

Valutazioni tecnico-economiche sulla gestione del servizio energie e della cogenerazione in un complesso ospedaliero

Roberto Loschi *
* CPL Concordia S.c.a r.l.

Premessa

Per migliorare la qualità del servizio ospedaliero erogato dal Presidio di Seriate, l'Azienda Ospedaliera "Bolognini" di Seriate ha varato un progetto integrato che prevede, oltre alla ristrutturazione dei vari padiglioni, la realizzazione di nuovi padiglioni (denominati Q, R, T).

L'ampliamento verrà condotto in tre fasi successive al fine di garantire la continuità del servizio e limitare, per quanto possibile, il disagio a degenti, operatori e visitatori.

Lo sviluppo tecnologico dovrà conseguentemente seguire il programma di sviluppo, prevedendo già in fase progettuale i futuri ampliamenti.

Il progetto, accogliendo le richieste dell'Azienda Ospedaliera, deve adottare soluzioni tecniche volte a limitare, a parità di domanda energetica, la produzione d'emissioni inquinanti per contribuire al miglioramento ambientale sia nazionale (quantità di CO₂ emessa complessivamente) che locale (NO_x, CO, polveri, SO₂).

Volendo sfruttare i ben noti benefici economici e di qualità del servizio che offre la gestione multiservizi, l'Azienda ha voluto affidare in concessione ventennale il servizio energie all'impresa realizzatrice del progetto; primo passo per un successivo affidamento a operatori specializzati di tutti quei servizi che, pur essendo sensibili per l'operatività dell'Ospedale, distolgono risorse dal suo compito istituzionale. A partire dalla descrizione dell'utenza si analizzano di seguito le scelte progettuali effettuate in tema di produzione e distribuzione dell'energia, nonché le valutazioni di tipo economico e finanziario relative all'integrazione con un sistema di cogenerazione.

1 Descrizione generale degli edifici

1.1 Composizione degli edifici

L'Ospedale comprende diversi edifici.

Il blocco degli edifici A, B, C, con la portineria non sono soggetti ad alcuna ristrutturazione.

I blocchi E e D subiranno una parziale ristrutturazione; principalmente verranno costruite delle strutture prefabbricate esterne per realizzare dei camminamenti coperti di congiunzione fra i vari blocchi.

Saranno, infine, realizzati tre nuovi blocchi (R, Q, T).

Le fasi di sviluppo dell'Ospedale sono così programmate:

Tabella 1. Fasi di costruzione

Fase n.	Periodo programmato	Volume riscaldato (m ³)	Volume raffreddato (m ³)
I	2003 – 07/2006	72.215	22.000
II	07/2006 – 2008	133.107	118.000
III	2008 – 2022	172.044	170.000

1.2 Locali tecnologici e centrali

La centrale termica del vecchio Ospedale, è ubicata in una struttura seminterrata nell'area cortiliva .

La fornitura d'energia elettrica in media tensione è consegnata nell'unica cabina (E) nella quale sono alloggiati anche i trasformatori MT/BT che alimentano tutto il complesso.

I locali attuali risultano del tutto inadeguati all'esigenze del nuovo Ospedale, soprattutto in previsione dell'espansione della fasi due e tre.

Il progetto prevede la costruzione di un nuovo edificio atto a contenere la centrale termica, quella di cogenerazione e frigorifera, nonché le centrali antincendio, gas medicinali ed idrica.

All'interno del nuovo edificio verrà realizzato un manufatto idoneo ad ospitare il locale di consegna ENEL, il locale misure ed il locale media tensione utente.

2 Impiantistica esistente

2.1 Impianti termici

La centrale termica esistente è composta da due generatori di calore ad acqua calda della potenza di 465 kW e 1.170 kW , alimentati a gas metano.

L'impianto è completato da un cogeneratore marca SAVENER modello Bibloc 60, avente una potenza elettrica di 60 kWe e termica di 120 kWt.

Non esiste una centrale frigorifera ed il raffrescamento estivo è fatto con un gruppo a compressori alternativi raffreddato ad aria installato sulla copertura della centrale termica esistente, ed alcuni condizionatori split system dislocati in vari punti dei blocchi esistenti.

2.2 Impianti elettrici

L'impianto elettrico è composto da una cabina unica, del tipo "a giorno" avente la doppia funzione di ricevimento MT dal locale ENEL adiacente e trasformazione MT/BT.

La protezione MT è unica con un interruttore a volume d'olio ridotto; ciascuno dei quattro trasformatori è collegato alle sbarre con un sezionatore sotto carico.

Le sezioni BT dei trasformatori sono collegate al quadro generale che alimenta tutto il vecchio Ospedale.

Due gruppi elettrogeni della potenza di 250 kVA ciascuno assicurano l'alimentazione d'emergenza.

3 Gestione energie

L'azienda Ospedaliera, introducendo una importante innovazione di pensiero nella gestione del complesso ospedaliero, ha ritenuto di abbandonare la gestione in proprio degli approvvigionamenti energetici dell'intero complesso assegnandolo in concessione ad azienda di comprovata esperienza e professionalità.

Lo schema elaborato dagli ingegneri dell'Azienda prevedeva di assegnare la gestione energie ad una singola azienda che si facesse carico di tutti i lavori di realizzazione della nuova centrale tecnologica e che la gestisse per i successivi 20 anni assicurando la fornitura dei necessari flussi energetici con un massimo di riferimento di:

Tabella 2. Livelli d'erogazione energetica

Fase n.	Riscaldamento (GWh/a)	Raffrescamento (GWh/a)	Elettricità (GWh/a)
I	4,16	0,87	3,9
II	7,37	2,62	6,14
III	9,95	4,40	8,75

La potenza massima d'assicurare a regime è di:

- Potenza di riscaldamento: 5,9 MWt
- Potenza di raffrescamento: 4,3 MWf
- Potenza elettrica: 1,5 MW

La remunerazione della concessione, comprensiva delle attività di costruzione e di gestione, prevede un canone fisso mensile ed un corrispettivo variabile in base alle unità energetiche utilizzate dall'Ospedale.

Considerato che il canone fisso mensile copre all'incirca gli investimenti ed oneri finanziari delle costruzioni, il margine operativo deriva dalla differenza fra il corrispettivo variabile ed costi di produzione dell'energia (comprensivi di energia primaria, manodopera, ricambistica, etc.).

In questo modo l'azienda concessionaria è stimolata ad adottare tutte le innovazioni tecnologiche e gli accorgimenti necessari per ridurre i costi di produzione.

4 Valutazione dei fabbisogni energetici

Le valutazioni progettuali nella scelta e definizione dei sistemi di produzione dell'energia derivano dalla definizione dei fabbisogni energetici previsti e dalle modalità con cui è stata ipotizzato l'andamento dell'aumento dei consumi nelle varie fasi.

Se da un lato la corretta determinazione dei livelli di potenza richiesta dalle varie utenze è fondamentale per il dimensionamento degli impianti di produzione e di distribuzione delle energie, dall'altro la definizione dei flussi energetici e quindi del grado d'utilizzo delle diverse apparecchiature è essenziale per valutare l'efficacia dal punto di vista tecnico, economico e gestionale delle soluzioni possibili.

Come precedentemente richiamato, l'iniziativa si sviluppa in tre fasi successive.

Per la Fase I la valutazione è stata fatta partendo dai dati storici del 2002.

4.1 Consumi elettrici

I consumi elettrici sono stati desunti per il 2002 dai valori riportati nelle fatture, sommati a quelli prodotti dal cogeneratore ricavati dal contatore fiscale UTF.

L'andamento dei consumi 2003 è stato ipotizzato prevedendo un incrementato del 10%.

Il valore tiene conto dell'installazione di nuovi gruppi frigoriferi e di un incremento stimato dell'attività di diagnostica.

La potenza elettrica media dell'anno 2002 è stata di 341 kW, con un valore medio mensile minimo di 260 kW ed un valore massimo medio mensile di 490 kW.

Se entriamo nel dettaglio dei consumi si nota che mentre i valori minimo e massimo nei mesi di gennaio e febbraio si attestavano sul 160 e 400 kW, nel periodo estivo il valore saliva a 270 e 520 kW.

Nella successiva stagione invernale, nella quale ci si attendeva il ritorno ai valori di gennaio e febbraio, la potenza media minima e massima non è scesa sotto i 220 e 450 kW.

Il consumo totale d'energia, acquistata ed autoprodotta, è stato consuntivato in 3,4 GWh, poco sotto il valore di 3,9 GWh richiesto dal progetto dell'Azienda Ospedaliera.

L'incremento del 10% inizialmente previsto doveva essere rivisto in aumento.

In seconda analisi è stato aggiunto un ulteriore 4% portando i valori di potenza media mensile minima e massima rispettivamente a 380 e 590 kW.

Durante tutto lo sviluppo del progetto nei primi mesi del 2003 sono stati seguiti gli andamenti mensili della potenza e dell'energia elettrica assorbita dal complesso ospedaliero al fine di validare o correggere le ipotesi sviluppate.

Per i mesi invernali il valore è stato sufficientemente in linea con quello ipotizzato (+2%); nella primavera l'aumento è stato più marcato (+7%).

Nei mesi estivi la differenza è stata decisamente imprevedibile (+20%). L'incremento è sicuramente dovuto all'ondata eccezionale di caldo prolungato dell'estate 2003 che ha influito in modo pesante sull'assorbimento dei gruppi di refrigerazione.

Gli andamenti definitivi della potenza elettrica giornaliera ed annuale in base ai quali è stato ridimensionato il progetto sono rappresentati nei grafici di figura 1 e 2.

4.2 Consumi termici

La valutazione dei consumi e della potenza termica è stata fatta seguendo due diversi criteri:

- Analisi e valutazione dei consumi storici di gas metano dell'anno 2002;
- Valutazione dei dispedimenti, della produzione di ACS e dei postriscaldi estivi utilizzando dei parametri semisperimentali standard.

I risultati del primo metodo di calcolo sono stati:

- Potenza media invernale: 1.200 - 1.500 kW;
- Potenza media primaverile: 500 – 600 kW;
- Potenza media estiva: 150 – 200 kW;
- Potenza media autunnale: 700 – 900 kW.

Il periodo estivo della fase I è stato analizzato in modo più approfondito al fine di reperire quelle informazioni indispensabili in previsione dell'installazione di un impianto di cogenerazione .

Il consumo di ACS è stato calcolato applicando le norme UNI 9182.

- Posti letto: 300 circa;
- Consumo specifico: 150 l/persona;
- Ore di punta: 4 hh/gg;
- Temperatura d'accumulo: 60°C;
- Temperatura d'erogazione: 48°C;
- Temperatura d'alimentazione: 8 °C.

La gestione della produzione dell'ACS condiziona il funzionamento dell'impianto di cogenerazione nelle mezze stagioni e nel periodo estivo.

Il volume degli accumuli è stato volutamente sovradimensionato per ridurre i cicli di carico e scarico dilatandone i tempi.

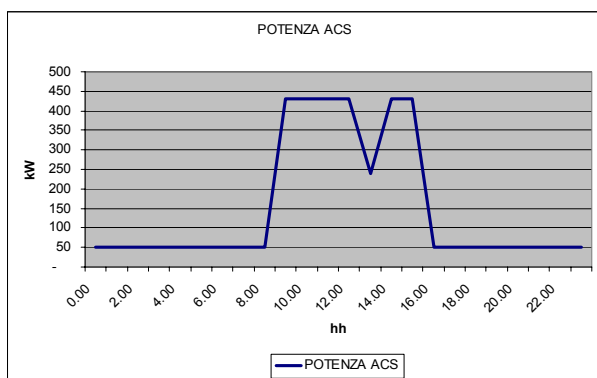


Figura 1. Produzione ACS giornaliera

Questo consentirà l'utilizzo del cogeneratore per alcune ore al giorno con una limitata dissipazione termica anche nel periodo estivo.

La potenza necessaria per i postriscaldamenti, in assenza d'informazioni storiche attendibili, è stata calcolata in modo analitico.

I risultati hanno evidenziato un valore medio di 140 kW con punta giornaliera di 300 kW.

Il fabbisogno di calore è risultato sensibilmente superiore a quello richiesto dall'Azienda Ospedaliera. Infatti il consumo di metano, ridotto della quota elettrica del cogeneratore, applicato ad un rendimento medio stagionale delle caldaie del 83% , ha portato ad un fabbisogno di 5,9 GWh.

4.3 Consumi frigoriferi

La potenza frigorifera assunta come dato di progetto è quella riportata dal progetto elaborato dagli ingegneri dell'Azienda, essendo il risultato di un accurato calcolo.

Nella fase I e II la potenza necessaria è ridotta a 2.100 kWf, per un fabbisogno di 0,87 Gwh.

In realtà l'impiantistica deve prevedere una discreta riserva di potenza dovuta all'aumento delle temperature medie estive.

4.4 Fabbisogni energetici fasi successive

Per la Fase II e III la valutazione è stata fatta in modo analitico.

Il calcolo dei disperdimenti tenendo conto della volumetria dell'intera struttura ospedaliera nelle tre diverse fasi, realizzato con il metodo della legge 10/91, porta ad un fabbisogno termico globale netto così ripartito:

Tabella 3. potenza termica legge 10/91

Fase	Potenza termica
Prima Fase	2.520 kWt
Seconda Fase	4.640 kWt
Terza Fase	6.000 kWt

La potenza tiene già conto della produzione di ACS.

La potenza frigorifera di punta a regime sarà di 4.300 kWf.

Per quanto riguarda la potenza elettrica e la quantità d'energia, è stato mantenuto come riferimento il dato richiesto dall'Azienda Ospedaliera.

In realtà la quantità d'energia elettrica potrà essere maggiore se, a seguito dell'apertura della borsa dell'energia ed il completamento della liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, l'Azienda Ospedaliera richiederà (come già prevede il contratto) d'estendere la fornitura agli altri edifici di sua proprietà con l'attivazione di un contratto di scambio.

5 Gli impianti

Il progetto generale prevede lo spostamento delle centrali termica, frigorifera ed idrica e la realizzazione di nuove centrali termica, frigorifera, di cogenerazione, antincendio e gas medicali, nonché la nuova cabina di ricevimento MT, in un nuovo complesso unico da realizzare nell'area compresa fra il complesso ospedaliero e la ferrovia.

La centrale tecnologica esistente e quella che verrà realizzata nei nuovi blocchi R, Q, T, sono allacciate alla centrale tramite reti di fluidi primari installate in cunicoli in parte esistenti ed in parte di nuova costruzione nella prima fase dei lavori.

Come detto in premessa, la remunerazione del concessionario deriva essenzialmente dalla differenza fra il corrispettivo variabile ed il costo di produzione dell'unità energetica.

La scelta di soluzioni impiantistiche che permettano una riduzione dei costi di produzione è pertanto una condizione indispensabile.

Verranno di seguito illustrate queste scelte, spesso innovative rispetto ai normali canoni progettuali.

5.1 Centrale tecnologica

La struttura della centrale tecnologica sarà suddivisa in locali, secondo questa nomenclatura:

- locale A: locale caldaie
- locale B: locale cogeneratori
- locale C: locale pompe, ACS e centrale idrica
- locale D: locale gruppi refrigerazione
- locale E: locale pressurizzazione antincendio
- locale F: locale cabina utente
- locale G: locale misure
- locale H: locale consegna Enel

Dalla parte della struttura che si affaccia sulla ferrovia, saranno ubicati, in sequenza, il locale gruppi frigo, caldaie e cogeneratori; in ogni locale sarà previsto uno o più accessi diretti dall'esterno attraverso ampi portoni.

In un locale ampio e unico invece, saranno previsti i gruppi pompe, l'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria e i sistemi di trattamento dell'acqua che compongono la centrale idrica.

Sotto il corridoio di entrata principale sarà prevista la costruzione di un cunicolo sotto terra, che ospiterà i principali tubi di alimentazione acqua della centrale tecnologica e i cavi elettrici.

5.2 Centrale termica

La configurazione della centrale termica trae spunto dall'esperienza maturate negli ultimi anni sugli impianti di teleriscaldamento di ridotta estensione (quartiere, grande condomino, paese).

In particolare la possibilità di variare sia la portata che la temperatura del fluido vettore in base ai carichi attuali e a quelli statisticamente prevedibili.

La scelta dei generatori di calore pressurizzati a tre giri di fumo a bassa temperatura, rispetto ai generatori tradizionali caratterizzati dall'aver il circuito dell'acqua ad una temperatura media praticamente costante al variare delle condizioni esterne e del carico termico, ha permesso di ottenere aumenti apprezzabili del rendimento medio stagionale.

Il rendimento medio stagionale, è risaputo, si discosta dal rendimento nominale per l'influenza delle perdite al mantello, delle perdite al camino e delle perdite dei circuiti di generatore durante il tempo d'inattività del generatore.

Maggiore è la temperatura alla quale si esercisce il sistema e maggiore è la differenza fra rendimento nominale e rendimento medio stagionale.

La differenza fra il rendimento medio stagionale di un generatore tradizionale e quello di uno a tre giri di fumo correttamente gestito e di circa 2 punti percentuale.

Questa scelta garantisce un minor consumo di gas metano di circa 9000 m³/anno

Il rendimento nominale del generatore di calore è ulteriormente incrementato dall'utilizzo di bruciatori con la regolazione automatica dell'aria comburente .

Ogni generatore di calore è, infatti, dotato in sito di un sistema per l'analisi in continuo e la regolazione della combustione. Il sistema composto da sonda ad ossido di

zirconio, alimentatore e controller è in grado di misurare direttamente l'ossigeno, la temperatura dei fumi e dell'aria comburente e di calcolare il rendimento di combustione e l'eccesso d'aria.

Il regolatore controlla il tenore di O₂, quindi fornisce un segnale regolante che viene utilizzato per riportare l'aria di combustione al valore più corretto con il combustibile. Poiché il rapporto aria combustibile è funzione del carico della caldaia, il sistema può ricevere dall'esterno un segnale analogico che rappresenti il carico e faccia quindi da profilo continuamente variabile del valore desiderato da set-point per l'O₂.

Il funzionamento normale di due generatori di calore e dei cogeneratori permette di coprire l'intero fabbisogno termico della struttura; l'adozione del terzo consente invece di sostituire in qualsiasi momento un generatore fuori uso senza interferire minimamente con il regolare funzionamento dell'esercizio.

Il progetto prevede pertanto d'installare tre caldaie ICI modello TNG 2000, del tipo a fiamma passante, tre giri di fumo e fondo bagnato a funzionamento completamente automatico, pressurizzate, aventi una potenza utile di 2326 kW cad. e una potenza al focolare di 2532 kW.

Le modalità di installazione prevedono il montaggio di due caldaie nella prima fase e una caldaia nella terza fase.

In relazione alle apparecchiature da installare e alle fasi di realizzazione le potenze termiche totali a regime sono così ripartite:

Tabella 4. Generatori di calore nelle fasi

FASE	Caldaie	Cogeneratori ¹	Pot. Termica Totale
	(kWt)	(kWt)	(kWt)
1	2 x 2.326	526	5178
2	2 x 2.326	2 x 526	5704
3	3 x 2.326	2 x 526	8030

Il progetto prevede, oltre alla riduzione dei prezzi di produzione dell'energia, un significativo aumento dell'affidabilità .

Per questo la scelta dei bruciatori è caduta su modelli bistadio con modulazione progressiva, per adeguarsi in continuo al carico, e bicomustibile gas metano/gasolio per assicurare in qualsiasi condizione la fornitura d'energia termica.

5.3 Centrale idrica e ACS

L'impianto per la produzione d'ACS è fondamentale per l'esercizio del cogeneratore nelle mezze stagioni ed in estate.

La capacità d'accumulo dovrà essere maggiore rispetto ai normali dimensionamenti. In questo modo i cicli di carico e scarico sono più lunghi.

¹ La taglia del secondo cogeneratore potrà essere aumentata di circa 100 kWe nel caso l'Azienda Ospedaliera richieda una maggiore disponibilità d'energia elettrica per alimentare altri edifici di proprietà.

Il diagramma di carico termico per la produzione d'ACS, normalmente con il classico andamento a dente di sega (picchi di breve durata e forte intensità) deve appiattirsi e stirarsi concentrando, per quanto possibile, la richiesta termica nelle ore centrali della giornata (fasce F2 e F3 – vedi grafico figura 1).

Si deve evitare l'inserimento delle caldaie se non in rari casi di particolare punta di carico.

La gestione della produzione è pertanto affidata interamente al sistema di supervisione.

Per la produzione di acqua calda sanitaria è previsto un sistema composto da bollitore accumulo e scambiatore di calore rapido così concepito:

- nel circuito a bassa pressione (5 bar) n° 2 bollitori ad accumulo con capacità 5000 lt e uno scambiatore di calore a piastre con una potenza di 1500kW;
- nel circuito ad alta pressione (8 bar) n° 1 bollitore ad accumulo capacità 3000 lt e uno scambiatore a piastre con una potenza termica di 250 kW.

Tutti i bollitori sono del tipo con serpentino ad acqua calda e coibentati con materiali ad alta efficienza per aumentare il rendimento di produzione.

Importante rilevare che il sistema può funzionare sia in serie che in parallelo assicurando acqua calda in tutte le situazioni di prelievo compreso la criticità delle punte.

Nel caso del circuito a bassa pressione (5 bar) per avere la certezza della continuità di esercizio, si intende fornire un terzo serbatoio di accumulo da 3.000 lt che può entrare in funzione in qualsiasi momento sia come supporto che in alternativa.

La temperatura dell'acqua di consumo verrà distribuita a max 48°C (rif. 412/93) mediante l'installazione di miscelatrice a tre vie sulla tubazione di mandata, con dedicata logica di regolazione. Ad intervalli regolari, e nei periodi di minor prelievo (di notte) verrà distribuita acqua calda a 70° per un periodo di 30 minuti sulla rete ACS e ricircolo onde evitare la formazione di virus da legionella.

5.4 Centrale di cogenerazione

Particolare importanza nel progetto ha l'impianto di cogenerazione.

Come si noterà successivamente nella sezione economica, l'approvvigionamento d'energia elettrica dal mercato e la produzione di calore con delle caldaie (anche con gli accorgimenti volti al miglioramento del rendimento) hanno costi molto vicini, se non superiori in alcuni momenti, rispetto al corrispettivo variabile.

L'utile deriva, pertanto, in larga parte dall'utilizzo della produzione combinata calore/energia elettrica.

I criteri che devono guidare la scelta del gruppo di cogenerazione sono:

- a). La potenza elettrica e termica;
- b). I rendimenti elettrico e termico;
- c). La flessibilità d'esercizio;
- d). Il livello termico del fluido vettore;
- e). Il costo d'investimento.

a). La potenza elettrica e termica

Il criterio di dimensionamento dei cogeneratori in applicazioni civili normalmente utilizzato prevedeva di soddisfare il cosiddetto "zoccolo termico".

La potenza erogata dal cogeneratore copriva il fabbisogno di base (circa 30-40%) del carico termico.

La dissipazione di parte del calore non era presa in considerazione, anche per non abbassare il valore dell'IEN.

La valutazione della convenienza della taglia deve prescindere da pregiudizi e schemi preconcepi.

Il diagramma di seguito riportato mette in evidenza l'andamento del costo di produzione dell'energia elettrica, al netto della valorizzazione del kWh termico risparmiato dall'impianto tradizionale, in funzione della percentuale di dissipazione del calore.

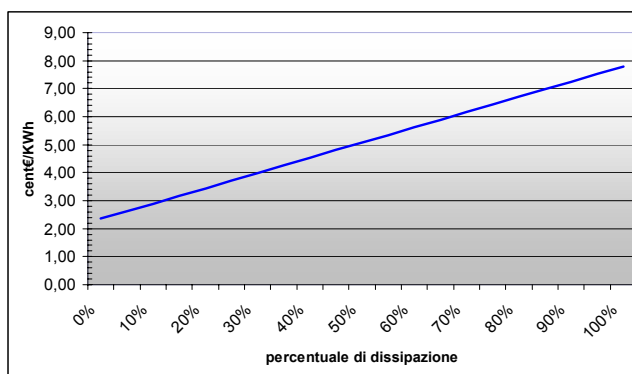


Figura 2. Costo di produzione netto del kWh in funzione della percentuale di dissipazione del calore

Se raffrontiamo il costo netto di produzione² con il costo d'acquisto sul mercato (energia più trasporto energia), si vede come l'autoproduzione è conveniente anche con una dissipazione parziale dell'energia termica.

Tabella 5. Prezzi d'acquisto ee sul libero mercato (cent€/kWh)

F1	F2	F3	F4
15,4367	9,3067	7,3467	5,0467

La convenienza è ovviamente maggiore nelle ore piene; in quelle vuote il recupero d'energia termica deve essere totale.

Questa considerazione porta ad aumentare la taglia del cogeneratore.

I fabbisogni termici possono essere espressi graficamente come diagrammi cumulati su base annua, e cioè come frequenza di livelli decrescenti di potenza richiesta dagli impianti utilizzatori.

Questa visualizzazione consente una maggiore immediatezza di valutazione delle opportunità di copertura della richiesta di energia.

² Per costo netto di produzione s'intende il costo del combustibile, della manutenzione full service comprensiva di revisione, costo dell'olio combustibile, meno il valore del kWh termico recuperato al costo di produzione in centrale termica.

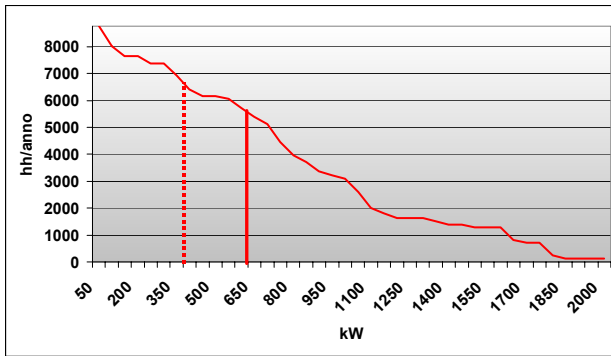


Figura 3. Campo di lavoro del cogeneratore (analisi termica)³

L'energia termica per l'anno 2002 (Fase I) si è dimostrata di 5,8 GWh; l'energia necessaria nella Fase II sarà di 7,37 GWh.

E' logico ipotizzare che nel periodo intermedio fra la prima e la seconda fase i carichi termici si assesteranno ad un valore intermedio.

Risulta quindi conveniente dimensionare il cogeneratore riferendosi ad una potenza maggiore, intermedia fra le prime fasi.

Il valore assunto è 6,8 GWh.

Il dimensionamento basato sullo "zoccolo termico" porterebbe ad un gruppo da 330 kW_e e 430 kW_t.

Il dimensionamento basato sui costi di produzione, invece, porta ad un gruppo di potenza elettrica da 500 kW_e e 640 kW_t.

Il funzionamento annuale è di 6500 ore anno, delle quali 5500 a piena potenza con recupero totale del termico e 1000 ore in modulazione o con parziale dissipazione del termico.

Il cogeneratore soddisfa quasi il 70% del carico termico. L'analisi del primo dimensionamento va verificata con simulazioni di funzionamento giornaliero estive ed invernali, utilizzando diagrammi come quelli riportati in figura 4 e 5.

Fatta la verifica termica si deve passare a quella elettrica per determinare l'energia elettrica prodotta, quella autoconsumata ed, eventualmente, quella disponibile per lo scambio sull'Ospedale stesso o su altri edifici.

Anche in questo caso i fabbisogni possono essere espressi graficamente come diagrammi cumulati su base annua (vedi figura 6).

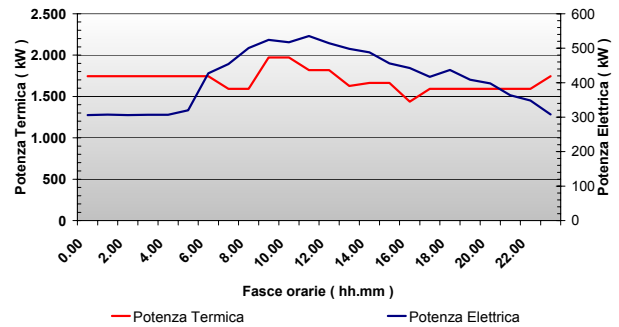


Figura 4. Andamento giornaliero delle potenze (inverno)

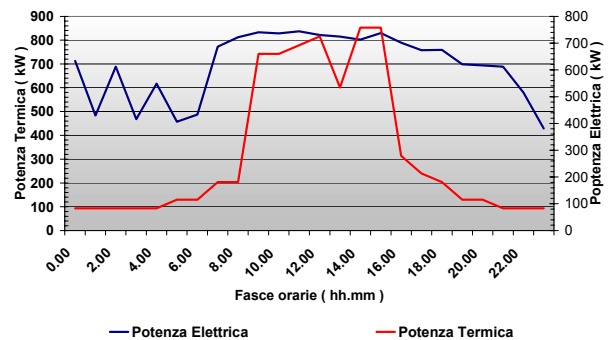


Figura 5. Andamento giornaliero delle potenze (estivo)

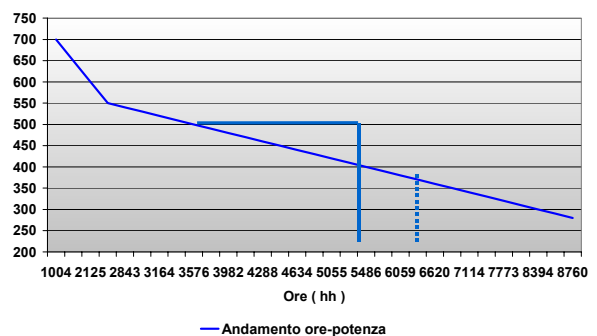


Figura 6. Potenza elettrica cumulativa

Le linee continue e tratteggiate sono le proiezioni elettriche del funzionamento del cogeneratore alla massima potenza termica ed a quella media in modulazione.

Anche in questo caso la successiva verifica giornaliera (figura 4 e 5) fornisce un quadro dettagliato dell'energia elettrica prodotta, suddivisa fascia per fascia.

b). Il rendimento elettrico e termico

Il punto a) ha messo in evidenza come per soddisfare maggiormente i consumi elettrici si debba ricorrere alla modulazione ed alla dissipazione parziale della componente termica.

³ La linea continua rappresenta la potenza termica a pieno recupero; quella tratteggiata la potenza termica minima corrispondente alle ore massime di funzionamento del cogeneratore

Se si escludono i teleriscaldamenti⁴ e poche altre applicazioni, le taglie degli impianti di cogenerazione civili sono sempre limitate dalla necessità di utilizzare l'energia termica.

Sono pertanto da preferire i sistemi che possono garantire alti rendimenti elettrici rispetto ai termici.

Nonostante l'avvento di nuove tecnologie, i motori endotermici a gas metano hanno ancora i migliori rendimenti elettrici uniti ad ottimi rendimenti totali.

In questo settore i motori della Jenbacher AG sono quelli che, con rendimenti dal 39,5 % al 42,5% in funzione della taglia del motore, meglio assolvono a questa esigenza.

In particolare il modello JMS 212 garantisce al 100% del carico un rendimento elettrico del 39,1% per una potenza di 526 kW.

Il rendimento termico è, ovviamente, leggermente inferiore a quello di altre marche; questo non porta però penalizzazioni sensibili per i motivi riportati in precedenza.

Il sistema di trattamento dei gas di scarico adottato rappresenta la migliore tecnologia disponibile sul mercato.

In particolare è un abbinamento di un catalizzatore ossidativo e di uno riduttivo SCR combinato all'iniezione di un riducente (urea in soluzione acquosa). E' in grado di garantire emissioni inferiori a 100 mg/Nm³ per l'NOx e 200 mg/Nm³ per il CO.

c). La flessibilità d'esercizio

L'impianto di cogenerazione deve adeguarsi in continuo al variare dei carichi e della programmazione decisa dal sistema di supervisione.

Nell'esercizio estivo sono previsti almeno due cicli d'accensione e spegnimento.

Non sono pertanto idonei quei sistemi (ad esempio le turbine) che richiedono un funzionamento costante nell'arco delle 24 ore.

Il funzionamento in emergenza (l'impianto sostituisce i gruppi elettrogeni per gli impianti tecnologici) deve essere pronto ed adeguarsi ai carichi istantanei della centrale termica.

d). Il livello termico del fluido vettore

In assenza di utenze a vapore (lavanderia, mangano, etc.) e soddisfatta l'esigenza di vapore sterile per l'umidificazione delle UTA e per le sterilizzatrici con piccoli generatori elettrici sulle singole macchine, la scelta dell'acqua calda come fluido vettore è pressoché obbligatoria.

Questo permette di recuperare tutta la componente termica del gruppo di cogenerazione con motore endotermico.

d). Il costo d'investimento.

Per la taglia di potenza di 500 kW, l'impianto di cogenerazione con motore endotermico è ancora quello

con il più basso costo specifico (circa 900 €/kWe "turn key", completo di trattamento SCR dei gas di scarico).

5.5 Centrale frigorifera

L'evoluzione estiva della cogenerazione è il gruppo ad assorbimento.

Non sempre, però, questa tecnologia trova una conveniente applicazione in campo civile.

Il COP di un gruppo d'assorbimento che funziona ad acqua calda (95°C_ Δt 5°C) non è mai maggiore a 0,7: ciò significa una potenza frigorifera di 450 kWf, utilizzando tutta la potenza termica del cogeneratore (639 kW).

Fatti i dovuti raffronti si possono verificare due ipotesi.

Nella prima ipotesi l'ospedale non ha necessità di calore.

In questo caso il calore prodotto dal cogeneratore andrebbe interamente dissipato: ha pertanto un valore 0.

Se si raffrontano costi e ricavi (costo del kWh autoprodotta in totale dissipazione, costo del kWh acquistato, ricavo dalla vendita del kWh) si ottiene un sostanziale pareggio in F3, una perdita in F4 ed un guadagno nella sola F2.

Nella seconda ipotesi l'ospedale ha necessità di calore per i postriscaldi e l'ACS. In questo caso il kWh termico ha il valore del costo di produzione delle caldaie: in tutte le fasce non c'è vantaggio per l'assorbitore.

Si è pertanto optato per l'installazione di quattro gruppi frigoriferi della McQuay modello PFS Dual, di cui due nella prima fase e due nelle fasi successive, in modo da soddisfare l'incremento dei fabbisogni energetici dovuti all'ammodernamento del Presidio Ospedaliero.

Ogni gruppo refrigerante proposto, con una potenza frigorifera di 1.050 kW, sarà composto da 2 compressori del tipo monovite.

Una delle ragioni che permettono di ottenere COP interessanti sui gruppi a vite con doppio compressore ed evaporatore allagato (5 al 100% fino a 8 ai carichi parziali al 50%) è proprio dovuta al fatto che, con questi evaporatori l'approccio di temperatura tra l'espansione del gas refrigerante e l'uscita dell'acqua refrigerata è inferiore rispetto a quello delle macchine con evaporatore a secco. Con il primo abbiamo approcci tra 1,5 e 2°C con il secondo, intorno a 5°C.

Ciò significa che per fornire acqua refrigerata a +7°C, con gli evaporatori allagati è possibile evaporare il refrigerante a +5°C rispetto ai +2°C degli evaporatori a secco.

Un'altra ragione che consente di ottenere alti COP è dovuta al fatto che le macchine condensate con acqua di torre possono operare con temperature di condensazione uguali o inferiori a 40°C, contro i gruppi ad aria che condensano, generalmente, ad una temperatura di circa 15 - 20°K superiore a quella dell'aria ambiente.

La macchina verrà caricata con la quantità necessaria di liquido refrigerante del tipo HFC 134°. La regolazione della potenza frigorifera è attuata mediante un cassetto di parzializzazione controllato da un sistema a microprocessore e ciascuna unità potrà essere regolata dal 6,25 al 100% del carico.

Sul circuito del condensatore, del primo gruppo refrigerante, sarà effettuato il recupero di energia termica

⁴ In questi casi il dimensionamento dell'impianto di cogenerazione è fatto esclusivamente in base alla regola del 10% per ottenere i ben noti benefici fiscali.

a 35° da utilizzare per il preriscaldamento dell'acqua fredda, a 10°C, di alimento del circuito ACS.

Il recupero di calore sarà realizzato mediante l'inserimento di uno scambiatore di calore a piastre con una potenza termica di 1230 kW.

5.6 Impianto elettrico

Il progetto degli impianti elettrici dell'Ospedale prevede la costruzione, all'interno del fabbricato Centrale impianti tecnologici, di una nuova cabina di consegna e misure dell'energia elettrica a 15 kV, della potenza di 1000 kW e di una cabina utente MT/BT, denominata cabina principale, che alimenterà tutte le utenze elettriche della Centrale mediante due trasformatori MT/BT da 630 kVA.

Oltre alla cabina E esistente, sarà installata una nuova cabina QRT ubicata nell'interrato dei nuovi reparti dell'Ospedale e dotata di due trasformatori MT/BT da 630kVA.

La scelta di uniformare le taglie dei trasformatori e, dove possibile, degli interruttori estraibili, rende possibile, in caso di avaria, l'uso incrociato dei componenti.

La rete MT interna di alimentazione delle tre cabine, sarà esercita ad anello chiuso al fine di assicurarne il più possibile l'alimentazione anche in caso di guasto: un sistema di selettività logica tra gli interruttori posti a protezione generale dell'impianto, consentirà di far aprire solo il dispositivo a monte il quale inibirà l'apertura degli altri per il tempo necessario alla sua apertura.

I circuiti non interessati al guasto, continueranno pertanto ad essere alimentati dall'altro ramo dell'anello MT senza alcuna interruzione del servizio.

Di fianco alla cabina E sono installati due gruppi elettrogeni da 250 kVA ad avviamento automatico funzionanti a gasolio che alimentano i servizi di sicurezza dei locali ad uso medico.

Così come previsto dalla Norma CEI 64-8/7: 2003 anche l'alimentazione dei servizi di sicurezza dei locali ad uso medico dei nuovi edifici QRT sarà fornita da una sorgente autonoma costituita da un gruppo elettrogeno da 500 kVA ad avviamento automatico funzionante a gasolio.

E' stata analizzata la possibilità di utilizzare il/i gruppo/i di cogenerazione per fornire l'alimentazione di sicurezza anche ai locali ad uso medico oltre che alla centrale tecnologica; è stata scartata perché:

- L'ospedale era di nuovo dipendente dall'approvvigionamento del gas metano;
- La fornitura dell'alimentazione di sicurezza era dipendente dall'impianto elettrico MT e dai trasformatori;
- La soluzione abbassava lo standard di sicurezza senza introdurre un reale beneficio economico.

In questo modo, invece, la sorgente di sicurezza ed i relativi circuiti saranno indipendenti dall'impianto ordinario fino al quadro di distribuzione principale dei locali ad uso medico, assicurando il più alto standard di sicurezza (sempre più indispensabile visto gli ultimi accadimenti!).

L'impianto elettrico potrà essere gestito localmente dagli uffici della Centrale impianti tecnologici o a distanza dall'Ufficio tecnico dell'Ospedale e da quelli del Concessionario, mediante un programma di supervisione installato su PC che consente, con diversi livelli di accesso, di controllare e comandare le apparecchiature MT delle cabine ed i principali interruttori del quadro generale BT.

Per questo tutti i circuiti dei quadri MT e quelli del quadro generale BT sono dotati di misuratori delle diverse grandezze elettriche che, insieme agli stati ed agli allarmi, possono essere trasmesse a distanza mediante un bus di comunicazione.

Oltre al comando e al controllo dell'impianto elettrico, il sistema di supervisione consente di monitorare in tempo reale i consumi di energia elettrica e l'autoproduzione dei cogeneratori e di inviare al sistema di supervisione e gestione degli impianti meccanici i dati elaborati.

5.7 Impianto di supervisione

Le scelte e le innovazioni progettuali e gestionali volte ad ridurre al minimo il costo di produzione energetica non darebbero i risultati attesi se lasciati alla discrezionalità degli operatori: è indispensabile un sistema di supervisione che sovrintenda a tutto il processo.

Compito principale è gestire la modulazione della potenza generata (elettrotermica del cogeneratore e termica delle caldaie) tenendo conto:

- ☑ dei fabbisogni in tempo reale;
- ☑ dei fabbisogni statisticamente prevedibili;
- ☑ dell'opportunità di dissipare o meno parte del calore prodotto dai cogeneratori per produrre energia elettrica;
- ☑ delle tariffe d'acquisto d'energia elettrica dalla rete
- ☑ dell'opportunità di recuperare dallo scambio l'energia elettrica prima ceduta in rete;
- ☑ etc.

Il sistema è su piattaforma Honeywell excel ed è sviluppato per questo specifico progetto.

6 Aspetti economici e tariffari

Nell'ambito della concessione energie è stata creata una struttura autonoma a cui sono stati demandati i compiti realizzativi, gestionali e manutentivi, nonché la titolarità patrimoniale degli impianti di produzione e gestione dell'energia fino a termine concessione.

Le opere verranno in buona parte finanziate dal canone fisso mensile.

Il corrispettivo variabile in base alle unità energetiche utilizzate dall'Ospedale deve, fatta salva una ragionevole remunerazione, coprire i costi d'esercizio.

Le principali voci di costo sono:

Acquisto di gas metano ⁵ :	38,68	cent€/m ³
Acquisto d'energia elettrica ⁶ :		cent€/kWh

⁵ Di cui 0,17 €/m³ d'imposte

⁶ Prezzi compresi di trasporto concordati con un operatore sul libero mercato

	F1	F2	F3	F4
	15,4367	9,3067	7,3467	5,0467
Gestione degli impianti:		0,25		cent€/kWh
Manutenzione degli impianti ⁷ :		0,15		cent€/kWh
Manutenzione "full service"		1,75		cent€/kWh;

La valorizzazione del corrispettivo variabile è di⁸:

Tabella 6. Corrispettivo variabile dei vettori energetici

Vettore energetico	cent€/kWh
Energia termica	4,60
Energia frigorifera	6,44
Energia elettrica	6,44

Dal semplice confronto fra corrispettivo e costi si evince che:

- Il corrispettivo per l'energia termica copre appena il costo di produzione;
- Il corrispettivo per l'energia frigorifera, grazie alla scelta di gruppi ad altissima efficienza, lascia un buon margine di remunerazione; lo stesso non si potrebbe dire se si fossero utilizzati gruppi tradizionali raffreddati ad aria;
- Il corrispettivo per l'energia elettrica non copre il costo di acquisto, se non in F4.

Da quest'ultima considerazione risulta indiscutibile la necessità di un impianto di cogenerazione e del suo massimo utilizzo.

6.1 Costo dell'energia cogenerativa

Considerato che il costo dell'impianto di cogenerazione e gli oneri finanziari sono remunerati dal canone fisso, il costo di produzione dell'energia cogenerativa è composto esclusivamente da:

Combustibile defiscalizzato:	21,68	cent€/m ³
Imposta per autoproduzione:	0,13	cent€/m ³
Imposta per autoproduttori ⁹ :	01,11	cent€/kWh
Manutenzione full service ¹⁰ :	1,75	cent€/kWh

Il costo del kWh, se si considera il kWh termico equivalente al kWh elettrico è di 4,10 cent€/kWh.

Questo costo giustifica pienamente i corrispettivi variabili prima enunciati.

7 Conclusioni

La concessione del servizio energie dimostra di essere un fondamentale strumento per la gestione di grandi complessi.

I benefici per l'Azienda Ospedaliera si possono riassumere in maggiore efficienza ed affidabilità, grazie a nuovi impianti tecnologicamente avanzati, e maggiore economicità, grazie ad un canone predeterminato e

variabile secondo meccanismi certi (ISTAT e prezzo del gas metano).

I benefici per il concessionario risiedono nella gestione comune delle tre forme energetiche con la possibilità di sfruttare sinergie nei meccanismi di produzione.

Sotto questo profilo risulta indispensabile l'adozione di un sistema cogenerativo per la produzione a basso costo di energia termica ed elettrica; sistema che, rovesciando i normali criteri di dimensionamento, non è più da considerare "di base" all'approvvigionamento energetico ma quello principale, relegando la rete a sistema d'integrazione.

Questo primo esempio è destinato a riproporsi in diverse forme, primo nucleo di quella generazione diffusa considerata dagli addetti ai lavori, e ultimamente anche dai politici e dall'opinione pubblica, l'unica risposta credibile alla crescente richiesta di energia.

Ulteriori benefici per entrambi si potranno ottenere dall'affidamento di altri servizi, avvicinandosi sempre più ad una logica di multiservice.

⁷ Escluso l'impianto di cogenerazione

⁸ I valori sono da intendersi tutti al netto d'IVA, delle imposte e delle componenti sull'energia elettrica.

⁹ Valore medio ponderale di 1,23 e 0,31

¹⁰ Compreso odell'olio lubrificante