Martino Paradiso

La vetta dell'efficienza

NELLO SPLENDIDO CONTESTO AMBIENTALE DELLA ALPI GRAIE, SKYWAY MONTE BIANCO È UN GIOIELLO DI INGEGNERIA CHE FONDE LE TECNOLOGIE PIÙ AVANZATE NEL SETTORE PER CONIUGARE DESIGN, SOSTENIBILITÀ E COMFORT IN UN PROGETTO UNICO NEL SUO GENERE.

Costruiti a partire dal 1940 e aperti al pubblico nel 1947, gli impianti funiviari sul versante italiano del Monte Bianco avevano raggiunto già da qualche anno la fine della loro vita tecnica: sono stati recentemente sostituiti da un nuovo impianto, aperto al pubblico nel maggio 2015, che rappresenta lo stato dell'arte in materia di trasporto su fune.

Progettata e coordinata dalla società Dimensione Ingenierie e realizzata dal Consorzio Cordée Mont Blanc (progetto varianti migliorative proposte dal costruttore e progettazione costruttiva degli impianti tecnologici: Pastoret Engineering & Consulting), l'opera è costata circa 105 milioni di euro oltre agli oneri di legge ed è caratterizzata da elevatissimi standard tecnologici mirati al contenimento dell'impatto ambientale.

Oltre alle proibitive delle condizioni climatiche (la temperatura di progetto in sommità è di -30 °C, con venti che possono superare abbondantemente i 100 km/h), le principali difficoltà affrontate dai progettisti sono state:

- la notevole differenza delle condizioni termoigrometriche esterne nelle tre stazioni di valle, intermedia e di monte;
- le diverse tipologie di utenze previste, alcune delle quali ospitate in spazi caratterizzati da ampie superfici vetrate;
- la repentine variazioni meteorologiche alle quote più elevate, che possono cambiare più volte nell'arco della stessa giornata.

Caratterizzata da una copertura a onda ispirata a forme aerodinamiche, la stazione di valle a Pontal d'Entreves è dotata di una pompa di calore acqua/acqua alimentata ad acqua di pozzo per la produzione dei fluidi termovettori (Daniele Domenicali - Schüco International Italia).

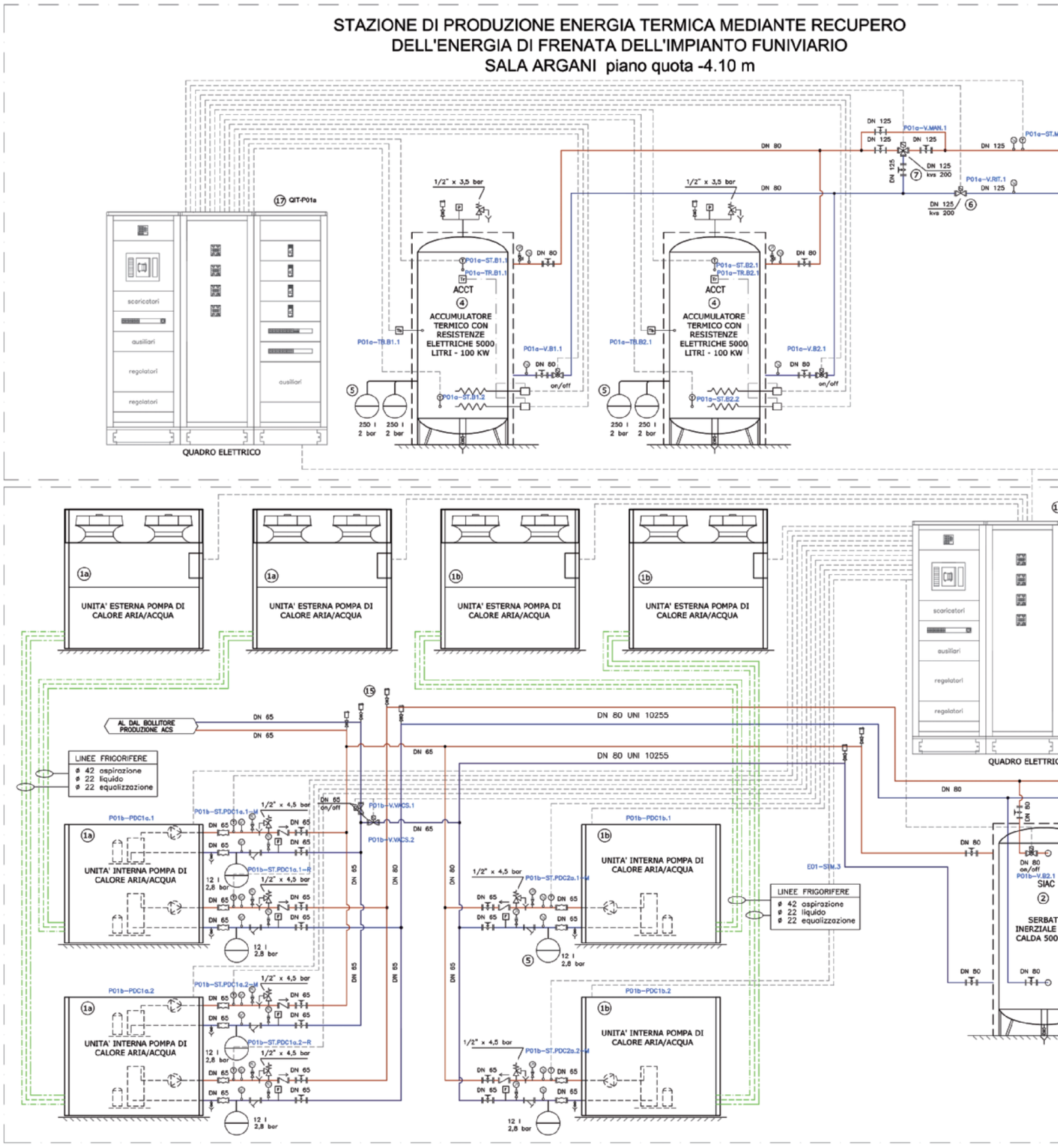
La stazione intermedia a Pavillon du Mont Fréty è dotata di bar e ristoranti con terrazza panoramica, più sala multimediale, spazi commerciali e aree per esposizioni e comunicazioni tematiche, collegati da ascensori interni (Daniele Domenicali - Schüco International Italia).

Tecnologia, design e comfort

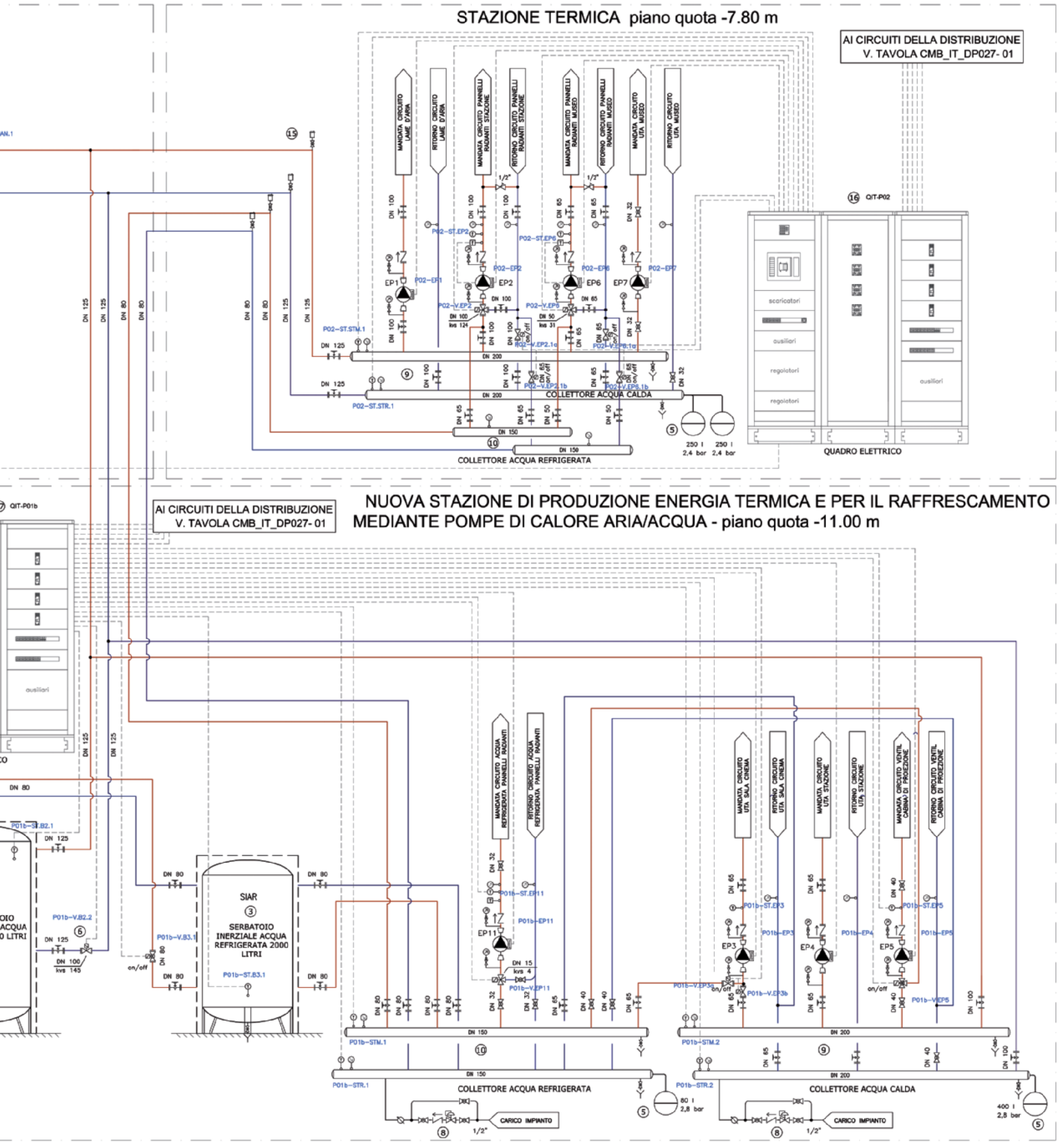
In luogo delle tre vecchie funivie – utilizzate per trasportare parte dei materiali necessari ai cantieri e poi demolite – una nuova linea in due tratte lunga circa 5 km collega oggi la stazione di valle a Pontal d'Entreves (1.307 m s.l.m.), nei pressi di Courmayeur (Valle d'Aosta), alla stazione intermedia di Pavillon du Mont-Fréty (2.173 m s.l.m.) e poi a quella conclusiva di Punta Helbronner (3.449 m s.l.m.) con la sua terrazza panoramica situata fra i ghiacci perenni.
Superando un dislivello di 2.142 metri in soli 16 minuti complessivi, il nuovo impianto può trasportare fino a 800 persone ogni ora grazie a cabine quasi completamente trasparenti, che ruotano lentamente su sé stesse permettendo alla vista di spaziare fra numerosi "quattromila", senza compromessi dal punto di vista del comfort.
Le tecnologie impiegate per consentire ai passeggeri di vivere pienamente un'esperienza unica nel suo genere sono la migliore testimonianza del livello di attenzione prestato da professionisti e imprese nella realizzazione dell'intera struttura. Soluzioni tecniche specifiche per argani, stazioni, piloni e cabine – queste ultime dotate di smorzatori per limitare le oscillazioni – rendono estremamente fluido e piacevole il viaggio.
Le vetrate antisfondamento delle cabine sono riscaldate da una rete di microfi-

I PROTAGONISTI DELL'IMPIANTO

Committente
Funivie Monte Bianco SpA
RTI progettazione
Dimensione Ingenierie (capogruppo mandatario; coordinamento), Funiplan (arch. Carlo Cillara Rossi), Proteo, Si.Me.Te., Studio Corona, Studio Cancelli Associato (dott. geol. Roby Vuillermoz, ing. Sergio Ravet, dott. for. Silvio Durante, dott. for. Paolo Terzolo
Progettazione impianti termici
ing. Vincenzo Ubertalle
Direzione lavori
ing. Marco Petrella (Dimensione Ingenierie)
Sicurezza
ing. Sergio Ravet
RTI costruzione
Consorzio Cordée Mont Blanc
Progettazione varianti migliorative e progetto costruttivo impianti tecnologici
p.i. Alex Besenval (Pastoret Engineering & Consulting)
Ottimizzazione energetica
ing. Paolo Oliaro (Advanced Engineering)
I fornitori
Pavimenti radianti, pareti radianti a secco: RDZ
Elettropompe: Wilo
Pompe di calore: IDM, Thermocold, Ochsner
Scambiatori di calore, accumuli: Fiorini
Ventilconvettori: Sabiana
Unità trattamento aria: LMF; Samp
Recuperatori di calore (u.t.a.): Heatex
Recuperatori di calore (scarico acque grigie): Acquaspar
Moduli fotovoltaici: EnergyGlass
Inverter: ABB
Building management system: Honeywell
Facciate strutturali: Schüco



Schema della centrale termica della stazione di Pavillon du Mont Fréty (Pastoret Engineering & Consulting).


STAZIONE TERMICA piano quota -7.80 m
AI CIRCUITI DELLA DISTRIBUZIONE
V. TAVOLA CMB_IT_DP027- 01
MANDATA CIRCUITO LAME D'ARIA
RITORNO CIRCUITO LAME D'ARIA
MANDATA CIRCUITO PANNELLI RADIANTI STAZIONE
RITORNO CIRCUITO PANNELLI RADIANTI STAZIONE
MANDATA CIRCUITO PANNELLI RADIANTI MUSEO
RITORNO CIRCUITO PANNELLI RADIANTI MUSEO
MANDATA CIRCUITO UTA MUSEO
RITORNO CIRCUITO UTA MUSEO
QIT-P02
scaricatori
ausiliari
regolatori
regolatori
ausiliari
QUADRO ELETTRICO
EP1
EP2
EP6
EP7
COLLETTORE ACQUA CALDA
COLLETTORE ACQUA REFRIGERATA
250 l
2,4 bar
250 l
2,4 bar
NUOVA STAZIONE DI PRODUZIONE ENERGIA TERMICA E PER IL RAFFRESCAMENTO
MEDIANTE POMPE DI CALORE ARIA/ACQUA - piano quota -11.00 m
AI CIRCUITI DELLA DISTRIBUZIONE
V. TAVOLA CMB_IT_DP027- 01
QIT-P01b
ausiliari
SIAR
SERBATOIO INERZIALE ACQUA REFRIGERATA 2000 LITRI
MANDATA CIRCUITO ACQUA REFRIGERATA PANNELLI RADIANTI
RITORNO CIRCUITO ACQUA REFRIGERATA PANNELLI RADIANTI
MANDATA CIRCUITO UTA SALA CINEMA
RITORNO CIRCUITO UTA SALA CINEMA
MANDATA CIRCUITO UTA STAZIONE
RITORNO CIRCUITO UTA STAZIONE
MANDATA CIRCUITO VENTIL. CABINA DI PROIEZIONE
RITORNO CIRCUITO VENTIL. CABINA DI PROIEZIONE
EP3
EP4
EP5
EP11
COLLETTORE ACQUA REFRIGERATA
COLLETTORE ACQUA CALDA
CARICO IMPIANTO
CARICO IMPIANTO
80 l
2,8 bar
400 l
2,8 bar

lamenti disposti fra le lastre a doppia curvatura, per prevenirne l'appannamento. Anche il pavimento è riscaldato, in modo da mantenere asciutta la superficie calpestabile, a tutela della sicurezza dei turisti.
Dodici ventilatori celati nel controsoffitto e sopra le porte provvedono alla ventilazione forzata delle cabine, tutte dotate di schermi video che riportano informazioni sulle condizioni meteorologiche, gli orari di apertura degli impianti e il rischio di valanghe, oltre ad altre notizie di interesse per i passeggeri e alle immagini riprese dalla telecamera esterna.
In caso di esercizio notturno o di manifestazioni, pareti e pavimento sono dotate di lampade LED per l'illuminazione. Sotto il profilo del design, delle tecnologie per la climatizzazione e del comfort, le tre stazioni non sono da meno delle cabine.

Stazione a valle: centrale e impianti termici

Situata nei pressi dell'abitato di Entreves, a breve distanza dal Traforo del Monte Bianco, la stazione di valle (superficie circa 3.900 m^2 su due livelli; T esterna di progetto -14 °C; classe energetica A) è parzialmente aperta. Preceduta dai parcheggi a raso (per auto e bus) e coperto (circa 300 posti auto), la stazione accoglie le banchine di salita e discesa dalle cabine e gli uffici di informazione turistica e della società di gestione, oltre a biglietteria, bar, infermeria, locali tecnici e ai servizi igienici.
L'edificio è caratterizzato da una copertura a onda, dall'aspetto volutamente ispirato a forme aerodinamiche, funzionale a proteggere le strutture (travi reticolari e pilastri ad albero in acciaio) e gli spazi sottostanti dal possibile "soffio" della valanga e a favorire l'inserimento paesaggistico dell'edificio nel contesto montano. La potenza dell'impianto fotovoltaico sulla copertura è di 13,968 kWp.
La produzione dei fluidi termovettori è affidata a una pompa di calore acqua/acqua (78,9 kWt) alimentata ad acqua di pozzo (T circuito sorgente 5÷2 °C; T acqua riscaldamento 50÷45 °C), dotata di 2 compressori semiermetici scroll e suddivisa su due circuiti frigoriferi separati, per garantire la massima modulazione in base alla reale richiesta energetica dell'edificio.
Un accumulatore termico (5.000 l) provvede a stoccare l'energia recuperata dal sistema di frenatura dell'impianto funiviario, mediante 2 resistenze elettriche corazzate (50 kW ciascuna) il cui inserimento a gradini è gestito in funzione della potenza di frenatura disponibile e della temperatura dell'acqua, con possibilità di integrazione attraverso energia elettrica prelevata dalla rete.
È inoltre presente un sistema di recupe-

In tutte le stazioni sono presenti accumulatori termici per lo stoccaggio dell'energia termica recuperata dal sistema di frenatura dell'impianto funiviario, che impiegano resistenze elettriche corazzate per il riscaldamento dell'acqua (Dimensione Ingenierie).

Minimizzare l'impatto ambientale ed energetico

L'ing. Marco Petrella (Dimensione Ingenierie) si è occupato del coordinamento progettuale generale e ha diretto i lavori: «Per le sue caratteristiche tecniche, l'opera costituisce uno degli impianti funiviari più importanti ed evoluti mai realizzati in Europa, perciò l'intero team professionale ha curato con estrema attenzione tutti gli aspetti, fra cui la minimizzazione dell'impatto ambientale ed energetico.
La coibentazione di tutti i fabbricati, per ridurre al minimo le dispersioni, e l'impiego di soluzioni per utilizzare al meglio le risorse disponibili hanno consentito di ottimizzare il fabbisogno energetico. Ad esempio, parte dell'energia necessaria al funzionamento degli edifici è generata da impianti fotovoltaici concepiti espressamente per fronteggiare le particolari condizioni climatiche dei singoli siti. Sul fronte dei sistemi termici, l'energia elettrica prodotta da entrambe le funivie durante la fase di frenatura o di carico negativo (cabina carica in discesa) viene recuperata per alimentare un sistema di accumulo dell'acqua dotato di resistenze elettriche, poi impiegata per l'alimentazione delle utenze in riscaldamento e delle batterie di riscaldamento delle u.t.a..
Tutti gli impianti di riscaldamento sono realizzati con pavimenti e pannelli a parete di tipo radiante, ad alta efficienza, gestiti attraverso l'uso di pompe di calore che, nel caso della stazione Pontal, utilizzano acqua di falda per recuperare una quota parte del calore latente. L'uso di combustibili di origine fossile è limitato ai soli motori a gasolio dei gruppi elettrogeni di emergenza presenti nelle stazioni.
La realizzazione di un impianto di depurazione, destinato al trattamento dei reflui di Punta Helbronner e del Rifugio Torino, situato nella vecchia sala macchine del 2° tronco funiviario, e della rete fognaria al servizio della stazione Pavillon, con connessione diretta con il collettore della frazione La Palud, costituiscono ulteriori aspetti rilevanti sotto il profilo ecologico».

ro del calore che si produce nella sala argani. La distribuzione ai terminali è affidata a una rete pressurizzata con elettropompe elettroniche a portata variabile, composta da tubazioni in acciaio nero a giunzioni saldate (coibentazione in elastomero espanso) e in acciaio dolce a giunti pressati.

Il bar è dotato di un impianto di ventilazione a tutt'aria (mandata 2.500 m^3/h; ripresa 2.000 m^3/h; recupero del calore 85%) per il ricambio dell'aria in base all'affollamento dei locali tramite controllo della qualità dell'aria, e da un'unità termoventilante (7.000 m^3/h) dotata di ventilatore, batteria di riscaldamento/raffrescamento ad acqua e camera di miscela, per il riscaldamento degli ambienti.

La mandata dell'aria è affidata a canalizzazioni in pannelli sandwich di poliuretano espanso, che collegano bocchette a parete ad alta induzione e diffusori lineari a soffitto. La ripresa è suddivisa fra locale bar, locale preparazione vivande e servizi igienici, con canalizzazioni in pannelli sandwich di poliuretano espanso.

Uffici, infermeria e il locale di controllo dell'impianto funiviario sono climatizzati con ventilconvettori, mentre spogliatoi, alloggi del personale e servizi igienici sono equipaggiati con radiatori; nelle officine sono presenti aerotermi a soffitto. Uffici, infermeria, servizi igienici e spogliatoi sono dotati di impianto per il ricambio igienico dell'aria (mandata 2.200 m^3/h; ripresa 2.050 m^3/h; recupero del calore 85%).

Le difficoltà incontrate nella realizzazione del campo geotermico a Pavillon du Mont Fréty hanno indirizzato verso l'installazione di pompe di calore aria/acqua posizionate in una delle terrazze inferiori dell'edificio (Pastoret Engineering & Consulting).

Tutti i regolatori locali sono collegati mediante linea bus al programmatore centrale degli impianti termici, posto nella centrale termica. Nella stazione di valle è inoltre presente la postazione di controllo centrale che, tramite ponte radio, dialoga con le postazioni delle altre stazioni permettendo l'effettuazione di tutte le operazioni.

Stazione intermedia: la centrale termofrigorifera

La stazione di Pavillon du Mont Fréty sostituisce quella preesistente, situata a breve distanza e ridestinata a sede museale. Si tratta di un edificio completamente chiuso (superficie circa 3.400 m^2, su quattro livelli; T esterna di progetto -20 °C; classe energetica A+) che sfrutta solo una parte degli spazi pianeggianti disponibili nel sito, dove sono presenti un giardino botanico e le infrastrutture funiviarie originarie.

Si tratta di una vera e propria stazione turistica dotata di bar e ristoranti tutti con terrazza panoramica, più sala multimediale (148 posti a sedere), spazi

Il bar alla stazione di Pavillon du Mont Fréty: in caso di ambienti caratterizzati da ampie vetrate, i pavimenti radianti a secco sono impiegati per recuperare il calore in eccesso prodotto dall'irraggiamento solare (Daniele Domenicali - Schüco International Italia).

Le superfici radianti a secco sono composte da pannello isolante per l'alloggiamento delle tubazioni, lamelle termoconduttrici per la diffusione del calore e doppia lastra in acciaio per l'esecuzione del massetto a secco (Pastoret Engineering & Consulting).

La stazione di monte a Punta Helbronner si distingue per i numerosi volumi aggettanti: nell'immagine è visibile una delle cabine panoramiche rotanti, equipaggiate con dispositivi che favoriscono il comfort dei passeggeri (Daniele Domenicali - Schüco International Italia).

commerciali e aree per esposizioni e comunicazioni tematiche, tutti collegati da ascensori interni. I percorsi naturalistici esterni portano al giardino botanico e al solarium all'aperto.

Anche in questo caso l'immagine architettonica è incentrata su forme morbide curve, con abbondanza di superfici trasparenti che delimitano spazi caratterizzati da altezze interne considerevoli, posti al di sotto delle banchine di partenza e arrivo delle cabine.

Il progetto originario prevedeva una centrale termica basata su 2 pompe di calore acqua/acqua collegate a un campo geotermico composto da 18 sonde (profondità circa 250 metri), oltre al sistema di recupero dell'energia termica dal sistema di frenatura dell'impianto funiviario.

In sede di realizzazione del campo sono state riscontrate notevoli difficoltà sino dalle prime operazioni di perforazione: la stratigrafia del terreno, composto da roccia a tratti fratturata tanto da causare la perdita del fluido di perforazione, ha infatti comportato il blocco delle apparecchiature a fondo foro.

Queste difficoltà tecniche e l'esito non incoraggiante dei test di risposta geotermica effettuati sulle uniche due sonde posate in opera (a una profondità inferiore a metà di quella attesa) hanno indotto l'impresa a dare seguito a una soluzione alternativa, basata sull'impiego di pompe di calore aria/acqua di tipo analogo a quelle previste per la stazione di monte Punta Helbronner, con contestuale variante alle opere impiantistiche e alle relative aree tecniche.

La nuova configurazione ha comunque consentito il collegamento diretto fra i dispositivi di generazione dei fluidi termovettori e le unità di trattamento dell'aria, evitando il transito delle dorsali all'interno della stazione e incrementando la superficie del locale destinato alla manutenzione degli impianti funiviari.

La centrale termofrigorifera realizzata è composta da:

- 2 unità polivalenti in pompa di calore aria/acqua reversibili multifunzione a doppio ciclo di compressione (con gas R410a e compressori scroll full inverter, adatti a lavorare a basse temperature

Sinergie tecnologiche per il recupero del calore

Il p.i. Alex Besenval (Pastoret Engineering & Consulting) si è occupato della progettazione delle varianti migliorative proposte dal RTI in sede di gara d'appalto - in particolare dei sistemi di produzione dell'energia termica al servizio delle tre stazioni - e ha poi seguito la progettazione costruttiva delle opere impiantistiche per conto del Consorzio Cordée Mont Blanc, svolgendo anche il ruolo di consulente nella fase di realizzazione.

«Rispetto al progetto posto a base di gara sono state effettuate alcune modifiche di rilievo. Per quanto riguarda la produzione di energia, in luogo del previsto cogeneratore nella stazione di Punta Helbronner sono state installate due pompe di calore aria/acqua, a doppio ciclo, in grado di funzionare con temperature dell'aria esterna fino a -30 °C. Durante la gara abbiamo puntato anche all'implementazione dei sistemi di recupero energetico. Le u.t.a. sono equipaggiate con recuperatori di calore ad altissima efficienza, che utilizzano silica gel e motori a velocità variabile. I locali dotati di ampie superfici trasparenti, più sensibili all'irraggiamento solare, dispongono di superfici radianti a secco (4 tubi) caratterizzate da una ridotta inerzia termica, grazie alle quali viene sottratto il calore in eccesso agli ambienti poi impiegato per le batterie delle u.t.a..

Ulteriori sistemi di recupero interessano le stazioni motrici funiviarie: tramite pompe di calore aria/acqua connesse con gli impianti di produzione dell'a.c.s., si recupera il calore prodotto nelle sala argani dai motori

esterne, e con gas R134a per produzione di acqua calda con compressori scroll, più ventilatori plug-fan a pale curve e con inverter), che producono acqua calda (50÷45 °C) e refrigerata (10÷15°C) per la climatizzazione degli ambienti, oltre all'acqua calda sanitaria;
- 2 unità polivalenti in pompa di calore aria/acqua per la sola produzione di acqua calda per riscaldamento, con caratteristiche simili alle precedenti.

Il tutto per una potenza globale di 294,16 kWt complessivi, con T aria esterna -20 °C, e di 191,4 kWf complessivi, con T aria esterna 35 °C. Le unità multifunzione possono generare una potenza termica di 138,4 kWt con acqua a 65 °C per la produzione di acqua calda sanitaria

Sono presenti 2 serbatoi inerziali per l'accumulo dell'acqua ai fini della climatizzazione (5.000 l per l'acqua calda; 2.000 litri per l'acqua refrigerata).

In parallelo alle unità polivalenti, nella sala argani sono stati installati 2 accumulatori termici (5.000 l ciascuno) nei quali viene stoccata l'energia termica recuperata dal sistema di frenatura dell'impianto funiviario, grazie a 4 resistenze elettriche corazzate (50 kW ciascuna) con inserimento e integrazione regolati come nella stazione di valle.

Sono inoltre presenti sistemi per il recupero del calore prodotto nella sala argani e dalle acque grigie di scarico. È presente un impianto antincendio tipo sprinkler al servizio dell'intera stazione.

L'impianto fotovoltaico presenta una potenza di 20 kWp.

Stazione intermedia: gli impianti negli ambienti

I circuiti di alimentazione dei terminali in ambiente prendono origine dalla stazione termica, che distribuisce:
- le superfici radianti a pavimento, a soffitto e a parete per il riscaldamento di quasi tutti i locali;
- i ventilconvettori per il riscaldamento/raffrescamento della cabina di proiezione e per il riscaldamento del locale di controllo degli impianti funiviari;
- i pavimenti e le pareti radianti per il riscaldamento del museo - ubicato nella vecchia stazione della funivia soggetta a parziale demolizione e ricostruzione;
- gli impianti di ventilazione del tipo a tutt'aria, per il riscaldamento/raffrescamento del cinema e il ricambio igienico dell'aria al servizio del nuovo edificio e

Vista del belvedere alla stazione di Punta Helbronner: gli impianti, basati su pompe di calore aria/acqua, sono stati progettati per operare con temperature esterne dell'aria di -30 °C e con velocità del vento superiori a 100 km/h (Daniele Domenicali - Schüco International Italia).

elettrici e dai quadri di potenza. Analogamente viene anche recuperato il calore latente presente nelle acque grigie in uscita della stazione Pavillon.
Siamo anche riusciti a sfruttare il pozzo strutturale posto sotto la stazione di monte, collegato all'esterno attraverso la galleria che porta al Rifugio Torino, nel quale è stata inserita una presa per l'aria. A seconda delle esigenze, l'impianto di ventilazione può attingere all'aria esterna o a quella, generalmente a temperatura più elevata, proveniente da circa 100 metri più in basso, sfruttando l'effetto geotermico per il preriscaldamento dell'aria».
Qual è stato l'aspetto più impegnativo della commessa?
«Sicuramente quello legato alle regolazioni, che stiamo affinando in questa prima fase di attività dell'impianto funiviario, e al cambio repentino delle condizioni metereologiche, che possono passare in breve tempo da condizioni nuvolose a cielo limpido e soleggiato o viceversa, cambiando sia le temperature e l'umidità dell'aria esterna sia le condizioni ambientali interne per effetto dell'irraggiamento solare attraverso le ampie superfici vetrate, che non sono state dotate di schermature per poter far godere il pubblico del meraviglioso panorama circostante.
Anche per questa ragione abbiamo privilegiato i sistemi di recupero dell'energia, che forniscono sufficienti garanzie di flessibilità al funzionamento degli impianti termici»

degli ambienti adibiti a museo. Nelle zone soggette a una particolare influenza dell'irraggiamento solare sul pavimento, per ridurre l'inerzia termica dello stesso e consentire il recupero del calore accumulato, le superfici radianti sono del tipo a secco composte da:
- pannello isolante in polistirene sinterizzato bugnato, per l'alloggiamento della tubazione in polietilene reticolato completo di barriera antiossigeno;
- lamelle termoconduttrici per la diffusione del calore;
- sovrapposizione di doppia lastra in acciaio per l'esecuzione del massetto a secco e ripartizione del carico, sulla quale è stata posata la pavimentazione di finitura.

Questi pannelli sono collegati a un circuito secondario, che permette il recupero del calore in eccesso accumulato dal pavimento, e sono alimentati dall'acqua refrigerata delle pompe di calore multifunzione che, contemporaneamente alla produzione di acqua refrigerata, restituiscono gratuitamente acqua calda a 65 °C per la produzione di acqua calda sanitaria.

I collettori di distribuzione dei pannelli radianti interessati dal sistema di recupero sono alimentati da un sistema quattro tubi, in particolare da un circuito derivato dalla dorsale dell'impianto di riscaldamento e dal circuito di recupero. La commutazione del tipo di funzionamento è affidata a due valvole a due vie pilotate dal regolatore del locale in funzione della temperatura ambiente.

A causa dell'elevata superficie delle pareti trasparenti, i locali di sbarco e imbarco della funivia rivolti a monte presentano superfici radianti integrative a soffitto; nei locali di sbarco e imbarco esposti a valle l'impianto di riscaldamento radiante è integrato da ventilconvettori. Gli ambienti riservati agli addetti alla gestione dell'impianto il dispongono di ventilconvettori.

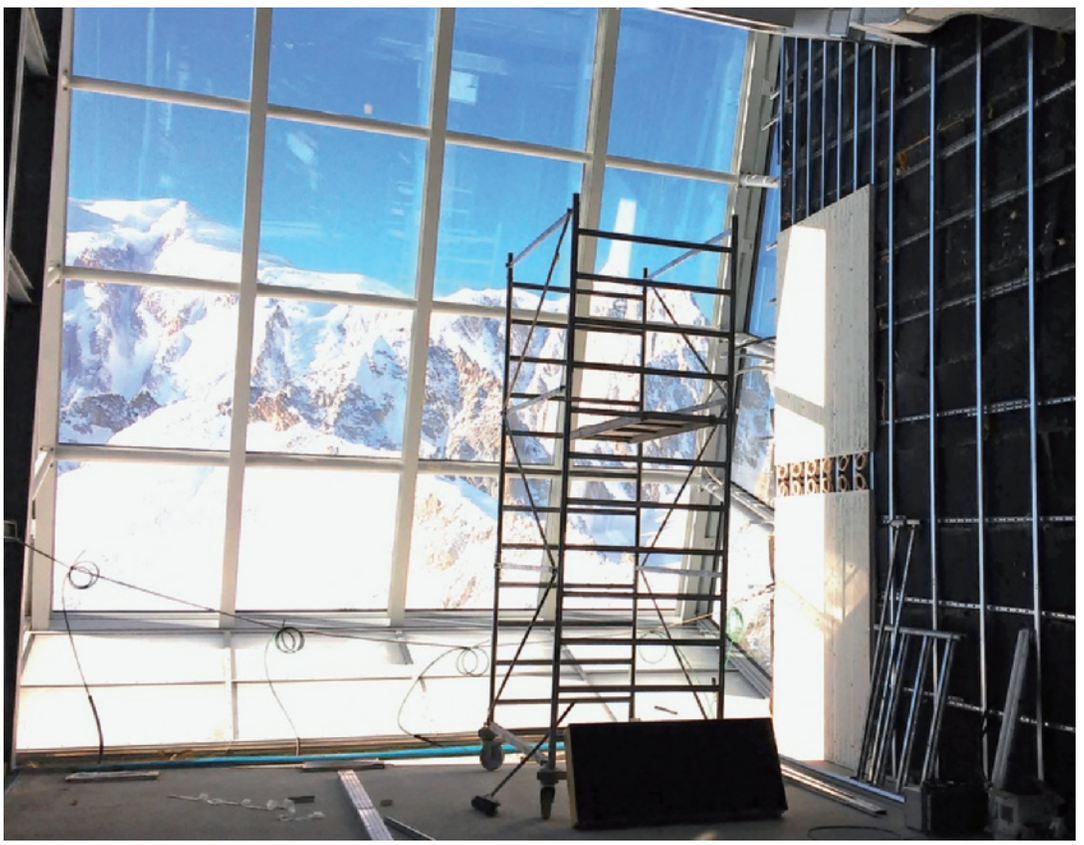
La u.t.a. al servizio dell'intera stazione (mandata 10.500 m^3/h; ripresa 9.800 m^3/h) è dotata di recuperatore di calore rotativo ad alta efficienza (rendimento temperatura 66%, rendimento umidità 74%) e di ventilatori ad alta efficienza, con girante direttamente accoppiata al motore dotato di inverter per la modulazione in continuo della portata d'aria.

Una u.t.a. dedicata (mandata-ripresa: 10.000 m^3/h) provvede alla climatizzazione della sala multimediale: è dotata di recuperatore di calore rotativo (efficienza di temperatura 75%; rendimento umidità 82%) con controllo dell'umidità relativa mediante sonde di misura su mandata e ripresa dell'aria. Date le condizioni ambientali del sito (assenza di elevati valori di umidità associati a valori elevati di temperatura) non è prevista la deumidificazione.

Il museo è equipaggiato con pannelli radianti annegati nel massetto dei pavimenti e, nei locali che presentano una elevata percentuale di pareti vetrate esposte all'esterno, con pannelli radianti del tipo a secco installati a parete, utili a integrare la potenza dei pavimenti radianti quando necessario.

Anche in questo caso è presente una u.t.a. (mandata 1.000 m^3/h; ripresa 9.000 m^3/h) dedicata dotata di recuperatore di calore (rendimento temperatura 73%; rendimento umidità 79%). Per contenere le infiltrazioni d'aria fredda dall'esterno, le porte di comunicazione con l'esterno maggiormente utilizzate sono dotate di lame d'aria con batterie ad acqua calda e ventilatore comandato dall'apertura della porta.

In generale i circuiti e i dispositivi idronici, le canalizzazioni aerauliche, i terminali e i sistemi di regolazione sono realizzati con i medesimi materiali, prodotti e tecnologie previsti per la stazione di valle.



Anche a Punta Helbronner le superfici interne più esposte all'irraggiamento solare sono equipaggiate con pannelli radianti che, in caso di forte irraggiamento solare, sottraggono calore agli ambienti per stoccarlo e riutilizzarlo (Pastoret Engineering & Consulting).

Stazione a monte: centrale e impianti termici

Anche la stazione di Punta Helbronner (circa 2.250 m^2, disposta su due livelli interrati e quattro fuori terra; T esterna di progetto -30 °C; classe energetica A+) è interamente chiusa: si sviluppa interamente in territorio italiano fra le ripide pendici della cresta, lungo la quale corre

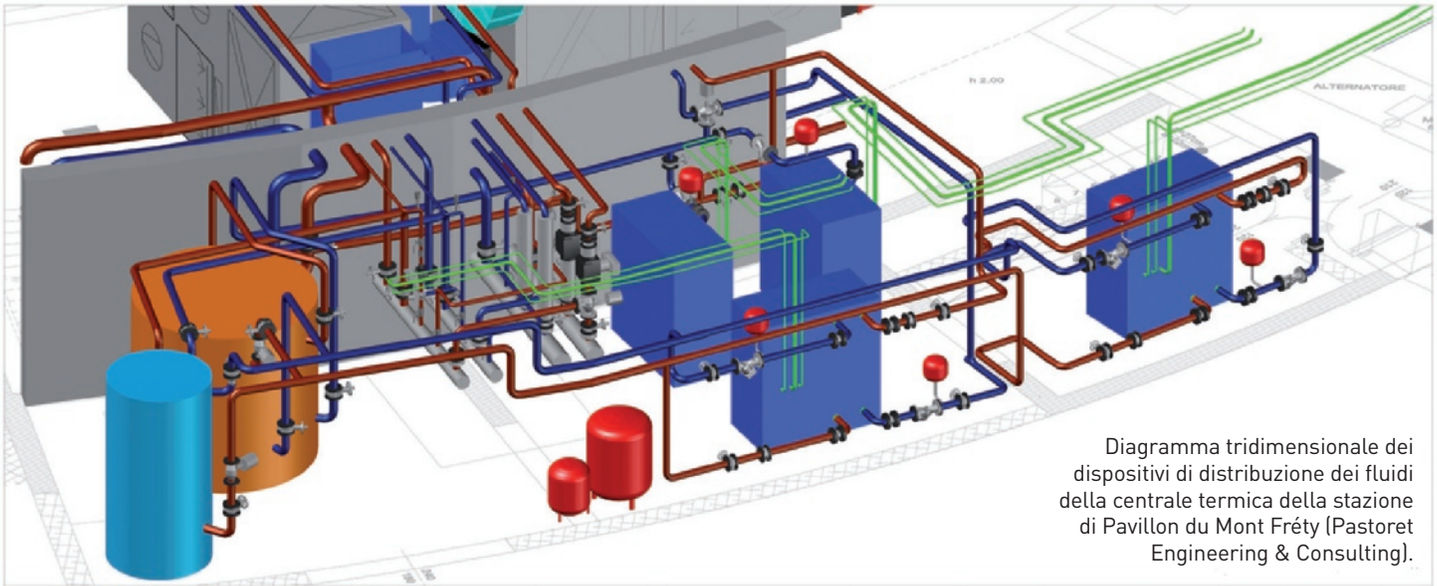


Diagramma tridimensionale dei dispositivi di distribuzione dei fluidi della centrale termica della stazione di Pavillon du Mont Fréty (Pastoret Engineering & Consulting).

il confine con la Francia, grazie all'impiego di materiali a elevatissime prestazioni idonei a garantire sicurezza ed elevate prestazioni energetiche.
In questo caso le fluide forme architettoniche sono funzionali a evitare l'accumulo di neve e ghiaccio sulle superfici esterne dell'edificio, aiutate dalle caratteristiche termostatiche dei materiali di rivestimento.
La ridotta area d'intervento e il magnifico panorama hanno reso necessaria la creazione di elementi aggettanti, fra cui una spettacolare terrazza panoramica posta sulla copertura.
La stazione si trova a un'altezza più elevata rispetto al preesistente Rifugio Torino. Per permettere l'ancoraggio delle funi (tiro totale circa 660 ton) sul substrato roccioso, il nuovo edificio è posto sulla sommità di un pozzo in calcestruzzo armato del diametro interno di 5 m (spessore medio 1 m), profondo circa 90 metri. Grazie a un doppio elevatore e a una scala di emergenza, il pozzo collega la stazione a una galleria sottostante, parzialmente artificiale, dalla quale si raggiungono il rifugio e la sommità del ghiacciaio.
Una centrale termica equipaggiata con 2 pompe di calore aria/acqua (126 kW complessivi, con una temperatura di aria esterna a -30 °C), dotate di doppi compressori, suddivise su due circuiti frigoriferi separati (con gas R410a e compressori scroll e con gas R404a e compressore semiermetico a pistoni full inverter, più ventilatori plug-fan) per garantire la massima modulazione in base alla reale richiesta energetica dell'edificio.
Come nella altre stazioni, la produzione del fluido termovettore (miscela acqua - glicole etilico > 30%; 45 °C per il riscaldamento; 60÷65 °C per l'acqua calda sanitaria) è garantita in qualsiasi condizione mediante la duplicazione dei circuiti e la presenza, in parallelo, di un accumulatore termico (5.000 l) dotato di 2 resistenze elettriche corazzate (50 kW ciascuna) di backup.
Il riscaldamento degli ambienti è prevalentemente affidato a pannelli radianti a pavimento, a soffitto e a parete. Anche nella stazione a monte sono presenti sistemi di recupero termico del calore accumulato dai pannelli radianti posti nelle zone particolarmente influenzate dall'irraggiamento solare (bar e cupola panoramica).
Questi pannelli sono collegati a un circuito secondario che permette il recupero del calore in eccesso accumulato dal pavimento, collegato al circuito sorgente di una pompa di calore acqua/acqua dedicata che trasferisce il calore alle batterie di riscaldamento delle u.t.a. o alle altre utenze in riscaldamento. Nei locali di sbarco e imbarco l'impianto il riscaldamento radiante è integrato-da ventilconvettori. Gli ambienti riservati agli addetti alla gestione dispongono di ventilconvettori.
Il ricambio dell'aria è assicurato da una u.t.a. a tutt'aria esterna (8.000 m^3/h)), dotata di recuperatore di calore del tipo rotativo (rendimento temperatura 66%; rendimento umidità 74%), con regolazione della temperatura dell'aria di mandata a punto fisso e possibilità di funzionamento sia in riscaldamento sia in sola ventilazione.
Oltre alla possibilità di free-cooling, è presente una seconda presa dell'aria esterna sul fronte di ingresso del tunnel, in prossimità del Rifugio Torino, dalla quale l'aria viene convogliata alla u.t.a. attraverso condotti in pvc annegati nella pavimentazione, realizzando così il preriscaldamento geotermico dell'aria.
Le porte di comunicazione con l'esterno di maggiore utilizzazione sono dotate di lame d'aria, azionate automaticamente all'apertura delle porte. Il controllo automatico dell'umidità ambiente è previsto tramite umidificazione a vapore con controllo dell'umidità relativa, tramite sonde di misura sulla mandata e sulla ripresa dell'aria; non è prevista la deumidificazione.
Anche in questo caso apparati e reti tecnologiche sono simili a quelli installati nelle altre stazioni. La potenza dell'impianto fotovoltaico è di 12,76 kWp. ■

© RIPRODUZIONE RISERVATAw