



Società Italiana di Geologia Ambientale (SIGEA)
Sezione Puglia

con il patrocinio



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA, ESPERIENZE A CONFRONTO.

Dall'individuazione delle aree alla scelta
delle soluzioni impiantistiche per gli usi diretti

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus Viale Japigia, 188i

**ENERGIA DA FONTE GEOTERMICA A BASSA
ENTALPIA IN EDIFICI CONDOMINIALI**

Giuseppe Bitetti - Ingegnere libero professionista - Bari

TECNOLOGIA IMPIANTO A CIRCUITO APERTO: SCHEMA D PRINCIPIO

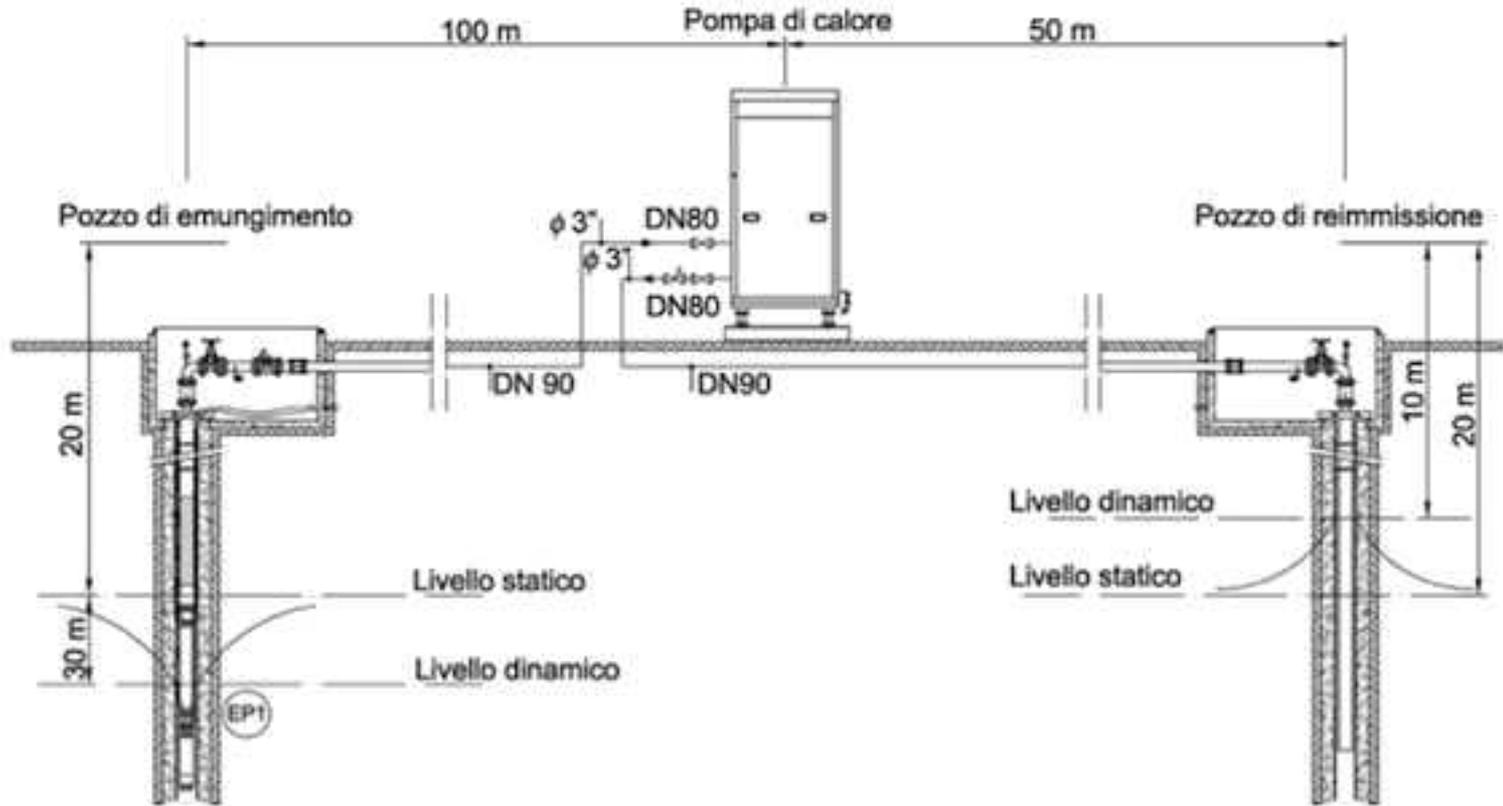


Figura 3.9

Schema di sistema ad acqua di falda (GWHP) con recapito tramite pozzo di reimmissione

Nei sistemi a scambio diretto, i parametri di dimensionamento sono:

- la temperatura dell'acqua di falda;
- la temperatura di mandata e ritorno dalla PDC;
- le prestazioni nominali (COP e EER) della PDC;
- il carico termico di progetto dell'edificio.

La portata si ottiene tramite la seguente procedura in riscaldamento:

$$\begin{aligned}
 P_{PH} &= P_{GEOH} + P_{EL} = c_p \cdot Q \cdot \Delta T + P_{EL} = c_p \cdot Q \cdot (T_{H_2Oin} - T_{H_2Oout}) + \frac{P_{PH}}{COP} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \left(P_{PH} - \frac{P_{PH}}{COP} \right) &= c_p \cdot Q \cdot (T_{H_2Oin} - T_{H_2Oout}) \Rightarrow \\
 \Rightarrow \left(\frac{COP - 1}{COP} \right) \cdot P_{PH} &= c_p \cdot Q \cdot (T_{H_2Oin} - T_{H_2Oout}) \Rightarrow \\
 \Rightarrow Q &= \frac{P_{PH}}{c_p \cdot (T_{H_2Oin} - T_{H_2Oout})} \cdot \left(\frac{COP - 1}{COP} \right)
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

dove

- P_{PH}, P_{PC} = potenza di picco per riscaldamento e raffreddamento edificio (W)
- P_{GEOH}, P_{GEOC} = potenza estratta/riversata tramite acqua di falda (W)
- P_{EL} = potenza elettrica fornita alla pompa di calore (W)
- c_p = calore specifico dell'acqua di falda a pressione costante (kJ/(kg °C))
- Q = portata dell'acqua di falda (l/h)
- T_{H2Oin} = temperatura (°C) dell'acqua di falda in ingresso alla pompa di calore
- T_{H2Oout} = temperatura (°C) dell'acqua di falda in uscita dalla pompa di calore
- COP, EER = coefficiente di performance atteso in riscaldamento/raffrescamento.

e raffreddamento:

$$\begin{aligned}
 P_{PC} &= P_{GEOC} - P_{EL} = c_p \cdot Q \cdot \Delta T - P_{EL} = c_p \cdot Q \cdot (T_{H_2Oout} - T_{H_2Oin}) - \frac{P_{PC}}{EER} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \left(P_{PC} + \frac{P_{PC}}{EER} \right) &= c_p \cdot Q \cdot (T_{H_2Oout} - T_{H_2Oin}) \Rightarrow \\
 \Rightarrow \left(\frac{EER + 1}{EER} \right) \cdot P_{PC} &= c_p \cdot Q \cdot (T_{H_2Oout} - T_{H_2Oin}) \Rightarrow \\
 \Rightarrow Q &= \frac{P_{PC}}{c_p \cdot (T_{H_2Oout} - T_{H_2Oin})} \cdot \left(\frac{EER + 1}{EER} \right)
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

**TECNOLOGIA
IMPIANTO A
CIRCUITO
CHIUSO
SCHEMA DI
PRINCIPIO**

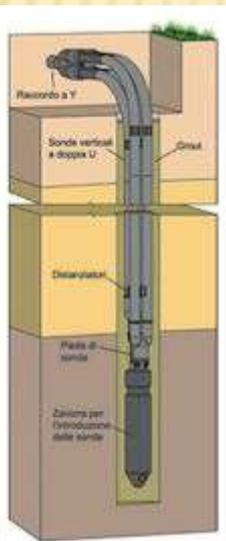
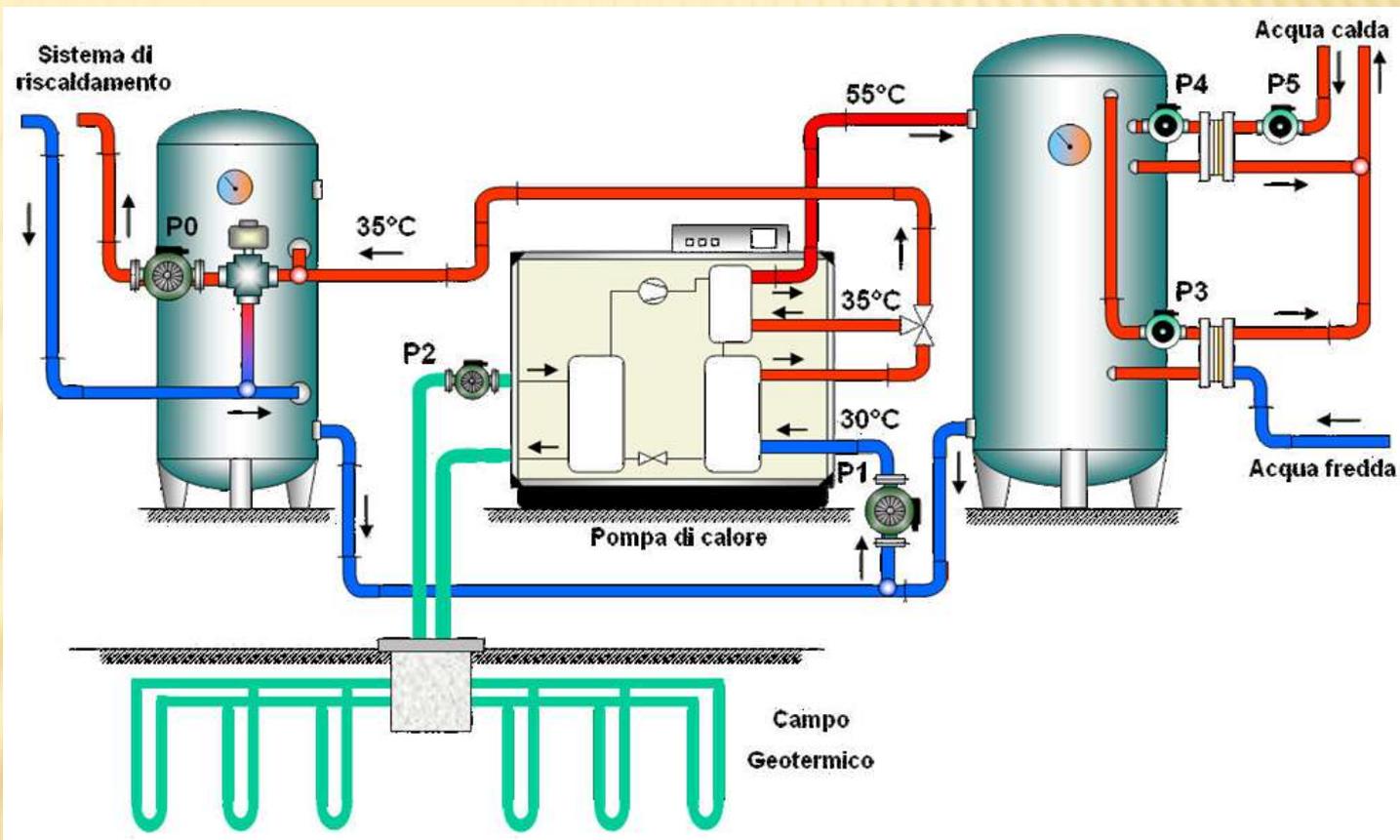


Figura 3.1
Schema delle componenti tecniche
di una sonda verticale a doppia U

Il calcolo della lunghezza delle sonde deve essere vincolato alle seguenti condizioni:

- le temperature del terreno in prossimità del pozzo non devono scendere al di sotto di 0 °C per evitare il congelamento delle porzioni di terreno umido;
- il raggiungimento di potenze adeguate al fabbisogno termico e/o frigorifero dell'edificio e compatibile con la potenza ottenibile tramite la PDC;
- la stima e il controllo degli effetti termici dovuti al prelievo o smaltimento di calore nel terreno sul breve e sul lungo periodo, per evitare che si verifichi un eccessivo decremento o incremento termico del sottosuolo;
- il controllo delle temperature del fluido termovettore in modo che la PDC operi dentro un intervallo compatibile con il suo corretto funzionamento.

In Europa, gli standard di dimensionamento delle sonde verticali sono definiti dalla tedesca VDI 4640 (VDI Richtlinien 4640, 2001) e dall'ente svizzero Swiss Bundesamt fuer Energiewirtschaft. La scelta e' funzione della taglia del progetto: la normativa VDI 4640 distingue tra impianti GSHP con potenza inferiore o superiore a 30 kW. Per i primi valgono metodologie di dimensionamento semplificate basate su tabelle e nomogrammi; per i secondi si ricorre a calcoli analitici o a software di dimensionamento dedicati.

Le condizioni di utilizzo del dimensionamento tabellare sono:

- piccoli impianti (potenza < 30 kW e meno di 2400 h/a di funzionamento);
- solo riscaldamento con o senza produzione di acqua calda sanitaria; per sonda unica (non valido per un campo) e con una lunghezza compresa tra 40 e 100 m;
- bassa densita' di sonde geotermiche nei dintorni (non valido per quartieri con alta densita' d'installazioni);
- temperatura minima del fluido termovettore;
- condizioni di pianura; tubi a doppia U con diametri di 19, 25 o 32 mm o coassiali con diametri di almeno 60 mm.

Tabella 3.4. Valori di estrazione specifica per le sonde geotermiche verticali relativamente al litotipo di riferimento. I valori consigliati per il dimensionamento sono quelli relativi alle 2400 ore di funzionamento annuo (fonte: VDI Richtlinien 4640, 2001)

Sottosuolo		Potenza estrazione specifica	
		Per 1800 ore	Per 2400 ore
Valori generali di riferimento	Terreno termicamente "povero" (sedimenti secchi) (conducibilità termica < 1.5 W/(m K))	25 W/m	20 W/m
	Valori medi per ammassi rocciosi o terreni saturi (conducibilità termica = 1.5-3.0 W/(m K))	60 W/m	50 W/m
	Rocce consolidate con elevata conducibilità (conducibilità termica > 3.0 W/(m K))	84 W/m	70 W/m
Valori specifici per litotipo	Ghiaie e sabbie, secche	< 25 W/m	< 20 W/m
	Ghiaie e sabbie, sature	65-80 W/m	55-65 W/m
	Ghiaie e sabbie con elevati flussi idraulici	80-100 W/m	80-100 W/m
	Argille, limi, umido	35-50 W/m	30-40 W/m
	Calcari massicci	55-70 W/m	45-60 W/m
	Arenarie	65-80 W/m	55-65 W/m
	Graniti	65-85 W/m	55-70 W/m
	Basalti	40-65 W/m	35-55 W/m
Gneiss	70-85 W/m	60-70 W/m	

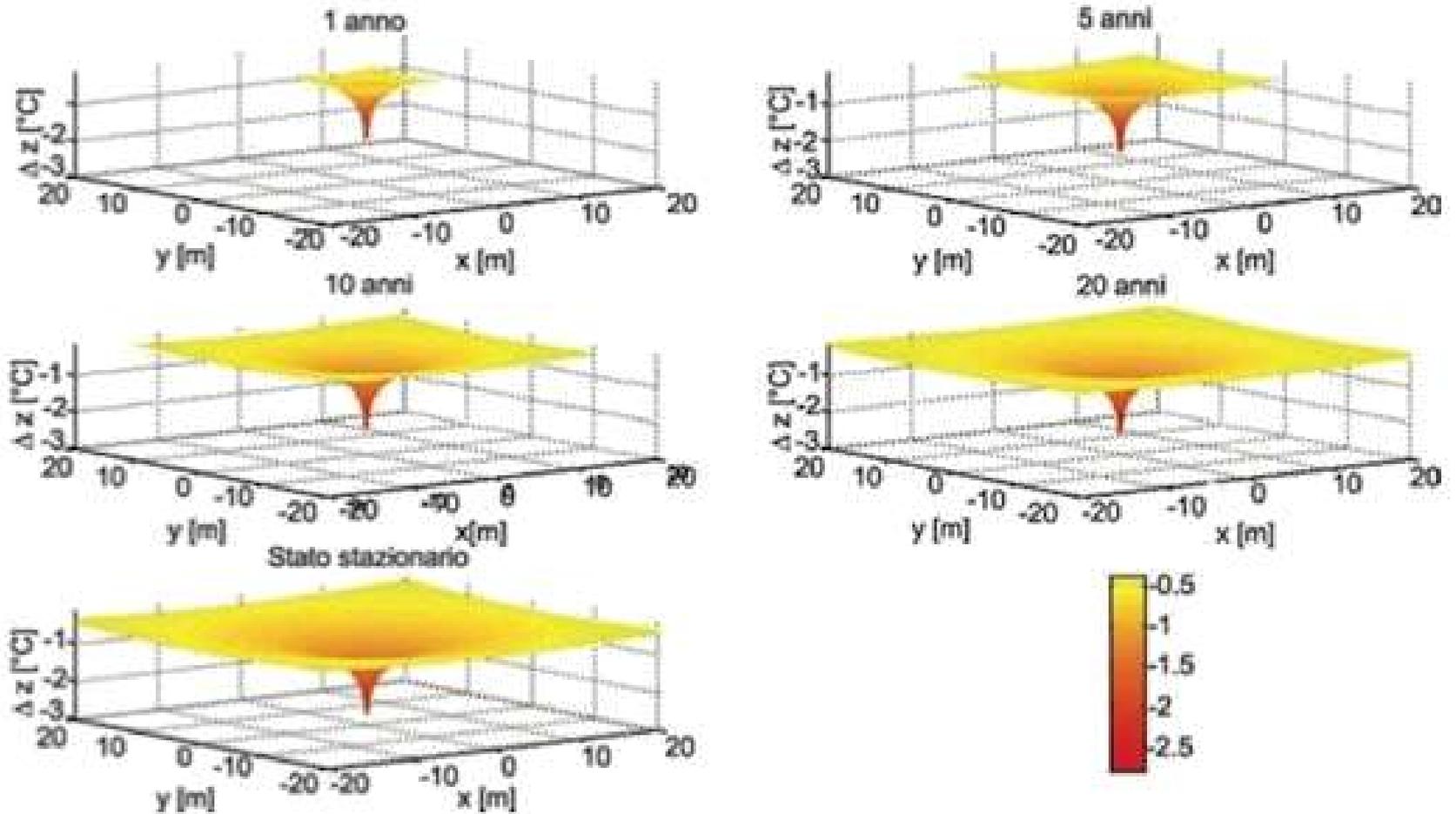


Figura 3.6
Rappresentazione delle variazioni di temperatura nel terreno circostante una sorgente di calore verticale per diversi intervalli di tempo

Il calore trasferito dalle sonde geotermiche al terreno muta in relazione alle variazioni dei carichi termici dell'edificio climatizzato. Conseguentemente, la temperatura del terreno varia per effetto dell'estrazione/immissione dell'energia nel terreno. Se il calore estratto dal terreno in inverno viene compensato con il calore immesso in estate, la temperatura media di riferimento attorno lo scambiatore di calore cambierà poco e quindi l'efficienza delle sonde geotermiche non decadrà durante l'esercizio prolungato negli anni. Al contrario, se il calore estratto in inverno non viene bilanciato dal calore immesso in estate, si avrà un abbassamento delle temperature nell'intorno dello scambiatore. In assenza di falde acquifere, uno sbilanciamento tra l'energia annuale sottratta e immessa nel terreno comporta la formazione di un imbuto termico. Se lo sbilanciamento termico permane, tale imbuto tende a crescere nel tempo fino a stabilizzarsi dopo diversi anni (generalmente 10 anni o anche più a seconda della profondità dei pozzi).

Il Test di Risposta Termica (TRT) del terreno è una metodologia sperimentale finalizzata alla determinazione in situ delle proprietà termofisiche fondamentali del terreno e dello scambiatore a terreno, necessarie per un accurato dimensionamento degli stessi. Il TRT consente infatti di determinare la conduttività termica equivalente 1_e del terreno, la temperatura del terreno indisturbato Q_g e la resistenza termica per unità di lunghezza R_b di un scambiatore a terreno di tipo verticale. Il valore di 1_e tiene conto del terreno, del materiale di riempimento e del materiale della tubazione. La misura del TRT fornisce un dato aggregato che tiene conto dell'eventuale presenza di acqua di falda in movimento, qualora la velocità della falda non determini fenomeni convettivi rilevanti. I risultati del TRT devono essere utilizzati per verificare la resa termica dello scambiatore di calore ai fini della verifica del progetto. E' pertanto uno strumento di

EDIFICI PROGETTATI CON POMPE DI CALORE ACQUA-ACQUA

- CLINICA SANTA CATERINA – BISCEGLIE
- STUDI MEDICI – VIA BOTTALICO A BARI
- AVVOCATURA DELLO STATO – VIA MELO A BARI
- HOTEL BARION – TORRE A MARE (BA)
- EDIFICIO IN VIA GARRUBA 51 – TECON SRL (MI)
- ~~EDIFICIO IMPRESA BETTIN – BARI VIA MATARRESE~~
- ~~CAMERA DI COMMERCIO – BARI~~
- ~~TEATRO PICCINNI – BARI~~
- **EX MERCATO DEL PESCE – BARI – nuovo progetto**
- **TEATRO MARGHERITA – BARI – nuovo progetto di variante**

I PRO

- **COSTANZA DELLE TEMPERATURE** (rispetto all'aria)
- **SCARSA QUALITA' DELL'ACQUA** (non crea competizioni con usi più nobili)
- **IMPATTO VISIVO NULLO** (rispetto all'eolico e al fotovoltaico)

I CONTRO

- **MAGGIORI CONSUMI ELETTRICI PER EMUNGIMENTO**
- **COSTI DELLE TRIVELLAZIONI**
- **LUNGAGGINI BUROCRATICHE PER LE CONCESSIONI**

D. LGS. 152/2006 “NORME IN MATERIA AMBIENTALE”

Art. 2 “l’autorità competente può autorizzare gli scarichi nella stessa falda delle acque utilizzate per scopi geotermici, delle acque di infiltrazione di miniere o cave o delle acque pompate nel corso di determinati lavori di ingegneria civile, ivi comprese quelle degli impianti di scambio termico.”

Per quanto riguarda le piccole utilizzazioni locali di calore geotermico, ai sensi dell'articolo 10 del D.Lgs. 22/2010 *“Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99”*, vengono distinte due tipologie:

- ✘ a) quelle che consentono la realizzazione di impianti di potenza inferiore a 2 MW termici, ottenute mediante l'esecuzione di pozzi di profondità sino a 400 metri per ricerca, estrazione ed utilizzazione di fluidi geotermici o acque calde anche per l'eventuale produzione di energia elettrica con impianti a ciclo binario ad emissione nulla;
- ✘ b) quelle effettuate tramite l'installazione di sonde geotermiche che scambiano calore con il sottosuolo, senza effettuare il prelievo e la reimmissione nello stesso di acque calde o fluidi geotermici.

Le Autorità competenti per le funzioni amministrative e di vigilanza, riguardanti le piccole utilizzazioni di tipo a) e b) sono le Regioni o enti da esse delegati. Queste tipologie di utilizzazioni non sono soggette alla legislazione mineraria di cui al Regio Decreto 1927 n. 1443.

Le autorizzazioni per le utilizzazioni di tipo a) sono concesse dalle Regioni territorialmente competenti con le modalità previste dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici di cui al Regio Decreto 11 dicembre 1933 n. 1775 e dalla normativa nazionale e regionale in materia ambientale. **In questa categoria rientrano sia gli impianti per la produzione di energia elettrica sia gli impianti che permettono un “uso diretto” del calore geotermico tramite pozzi geotermici.**

Le piccole utilizzazioni di tipo b) sono sottoposte al rispetto della specifica disciplina emanata dalla Regione competente, **con previsione di adozione di procedure semplificate.**

La Direttiva CE 2009 n. 28 stabilisce un quadro comune per la promozione dell'energia da fonti rinnovabili, prefiggendo gli obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da tali fonti sul consumo finale lordo.

L'articolo 7 comma 4 del D.Lgs. del 2011 n. 28, in attuazione della sopracitata Direttiva del Parlamento Europeo, delegava il Ministero dello Sviluppo Economico a regolamentare, entro tre mesi dall'entrata in vigore del Decreto, le prescrizioni per la posa in opera degli impianti di produzione di calore da risorsa geotermica, ovvero delle sonde geotermiche, destinati al riscaldamento ed alla climatizzazione di edifici, individuando i casi di applicazione della procedura abilitativa semplificata (PAS).

Procedure amministrative:

- autorizzazione unica regionale (di cui all'articolo 12 del D.Lgs. 387/2003 e s.m.i.);
- procedura abilitativa semplificata (di cui all'articolo 6 del D.Lgs. 28/2011);
- comunicazione relativa alle attività in edilizia libera (di cui all'articolo 6, comma 11 del D.Lgs. 28/2011).

a) autorizzazione unica regionale (PAS)

L'iter autorizzativo per gli impianti a circuito aperto con prelievo di acqua di falda da pozzo prevede, come riferito dalla L.R. 18/1999 un'autorizzazione alla escavazione di pozzi per scopi di ricerca finalizzata all'utilizzazione di acqua sotterranea, la cui domanda va presentata alla *Provincia* competente per territorio corredata della documentazione tecnica riportata in allegato dalla suddetta legge; una concessione all'utilizzo di acque sotterranee, da indirizzare alla *Provincia*, redatta su carta bollata (entro un anno dal termine di scadenza dell'autorizzazione alla ricerca) e corredata della documentazione tecnica riportata dalla normativa, con specifica indicazione dell'utilizzo previsto, a pena di inammissibilità. Una copia della domanda deve essere trasmessa all'Autorità di Bacino competente per territorio per le previsioni del piano di bacino idrografico interessato. Il provvedimento viene notificato al Comune e alla Provincia interessati. La concessione ha durata quinquennale e può essere sospesa, revocata o modificata nel caso si verificano situazioni che pregiudichino l'equilibrio della falda o dell'ambiente circostante. Inoltre possono essere richiesti eventuali adempimenti di VIA previsti su scala nazionale e regionale.

b. Sonde geotermiche

Le piccole utilizzazioni che prevedono l'installazione di sonde geotermiche all'interno di perforazioni verticali appositamente realizzate nel terreno a profondità di alcune centinaia di metri e comunque non superiori a 400 m, prevedono (come da D.Lgs. 22/2010) l'adozione di procedure semplificate da parte delle Regioni. Ad oggi però la Regione Puglia non ha ancora predisposto alcun iter autorizzativo né registri regionali e monitoraggio degli impianti di produzione di calore da risorsa geotermica ovvero sonde geotermiche.

Con D.G.R. del 23 febbraio 2010 n. 456 la Regione Puglia ha affidato al Politecnico di Bari-Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale (di seguito D.I.C.A.) l'incarico di redigere lo "Studio per l'analisi dello stato dell'arte sulla geotermia a bassa entalpia nella Regione Puglia" approvando la Convenzione ad esso allegata registrata in data 09.06.2010 con numero di repertorio 011721. In data 18.07.2012 prot. n. 20094, il Politecnico di Bari ha trasmesso copia del suddetto Studio, che prevedeva, tra l'altro, la redazione di una bozza di regolamento per l'installazione di sonde geotermiche. Allo stato attuale (Gennaio 2013) si sta provvedendo alle attività di chiusura formale della convenzione e a breve verrà esaminata la bozza di regolamento regionale.

In assenza di indicazioni normative, andrebbero in ogni caso inviate al Comune alcune informazioni specifiche nell'ambito delle ordinarie procedure amministrative riguardanti la realizzazione e modifica di edifici ed impianti (D.M. n.37/08, al D.Lgs. n. 311/06 e D.P.R. n. 59/09, richiesta di permesso di costruire, D.I.A., S.C.I.A., C.I.L.). Occorrerà inoltre trasmettere all'ISPRA la documentazione necessaria per eseguire perforazioni che superino i trenta metri di profondità, come previsto dalla Legge 464/1984, almeno trenta giorni prima dell'inizio degli scavi, nonché la documentazione di fine lavori con le prove geofisiche e geologiche condotte. Come previsto dal D.Lgs. 81/2008 bisogna individuare il coordinatore della sicurezza, definire un piano di sicurezza e coordinamento, nonché di un piano operativo di sicurezza.

AREA POLITICHE PER



**REGIONE
PUGLIA**

**LA RIQUALIFICAZIONE,
LA TUTELA E LA SICUREZZA AMBIENTALE E
PER L'ATTUAZIONE DELLE OPERE PUBBLICHE**

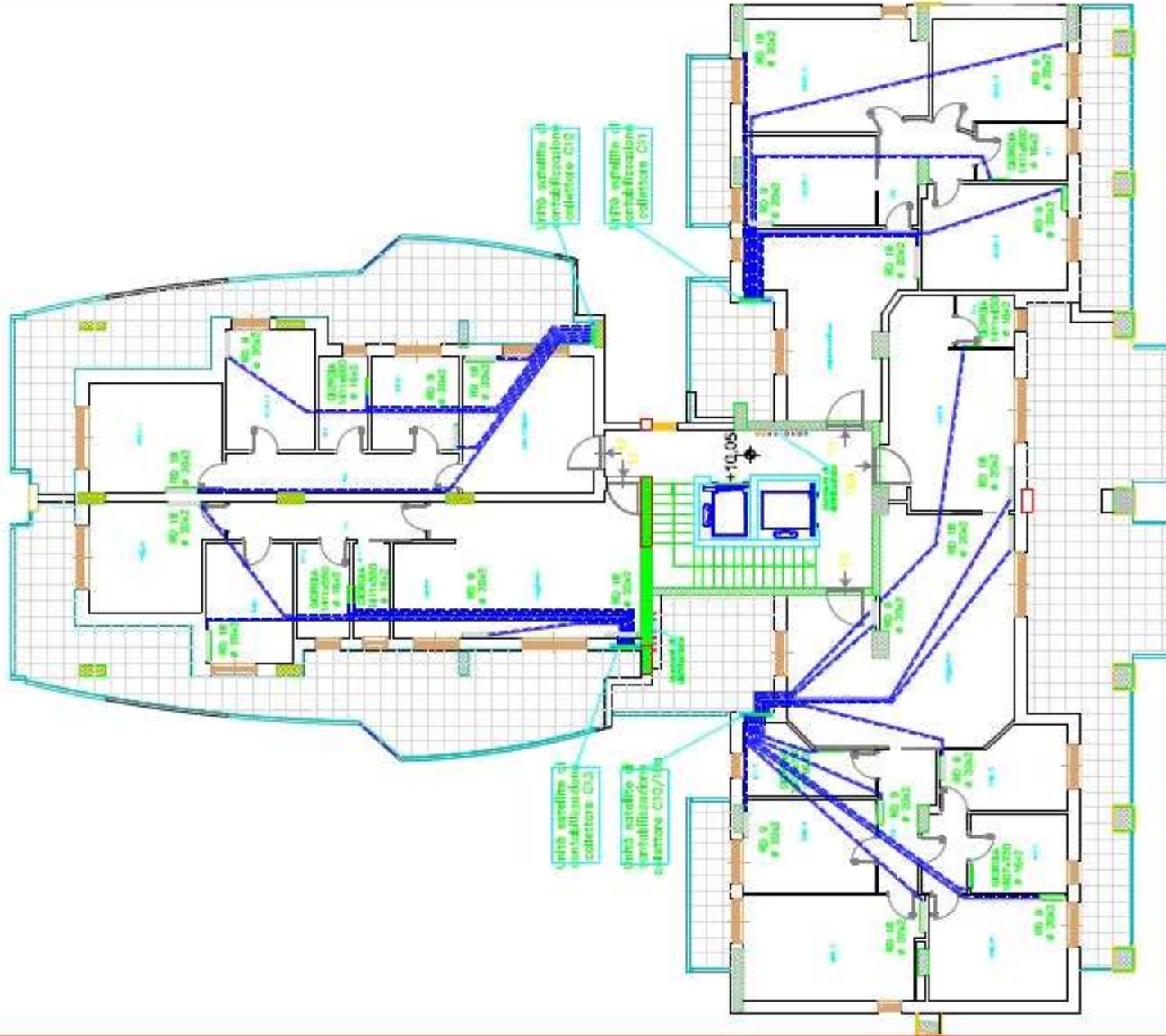
SERVIZIO ECOLOGIA

**REGOLAMENTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI
SCAMBIO TERMICO MEDIANTE L'UTILIZZO DI SONDE
GEOTERMICHE A CIRCUITO CHIUSO**



PALAZZO SALANDRA

- 27 unità immobiliari
(tra appartamenti e uffici)
- 3 attività commerciali alla strada
- 3 piani interrati ad autorimessa
- 8 piani f.t.



Pianta piano terzo

IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

- ✘ Centralizzato con contabilizzazione a gestione individuale
- ✘ Alimentato da pompa di calore geotermica acqua-acqua a ciclo aperto
- ✘ Distribuzione con montanti a quattro tubi (contemporanea disponibilità di acqua per riscaldamento e raffrescamento)
- ✘ Terminali in ambiente: fan-coil con piastra radiante

IMPIANTO SOLARE TERMICO DI PRODUZIONE A. C. S.

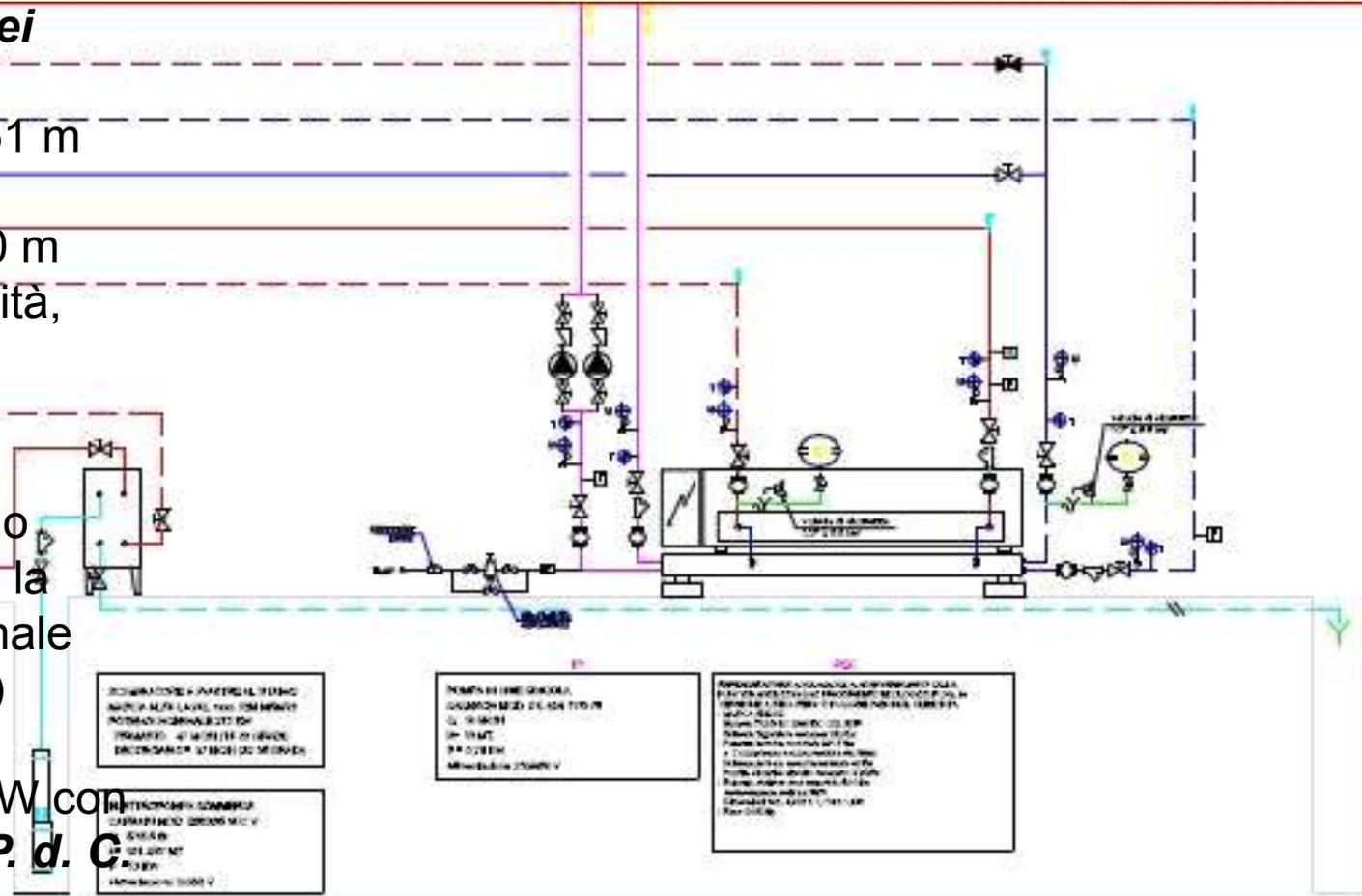
- ✘ Alimentazione tramite 18 pannelli solari piani
- ✘ Complessivi 46 mq
- ✘ Integrazione da caldaia a gas a condensazione
- ✘ Accumulo di acqua tecnica tramite tre bollitori “puffer”
- ✘ Scambiatore a piastre di separazione per prevenire problematiche legionella

Caratteristiche dei pozzi

- Emungimento: 51 m
- Scarico: 150 m
- Interdistanza: 50 m
- Requisiti di salinità, portata di emungimento e capacità di assorbimento allo scarico secondo la normativa regionale (Piano Direttore)
- Potenza pompa sommersa: 13 kW con

Caratteristiche P. d. C.

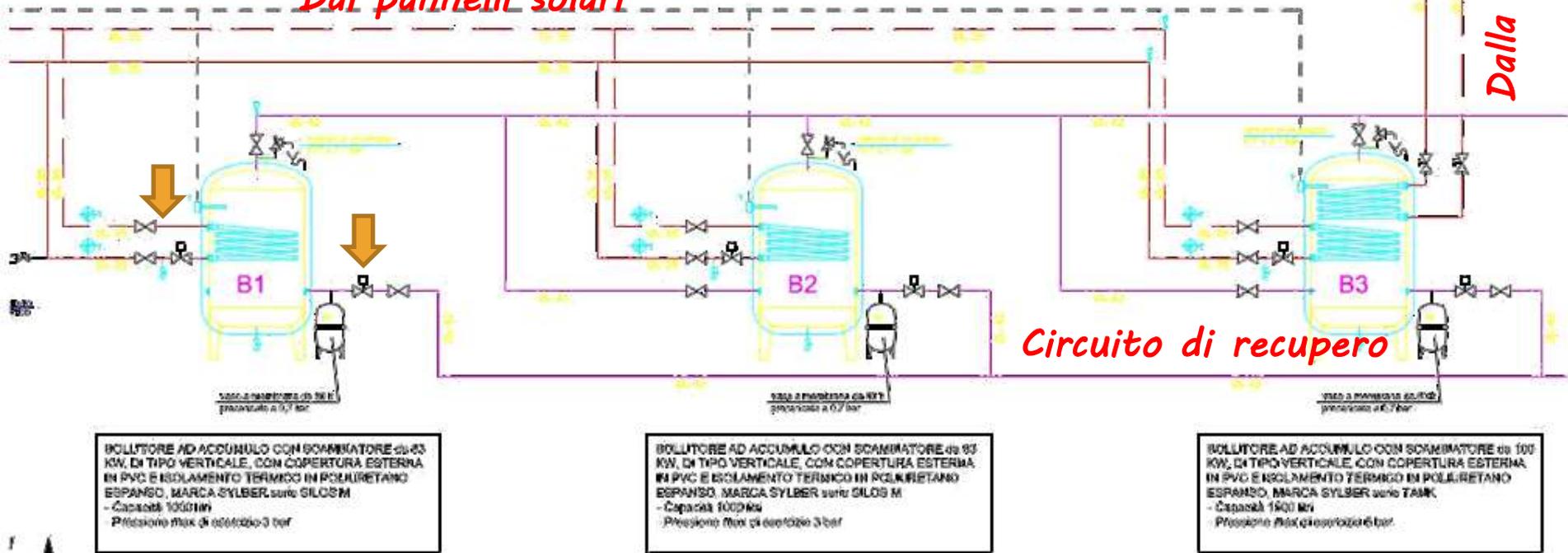
- Doppio circuito
- N. 2 compressori semiermetici a vite
- Potenza nominale : 263 kW
- Recupero parziale calore di condensazione: 40 kW (destinati alla produzione di a.c.s.) a 92 °C
- Gas refrigerante ecologico R134a

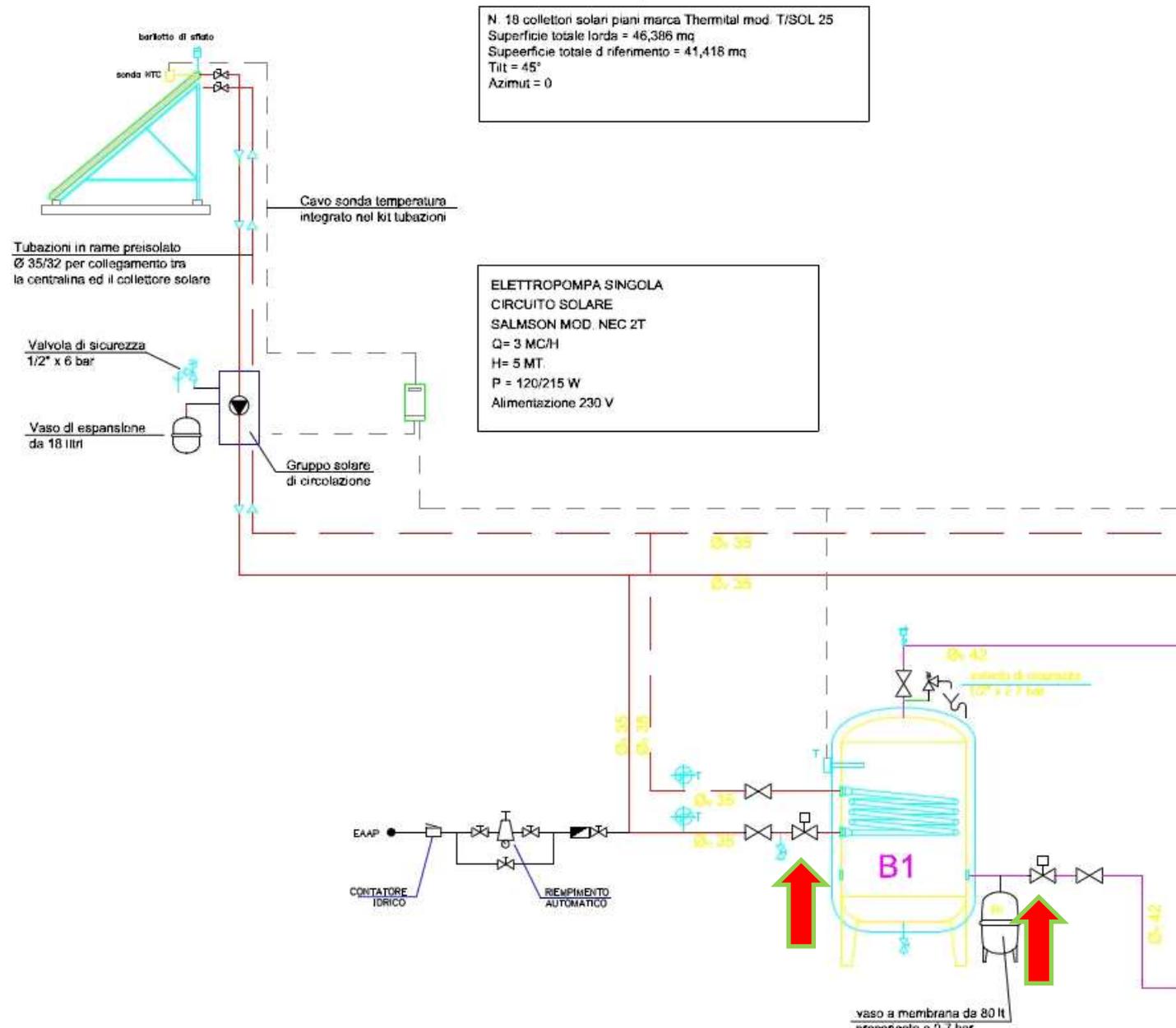


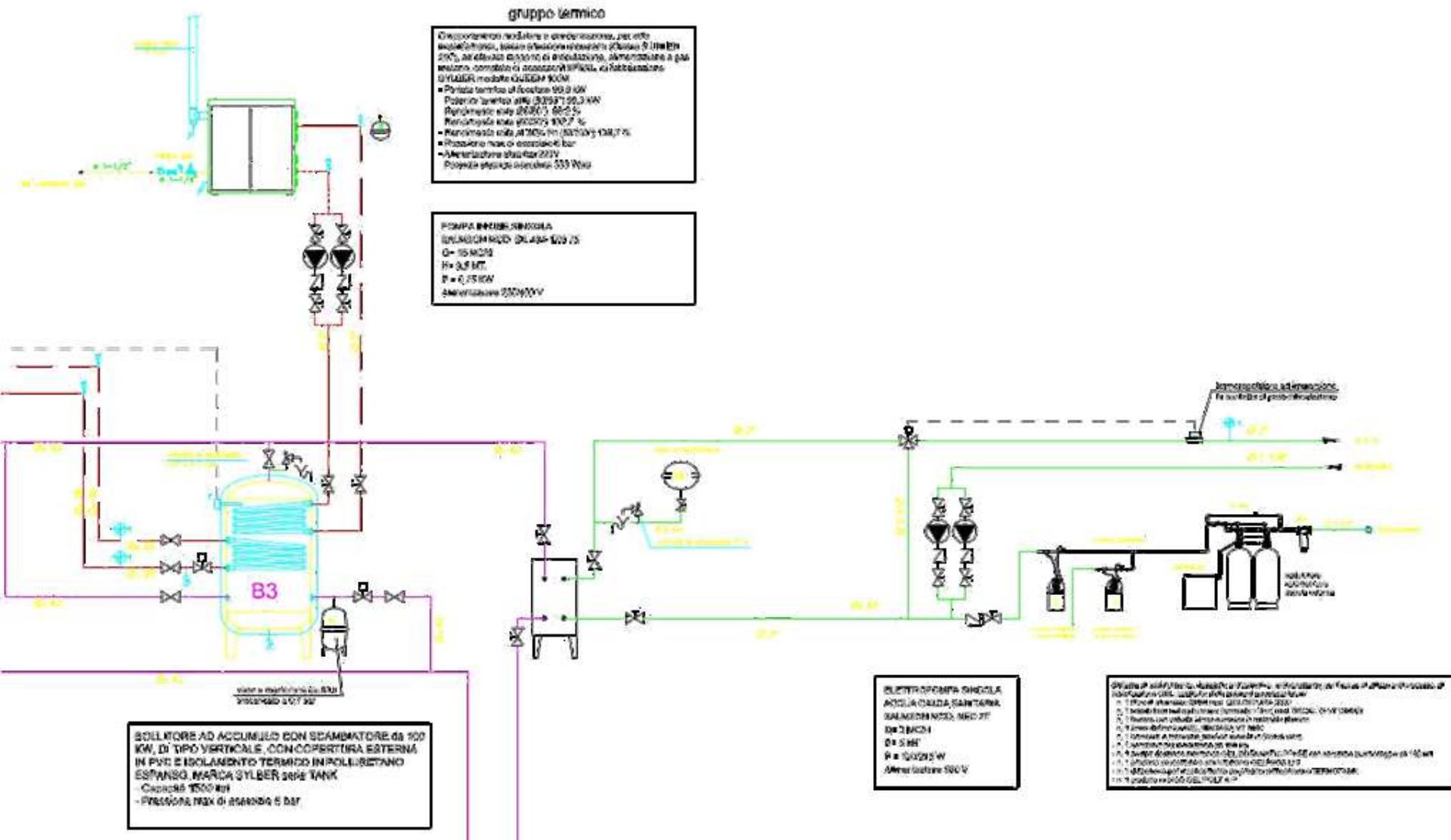


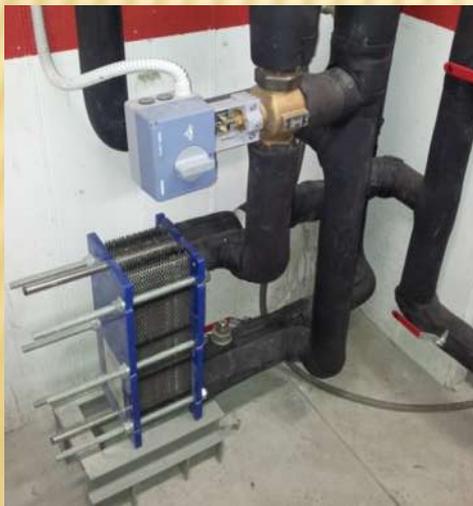
Dai pannelli solari

Dalla caldaia









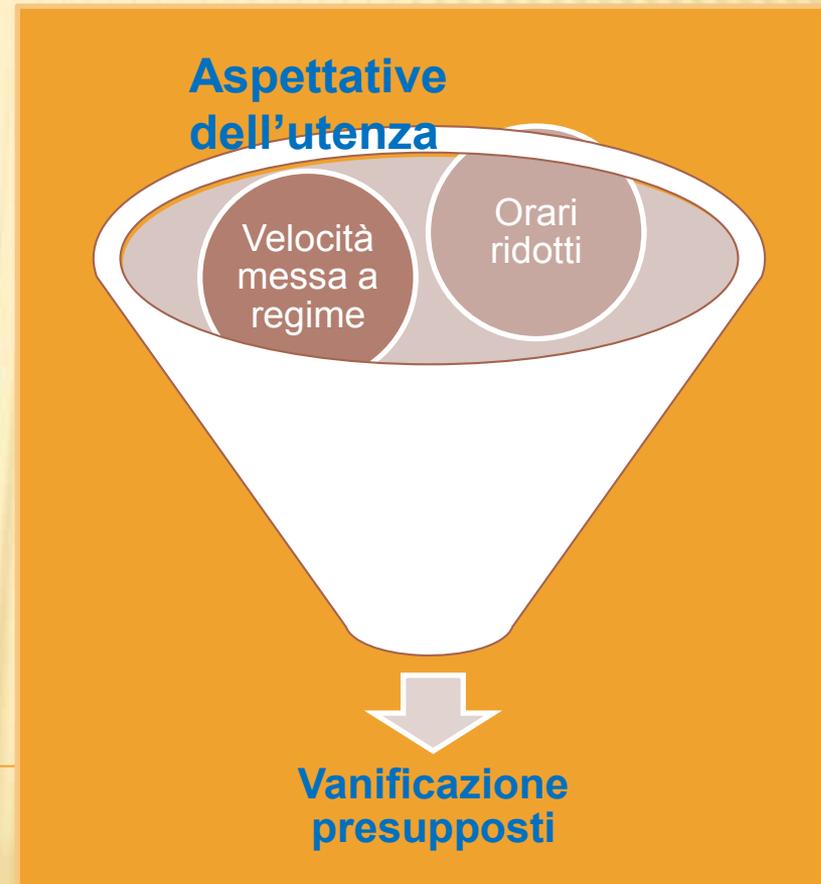
UPERVISIONE E CONTROLLI



Considerazioni e commenti

Nuovo approccio culturale

- ❖ **Progettazione preliminare integrata**
- ❖ **Massima ottimizzazione dei rendimenti**
- ❖ **Attenzione ai costi “fissi”**
- ❖ **Massima informazione dell’utenza**



Orari di funzionamento

- Necessario passare al funzionamento 24/24
- Riduzione della potenza media →
 - Pompa di calore di taglia inferiore
 - Temperatura di mandata inferiore → COP maggiore
- In un edificio nuovo la costante di tempo è di 80...150 ore → 8 ore di spegnimento non hanno alcun effetto
- Effetto intermittenza illusorio con edifici ben isolati: quando si abbassa il termostato, la temperatura scende molto lentamente
 - **temperatura sempre diversa in locali diversi**

 CASA&LIMA.com

Puglia: realizzata la mappa della geotermia a bassa entalpia

Dalla carta della resa termica emerge che tutto il territorio pugliese è predisposto a questo tipo di geotermia

Martedì 14 Febbraio 2012

La geotermia a bassa entalpia rappresenta una grande risorsa energetica per la Puglia. Lo ha confermato una ricerca condotta dal Politecnico di Bari, focalizzata sulle condizioni geologiche e sulle caratteristiche geotermiche specifiche dei terreni pugliesi.

Grazie ad una convenzione tra la Regione e il Politecnico di Bari, è stata realizzata una mappa della geotermia a bassa entalpia pugliese. È stata prodotta una **carta della resa termica**: le zone più promettenti risultano essere quelle del Gargano e del Salento. Ma l'intero territorio regionale si predispone bene all'utilizzo della geotermia a bassa entalpia, con rese termiche variabili che consentono possibilità di risparmio più o meno alte.

NUOVE PROSPETTIVE FINALIZZATE A:

- **PROMUOVERE UN DIVERSO APPROCCIO CULTURALE DELL'UTENZA**
- **INCREMENTARE LE CONOSCENZE SULL'USO DELLA TECNOLOGIA**
- **SVILUPPARE METODOLOGIE DI CALCOLO SEMPLIFICATE (T. R. T.)**
- **PROMUOVERE L'ADOZIONE DEI P.A.S. DA PARTE DEGLI ENTI
PREPOSTI**
- **ABBATTERE I COSTI DI TRIVELLAZIONE**
- **LIBERARSI DELLA DIFFIDENZA VERSO IL "NUOVO"**

Buon lavoro



**L'ENERGIA SOTTO I NOSTRI
PIEDI** (da Idrantica n. 38 – giugno 2010)



Società Italiana di Geologia Ambientale (SIGEA)
Sezione Puglia

con il patrocinio



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA, ESPERIENZE A CONFRONTO.

Dall'individuazione delle aree alla scelta
•delle soluzioni impiantistiche per gli usi diretti

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus Viale Japigia, 188i

Grazie per l'attenzione

**ENERGIA DA FONTE GEOTERMICA A BASSA
ENTALPIA IN EDIFICI CONDOMINIALI**

Giuseppe Bitetti - Ingegnere libero professionista - Bari