




RELAZIONE TECNICA GENERALE IMPIANTO DI RECUPERO TERMICO

PROGETTO GEOTERMICO OSTELLATO PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE – (PAUR)




Relazione Tecnica Generale					
<i>Revisione</i>	<i>Documento</i>	<i>Data</i>	<i>Preparato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>
REV.00	M25025-GEN-0001	3 APR 2026	E. R. F.	G. T.	FRIEL


	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE IMPIANTO DI RECUPERO TERMICO</p>	<p>03 APRILE 2026</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	-----------------------

INDICE DEI CONTENUTI

1	PREMESSA.....	6
2	SCOPO.....	7
3	DEFINIZIONI	8
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
4.1.	LEGGI, DECRETI E DIRETTIVE APPLICABILI	9
4.2.	NORME APPLICABILI	10
4.3.	DOCUMENTI DI PROGETTO	11
5	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO.....	12
5.1.	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	12
5.2.	INQUADRAMENTO CATASTALE	13
6	SORGENTI GEOTERMICHE	14
7	CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	17
8	CRITERI UTILIZZATI PER SCELTE PROGETTUALI.....	18
8.1.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO GEOTERMICO	18
8.2.	PROCESSO.....	18
8.2.1.	<i>Funzionamento Estivo.....</i>	<i>19</i>
8.2.2.	<i>Funzionamento Invernale</i>	<i>19</i>
8.3.	BILANCIO DI MASSA ED ENERGIA NELL'ASSETTO INVERNALE ED ESTIVO	20
8.4.	CARATTERISTICHE DEI FLUIDI DI PROCESSO	20
8.5.	DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE PRINCIPALI	21
8.5.1.	<i>Scambiatori Estivi Acqua pozzi Profondi / Acqua ATES</i>	<i>21</i>
8.5.2.	<i>Pompe di Calore acqua-acqua Estive</i>	<i>22</i>
8.5.3.	<i>Scambiatori Invernali Acqua pozzi Profondi / Rete TLR.....</i>	<i>23</i>
8.5.4.	<i>Scambiatori Invernali Acqua ATES / Rete TLR</i>	<i>23</i>
8.6.	PIPING SUPERFICIALE	24
8.7.	SISTEMA DI ESPANSIONE AD AZOTO	25
8.8.	STRUMENTI	26
8.9.	IMPIANTO ELETTRICO	26
8.10.	SISTEMA DI CONTROLLO	26

	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE IMPIANTO DI RECUPERO TERMICO</p>	<p>03 APRILE 2026</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	-----------------------

9	CARATTERISTICHE DELLE ACQUE DEI CIRCUITI.....	28
9.1.1.	<i>Acqua ipersalina dei pozzi profondi A3-a</i>	<i>28</i>
9.1.2.	<i>Acqua salmastra dei pozzi superficiali A1-a</i>	<i>29</i>
9.1.3.	<i>Acqua rete TLR delle serre</i>	<i>29</i>
10	GESTIONE DEGLI EFFLUENTI.....	30
11	RETI ESTERNE	31


	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE IMPIANTO DI RECUPERO TERMICO</p>	<p>03 APRILE 2026</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	-----------------------

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Serre idroponiche della società FRI-EL GREEN HOUSE.....	12
Figura 2 – Stralcio della CTR Emilia-Romagna elemento 205063 “Corte Campania”	12
Figura 3 – Stralcio della CTR Emilia-Romagna elemento 205052 “Corte Pia”	13
Figura 4 – Vista dall’alto dell’area oggetto di installazione dell’impianto geotermico	16

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Volumi degli acquiferi e Superfici idrostratigrafiche in riferimento al pozzo esplorativo San Giovanni 1	14
Tabella 2 – Condizioni ambientali di progetto	17
Tabella 3 – Condizioni di progetto scambiatore estivo	21
Tabella 4 – Condizioni di progetto pompa di calore acqua-acqua	22
Tabella 5 – Condizioni di progetto scambiatore invernale acqua pozzi profondi	23
Tabella 6 – Condizioni di progetto scambiatore invernale acqua pozzi di accumulo.....	23
Tabella 7 - Caratteristiche medie del fluido dei pozzi profondi del campo di Tresigallo	28

	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE IMPIANTO DI RECUPERO TERMICO</p>	<p>03 APRILE 2026</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	-----------------------

ABBREVIAZIONI

ATES	Aquifer Thermal Energy Storage
API	American Petroleum Institute
BT	Bassa tensione
CE	Comunità Europea
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
DCS	Distributed Control System
EN	European Normative
ESP	Electric Submersible Pump
GRP	Glass Reinforced Plastic
ISO	International Standard Organisation

MT	Media tensione
PED	Pressure Equipment Directive
PLC	Programmable Logic Controller
PN	Pressione Nominale
S.M.I.	Successive modificazioni ed integrazioni
SI	Sistema Internazionale
TLR	Teleriscaldamento
UE	Unione Europea
UNI	Ente nazionale italiano di UNificazione



1 PREMESSA

Rev. 00 Prima Emissione

2 SCOPO

La società FRI-EL Geo-Power, attiva nello sviluppo e nella realizzazione di impianti per la valorizzazione della risorsa geotermica, ha promosso un'iniziativa finalizzata alla realizzazione di un sistema di scambio termico a servizio delle serre idroponiche di proprietà del gruppo FRI-EL situati in località di San Giovanni di Ostellato, nel comune di Ostellato (FE), presso il sito di via delle Serre 1. L'iniziativa si inserisce nella strategia del gruppo volta a ridurre la dipendenza dalle fonti fossili per il riscaldamento invernale delle serre, sfruttando la risorsa geotermica disponibile nel territorio.

Il progetto di sfruttamento della risorsa geotermica prevede la perforazione di due tipologie di pozzi:

- due doppietti di pozzi profondi (circa 2.500 m), dai quali viene prelevato fluido geotermico a circa 70°C, costituendo la principale fonte di calore;
- un doppietto di pozzi superficiali (circa 300 m), utilizzati per l'accumulo stagionale di energia termica.

Il calore recuperato dai pozzi profondi durante l'estate viene trasferito ai pozzi superficiali tramite scambiatori a piastre, dove viene immagazzinato nel sottosuolo per essere riutilizzato nei mesi invernali. L'energia termica accumulata sarà distribuita agli impianti idroponici mediante la realizzazione di una rete di teleriscaldamento di distribuzione del calore.

Da un punto di vista energetico, l'intervento consente di:

- trasferire, durante la stagione invernale, il calore dai pozzi profondi al circuito di acqua di teleriscaldamento tramite scambiatori a piastre, con una potenza termica di circa 5,1 MW, per riscaldare gli impianti idroponici;
- accumulare, nella stagione estiva, energia termica nei pozzi superficiali, conservando il calore in eccesso per soddisfare i picchi di fabbisogno invernale;

Nell'ambito di tale iniziativa, la società FRI-EL Geo-Power ha affidato alla società MGF Ingegneria S.r.l. l'incarico per lo sviluppo della progettazione definitiva dell'impianto di scambio termico e delle relative opere impiantistiche, nonché delle reti di trasporto dei fluidi geotermici dai pozzi di prelievo a quelli di reiniezione e della rete di distribuzione del calore fino all'interfaccia con gli impianti idroponici.

L'impianto di scambio termico sarà realizzato all'interno di un edificio denominato Energy Building che sarà edificato in prossimità delle serre e dove saranno collocate le principali apparecchiature necessarie per la gestione, il trasferimento e la distribuzione dell'energia geotermica, inclusi scambiatori di calore, pompe, valvole e sistemi di controllo.

Esulano dall'incarico la progettazione dei pozzi geotermici, delle pompe di sollevamento e di reiniezione, nonché delle opere civili connesse all'intervento.

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le soluzioni tecniche e impiantistiche previste per la realizzazione dell'impianto e delle relative infrastrutture di trasporto e distribuzione del calore, fornendo gli elementi necessari per le successive fasi autorizzative e realizzative. In particolare, la Relazione Tecnica Generale presenta l'inquadramento territoriale, le scelte progettuali adottate per il dimensionamento delle apparecchiature dell'Energy Building e delle tubazioni superficiali di collegamento e il collegamento alle reti esterne.



3 DEFINIZIONI

Committente	FRI-EL GEOPOWER S.r.l. Via Portici 27 39100 Bolzano (BZ)
Progettista:	MGF Ingegneria S.r.l. Via Santa Barbara 146/A 48034 – FUSIGNANO - ITALY Tel. +39 0545 51130 – Fax +39 0545 53002 e-mail: info@mgfingegneria.it
Sito:	Centrale di scambio geotermico presso lo stabilimento FRI-EL Greenhouse in via delle Serre 1, 44020 - Ostellato (FE)
Relazione	Questo documento.
Deve / Devono	rappresenta un requisito assoluto, essenziale e non emendabile o derogabile.
Dovrebbe / Dovrebbero	rappresenta una raccomandazione da utilizzare nell'elenco di possibili alternative.
Può / Possono	rappresenta un requisito condizionale soggetto a verifica del raggiungimento dei requisiti minimi richiesti.

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La progettazione delle opere impiantistiche di superficie relative all'impianto geotermico a servizio delle serre di Ostellato è stata sviluppata in conformità alla normativa comunitaria, nazionale e regionale vigente alla data di redazione del presente progetto.

Le attività oggetto del presente incarico comprendono esclusivamente la progettazione e il dimensionamento delle opere e delle apparecchiature installate a valle delle flange di testa pozzo dei sei pozzi previsti, nonché delle reti di collegamento, dei sistemi di scambio termico, delle pompe di calore, dell'Energy Building, degli impianti elettrici e dei sistemi di controllo associati.

Di seguito è riportato un elenco indicativo, ma non esaustivo, delle principali leggi, direttive, regolamenti e norme tecniche di riferimento applicabili alle opere di superficie. Resta inteso che la progettazione e la successiva realizzazione dovranno risultare conformi a tutta la normativa cogente vigente al momento dell'esecuzione dei lavori e della messa in esercizio dell'impianto, anche se non espressamente richiamata nel presente documento.

4.1. LEGGI, DECRETI E DIRETTIVE APPLICABILI

La progettazione delle opere impiantistiche di superficie dovrà rispettare, nella sua interezza o per le parti a cui sono applicabili, i requisiti e le prescrizioni contenute nelle seguenti leggi e direttive e regolamenti comunitari, comprese le relative leggi di recepimento ed integrazioni e/o modificazioni vigenti in Italia (ove presenti).

Direttiva 2006/42/CE	relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (rifusione)
Direttiva 2014/68/EU	concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato di attrezzature a pressione (rifusione).
Direttiva 2011/65/EU	sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (rifusione).
Direttiva 2014/30/EU	concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica (rifusione).
Direttiva 2014/35/EU	concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato a essere adoperato entro taluni limiti di tensione (rifusione).
Direttiva 2009/125/EC	relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia (rifusione).
Direttiva 2002/49/EC	relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.



Regolamento (UE) 2023/1230	relativo alle macchine e che abroga la Direttiva 2006/42/CE e la Direttiva 73/361/CEE
D.lgs. 152/2006 e s.m.i.	Norme in materia ambientale.
D.lgs. 81/2008 e s.m.i.	attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
D.M. 37/2008	Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a), del decreto-legge 30 settembre 2005, n. 203, convertito, con modificazioni, dalla legge 2 dicembre 2005, n. 248, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

4.2. NORME APPLICABILI

Oltre alle norme armonizzate EN applicabili alle opere impiantistiche di superficie si richiamano in maniera esplicita e per quanto applicabile le seguenti norme:

UNI/TS 11325-6	Attrezzature a pressione - Messa in servizio e utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 6: Messa in servizio delle attrezzature e degli insiemi a pressione.
UNI EN 12828	Impianti di riscaldamento negli edifici e progettazione dei sistemi ad acqua calda.
UNI EN ISO 12944-1	Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 1: Introduzione generale.
ASME B16.5	Pipe Flanges & Flanged Fittings.
EN 60204-1 / IEC 60204-1	Sicurezza del macchinario – Equipaggiamento elettrico delle macchine – Parte 1: Regole generali.
CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata.
EN 61439-1 / EN 61439-2	Quadri elettrici di bassa tensione – Prescrizioni generali e specifiche per quadri di potenza.



4.3. DOCUMENTI DI PROGETTO

M25025-GEN-0206	Planimetria generale impianto
M25025-GEN-0208	Relazione tecnica fotografica
M25025-PRO-0101	Bilancio di massa ed energia
M25025-PIP-0206	Planimetria tubazioni collegamento pozzi San Giovanni
M25025-PIP-0207	Planimetria tubazioni collegamento serre
M25025-ARC-0201	Prospetti e sezioni edificio centrale termica
M25025-ELE-0001	Relazione tecnica impianti elettrici DM 37-2008
M25025-ELE-0101	Schema unifilare generale
M25025-ELE-0201	Layout posizionamento utenze elettriche DM 37-2008
M25025-ENV-0001	Linee guida per la gestione dei rifiuti in cantiere

5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO

L'impianto geotermico oggetto della presente Relazione è situato nel comune di Ostellato, in frazione San Giovanni di Ostellato, in via delle Serre 1 in provincia di Ferrara.



Figura 1 – Serre idroponiche della società FRI-EL GREEN HOUSE

5.1. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Da un punto di vista cartografico, l'Impianto è individuato nella Carta Tecnica Regionale dell'Emilia-Romagna in scala 1: 5.000 all'elemento 205063 "Corte Campania" per quanto riguarda i pozzi profondi di prelievo, i pozzi ATEs e l'energy building e all'elemento 205052 "Corte Pia" per quanto riguarda i pozzi profondi di reiniezione.

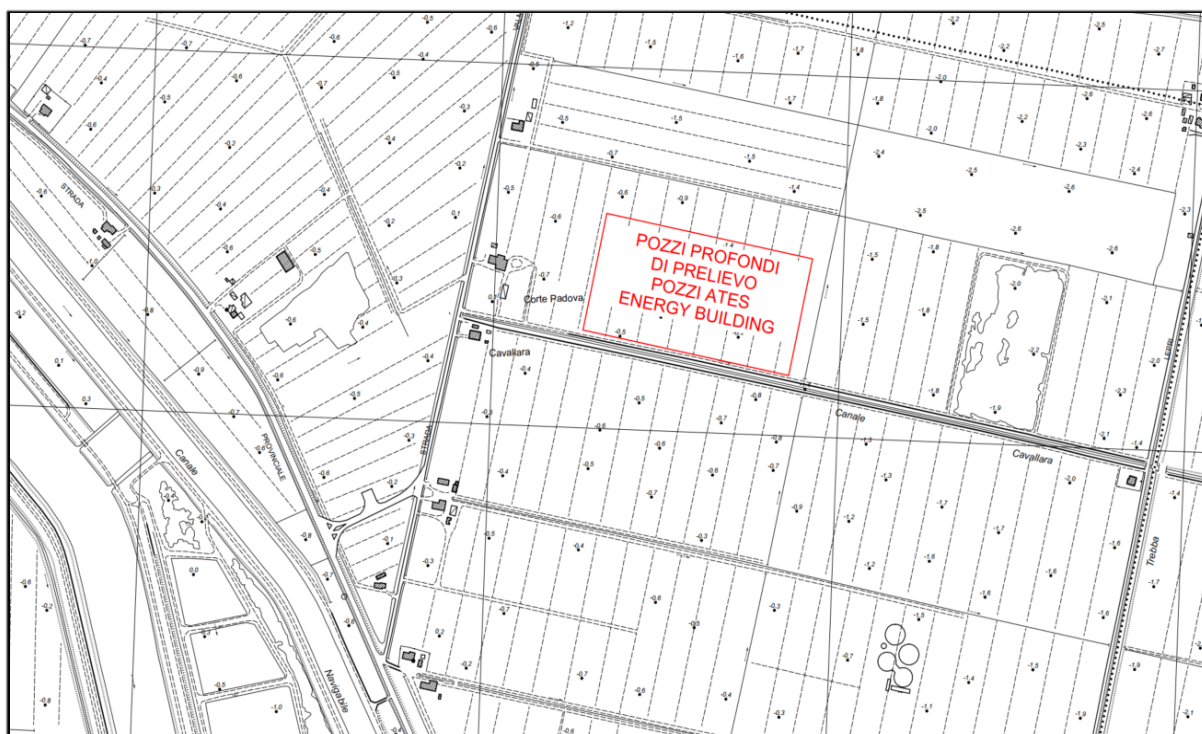


Figura 2 – Stralcio della CTR Emilia-Romagna elemento 205063 "Corte Campania"

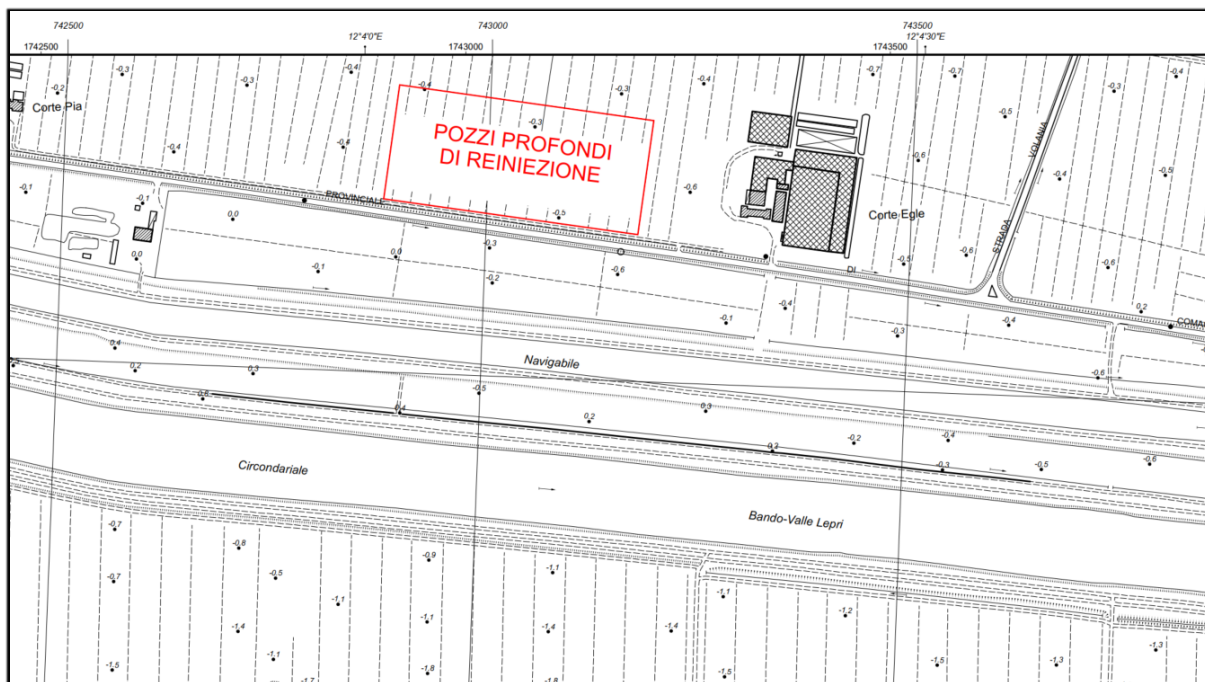


Figura 3 – Stralcio della CTR Emilia-Romagna elemento 205052 “Corte Pia”

5.2. INQUADRAMENTO CATASTALE

I pozzi di prelievo, i pozzi ATES e l'Energy Building saranno realizzati all'interno della particella 93 del foglio 72 del catasto terreni del comune di Ostellato.

I pozzi di reiniezione saranno realizzati all'interno della particella 153 del foglio 72 del catasto terreni del comune di Ostellato.

La tubazione di collegamento fra l'Energy Building e i pozzi di reiniezione sarà posata parte in terreni di proprietà del Committente e parte in suolo pubblico afferenti a diverse particelle del foglio 72 del citato catasto terreni.

6 SORGENTI GEOTERMICHE

Gli studi idrogeologici e litostratigrafici di dettaglio condotti dal Committente hanno confermato la presenza di un sistema multistrato costituito da unità acquifere e acquitardi alternati, caratterizzati da condizioni di pressione significativa e temperatura crescente con la profondità, come indicato in **Tabella 1**.

VOLUMI	SUPERFICI	AMBIENTE DEPOSIZIONALE
Unità Acquifera A0-a	Piano campagna 185 metri	Piana Deltizia – Fronte Deltizio – acquiferi superficiali ad acqua prevalentemente salmastra – possibile presenza di pozzi superficiali.
Unità Acquitarda A0-b	185 metri 200 metri	Piana alluvionale - facies fini limoso-argillose
Unità Acquifera A1-a	200 metri 360 metri (S.G.1)	Fronte Deltizio (facies prevalentemente sabbiose – sheet sabbiosi di fronte deltizio)
Unità Acquitarda A1-b	360 metri (S.G.1) Base Sequenza Q3 (~895 metri – SG1)	Prodeltia (facies prevalentemente fini limoso-argillose con possibili intervalli sabbiosi)
Unità Acquifera A2-a	Base Sequenza Q3 (~895 metri – SG1) 1170 metri	Torbiditi medio-prossimali con sheet sabbiosi plutimetrici prevalenti rispetto alle facies fini limoso-argillose
Unità Acquitarda A2-b	1170 metri 1330 metri	Torbiditi distali – Epibatiale con facies prevalentemente fini limoso-argillose
Unità Acquifera A2 -c	Base Sequenza Q2-b 1330 metri (SG1) 1450 metri	Torbiditi medio-prossimali con sheet sabbiosi plutimetrici prevalenti rispetto alle facies fini limoso-argillose
Unità Acquitarda A2-d	~1450 metri ~1570 metri	Epibatiale - facies fini limoso-argillose
Unità Acquifera A2 -e	1570 metri Base Sequenza Q2-a (~1770 metri – SG1)	Torbiditi medio-prossimali con sheet sabbiosi plutimetrici (sabbie quarzose prevalenti) prevalenti rispetto alle facies fini limoso-argillose
Unità Acquitarda A2 -f	Base Sequenza Q2-a (~1770 metri – SG1) Base Sequenza P7 1865 metri	Epibatiale - facies fini limoso-argillose
Unità Acquifera A3 -a	Base Sequenza P7 (1865 metri) Base Sequenza PL3-b (~2240 metri – SG1)	Torbiditi medio-prossimali con sheet sabbiosi plurimetrici prevalenti rispetto alle facies fini limoso-argillose
Nomenclatura ed intervalli in profondità delle principali superfici stratigrafico-sequenziali utilizzate per l'elaborazione del modello idrostratigrafico nel settore di studio		

Tabella 1 – Volumi degli acquiferi e Superfici idrostratigrafiche in riferimento al pozzo esplorativo San Giovanni 1

Il progetto di riscaldamento geotermico delle serre prevede di recuperare il calore dall'acquifero A3-a a 2500 m di profondità mediante un circuito chiuso in cui l'acqua ad alta concentrazione salina estratta dal pozzo profondo ceda parte del suo calore all'interno di scambiatori a piastre ubicati all'interno della struttura Energy building.

Il prelievo di acqua a media entalpia dall'acquifero profondo si realizza grazie a un doppietto di pozzi profondi denominati GH1 (GreenHouse 1) e GH2 (GreenHouse 2) situati nell'area "Serre" visibile in



Figura 2. Il sistema di estrazione è favorito dalla presenza di pompe sommerse che portano l'acqua a testa a pozzo alla pressione utile per completare il ciclo di scambio termico.

Il percorso chiuso dell'acqua profonda si conclude con la reiniezione del fluido nell'acquifero profondo attraverso il secondo doppietto di pozzi profondi denominati SG1 (San Giovanni 1) e SG2 (San Giovanni 2) individuati nell'area "San Giovanni" a circa 3,5 km dall'impianto di alloggio degli scambiatori.

Per soddisfare al meglio l'elevata richiesta termica invernale delle serre, al contrario della richiesta quasi nulla del periodo estivo, l'impianto sfrutterà due ulteriori perforazioni ATES 1 e ATES 2 per la realizzazione di un secondo circuito chiuso di acqua dell'unità acquifera A1-a a contenuta salinità consentendo accumulo termico estivo per l'utilizzo invernale.

Durante la stagione estiva l'acqua estratta dal pozzo superficiale ATES 2 acquista dapprima calore dall'acqua dei pozzi profondi, viene ulteriormente scaldata da due pompe di calore alimentate da energia da fotovoltaico per poi essere stoccata all'interno dell'acquifero superficiale a 300 m di profondità in corrispondenza del pozzo ATES 1. La direzione del flusso dei due pozzi ATES 1 e ATES 2 sarà invertita nel funzionamento invernale rispetto a quello estivo, estraendo acqua calda per riscaldare l'acqua addolcita della rete di teleriscaldamento delle serre. Lo stoccaggio termico all'interno del pozzo superficiale a 300 m di profondità sfrutta la bassissima diffusività termica del mezzo poroso saturo che permette di confinare l'accumulo di acqua calda intorno alla zona di iniezione al pozzo PAtes2 anche per mesi.

Il pozzo ATES 1 sarà localizzato in prossimità della zona "Serre" mentre il pozzo ATES 2 verrà realizzato a distanza di circa 400 m verso Ovest in modo da evitare cortocircuiti termici tra i due pozzi bidirezionali di prelievo e reiniezione.

Grazie al nuovo impianto geotermico il riscaldamento delle serre idroponiche ad alta tecnologia della società FRI-EL GREEN HOUSE sarà garantito dall'energia geotermica dell'acqua a 70°C della falda profonda, riducendo drasticamente le emissioni di CO₂ rispetto alla situazione attuale che sfrutta invece cogeneratori alimentati a gas metano.

Tutti gli scambi termici tra i tre circuiti chiusi, acqua da falda profonda, acqua più superficiale e acqua addolcita della rete di teleriscaldamento delle serre, avverranno all'interno dell'edificio Energy building individuato dalla **Figura 2** nell'area appena a Nord rispetto alle presenti serre.

All'interno dell'edificio verranno alloggiati i filtri delle acque di falda, gli scambiatori estivi ed invernali, le pompe di circolazione della rete di teleriscaldamento delle serre, il sistema di espansione ad azoto, l'impianto di aria compressa, i locali tecnici dei quadri elettrici e alcuni locali di servizio.

I quattro pozzi profondi avranno un tratto conclusivo inclinato per aumentare l'area di contatto con l'acqua degli acquiferi.

Il prelievo dell'acqua di falda all'interno dei pozzi di produzione profondi e superficiali verrà garantito da adeguate pompe sommerse alloggiate all'interno dei pozzi a profondità rispettivamente di 150-200 m e 60-100 m, mentre la reiniezione sarà a carico di pompe in superficie poste nell'area della platea "San Giovanni".

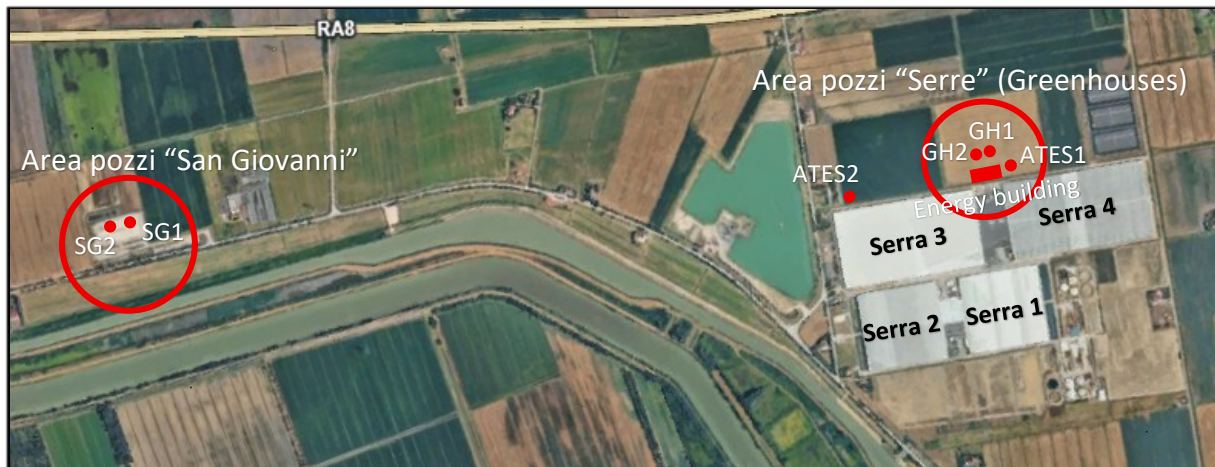


Figura 4 – Vista dall’alto dell’area oggetto di installazione dell’impianto geotermico



7 CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO

Le condizioni ambientali utilizzate per il dimensionamento di macchine ed apparecchiature sono le seguenti.

CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	
Località	Ostellato (FE), quota altimetrica -2 m s.l.m.
Temperatura massima dell'aria esterna	+45°C
Temperatura minima dell'aria esterna	-5°C
Umidità relativa dell'aria esterna	50-100%

Tabella 2 – Condizioni ambientali di progetto

8 CRITERI UTILIZZATI PER SCELTE PROGETTUALI

8.1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO GEOTERMICO

Il progetto dell'impianto geotermico propone di sfruttare il calore a media entalpia presente negli acquiferi profondi (circa 2500 m) per scaldare il circuito dell'acqua addolcita di teleriscaldamento delle serre idroponiche di Ostellato.

Il funzionamento dell'impianto varia in funzione della stagionalità, poiché la richiesta termica delle serre è ridotta durante il periodo estivo, mentre nel periodo invernale l'impianto geotermico può garantire fino a 18 MW termici.

Il progetto prevede sei perforazioni del terreno:

- 2 pozzi profondi 2500 m nell'area "Serre" di prelievo del fluido geotermico caldo (GH1 e GH2),
- 2 pozzi profondi 2500 m nell'area "San Giovanni" di reiniezione del fluido geotermico (SG1 e SG2),
- 2 pozzi superficiali 300 m di profondità distanti circa 400 m tra loro (ATES 1 e ATES 2).

8.2. PROCESSO

Lo schema di processo dell'impianto presenta due distinte configurazioni impiantistiche, nelle due condizioni estreme di utilizzo, definite in funzione del fabbisogno termico massimo e minimo delle serre nei diversi periodi dell'anno e finalizzate all'ottimizzazione del bilancio energetico stagionale.

Oltre ai due funzionamenti estremi sarà possibile sfruttare l'impianto anche in modalità "mezza stagione" sfruttando una quota dell'energia dei pozzi profondi per riscaldare l'acqua della rete di teleriscaldamento delle serre ed una quota stoccata all'interno dei pozzi d'accumulo superficiali.

Nel periodo estivo l'impianto opera prettamente in assetto di accumulo termico stagionale. In questa configurazione l'energia termica estratta dai pozzi geotermici profondi viene trasferita, tramite opportuni scambiatori di calore, al sistema dei pozzi superficiali, che svolge la funzione di serbatoio termico. L'intera potenza termica disponibile è destinata al caricamento del volume di accumulo, incrementandone progressivamente il contenuto entalpico in vista della successiva stagione invernale. Contestualmente, la temperatura del fluido circolante nei pozzi superficiali viene ulteriormente incrementata mediante una pompa di calore alimentata da energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili che, operando in modalità frigorifera, rende disponibile acqua refrigerata all'impianto d'irrigazione delle serre di Ostellato 3. Tale configurazione consente inoltre di recuperare e valorizzare il calore di evaporazione della pompa di calore, che verrebbe altrimenti disperso, contribuendo ad aumentare il contenuto energetico dell'accumulo stagionale e migliorando complessivamente l'efficienza del sistema.

Nel periodo invernale l'impianto è configurato per il massimo sfruttamento delle potenzialità termiche dei due pozzi. In tale modalità operativa il sistema utilizza in maniera integrata la doppia sorgente di calore costituita dai pozzi profondi e da quelli superficiali: l'energia termica estratta viene trasferita, mediante il sistema di scambiatori dedicati al funzionamento invernale, all'acqua addolcita della rete di teleriscaldamento a servizio delle serre, contribuendo al mantenimento delle condizioni termigrometriche richieste dai cicli colturali.

La duplice configurazione consente di massimizzare l'efficienza complessiva del sistema, assicurando continuità di esercizio, flessibilità operativa e sfruttamento ottimale della risorsa geotermica disponibile su base annuale.

8.2.1. FUNZIONAMENTO ESTIVO

Nel periodo estivo l'impianto opera in modalità di accumulo stagionale dell'energia termica, con l'obiettivo di immagazzinare calore nel serbatoio geotermico superficiale da riutilizzare durante la stagione invernale. In tale configurazione le serre non richiedono apporto termico dalla rete di teleriscaldamento e l'intera potenza termica disponibile dal campo geotermico profondo viene destinata al caricamento del sistema di accumulo.

Il doppietto geotermico profondo costituito dai pozzi GH1 e GH2 viene mantenuto in esercizio continuo; il fluido geotermico ipersalino estratto dai pozzi profondi viene inviato agli scambiatori di calore estivi, dove cede energia termica al circuito chiuso alimentato dall'acqua salmastra dei pozzi superficiali.

Il trasferimento di calore avviene in condizioni di completa separazione idraulica tra i circuiti, al fine di preservare le caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi e reiniettandoli nei rispettivi pozzi acquiferi.

L'acqua leggermente salmastra del sistema superficiale viene prelevata mediante elettropompa sommersa (EPS) dal pozzo ATES 2 a una temperatura indicativa di circa 25°C; dopo il primo stadio di riscaldamento negli scambiatori estivi si scalda fino a 59°C; viene ulteriormente riscaldata all'interno dell'Energy Building mediante due pompe di calore acqua-acqua fino al raggiungimento della temperatura pari a circa 70°C, valore idoneo allo stoccaggio nel pozzo superficiale ATES 1.

Le pompe di calore, ciascuna con una potenza termica di progetto pari a circa 1,7 MW, operano mediante l'impiego di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. Sul lato evaporatore, il sistema utilizza un circuito chiuso di acqua addolcita a una temperatura di circa 25 °C. Nel corso del processo, il fluido termovettore a basso contenuto entalpico cede energia consentendo l'evaporazione del fluido di lavoro della pompa di calore, venendo successivamente restituito al circuito a una temperatura di circa 15 °C.

L'energia frigorifera così ottenuta viene recuperata e valorizzata per il raffreddamento dei serbatoi di accumulo dell'acqua destinata all'irrigazione delle serre di Ostellato 3, la cui temperatura, nel periodo estivo può raggiungere valori compresi tra 30 e 35 °C.

8.2.2. FUNZIONAMENTO INVERNALE

Nel periodo invernale l'impianto opera in configurazione di produzione termica, finalizzata alla copertura del fabbisogno della rete di teleriscaldamento (TLR) a servizio delle serre idroponiche. In tale assetto l'energia termica viene fornita in modo integrato sia dal doppietto geotermico profondo sia dal sistema di accumulo stagionale superficiale (ATES).

Il doppietto geotermico profondo costituito dai pozzi GH1 e GH2 resta in esercizio con la stessa direzione di flusso adottata in modalità estiva. Il fluido geotermico ipersalino, estratto dall'acquifero A3-a mediante elettropompe sommerse (ESP), viene inviato agli scambiatori invernali installati nell'Energy Building, dove cede energia termica al circuito secondario di acqua addolcita della rete TLR.

All'uscita dagli scambiatori, il fluido geotermico raggiunge una temperatura di circa 35°C e viene quindi convogliato verso l'area di reiniezione "San Giovanni" (pozzi SG1 e SG2), garantendo una temperatura

di reiniezione non inferiore a 32-33°C, nel rispetto dei vincoli ambientali e di sostenibilità del serbatoio geotermico profondo.

Sul lato secondario, l'acqua addolcita della rete di teleriscaldamento, riscaldata fino a circa 65°C, viene inviata al collettore di distribuzione delle serre Ostellato 1 e 2, assicurando le condizioni termometriche richieste dai cicli colturali.

Parallelamente, il sistema di accumulo superficiale (acquifero A1-a) opera in modalità di scarica termica. I pozzi superficiali ATES 1 e ATES 2 invertono il verso di flusso rispetto alla configurazione estiva: il pozzo ATES 1 assume funzione di produzione, estraendo il fluido salmastro riscaldato durante la fase di accumulo stagionale.

Il fluido estratto dal pozzo ATES 1, mediante ESP bidirezionale, viene inviato agli scambiatori invernali, cedendo calore alla rete TLR dedicata al circuito delle serre Ostellato 3 e 4. A valle dello scambio termico, il fluido raffreddato viene reiniettato nel pozzo ATES 2, chiudendo il ciclo idraulico dell'ATES.

8.3. BILANCIO DI MASSA ED ENERGIA NELL'ASSETTO INVERNALE ED ESTIVO

I bilanci di massa ed energia per le due configurazioni stagionali dell'impianto geotermico sono stati sviluppati sulla base dei dati idrogeologici di previsione disponibili per gli acquiferi e il substrato geotermico oggetto di perforazione.

I bilanci di massa e di energia operativi sono dettagliati nel doc. **M25025-PRO-0101 "Bilancio di massa ed energia"**.

8.4. CARATTERISTICHE DEI FLUIDI DI PROCESSO

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche dei tre circuiti chiusi dell'impianto, con riferimento alle condizioni a testa pozzo per le acque degli acquiferi.

I valori indicati sotto come "Condizione di progetto" sono stati adottati per il dimensionamento delle apparecchiature e delle tubazioni assumendo un realistico aumento di circa 15% delle portate di acqua dei pozzi rispetto ai valori nominali.

Acqua salata dei pozzi profondi A3-a (2500m):

- Salinità dell'acqua = 50 g/l
- Conduttività termica del fluido = 0,63 W/(m*K)
- Pressione mandata pozzo di produzione (da confermare a seguito della scelta ESP) = 10 barg
 - Condizione di progetto = 16 barg
- Portata al singolo pozzo = 30 l/s (109 t/h)
 - Condizione di progetto = 35 l/s
- Temperatura fluido testa pozzo di produzione = 70°C
- Temperatura fluido pozzo di reiniezione = 32°C
- Pressione aspirazione pompe di reiniezione (da confermare a seguito della scelta ESP) = 5,6 barg

Acqua salata dei pozzi superficiali A1-a (300m):

- Salinità dell'acqua = 6-8 g/l
- Conduttività termica del fluido = 0,606 W/(m*K)
- Portata al singolo pozzo = 60 l/s (212 t/h)
 - Condizione di progetto = 70 l/s
- Temperatura fluido pozzo di mandata estivo ATES 2 = 25°C
- Temperatura fluido pozzo di ritorno estivo ATES 1 = 70°C
- Temperatura fluido pozzo di mandata invernale ATES 1 = 70°C
- Temperatura fluido pozzo di ritorno invernale ATES 2 = 34°C
- Pressione mandata pozzo di produzione (da confermare a seguito della scelta ESP) = 10 barg
 - Condizione di progetto = 16 barg
- Pressione ritorno pozzo di reiniezione (da confermare a seguito della scelta ESP) = 7,6 barg

Acqua addolcita teleriscaldamento serre:

- Portata in funzionamento invernale serre Ostellato 1-2 = 57,2 l/s
 - Condizione di progetto = 70 l/s
- Portata in funzionamento invernale serre Ostellato 3-4 = 59,4 l/s
 - Condizione di progetto = 70 l/s
- Temperatura al collettore di mandata invernale = 65°C
- Temperatura al collettore di ritorno invernale = 30°C
- Pressione in aspirazione pompe di circolazione della rete TLR delle serre = 4 barg
- Pressione mandata pompe di circolazione della rete TLR delle serre = 8 barg
 - Condizione di progetto = 16 barg

8.5. DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE PRINCIPALI

8.5.1. SCAMBIATORI ESTIVI ACQUA POZZI PROFONDI / ACQUA ATES

SCAMBIATORE ESTIVO DATI DI PROGETTO					
Lato acqua pozzi profondi			Lato acqua pozzi di accumulo		
T ingresso	70	°C	T ingresso	25	°C
T uscita	35	°C	T uscita	58,6	°C
Portata	35	l/s	Portata	35	l/s
Potenza scambiata di progetto: 5,1 MW					

Tabella 3 – Condizioni di progetto scambiatore estivo

Nel periodo estivo, il trasferimento di calore avviene tramite tre scambiatori a piastre in controcorrente, di cui due operativi e uno di riserva, che recuperano energia dall'acqua salata dell'acquifero profondo A3-a e la cedono all'acqua leggermente salmastra dei pozzi superficiali a circa 300 metri di profondità.

La portata nominale del fluido primario proveniente dai pozzi profondi è pari a 30 l/s per ciascun scambiatore operativo, con temperatura di ingresso prossima a 70°C; all'uscita dagli scambiatori, il fluido viene raffreddato fino a 35°C e successivamente reiniettato nei pozzi SG1 e SG2 mediante la condotta di collegamento alla platea San Giovanni, lunga circa 3,5 km, dalla quale viene poi rilanciato nell'acquifero tramite pompe superficiali.

La portata di progetto utilizzata per il dimensionamento del circuito primario degli scambiatori estivi è pari a 35 l/s. I circuiti secondari, che acquisiscono calore dall'acqua ipersalina, sono percorsi dall'acqua salmastra dell'accumulo superficiale. L'acqua viene prelevata dal pozzo ATES 2, situato a circa 350 metri dall'Energy Building, a temperatura di 25°C e portata nominale di 60 l/s.

La portata nominale del fluido secondario per ciascuno scambiatore operativo è pari a 30 l/s, con temperatura di ingresso prossima ai 25°C; all'uscita dagli scambiatori, il fluido recupera calore fino a circa 59°C. La portata di progetto lato secondario utilizzata per il dimensionamento degli scambiatori è pari a 35 l/s.

Gli scambiatori sono dimensionati per garantire uno scambio termico fino a 5,1 MW, mentre nelle normali condizioni operative nominali trasferiscono una potenza di circa 4,2 MW. Successivamente, il fluido secondario immagazzina ulteriore energia termica mediante le due pompe di calore acqua-acqua alimentate dall'impianto fotovoltaico (vedi paragrafo successivo).

Lungo le perforazioni dei pozzi sono installati filtri verticali di elevata lunghezza per limitare il trascinamento di solidi nei fluidi. In corrispondenza delle teste pozzo di mandata sono inoltre previsti sistemi di filtrazione aggiuntivi, volti a ridurre la presenza di particolato e a contenere fenomeni di sporcamento degli scambiatori e di corrosione del sistema di tubazioni.

8.5.2. POMPE DI CALORE ACQUA-ACQUA ESTIVE

POMPA DI CALORE ACQUA-ACQUA DATI DI PROGETTO					
Lato condensatore: acqua pozzi di accumulo			Lato evaporatore: acqua teleriscaldamento		
T ingresso	58,6	°C	T ingresso	25	°C
T uscita	70	°C	T uscita	15	°C
Portata	35	l/s	Portata	35	l/s
Potenza scambiata di progetto: 1,7 MW					

Tabella 4 – Condizioni di progetto pompa di calore acqua-acqua

Le due pompe di calore acqua-acqua completano il processo di innalzamento termico dell'acqua salmastra destinata al sistema di accumulo superficiale, prima della reiniezione nel pozzo ATES 1. Esse operano a valle degli scambiatori estivi, integrando il salto termico necessario al raggiungimento della temperatura di stoccaggio prevista (70°C).

La portata nominale al circuito primario di ciascuna pompa di calore è pari a 30 l/s di acqua salmastra, con temperatura di ingresso di circa 59°C. Attraverso il ciclo termodinamico della macchina, il fluido salmastro acquisisce ulteriore energia termica. In uscita dalla pompa di calore, l'acqua salmastra raggiunge la temperatura obiettivo di reiniezione pari a 70°C, idonea al caricamento del serbatoio geotermico superficiale. Contestualmente, il fluido lato evaporatore (acqua addolcita) alla temperatura di circa 25°C, cede energia termica raffreddandosi fino a circa 15°C, chiudendo il bilancio energetico del ciclo. La potenza frigorifera del circuito all'evaporatore della pompa di calore verrà poi recuperata nel raffreddamento dell'acqua di irrigazione delle serre di Ostellato 3.

Ciascuna pompa di calore è dimensionata per una potenza termica massima erogabile pari a circa 1,7 MW (condizione di progetto), mentre in condizioni operative nominali la potenza effettivamente trasferita al circuito dei pozzi superficiali è pari a circa 1,4 MW. Tale configurazione consente il completamento del ciclo di accumulo stagionale nel sistema ATES, garantendo il raggiungimento delle condizioni termo-energetiche previste per la fase di reiniezione estiva.

8.5.3. SCAMBIATORI INVERNALI ACQUA POZZI PROFONDI / RETE TLR

SCAMBIATORE INVERNALE ACQUA POZZI PROFONDI DATI DI PROGETTO					
Lato acqua pozzi profondi			Lato acqua di teleriscaldamento		
T ingresso	70	°C	T ingresso	30	°C
T uscita	35	°C	T uscita	65	°C
Portata	35	l/s	Portata	35	l/s
Potenza scambiata di progetto: 5,1 MW					

Tabella 5 – Condizioni di progetto scambiatore invernale acqua pozzi profondi

L'energia termica estratta dai pozzi profondi GH1 e GH2, caratterizzati da portata pressoché costante durante l'intero anno di esercizio, viene trasferita all'acqua addolcita della rete di teleriscaldamento (TLR) a servizio delle serre Ostellato 1 e 2 mediante tre scambiatori a piastre in controcorrente, di cui due in esercizio e uno in riserva.

Il circuito primario caldo preleva fluido dall'acquifero A3-a con portata nominale pari a 30 l/s per ciascun pozzo, a temperatura di circa 70°C e pressione di 10 barg alla testa pozzo (valore da confermare in funzione della selezione definitiva delle elettropompe sommerse ESP). Ai fini del dimensionamento termico e idraulico degli scambiatori invernali, è stata adottata una portata di progetto pari a 35 l/s per ciascun ramo operativo, così da garantire un adeguato margine rispetto alle condizioni nominali di esercizio.

Il circuito secondario è costituito dall'acqua addolcita della rete di teleriscaldamento delle serre. In condizioni operative nominali, il fluido entra negli scambiatori a temperatura di 30°C e pressione di circa 8 barg, con portata pari a 28,6 l/s per ciascun scambiatore in esercizio raggiungendo i 65°C. Per il dimensionamento dello scambiatore a piastre la portata di progetto lato secondario è assunta pari a 155 l/s per scambiatore.

Gli scambiatori invernali, destinati al trasferimento di energia tra il circuito primario dell'acqua salmastra dei pozzi profondi e la rete TLR delle serre Ostellato 1 e 2, sono dimensionati per una potenza termica massima pari a 5,1 MW (condizione di progetto), mentre in condizioni operative nominali garantiscono una potenza trasferita di circa 4,2 MW per ciascuna unità in servizio.

8.5.4. SCAMBIATORI INVERNALI ACQUA ATES / RETE TLR

SCAMBIATORE INVERNALE ACQUA POZZI DI ACCUMULO DATI DI PROGETTO					
Lato acqua pozzi di accumulo			Lato acqua di teleriscaldamento		
T ingresso	70	°C	T ingresso	30	°C
T uscita	35	°C	T uscita	65	°C
Portata	35	l/s	Portata	35	l/s
Potenza scambiata di progetto: 5,1 MW					

Tabella 6 – Condizioni di progetto scambiatore invernale acqua pozzi di accumulo

Nel periodo invernale, l'energia termica precedentemente immagazzinata nel sistema ATES durante la fase estiva viene recuperata mediante inversione del verso di flusso dei pozzi bidirezionali collegati all'acquifero A1-a. In tale configurazione, il pozzo ATES 1, utilizzato in estate come pozzo di reiniezione del fluido riscaldato, assume la funzione di pozzo di produzione, mentre ATES 2 opera come pozzo di reiniezione del fluido raffreddato.

Gli studi geologici evidenziano che il volume termicamente influenzato durante la fase di accumulo rimane circoscritto in prossimità del pozzo ATES 1, consentendo un recupero energetico progressivamente più efficiente nel tempo. In particolare, il rendimento di recupero dell'energia immagazzinata risulta pari al 41,7% nel primo anno di esercizio, al 69,6% nel secondo anno, superando l'80% già a partire dal quinto anno e raggiungendo, a regime pluriennale (30 anni), un valore stimato pari al 93,7% grazie alla progressiva stabilizzazione del campo termico nel serbatoio superficiale.

Il trasferimento di calore dall'acqua salmastra dei pozzi superficiali alla rete di teleriscaldamento delle serre Ostellato 3 e 4 avviene mediante tre scambiatori a piastre in controcorrente, di cui due operativi e uno in riserva. Il circuito primario, costituito dall'acqua salmastra prelevata dal pozzo ATES 1, alimenta i due scambiatori in esercizio con una portata nominale pari a 30 l/s a temperatura prossima a 70°C; ai fini del dimensionamento termico e idraulico delle apparecchiature, è stata assunta una portata di progetto pari a 35 l/s per ciascuno scambiatore.

Il circuito secondario è costituito dall'acqua addolcita della rete di teleriscaldamento a servizio delle serre Ostellato 3 e 4. In condizioni operative nominali, il fluido entra negli scambiatori a temperatura di 30°C e pressione di circa 8 barg, con portata pari a 29,7 l/s per ciascuna unità in funzione. Per il dimensionamento degli scambiatori, la portata lato secondario è stata assunta pari a 35 l/s.

Gli scambiatori sono dimensionati per garantire una potenza termica massima trasferibile pari a 5,1 MW (condizione di progetto), mentre in condizioni operative nominali assicurano una potenza scambiata di circa 4,4 MW.

8.6. PIPING SUPERFICIALE

La progettazione dell'impianto geotermico dalle teste pozzo delle sei perforazioni, fino alle sottocentrali di scambio con le reti di teleriscaldamento delle serre Ostellato 1-2 e 3-4, prevede tubi che sopportino le caratteristiche dei fluidi interessati, le pressioni e le temperature operative.

Il sistema complessivo di collegamento tra pozzi, edificio energetico (Energy Building) e rete di distribuzione del calore alle serre è costituito da otto linee principali, comprendenti le connessioni tra i pozzi di produzione dell'acquifero profondo (GH1 e GH2), i pozzi di reiniezione (SG1 e SG2), i pozzi superficiali (ATES 1 e ATES 2) e i tubi ai collettori delle serre Ostellato 1-2 e Ostellato 3-4.

Durante la posa delle tubazioni interrato sono previste analisi chimiche del terreno di scavo a intervalli regolari, generalmente ogni 500 m, al fine di valutare l'eventuale presenza di inquinanti che comprometterebbe il successivo uso come terreno di riempimento.

Le tubazioni principali dell'impianto sono così definite

- Tubo di collegamento testa pozzo di produzione acquifero profondo (GH1 e GH2) all'Energy building: ca. 350 m di tubo indicativamente da 10", interrato e coibentato.
- Tubo di collegamento testa pozzo di reimmissione acquifero profondo (SG1 e SG2) all'Energy building: ca. 3.500 m di tubo indicativamente da 10", interrato e coibentato.
- Tubo di collegamento testa pozzo superficiale ATES 1 all'Energy building: ca. 100m di tubo indicativamente da 10", interrato e coibentato.

- Tubo di collegamento testa pozzo superficiale ATES 2 all'Energy building: ca. 350m di tubo indicativamente da 10", interrato e coibentato.
- Tubo di collegamento ritorno "freddo" da collettore Ostellato 1-2 all'Energy building: ca. 200m di tubo da 10" in acciaio al carbonio P235GH conforme a EN 10217-2 preisolato con schiuma poliuretanica e guaina esterna in PEAD, interrato ad esclusione della zona di collegamento con ritorno da collettore Ostellato 1-2.
- Tubo di collegamento mandata "caldo" da collettore Ostellato 1-2 all'Energy building: ca. 200m di tubo da 10" in acciaio al carbonio P235GH conforme a EN 10217-2 preisolato con schiuma poliuretanica e guaina esterna in PEAD, interrato ad esclusione della zona di collegamento con ritorno da collettore Ostellato 1-2.
- Tubo di collegamento ritorno "freddo" da collettore Ostellato 3-4 all'Energy building: ca. 50m di tubo da 10" in acciaio al carbonio P235GH conforme a EN 10217-2, posizionato su rack e coibentato.
- Tubo di collegamento mandata "caldo" da collettore Ostellato 3-4 all'Energy building: ca. 50m di tubo da 10" in acciaio al carbonio P235GH conforme a EN 10217-2, posizionato su rack e coibentato.

A queste otto linee principali saranno da integrare anche due tubazioni di andata e di ritorno per lo sfruttamento e la dissipazione dell'energia frigorifera del circuito di evaporazione della pompa di calore. L'acqua raffreddata a 15°C delle pompe di calore verrà scambiata all'interno del serbatoio per l'acqua di irrigazione delle piante della serra Ostellato 3, garantendo un'idratazione a temperatura ottimale durante il periodo estivo.

- Tubo di collegamento ritorno "caldo" da serbatoio acqua di irrigazione delle serre di Ostellato 3 all'Energy building: ca. 90m di tubo da 10" in acciaio al carbonio P235GH conforme a EN 10217-2, posizionato su rack e coibentato.
- Tubo di collegamento mandata "freddo" da serbatoio acqua di irrigazione delle serre di Ostellato 3 all'Energy building: ca. 90m di tubo da 10" in acciaio al carbonio P235GH conforme a EN 10217-2, posizionato su rack e coibentato.

8.7. SISTEMA DI ESPANSIONE AD AZOTO

Il circuito di espansione ad azoto è finalizzato alla compensazione delle variazioni volumetriche del fluido termovettore della rete chiusa di teleriscaldamento dovute alle variazioni di temperatura della rete. Il cuscino di gas inerte consente di mantenere la pressione di esercizio entro i limiti di progetto, evitando stress meccanici alle tubazioni e agli scambiatori.

Il sistema di espansione è costituito dalle bombole di azoto, la centralina di decompressione e il vaso di espansione collegato al circuito dell'acqua addolcita a monte delle pompe di circolazione della rete TLR.

Al vaso di espansione verrà collegato anche un serbatoio di acqua addolcita.

L'impiego di azoto riduce la presenza di ossigeno nel circuito limitando i fenomeni di corrosione e contribuendo alla maggiore durabilità del sistema.

8.8. STRUMENTI

La regolazione e controllo dell'impianto è garantita dal lavoro combinato di strumentazione impegnata nella misura continua di temperatura, portata e pressione e dalle valvole.

Nelle linee principali d'impianto sono installati:

- Termometri
- Manometri
- Indicatori di livello
- Indicatori di portata
- Trasmettitori di temperatura
- Trasmettitori di pressione
- Trasmettitori di livello
- Trasmettitori di portata
- Valvole di regolazione
- Valvole di intercetto
- Valvole di sicurezza

Tali strumenti permettono una gestione dell'impianto automatizzata e celere nella risposta alle variazioni dei valori obiettivo.

8.9. IMPIANTO ELETTRICO

L'impianto geotermico delle serre di Ostellato prevede un impianto elettrico costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Cabine di media tensione MT
- Trasformatori MT-BT
- Quadri di distribuzione in bassa tensione BT
- Quadri di potenza dedicati alle pompe dell'impianto
- Quadri di controllo DCS

8.10. SISTEMA DI CONTROLLO

L'impianto geotermico è dotato di un sistema di controllo automatico basato su PLC progettato per garantire la conduzione in sicurezza dell'impianto, la continuità di esercizio e la gestione controllata delle condizioni di avviamento, arresto e manutenzione straordinaria.

Il sistema di automazione acquisisce in continuo i segnali provenienti da trasmettitori di temperatura, di pressione e di livello gestendo in modo automatico la regolazione delle valvole di intercettazione e regolazione, garantendo il mantenimento dei parametri di processo entro i limiti di progetto.

Il sistema di controllo sarà implementato con logiche di sicurezza che, in caso di superamento delle soglie di progetto (temperature, pressioni, livelli anomali) porteranno alla chiusura automatica delle



valvole di intercettazione delle linee di processo, all'arresto controllato delle apparecchiature attive e dell'isolamento di alcune sezioni di impianto.

Il sistema di controllo permetterà inoltre la supervisione locale e remota dei parametri di processo (temperature, pressioni, livelli, stati valvole).

9 CARATTERISTICHE DELLE ACQUE DEI CIRCUITI

9.1.1. ACQUA IPERSALINA DEI POZZI PROFONDI A3-A

Dall'analisi condotta sulle acque estratte dal pozzo San Giovanni 1, si riscontrano valori confrontabili alle caratteristiche medie del chimismo del fluido geotermico del campo di Tresigallo (FE), riportate in **Tabella 7**.

CARATTERISTICHE MEDIE DELLE ACQUE DI TRESIGALLO (FE)					
Peso specifico a 15°C	1,037	Kg/l	Rapporti rispetto al residuo		
pH	7,3	-	Cl	58,9	%
Portata	35	l/s	Ca	1,9	%
Residuo secco a 180 °C	50,62	g/l	Mg	0,8	%
Salinità (come NaCl)	49,11	g/l	Ca + Mg	2,7	%
Resistività (a 20 °C)	0,14	Ω·m	I	0,10	%
Ferro totale	tracce	-	Mg/Ca	0,44	-
Silice (SiO ₂)	0,02	g/l	Valori di reazione		
Cl (Cloruri)	29,79	g/l	Na + K	45,2	%
SO ₄ (Solfati)	tracce	-	Ca	2,8	%
OH	assente	-	Mg	2,0	%
CO ₃	assente	-	Cl	49,8	%
HCO ₃	0,26	g/l	SO ₄	-	%
Ca	0,97	g/l	HCO ₃	0,2	%
Mg	0,43	g/l	Proprietà Palmer		
Ossidi	tracce	-	Salinità primaria	90,4	%
I (Iodio)	0,05	g/l	Salinità secondaria	9,2	%
Br (Bromo)	presente	-	Alcalinità primaria	-	
H ₂ S	assente	-	Alcalinità secondaria	0,4	%
NH ₃	presente	-			

Tabella 7 - Caratteristiche medie del fluido dei pozzi profondi del campo di Tresigallo

Allo stato di fatto le considerazioni descritte di seguito sono ipotesi preliminari. La conoscenza del chimismo dell'acquifero sarà effettiva a valle della fase di well testing preliminari e finali che caratterizzeranno la risorsa geotermica come previsto dal programma dei lavori.

Il fluido dei pozzi profondi GH1 e GH2 sarà prelevato ad una profondità di circa 2500 m, avrà la composizione media illustrata precedentemente, temperatura di circa 70°C, pressione di progetto in corrispondenza della flangia testa pozzo di 16 barg e portata di progetto di 35 l/s.

Importante rilevare l'assenza di H₂S e, anche in base all'analisi negli altri offset wells, la presenza di CO₂ è poco probabile; i valori di Background gas (BGG) nell'acquifero A3-a risultano compresi tra 0,002% e 0,3%.



9.1.2. ACQUA SALMASTRA DEI POZZI SUPERFICIALI A1-A

L'acqua salmastra dei pozzi superficiali di accumulo, che caratterizza il fluido dell'acquifero A1-a, ha valori di salinità significativamente inferiore rispetto al circuito profondo, pari a circa 6–8 g/l, con temperatura di falda intorno ai 23-25°C, temperatura di reiniezione e riutilizzo invernale compresa tra 65°C e 70°C.

I valori di Background gas rilevati nell'intervallo di profondità relativo ai pozzi superficiali sono compresi tra lo 0,1% e 0,7%.

9.1.3. ACQUA RETE TLR DELLE SERRE

L'acqua della rete del teleriscaldamento delle serre di Ostellato è acqua addolcita sottoposta a continua filtrazione. A monte delle pompe della rete è presente un sistema di rimozione del gas e dei fanghi nel fluido.

Il fluido circola all'interno di un circuito chiuso che opera a pressioni entro i 10 barg e temperature entro i 70°C.



10 GESTIONE DEGLI EFFLUENTI

Le acque di processo presenti nell'impianto, descritte nei capitoli precedenti, saranno normalmente confinate all'interno di circuiti chiusi.

In condizioni eccezionali, quali rotture, fermo impianto, avviamenti o arresti non programmati oppure interventi di manutenzione straordinaria, potrebbe rendersi necessario lo svuotamento parziale o totale di specifiche sezioni dell'impianto.

In tali circostanze, le acque provenienti dal circuito geotermico profondo e da quello superficiale, caratterizzate rispettivamente da elevata e bassa salinità e non compatibili con lo scarico diretto in ambiente, saranno convogliate, tramite linee di drenaggio dedicate, in vasche di raccolta impermeabilizzate e separate dalle altre tipologie di refluo.

Tali acque saranno temporaneamente stoccate e successivamente conferite a impianti autorizzati al trattamento di reflui industriali ad elevato contenuto salino, mediante trasporto effettuato da soggetti autorizzati ai sensi della normativa vigente. Le acque di processo presenti nell'impianto e descritte ai capitoli precedenti saranno normalmente confinate all'interno di circuiti chiusi.



11 RETI ESTERNE

L'impianto geotermico verrà allacciato alla cabina di media tensione MT delle serre FRI-EL dalla quale preleverà l'energia elettrica necessaria per il funzionamento dell'impianto.

Sarà inoltre collegata alla rete di distribuzione dell'acqua potabile per l'alimentazione dell'addolcitore di impianto ed il funzionamento dei servizi di impianto.