a biomasse, in base alle disponibilità dell'azienda, e la posizione e l'effettivo utilizzo degli apparecchi di conversione dell'energia, ha consigliato di scartare alcune caldaie ed i gruppi frigo per il condizionamento estivo degli uffici, troppo distanti dalla centrale e con limitati consumi di energia. Per gli altri apparecchi è stata eseguita una valutazione del fabbisogno energetico in base alle bollette energetiche o ai contatori installati sulle tubazioni di adduzione del combustibile, ed inoltre in base ai rendimenti delle apparecchiature energetiche e della caldaia a biomasse ad olio diatermico (66%). I consumi delle singole caldaie e gruppi frigo da collegare al nuovo impianto a biomasse sono riportati nella tabella 4.

Tabella 2: Caratteristiche caldaie a combustibili fossili

Tipo caldaia	Potenza	Combustibile	Utilizzo
sterilizzazione bottiglie	581 kW	gasolio	2/4 h a settim. tutto l'anno
riscaldamento azienda	235 kW	gasolio	8 h al giorno Nov-Mar
riscaldamento vini rossi	34,5 kW	gpl	24 h al giorno tutto l'anno
riscaldamento laboratorio	29,7 kW	gpl	8 h al giorno Nov-Mar
riscaldamento vini bianchi	34,8 kW	gpl	24 h al giorno Ott-Gen
riscaldamento zona isolata	100 kW	gasolio	saltuariamente Nov-Mar
riscaldamento casa custode	24 kW	gpl	8 h al giorno Nov-Mar

Tabella 3: Caratteristiche dei gruppi frigo a compressione

Tipo gruppo	Potenza frigorifera (kW)	Utilizzo	Temp. fluido (°C)
Condizionam. botti	210	6 h/giorno tutto l'anno	0
Condizionam. botti	89	2 h/giorno tutto l'anno	0
Condizionam. botti	157	2 h/giorno tutto l'anno	0
Condizionam. botti	65	6 h/giorno tutto l'anno	-10
Condizionam. estivo	32	8 h/giorno Giu/Ago	7

Tabella 4: Consumi annui delle singole caldaie (C) e gruppi frigo (GF) allacciati all'impianto a biomasse

Macchina termica	Potenza (kW)	Combustibile	Fabbisogno annuo (MWh termici)
C1	581	gasolio	73
C2	235	gasolio	208
C3	34,5	gpl	36
GF1	210	elettricità	1.248
GF2	89	elettricità	175,2
GF3	157	elettricità	312
GF4	32	elettricità	64,8
Totale			2.117

Tabella 5: Fabbisogni medi mensili delle apparecchiature

Mese	Consumo mensile caldaie (MWh)	Consumo mensile gruppi frigo (MWh)	Totale (MWh)
GEN	50,68	144,6	195,28
FEB	50,68	144,6	195,28
MAR	50,68	144,6	195,28
APR	9,08	144,6	153,68
MAG	9,08	144,6	153,68
GIU	9,08	166,2	175,28
LUG	9,08	166,2	175,28
AGO	9,08	166,2	175,28
SET	9,08	144,6	153,68
OTT	9,08	144,6	153,68
NOV	50,68	144,6	195,28
DIC	50,68	144,6	195,28
TOT	317	1800	2.117

Sono stati poi valutati i consumi mensili delle caldaie e delle macchine frigorifere, in base ai periodi di impiego delle singole apparecchiature; i risultati delle stime eseguite sono riportati nella tabella 5.

3. SCELTA DELLA TECNOLOGIA E DELLA POTENZIALITA' DELLA CALDAIA A CIPPATO

L'analisi dei fabbisogni energetici dell'azienda è fondamentale per la scelta della potenzialità e della tecnologia impiantistica. La necessità dell'azienda vitivinicola è quella di avere a disposizione le seguenti forme di calore:

- acqua calda a 80°C per il riscaldamento invernale;

- acqua surriscaldata (95°C) e vapore per il processo di sterilizzazione delle bottiglie;
- acqua fredda a 7°C per il condizionamento estivo;
- acqua refrigerata fino a -10°C per il condizionamento delle botti.

Tali esigenze hanno indirizzato la scelta verso una caldaia in grado di riscaldare olio diatermico a 300°C, in grado di produrre acqua calda, acqua surriscaldata e vapore mediante scambiatori di calore, e acqua refrigerata mediante gruppi frigo ad assorbimento alimentati da olio diatermico.

La scelta della potenzialità della caldaia a biomasse richiede, oltre alla valutazione dei fabbisogni energetici, anche la stima della potenzialità di biomasse residuali disponibili e l'analisi del potere calorifico. La sperimentazione e l'ottimizzazione eseguita sulla fase di rotoimbollatura dei residui di potatura di vite hanno fornito risultati di produttività di biomasse compresi tra 0,70 e 0,75 t/ha di sostanza secca, ed un valore del potere calorifico misurato in laboratorio pari a circa 4,8 kWh/kg. Poiché la superficie dell'azienda coltivata a vigneti è oltre 200 ettari, è disponibile annualmente una quantità di biomassa pari a circa 150 tonnellate, corrispondenti a circa 720 MWh annui di energia termica. [6-7]

La taglia scelta per la caldaia a cippato alimentata ad olio diatermico è di 400 kW utili, che rappresentano un corretto compromesso tra la disponibilità annua di biomasse residuali, il consumo medio mensile ed i carichi di punta delle apparecchiature. Le caratteristiche principali della caldaia sono riportate nella tabella 6.

Tabella 6: Caratteristiche caldaia a cippato

Combustibile	Cippato di legno
Potenza al bruciatore	600 kW
Potenza utile	400 kW
Rendimento termico	66%
Tipo di focolare	Griglia mobile
Unità recupero termico	Scambiatore fumi/olio diatermico
Fluido termovettore	Olio diatermico a 300°C

4. PROGETTAZIONE MOVIMENTAZIONE E STOCCAGGIO DEL CIPPATO

Le potature sono raccolte in balle cilindriche e stoccate in un'area all'aperto distante circa 1 Km dalla centrale termica a biomasse. La fase di cippatura avviene nel piazzale antistante il silos di stoccaggio del cippato, impiegando un carro miscelatore di derivazione zootecnica.

Il silos di stoccaggio è stato dimensionato in modo da garantire un'autonomia di almeno 7-8 giorni a pieno carico.

I dati alla base del calcolo del volume del silos sono:

- consumo caldaia: 120 Kg/h di biomassa secca;
- densità del cippato: 250 Kg/m³;
- ore giornaliere di utilizzo a pieno carico: 16 ore.

Secondo questi dati un volume di circa 60 mc è in grado di assicurare almeno 7-8 giorni di funzionamento dell'impianto.

Il cippato in uscita dal carro miscelatore è trasferito all'interno del silos di stoccaggio mediante un nastro trasportatore. Lo stoccaggio è stato progettato e realizzato mediante un solaio sopraelevato, in quanto non è stato possibile eseguire scavi, dovendo però garantire un dislivello di 1,5 metri tra lo stoccaggio e la centrale termica adiacente.

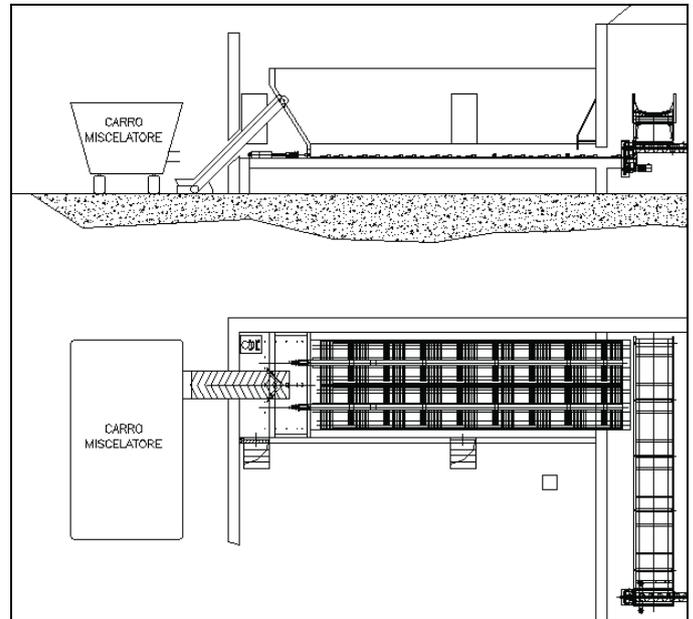


Figura 2: Pianta e sezione dello stoccaggio del cippato



Figura 3: silos con rastrelliera su solaio rialzato

Una rastrelliera azionata da pistoni idraulici ed ancorata al solaio garantisce il caricamento del silos e l'alimentazione del nastro di caricamento all'interno della centrale termica.

La figura 2 mostra pianta e sezione dello stoccaggio e del sistema di movimentazione del cippato, mentre la figura 3 mostra un'immagine del solaio con rastrelliera.

5. PROGETTAZIONE DELLA CENTRALE TERMICA A BIOMASSE

La centrale termica a biomasse è costituita dalle seguenti sezioni:

- sistema di caricamento del cippato costituito da nastro trasversale a partire dal silos di stoccaggio e coclea di adduzione della biomassa al combustore;
- combustore con focolare a griglia mobile raffreddata ad acqua, con sezione di ventilazione aria primaria e secondaria, sezione di regolazione della combustione e quadro elettrico di controllo;
- scarico ceneri automatico a doppia coclea dalla camera di

combustione ad un carrello trasportabile;

- sezione di recupero termico costituita da uno scambiatore fumi-olio diatermico a 300°C, di potenza termica resa pari a 400 kW;
- sezione di trattamento ed espulsione fumi costituita da un ciclone depolveratore di abbattimento del particolato, aspiratore fumi centrifugo e camino di altezza 9 metri;
- sistema di tubazioni ad olio diatermico per la distribuzione del fluido alle utenze termiche e frigorifere, completo dei dispositivi di sicurezza imposti dalla normativa (scambiatore di sicurezza, pressostati, termostati e flussostati).

La rete di distribuzione dei fluidi termodinamici è costituita da:

- tubazioni ad olio diatermico che alimentano uno scambiatore olio/acqua surriscaldata, uno scambiatore olio/acqua calda e una macchina frigorifera ad assorbimento;
- tubazioni di acqua surriscaldata che partono dallo scambiatore olio/acqua surriscaldata ed alimentano la caldaia per il riscaldamento e la caldaia per la produzione di vapore;
- tubazioni di acqua calda che partono dallo scambiatore olio/acqua calda ed alimentano la caldaia di riscaldamento del locale barriques vini rossi;
- tubazioni di acqua refrigerata (-10°C) che partono dalla macchina frigorifera ad assorbimento ed alimentano il serbatoio di accumulo (10 mc) per il condizionamento delle botti.

La rete di distribuzione è stata realizzata mediante la posa in opera di oltre 1 Km di tubazioni, a causa della distribuzione molto disomogenea degli apparecchi di utilizzazione dell'energia e della posizione periferica della centrale a biomasse. Sia le tubazioni ad olio diatermico sia quelle ad acqua surriscaldata hanno richiesto l'installazione di giunti di dilatazione per compensare le dilatazioni termiche.

La figura 4 mostra un'immagine della caldaia, la figura 5 mostra pianta e sezione della centrale termica ed infine la figura 6 mostra un'immagine della sezione di trattamento dei fumi.



Figura 4: caldaia a cippato ad olio diatermico

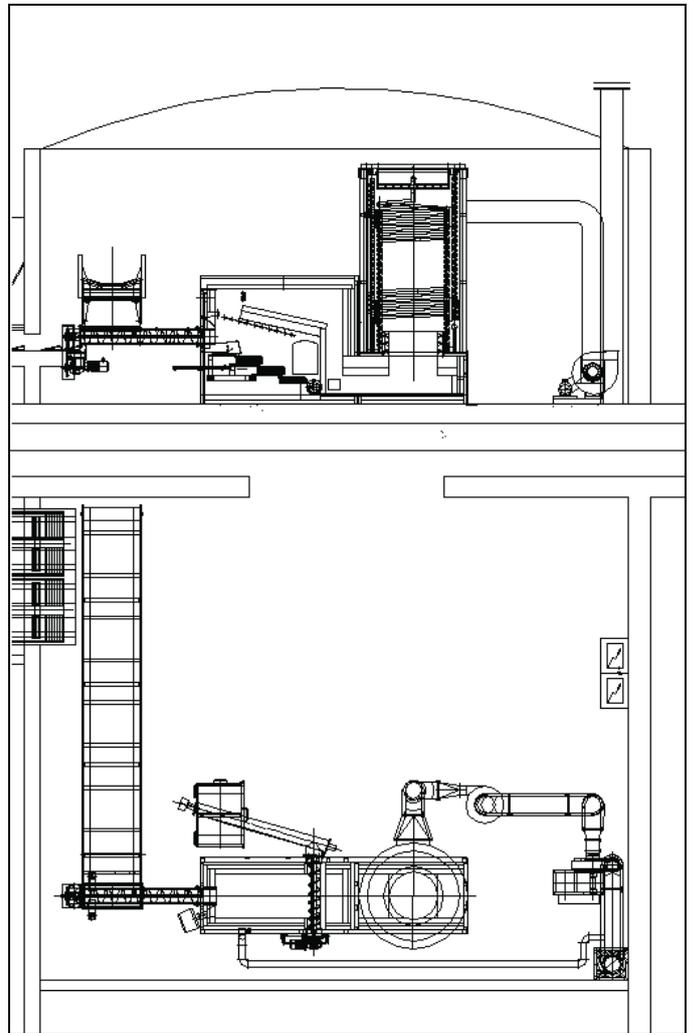


Figura 5: Pianta e sezione del locale centrale termica a biomasse



Figura 6: sezione trattamento dei fumi di scarico della caldaia a cippato

6. ANALISI ECONOMICA DELL'INVESTIMENTO

L'analisi economica dell'investimento richiede la stima del costo complessivo dell'intera filiera, dei costi di gestione ed approvvigionamento della materia prima necessaria per alimentare l'impianto e dei ricavi derivanti dai risparmi sui consumi evitati di carburanti fossili ed energia elettrica.

6.1 Costi di realizzazione della filiera energetica

La filiera energetica di recupero degli scarti di potatura consiste nelle fasi di raccolta dei sarmenti (rotoimballatura), trasporto delle rotoballe, stoccaggio ed essiccazione delle rotoballe, cippatura delle rotoballe, immagazzinamento e conversione energetica del cippato. La tabella 7 mostra le voci di spesa ed i costi relativi. Il costo totale dell'investimento è pari a circa 280.000,00 €

Tabella 7: Costi di realizzazione della filiera energetica

Voce di spesa	Costo (€)
Rotoimballatrice + modifiche	16.000,00
Carro miscelatore cippatore	13.000,00
Nastro di carico cippato	3.000,00
Gruppi frigo ad assorbimento (4)	28.000,00
Silos stoccaggio e movimentazione	30.000,00
Centrale termica	134.000,00
Rete di distribuzione ed allacci	58.000,00
TOTALE	282.000,00

6.2 Costi di gestione e produzione della materia prima

I costi di gestione (manutenzione ordinaria della caldaia e del sistema di movimentazione del cippato, scarico e smaltimento delle ceneri, manutenzione delle macchine) sono stimabili in circa 2.500,00 €/anno. I costi di approvvigionamento della materia prima sono pari a 100 €. Pertanto il costo complessivo del cippato a bocca di centrale è pari a 15.000 € annui [6]. Pertanto i costi di gestione ed approvvigionamento del cippato sono pari a 17.500 €/anno.

6.3 Ricavi

I ricavi derivanti dal funzionamento dell'impianto a biomasse residuali sono costituiti dai risparmi ottenibili sul consumo dei combustibili (gasolio e GPL), dai risparmi sui consumi elettrici e dai ricavi derivanti dalla commercializzazione dei certificati bianchi, che sono attribuiti agli interventi di risparmio energetico. Il prezzo di vendita del certificato bianco per l'anno 2008 è fissato pari a 100 € corrispondente a 1 tonnellata equivalente di petrolio risparmiato [8]. L'impianto è strutturato in modo da dare priorità al comparto riscaldamento per la produzione di acqua calda e vapore; la produzione di acqua refrigerata è invece vincolata alla disponibilità di calore non utilizzato per il riscaldamento. Con queste ipotesi e sulla base dei consumi mensili calcolati nel paragrafo precedente, è stato eseguito il calcolo dei ricavi annui conseguibili, come illustrato nella tabella 8. Il calcolo dei risparmi sull'energia elettrica è stato eseguito considerando altre 3 macchine frigorifere ad assorbimento aggiuntive a quella già installata, che saranno installate non appena monitorato il corretto funzionamento della macchina sperimentale.

Tabella 8: Ricavi annui

Voce di ricavo	Quantità	Prezzo	Ricavo (€/anno)
Risparmio di gasolio	28.000 l/a	1,24 €/l (*)	34.700
Risparmio di GPL	5.000 l/a	0,90 /l (**)	4.500
Risparmio di energia elettrica	80 MWh/a	120 €/MWh (***)	9.600
Vendita dei certificati bianchi	27 tep/a	100 €/tep	2.700
TOTALE			51.500

(*) Ministero delle Sviluppo economico, rilevazione 25/02/08
 (**) Elaborazione Unità studi di Statistica e informazione economica
 (***) elaborazione su bollette Enel della cantina anno 2006

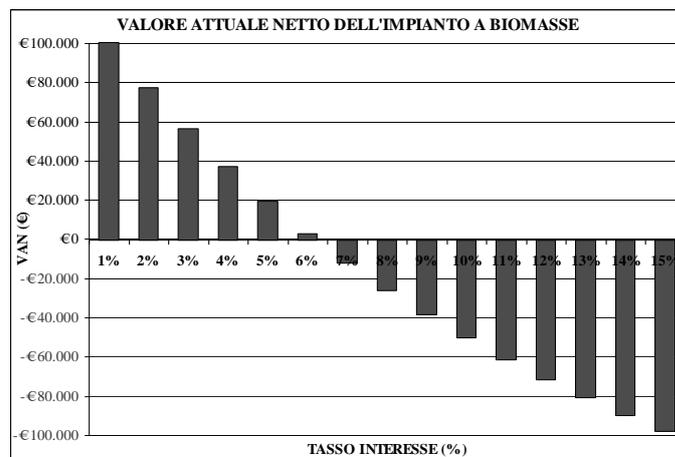


Figura 7: Valore attuale netto dell'impianto a biomasse

6.4 Analisi di convenienza dell'investimento

La differenza tra spese e costi genera il flusso di cassa, pari a 34.000 €/anno. Avendo a disposizione flusso di cassa e costo dell'investimento, è possibile ricavare il tempo di ritorno dell'investimento ed il valore attuale netto.

Il tempo di ritorno è circa pari a 8-9 anni, in completa assenza di finanziamenti pubblici, mentre l'andamento del VAN in funzione del tasso di interesse è mostrato in figura 7. L'investimento è conveniente per valori del tasso di interesse inferiori al 6%, dato pertanto positivo anche se il ricavo è limitato.

La redditività dell'investimento deve tenere conto anche dei seguenti fattori, che contribuiscono a migliorare ulteriormente la convenienza della filiera energetica:

- la potenzialità della caldaia non è pienamente sfruttata a causa della limitata disponibilità di biomassa, pertanto i ricavi annui potrebbero migliorare nel caso l'azienda riesca ad assicurarsi l'approvvigionamento di ulteriore biomassa (ad esempio accordi con proprietari di vigneti della zona);
- la sperimentazione sulla filiera ha migliorato i costi di approvvigionamento del cippato, ma ci sono ancora discreti margini di miglioramento;
- la possibilità di accedere a finanziamenti pubblici, nel caso in oggetto il finanziamento è risultato essere superiore all'80%, può ridurre sensibilmente l'investimento iniziale sull'impianto; inoltre, nel caso di

agevolazioni all'1%, la convenienza economica è ampiamente garantita;

- la continua crescita dei prezzi dei prodotti energetici, determina un sempre più ampio margine di risparmio economico.

7. CONCLUSIONI

L'impianto pilota di produzione di energia a partire da biomasse residuali di potature di vite ha richiesto un'attenta progettazione di tutte le sezioni, in funzione delle disponibilità di biomasse e dei fabbisogni energetici dell'azienda. Il sistema scelto e realizzato è una caldaia a cippato ad olio diatermico (300°C) che consente di produrre acqua calda per il riscaldamento, acqua fredda per il condizionamento, vapore per la sterilizzazione delle bottiglie e acqua refrigerata per il condizionamento delle botti.

L'analisi economica dell'investimento evidenzia una convenienza della filiera energetica sviluppata; il ritorno economico dell'investimento è di 8-9 anni, risultato migliorabile ottimizzando ulteriormente la filiera ed incrementando la disponibilità annua di biomasse.

Gli sviluppi futuri del progetto riguardano l'installazione di moduli termoelettrici sulla canna fumaria della caldaia, che sfruttano l'elevata temperatura dei fumi (350°C-400°C) per produrre energia elettrica; tale sistema di conversione consentirà di produrre circa 10 kW di energia elettrica, in grado di coprire i fabbisogni di tutte le apparecchiature elettriche dell'impianto pilota ed una percentuale significativa dei fabbisogni elettrici dell'azienda vitivinicola.

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Direttiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 8 maggio 2003, sulla promozione dell'impiego dei biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti.
2. Legge 24 Dicembre 2007, n. 244, Legge finanziaria 2008.
3. Comunicazione della Commissione Europea, "Piano d'azione per la biomassa", 2005.
4. AA.VV., Documento propedeutico alla redazione del Piano Nazionale Biocarburanti e Biomasse agroforestali per usi energetici, 2007.
5. Statistiche dell'agricoltura – Anni 2001-2002, Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), 2006.
6. G. Cavalaglio, S. Cotana, M. Barbanera and D. Giraldi, Valorizzazione energetica degli scarti di potatura dei vigneti, *7° Congresso Nazionale CIRIAF*, 2007.
7. G. Cavalaglio, S. Cotana, Recovery of vineyards pruning residues in an agro-energetic chain, *15th European Biomass Conference & Exhibition*, 2007.
8. Delibera 28/12/2007 n.345 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas (AEEG), sulle disposizioni in materia di contributo tariffario per il conseguimento degli obiettivi di risparmio energetico per l'anno 2008.