

## POLIGENERAZIONE A BIOMASSE IN UTENZE OSPEDALIERE

Franco Cotana, Cinzia Buratti, Michele Urbani

Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Via G. Duranti 67, 06125 Perugia  
e-mail: cotana@unipg.it, cburatti@unipg.it, urbani.unipg@ciriaf.it

### SOMMARIO

La poligenerazione consiste nella contemporanea generazione di differenti forme di energia (es.: elettrica, termica e frigorifera) tramite un unico sistema; tale soluzione impiantistica permette di ottenere un rendimento maggiore rispetto alla produzione separata delle singole energie. La predisposizione di centrali strutturate per la poligenerazione permette inoltre un notevole risparmio energetico ed economico; questo sistema può soddisfare le esigenze elettriche, termiche e di refrigerazione di edifici come abitazioni, ospedali, università, uffici pubblici, centri commerciali, ecc..

L'uso delle biomasse consente la realizzazione di differenti soluzioni impiantistiche; in questo lavoro sono analizzate due differenti tipologie di centrali, costituite da un impianto ORC (Organic Rankine Cycle), alimentato a cippato di legno ed un motore a combustione interna, alimentato ad olio vegetale. In tale contesto un ruolo importante è svolto dalle macchine ad assorbimento le quali consentono uno sfruttamento del calore cogenerato: mediante le macchine frigorifere viene prodotta acqua refrigerata per il raffrescamento ambientale, mentre con i trasformatori di calore è possibile impiegare il calore prodotto per ottenere fluidi a temperatura più elevata e quindi utilizzabili per la produzione di vapore.

Nel presente lavoro è stato effettuato uno studio dei fabbisogni energetici specifici delle utenze ospedaliere e delle prestazioni dei macchinari, connessi agli impianti cogenerativi, al variare delle condizioni di funzionamento; in base alla conoscenza delle efficienze termiche ed elettriche degli impianti studiati, è stata successivamente calcolata la quantità di biomassa necessaria al soddisfacimento delle richieste energetiche. Infine, un confronto effettuato tra il fabbisogno elettrico e la quantità di energia elettrica prodotta ha permesso di valutarne l'esubero.

### INTRODUZIONE

Lo scenario energetico attuale richiede un ricorso sempre più massiccio all'impiego delle fonti energetiche rinnovabili, sia in relazione agli impegni assunti dai diversi stati nel protocollo di Kyoto, sia per fronteggiare una domanda di energia in crescente aumento, a fronte di una sempre minore disponibilità di fonti fossili.

Le biomasse possono contribuire in maniera significativa all'abbattimento dei consumi dei derivati del petrolio e delle emissioni di gas climalteranti; tuttavia la biomassa rappresenta una fonte fortemente distribuita sul territorio e la realizzazione di impianti di taglia troppo elevata (dell'ordine delle decine di MW<sub>el</sub>) costringe gli operatori a fare ricorso a biomasse di importazione o comunque reperite a distanze tali da non rendere conveniente l'investimento né dal punto di vista economico né dal punto di vista ambientale e anche in contrasto con l'attuale tendenza della normativa sulle cosiddette filiere corte.

Impianti di taglia medio - bassa (dell'ordine di 500 kW<sub>el</sub> - 1 MW<sub>el</sub>), invece, consentono di perseguire obiettivi di sostenibilità e di filiera corta, sfruttando un mix di biomasse di diversa natura provenienti dal territorio circostante l'installazione: scarti agricoli e industriali, biomasse forestali, biomasse da produzioni dedicate.

L'ordine di grandezza delle potenze elettriche e termiche

prodotte da tali impianti ne permette uno sfruttamento a livello locale mediante sistemi di cogenerazione dedicati a specifiche utenze quali quelle ospedaliere, che sono prese in esame nel presente studio.

Le utenze ospedaliere presentano diverse esigenze legate alle funzioni che svolgono:

- consumo di energia elettrica, legato sia agli impianti convenzionali di illuminazione e forza motrice, sia a particolari macchinari per uso ospedaliero;
- consumo di energia termica destinata a: condizionamento invernale ed estivo (quando l'acqua refrigerata sia prodotta mediante gruppi ad assorbimento), produzione di acqua calda sanitaria, generazione di vapore.

Il progetto di un impianto di cogenerazione richiede uno studio accurato dell'andamento temporale dei carichi termici ed elettrici, in relazione alle possibilità di sfruttare al massimo l'energia prodotta. Generalmente l'energia elettrica è immessa in rete e prelevata con contratti ad hoc, in quanto più facilmente trasportabile senza perdite significative, a differenza del calore, che invece deve essere impiegato localmente. Pertanto, per ottenere un elevato rendimento globale dell'impianto di cogenerazione, è necessario sfruttare al meglio la potenza termica prodotta [1].

## 2. SISTEMI DI POLIGENERAZIONE

Il sistema di poligenerazione proposto nel presente lavoro prevede la produzione di energia elettrica, da cedere alla rete mediante un contratto di scambio, e di calore, destinato a (figura 1):

- riscaldamento invernale e produzione di acqua calda sanitaria mediante sfruttamento diretto;
- raffrescamento estivo mediante macchine frigorifere ad assorbimento;
- produzione di vapore mediante trasformatore di calore ad assorbimento, un sistema innovativo in grado di innalzare la temperatura dell'acqua di alimentazione, fornendo calore e degradando una pari quantità di calore a temperatura ambiente [2, 3, 4].

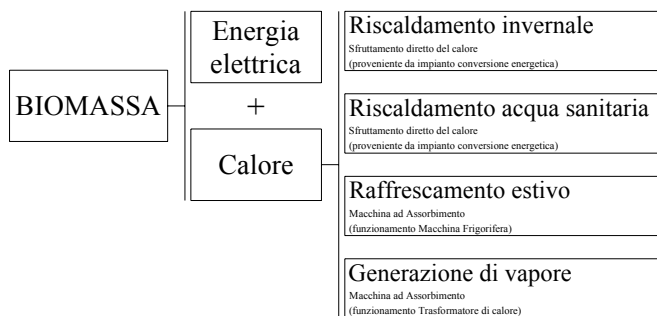


Fig. 1: Poligenerazione – Impiego della biomassa per la generazione di differenti forme di energia.

I sistemi di poligenerazione analizzati in questo lavoro prevedono due diverse tipologie di impianto di produzione di energia elettrica e calore, entrambi alimentati da biomasse:

- una turbina a Ciclo Rankine Organico (ORC, Organic Rankine Cycle);
- un motore a combustione interna a ciclo Diesel alimentato a olio vegetale.

Un impianto a ciclo ORC ad alimentazione a biomassa legnosa è generalmente costituito da una caldaia a griglia dotata di un sistema automatizzato di alimentazione del cippato; il calore prodotto nel processo di combustione è ceduto ad uno scambiatore di calore ad olio diatermico che alimenta il ciclo ORC; il ciclo, funzionante con un fluido di lavoro organico (acqua o olio siliconico), comprende una turbina per la produzione di energia elettrica ed un condensatore per il recupero del calore di cogenerazione. Gli impianti a ciclo ORC sono impiegati in centrali di taglia medio-piccola e sono in grado di fornire potenze elettriche nominali nell'intervallo di 0,4÷1,5 MW; l'efficienza elettrica è dell'ordine del 15% mentre quella termica del 65%.

I motori Diesel convenzionali impiegano gasolio come combustibile; tuttavia essi, con opportune modifiche, peraltro molto contenute, possono essere alimentati a biodiesel o olio vegetale grezzo. In queste condizioni presentano mediamente un'efficienza elettrica del 30% ed un'efficienza termica del 45% [5].

L'energia termica prodotta è impiegata per il riscaldamento di una portata d'acqua che, circolando in circuito chiuso, funge da fluido termovettore. La temperatura dell'acqua a disposizione delle utenze è ipotizzata, in entrambi i casi, pari a circa 80 °C.

In figura 2 è schematizzato un impianto di poligenerazione

in cui la centrale di cogenerazione (1) converte la biomassa in ingresso in energia elettrica, mediante un alternatore (4), e in energia termica (riscaldando il fluido termovettore) impiegata per utenze termiche le quali possono così disporre di acqua calda per il riscaldamento degli ambienti (9) e per usi igienico-sanitari (10). Parte del calore disponibile è invece impiegato come input energetico di una macchina frigorifera ad assorbimento (6) e di una trasformatore di calore (7), consentendo la generazione di acqua refrigerata per usi di raffrescamento estivo (11), e di produzione di vapore per le utenze che lo richiedono (12).

Sulla base dei fabbisogni energetici e delle efficienze elettriche e termiche degli impianti di produzione di energia, è possibile effettuare una stima della quantità di biomassa necessaria per l'alimentazione degli impianti poligenerativi. La determinazione della taglia della centrale può essere vincolata alla potenza elettrica richiesta, ma più verosimilmente al calore prodotto, vista la possibilità di cedere l'energia elettrica alla rete mediante opportuni contratti di scambio.

La potenza termica necessaria a garantire un sufficiente apporto energetico alle utenze deve tener conto delle efficienze degli scambiatori di calore (per la fornitura di acqua calda per il riscaldamento degli ambienti e acqua calda sanitaria) e delle prestazioni delle macchine ad assorbimento (per la produzione di acqua refrigerata e di vapore).

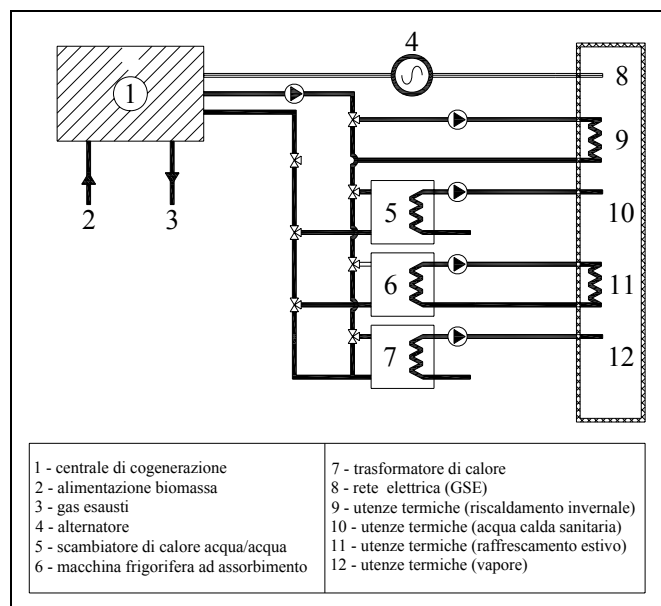


Fig. 2: Poligenerazione a biomassa: layout impiantistico.

## 3. SCAMBIATORI DI CALORE E MACCHINE AD ASSORBIMENTO

Le prestazioni degli scambiatori di calore, esprimibili mediante l'efficienza  $\epsilon$  data dal rapporto tra il calore realmente scambiato e quello massimo scambiabile, non variano al variare delle condizioni ambientali [6, 7]; quelli a tubi e mantello, i più diffusi nelle applicazioni industriali, presentano valori di  $\epsilon$  dell'ordine di 0,75÷0,90.

Nel presente lavoro è stato considerato l'impiego di scambiatori a tubi e mantello; sono state ipotizzate delle efficienze pari a 0,85 per lo scambiatore fluido termovettore-acqua impianto di riscaldamento e 0,75 per lo scambiatore fluido termovettore-acqua sanitaria.

Le macchine ad assorbimento realizzano la contemporanea nobilitazione e degradazione di differenti quantità di calore; in esse il fenomeno di compenso consiste nel passaggio di un'altra quantità di calore ( $Q_1$ ) da una temperatura più alta ad una temperatura più bassa, secondo diversi schemi di funzionamento (figura 3) [2].

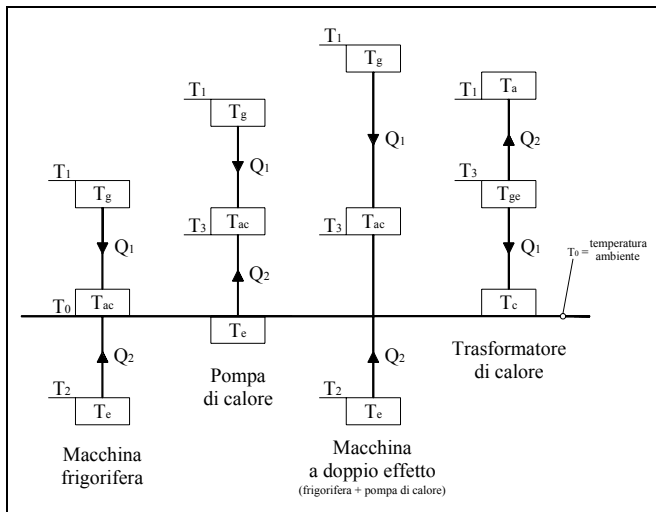


Fig. 3: Modalità di funzionamento delle macchine ad assorbimento (g = generatore; a = assorbitore; c = condensatore; e = evaporatore).

Gli scambi termici descritti avvengono in soluzioni liquide sature (sistemi termodinamici a due componenti e a due fasi) che nelle macchine frigorifere per il condizionamento dell'aria sono costituite essenzialmente dalla coppia  $H_2O-LiBr$  (Acqua-Bromuro di Litio).

Una macchina ad assorbimento è composta essenzialmente da quattro componenti: un generatore (G), un assorbitore (A), un condensatore (C) ed un evaporatore (E) [2]. In esse (figura 4) la sottrazione di calore  $Q_2$  avviene nell'evaporatore (fase utile), mediante l'immissione di una quantità di calore  $Q_1$  nel generatore.

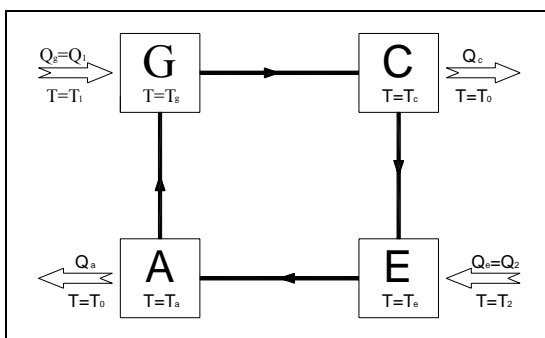


Fig. 4: Schema di funzionamento di una macchina frigorifera ad assorbimento.

L'effetto utile teorico  $\xi$  è rappresentato dal rapporto tra il calore sottratto all'evaporatore e quello fornito al generatore, aumentato di eventuali quantità di lavoro meccanico speso in pompe di circolazione del fluido all'interno della macchina:

$$\xi = \frac{Q_e}{Q_g + \sum_{i=1}^n L_i} \quad (2)$$

in cui:

$Q_e$  = calore sottratto a bassa temperatura (evaporatore);

$Q_g$  = calore fornito alla macchina (generatore);

$L_i$  = lavoro per la circolazione del fluido speso nella i-esima pompa.

La determinazione delle quantità di calore scambiate dipende dalle proprietà termofisiche del fluido di lavoro nei diversi punti di funzionamento [6, 7]. La modellazione di un foglio di calcolo dedicato ha reso possibile l'individuazione dei punti di esercizio del sistema e dei calori scambiati, fissando due delle quattro temperature di lavoro, il rendimento delle pompe, l'efficienza dello scambiatore interno alla macchina e la portata della soluzione per unità di massa di refrigerante in circolo [9].

Nel caso della macchina frigorifera sono imposte le temperature dell'evaporatore ( $3^\circ C$ ) e del condensatore che, insieme all'assorbitore, cede calore all'ambiente. Nella stagione estiva un intervallo di variabilità significativo per la temperatura ambiente è quello compreso tra  $25$  e  $45^\circ C$ ; tuttavia, nel caso di impianti a tutt'aria a doppio condotto o di impianti misti a 4 tubi, è richiesta la produzione di acqua refrigerata anche nelle stagioni intermedie e, in alcune situazioni limite, anche in quella invernale [10]. Tuttavia lo scambio di calore avviene generalmente per mezzo di torri evaporative in cui la temperatura dell'acqua assume una temperatura variabile in un intervallo più ristretto rispetto all'aria.

Con questa configurazione, l'effetto utile teorico della macchina frigorifera assume valori variabili da  $0,91$  a  $0,81$  (figura 5). Assumendo fissa la temperatura di evaporazione, legata alla produzione di acqua refrigerata, la temperatura del generatore risulta variabile in un intervallo compreso tra  $47,1$  e  $82,9^\circ C$  (figura 5), compatibile con quella dell'acqua calda proveniente dall'impianto di cogenerazione.

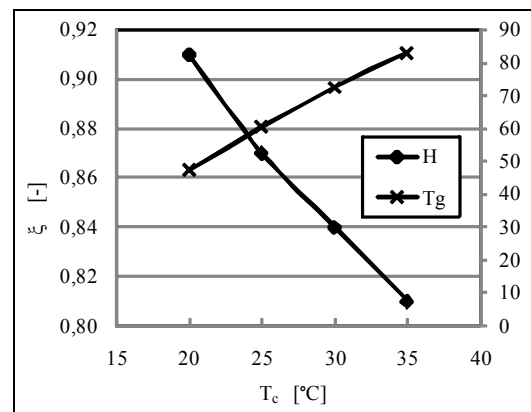


Fig. 5: Andamento dell'effetto utile e della temperatura del generatore in funzione della temperatura del condensatore.

Nei trasformatori di calore i flussi di calore sono invertiti rispetto a quelli che si hanno in una macchina frigorifera; infatti la macchina è alimentata ad una temperatura maggiore di quella dell'ambiente, in corrispondenza di generatore ed evaporatore, e restituisce parte del calore a temperatura ambiente e parte ad una temperatura superiore a quella di alimentazione, che ne consente un impiego più conveniente (il fluido di alimentazione può anche essere quello prodotto da fonti rinnovabili che non ne consentono un impiego diretto).

Il calcolo del COP (Coefficient Of Performance) può essere effettuato mediante l'equazione 3 [9]:

$$\text{COP} = \frac{Q_a}{Q_g + Q_e + \sum_{i=1}^n L_i} \quad (3)$$

in cui:

$Q_a$  = calore fornito nella fase utile (assorbitore);

$Q_g$  = calore fornito alla macchina (generatore);

$Q_e$  = calore fornito alla macchina (evaporatore);

$L_i$  = lavoro per la circolazione del fluido speso nella  $i$ -esima pompa.

Le temperature di funzionamento del trasformatore di calore ad assorbimento sono imposte dalla temperatura necessaria alla produzione di vapore; il vapore richiesto per la sterilizzazione necessita di un'elevata purezza e di una temperatura minima di 120 °C; questa condizione impone una temperatura minima nell'assorbitore di 125 °C per ottenere la quale occorre una temperatura di alimentazione nel generatore e nell'evaporatore dell'ordine di 70 °C, compatibile con l'acqua proveniente dall'impianto di cogenerazione, mentre il condensatore segue le fluttuazioni termiche stagionali dell'intero anno solare. Facendo variare la temperatura di quest'ultimo componente tra 15 e 35 °C, la temperatura dell'assorbitore ed il valore del COP aumentano al crescere della temperatura del condensatore.

In questo range di temperature è necessario variare la temperatura del generatore al fine di evitare fenomeni di cristallizzazione dei sali di bromuro di litio presenti nel trasformatore e di garantire la temperatura minima richiesta dall'assorbitore; in figura 6 sono riportati i valori del COP in funzione della temperatura del condensatore e del generatore (le linee tratteggiate rappresentano condizioni di funzionamento non accettabili). Facendo variare la temperatura del generatore tra 65 e 75 °C è possibile ottenere condizioni di funzionamento accettabili in tutto l'intervallo  $T_c = 15-35$  °C.

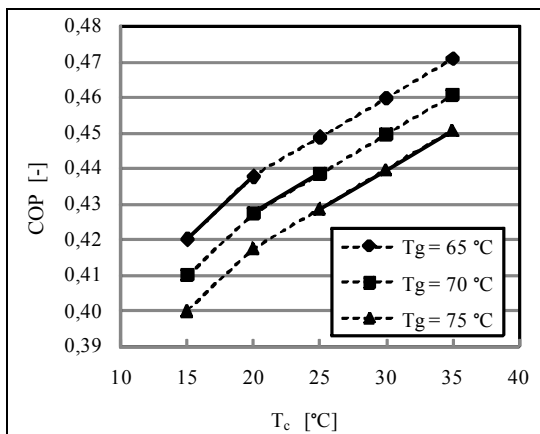


Fig. 6: Andamento del COP in funzione della temperatura del condensatore e del generatore (linee tratteggiate: condizioni di funzionamento non accettabili a causa di problemi di cristallizzazione o all'impossibilità di garantire la temperatura minima richiesta all'assorbitore).

#### 4. FABBISOGNI ENERGETICI DI UTENZE OSPEDALIERE

Uno studio effettuato sui fabbisogni energetici delle utenze ospedaliere ha permesso di valutare le potenze massime

richieste suddivise per tipologia; in tabella 1 sono riportate tali potenze riferite all'unità di volume di fabbricato [11, 12]. Il calcolo dei carichi termici per il riscaldamento ed il raffrescamento degli ambienti è riferito a strutture realizzate ed in fase di realizzazione situate in Umbria.

Tab. 1: Fabbisogni ospedalieri: potenze specifiche massime richieste.

Tipologia di fabbisogno	Potenza massima richiesta [W/m <sup>3</sup> ]
Potenza elettrica	12
Potenza termica per riscaldamento ambienti	26
Potenza termica per riscaldamento acqua sanitaria	14
Potenza frigorifera per raffrescamento ambienti	19
Potenza termica per produzione vapore	11

La valutazione dei consumi energetici richiede la conoscenza dell'andamento temporale di ogni singola richiesta.

Il fabbisogno di energia elettrica, se svincolato dalla produzione di acqua refrigerata per usi di climatizzazione (macchine frigorifere a compressione), può essere considerato costante nell'arco dell'anno e calcolato valutando opportuni coefficienti di utilizzazione e fattori di contemporaneità; tale fabbisogno è mediamente pari a circa 3,3 kWh/m<sup>3</sup> al mese.

La richiesta energetica relativa al riscaldamento degli ambienti dipende dalla differenza di temperatura tra la temperatura di progetto e la media stagionale, da cui si ricava un andamento variabile nel tempo (figura 7) [13].

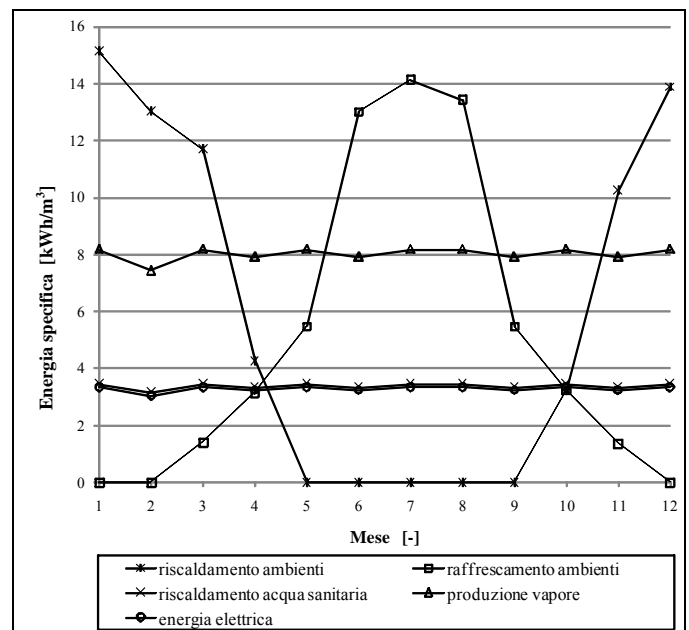


Fig. 7: Fabbisogni energetici specifici.

Il fabbisogno energetico, massimo nel mese di gennaio (15,1 kWh/m<sup>3</sup>) si riduce progressivamente fino a divenire nullo nei mesi caldi dell'anno.

Un discorso analogo può essere effettuato per la domanda energetica relativa al raffrescamento ambientale, in cui la massima richiesta si registra per il mese di luglio (14,1 kWh/m<sup>3</sup>).

La produzione di vapore e di acqua calda sanitaria [14] danno luogo a un carico termico costante, con contributi energetici medi mensili pari rispettivamente a 3,4 kWh/m<sup>3</sup> e 8 kWh/m<sup>3</sup>.

## 5. RICHIESTA ENERGETICA E CONSUMO DI BIOMASSA

Per stimare l'energia che la centrale di cogenerazione deve fornire al fluido termovettore occorre fare alcune ipotesi sulle prestazioni delle apparecchiature di scambio.

In particolare sono valutate le prestazioni della macchina frigorifera ad assorbimento e del trasformatore di calore in funzione delle condizioni ambientali di funzionamento per tener conto delle variazioni climatiche nel corso dell'anno solare (v. paragrafo 4); sono introdotte anche le efficienze degli scambiatori di calore presenti nei trasferimenti di calore da fluido termovettore ad acqua, destinata al riscaldamento ambientale ed alla produzione di acqua calda sanitaria, pari rispettivamente a 0,85 e 0,75.

Le richieste energetiche e il loro massimo contemporaneo sono riportate in figura 8; è possibile notare che la richiesta energetica massima si ha nel mese di gennaio ed è circa pari a 42 kWh/m<sup>3</sup> (dovuta, principalmente, alla produzione di vapore ed al riscaldamento ambientale); nel mese di luglio il fabbisogno energetico raggiunge il valore di circa 40 kWh/m<sup>3</sup> (attribuibile in massima parte alla produzione di vapore ed al raffrescamento ambientale).

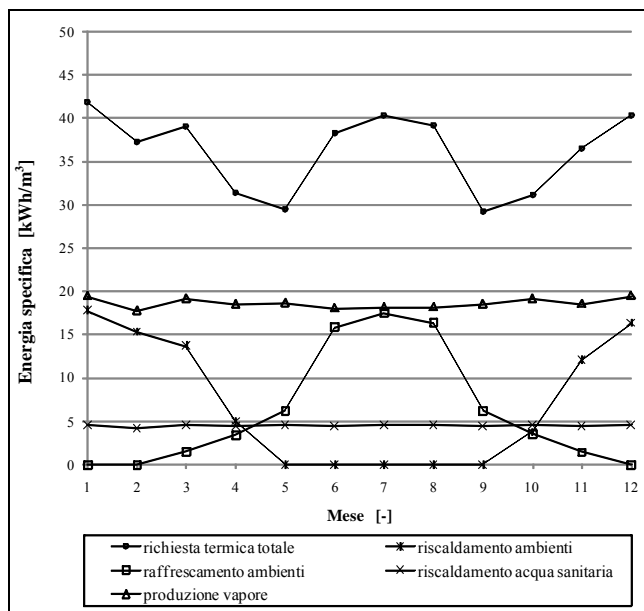


Fig. 8: Energia termica richiesta dal fluido termovettore.

L'input energetico della centrale poligenerativa è costituito dal calore prodotto durante la fase di combustione della biomassa nella centrale di cogenerazione (fig. 2, rif. 1).

La centrale di cogenerazione funziona a pieno carico e regime costante, in modo da lavorare nelle condizioni nominali con le massime prestazioni, non consentendo quindi di modulare il carico energetico seguendo la curva dei fabbisogni. Pertanto il dimensionamento della centrale è

effettuato in modo da coprire la quasi totalità dei fabbisogni di energia termica, a meno di piccoli periodi in cui la copertura totale può essere effettuata mediante l'impiego di sistemi integrativi di generazione del calore.

L'energia elettrica prodotta, invece, è ceduta alla rete mediante contratti di scambio e potendo usufruire dei certificati verdi. È quindi possibile calcolare la portata di biomassa in ingresso alla centrale, sulla base del potere calorifico della stessa e l'efficienza dell'impianto [5].

Nel presente lavoro sono state considerate due differenti tipologie d'impianto: un impianto ORC alimentato a cippato di legno ed un motore a combustione interna alimentato ad olio vegetale grezzo; i poteri calorifici considerati sono rispettivamente 10.000 kJ/kg per il cippato (considerando un'umidità del 50%) e 37.500 kJ/kg per l'olio.

Un foglio di calcolo appositamente elaborato ha permesso di valutare, per le due soluzioni impiantistiche, l'andamento temporale della potenza termica ed elettrica prodotte e delle richieste (figura 9).

Entrambi gli impianti consentono una copertura parziale del carico termico con un deficit energetico calcolato principalmente nei mesi di gennaio, luglio e dicembre; il carico elettrico, invece, è abbondantemente coperto in tutta l'estensione dell'anno sia dalla centrale operante con ORC che da quella con motore a combustione interna. Questo fa sì che si abbia un introito in termini di energia elettrica venduta alla rete nazionale in tutte le stagioni.

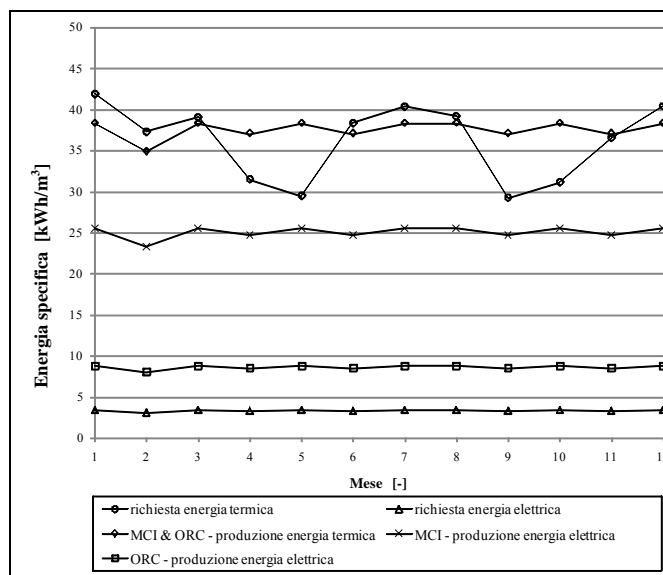


Fig. 9: Produzione e richieste di energia termica/elettrica.

Nella tabella 2 sono evidenziati i consumi di biomassa per unità di volume medi mensili e annuali, per le soluzioni poligenerative proposte.

Tab.2: Consumi specifici di biomassa in una centrale poligenerativa.

Tipologia di centrale cogenerativa	Consumo di biomassa	
	mensile (medio) [kg/m <sup>3</sup> ]	annuale [kg/m <sup>3</sup> ]
ORC	20,8	250
MCI	8,0	96

## CONCLUSIONI

Le centrali poligenerative costituiscono una valida scelta nei casi in cui la richiesta di energia elettrica sia accompagnata da elevati fabbisogni termici, come nel caso di utenze ospedaliere le quali richiedono energia termica per il riscaldamento ed il raffrescamento ambientale, la produzione di acqua calda sanitaria e di vapore; l'installazione di centrali di poligenerazione alimentate a biomasse consente inoltre di perseguire obiettivi di sostenibilità ambientale.

Nel presente lavoro sono proposte due differenti soluzioni impiantistiche in cui le centrali termiche di cogenerazione (un impianto ORC ed un motore Diesel a combustione interna) producono energia elettrica e termica; il fluido termovettore è impiegato per il riscaldamento ed il raffrescamento ambientale, il riscaldamento di acqua sanitaria e la produzione di vapore.

Allo scopo sono stati impiegati scambiatori di calore e macchine ad assorbimento, calcolandone le prestazioni al variare delle condizioni operative. In particolare si è osservato che, impiegando una macchina frigorifera ad assorbimento, si ottengono valori dell'effetto utile teorico, nell'arco del periodo di impiego, compresi tra 0,91 e 0,81, mentre, per ciò che concerne il trasformatore di calore, sono stati calcolati valori variabili del COP teorico, nell'intero periodo annuale, tra 0,42 e 0,45; le efficienze degli scambiatori di calore presenti nell'impianto sono state supposte costanti e pari a 0,85 per il riscaldamento ambientale e 0,75 per il riscaldamento dell'acqua sanitaria.

L'input energetico in ingresso alla centrale termica è stato calcolato valutando le singole richieste energetiche valutate mediante le efficienze delle macchine descritte.

Sono stati esaminati gli andamenti temporali dei fabbisogni energetici specifici di utenze ospedaliere. Le medie mensili delle richieste energetiche sono risultate pari a 3,3 kWh/m<sup>3</sup> per l'energia elettrica, 3,4 kWh/m<sup>3</sup> per la produzione di acqua calda sanitaria e 8 kWh/m<sup>3</sup> per la produzione di vapore. I fabbisogni energetici relativi al riscaldamento ed al raffrescamento ambientale seguono le fluttuazioni climatiche annuali e risultano variabili nel corso dell'anno; essi presentano richieste massime pari rispettivamente a 15,1 e 14,1 kWh/m<sup>3</sup>.

E' stato infine possibile quantificare la portata di biomassa in ingresso alla centrale per le due soluzioni proposte. In particolare per l'impianto a ciclo ORC si è ottenuta una portata di cippato di legno media mensile di circa 21 kg/m<sup>3</sup> di edificio, per un valore annuale di circa 250 kg/m<sup>3</sup> di edificio; per l'olio vegetale il consumo medio mensile è di circa 8 kg/m<sup>3</sup> di edificio per un totale annuale di circa 96 kg/m<sup>3</sup> di edificio.

Sviluppi futuri del lavoro prevedono un'analisi tecnico-economica delle due soluzioni proposte al fine di valutare il ritorno dell'investimento e un'analisi ambientale (mediante ad esempio procedure LCA – Life Cycle Assessment) rispetto a soluzioni alimentate a combustibili fossili.

## SUMMARY

Polygeneration describes the combined production of different energy products (electric, heating, cooling, etc.).

High performances plants are designed for maximize electrical and thermal use. Thermal energy can be used by hospital needs and electrical energy can also be sold to the electrical company.

Heat exchangers, absorption chillers and absorption heat transformers are used for the production of hot water (heating and hot tap water), cold water (cooling) and steam (sterilization, laundries needs, etc.); the performances of these machines are evaluated in different operative conditions.

This paper study two different biomass-feed plants: an ORC (Organic Rankine Cycle) and a Diesel engine systems.

The hospital energy demand is studied in each month of the year for calculating the plant input energy required; the quantity of biomass for the input energy is finally evaluated.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] C.J. Renedo, A. Ortiz, M. Mañana, D. Silio, S. Perez: "Study of different cogeneration alternatives for a Spanish hospital center". Spain, August 2005.
- [2] M. Felli: "Lezioni di Fisica Tecnica". Volume Primo, Morlacchi Editore, 1998.
- [3] M. Felli, F. Cotana, C. Buratti: "Solar Heat Transformation Alternatives". International Journal of Ambient Energy, Vol. 15, n. 3, luglio 1994.
- [4] M. Felli, F. Cotana, C. Buratti: "Fluids for Absorption Machines: Experimental Data and Working Performances". XVIII International Congress of Refrigeration, Montreal, agosto 1991.
- [5] "Il nuovo manuale europeo di bioarchitettura", Mancosu Editore, 2007.
- [6] Yunus A. Cengel: "Termodinamica e Trasmissione del Calore". Ed. McGraw-Hill, 1997.
- [7] G. Guglielmini, C. Pisoni: "Elementi di trasmissione del calore". Ed. Ambrosiana, 1996.
- [8] L.A. Mc Neely: "Thermodynamic Properties of Aqueous Solutions of Lithium Bromide". ASHRAE Transactions, no. 3, 1979.
- [9] "Soluzioni di integrazione impiantistica nel recupero. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Progetto Finalizzato Edilizia". Perugia, 1993.
- [10] C. Buratti: "Impianti di Climatizzazione e Condizionamento". Morlacchi Editore, 2007.
- [11] D.P.R. no. 412, 1993.
- [12] Decreto Legislativo no. 311, del 29 dicembre 2006.
- [13] Norma UNI 10349. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. 1994.
- [14] Norma UNI 5364. Impianti di riscaldamento ad acqua calda. 1976.