



Comune di Potenza



Regione Basilicata

Fondo di Sviluppo e Coesione 2007-2013

Accordo di Programma Quadro "BAR1 - Piano
di sviluppo e coesione della Città di Potenza" I
Atto integrativo Delibera CIPE 88/2012

Riqualificazione Energetica del Complesso Sportivo del Parco Montereale

Progetto esecutivo

Elaborato
N. Allegato 1

Titolo
Relazioni generale e specialistiche

Scala

Data

Revisione

Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Giuseppe D'Onofrio

Supporto al RUP

Ing. Donatella Zotta

Progettisti:

Ing. Antonio D'Angola

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progetto Esecutivo

Geom. Dario Tomasillo

AMBIENTE

INFRASTRUTTURE

INFRASTRUTTURE

MOBILITA'

SPORT

Indice

1. Premessa

- Elenco Allegati ed Elaborati Grafici del progetto esecutivo
- Descrizione della struttura oggetto della riqualificazione energetica
- Inquadramento urbanistico
- Descrizione sommaria degli impianti termici
- Analisi dei consumi
- Fabbisogno di energia termica
- Fabbisogno di energia elettrica
- Riferimenti per il dimensionamento di alcuni componenti degli impianti

2. Progetto esecutivo - Complesso Sportivo del Parco Montereale

- Produzione di energia termica mediante impianto solare termico
- Produzione di energia elettrica mediante impianto solare fotovoltaico
- Sostituzione dell'unità di trattamento dell'aria
- Miglioramento dell'efficienza degli impianti termici
- Coperture isotermitiche
- Lavori di adeguamento funzionale

3. Quadro economico del progetto esecutivo, incentivi e agevolazioni fiscali, norme e regolamenti

- Incentivi statali e agevolazioni fiscali sul risparmio energetico
- Il Conto Termico
- Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico
- Alcune prescrizioni sull'accesso agli incentivi statali e detrazioni fiscali
- Norme, decreti, disposizioni di legge, regolamenti
- Risparmi energetici ed economici previsti

1. Premessa

La presente relazione generale e le relazioni specialistiche accompagnano il progetto esecutivo dei lavori e dei servizi, oggetto dell'appalto descrivendo in dettaglio le opere da realizzare nell'ambito della riqualificazione energetica del complesso sportivo del Parco Montereale situati nel Comune di Potenza. Nella relazione viene fatto riferimento agli elaborati grafici e ai criteri utilizzati per le scelte di progettazione. Vengono illustrate inoltre le soluzioni adottate analizzando le problematiche prese in considerazione nella fase di progettazione esecutiva.

L'esecuzione dei lavori è stata programmata in modo da assicurare il pieno rispetto delle normative vigenti in materia di sicurezza. Per tutto quanto non espressamente detto nella relazione si rimanda agli elaborati progettuali, al Capitolato Speciale e al dettaglio del Computo metrico estimativo che sono parte integrante e complementare della presente relazione.

Di seguito è riportato l'elenco degli elaborati progettuali

ELENCO Elaborati Grafici al Progetto Esecutivo

ELENCO ELABORATI – PROGETTOESECUTIVO				
N.	OGGETTO	STATO	scala	carattere
TAV. 1	Schema idraulico di principio	FUTURO	-	E
TAV. 2	Integrazione solare termico con impianto esistente	FUTURO	1:100	E
TAV. 3	Impianto Unità trattamento aria	FUTURO	1:100	E
TAV. 4	Sistema erogazione aria unità trattamento aria	FUTURO	1:100	E
TAV. 5	Pianta Copertura – Schema disposizione moduli solare termico e fotovoltaico con inverter	FUTURO	1:100	E
TAV. 6	Schema idraulico di principio unità trattamento aria	FUTURO	-	E
TAV. 7	Schema unifilare e disposizione moduli fotovoltaici	FUTURO	1:200	E
TAV. 8	Lavori di adeguamento funzionale	FUTURO	Varie	E

ELENCO Allegati al Progetto Esecutivo

ALLEGATI - ESECUTIVO		
N.	OGGETTO	Caratter
ALLEGATO N°1	Relazioni Generale e Specialistiche	E
ALLEGATO N°1 bis	Quadro economico	E
ALLEGATO N°2	Computo Metrico	E
ALLEGATO N°2 bis	Stima incidenza manodopera	E
ALLEGATO N°3	Analisi nuovi prezzi	E
ALLEGATO N°4	Cronogramma dei Lavori	E
ALLEGATO N°5	Capitolato Speciale d'appalto e disciplinare tecnico delle lavorazioni	E
ALLEGATO N°6	Piano delle Manutenzioni	E
ALLEGATO N°7	Piano di Sicurezza e Coordinamento – Fascicolo dell'opera	E

E= Esecutivo

Obiettivo del presente progetto è quello di razionalizzare e quindi ridurre i consumi energetici e i costi di gestione del complesso sportivo del Parco di Montereale.

Il comune di Potenza è situato in zona climatica E con gradi giorno 2.472 con la casa comunale posta a 819 m su livello del mare e accensione degli Impianti Termici con limite massimo consentito di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile.

Le scelte progettuali adottate nascono dall'analisi degli attuali consumi e sulla conseguente analisi tecnico-economica degli interventi da realizzare, anche alla luce dei possibili incentivi e detrazioni statali attualmente in vigore, in particolare il Conto Termico e la detrazione per gli interventi di risparmio energetico come previsto dalla legge 296/2006 e successive modifiche e integrazioni.

Ai fini dell'efficientamento energetico le possibili strategie di intervento possono essere suddivise in interventi di riduzione delle dispersioni termiche e nell'efficientamento degli impianti termici (produzione, distribuzione, regolazione, erogazione, controllo). All'interno della relazione sono indicati i criteri che hanno condotto alla scelta progettuale che abbraccia comunque entrambe le possibili strategie, facendo cadere la scelta su quella ottimale alla luce di valutazioni analitiche di carattere tecnico e del budget a disposizione.

La relazione contiene la descrizione della struttura e degli impianti attualmente in funzione ed un'analisi dei consumi. Segue il calcolo del risparmio energetico ottenibile attraverso l'esecuzione del progetto e la descrizione delle opere da realizzare.

Le ragioni degli elevati consumi di gas e di energia elettrica risiedono principalmente nelle inefficienze di tipo impiantistico e nelle elevate dispersioni termiche delle due vasche. Il progetto esecutivo interviene nella direzione dell'aumento dell'efficienza degli impianti e nella riduzione delle dispersioni termiche in modo tale da ridurre in maniera significativa i costi di gestione delle strutture. Per ogni intervento e per l'intervento complessivo sono state effettuate in sede di progetto preliminare le analisi economiche in modo da valutare il tempo di ritorno dei costi sostenuti.

A questi aspetti si aggiunge la descrizione delle soluzioni adottate anche facendo riferimento agli elaborati grafici allegati e l'analisi delle problematiche prese in considerazione nella progettazione.

Descrizione della struttura oggetto della riqualificazione energetica

La struttura del complesso sportivo del Parco Montereale è costituita da una struttura principale, in cui sono ospitate due vasche natatorie e una struttura secondaria avente altezza ridotta, in cui sono collocati gli spogliatoi della piscina e gli uffici (figura 1).

Le figure 2-7 mostrano le piante dei piani seminterrato, rialzato, terra, solarium e sottotetto, oltre che la pianta della copertura. Questa è caratterizzata da una serie di falde alternate con bassa inclinazione ed esposizioni rispettivamente NORD-OVEST e SUD-EST.

Il piano seminterrato ospita l'impianto termico con i circuiti primario e secondario, gli accumulatori, il collettore, gli scambiatori ed i filtri dell'acqua immessa nelle vasche. Sullo stesso livello ma in edificio esterno è posta la centrale termica. Nei piani seminterrato e rialzato, vi sono le palestre con i relativi spogliatoi, l'appartamento del custode e i servizi tecnici. Le foto 8-12 mostrano il piano terra che, oltre all'ingresso principale, ospita gli uffici amministrativi, gli spogliatoi maschili e femminili, i servizi igienici e le due vasche natatorie. Sotto le gradinate sono poste le due unità di trattamento dell'aria.

La struttura è stata costruita tra gli anni '60 e '70 con componenti opachi e trasparenti ad elevata trasmittanza ad eccezione dell'ampia vetrata (foto 9) del locale piscine recentemente sostituita utilizzando infissi con trasmittanze entro i limiti previsti dagli allegati relativi alla legge sulla riqualificazione energetica.

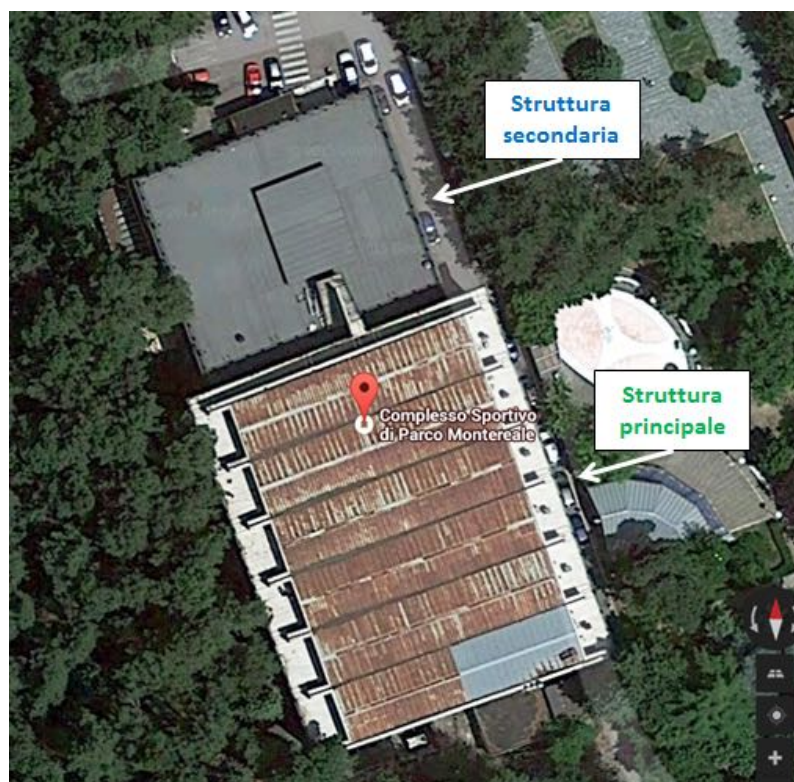


Fig.1 Complesso sportivo di Montereale, foto dall'alto della copertura

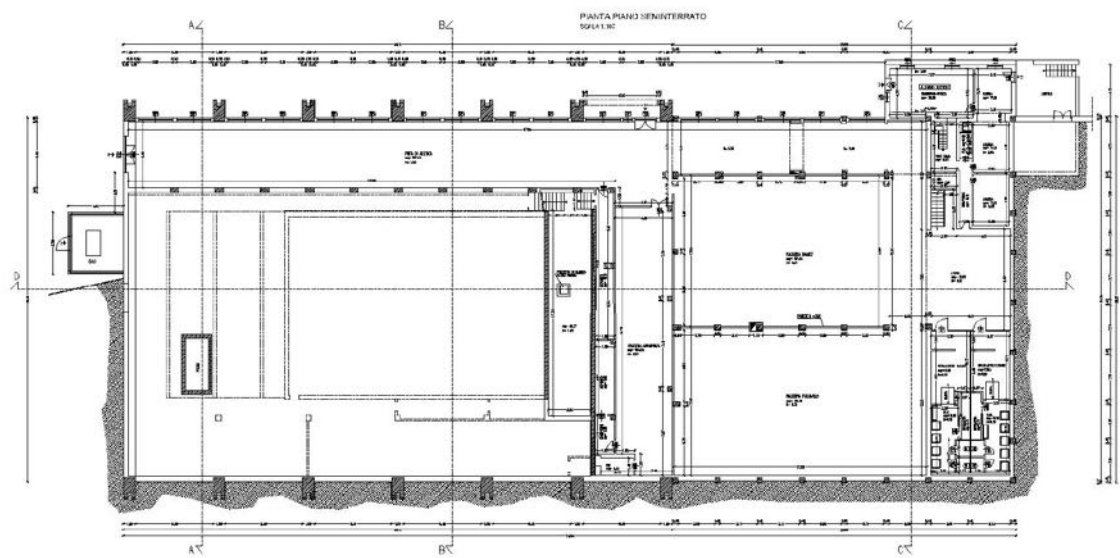


Fig.2 Piano seminterrato

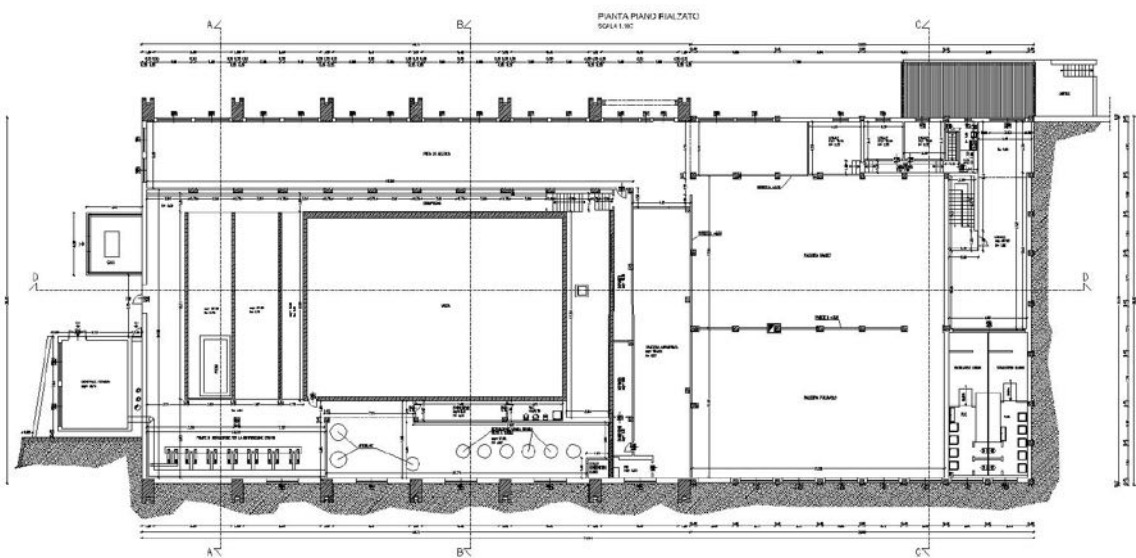


Fig.3 Piano rialzato

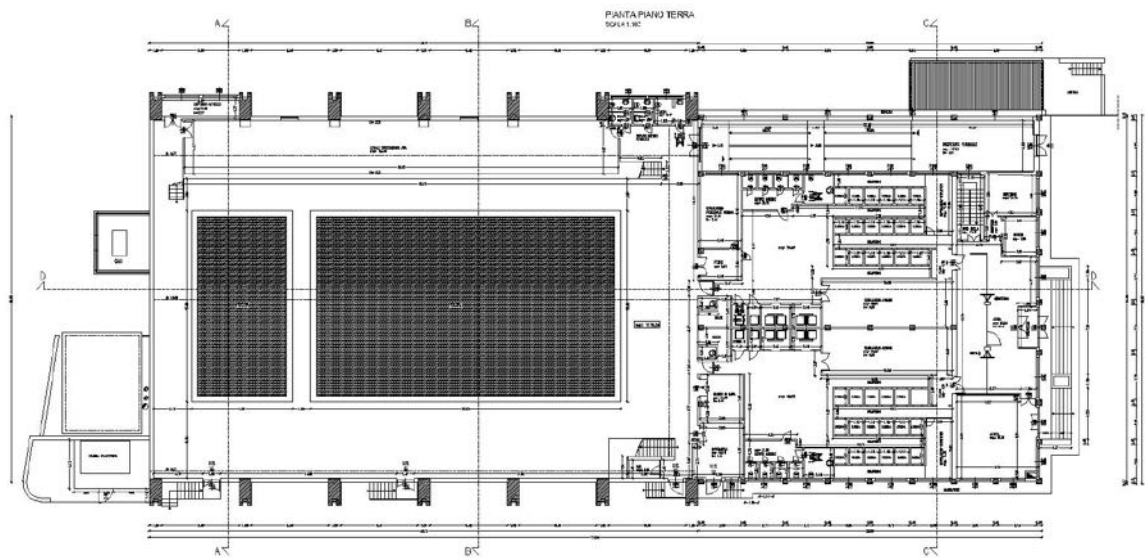


Fig.4 Piano terra

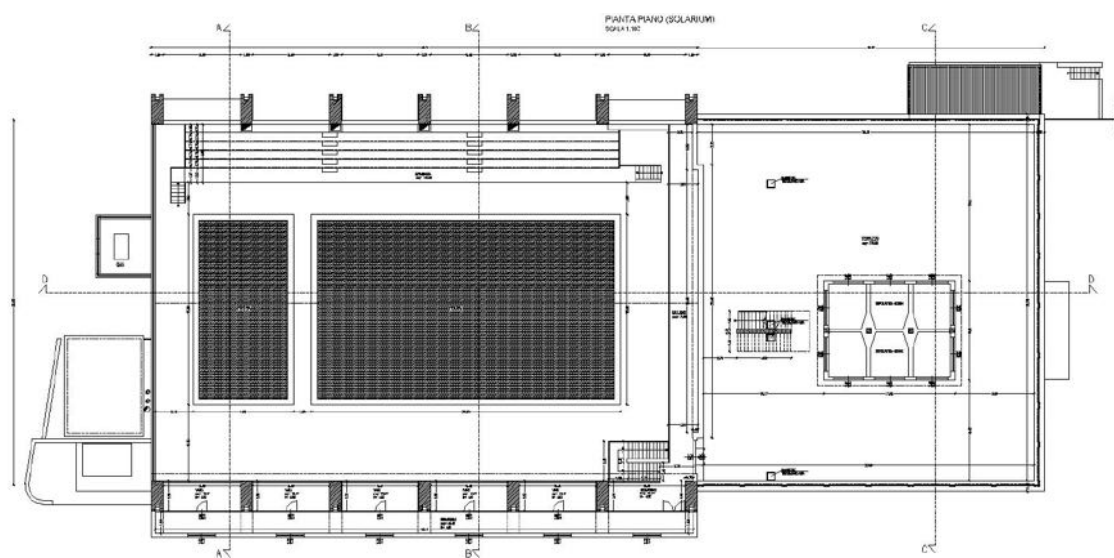


Fig.5 Piano solarium

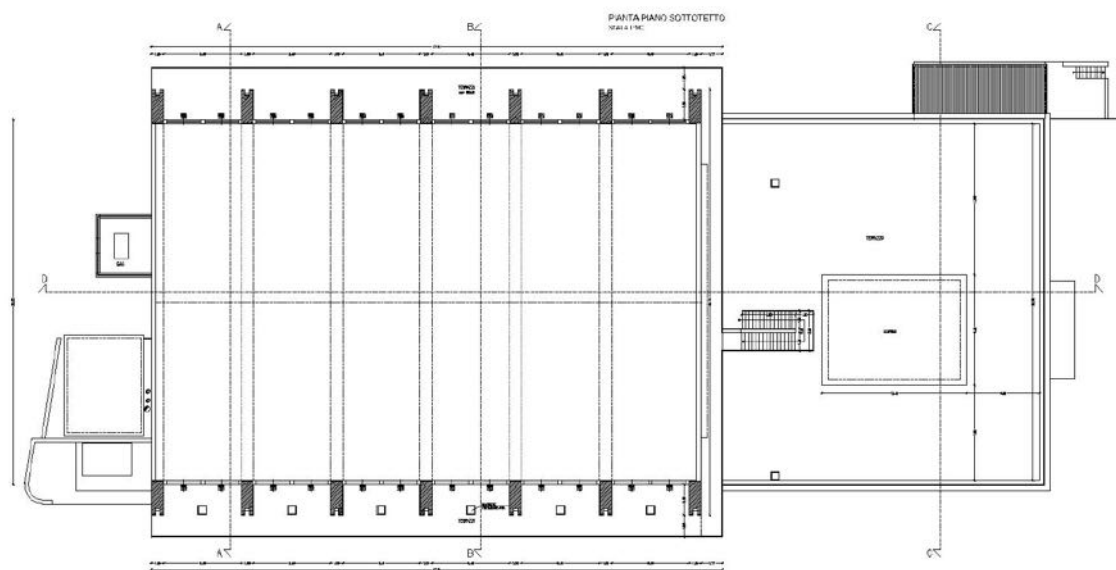


Fig.6 Piano sottotetto

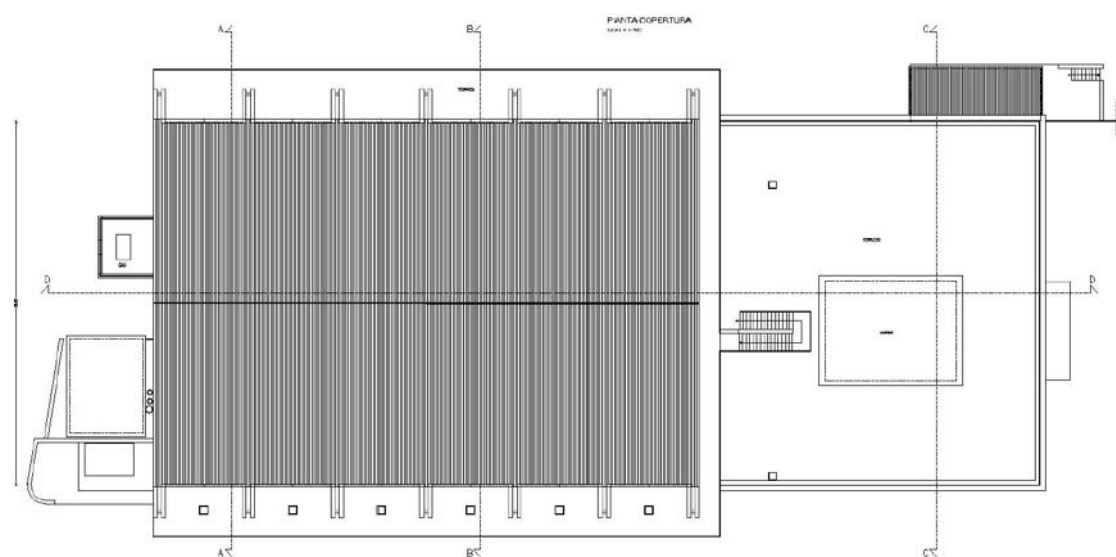


Fig.7 Piano copertura



Fig.8 Locale in cui sono allocate le vasche natatorie



Fig.9 Locale in cui sono allocate le vasche natatorie e vetrata recentemente sostituita

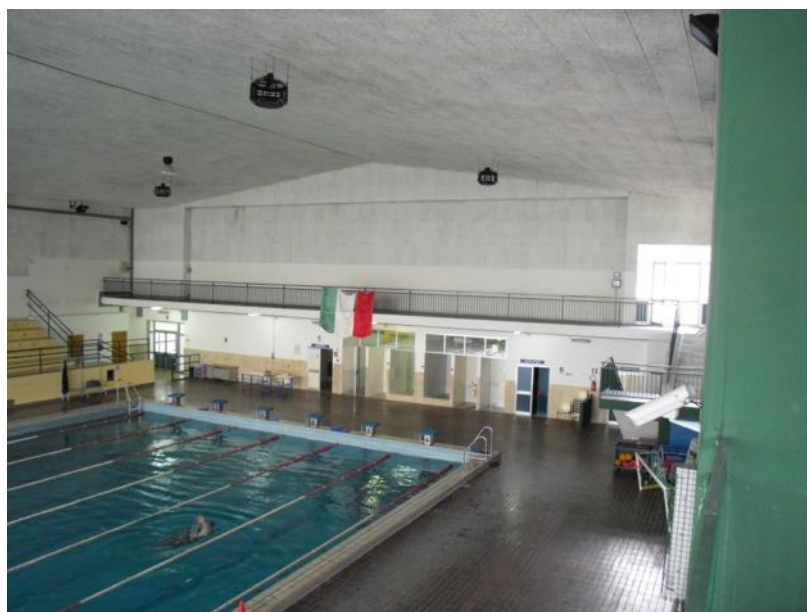


Fig.10 Locale in cui sono allocate le vasche natatorie

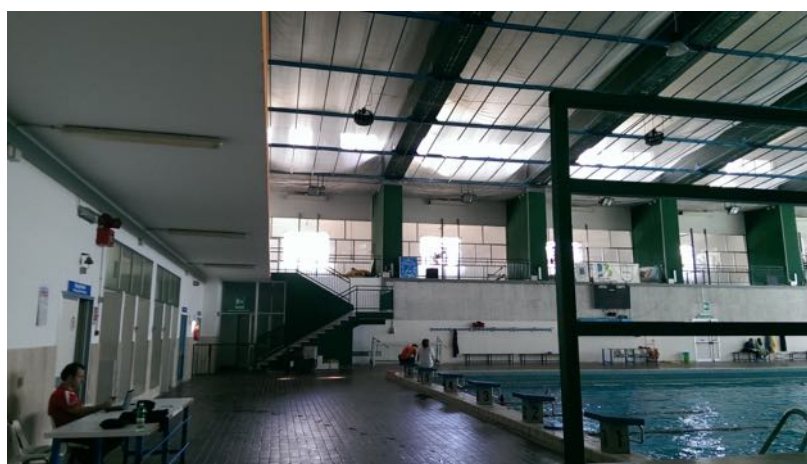


Fig.11 Locale in cui sono allocate le vasche natatorie



Fig.12 Spogliatoi posti al piano terra

Inquadramento urbanistico



Descrizione sommaria degli impianti termici

Si riporta di seguito una sintetica descrizione degli impianti di climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento dell'acqua delle due piscine. Vengono riportati sia il sistema di produzione e distribuzione che quello di erogazione.

Il generatore di calore consiste in un gruppo modulare costituito da 3 caldaie a basamento con bruciatore ad aria soffiata con le seguenti caratteristiche:

- IVAR – potenza = 637 kW
- IVAR – potenza = 637 kW
- IVAR – potenza = 1284 kW (targa in figura 13)

Queste caldaie sono poco efficienti avendo un basso rendimento e sono sovradimensionate rispetto alla reale esigenza della struttura. Inoltre non rispettano la circolare ISPESL R 2009 e per tale ragione sarà necessario un adeguamento in tal senso.

Il locale della vasche natatorie viene riscaldato mediante una unità di trattamento dell'aria (UTA) con le seguenti caratteristiche:

- Sezione di presa aria esterna con serrande motorizzate
- Sezione di filtraggio con filtri piani a secco
- Sezione con batterie di preriscaldamento e raffreddamento con batterie di tubi di rame alettati
- Sezione di umidificazione
- Sezione con batterie di post-riscaldamento con batteria in tubi di rame alettati
- Sezione ventilante con ventilatore elettrico centrifugo
- Umidostato per l'azionamento della pompa di umidificazione

L'espulsione è realizzata mediante torrini di aspirazione con lancio a tetto e non è previsto quindi recupero dell'energia dell'aria espulsa, rappresentando questo un enorme dispendio energetico.

Il riscaldamento dell'acqua per le piscine è realizzato mediante il passaggio parziale del flusso di ricircolo delle vasche in uno scambiatore a piastre.

Sono presenti inoltre due accumulatori aventi capacità pari a 3000 lt per l'acqua calda sanitaria.

Ad eccezione di alcuni ventilconvettori posti all'ingresso a piano terra, spogliatoi, servizi igienici e uffici sono riscaldati attraverso 25 radiatori in ghisa che richiedono acqua di mandata dalle caldaie ad alta temperatura (70/80 gradi). Le palestre e i relativi spogliatoi posti nei piani seminterrato e rialzato sono riscaldati attraverso degli aero convettori ad oggi non in funzione.



Fig. 13 Caldaie a basamento

La figura 14 mostra il sistema di distribuzione del circuito primario con le mandate dell'acqua per il riscaldamento dei locali attraverso i radiatori in ghisa, dell'acqua delle piscine, dell'acqua calda sanitaria, dell'acqua inviata alle batterie delle UTA alle diverse temperature. La soluzione progettuale è impostata per utilizzare sistemi che richiedono produzione di acqua calda dalla caldaia a bassa temperatura in modo da sfruttare gli elevati rendimenti della caldaia a condensazione che si va ad installare in sostituzione della caldaia IVAR da 1200 kW.



Fig.14 Impianto termico particolari del sistema di distribuzione

La figura 15 mostra il collettore e gli scambiatori (foto 16) che connettono il circuito primario e secondario oltre che i filtri dell'acqua inviata alle due vasche.



Fig. 15 Impianto termico: scambiatori, collettore, filtri e vasi di espansione



Fig. 16 Scambiatore termico



Fig.17 Bollitori per l'acqua calda sanitaria



Fig. 18 Torrini di espulsione dell'aria dal locale piscine

Le foto 17 e 18 mostrano i due accumulatori attualmente presenti nei locali del piano seminterrato e i torrini di espulsione dell'aria presente nel locale piscina, prodotta dalle UTA. Come si evince dalla foto 8 e dalle foto riportate nella sezione di descrizione dell'unità di trattamento dell'aria, vi sono quattro mandate al di sopra delle gradinate e le riprese sono collocate al piano vasca. Le due macchine poste nel locale tecnico sotto le gradinate risultano essere prive di ogni sistema di recupero di calore, sono inoltre stati installati degli estrattori per cercare di regolare il tasso di umidità interno al fine di evitare condense sulle superfici verticali ed orizzontali.

La stessa manutenzione risulta essere estremamente difficoltosa per via dell'assenza di adeguati passaggi tra le due macchine che costringono gli operatori a lavorare in condizioni di precaria o del tutto assente sicurezza (foto 19).

L'attuale impianto di trattamento aria della zona vasca risulta essere composto da un UTA a ricircolo con immissione totale di aria esterna; tale macchina risulta essere datata ed inefficiente rispetto alle nuove UTA a recupero termodinamico da installare sulla base del seguente progetto esecutivo e in grado di migliorare le condizioni interne avendo una migliore deumidificazione ed evitando il problema della formazione di condensa sulle strutture. Il progetto, oltre ad ottenere un risparmio energetico considerevole grazie alla modularità delle macchine e al considerevole recupero energetico, ha il vantaggio di mettere in sicurezza il locale al di sotto delle gradinate dedicato al sistema di trattamento UTA i cui spazi sono estremamente ridotti.

La foto 20 mostra alcuni dei radiatori in ghisa presenti nel complesso e da sostituire con quelli in alluminio previsti nel disciplinare tecnico.

Infine l'impianto prevede un sistema di cogenerazione che attualmente non è in funzione.



Fig. 19 Locale posto sotto le gradinate ove sono posizionate le due UTA



Fig.20 Radiatori in ghisa presso il complesso sportivo di parco Montereale

Analisi dei consumi

Come documentato nel progetto preliminare e nei suoi allegati, dalle bollette del 2013, i consumi di gas metano e di energia elettrica della struttura sono particolarmente elevati.

- **Consumo di energia termica globale annuale** 304.300 Smc/anno
(dati da bollette 2013)
- **Consumo di energia elettrica annuale** 329.365 kWh/anno
(dati da bollette 2013)

Tali consumi danno luogo ai costi totali di gestione riportati in tabella 1. Si può notare come il consumo di gas per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria copra più del 50% dei costi totali.

	Costi	% Costi
Gas (euro)	€ 158.248,00	54,51%
Energia elettrica (euro)	€ 83.283,00	28,69%
Consumi idrici (euro)	€ 48.767,93	16,80%
Totale	€ 290.298,93	100,00%

Tab.1 Costi totali relativi al 2013

Utilizzando il fattore di conversione tra Smc di gas metano ed energia prodotta pari a 38 MJ/Smc pari a 10.5 kWh/Smc (fonte ENI¹), che tiene conto del potere calorifero inferiore e delle perdite, si ottiene quindi che l'energia primaria è

- $E_{\text{primaria}} = G_{\text{gas}} * 10,5 = 304.300 * 10,5 = 3.185 \text{ MWh/anno}$

I consumi di energia sono dovuti:

- al riscaldamento dell'acqua delle vasche ed alla produzione di acqua calda per usi sanitari e alle perdite per evaporazione superficiale di acqua dalle vasche (la soluzione progettuale prevede l'uso di coperture isotermitiche);
- al sistema di trattamento dell'aria senza il recupero dell'energia termica dell'aria espulsa;
- al riscaldamento degli ambienti in regime invernale;
- all'illuminazione degli ambienti ed all'energia elettrica necessaria per alimentare le pompe e le varie utenze elettromeccaniche.

Il progetto esecutivo di riqualificazione energetica nasce dall'analisi delle risorse attualmente impiegate e dei sistemi maggiormente inefficienti. Di seguito viene riportata l'analisi dettagliata del fabbisogno di energia termica dovuto al riscaldamento della piscina, al riscaldamento degli ambienti e alla produzione di acqua calda sanitaria e un'analisi dettagliata del fabbisogno di energia elettrica.

¹ http://www.eni.com/it_IT/azienda/cultura-energia/fattori-conversione-energia/fattori-conversione-energia.shtml

Fabbisogno di energia termica

Il complesso sportivo presenta un notevole consumo di energia termica e quindi di gas metano. Questo è dovuto a tre componenti:

1. Energia termica per la produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS).
2. Energia termica per il mantenimento della temperatura dell'acqua delle piscine.
3. Energia termica per il riscaldamento degli ambienti (UTA e climatizzazione invernale dei locali).

Di seguito vengono analizzate le precedenti componenti in maniera tale da individuare quali sono le cause principali dell'elevato fabbisogno di energia termica.

Fabbisogno di energia termica per ACS

Il gestore comunica un numero di utenze medio al giorno di 300 persone. Ipotizzando che il consumo medio per utente sia di 50 [l/giorno] ad una temperatura media $T_{ACS} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e che la temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto sia $T_{\text{acquedotto}} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, il fabbisogno di energia termica per ACS è pari a

- Consumo giornaliero di acqua: $G_{ACS} = 300 \times 50 = 15000\text{ [l/gg]} = 15\text{ [m}^3\text{/gg]}$
- Fabbisogno di calore: $Q_{ACS} = G_{ACS} \times (T_{ACS} - T_{\text{acquedotto}}) \times C_s = 15000 \times (40 - 15) \times 1 = 375000\text{ [kcal/gg]} = 436\text{ [kWh/gg]}$

Considerando che la piscina è chiusa di domenica e ad agosto, si ottiene il seguente fabbisogno mensile:

- Fabbisogno energetico mensile: $Q_{ACS(\text{mese})} = 436 \times 26 = \mathbf{11.228\text{ [kWh/mese]}}$

e il seguente fabbisogno annuale:

- Fabbisogno energetico annuale: $Q_{ACS(\text{anno})} = \mathbf{11.228 \times 11\text{ mesi} = 124.724\text{ [kWh/anno]}}$

Nonostante la recente comunicazione da parte degli uffici del numero di accessi al giorno, esistono delle tabelle ufficiali fornite dai competenti uffici comunali (Tabella 2) nelle quali è riportato il numero di accessi mensili e dai quali è possibile calcolare in fabbisogno annuale per ACS pari a 15.100 kWh/anno. Nel progetto sarà tenuta in considerazione la recente comunicazione interna da parte degli uffici comunali.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Utenze mensili	1550	1630	1650	1530	1530	100	90	0	830	1640	1410	1010
Fabbisogno ACS mensile (mc/mese)	62	65,2	66	61,2	61,2	4	3,6	0	33,2	65,6	56,4	40,4
Fabbisogno di energia mensile (kWh/mese)	1803	1896	1919	1779	1779	116	105	0	965	1907	1640	1175

Tab.2 Fabbisogno di energia per ACS calcolato considerando gli accessi mensili.

Fabbisogno di energia termica per il mantenimento della temperatura della piscina

Nel caso di piscine coperte la temperatura dell'acqua deve essere mantenuta costante durante tutto l'anno, ad una temperatura che viene detta temperatura di supporto. Nel caso in esame la temperatura di supporto è pari a $T_{\text{sup}} = 28^{\circ}\text{C}$.

Il fabbisogno di energia necessario a mantenere costante la temperatura dell'acqua dipende

da due contributi di perdite di calore:

- perdita d'acqua dovuta ad evaporazione e perdita di scarico (ovvero la quantità d'acqua che i bagnanti fanno uscire quando escono dalla piscina); queste perdite devono essere rabboccate a freddo.
- dispersioni termiche attraverso il fondo e le pareti della piscina.

Le dispersioni per irraggiamento sono trascurabili nel caso di piscine coperte.

Per minimizzare gli errori di calcolo e il successivo dimensionamento dell'impianto, sarebbe opportuno misurare il fabbisogno di energia della piscina. A tale scopo occorrerebbe sospendere il riscaldamento per 48 ore e rilevare la temperatura all'inizio e alla fine del periodo di misurazione. In base alla differenza di temperatura e al volume della piscina è possibile calcolare il fabbisogno di energia della piscina.

In alternativa è possibile effettuare un dimensionamento mediante la procedura di calcolo teorica illustrata di seguito ed utilizzata nel progetto.

Parametri dimensionali geometrici e termici delle piscine

Nella figura 21 vengono mostrate le caratteristiche dimensionali delle due vasche natatorie.

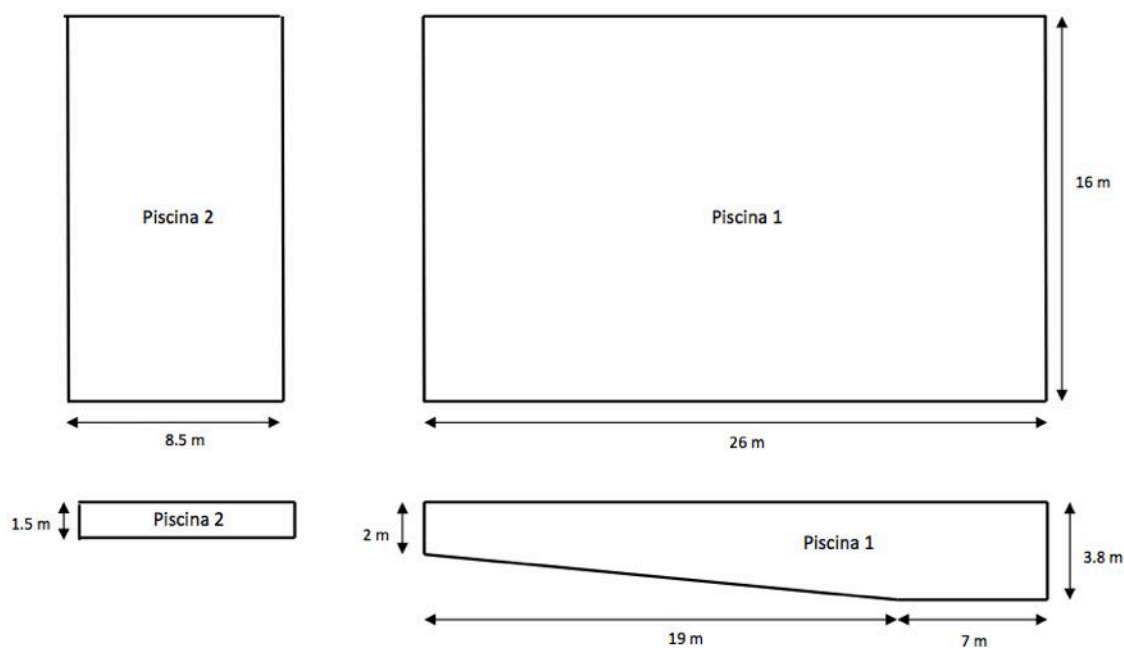


Fig.21 Pianta e prospetto delle vasche natatorie.

	Piscina 1	Piscina 2
Lunghezza piscina (m)	26	16
Larghezza piscina (m)	16	8,5
Profondità media (m)	3	1,5
Superficie (m ²)	416	136
Volume (m ³)	1246,4	204
Superficie pareti (m ²)	248,6	70,07

Tab. 3 Caratteristiche dimensionali delle due vasche natatorie.

- Temperatura acqua vasca (T_v) = 28 °C
- Temperatura ambiente (T_a) = 20 °C
- Temperatura del suolo (T_{suolo}) = 15 °C

Calcolo dell'energia dispersa per evaporazione acqua

La quantità di energia che viene dispersa per evaporazione è direttamente proporzionale alla massa di acqua che evapora per unità di superficie della piscina. È possibile calcolare tale quantità conoscendo le temperature dell'aria immessa e dell'acqua della piscina.

La massa d'acqua che evapora per ogni m² può essere calcolata utilizzando diverse formule semi-empiriche le quali presentano diversi gradi di accuratezza. Nel presente calcolo è stato utilizzato un modello presentato recentemente in letteratura scientifica². La portata di acqua che evapora per unità di superficie si può calcolare usando la seguente formula:

$$G_{ev} = h_{ev} * [p_v(T_v) - \chi * p_v(T_{aria})]$$

dove p_v è la pressione di vapor saturo in Pa, T_{aria} è la temperatura dell'aria a contatto con la superficie della piscina e h_{ev} è il coefficiente di trasporto di massa.

Il coefficiente di trasporto dipende dall'umidità dell'aria, dalla temperatura dell'acqua e dalla velocità dell'aria (v_{aria}). Per ragioni conservative, nel presente calcolo è stata considerato il seguente set di condizioni:

- $T_v=28^\circ\text{C}$
- $T_{aria}=30^\circ\text{C}$
- $\chi=60\%$
- $v_{aria}=0,1 \text{ m/s}$

Per tali condizioni il coefficiente di trasporto h_{ev} è pari a $4 \cdot 10^{-8} \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ Pa s})$ e i valori di pressione del vapor saturo sono pari a $p_v(28^\circ\text{C}) = 3778 \text{ Pa}$ e $p_v(30^\circ\text{C}) = 4242 \text{ Pa}$. In tal modo la portata risulta per unità di superficie

$$G_{ev} = 4 \cdot 10^{-8} (3778 - 0,6 \cdot 4242) = 4,9310^{-5} [\text{kg}/(\text{s m}^2)].$$

La massa di acqua che evapora all'ora ($G_{ev,tot}$) è pari a 73,85 kg/h, per la piscina 1 e 24,14 kg/h per la piscina 2. La potenza termica dispersa a causa dell'evaporazione (Q_e) è quindi pari al prodotto della massa di acqua evaporata all'ora per il calore totale di vaporizzazione (Q_{vapore}) pari a 600 kcal/kg nelle condizioni della piscina:

- $Q_e = G_{ev,tot} \times Q_{vapore} = 73,85 \cdot 600 = 44309,8 [\text{kcal/h}] = 51,53 [\text{kW}]$ (piscina 1)
- $Q_e = G_{ev,tot} \times Q_{vapore} = 24,14 \cdot 600 = 14485,9 [\text{kcal/h}] = 16,85 [\text{kW}]$ (piscina 2)

L'energia totale dispersa per evaporazione è quindi pari a **$Q_e = 1641,2 \text{ kWh/gg}$**

Calcolo dell'energia termica dispersa per trasmissione

Assumendo un coefficiente di trasmissione termica tra la piscina e le pareti (K_t) di $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ si ottiene che l'energia termica dispersa per trasmissione attraverso le pareti della piscina è:

$$Q_t = K_t * (T_v - T_{\text{suolo}}) * (S_{\text{pareti}} + S_{\text{fondo}}) * 24 \text{ h/gg} = 10,63 [\text{kW}] * 24 \text{ h/gg} \text{ pari a } 255,2$$

² F. Asdrubali, *A scale model to evaluate water evaporation from indoor swimming pool*, Energy and Buildings, 41 (2009), 3, pp. 311-319

- $Q_t = K_t * (T_v - T_{\text{suolo}}) * (S_{\text{pareti}} + S_{\text{fondo}}) * 24 \text{ h/gg} = 32,97 \text{ [kW]} * 24 \text{ h/gg}$ pari a 79,13 [kWh/gg] (piscina 1)
- $Q_t = K_t * (T_v - T_{\text{suolo}}) * (S_{\text{pareti}} + S_{\text{fondo}}) * 24 \text{ h/gg} = 32,97 \text{ [kW]} * 24 \text{ h/gg}$ pari a 79,13 [kWh/gg] (piscina 2)

La potenza totale dispersa attraverso le pareti è pari a **$Q_t = 334,33 \text{ kWh/gg}$** .

Calcolo dell'energia termica persa per riscaldamento dell'acqua di rinnovo.

L'acqua delle vasche natatorie viene parzialmente rinnovata ogni giorno con un abbassamento giornaliero del livello dell'acqua pari a 10 cm. Considerando che le due piscine presentano una superficie complessiva di 552 m², il volume dell'acqua di rinnovo giornaliera è uguale a $V_{\text{rin}} = 552 * 0,1 = 55,2 \text{ m}^3$ pari allo 3,8%. Considerando una percentuale dell'acqua di rabbocco pari al 3,8% del volume totale delle piscine si ottiene che la quantità giornaliera di acqua rabboccata è:

- $G_{\text{rin}} = \rho_{\text{acqua}} * V_{\text{pis}} * 0,038 = 47.363 \text{ [kg/gg]}$ (piscina 1)
- $G_{\text{rin}} = \rho_{\text{acqua}} * V_{\text{pis}} * 0,038 = 7.752 \text{ [kg/gg]}$ (piscina 2)

Considerando che la temperatura dell'acqua di reintegro, proveniente dall'acquedotto, sia pari a $T_{\text{acq}} = 15 \text{ °C}$ si ottiene che le perdite per riscaldamento dell'acqua di rinnovo sono:

- $Q_{\text{rin}} = G_{\text{rin}} * (T_v - T_{\text{acq}}) * C_s = 716,1 \text{ [kWh/gg]}$ (piscina 1)
- $Q_{\text{rin}} = G_{\text{rin}} * (T_v - T_{\text{acq}}) * C_s = 117,2 \text{ [kWh/gg]}$ (piscina 2)

Dove C_s è il calore specifico a volume costante dell'acqua. L'energia totale dispersa al giorno per l'acqua di rinnovo è pari a **$Q_{\text{rin}} = 833,3 \text{ kWh/gg}$**

Fabbisogno totale di energia termica per riscaldamento dell'acqua della piscina:

Il fabbisogno di energia termica necessario al mantenimento della temperatura della piscina è pari alla somma dell'energia persa per evaporazione, per trasmissione termica attraverso le pareti e l'energia necessaria a riscaldare l'acqua di rinnovo

$$Q_{\text{TOT}} = Q_{\text{ev}} + Q_t + Q_{\text{rin}} = 1641,2 + 334,3 + 833,2 = 2808,9 \text{ [kWh/gg]}$$

E di conseguenza il fabbisogno energetico mensile è pari a:

$$Q_{\text{TOT}} (\text{mese}) = 2808,9 * 30 = \mathbf{84.265 \text{ [kWh/mese]}}$$

Mentre il fabbisogno energetico annuale è

$$Q_{\text{TOT}} (\text{anno}) = 2808,9 * 365 = \mathbf{1.011.189 \text{ [kWh/anno]}}$$

Come mostrato nel diagramma a torta in figura 22, le maggiori perdite sono quelle dovute all'evaporazione, seguite da quelle per il rinnovo.

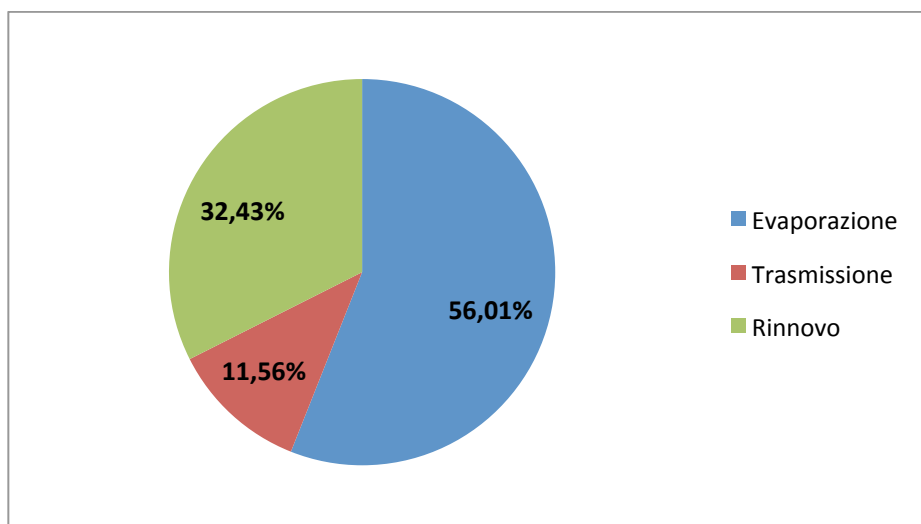


Fig.22 Contributi percentuali al fabbisogno di energia per il mantenimento della temperatura di supporto

Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

Il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti, rappresenta la quota di energia termica necessaria al mantenimento della temperatura media di 20°C all'interno degli ambienti. Tale fabbisogno dipende principalmente dalle dispersioni delle strutture opache e trasparenti che costituiscono l'involucro esterno, dagli apporti solari esterni, dagli apporti interni e dalle perdite dovute al ricambio di aria per ventilazione.

La trasmittanza media delle superfici opache è pari a 1,6 W/m²K, mentre quella dei serramenti è pari a 5 W/m²K. Questo emerge da misurazioni effettuate con termoflussimetro. In tabella 4 è riportato il fabbisogno di energia netta per la climatizzazione invernale della piscina riferito quindi al periodo (15 ottobre-15 aprile) relativo alla zona climatica E.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Ott	Nov	Dic	TOTALE
Disp. strutture opache	159,34	139,90	138,98	55,56	52,15	119,11	149,16	+814,20
Disp. strutture trasparenti	30,96	27,16	26,90	10,68	9,95	22,96	28,93	+157,56
Disp. totali per trasmissione	190,30	167,06	165,89	66,24	62,10	142,08	178,09	+971,75
Disp. per ventilazione	139,80	122,65	121,47	48,24	44,93	103,69	130,63	+711,40
Apporti solari	57,30	51,75	57,30	27,72	3,14	55,45	57,30	-309,95
Apporti interni	30,64	37,14	53,54	31,87	28,61	36,03	28,74	-246,56
Fabbisogno netto per il riscaldamento	257,22	216,59	198,74	69,69	63,34	173,26	238,02	+1216,86

Tab.4 Dettaglio analitico del fabbisogno di energia netta per il riscaldamento (tutti i valori sono espressi in MWh)

Il fabbisogno netto di energia per il riscaldamento degli ambienti è pari a **1.216.860 kWh/anno**.

Da questa tabella emerge che le strutture trasparenti verticali incidono per poco più del 10% sul totale del fabbisogno per il riscaldamento e che quindi un intervento migliorativo andrebbe eventualmente a incidere certamente per meno del 10% rispetto all'intero fabbisogno di energia termica; questo giustifica l'intervento sulle strutture trasparenti come secondario e non considerato nel presente progetto esecutivo per via dell'alto rapporto costi/benefici. Sarebbe da ritenere invece primario l'intervento sulle strutture opache verticali la cui dispersione è significativa rispetto al fabbisogno per la climatizzazione invernale della struttura. Questo intervento, che risulterebbe primario richiederebbe risorse superiori al budget disponibile ed è per tale ragione stato escluso dal progetto esecutivo. Per

tale ragione a parità di fabbisogno di energia termica nel presente progetto si inteso operare su sistemi in grado di generarlo con alto rendimento e quindi bassi consumi. In sostanza le soluzioni proposte consentiranno di mantenere la temperatura di progetto fornendo ovviamente lo stesso fabbisogno termico ma agendo sul rendimento delle macchine che devono generarlo.

Di seguito viene riportato un calcolo diverso che parte dal reale consumo delle macchine. Emergerà che a meno di errori del 10% il bilancio è rispettato. Tale calcolo è stato effettuato per stimare con precisione il risparmio energetico legato ai singoli interventi.

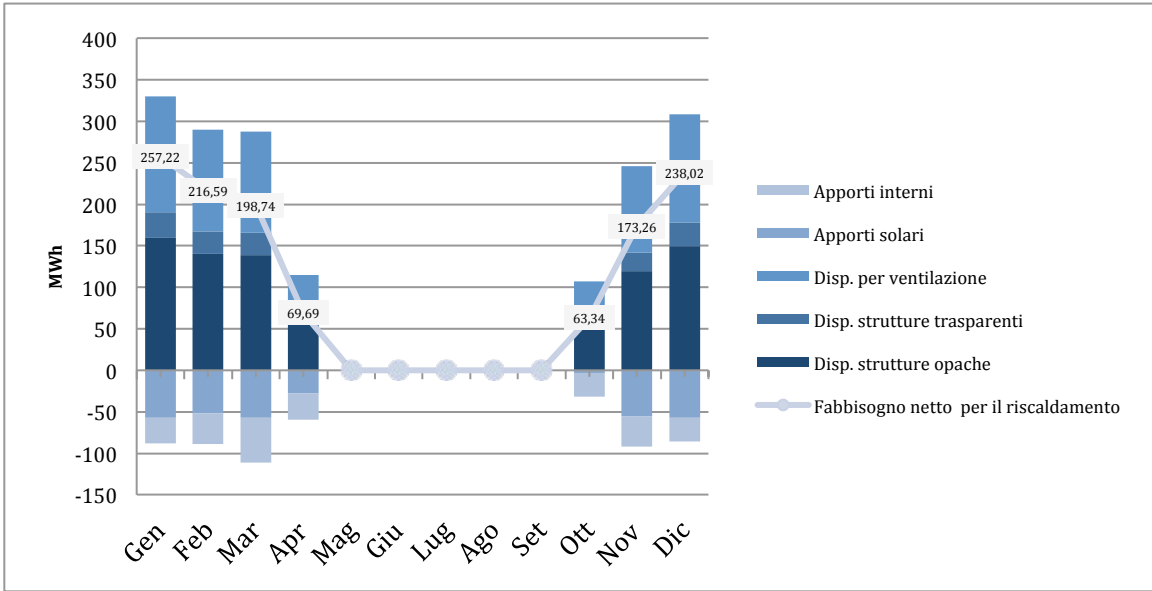


Fig. 23 Fabbisogno di energia netta per il riscaldamento

Riepilogo dei consumi di energia termica

Il fabbisogno di energia termica si può scomporre come mostrato nella tabella seguente:

	Fabbisogno energetico (kWh/anno)	% Fabbisogno
Mantenimento temperatura piscina (28°C)	1.011.189	42,98%
Riscaldamento degli ambienti alla temperatura di progetto (20 °C)	1.216.860	51,72%
Produzione di acqua calda sanitaria	124.724	5,30%
Totale	2.352.773	100,00%

Tab. 5 Contributi al fabbisogno di energia termica

Dalla tabella 5 emerge chiaramente che il riscaldamento degli ambienti e il mantenimento della temperatura dell'acqua in piscina assorbono più del 94% del fabbisogno di energia termica.

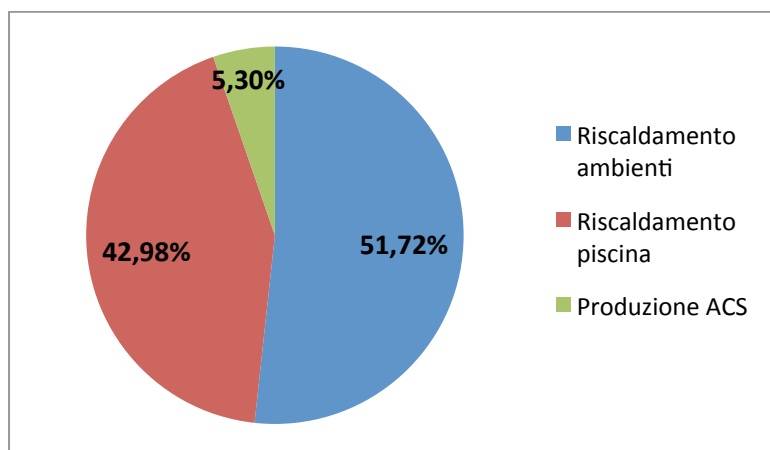


Fig.24 Contributi percentuali al fabbisogno di energia termica

In particolare il fabbisogno di energia termica per il mantenimento della temperatura della piscina è dovuto principalmente alle perdite per evaporazione. Il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento è principalmente dovuto al riscaldamento del locale in cui sono situate le vasche natatorie. Due degli interventi previsti nel progetto esecutivo (sostituzione UTA e coperture isotermitiche) intervengono su questi due consumi.

Infatti, riguardo le perdite di evaporazione, l'utilizzo di una copertura isotermitica consente di ridurre in maniera significativa il consumo di gas per il mantenimento della temperatura della piscina.

Il rendimento complessivo dell'impianto è dato dal rapporto tra il fabbisogno netto di energia termica F e il prodotto tra la quantità di gas metano consumata all'anno C_a e il potere calorifero inferiore del metano H (o meglio fattore di conversione fonte ENI):

$$\bullet \quad \eta = F / (H \cdot C_a) = 2.352.773 \text{ [kWh/anno]} / (304.300 \text{ [Smc/anno]} \cdot 10,5 \text{ [kWh/Smc]}) = 0,736$$

Tale valore del rendimento tiene in conto delle perdite dovute alla generazione, distribuzione, erogazione e regolazione dell'impianto.

E' del tutto evidente che le strade possibili da seguire per il risparmio energetico sono:

- la riduzione del fabbisogno di energia dovuto alle perdite per trasmissione che, a parità di impianto, consentirebbe una riduzione dei consumi energetici
- a parità di fabbisogno di energia dovuto alla trasmissione un deciso intervento per incrementare il rendimento dell'impianto η che andrebbe anche nella direzione di diminuire il consumo di energia per riscaldare l'acqua delle vasche natatorie.

Come ampiamente evidenziato nel progetto preliminare il budget disponibile e l'analisi la scelta progettuale è andata a ricadere sul miglioramento dell'impianto termico e quindi sul miglioramento dell'efficienza della generazione del fabbisogno con conseguente riduzione dei consumi..

Fabbisogno di energia elettrica

Dai fabbisogni di energia elettrica, riportati negli allegati del progetto preliminare, e in figura 25 si può notare che la distribuzione dei consumi durante l'anno è rimasta pressoché invariata tra il 2013 e il 2014. Poiché mancano alcuni dati relativi al 2014, l'analisi è stata svolta considerando solo i consumi del 2013.

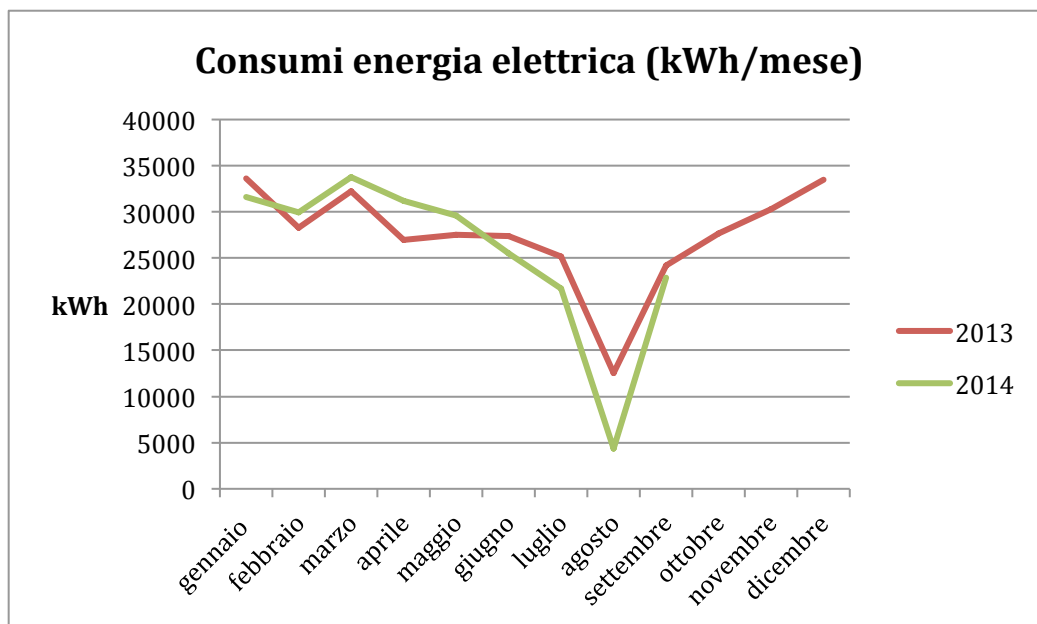


Fig.25 Confronto tra i consumi di energia elettrica del 2013 e del 2014

Nella figura 26 viene riportata la distribuzione dei consumi elettrici nelle varie fasce F1, F2 ed F3, definite nella tabella 5.

Circa il 35% dei consumi rientrano nella fascia F3, ossia la fascia che comprende i consumi notturni (dalle 23:00 alle 07:00) e i consumi durante le domeniche ed i festivi.

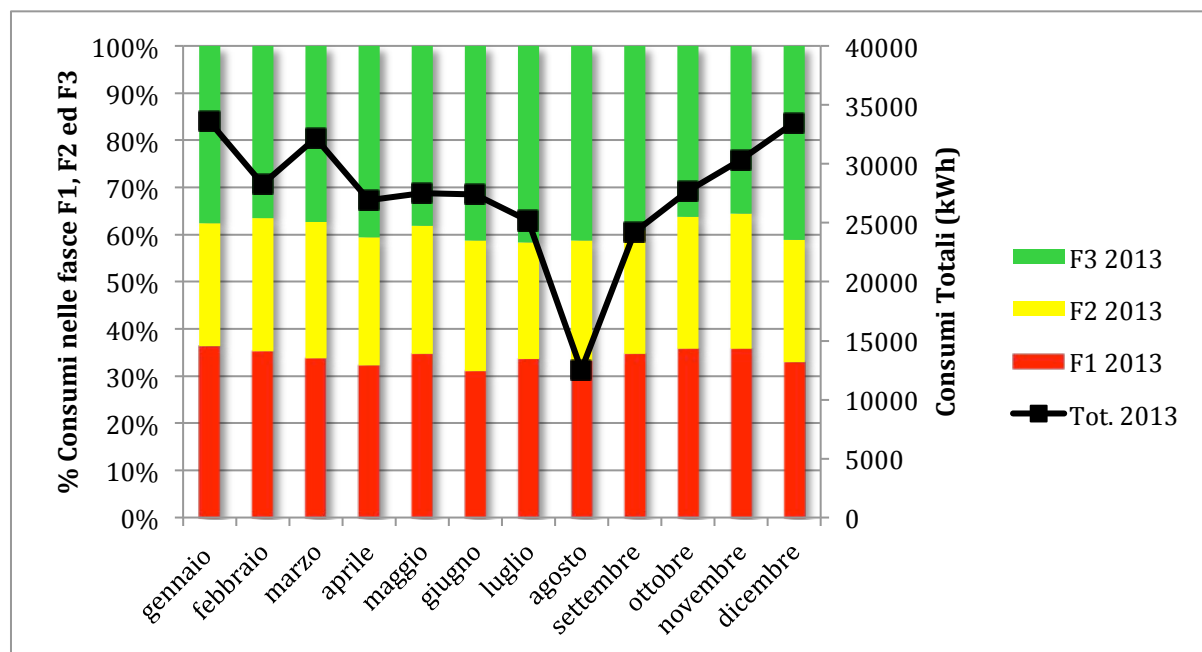


Fig.26 Distribuzione dei consumi nelle varie fasce

Orario	Giorni Feriali	Sabato	Domenica e Festivi
dalle ore 7.00 alle ore 8.00	F2	F2	F3
dalle ore 8.00 alle ore 19.00	F1	F2	F3
dalle ore 19.00 alle ore 23.00	F2	F2	F3
dalle ore 23.00 alle ore 7.00	F3	F3	F3

Tab. 6 Definizione delle varie fasce di consumo (Autorità per l'energia³)

Si può evidenziare un elevato consumo di energia elettrica durante i periodi di chiusura della piscina. Ciò è dovuto principalmente al funzionamento delle macchine elettriche, quali pompe di circolazione per mantenere la temperatura della piscina costante anche durante i periodi di chiusura. Tali macchine, essendo vetuste, presentano un basso rendimento (circa 0.7 come rendimento elettrico). E' ben noto che il ricorso al fotovoltaico per ridurre i consumi elettrici è ottimizzato in presenza di elevato autoconsumo dal momento che il prezzo di acquisto dell'energia elettrica si assesta a 0,25 euro/kWh mentre la vendita con lo scambio sul posto si assesta mediamente sugli 0,1 euro/kWh. Nel caso dell'impianto sportivo del parco Montereale i consumi in fascia F1 si assestano attorno al 30% con un autoconsumo non ottimale. In ogni caso considerati gli elevati consumi elettrici risulta conveniente installare un impianto fotovoltaico.

Riferimenti per il dimensionamento di alcuni componenti degli impianti

Ai fini del dimensionamento degli impianti solari termici è stato utilizzato il software TSOL attraverso il quale è stato valutato il contributo del solare termico alla produzione dell'ACS e del riscaldamento. Di seguito sono riportate le relazioni utilizzate per il dimensionamento dei vasi di espansione e delle elettropompe.

Elettropompe

Portata:

$$G = \frac{P \cdot k}{c \cdot (tu - ti)}$$

G = portata dell'elettropompa (1/s);

P = potenza utile da fornire (kW);

k = maggiorazione per errori di bilanciamento (1,05);

c = calore specifico dell'acqua (4,187 kJ/ kg°C);

tu = temperature uscita (°C);

ti = temperatura ingresso (°C)

Prevalenza:

$$H_{tot} = k1 \cdot k2 \cdot (Pdistr + Pacc)$$

H_{tot} = prevalenza totale (kPa);

$k1$ = maggiorazione per errori di bilanciamento (=1.10);

³ <http://www.autorita.energia.it/it/schede/C/faq-fascenondom.htm#1>

k_2 = maggiorazione per possibili varianti future (=1,05);

P_{distr} = perdite di carico distribuite (kPa);

P_{acc} = perdite di carico accidentali (kPa).

Potenza elettrica assorbita:

$$P_e = \frac{P_m}{\eta_e}$$

P_e = potenza elettrica assorbita (kW)

P_m = potenza meccanica assorbita all'asse della pompa (kW)

Le verifiche di sicurezza della pressione nominale della rete viene effettuata con valori maggiore o uguali alla pressione d'esercizio

Vaso di espansione: volume utile

$$V = \frac{C \cdot e}{\left(1 - \frac{p_c}{p_f}\right)}$$

vaso con diaframma

V = volume utile

C = contenuto d'acqua

e = differenza tra i volumi specifici dell'acqua misurati alla temperatura massima e minima di esercizio

p_c = pressione assoluta a cui è precaricato il gas (kPa) cioè pressione idrostatica aumentata della pressione di precarica (circa 30 kPa) aumentata di 103,3 kPa

p_f = pressione massima assoluta di esercizio (kPa) pari alla pressione massima di taratura della valvola di sicurezza aumentata di 103,3 kPa diminuita di una quantità corrispondente al dislivello di quota esistente tra vaso di espansione e valvola di sicurezza se quest'ultima è posta più in basso del vaso di espansione ovvero aumentate se posta più in alto.

I vasi di espansioni dovranno avere una capacità non inferiore ai 300 litri. L'effettivo dimensionamento sarà concordato in corso d'opera, dopo aver preso visione degli elementi che compongono il vecchio impianto.

I dispositivi di sicurezza protezione e controllo rispettano la raccolta R 2009 dell' I.S.P.E.S.L.

Le tubazioni della centrale termica saranno del tipo in acciaio al carbonio, con i diametri equivalenti riportati negli elaborati grafici, nel capitolato e nel disciplinare tecnico..

Le tubazioni delle colonne montanti, che serviranno a portare il fluido ai vari terminali d'impianto, saranno in acciaio al carbonio o in multistrato, idonei per impianti di riscaldamento e condizionamento.

Per quanto concerne l'acqua fredda e l'acqua calda sanitaria, sarà distribuita con tubazioni in multistrato, sempre nel rispetto dei diametri riportati negli elaborati grafici e nel disciplinare tecnico.

2. Progetto esecutivo - Complesso Sportivo del Parco Montereale

Gli interventi progettuali individuati per il complesso sportivo del parco Montereale nascono dopo una approfondita analisi dello stato di fatto. Il complesso non è di recente costruzione e ha richiesto interventi di efficientamento ai fini della riduzione dei consumi. A questi si affiancano alcuni lavori di adeguamento funzionale.

Il progetto esecutivo per questa struttura prevede quindi i seguenti interventi:

- Utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica (utilizzo del solare termico)
- Utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica (utilizzo del solare fotovoltaico)
- Sostituzione parziale dell'impianto termico con caldaia modulare a condensazione, radiatori in alluminio e valvole termostatiche
- Sostituzione dell'UTA con sistema di recupero
- Utilizzo di coperture isotermitiche sulle superfici delle vasche, durante i periodi di chiusura
- Lavori di adeguamento funzionale

Il progetto intende perseguire un ottimo livello di efficienza e affidabilità, con particolare attenzione ai concetti di razionalizzazione dell'uso delle fonti energetiche tradizionali, della semplicità di gestione e di manutenzione, del ricorso, ove possibile, alle fonti rinnovabili.

Al fine di rendere le strutture, interessate dai lavori, energeticamente efficienti ed economicamente sostenibili, si sono adoperati accorgimenti e soluzioni impiantistiche in grado di garantire un alto contributo di energia rinnovabile sull'intero fabbisogno delle strutture, difatti la scelta è ricaduta sul solare termico e sul solare fotovoltaico.

La produzione del fluido caldo è affidata ad un gruppo termico compatto modulare a condensazione del tipo pre-assemblato adatto per funzionamento in temperatura scorrevole ad elevatissimo rendimento integrato con le due caldaie tradizionali esistenti da far operare nei rari casi di necessità.

Alle due caldaie esistenti da 600 kW che saranno mantenute, verrà inserito un gruppo termico modulare a condensazione composto da 10 moduli (10 di cui uno master) che sostituisce l'esistente da 1200 kW. Il fluido del nuovo impianto non viene fatto miscelare con l'esistente grazie all'ausilio di uno scambiatore a piastre opportunamente dimensionato (v.ds computo). In tal modo il fluido del circuito primario, dal nuovo gruppo modulare a condensazione, arriva allo scambiatore e ritorna al gruppo. La temperatura operante sarà di 50/55°C, quindi affinché ciò avvenga anche sull'impianto esistente progettato ad alta temperatura (75°C), tra il circuito di mandata e ritorno di ogni singola caldaia saranno installate, valvole miscelatrici termostatiche a tre vie con gestione a punto fisso al fine di ottenere in mandata la desiderata temperatura operativa di 50/55°C.

Infine la temperatura di ritorno dell'impianto di riscaldamento, dal relativo collettore, viene mandata in un boiler da 5000 litri integrato con il solare termico da 70 mq con collettori sottovuoto con lo scopo di riscaldare il fluido prima di mandarlo alla centrale termica così da far funzionare il meno possibile le varie caldaie, ottenendo un evidente vantaggio in termini

energetici. Il fluido presente nel boiler sarà quindi portato a temperatura grazie ad uno scambiatore con integrazione solare opportunamente progettato.

Anche l'acqua calda sanitaria sarà portata a temperatura grazie all'ausilio di un impianto con accumulo da 3000 l ma a doppio serpentino, quindi con la possibilità di integrare il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria con l'impianto termico e l'impianto solare termico.

Lo schema idraulico di principio si inserisce nell'impianto esistente. Dei due bollitori attualmente in uso, uno sarà rimosso per via di malfunzionamento mentre l'altro bollitore da 3000 l utilizzato per l'acqua calda sanitaria rimarrà in funzione.

Per la componentistica essenziale si rimanda allo schema idraulico di principio (elaborato grafico 1), quindi alla legenda ivi presente, oltre che al computo.

La temperatura operante, del fluido caldo, negli scambiatori collegati ai pannelli solari, è stata calcolata considerandone un valore intorno ai 70°C (mandata di 80°C con ritorno di 60°C).

La rete di scarico condensa sarà realizzata con le dovute pendenze per l'allontanamento della condensa, da direzionare su colonne di scarico dirette in pozzetti a perdere sifonati.

Le tubazioni saranno coibentate con materiale a cellule chiuse di elevato spessore per evitare condensa sulle tubazioni e per rendere le stesse rispondenti alle norme sul contenimento energetico (Legge 10/91 – D.P.R. 412/93 – D.P.R. 551/99).

Produzione di energia termica mediante impianti solari termici

Gli impianti solari termici permettono di catturare l'energia solare, immagazzinarla e usarla ai fini del riscaldamento dell'acqua. Il "collettore solare" o "pannello solare" è il dispositivo base su cui si fonda questa tecnologia. I collettori sono attraversati da un fluido termovettore incanalato in un circuito solare, che lo porterà ad un bollitore, con la funzione di immagazzinare più energia termica possibile, al fine di poterla usare successivamente al momento del bisogno. L'utilizzo di collettori solari termici risulta particolarmente vantaggioso sia per integrare il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) che come integrazione alla quota di riscaldamento degli ambienti e dell'acqua delle vasche.

La copertura del solare termico al fabbisogno del complesso sportivo, precedentemente stimato in più di 2 GWh/anno, richiederebbe una superficie molto estesa. Per fare una stima di massima, considerando che la radiazione solare fornisce circa 1.6 MWh/(anno*m²) e che per via del rendimento dei collettori e in maniera del tutto conservativa circa 1 MWh/(anno*m²) è reso disponibile, è immediato valutare in più di 2000 m² la superficie necessaria per coprire il fabbisogno della struttura. E' del tutto superfluo dire che il budget del progetto non consente un'operazione di questo tipo considerato anche che la copertura del tetto è poco più di 1300 m². D'altro canto è chiaro che per avere un contributo importante da solare termico, almeno superiore al 10%, bisognerebbe prevedere un campo solare da almeno 200 m². In questo progetto esecutivo si è adottata una scelta che tiene conto delle priorità in termini di risparmio energetico degli interventi da eseguire, anche facendo una valutazione costi/benefici. In tal senso il progetto prevede una copertura di soli 70 m² ma l'impianto è stato realizzato per immaginare di estendere la superficie del campo solare qualora auspicabilmente ulteriori fondi si rendessero disponibili. L'aggiunta di nuovi collettori richiederebbe solo la realizzazione di una nuova colonna montante da dimensionare in base alla nuova superficie.

L'impianto, il cui schema funzionale di principio è dettagliato nell'elaborato grafico n. 1, è composto dalle seguenti unità:

- Collettori del tipo sottovuoto certificati UNI EN 12975 che cedono il calore del sole al fluido per una superficie totale di 70 mq le cui caratteristiche tecniche sono presenti nelle schede di capitolato tecnico specialistico;
- Due nuovi accumuli inerziali da 3000 e 5000 litri rispettivamente per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria e dell'acqua del circuito primario dell'impianto termico e le cui caratteristiche tecniche sono presenti nelle schede di capitolato tecnico specialistico da collocare nel locale ripostiglio al primo piano posto in corrispondenza della centrale termica ed indicato nell'elaborato grafico n. 1;
- Circolatori che permettono la cessione del calore raccolto dal fluido, in questo caso glicole propilenico alla serpentina posta all'interno del boiler;
- Un controllo di temperatura per la gestione del circolatore;
- vasi di espansioni con una capacità non inferiore ai 300 litri. L'effettivo dimensionamento sarà concordato in corso d'opera, dopo aver preso visione degli elementi che compongono il vecchio impianto;
- Una valvola miscelatrice per il controllo della temperatura in uscita;
- Componenti vari (raccordi, valvole di intercettazione ecc).

Le tubazioni della centrale termica dovranno essere in acciaio al carbonio, con i diametri equivalenti riportati nello schema allegato.

Le tubazioni delle colonne montanti, che serviranno a portare il fluido ai vari terminali d'impianto, potranno essere in acciaio al carbonio o in multistrato, idonei per impianti di riscaldamento e condizionamento.

Per quanto concerne l'acqua fredda e l'acqua calda sanitaria, dovrà essere distribuita con tubazioni in multistrato, sempre nel rispetto dei diametri riportati nello schema di progetto.

I pannelli saranno orientati verso sud e inclinati a 45° e saranno montati mediante dei supporti aventi delle staffe che permettono di regolare l'inclinazione e l'orientamento. Le superfici disponibili sono completamente libere da ombre durante tutto il periodo dell'anno.

L'utilizzo di collettori solari termici risulta particolarmente vantaggioso per il mantenimento in temperatura di piscine coperte. L'impianto è stato predisposto per integrare il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria, per il riscaldamento dell'acqua delle vasche e come integrazione alla quota di riscaldamento. La superficie ridotta ovviamente inciderà in maniera significativa solo sull'acqua calda sanitaria e in maniera marginale sulla quota del riscaldamento dell'acqua della piscina e degli ambienti.

Nel caso di piscine coperte, il cui funzionamento è concentrato prevalentemente durante i mesi invernali, è necessario considerare l'utilizzo di collettori solari piani o sottovuoto, poiché i collettori solari scoperti presentano lo svantaggio di essere particolarmente inefficienti durante l'inverno. Per utilizzare in maniera più efficiente possibile l'acqua calda prodotta dall'impianto solare è opportuno considerare un sistema a doppio circuito con circolazione forzata.

Considerando di installare i collettori orientati verso SUD e inclinati di 45°, si ottiene che l'irraggiamento medio mensile è pari ai valori riportati nella tabella seguente⁴:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
93,7	97,5	154	158	175	181	201	204	160	149	108	88,1

Tab. 7 Irraggiamento medio mensile (kWh/m²)

⁴ database europeo PVGIS

L'irraggiamento annuale è pari a 1770 kWh/m².

Considerando i valori di rendimento delle varie tipologie e la percentuale di autoconsumo dell'energia prodotta, è possibile quantificare il risparmio di gas ottenibile mediante l'impianto solare progettato.

Considerando che la temperatura di funzionamento media annuale è pari a 50 °C si ottengono i seguenti valori di riferimento di rendimento mensili per i collettori solari sottovuoto:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0,6042	0,6061	0,6130	0,6233	0,6324	0,6416	0,6488	0,6488	0,6412	0,6303	0,6198	0,6086

Tab.8 Rendimenti medi mensili dei collettori solari sottovuoto

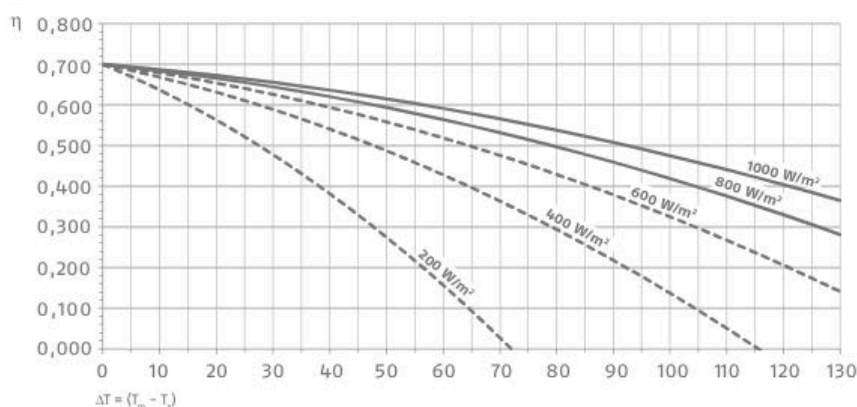


Fig. 27 Curve tipiche di rendimento di un collettore sottovuoto.

La producibilità annuale sarà pari a circa 1000 kWh/m² per i collettori sottovuoto. Considerato che la stagione nella quale il maggior fabbisogno è quella invernale e che il rendimento dei collettori sottovuoto hanno un rendimento decisamente maggiore dei piani la scelta progettuale è caduta sui collettori sottovuoto.

Il dimensionamento dell'impianto solare termico del complesso Sportivo del Parco Montereale ha considerato il fabbisogno di acqua calda, la superficie del tetto e il budget massimo disponibile per tale investimento. Per poter calcolare in maniera accurata la produzione di energia termica è stata effettuata una simulazione utilizzando il software T*SOL Pro, software dedicato alla simulazione di impianti termici solari e nelle figure 28 e 29 sono stati riportati lo schema semplificato (poi dettagliato negli elaborati grafici) e i dati di ingresso delle simulazioni.

L'integrazione del solare termico con l'attuale impianto consente, come si evince dalla figura 30, di coprire il 30% del fabbisogno di ACS stimato in 15 mc al giorno sulla base degli accessi forniti dall'Amministrazione e di risparmiare circa 5300 mc di gas all'anno.

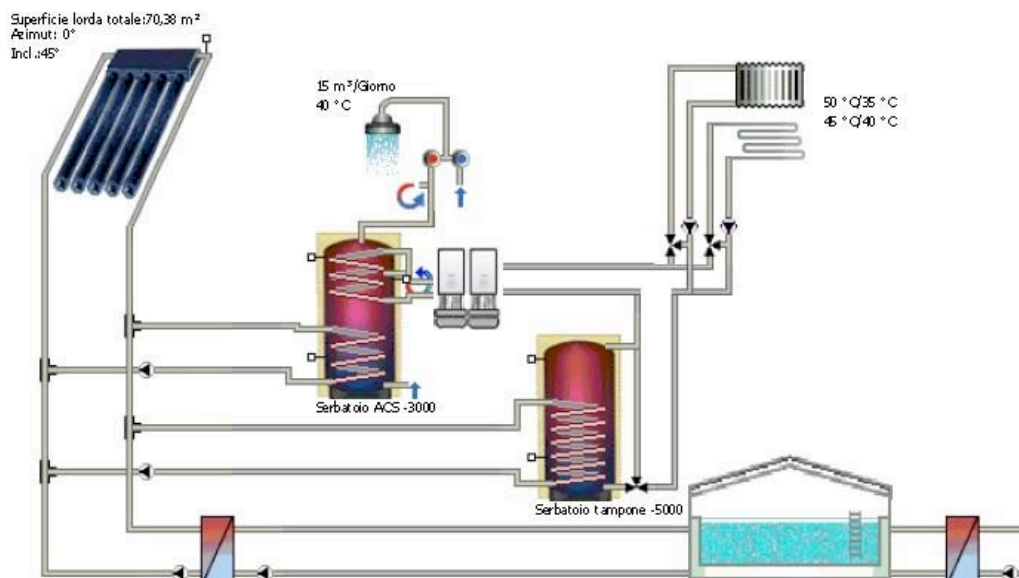


Fig. 28 Schema funzionale semplificato dell'impianto termico del Complesso Sportivo del Parco Montereale integrato con il solare termico.

In figura 29 invece sono riportati i dati di ingresso della simulazione che includono la tipologia di impianto, dati climatici e fabbisogni termici. Come si evince dalla figura 28 sono stati inseriti i due nuovi serbatoi di accumulo da 5000 e 3000 l da sistemare nel locale seminterrato.

Dati

File meteo

Località :	Potenza
Set dati meteo:	"Potenza"
Radiazione globale annua totale:	1543,03 kWh
Latitudine:	40,62 °
Longitudine:	-15,8 °

Acqua calda sanitaria

Consumo medio giornaliero:	15 m³
Temperatura teorica:	40 °C
Profilo di carico:	Profilo costante
Temperatura acqua fredda:	Febbraio:15 °C / Agosto:15 °C
Ricircolo:	si

Riscaldamento

Fabbisogno termico normato dell'edificio:	673 kW
Temp. esterna progetto:	-3 °C
Temperature di progetto AT:	50 °C/35 °C
Temperature di progetto BT:	45 °C/40 °C

Piscina coperta

Superficie vasca:	552 m²
-------------------	--------

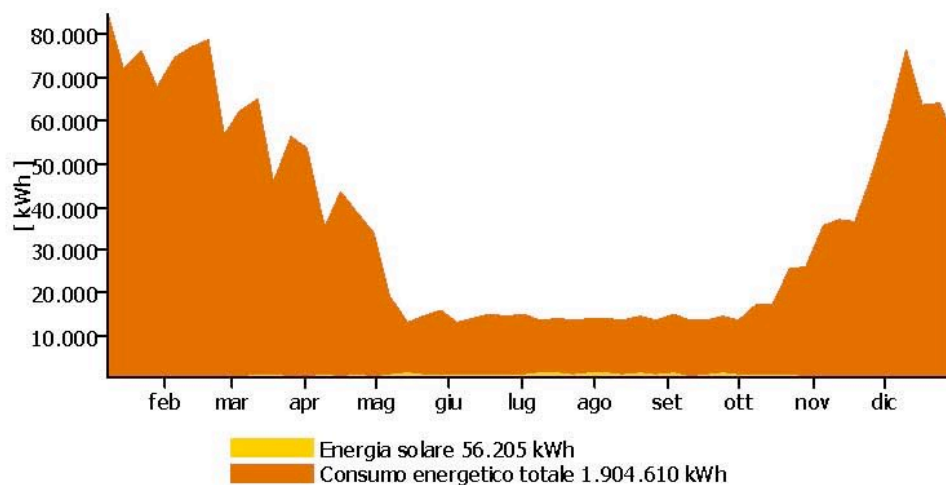
Fig.29 Dati di ingresso della simulazione T*SOL dell'impianto termico del Complesso Sportivo del Parco Montereale integrato con il solare termico.

Risultati della simulazione annua

Potenza installata collettori:	49,27 kW	
Radiazione sulla superficie collettore:	103,06 MWh	1.669,25 kWh/m ²
Energia fornita dai collettori:	58,44 MWh	946,52 kWh/m ²
Energia fornita dal circuito:	56,98 MWh	922,83 kWh/m ²
Fornitura energia per acqua calda sanitaria:	158,92 MWh	
Fornitura energia per riscaldamento:	1148,5 MWh	
Energia impianto solare ad acqua calda sanitaria:	48,6 MWh	
Energia impianto solare a riscaldamento:	2122,09 kWh	
Energia impianto solare in piscina:	5,49 MWh	
Energia fornita dal riscaldamento ausiliario:	1848,41 MWh	
Risparmio Gas E metano:		5.317,4 m³
Emissioni CO2 evitate:		11.249,97 kg
Quota di copertura ACS:		29,4 %
Quota copertura piscina:		0,9 %
Quota copertura totale:		3,0 %
Rendimento del sistema:		54,5 %

Fig.30 Risultati della simulazione T*SOL dell'impianto termico del Complesso Sportivo del Parco Montereale integrato con il solare termico.

Quota di energia solare sul consumo energetico



Temperatura massima giornaliera nel collettore

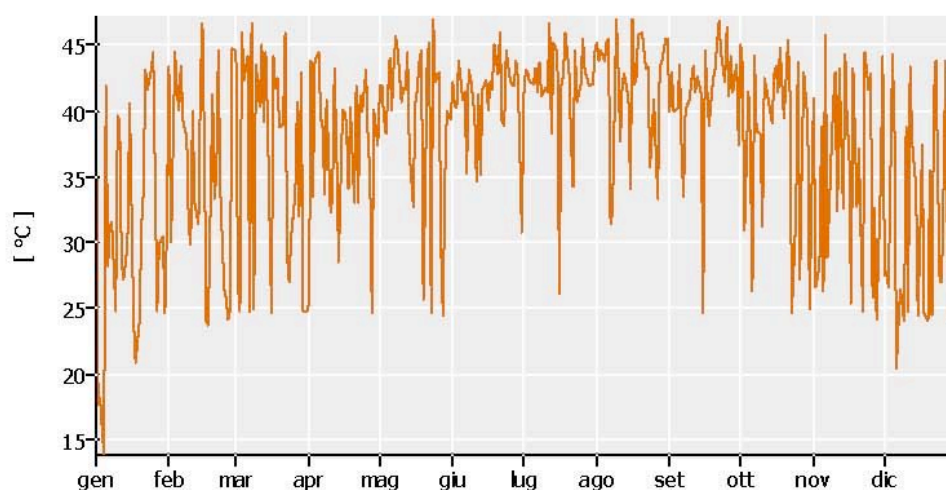


Fig.31 Quota di energia solare sul consumo totale di energia termica (T^*SOL). Temperatura massima giornaliera nel collettore

Nelle figure 30 e 31 sono riportati i risultati delle simulazioni, la quota di energia solare sul consumo totale e la massima temperatura raggiunta dai collettori. Nella tabella 8 vengono mostrati i risultati della simulazione.

	MWh
Energia impianto solare ad ACS	48,6
Energia impianto solare a riscaldamento	5,5
Energia impianto solare acqua delle vasche	2,1
Energia impianto solare	56,20

Tab 9. Risultati simulazione T^*SOL per impianto termico del Complesso Sportivo del Parco Montereale.

La produzione di energia termica dell'impianto solare è pari a 56,2 MWh/anno pari a 5317 Smc/anno di risparmio annuale di gas metano.

Produzione di energia elettrica mediante impianti solari fotovoltaici

I consumi elettrici della struttura rappresentano una importante quota dei consumi totali del complesso. Per tale ragione l'installazione di un impianto fotovoltaico anche se di piccola taglia è stato previsto. La superficie utile della copertura del Complesso Sportivo del Parco Montereale, considerando che gli impianti fotovoltaici policristallini occupano circa 10 mq/kWp, consente l'installazione di impianti fotovoltaici di taglie dell'ordine di grandezza delle centinaia di kWp. Il progetto esecutivo prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico da 15 kW la cui producibilità è stata ottenuta utilizzando il database europeo PVGIS⁵ ed è riportata in figura 32.

L'impianto fotovoltaico da realizzarsi è del tipo "grid-connected", e la tipologia di alimentazione è trifase in bassa tensione.

La potenza totale dell'impianto è di 15 kWp, derivante da 60 moduli fotovoltaici, le cui caratteristiche sono riportate nel capitolato speciale. I moduli sono ubicati sulle porzioni di copertura esposte a SUD-EST (-33°), in maniera complanare alla superficie del tetto (inclinazione circa 5 gradi), su di una struttura in alluminio ancorata alle lamiere di copertura. La Figura 33 mostra la quota di autoconsumo dell'impianto fotovoltaico da installare sulla base dei consumi elettrici del 2013 e delle fasce orarie previste da contratto. Dei circa 330 MWh consumati dal complesso, l'impianto copre circa il 6% del fabbisogno, raggiungendo il massimo dell'autoconsumo, garantendo quindi un rapido tempo di rientro dell'investimento.

Il risparmio annuale di energia elettrica è quindi pari a 18600 kWh pari ad un risparmio economico di 4650 euro/anno tenendo presente un costo medio di acquisto dell'energia elettrica di 0,25 euro/kWh.

Al fine di garantire il funzionamento anche solo parziale dell'impianto e di agevolare eventuali interventi di manutenzione ordinaria/straordinaria è stata prevista l'installazione di 2 generatori elettrici trifase nel locale ubicato al primo piano e sottostante la copertura.

L'intera progettazione, sia in corrente continua che alternata, si è basata sulle prescrizioni delle normative vigenti al fine di garantire, sia per le persone che per l'impianto, i termini di sicurezza prevista. La normativa vigente è stata riportata nel capitolato speciale d'appalto.

Il sistema fotovoltaico è stato disposto in maniera tale da escludere qualsiasi mutua influenza potenzialmente dannosa tra lo stesso impianto fotovoltaico e gli impianti non elettrici dell'edificio.

⁵ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 40°38'25" North, 15°48'20" East, Elevation: 826 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 15.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.4% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.4%
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
Combined PV system losses: 23.9%

Fixed system: inclination=5 deg., orientation=-33 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	22.90	711	1.92	59.5
Feb	31.00	868	2.56	71.7
Mar	49.50	1540	4.18	130
Apr	59.90	1800	5.15	154
May	70.60	2190	6.21	193
Jun	78.80	2360	7.12	214
Jul	82.00	2540	7.44	231
Aug	73.50	2280	6.72	208
Sep	53.10	1590	4.70	141
Oct	41.10	1270	3.57	111
Nov	27.10	814	2.32	69.6
Dec	20.20	628	1.71	53.1
Year	50.90	1550	4.48	136
Total for year		18600		1630

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Fig. 32 Producibilità impianto fotovoltaico da 15 kW sulla copertura del complesso sportivo del parco Montereale

	gen-13	feb-13	mar-13	apr-13	mag-13	giu-13	lug-13	ago-13	set-13	ott-13	nov-13	dic-13	Anno
F1	12232	9987	10893	8700	9563	8494	8455	4158	8399	9892	10870	11019	112662
F2	8755	8000	9298	7318	7465	7605	6217	3200	6355	7772	8670	8710	89365
F3	12628	10318	12009	10928	10481	11304	10504	5171	9438	10015	10783	13759	127338
Tot.	33615	28305	32200	26946	27509	27403	25176	12529	24192	27679	30323	33488	329365
Bolletta													€ 83 283,00
Prezzo medio di acquisto (euro/kWh)													€ 0,25286
Alba	07.15	06.45	06.00	06.15	05.45	05.30	05.45	06.10	06.40	07.15	06.45	07.10	
Tramonto	17.00	17.30	18.00	19.40	20.10	20.30	20.20	19.50	19.05	18.15	16.45	16.30	
Totale giorni	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Giorni Feriali	21	20	21	20	22	20	23	21	21	23	20	20	252
Sabati	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	52
Domeniche e festivi	6	4	5	6	5	5	4	5	5	4	5	7	61
ore irr F1 feriali	9,0	9,5	10,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	10,0	9,0	8,5	
ore irr F2 feriali	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5	2,4	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
ore irr F3 feriali	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ore irr F2 sabato	10,0	10,5	11,0	12,5	13,0	13,5	13,5	13,0	12,0	11,0	9,5	9,5	
ore irr F3 sabato	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ore irr F3 dom e fest	10,0	10,5	12,0	13,5	14,0	15,0	14,5	14,0	12,5	11,0	10,0	9,5	
ore irr F1	189,0	190,0	210,0	220,0	242,0	220,0	253,0	231,0	231,0	230,0	180,0	170,0	2566,0
ore irr F2	61,0	62,0	76,0	90,0	96,0	117,5	109,2	107,0	69,0	67,0	67,5	58,0	980,2
ore irr F3	60,0	42,0	65,0	85,0	74,0	82,5	62,0	75,0	62,5	44,0	50,0	66,5	768,5
ore irr_tot	310,0	294,0	351,0	395,0	412,0	420,0	424,2	413,0	362,5	341,0	297,5	294,5	4314,7
ore totali F1	231,0	220,0	231,0	220,0	242,0	220,0	253,0	231,0	231,0	253,0	220,0	220,0	2772,0
ore totali F2	169,0	164,0	185,0	164,0	174,0	180,0	179,0	185,0	169,0	179,0	180,0	164,0	2092,0
ore totali F3	344,0	288,0	328,0	336,0	328,0	320,0	312,0	328,0	320,0	312,0	320,0	360,0	3896,0
ore totali	744,0	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	8760,0
ore irr/ore_totali	41,67%	43,75%	47,18%	54,86%	55,38%	58,33%	57,02%	55,51%	50,35%	45,83%	41,32%	39,58%	49,25%
ore irr/ore_totali F1	81,8%	86,4%	90,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,9%	81,8%	77,3%	92,6%
ore irr/ore_totali F2	36,1%	37,8%	41,1%	54,9%	55,2%	65,3%	61,0%	57,8%	40,8%	37,4%	37,5%	35,4%	46,9%
ore irr/ore_totali F3	17,4%	14,6%	19,8%	25,3%	22,6%	25,8%	19,9%	22,9%	19,5%	14,1%	15,6%	18,5%	19,7%
kWh Autoconsumabili F1	10008,0	8625,1	9902,7	8700,0	9563,0	8494,0	8455,0	4158,0	8399,0	8992,7	8893,6	8514,7	104289,6
kWh Autoconsumabili F2	3160,1	3024,4	3819,7	4016,0	4118,6	4964,4	3792,7	1850,8	2594,6	2909,1	3251,3	3080,4	41871,7
kWh Autoconsumabili F3	2202,6	1504,7	2379,8	2764,5	2364,6	2914,3	2087,3	1182,4	1843,4	1412,4	1684,8	2541,6	25117,9
kWh Autoconsumabili Tot.	15370,6	13154,2	16102,3	15480,5	16046,2	16372,7	14335,1	7191,2	12837,0	13314,2	13829,7	14136,6	171279,1
Produttività Tetto 15kW (da PVGIS)	711,0	868,0	1540,0	1800,0	2190,0	2360,0	2540,0	2280,0	1590,0	1270,0	814,0	628,0	18591,0
kWh autoconsumati Tetto 15kW	711,0	868,0	1540,0	1800,0	2190,0	2360,0	2540,0	2280,0	1590,0	1270,0	814,0	628,0	18591,0
% autoconsumo Tetto 15kW	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
%Fabbisogno 15kW	2,12%	3,07%	4,78%	6,68%	7,96%	8,61%	10,09%	18,20%	6,57%	4,59%	2,68%	1,88%	5,64%

Fig. 33 Consumi, produttività e quota di autoconsumo di impianto fotovoltaico da 15 kW sulla copertura del complesso sportivo del parco Montereale

Impianto fotovoltaico - Lato DC

Come mostrato nello schema unifilare riportato nell'elaborato grafico allegato, il lato in corrente continua (direct current - DC) dell'impianto fotovoltaico comprende i moduli fotovoltaici, il quadro di campo e manovra, i relativi cavi di collegamento e termina ai morsetti di ingresso degli inverter. E' esercito come sistema IT, ovvero senza punti direttamente collegati a terra. Il campo fotovoltaico è organizzato con stretto riferimento allo schema elettrico unifilare allegato:

- ogni stringa è realizzata connettendo in serie 15 moduli fotovoltaici tramite gli appositi connettori rapidi premontati;
- i terminali di stringa sono riportati alle morsettiere del quadro di campo e manovra utilizzando cavi unipolari di tipo FG21M21 1500 Vcc 1x4mm², intestati da un lato con gli appositi connettori rapidi, rispettando le giuste polarità;
- il quadro di campo e manovra è montato a parete interna nel locale sito al piano terra.
- dal quadro di campo e manovra, contenente per ogni stringa un portafusibile bipolare ed uno scaricatore, tramite 4 cavi unipolari, di tipo FG21M21 1500 Vcc 1x4mm², si arriva all'ingresso dei due canali MPPT dell'inverter tramite gli appositi connettori;
- dal quadro Fotovoltaico-Rete giunge anche un cavo unipolare giallo/verde di tipo N07V-K 1x10mm² proveniente dall' inverter, e da qui riparte N07V-K 1x16 mm² per connettere al nodo di terra esistente gli scaricatori di sovratensione in CC e CA.

I cavi sono posti in apposite canaline sia di metallo (per i tratti esterni) che in PVC (all'interno e sui tratti piani della copertura).

Il diametro dei tubi/canali è adeguato al numero e al tipo di cavi che devono ospitare, in modo da garantire un facile infilaggio/sfilaggio, in vista anche di operazioni di controllo e manutenzione.

Impianto fotovoltaico - Lato AC

Il lato a corrente alternata (AC) dell'impianto fotovoltaico comprende l'inverter, il quadro di interfaccia, i relativi cavi di collegamento e termina nel punto di connessione, individuata nel quadro generale posto a piano terra (sarà necessario realizzare il "parallelo" nel quadro di comando a monte dell'interruttore generale).

E' esercito come sistema TT, ovvero con le masse collegate francamente a terra presso l'utente e con il neutro collegato francamente a terra nella cabina MT/BT del Distributore locale.

Si fa anche qui stretto riferimento allo schema elettrico unifilare allegato nell'elaborato grafico allegato.

Gli inverter saranno installati a parete interna, e saranno collegati direttamente all'interruttore magnetotermico-differenziale tramite cavo quadripolare di tipo FG7(O)R 0,6/1kV 4x10 mm², corrente all'esterno della struttura come indicato negli elaborati grafici allegati.

Dall'inverter parte anche un cavo unipolare giallo/verde di tipo FG7(O)R 0,6/1kV 16mm² per la terra. Si evidenzia che il montaggio delle apparecchiature di misura (contatore cessione/prelievo) è effettuata da tecnici dell'Ente Distributore locale, ai quali si sono fatti trovare i cavi già posati fino agli alloggiamenti dei contatori, pronti per l'allacciamento.

Impianto fotovoltaico - Composizione del generatore fotovoltaico

Il valore di targa del campo fotovoltaico, pari a 15.00 KWp, è ottenuto con l'organizzazione di 80 moduli fotovoltaici da 250 Wp costituiti da 60 celle (il valore di targa si riferisce alle condizioni standard o STC: irraggiamento = 1000 W/m², temperatura ambiente = 25°C, Air Mass = 1,5).

Il campo fotovoltaico è organizzato, secondo lo schema elettrico allegato, in 2 stringhe (per ogni generatore) costituite da 15 MODULI all'MPPT1 + 15 MODULI all'MPPT2.

Il sistema di conversione dell'energia elettrica da regime di corrente continua a regime corrente alternata, è costituito da 2 Inverter TRIFASE da 7.5 KVA le cui caratteristiche tecniche sono riportate nel capitolato speciale.

Nello stabilire la configurazione dei moduli facente campo ad ogni convertitore, si è verificato che:

- la tensione massima di stringa a vuoto (@ -14°C) sia inferiore alla tensione di isolamento dell'inverter e del modulo fotovoltaico;
- la tensione massima e minima di stringa in condizioni di lavoro, ovvero nel punto di massima potenza (@ -14°C e @ +40°C), siano comprese nel campo di funzionamento MPPT dell'inverter;
- la corrente massima del subcampo in condizioni di lavoro, ovvero nel punto di massima potenza (@ +40°C), sia inferiore al limite massimo di ingresso dell'inverter.

Impianto fotovoltaico - Quadro di interfaccia

In conformità a quanto previsto dalla norma CEI 0-16, l'impianto sarà dotato di sistema di controllo realizzato mediante l'accoppiamento dell'SPI con opportuno contattore, come da schema unifilare allegato negli elaborati grafici.

Sostituzione dell'unità di trattamento dell'aria

Nel caso di piscine coperte, l'aria necessita di essere trattata in maniera opportuna per mantenere costante l'umidità e la temperatura del locale in cui è presente la vasca natatoria.

Secondo la norma UNI EN ISO 7730, l'equilibrio termo-igrometrico ideale per un ambiente natatorio deve essere: *28/29°C per la temperatura dell'aria e 60/65% UR (umidità relativa)*.

Questa condizione termica è sufficiente a rendere ottimale un ambiente natatorio, ma non sufficiente a garantire una buona qualità ambientale.

Le Unità Trattamento Aria (UTA) sono delle macchine che permettono il riscaldamento, la deumidificazione, la ventilazione (ricircolo e rinnovo) e la filtrazione dell'aria, in maniera tale che le condizioni ambientali degli ambienti piscina siano ottimali.

È necessario che l'UTA sia dimensionata in maniera tale da garantire una portata di aria esterna sufficiente a smaltire l'acqua evaporata e nel frattempo garantire il recupero della maggior parte del calore latente sottratto all'acqua a causa dell'evaporazione.

Va posta molta attenzione a come e dove sono posizionate la mandata e la ripresa dell'aria, poiché soffiare sull'acqua calda è il metodo migliore per raffreddarla costringendola ad evaporare. Va studiato attentamente l'intero percorso che l'aria, spinta da una parte ed aspirata dall'altra, è costretta a percorrere ed è importante che questo percorso non passi attraverso la superficie dello specchio d'acqua. Altro aspetto molto importante è la velocità dell'aria, che deve mantenersi entro valori estremamente bassi per limitare l'evaporazione.

Considerando la superficie delle vasche interne di circa 550 mq, la norma richiede un ricambio orario minimo di 20 mc/h per mq di vasca, ossia 11.000 mc/h. Considerando inoltre che il volume dell'ambiente vasca è pari a circa 8900 mc è necessario che l'UTA sia in grado di trattare almeno 36.000 mc/h, cioè sia in grado di trattare circa 4 volumi ora.

Allo stato di fatto sono presenti due UTA da 25.000 mc/h funzionanti con buona parte (maggiore del 90%) di aria esterna e con una parte di aria ricircolata. L'aria viene immessa in ambiente attraverso un sistema costituito da canalizzazioni poste al di sopra delle gradinate, come mostrato in figura 34. Una parte dell'aria immessa viene ripresa mediante delle griglie posizionate sotto la gradinata (figura 34) mentre la maggior parte viene espulsa per sovrappressione.

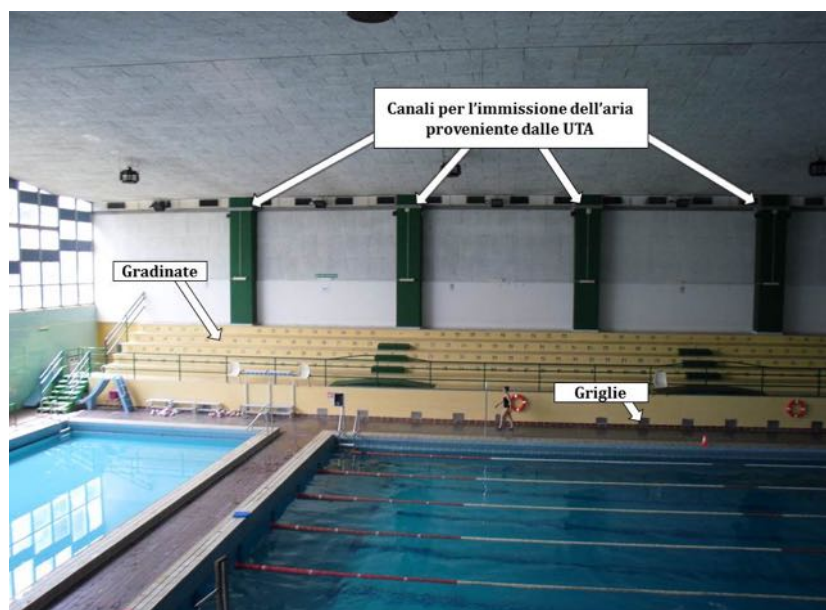


Fig. 34 Posizioni dei canali di immissione e delle griglie di recupero.

Tale configurazione impiantistica presenta notevoli sprechi di tipo energetico, poiché non prevede nessun tipo di recupero del calore sensibile e del calore del calore latente di

evaporazione. Bisogna aggiungere inoltre che i motori elettrici delle macchine per il trattamento dell'aria sono di vecchia generazione (anno 1985) con rendimento pari a 0,7. Considerando il volume di aria (circa 50.000 mc/h) necessario a trattare l'ambiente vasche, nel progetto esecutivo è prevista la sostituzione delle 2 unità UTA con 4 un'unità di trattamento aria con recupero del calore sia dell'aria espulsa che il calore di evaporazione dell'acqua della piscina.

Il nuovo impianto di trattamento dell'aria nel locale piscina prevede quattro unità di trattamento (con motore elettrico di ultima generazione classe IE3 e rendimento 0.95) da 12.000 mc/h funzionanti a tutto ricircolo e un'unità di trattamento con recuperatore statico a flussi incrociati da 12.000 mc/h che tratta l'aria esterna. Il locale tecnico sotto la gradinata (figura 35), in seguito per comodità chiamato tunnel, funge da plenum. L'aria viene immessa in ambiente dalle 4 unità e ripresa dalle griglie sotto la scalinata e dalle griglie poste sugli infissi laterali di accesso al tunnel. La quinta macchina, con recupero maggiore del 50%, consente un'immissione nel tunnel di aria esterna in quantità pari al 25% di tutta l'aria trattata.

Grazie alla presenza del recuperatore di calore l'aria espulsa scambia calore con quella immessa; quest'ultima quindi subisce un preriscaldamento gratuito ad opera dell'aria viziata che le cede calore. Le batterie per lo scambio di calore tra acqua ed aria dovranno essere dimensionate per acqua avente temperatura 40-50 °C invece di 70°C come avviene con l'impianto esistente, poiché nell'impianto nuovo verranno installate delle caldaie a condensazione che presentano un rendimento massimo per tali temperature.

Per ottimizzare il recupero attraverso le prese sotto le gradinate è necessario che l'aria venga diffusa attraverso un sistema di canaline microforate in PVC costituito da tre canali perimetrali al locale come nella figura 36 (nuovo canale in rosso) in modo tale da garantire un corretto lavaggio dell'ambiente e con la possibilità di eventuali interventi di manutenzione meno gravosi rispetto ad una soluzione che partendo dai 4 canali distribuisce l'aria sopra le superfici della piscina. Questa soluzione prevede il mantenimento del canale attuale con le bocchette, le quali andranno tarate per diffondere in ambiente circa 8000 mc/h e lo stesso canale poi alle estremità alimenterà i nuovi canali in tessuto per la restante portata di 40000 mc/h divisa equamente dai due lati. Un diametro dei nuovi canali di 850 mm è sufficiente per tale sistema di distribuzione. Tale intervento permetterebbe di uniformare la temperatura nel locale e di ridurre la velocità dell'aria, diminuendo così la quantità di acqua persa per evaporazione.

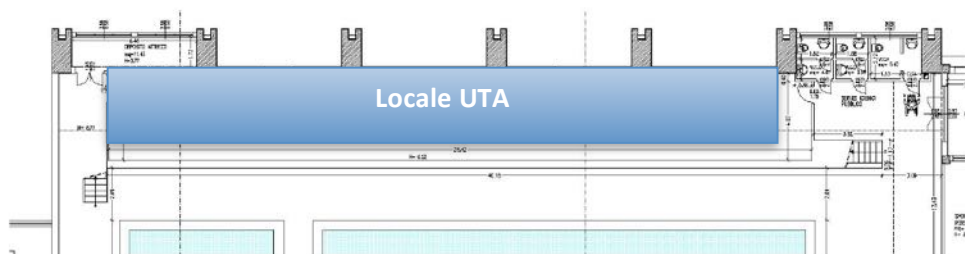


Fig.35 Locale sotto le gradinate in cui sono alloggiate le UTA.

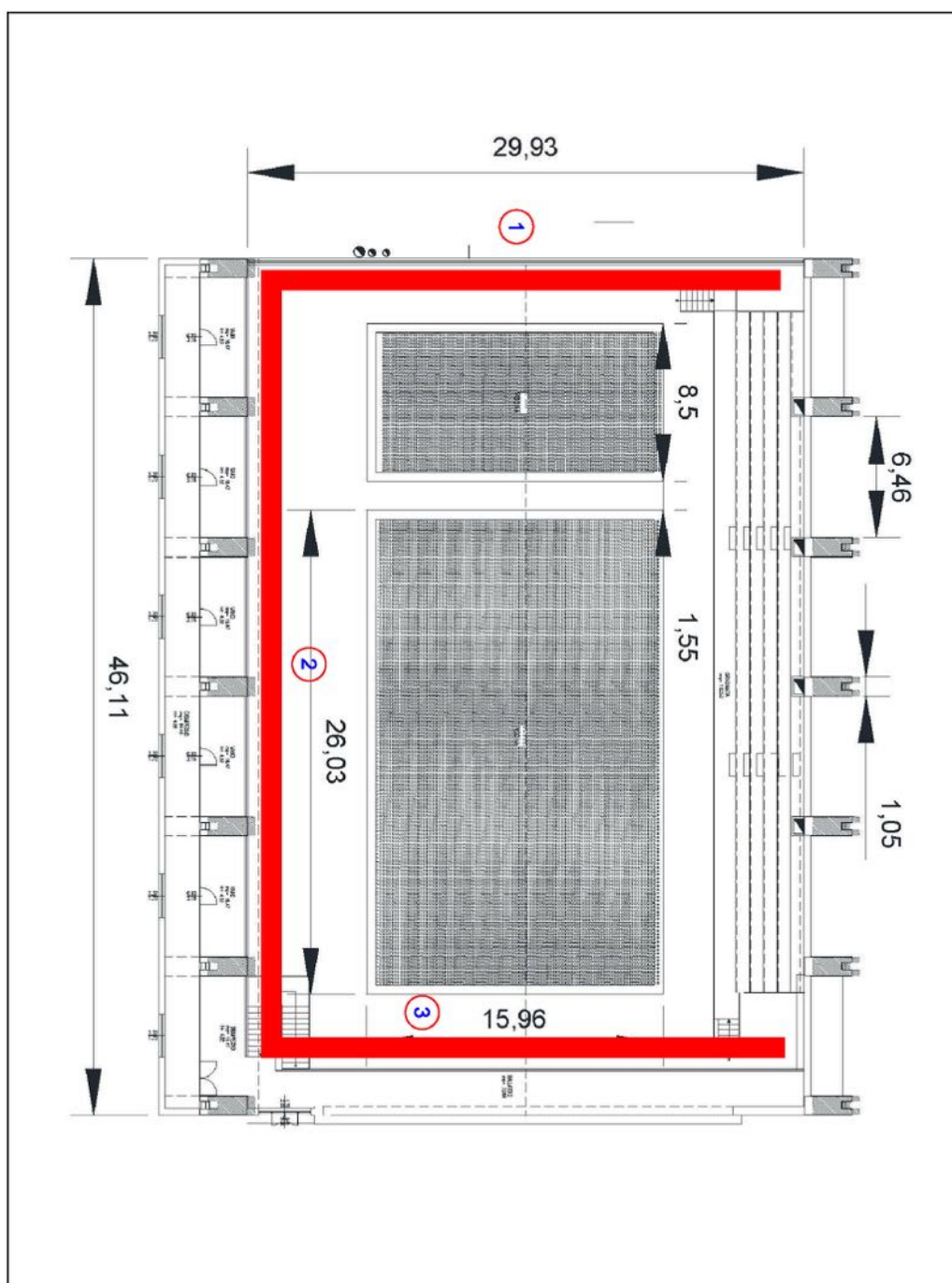


Fig. 36 Layout dei canali di distribuzione in tessuto microforato come da disciplinare tecnico

La nuova unità di trattamento dell'aria presenta numerosi vantaggi:

- 1) Considerevole risparmio energetico per via del recupero energetico;
- 2) Considerevole risparmio energetico per via della modularità delle macchine che possono mettersi in funzione parzialmente a seconda delle necessità;
- 3) Maggiore sicurezza negli angusti locali sotto le gradinate con semplicità di accesso per la manutenzione.

Per poter calcolare il risparmio dovuto a tale intervento è necessario calcolare il fabbisogno di energia per la configurazione di impianto attuale e per quella del progetto esecutivo.

Nel vecchio impianto, schematizzato in figura 37, tutta l'aria (48000 mc/h) viene prelevata direttamente dall'esterno e riscaldata e trattata dall'UTA in modo da tale da essere immessa nell'una temperatura di 30 °C e un'umidità relativa del 60%. Noti i valori di temperatura ed umidità dell'aria esterna è possibile ottenere l'entalpia specifica mediante il diagramma psicometrico dell'aria.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperature medie mensili (°C)	3,6	4,3	6,8	10,6	14,7	19,1	21,9	21,9	18,9	13,7	9,3	5,2
Umidità relativa	77%	75 %	72%	69%	69%	67%	62%	64%	66%	72%	76%	78%
Entalpia (kJ/kg)	13,05	13,98	17,89	24,43	32,9	42,62	47,86	48,34	41,78	31,42	23,27	15,84

Tab.10 Proprietà termodinamiche dell'aria a Potenza – medie mensili (UNI 8477)

Il consumo di energia termica mensile, per il trattamento dell'aria viene quindi calcolato come:

- $Q = G * \Delta h * n_{\text{giorni}} * n_{\text{ore}} \text{ [kWh/mese]}$

dove G è la portata massica di aria, Δh la differenza tra l'entalpia dell'aria esterna e l'entalpia dell'aria immessa in piscina ($h = 71,2 \text{ kJ/kg}$), n_{giorni} il numero di giorni mensili in durante il quale entra in funzione il sistema di riscaldamento e n_{ore} il numero di ore di funzionamento al giorno.

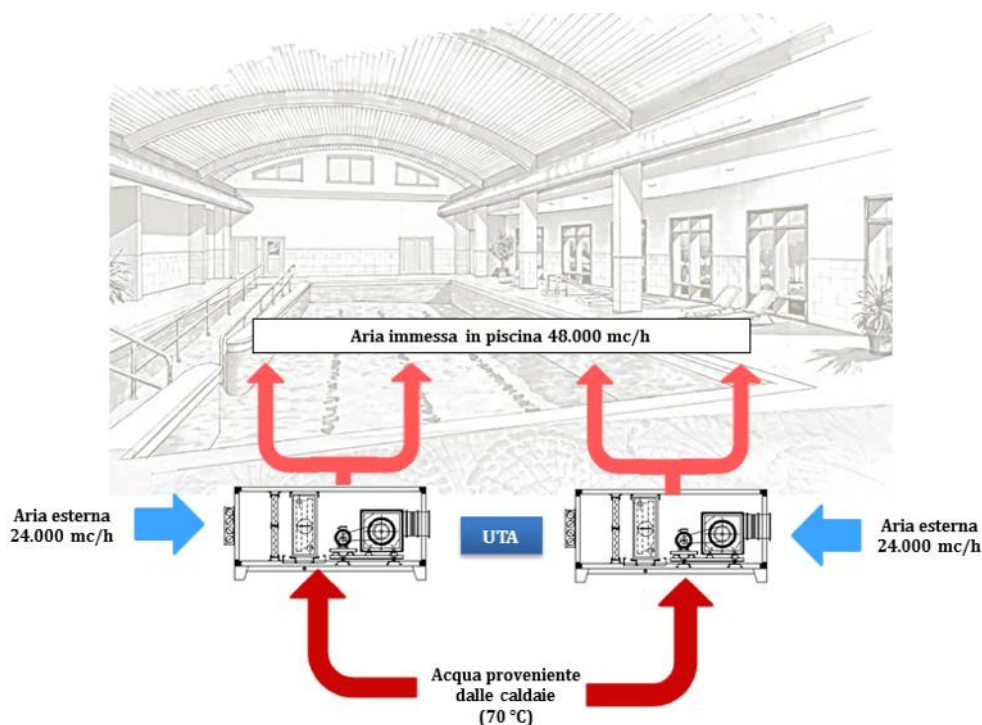


Fig.37 Schema dell'impianto di trattamento dell'aria esistente.

Nel caso di Potenza il periodo durante il quale è previsto il riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile per un numero di ore giornaliero pari a 10. Si ottengono quindi i seguenti consumi mensili:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Fabbisogno mensile (MWh/mese)	202,30	173,10	185,44	77,81	0	0	0	0	0	66,18	159,50	192,59

Tab.11 Consumi mensili di energia termica per l'impianto esistente.

Il consumo annuale calcolato è pari a 1.057 MWh/anno che rappresenta quasi un terzo del consumo di tutta il complesso sportivo. E' del tutto evidente che un aumento dell'efficienza di tale impianto comporta un notevole risparmio energetico e che quindi questo intervento rappresenta uno dei principali interventi previsti dal progetto esecutivo.

Nel caso della nuovo impianto, riportato schematicamente in figura38 e in dettaglio negli elaborati grafici, le macchine UTA prelevano l'aria dal plenum in cui avviene il miscelamento di 36000 m³/h di aria proveniente dalle griglie sotto le gradinate (T=23°C e UR = 90%) con 12000 m³/h di aria esterna riscaldata tramite il recuperatore. La temperatura dell'aria esterna immessa è pari alla media tra la temperatura dell'aria esterna e quella dell'aria espulsa, poiché il recuperatore presenta un'efficienza maggiore del 50%; l'umidità invece sarà pari a quella esterna.

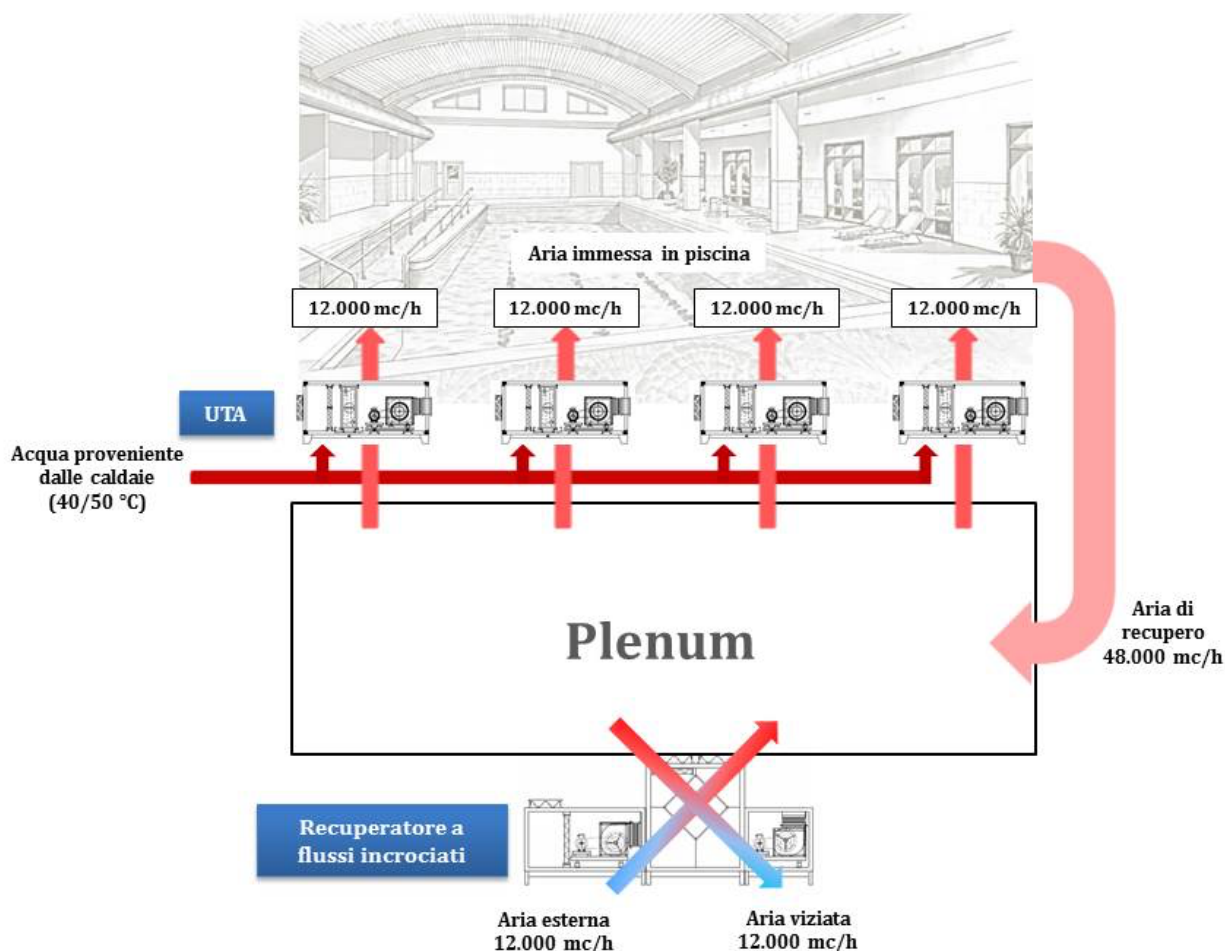


Fig.38 Nuovo schema dell'impianto di trattamento dell'aria.

Conoscendo la temperatura, l'umidità relativa e le portate dei flussi di aria immessi nel plenum è possibile calcolare le condizioni termodinamiche dell'aria estratta dalle 4 UTA.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura (°C)	20,58	20,68	20,98	21,45	21,98	22,53	22,85	22,85	22,48	21,85	21,28	20,78
Umidità relativa	90,0%	90,0%	88,8%	87,2%	86,2%	84,9%	83,3%	83,7%	84,7%	87,0%	88,8%	90,0%
Entalpia (kJ/kg)	55,65	55,75	56,23	57,13	58,42	59,67	60,02	60,23	59,43	58,35	57,23	56,17

Tab.12 Proprietà termodinamiche dell'aria presente nel plenum ottenuta come miscela di aria recuperata e di aria prelevata dall'esterno e preriscaldata

Nel plenum, i 12.000 mc/h di aria provenienti dal recuperatore si miscelano con i 36.000 mc/h di aria proveniente dall'ambiente della piscina.

Ad esempio nel mese di marzo la temperatura esterna è pari a 6,8 °C e l'umidità relativa è pari al 72%. In uscita dal recuperatore la temperatura dell'aria alla media algebrica tra la temperatura dell'aria esterna e quella dell'aria in uscita della piscina, $T_{\text{recup}} = (6,8 + 23)/2 = 14,9$ °C, mentre l'umidità relativa è uguale a quella esterna $UR = 72\%$.

Nella figura 39 viene mostrato sul diagramma psicometrico, il miscelamento della portata di aria proveniente dal recuperatore (punto A) con quella proveniente dalla piscina (punto B). La miscela finale presenta una temperatura di 21 °C e un'umidità relativa dell'88,8%.

Note le condizioni termodinamiche è possibile calcolare la quantità di calore necessario per riscaldare e deumidificare l'aria del plenum fino alle condizioni dell'aria immessa in piscina. In figura viene mostrata, sul diagramma psicometrico, la trasformazione che avviene nell'unità di trattamento dell'aria per il mese di marzo.

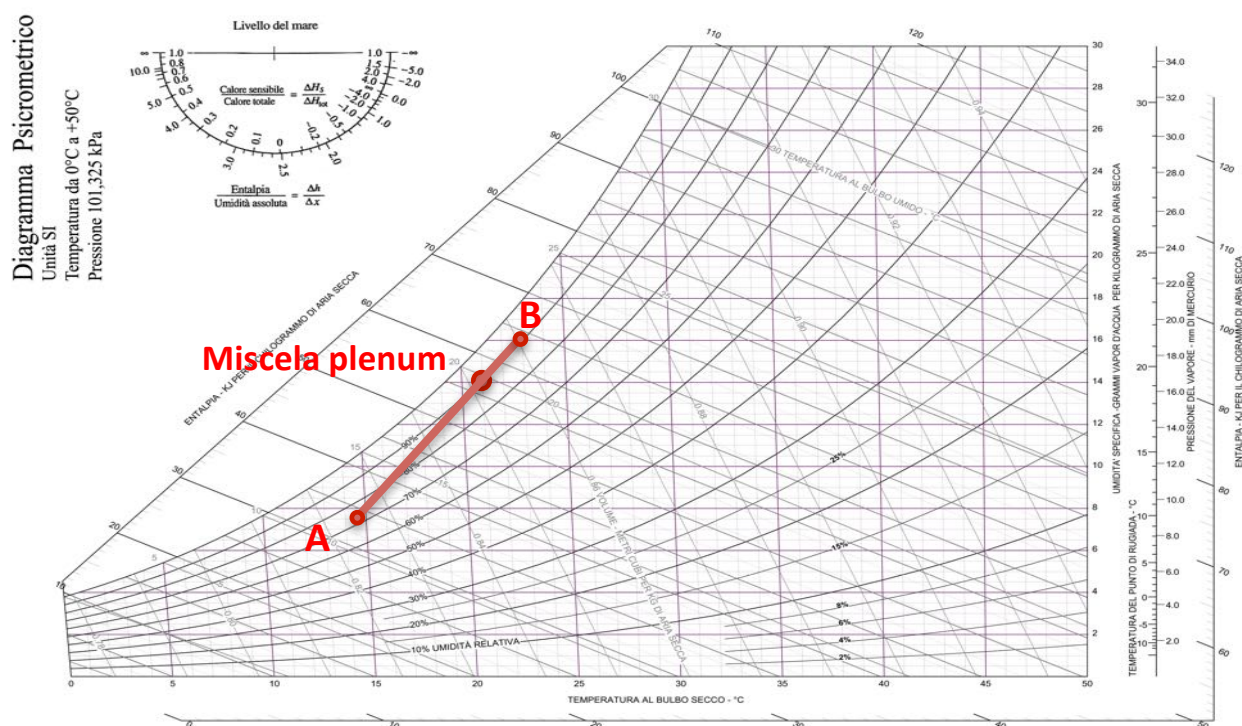


Fig.39 Diagramma psicometrico: trasformazione di miscelazione nel plenum (mese di marzo).

Noto il Δh per ogni mese, è possibile calcolare i consumi di energia termica considerando che le UTA immettono in piscina 48.000 mc/h di aria avente una temperatura di 30 °C e un'umidità relativa del 60%.

$$Q = G * \Delta h * n_{\text{giorni}} * n_{\text{ore}} [\text{kWh/mese}]$$

Si ottengono quindi i seguenti consumi mensili:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Fabbisogno mensile (MWh/mese)	55,94	48,32	53,76	24,15	0	0	0	0	0	21,93	47,55	53,99

Tab.13 Consumi mensili di energia termica per l'impianto nuovo.

Il consumo annuale sarà quindi pari a 305 MWh/anno.

Il risparmio annuale si può quantificare quindi come:

- $\Delta Q = 1057 - 305 = 751 \text{ MWh/anno,}$

pari a 97.215 Smc/anno e 50.552 euro/anno. Nel calcolo del risparmio economico è stato considerato un costo di acquisto di 0,52 euro/Smc.

Il nuovo impianto UTA consente quindi un notevole risparmio energetico ed è un intervento strategico.

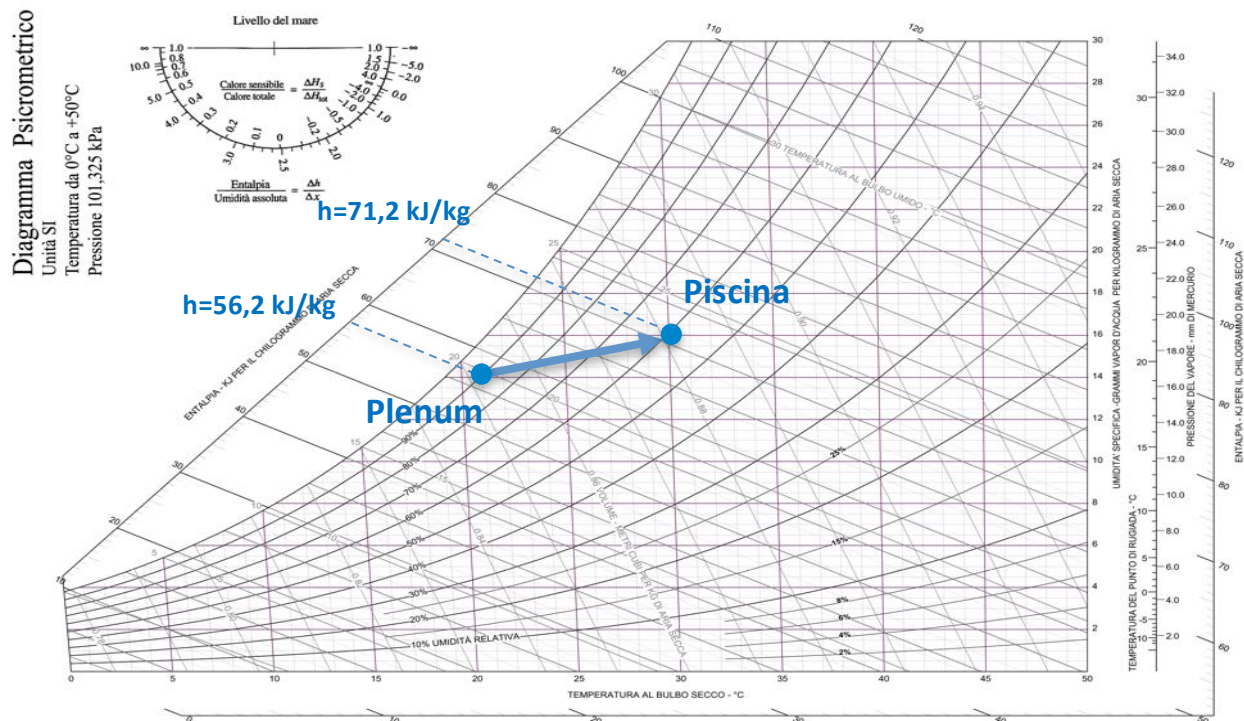


Fig.40 Diagramma psicrometrico: trasformazione di riscaldamento e deumidificazione (mese di marzo).

Miglioramento dell'efficienza degli impianti termici

L'impianto termico, responsabile della produzione e distribuzione dell'energia termica nell'impianto sportivo, presenta un rendimento globale particolarmente basso ($\eta_{\text{globale}} = 0,736$). Tale rendimento include ovviamente anche il contributo dell'attuale UTA.

Tale rendimento è dovuto al basso rendimento delle caldaie e al basso rendimento di distribuzione ed erogazione.

Il progetto esecutivo prevede di sostituire le caldaie a basamento con un set di caldaie modulari a condensazione di nuova generazione. Tale tipologia di caldaia presenta il vantaggio di sfruttare il fenomeno della condensazione a bassa temperatura che permette di avere un rendimento molto superiore a quello delle caldaie esistenti. Se si prende in considerazione un sistema modulare costituito da più caldaie aventi bassa potenza si

potrebbero far funzionare i singoli moduli delle caldaie a condensazione senza far partire le attuali tre caldaie.

L'utilizzo di caldaie a condensazione è particolarmente adatto al caso della piscina perché quando la caldaia lavora a bassa temperatura il suo rendimento risulta prossimo all'unità. Il progetto esecutivo conta di far funzionare l'intero impianto a 50/55 gradi in quanto:

- Il riscaldamento dell'acqua delle vasche è effettuato a bassa temperatura;
- I radiatori in ghisa vengono sostituiti con radiatori in alluminio
- Le batterie delle UTA sono dimensionate per lavorare a 50 gradi.

In tal modo la caldaia a condensazione lavorerà completamente a bassa temperatura lavorando al massimo rendimento possibile.

Altri semplici interventi da eseguire sono:

- pulizia degli scambiatori
- trattamento con acqua demineralizzata

per aumentare in tal modo il rendimento di distribuzione e mantenere anche la caldaia in condizioni ottimali.

Le caldaie a condensazione sono una delle tecnologie più efficienti per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. La ragione delle alte prestazioni risiede nella capacità di sfruttare buona parte del calore latente contenuto nei gas di scarico, che nelle normali caldaie (anche quelle ad alto rendimento) vengono espulsi dal camino, a temperature molto alte.

Nelle caldaie a condensazione, invece, i fumi di scarico vengono fatti transitare attraverso un particolare scambiatore- condensatore, in cui il vapore acqueo contenuto nei fumi di combustione viene raffreddato e si condensa, cedendo all'impianto una quota supplementare di calore e consentendo di recuperare l'energia che non viene dispersa sotto forma di vapore attraverso il camino. In questo modo la temperatura dei fumi in uscita (che abbassa fino a 40° C) mantiene un valore molto basso o prossimo al valore di temperatura di mandata dell'acqua, ben inferiore quindi ai 140°C- 160°C dei generatori ad alto rendimento e ai 200-250°C dei generatori di tipo tradizionale.

Il progetto prevede una voce per il computo di tutti gli accessori necessari per l'adeguamento e la sostituzione della caldaia.

Dopo un'attenta verifica degli impianti esistente, considerata la possibilità di riscontrare impurità nel circuito degli stessi, si è pensato di installare uno scambiatore a piastre in modo da consentire il filtraggio del liquido ed epurarlo dalle suddette "impurità" ed assicurare così la perfetta funzionalità degli impianti. Lo scambiatore previsto è ad almeno 75 piastre e le caratteristiche tecniche sono specificate nel capitolato speciale.

Saranno inoltre aggiunte valvole termostatiche a bassa inerzia termica come da Capitolato speciale su tutti i corpi scaldanti che comunque saranno tutti sostituiti utilizzando radiatori in alluminio.

Come è stato mostrato precedentemente, il rendimento globale dell'impianto è pari a 0,736. Buona parte delle perdite di efficienza sono dovute al basso rendimento di generazione delle caldaie a basamento (rendimento di 0,84).

Il sistema modulare previsto, avrà una potenza totale di 1150 kW (potenza utile), e si compone di dieci caldaie a condensazione. I sistemi si compongono di un modulo termico in versione "Master" progettato per gestire le unità "Slave" in applicazioni in cascata, e nove moduli in versione "Slave" che è gestita dalla precedente.

A vantaggio di una maggiore efficienza dell'impianto, si è pensato di non rimuovere due caldaie tradizionale da 600 kW/cad, tali da garantire una maggiore efficienza dell'impianto, nel caso in cui si venissero a creare richieste maggiori di potenza.

Tale tipologia di impianto è strutturata per lavorare a bassa temperatura (40-50 °C) con un rendimento superiore a 1.

La stima effettiva del risparmio energetico dovrebbe essere calcolata a valle di una analisi dinamica che tiene conto della modularità della caldaia stessa. Per ragioni di semplicità si farà una stima in condizioni statiche.

Considerando per ragioni di conservatività un rendimento dello 0,98 per il nuovo set di caldaie, il risparmio annuale dovuto alla caldaia è stato ottenuto considerando l'energia primaria che deve produrre il sistema di generazione al netto degli interventi di riqualificazione (solare termico, copertura isotermaica, e nuova UTA). In sostanza si calcola il risparmio che la nuova caldaia comporta rispetto alla vecchia dopo aver effettuato tutti gli altri interventi. Dai precedenti calcoli si evince che dopo aver effettuato gli interventi ed ottenuto il corrispondente risparmio energetico, la caldaia dovrebbe produrre il seguente fabbisogno di energia post-interventi $Q = 1.288.000 \text{ kWh/anno}$. Per valutare il risparmio che la nuova caldaia comporterebbe è sufficiente considerare i diversi rendimenti per ottenere

- $\Delta E_g = Q * [1/(\eta_{\text{gen,vecchio}} * \eta_{\text{impianto}}) - 1/(\eta_{\text{gen,nuovo}} * \eta_{\text{impianto}})]$
- $\Delta E_g = 1.288.000 * [1/(0,84 * 0,92) - 1/(0,98 * 0,92)] = 321.430 \text{ kWh/anno}$

dove. η_{dis} e η_{reg} rappresentano rispettivamente i rendimenti del sistema di distribuzione e del sistema di regolazione ed erogazione ($\eta_{\text{impianto}} = \eta_{\text{dis}} * \eta_{\text{reg}} = 0,92$).

Tale risparmio di energia, genera un risparmio di 31.612 Smc/anno di gas metano pari a 15.918 euro/anno.

Il nuovo set di caldaie potrà essere posizionata nel locale in cui si trovano attualmente le caldaie a basamento. In particolare si prevede di sostituire solo la caldaia più grande e di lasciare le 2 caldaie da 637 kW come sistemi di back-up.

Per far sì che il rendimento della caldaia e dell'impianto in generale restino elevati, è necessario prevedere un'unità di demineralizzazione dell'acqua che permetta di ridurre sensibilmente il residuo fisso presente nell'acqua proveniente dall'acquedotto e quindi la presenza di incrostazioni nelle tubazioni della caldaia e degli scambiatori di calore.

Il progetto esecutivo prevede inoltre che venga messa a norma la centrale termica secondo la circolare ISPESL R 2009 e che quindi vengano installati i tronchetti. Inoltre il dimensionamento dei vasi di espansione è stato effettuato in maniera conservativa andando a sovradimensionare i vasi di espansione ma sarà comunque necessario durante la fase di esecuzione provvedere al corretto dimensionamento alla luce delle portate di acqua e delle sezioni delle tubazioni.

Sostituzione radiatori

I terminali di erogazione della Complesso Sportivo di Montereale sono radiatori in ghisa. Tutti gli impianti di riscaldamento a radiatori, specie se non di recente installazione come nel caso in esame, presentano alcuni aspetti critici sul fronte del comfort e del risparmio energetico.

Una criticità è imputabile al fatto di richiedere elevate temperature dell'acqua, tra i 60 e gli 80 °C. Con un impianto a radiatori, quanto più aumenta la temperatura dell'acqua, tanto più è efficace il riscaldamento. L'alta temperatura dell'acqua richiesta dai radiatori aumenta quindi i consumi della caldaia. Vista la presenza della caldaia a condensazione, che lavora in maniera ottimale quando la temperatura di mandata dell'acqua è impostata su valori non superiori ai 50-55 °C, per sfruttare appunto il fenomeno della condensazione, tutti i radiatori in ghisa (25) presenti, saranno sostituiti con radiatori in alluminio che riescono a lavorare a temperature più basse.

Tuttavia, le caldaie a condensazione possono benissimo produrre acqua calda a temperature maggiori, lavorando anche come normali caldaie, quindi senza sfruttare quel processo di

“condensazione” che le caratterizza, solo nei giorni più freddi e sfruttando la condensazione nella maggior parte del periodo di riscaldamento.

Il progetto esecutivo prevede la fornitura e posa in opera di radiatori in alluminio ad elementi componibili che devono sostituire gli attuali radiatori. La resa termica dei radiatori deve essere almeno di 130 W con intervallo di temperatura $DT_i=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ secondo norme UNI EN 442. L'altezza dei radiatori deve essere pari a quella dei radiatori da sostituire ovvero 880 mm. Per ogni radiatore è prevista l'installazione di valvole termostatiche a bassa inerzia termica. Le valvole termostatiche, impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento, sono abbinate a un comando termostatico o elettrotermico, e consentono di mantenere costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici. Le valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Il numero di elementi è stato calcolato e inserito nel computo metrico considerando i volumi dei locali da riscaldare.

Coperture isotermitiche

Un utile accorgimento che permetterebbe di ridurre le perdite per evaporazione è quello di utilizzare le coperture isotermitiche sulle vasche nelle ore di inutilizzo. La presenza del telo permette di ridurre principalmente le perdite per evaporazione. I principali vantaggi legati all'utilizzo di una copertura isotermitica sono i seguenti:

- Riduzione dell'evaporazione dell'acqua
- Riduzione della dispersione del calore accumulato dall'acqua
- Riduzione dell'utilizzo di prodotti chimici
- Risparmio idrico: riducono la quantità d'acqua essenziale per ristabilire il livello ideale della piscina
- Riduzione dell'utilizzo di energia elettrica (aspiratori e deumidificatori possono essere spenti durante le ore di inutilizzo)
- Riduzione dei costi e dei tempi di pulizia

Ipotizzando di coprire le vasche soltanto durante le ore notturne si potrebbe diminuire l'energia dispersa per evaporazione di 1/3. La presenza del telo permetterebbe di ridurre la massa di acqua da rabboccare di una percentuale tipicamente compresa tra il 30% e il 50%.

Considerando l'utilizzo della copertura su entrambe le vasche natatorie per 1/3 del tempo si avrebbe una riduzione del 30% del fabbisogno dovuto all'evaporazione e un 30% del fabbisogno dovuto al rinnovo dell'acqua della piscina. L'utilizzo del telo permetterebbe quindi di ridurre il fabbisogno annuale per il mantenimento della temperatura di supporto di circa 237.000 kWh/anno pari al 25,1% del fabbisogno energetico necessario a mantenere la temperatura di supporto, nel caso in cui non si utilizzino nessun telo. In tal modo, quindi, il fabbisogno energetico annuale con telo, riportato in figura 41, è pari a

$$Q_{TOT\text{ (anno)}} = 773940 \text{ [kWh/anno]}$$

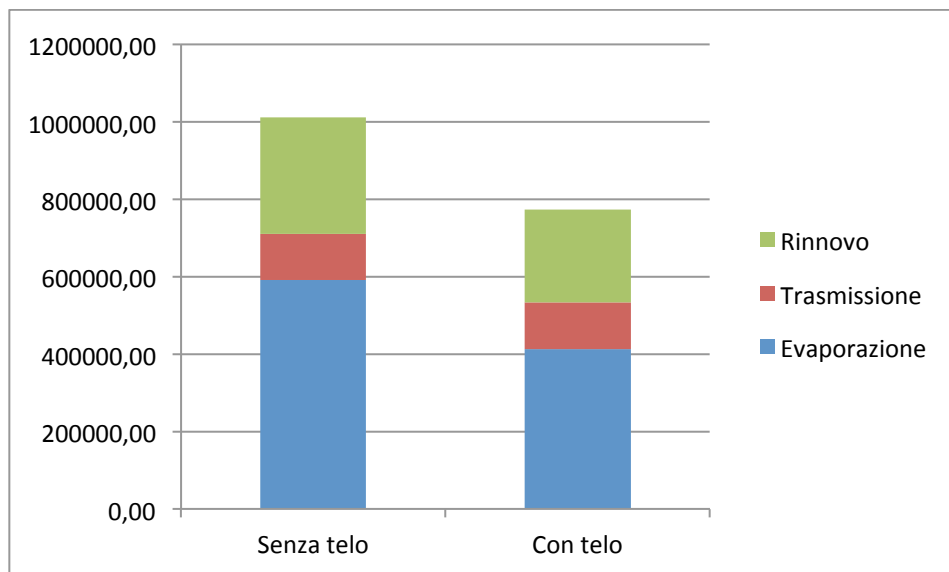


Fig.41 Riduzione delle perdite dovute all'utilizzo del telo.

In termini economici tale riduzione del fabbisogno energetico, permetterebbe di ottenere un risparmio di circa 15.950 euro/anno, dato dalla diminuzione del consumo di Smc di metano.

- $G_{\text{gas}} = Q_{\text{risparm}} / (H_i * \eta) = 237.000 / (10,5 * 0,736) = 30.670 \text{ [Smc/anno]}$
- $\text{Risparmio} = G_{\text{gas}} * 0,52 \text{ [euro/Smc]} = 15.950 \text{ [euro/anno]}$

dove H_i è il potere calorifero inferiore del metano e η è il rendimento globale.

Lavori di adeguamento funzionale

Il progetto esecutivo prevede la realizzazione di lavori di adeguamento funzionale al fine di migliorare la fruibilità della struttura da parte del pubblico durante le manifestazioni sportive, ovvero l'aumento dell'attuale capienza autorizzata, che oggi è pari a 100 persone, portandola fino a 300 persone. Ciò avverrà attraverso la realizzazione di un percorso di esodo fisso, con barriera di protezione e indicazioni, lungo il lato della vasca piccola, e la realizzazione di una nuova uscita di sicurezza sulla parete laterale. L'aumentata capienza, essendo superiore a 250 persone, comporterà la realizzazione di un nuovo gruppo di bagni per il pubblico, che verrà posizionato al di sotto della gradinata, lato sinistro. (vedi allegati grafici).

5. Quadro economico del progetto esecutivo, incentivi e agevolazioni fiscali, norme e regolamenti

Incentivi statali e agevolazioni fiscali sul risparmio energetico

La riqualificazione energetica di strutture della pubblica amministrazione è supportata da normative e meccanismi di detrazione fiscale e di incentivazione. In particolare è possibile per le Amministrazioni pubbliche accedere al Conto Termico e alle agevolazioni fiscali per il risparmio energetico. Di queste viene di seguito riportato il dettaglio che interessa il progetto esecutivo con tutta una serie di prescrizioni da seguire scrupolosamente in fase di esecuzione pena la perdita di diritti sulle agevolazioni e incentivi.

In particolare il conto Termico è un incentivo ripartito in quote su due e cinque anni a seconda dell'intervento mentre le agevolazioni fiscali sono ripartite su dieci anni. Le agevolazioni fiscali invece sono ripartite in dieci quote uguali e pari al 65% del costo dell'intervento fino alla fine del 2015 per poi passare (salvo proroghe) al 36%. Per ognuno di questi meccanismi esistono tipologie di interventi e tetti massimi sulle spese incentivabili o detraibili. Di seguito sono meglio specificati i meccanismi dei due sistemi e come ottenere incentivi e detrazioni riguardo la soluzione progettuale proposta.

In particolare la sostituzione dell'UTA pare non incentivabile salvo dimostrare previa verificare con i tecnici dell'ENEA la possibilità di accedere al comma RIQUALIFICAZIONE GLOBALE DELL'EDIFICIO. (Art.1, comma 344 della legge finanziaria 2007). Questo rimane l'intervento decisamente più conveniente dal punto di vista energetico tenendo presente il risparmio annuale sui consumi di gas ed energia elettrica e il conseguente tempo di rientro estremamente basso (in tal senso si faccia riferimento al progetto preliminare). Come dettagliato successivamente risultano invece incentivabili o detraibili gli interventi sulle caldaie a condensazione e sugli impianti solari. Sono escluse le installazioni di solare fotovoltaico, mentre è possibile ottenere l'incentivo per la sostituzione delle strutture trasparenti verticali.

I tempi di ritorno dei vari interventi sono stati ampiamente dettagliati nel progetto preliminare sulla scorta dei computi metrici estimativi. Ai fini di un computo analitico e dettagliato dei tempi di ritorno sarà dopo l'aggiudicazione possibile quantificare agevolazioni ed incentivi per poi valutare il reale tempo di ritorno.

Il Conto Termico

Con la pubblicazione del DM 28/12/12, il c.d. decreto "Conto Termico", si dà attuazione al regime di sostegno introdotto dal decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

Il Gestore dei Servizi Energetici – GSE S.p.A. è il soggetto responsabile dell'attuazione e della gestione del meccanismo, inclusa l'erogazione degli incentivi ai soggetti beneficiari.

Gli interventi incentivabili si riferiscono sia all'efficientamento dell'involucro di edifici esistenti (coibentazione pareti e coperture, sostituzione serramenti e installazione schermature solari) sia alla sostituzione di impianti esistenti per la climatizzazione invernale con impianti a più alta efficienza (caldaie a condensazione) sia alla sostituzione o, in alcuni casi, alla nuova installazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili (pompe di calore, caldaie, stufe e camini a biomassa, impianti solari termici anche abbinati a tecnologia solar cooling per la produzione di freddo). Il nuovo decreto introduce anche incentivi specifici per la Diagnosi Energetica e la Certificazione Energetica fino al 100%, se abbinate, a certe condizioni, agli interventi sopra citati. L'incentivo è stato individuato sulla base della tipologia di intervento in funzione dell'incremento dell'efficienza energetica conseguibile con il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'immobile e/o in funzione dell'energia producibile con gli impianti alimentati a fonti rinnovabili. L'incentivo è un contributo alle spese sostenute e viene erogato in rate annuali per una durata variabile (fra 2 e 5 anni) in funzione degli interventi realizzati.

Il decreto stanza fondi per una spesa annua cumulata massima di 200 mln di euro per gli interventi realizzati o da realizzare dalle Amministrazioni pubbliche. Trascorsi 60 giorni dal raggiungimento di tali impegni di spesa, non saranno accettate nuove domande di accesso all'incentivo. E' prevista una procedura di prenotazione per gli interventi realizzati da Amministrazioni pubbliche a cui è riservato un contingente di spesa annua cumulata non superiore a 100 milioni di euro (pari al 50% dei 200 mln riservati alle amministrazioni pubbliche).

Ai fini dell'accesso al meccanismo, il soggetto beneficiario dell'incentivo si definisce "Soggetto Responsabile": è il soggetto che ha sostenuto le spese per la realizzazione degli interventi. Il soggetto responsabile può operare anche attraverso un soggetto delegato per la presentazione della richiesta d'incentivo (c.d. "scheda-domanda") e per la gestione dei rapporti contrattuali con il GSE.

Possono accedere agli incentivi previsti dal DM 28/12/12 le seguenti due categorie di interventi:

A) interventi di incremento dell'efficienza energetica

B) interventi di piccole dimensioni relativi a impianti per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e sistemi ad alta efficienza

Le Amministrazioni pubbliche possono richiedere l'incentivo per entrambe le categorie di interventi (categoria A e categoria B).

Come stabilito dal D.lgs. 28/11, l'incentivo è erogato dal GSE con un portale Internet dedicato, attraverso il quale i soggetti interessati a richiedere l'incentivo potranno compilare e inviare la documentazione necessaria.

In particolare, per verificare il rispetto dei requisiti tecnici definiti dal decreto e per il calcolo dell'incentivo, al soggetto responsabile sarà richiesto di compilare una scheda-domanda contenente informazioni relative all'immobile oggetto dell'intervento e alle caratteristiche specifiche dell'intervento per cui è richiesto l'incentivo.

L'incentivo può essere assegnato esclusivamente agli interventi che non accedono ad altri incentivi statali, ad eccezione dei fondi di garanzia, dei fondi di rotazione e dei contributi in conto interesse.

Limitatamente agli edifici pubblici ad uso pubblico, gli incentivi previsti dal DM 28/12/12 sono cumulabili con gli incentivi in conto capitale, nel rispetto della normativa comunitaria e nazionale.

Nei casi di interventi beneficiari di altri incentivi non statali cumulabili, l'incentivo è attribuibile nel rispetto della normativa comunitaria e nazionale vigente.

Di seguito è riportato l'elenco degli interventi incentivabili. Tra questi rientrano sia la sostituzione della caldaia con una a condensazione modulare sia l'installazione dell'impianto solare termico. Come si evince dalle regole applicative del GSE sul conto termico esiste un tetto all'incentivo relativo alla caldaia a condensazione (intervento 1C) e questo è pari a 26000 euro. Per quanto riguarda invece l'intervento relativo all'installazione dei collettori solari termici (intervento 2C) non esiste un tetto massimo e l'intervento, incentivabile in 2 o 5 anni, può raggiungere secondo quanto indicato nelle regole applicative fino al 65% della spesa sostenuta. In una recente circolare GSE, alla luce delle novità introdotte dal decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 e Allegati (G.U. n.165 del 18/07/2014) in attuazione della Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, sono state introdotte alcune modifiche al D.M. 28/12/2012. In particolare l'incentivo erogato 12 non potrà eccedere il limite del 65% delle spese sostenute, comprensive di IVA - dove essa costituisce un costo - e attestate tramite fatture e bonifici. Qualora l'ammontare dell'incentivo superi il limite introdotto, questo viene ricalcolato dal GSE in sede di istruttoria tecnico-amministrativa.

Tabella 1 - Categoria 1: interventi di incremento dell'efficienza energetica in edifici esistenti (art.4, comma 1)

Categoria	Sigla (*)	Tipologia di intervento	Riferimenti Decreto
1 - interventi di incremento dell'efficienza energetica in edifici esistenti	1.A	Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	Art. 4, comma 1, lettera a)
	1.B	Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	Art. 4, comma 1, lettera b)
	1.C	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione di qualsiasi potenza	Art. 4, comma 1, lettera c)
	1.D	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili	Art. 4, comma 1, lettera d)

Tabella 2 – Categoria 2: interventi di piccole dimensioni di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di sistemi ad alta efficienza (art.4, comma 2)

Categoria	Sigla (*)	Tipologia di intervento	Riferimenti Decreto
2 - interventi di piccole dimensioni di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di sistemi ad alta efficienza	2.A	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzando pompe di calore elettriche o a gas, anche geotermiche (con potenza termica utile nominale fino a 1000 kW _t)	Art. 4, comma 2, lettera a)
	2.B	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle serre esistenti e dei fabbricati rurali esistenti con generatori di calore alimentati da biomassa (con potenza termica nominale fino a 1000 kW _t)	Art. 4, comma 2, lettera b)
	2.C	Installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di <i>solar cooling</i> (con superficie solare lorda fino a 1000 m ²)	Art. 4, comma 2, lettera c)
	2.D	Sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore	Art. 4, comma 2, lettera d)

Tipologia di intervento	Soggetti ammessi	Durata dell'incentivo (anni)
Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	Amministrazioni pubbliche	5
Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	Amministrazioni pubbliche	5
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione	Amministrazioni pubbliche	5
Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili	Amministrazioni pubbliche	5
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzanti pompe di calore elettriche o a gas, anche geotermiche con potenza termica utile nominale inferiore o uguale a 35 kW _t	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	2
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzanti pompe di calore elettriche o a gas, anche geotermiche con potenza termica utile nominale maggiore di 35 kW _t e inferiore o uguale a 1000 kW _t	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	5
Sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	2
Installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di <i>solar cooling</i> , con superficie solare lorda inferiore o uguale a 50 metri quadrati	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	2
Installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di <i>solar cooling</i> , con superficie solare lorda superiore a 50 metri quadrati e inferiore o uguale a 1000 metri quadrati	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	5
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle serre esistenti e dei fabbricati rurali esistenti con generatori di calore alimentati da biomassa con potenza termica nominale (*) inferiore o uguale a 35 kW _t	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	2
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle serre esistenti e dei fabbricati rurali esistenti con generatori di calore alimentati da biomassa con potenza termica nominale (*) maggiore di 35 kW _t e inferiore o uguale a 1000 kW _t	Amministrazioni pubbliche e Soggetti privati	5

Il progetto proposto prevede l'installazione di collettori solari con relativi accumuli, l'impiego di una copertura isotermica, la sostituzione dell'impianto di trattamento aria UTA e la sostituzione di una delle tre macchine con una caldaia a condensazione modulare e installazione delle valvole termostatiche. Di questi interventi rientrano tra gli incentivabili con il Conto Termico l'installazione di collettori solari con accumulo e la caldaia a condensazione. L'installazione di collettori solari è incentivabile fino ad una superficie di 1000 m² secondo un incentivo annuo calcolabile con la relazione

$$I = \alpha S_{\text{tot}}$$

con α pari a 55 se la superficie è superiore a 50 m² e 170 per superfici superiori e S_{tot} superficie solare lorda dell'impianto, espressa in metri quadrati. Il conto termico prevede che

collettori, sistemi elettrici e bollitori rispettino caratteristiche tecniche e certificazioni di conformità per poter beneficiare dell'incentivo. Qualora l'intervento sia realizzato su un intero edificio dotato di un impianto di riscaldamento di potenza nominale totale del focolare maggiori o uguali a 100 kWt, è previsto l'obbligo di redigere la diagnosi e la certificazione energetica, per le quali è corrisposto un incentivo fino al 100%. Le spese accessorie, comprensive di IVA dove essa costituisce un costo, comprendono: smontaggio e dismissione dell'impianto esistente, fornitura, trasporto e posa in opera delle apparecchiature termiche, meccaniche, elettriche ed elettroniche, le opere idrauliche e murarie necessarie alla realizzazione dell'impianto, le spese professionali connesse alla realizzazione dell'intervento. Per gli impianti solari destinati anche alla climatizzazione sono incluse le spese per i sistemi di contabilizzazione individuale, eventuali interventi sulla rete di distribuzione, sui sistemi di trattamento delle acque, sui dispositivi di controllo e regolazione, sui sistemi di emissione. Sul regolamento per l'accesso all'intervento 2C sono indicate oltre alle caratteristiche elettriche anche tutta la documentazione da conservare.

Riguardo l'intervento di sostituzione della caldaia a condensazione (1B) il conto Termico prevede un incentivo massimo pari a 26000 euro.

Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico

La legge di stabilità 2015 (legge 23 dicembre 2014, n. 190) ha prorogato al 31 dicembre 2015, nella misura del 65%, la detrazione fiscale per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici con un numero di dieci rate annuali in cui deve essere ripartita la detrazione e con la novità dell'esonero dall'obbligo di presentazione dell'attestato di certificazione (o qualificazione) energetica per la sostituzione di finestre, per l'installazione dei pannelli solari e per la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale e l'eliminazione dell'obbligo di indicare separatamente il costo della manodopera nella fattura emessa dall'impresa che esegue i lavori. Dal 1 gennaio 2016 la percentuale, salvo proroghe, si ridurrà stabilizzandosi al 36%.

DETRAZIONE MASSIMA PER TIPOLOGIA DI INTERVENTO	
Tipo di intervento	Detrazione massima
riqualificazione energetica di edifici esistenti	100.000 euro
involucro edifici (per esempio, pareti, finestre - compresi gli infissi - su edifici esistenti)	60.000 euro
installazione di pannelli solari	60.000 euro
sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale	30.000 euro
acquisto e posa in opera delle schermature solari elencate nell'allegato M del decreto legislativo n. 311/2006 (solo per l'anno 2015)	60.000 euro
acquisto e posa in opera di impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili (solo per l'anno 2015)	30.000 euro

Condizione indispensabile per fruire della detrazione è che gli interventi siano eseguiti su unità immobiliari e su edifici (o su parti di edifici) esistenti, di qualunque categoria catastale, anche se rurali, compresi quelli strumentali (per l'attività d'impresa o professionale).

La prova dell'esistenza dell'edificio può essere fornita dalla sua iscrizione in catasto o dalla richiesta di accatastamento, oppure dal pagamento dell'imposta comunale (Ici/Imu), se dovuta.

Per alcune tipologie di interventi, inoltre, è necessario che gli edifici presentino specifiche caratteristiche (per esempio, essere già dotati di impianto di riscaldamento, presente anche negli ambienti oggetto dell'intervento, tranne quando si installano pannelli solari).

Possono usufruire della detrazione le persone fisiche, compresi gli esercenti arti e professioni, i contribuenti che conseguono reddito d'impresa (persone fisiche, società di persone, società di capitali), le associazioni tra professionisti, gli enti pubblici e privati che non svolgono attività commerciale.

Si ha diritto all'agevolazione anche quando il contribuente finanzia la realizzazione dell'intervento di riqualificazione energetica mediante un contratto di leasing. In tale ipotesi, la detrazione spetta al contribuente stesso (utilizzatore) e si calcola sul costo sostenuto dalla società di leasing. Pertanto, non assumono rilievo, ai fini della detrazione, i canoni di leasing addebitati all'utilizzatore.

La detrazione d'imposta (36 o 65%) non è cumulabile con altre agevolazioni fiscali previste per i medesimi interventi da altre disposizioni di legge nazionali (quale, per esempio, la detrazione per il recupero del patrimonio edilizio).

Nel caso di impianti con potenza nominale del focolare maggiore o uguale a 100 kW, deve essere adottato un bruciatore di tipo modulante, la regolazione climatica deve agire direttamente sul bruciatore e deve essere installata una pompa elettronica a giri variabili. Fra le altre opere agevolabili nell'ambito del comma 347 vi è lo smontaggio e dismissione dell'impianto di climatizzazione esistente e la fornitura e posa in opera di tutte le apparecchiature termiche, meccaniche, elettriche ed elettroniche, delle opere idrauliche e murarie necessarie per la sostituzione a regola d'arte dell'impianto termico esistente con una caldaia a condensazione. E' inoltre necessario ottenere una asseverazione redatta da un tecnico abilitato (ingegnere, architetto, geometra o perito iscritto al proprio Albo professionale) attestante i requisiti tecnici di cui al comma 347.

Per quanto riguarda il comma 346, che riguarda l'installazione di pannelli solari termici, nel caso di edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti (ossia, edifici esistenti con superficie utile superiore a 1.000 mq, soggetti a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro o edifici esistenti soggetti a demolizione e ricostruzione), come riportato al comma 4 dell'Art.11 del D. Lgs. 28/2011, "gli impianti alimentati da fonti rinnovabili realizzati ai fini dell'assolvimento degli obblighi di cui all'allegato 3 del decreto stesso, accedono agli incentivi statali previsti per la promozione delle fonti rinnovabili, limitatamente alla quota eccedente quella necessaria per il rispetto dei medesimi obblighi". Alla luce del medesimo decreto (nello specifico, al punto 6 dell'Allegato 2), si ricorda che i pannelli solari devono possedere anche la certificazione solar keymark (obbligatoria dal 29 marzo 2013).

Alcune prescrizioni sull'accesso agli incentivi statali e detrazioni fiscali

Ai fini dell'accesso agli incentivi e alle agevolazioni risulterà necessario a seguito dell'aggiudicazione della gara che il tecnico incaricato dall'Amministrazione e responsabile delle pratiche energetiche di accesso agli incentivi abbia la possibilità di accedere alle strutture ai fini della diagnosi energetica e alla predisposizione della documentazione ante operam necessaria ed indispensabile per poter usufruire delle agevolazioni e degli incentivi.

Sarà quindi cura e/o del Direttore dei Lavori incaricato convocare il tecnico designato per l'accesso agli incentivi e alle agevolazioni per consentirgli la preparazione della documentazione necessaria.

Risparmi energetici ed economici degli interventi

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi economiche dei singoli interventi con la valutazione dei risparmi annuali. I flussi di cassa sono ampiamente descritti nel progetto preliminare.

Dalla tabella riassuntiva emerge la necessità di un intervento sull'UTA. L'assenza del recupero dell'aria immessa rappresenta una grossa perdita energetica e il nuovo sistema consente di recuperare buona parte dell'energia contenuta. Il tempo di ritorno infatti, nonostante l'assenza di incentivi e detrazioni risulta di 3 anni. La caldaia a condensazione consente di ottenere un significativo risparmio energetico in quanto l'impianto viene fatto lavorare a bassa temperatura essenzialmente per il riscaldamento dell'acqua della piscina e anche perché le batterie delle 4 unità UTA sono dimensionate per temperature 40-50 gradi. Infine i radiatori in alluminio che sostituiscono quelli attuali in ghisa consentono acqua a bassa temperatura. La caldaia accede tra l'altro alle forme di incentivazioni statali riducendo il tempo di ritorno.

Il calcolo presente in tabella è conservativo per le seguenti ragioni:

- non è stato considerato il beneficio del solare termico al risparmio per via dell'integrazione all'impianto termico con l'impiego dei bollitori;
- non è stata effettuata una analisi dinamica che tenga in conto dell'uso parziale della caldaia modulare a condensazione e delle stesse 4 unità UTA;
- non è stata considerata la possibilità di accedere al comma 344 della legge sul risparmio energetico; infatti le UTA contribuiscono fortemente alla riduzione di energia primaria e una diagnosi energetica approfondita potrebbe valutare le condizioni di applicabilità del comma 344.

Interventi	Risparmio	Gas	Risparmi
	(kWh/anno)	(Smc/anno)	(euro/anno)
	Termici ed elettrici		
Nuova UTA	751.281	97.215	€ 50.552
Solare termico	41.089	5.317	€ 2.765
Coperture isotermitiche	237.000	30.668	€ 15.947
Caldaia modulare a condensazione	321.400	30.612	€ 15.918
Impianto fotovoltaico	18.600		€ 4.650
Totale	1.369.370	163.812	€ 89.832

Tab.14 Tabella riassuntiva degli interventi.

I risparmi annuali dovuti alla sostituzione dell'UTA, l'installazione dell'impianto solare termico, la copertura isotermitica e alla sostituzione degli infissi sono stati calcolati considerando il rendimento dell'impianto esistente.

Il risparmio annuale dovuto alla caldaia è stato ottenuto considerando l'energia primaria che deve produrre il sistema di generazione al netto degli interventi di riqualificazione (solare termico, copertura isotermitica, e nuova UTA), ovvero immaginando il risparmio che si otterrebbe semplicemente sostituendo la caldaia. Gli interventi proposti permetterebbero di ridurre la bolletta del gas per un totale di circa 85000 euro/anno.

NORME, DECRETI, DISPOSIZIONI DI LEGGE, REGOLAMENTI

Gli impianti dovranno essere realizzati a regola d'arte, non solo per quanto riguarda le modalità di installazione, ma anche per la qualità e le caratteristiche delle apparecchiature e dei materiali.

Nel capitolato speciale di appalto sono indicate le normative che devono essere rispettate durante l'esecuzione. Di seguito sono riportate solo le principali.

In particolare dovranno essere osservate le seguenti leggi e norme:

- Legge n. 46 del 05.03.1990
- D.P.R. n. 412 del 26.08.1993
- raccolta "R" A.N.C.C. , ultima edizione e loro successivi aggiornamenti
- Norme C.T.I. (Comitato Termotecnico Italiano)
- Norme U.N.I. - U.N.E.L.
- Norme C.E.I. (Comitato Elettrotecnico Italiano)
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ispettorato del Lavoro, I.S.P.E.S.L. e U.S.S.L.
- Prescrizioni e raccomandazioni dei Vigili del Fuoco.
- Legge n.192-05 e relativi regolamenti e decreti
- Legge 10/91
- D.P.R. 551/99
- Norme relative ai singoli componenti.

Il rispetto delle Norme sopra indicate è inteso nel senso più restrittivo, cioè non solo la realizzazione dell'impianto sarà rispondente alle norme, ma altresì ogni singolo componente dell'impianto stesso.

Potenza, 5 ottobre 2015

Il Progettista
(Dott. Ing. Antonio D'ANGOLA)