



Corso di Laurea in
Ingegneria Elettrica

Titolo:

Valorizzazione della biomassa legnosa a fini energetici in una piccola comunità montana: il caso della Valle di Soraggio

Relatori:

Prof. Ing. Paolo Di Marco

Prof. Ing. Roberto Gabbrielli

Prof.ssa Luisa Pellegrini

Candidato:

Simone Vecchio

Obiettivo prefissato:

Studio degli aspetti tecnici ed economici connessi con la produzione di energia a partire dalla biomassa disponibile nella Valle di Soraggio (Garfagnana, Lu)



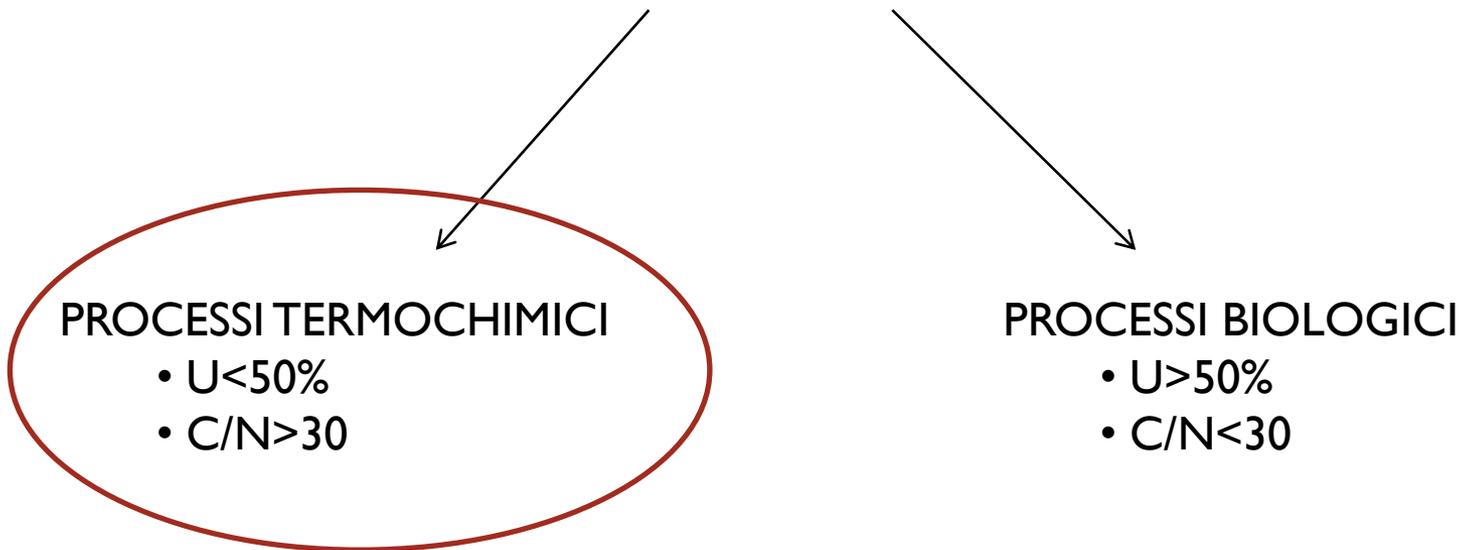
Introduzione

La produzione energetica che utilizza, come fonte, la biomassa :

VANTAGGI	SVANTAGGI
Contributo limitato all'aumento delle emissioni inquinanti	Costi paragonabili alla produzione con combustibili fossili
Diversificazioni delle produzioni agricole verso destinazioni non alimentari e creazione di nuove fonti di reddito	-

Introduzione

LA CONVERSIONE ENERGETICA



▪ Combustione

▪ Gassificazione

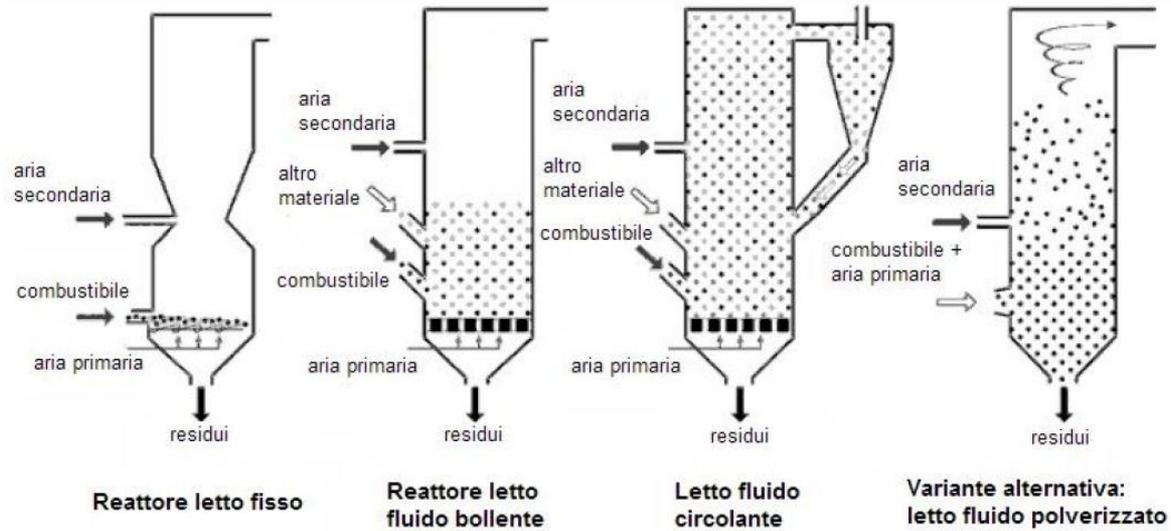
Le tecnologie studiate

“Soluzione I”

COMBUSTIONE



CALDAIA



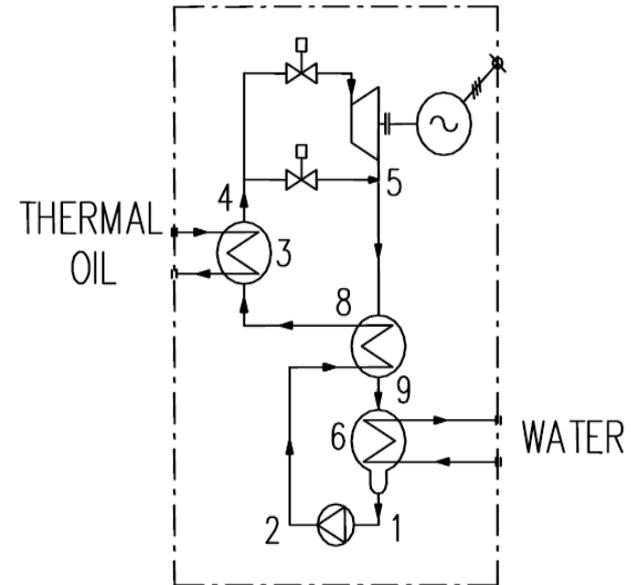
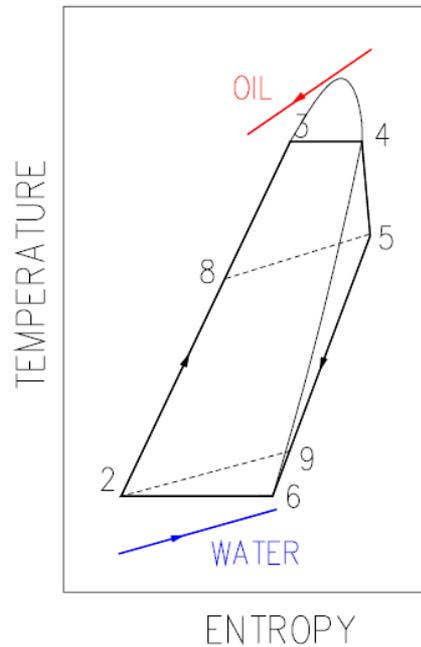
Le tecnologie studiate

“Soluzione I”

CALDAIA

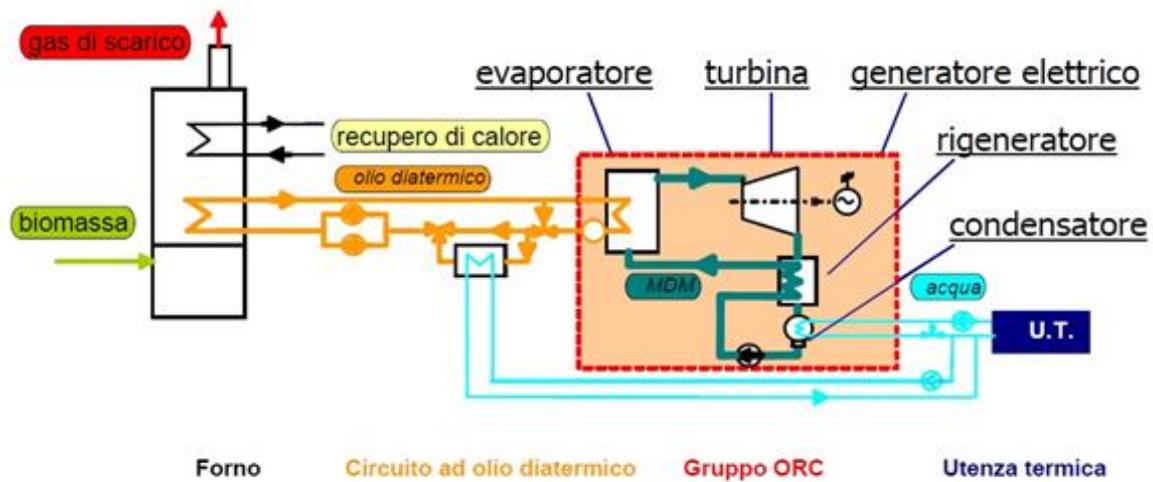


TURBOGENERATORE ORC



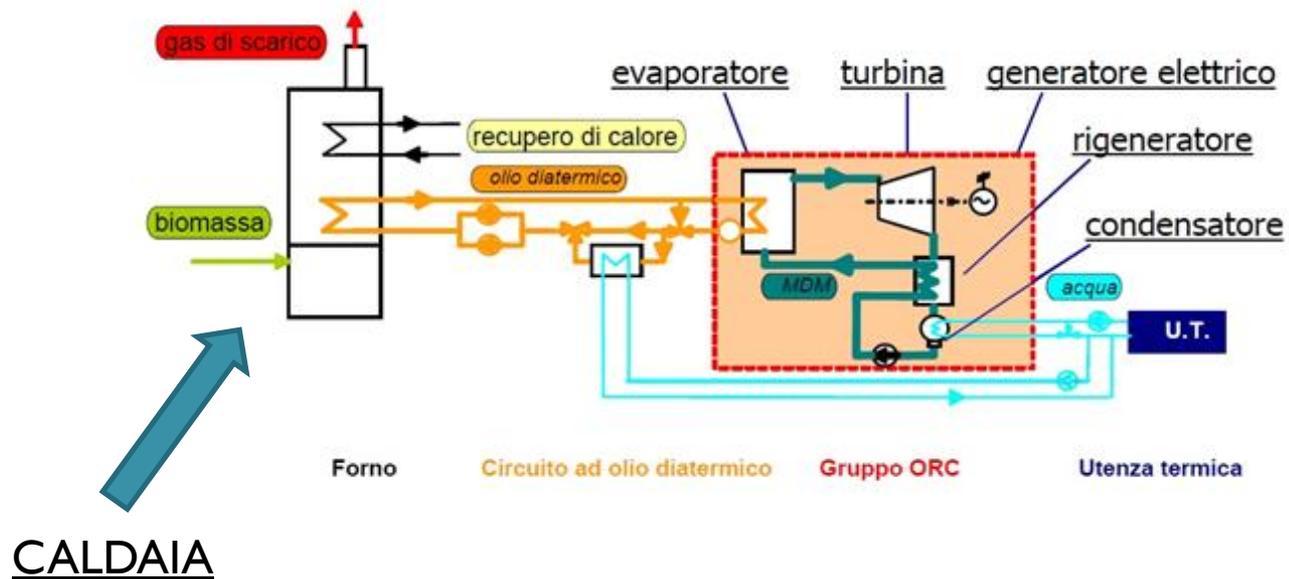
Le tecnologie studiate

“Soluzione I”



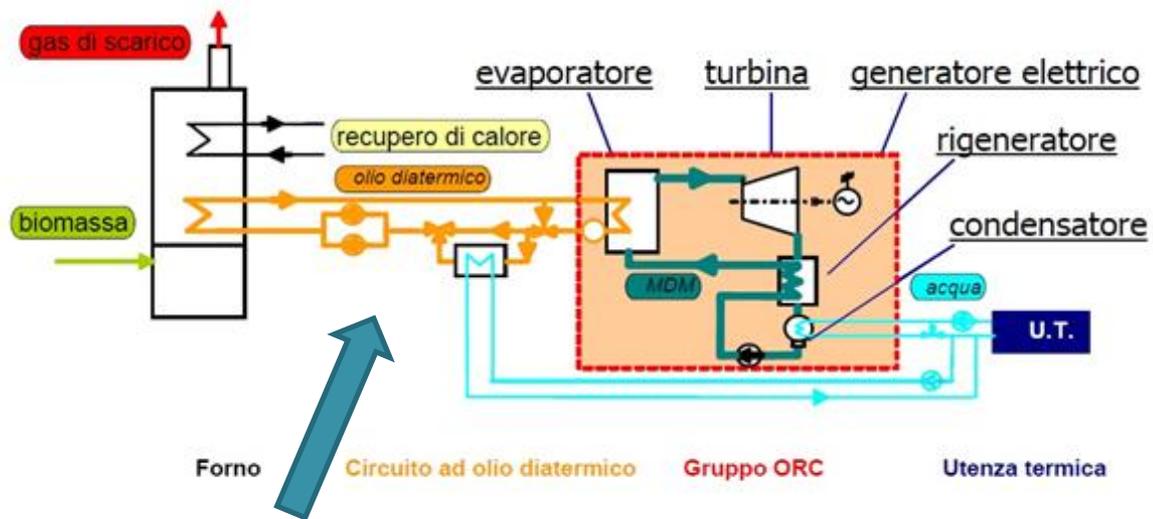
Le tecnologie studiate

“Soluzione I”



Le tecnologie studiate

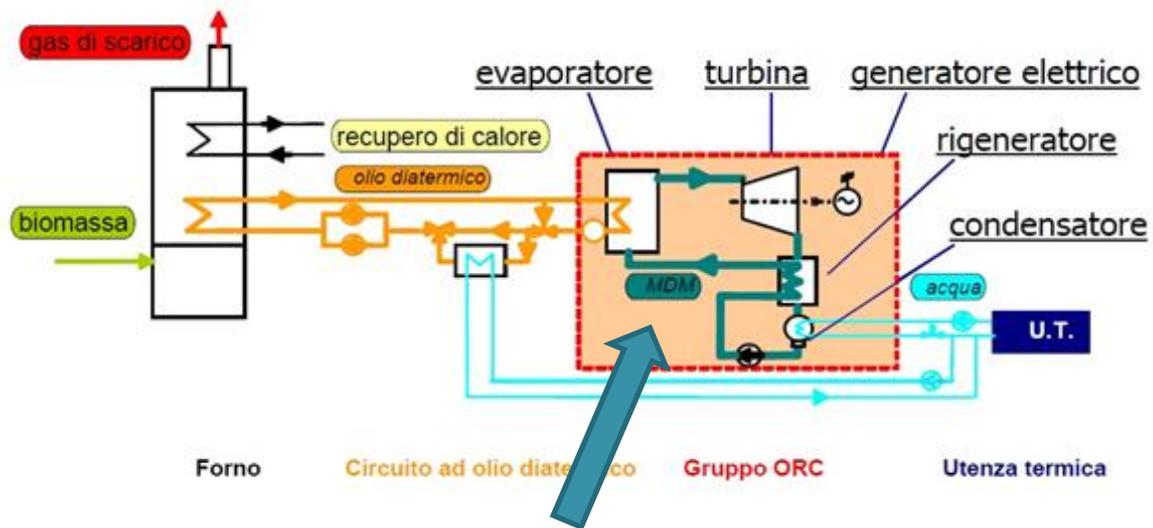
“Soluzione I”



CIRCUITO OLIO DIATERMICO

Le tecnologie studiate

“Soluzione I”



TURBOGENERATORE ORC

“Soluzione I”

Principali vantaggi:

- Alto indice di utilizzazione del ciclo (se utilizzato in impianti di cogenerazione)
- Bassa sollecitazione meccanica della turbina
- Bassa velocità di rotazione della turbina
- Funzionamento poco rumoroso
- Richiesta di manutenzione molto bassa

Principali svantaggi:

- Alto costo di investimento
- Necessità di caldaia con circuito ad olio diatermico
- Smaltimento dell'olio diatermico

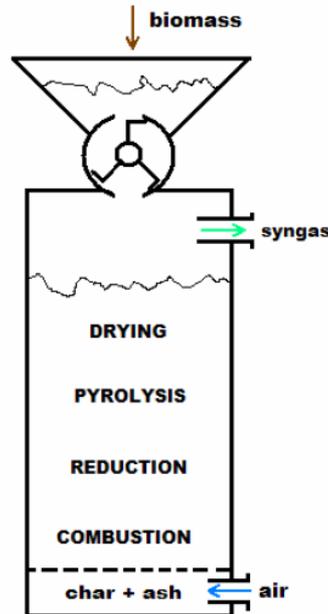
Le tecnologie studiate

“Soluzione 2”

GASSIFICAZIONE



GASSIFICATORE

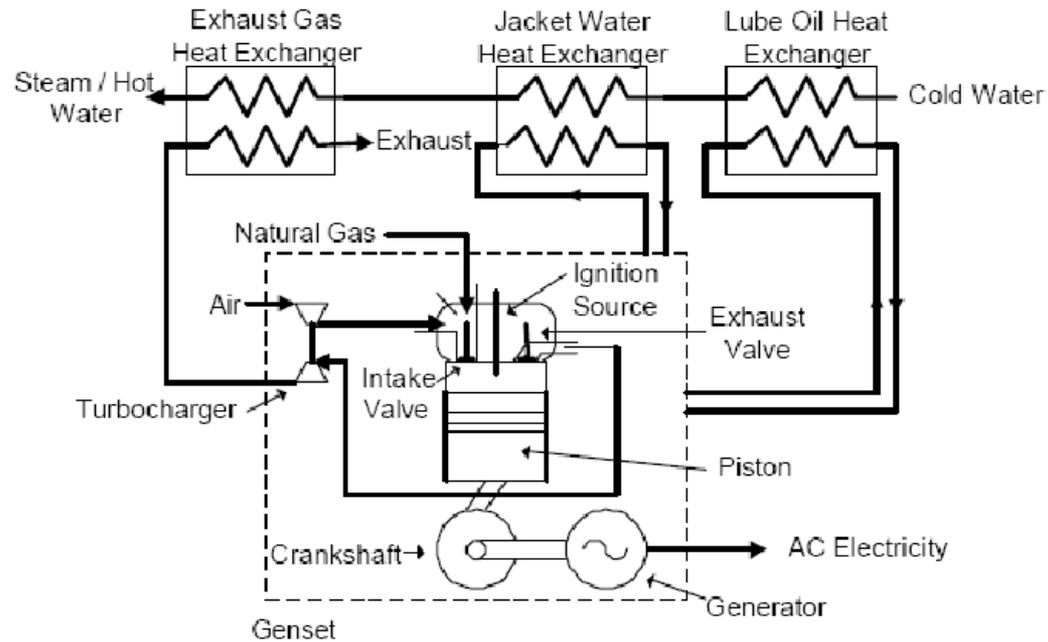


La biomassa in ingresso al gassificatore deve avere un'umidità del 15% al massimo, quindi è necessaria una camera di essiccazione

Le tecnologie studiate

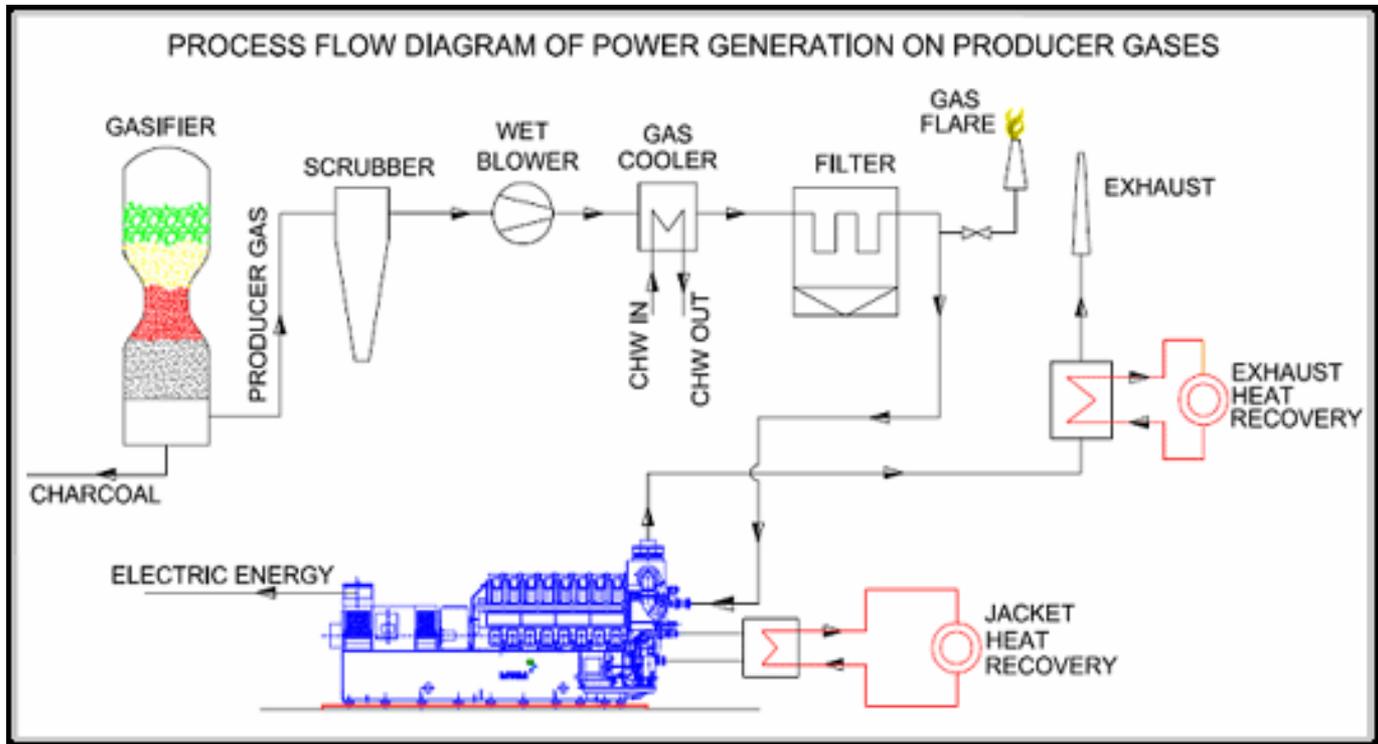
“Soluzione 2”

GASSIFICATORE → MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA



Le tecnologie studiate

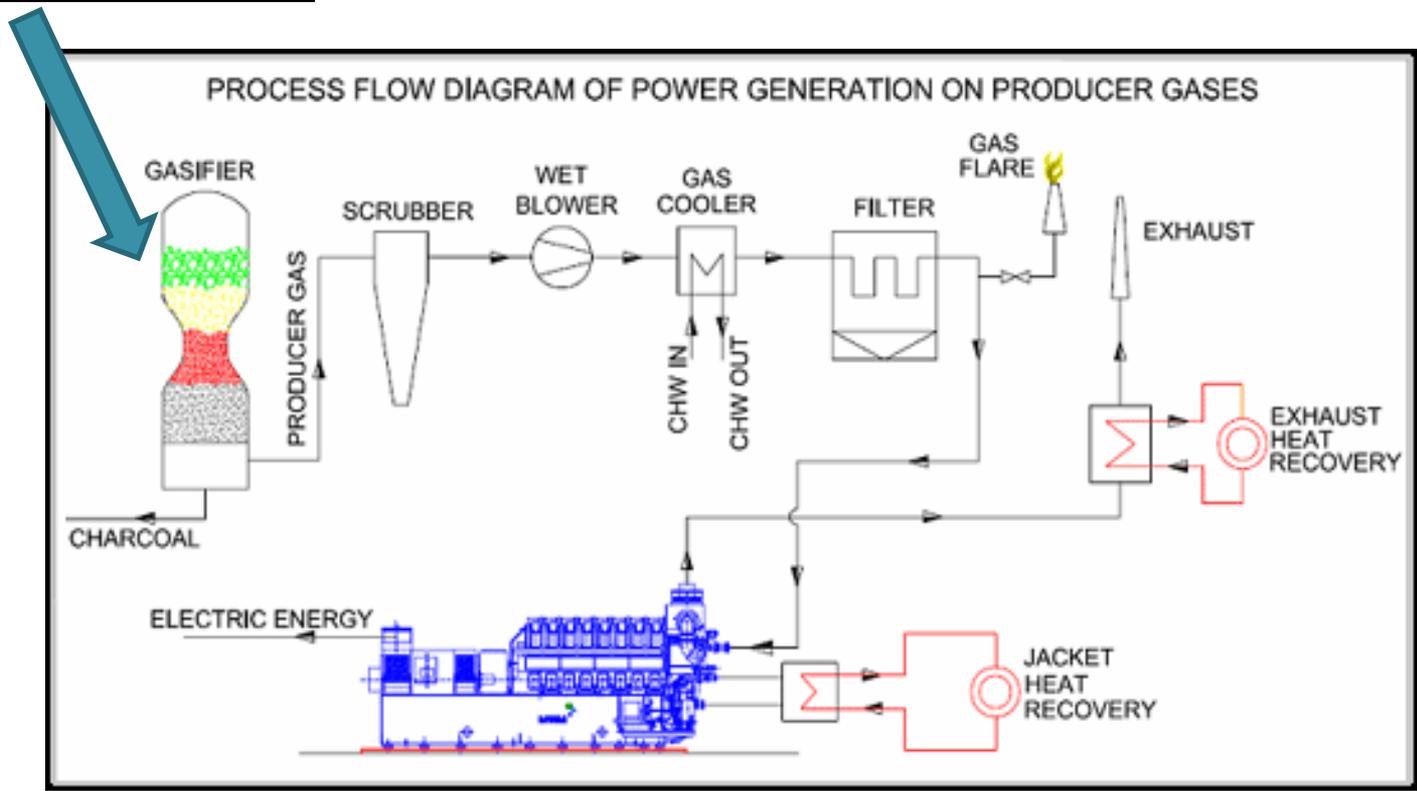
“Soluzione 2”



Le tecnologie studiate

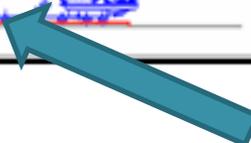
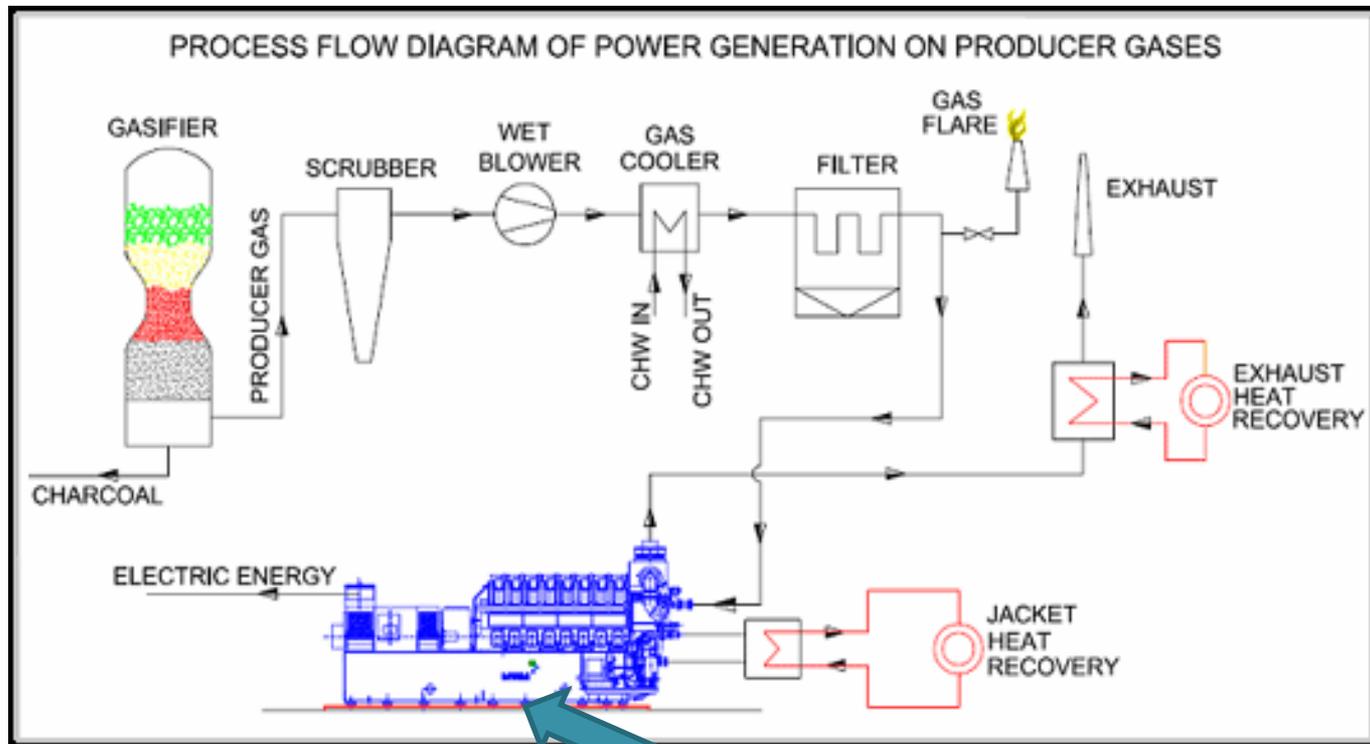
“Soluzione 2”

GASSIFICATORE



Le tecnologie studiate

“Soluzione 2”

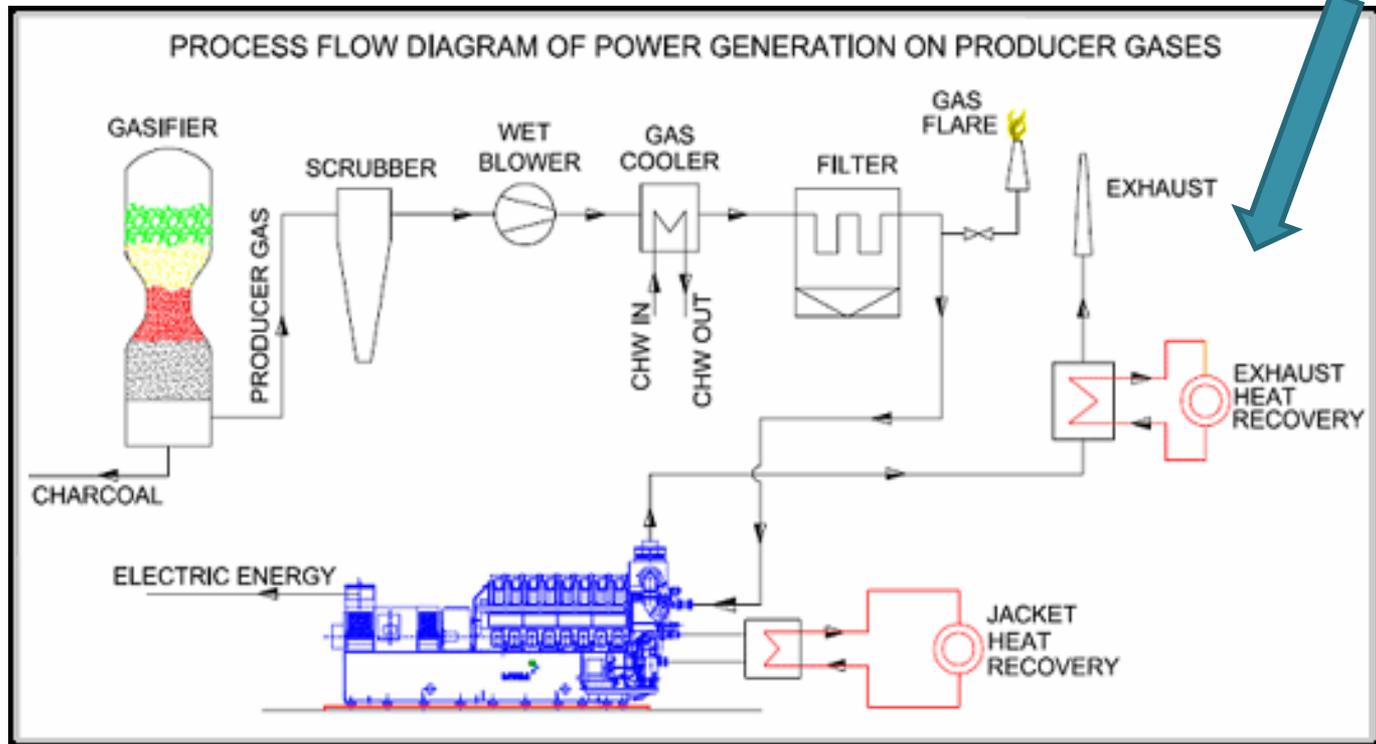


MOTORE A COMB. INTERNA

Le tecnologie studiate

“Soluzione 2”

SCAMBIATORE



“Soluzione 2”

Principali vantaggi:

- Alta affidabilità
- Basso costo specifico (€/kW)
- Buona efficienza elettrica
- Lunga durata di vita
- Buona flessibilità

Principali svantaggi:

- Costi di O&M elevati
- Rumore e vibrazioni
- Risulta necessario adottare sistemi di controllo delle emissioni
- Il numero di giri in esercizio è inferiore al numero di giri nominale
- Minor potenza prodotta se utilizzato con syngas

Le tecnologie studiate

Soluzioni alternative

Ciclo Brayton a combustione esterna	Ciclo Brayton a combustione interna	Ciclo Rankine a vapore acqueo
Costi elevati e prestazioni ridotte dovute alle perdite di carico nello scambiatore	Non ancora commercialmente concorrenziale per l'utilizzo con syngas	In commercio si trovano soluzioni con ciclo a vapore, ma per potenze molto superiori a quelle disponibili nel caso in esame

La normativa di riferimento

Meccanismi di incentivazione

- Certificati Verdi
- Tariffe Onnicomprensive

- A beneficio esclusivo degli impianti entrati in esercizio dopo il 31/12/2007 ed aventi potenza nominale inferiore ad 1MW
- Sono riconosciute per un periodo di 15 anni
- Includono sia la componente incentivante, sia la componente derivante dalla vendita dell'energia elettrica immessa in rete

La normativa di riferimento

Le tariffe onnicomprensive

$$I_{TO} = V_{TO} \cdot E_I$$

Dove:

- I_{TO} : valore in € della remunerazione riconosciuta
- V_{TO} : valore della tariffa in €/MWh
- E_I : quota di energia incentivata

La normativa di riferimento

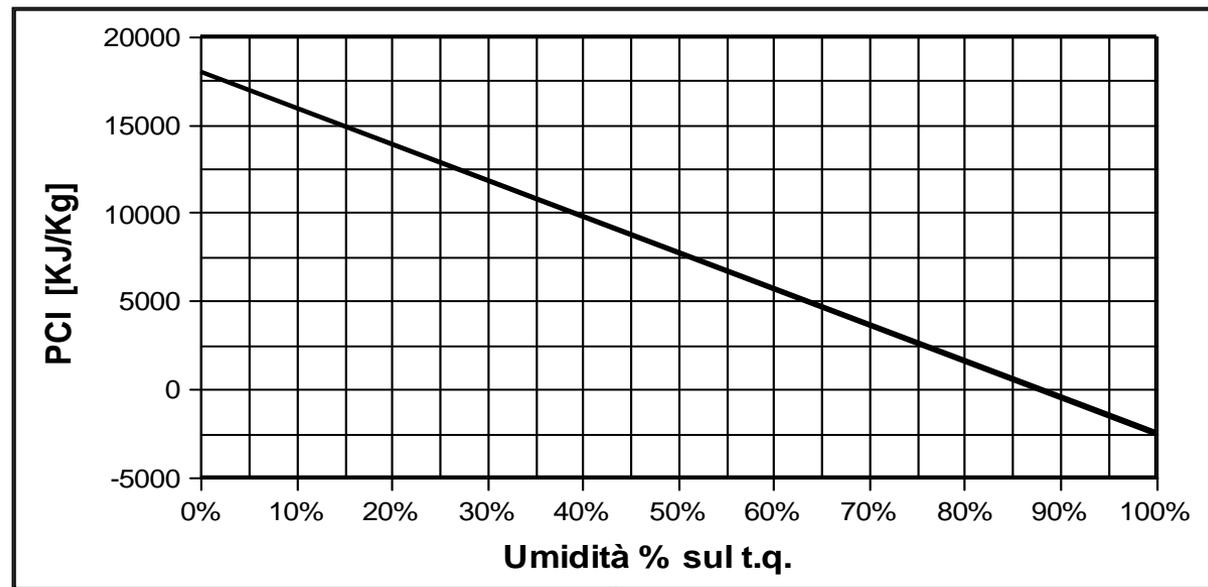
Le tariffe onnicomprensive

NUMERAZIONE L.244/2007	FONTE	TARIFFA (€/MWh)
1	Eolica per impianti di taglia inferiore a 200 kW	300
3	Geotermica	200
4	Moto ondoso e maremotrice	340
5	Idraulica diversa da quella del punto precedente	220
6	Biogas e biomasse, esclusi i biocombustibili liquidi	280
8	Gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biocombustibili liquidi	180

Caso studio

Biomassa lignocellulosica:

- Tipo: residui agro-forestali
- Portata: ca. 4000 t/anno al 45% di umidità
- Potere calorifico: 9000 kJ/kg



Caso studio

Soluzioni in commercio identificate:

I. Ciclo ORC → Impianto fornito da Turboden s.r.l.



Caso studio

Soluzioni in commercio identificate:

Azienda	Turboden
Modello	T200 CHP-split
Temperatura Nominale Circuito Alta Temperatura (entrata/uscita)	310/250°C
Potenza Termica Circuito Alta Temperatura	1225 kW
Temperatura Nominale Circuito Bassa Temperatura (entrata/uscita)	250/130°C
Potenza Termica Circuito Bassa Temperatura	115 kW
Potenza termica totale	1340 kW
Temperatura Acqua Calda (entrata/uscita)	60/80°C
Potenza Termica all'Acqua	1090 kW
Potenza elettrica attiva lorda	234 kW
Autoconsumi elettrici	15 kW
Potenza elettrica attiva netta	219 kW
Generatore elettrico	Magneti permanenti
Consumo Biomassa (kg/h)	596 kg/h

Caso studio

Soluzioni in commercio identificate:

2. Gassificatore + MCI —————> Impianto fornito da Caema s.r.l.



Caso studio

Soluzioni in commercio identificate:

Azienda	Caema
Modello	GAS-300/WBG-400
Potenza immessa nel gassificatore	1142 kW
Potenza producibile dal gassificatore	1000 kW
Potenza immessa nel motore	857 kW
Temperatura Acqua Calda	85°C
Potenza Termica all'Acqua	214 kW
Potenza elettrica attiva lorda	300 kW
Autoconsumi elettrici	50 kW
Potenza elettrica attiva netta	250 kW
Generatore elettrico	Magneti permanenti
Consumo Biomassa (kg/h)	456 kg/h

Caso studio

Analisi economica:

“Soluzione I” - 6500 h/a - 4000 t/a

• Investimento iniziale	1.940.600 €
• Costi di gestione	270.800 €
• Ricavi	355.000 €
• Ammortamento	15 anni, quote costanti
• Tasso di attualizzazione	7%
• Aliquota fiscale	40%

Caso studio

Analisi economica:

“Soluzione I” - 7500 h/a - 4500 t/a

• Investimento iniziale	1.940.600 €
• Costi di gestione	295.800 €
• Ricavi	409.000 €
• Ammortamento	15 anni, quote costanti
• Tasso di attualizzazione	7%
• Aliquota fiscale	40%

Caso studio

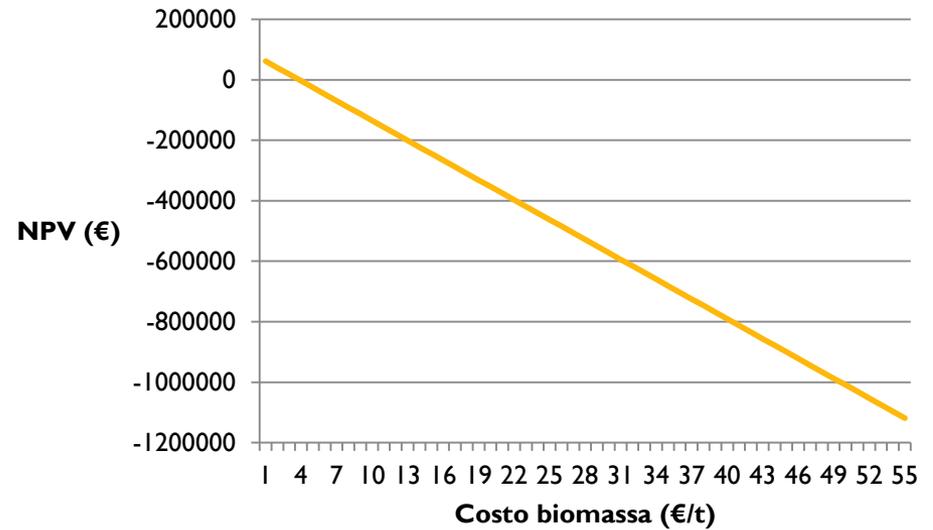
Analisi economica:

“Soluzione 2” - 7500 h/a - 3500 t/a

• Investimento iniziale	1.411.850 €
• Costi di gestione	267.200 €
• Ricavi	525.000 €
• Ammortamento	15 anni, quote costanti
• Tasso di attualizzazione	7%
• Aliquota fiscale	40%

Caso studio

Analisi economica:

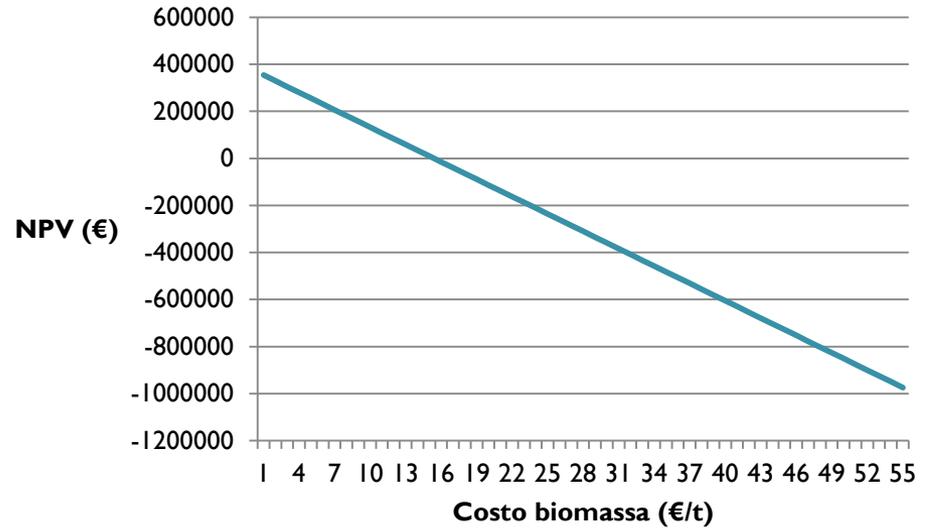


“Soluzione I” - 6500 h/a - 4000 t/a

- NPV **-1.009.140 €**
- IRR -
- PBT -

Caso studio

Analisi economica:

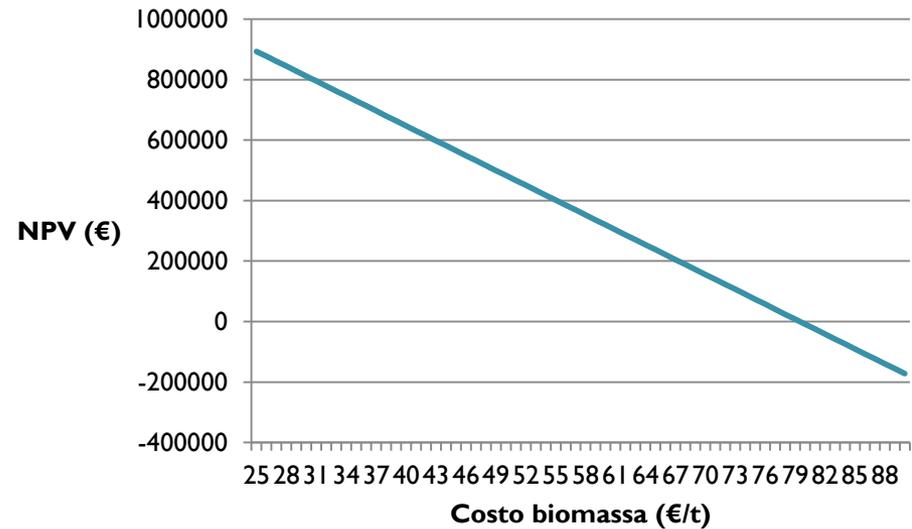


“Soluzione I” - 7500 h/a - 4500 t/a

- NPV **-850.660€**
- IRR -
- PBT -

Caso studio

Analisi economica:



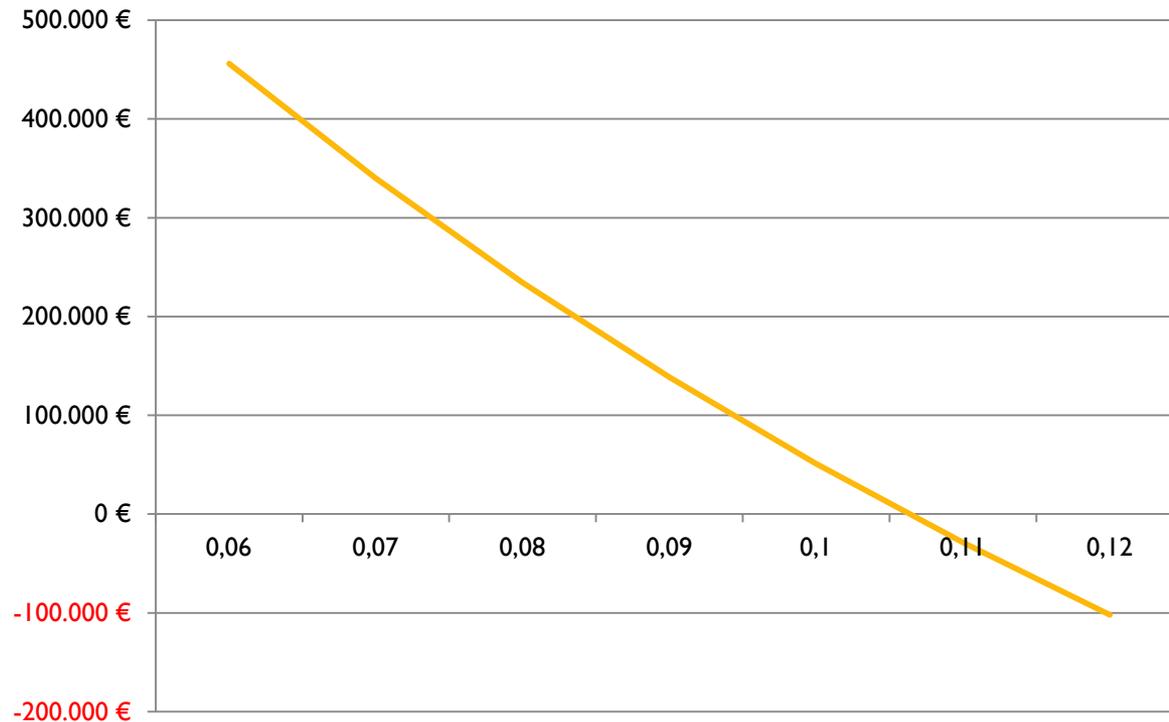
“Soluzione 2” - 7500 h/a - 3500 t/a

- NPV 339.870 €
- IRR 10,6%
- PBT 5,48 anni

Caso studio

Analisi economica:

“Soluzione 2” - NPV al variare dell’indice di attualizzazione



Conclusioni

“Soluzione 1” – ORC:

- Investimento poco conveniente per questo range di potenza
- costo di investimento alto
- Non è stata considerata la vendita di energia termica proveniente dalla cogenerazione (sarebbero disponibili ca. 1000 kWt)

“Soluzione 2” – GAS + MCI:

- Investimento conveniente per questo range di potenza
- costo di investimento non troppo elevato e buon rendimento
- L'energia termica proveniente dalla cogenerazione viene sfruttata per quasi la sua totalità nella camera di essiccazione



GRAZIE PER L'ATTENZIONE