

Impianto “PESCOPAGANO”

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità

Comune di Pescopagano (PZ)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE

STRATEGIES FOR WATER



Progettista: Ing. Luigi Lorenzo Papetti

Impianti HVAC e raffreddamento

Relazione tecnica generale



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PROGETTO PRELIMINARE	26/05/21	Esterno	L. Papetti	

Codice commessa: 1295

Codifica documento: 1295-K-FN-R-01-0

INDICE

1	Oggetto	3
2	Condizioni del sito e dati di progetto	3
2.1	Condizioni ambientali	3
2.2	Condizioni del fluido di lavoro (acqua)	3
2.3	Condizioni di lavoro	4
3	Calcoli termici	4
3.1	Calore da smaltire	4
3.2	Bilanci termici	4
3.2.1	Sistema ad aria	4
3.2.2	Sistema ad acqua	5
4	Descrizione dei sistemi di raffreddamento	6
4.1	Sistemi di raffreddamento ad acqua	6
4.2	Sistemi di raffreddamento ad aria	7
4.2.1	Architettura generale	7
4.2.2	Distribuzione dell'aria	8
4.2.3	Selezione dei ventilatori	8
4.3	Lay-out	9
4.4	Fabbisogni elettrici	9

1 OGGETTO

Il progetto dell'impianto di Pescopagano prevede la realizzazione di un impianto di pompaggio ad alta flessibilità costituito da 2 gruppi ternari turbina-alternatore-pompa per un totale di potenza installata di 300 MVA nel comune di Pescopagano (PZ).

La presente relazione costituisce il documento generale che illustra il progetto preliminare dei sistemi, ventilazione(HVAC) e raffreddamento, da utilizzarsi per la procedura autorizzativa della centrale in questione.

2 CONDIZIONI DEL SITO E DATI DI PROGETTO

2.1 CONDIZIONI AMBIENTALI

L'impianto sarà realizzato nella zona di Pescopagano (PZ) e la centrale sarà ubicata in caverna artificiale, raggiungibile tramite una galleria di accesso di lunghezza pari a circa 930 m.

I dati ambientali di riferimento del sito sono i seguenti:

altezza s.l.m.

bacino di monte (Saetta):	~952 / ~946	m s.l.m.
bacino di valle (Pescopagano):	~ 487 / 468	m s.l.m.
centrale in caverna (asse gruppi):	423	m s.l.m.

temperatura ambientale limite (min/max):

bacino di monte:	-5/+30	°C
bacino di valle:	-5/+30	°C
centrale in caverna:	+13/+17	°C
temperatura da mantenere in centrale min/max	+15 /+30	°C

I dati di temperatura sopra riportati si devono intendere come condizioni limite per l'ambiente esterno, fra le quali le apparecchiature si troveranno a lavorare e dovranno garantire di funzionare adeguatamente e senza disservizi.

2.2 CONDIZIONI DEL FLUIDO DI LAVORO (ACQUA)

L'acqua che costituisce il fluido di lavoro per le macchine idrauliche sarà anche resa disponibile anche per l'utilizzo come fluido di raffreddamento per macchinari e ambienti.

Le temperature min/max durante l'anno saranno le seguenti:

Acqua del bacino di monte:	10 / 20	°C
Acqua del bacino di valle:	10 / 20	°C

2.3 CONDIZIONI DI LAVORO

Per la centrale è previsto il funzionamento in pompaggio e turbinaggio, con le seguenti tempistiche orientative:

- Pompaggio 4-12 h/giorno
- Turbinaggio 4-12 h/giorno
- Macchine ferme 8-24 h/giorno

3 CALCOLI TERMICI

3.1 CALORE DA SMALTIRE

Il progetto del sistema di ventilazione e climatizzazione deve partire innanzitutto dalla valutazione del calore che deve essere asportato dai macchinari durante il loro funzionamento e che, quindi, determina il dimensionamento dei sistemi di movimentazione dei fluidi di raffreddamento.

I fluidi di raffreddamento disponibili sono:

- Aria, prelevabile all'imbocco della galleria di accesso alla centrale
- Acqua, prelevabile durante il normale funzionamento dalla galleria di valle

Le temperature limite di detti fluidi sono riportate nel cap. 2, Dati di progetto.

La valutazione del calore da asportare dai macchinari in esercizio è riportata nel doc. 1295-K-FN-A-01-0 ed assomma a:

- Calore da asportare tramite scambiatori ad acqua: 2 x 4,32 MW
- Calore da asportare tramite aria di ventilazione: 1,08 MW

Tale valutazione è riferita alla cosiddetta all'ipotesi di utilizzo di macchine elettriche (motore/generatore) di tipo sincrono.

Da tali valutazioni discende innanzitutto l'individuazione dei sistemi di raffreddamento più idonei per ogni sistema da raffreddare, descritta nel cap. 4., e poi il dimensionamento dei diversi componenti (pure descritti nel cap. 4.), il tutto sviluppato sulla base dei bilanci termici di cui ai doc. 1295-K-FN-A-01-0 e 1295-K-FN-A-02-0, come di seguito descritto.

3.2 BILANCI TERMICI

3.2.1 SISTEMA AD ARIA

Il dimensionamento del sistema deve essere effettuato sulla base della condizione più critica, che è ovviamente l'estate, durante il quale si assume una temperatura massima dell'aria esterna, per il calcolo della portata necessaria, pari a 30°C.

L'aria esterna tramite ventilatori viene immessa nella galleria di accesso alla centrale che funge da condotta in pressione.

Poiché è ipotizzabile che la temperatura entro la galleria sia abbastanza stabile durante l'anno e, a partire da una distanza di circa 400 m dall'imbocco, si mantenga a 14°C come in altre realizzazioni simili, l'aria inviata subisce una sensibile riduzione di temperatura lungo il percorso nella galleria stessa.

Nel doc. 1295-K-FN-A-01-0 si è sviluppato il calcolo degli scambi di calore fra aria di mandata e pareti della galleria, considerando ponendo pari a zero l'effetto dovuto alle rientrate di calore per effetto delle dispersioni delle sbarre che percorrono un apposito cunicolo d'uscita.

Il calcolo è sviluppato per tronchi di galleria di lunghezza di 10 m cadauno, dall'inizio fino alla fine, valutando il salto termico, variabile da punto a punto, fra la temperatura dell'aria e la temperatura della parete della galleria; il calcolo è effettuato per tutti i tronchi.

La potenza termica che l'aria può cedere alle pareti della galleria, è di circa 988 kW.

Per determinare la temperatura dell'aria a fine galleria è necessario definire il valore della portata, per cui il calcolo è stato sviluppato con un procedimento iterativo e si sono ricavate le seguenti condizioni di funzionamento:

- Portata d'aria: 189.815 m³/h
- Temperatura aria inizio galleria: 30 °C
- Calore sottratto in galleria 988 kW
- Temperatura aria fine galleria: 14,4 °C

La temperatura dell'aria a inizio galleria è stata assunta conservativamente pari a 30 °C, poiché i dati a disposizione per la zona considerata riportano temperature massime di 26 °C. Mantenendo i locali a 30°C, come fissato nei dati di progetto, si hanno i seguenti dati:

- Temperatura aria ingresso centrale: 14,4 °C
- Calore disperso dai macchinari: 1080 kW
- Temperatura aria all'uscita dalla centrale: 30 °C

Data la sezione netta libera dell'intera galleria utilizzata per la mandata dell'aria (50,6 m²), si ottiene una velocità dell'aria pari a 1,04 m/s.

Considerando una dispersione per perdite varie del 5% della portata (il che equivale a creare una sovra-pressione di circa 0,5 vol/h nei locali della centrale, come d'uso negli impianti HVAC), una portata d'aria di 180.324 m³/h viene ripresa dagli ambienti a 30°C e rinviata attraverso il cunicolo sbarre, dove scorre ad una velocità di 2,19 m/s.

3.2.2 SISTEMA AD ACQUA

I bilanci termici sono illustrati nel doc. 1295-K-FN-A-02-0. Il successivo par. 4.1., che descrive l'organizzazione del sistema ad acqua, ne illustra i risultati.

4 DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO

4.1 SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO AD ACQUA

La parte più consistente del raffreddamento da effettuare è costituita dai diversi elementi di ciascuna unità che devono essere raffreddati ad acqua, tramite scambiatori di calore dedicati per ciascuno di essi; tutti questi raffreddamenti sono effettuati in circuito chiuso, con acqua trattata. Il calore asportato in questi circuiti viene smaltito all'esterno tramite scambiatori di calore che lo cedono ad acqua prelevata dalla galleria di restituzione al bacino di valle delle macchine idrauliche:

- quando queste funzionano in turbinaggio, si tratta di acqua in uscita dalle turbine, che poi viene inviata al bacino di valle;
- quando queste funzionano in pompaggio, si tratta di acqua proveniente dal bacino di valle, che poi viene inviata in aspirazione alle pompe.

Il circuito con acqua prelevata dal processo delle macchine idrauliche è detto circuito primario, il circuito chiuso è detto secondario. Si è ritenuto opportuno prevedere dei sistemi primario/secondario distinti per ciascuna delle due macchine, in modo che, in caso di fermata di un'unità, possano esserne fermati contestualmente anche tutti i sistemi di raffreddamento ad essa legati, e l'altra unità continua a funzionare con i propri elementi di raffreddamento, senza necessità di sistemi di regolazione.

L'organizzazione generale dei sistemi di raffreddamento ad acqua è mostrata negli schemi di flusso 1295-K-FN-D-01-0 e 1295-K-FN-D-02-0.

Per il circuito primario, l'acqua di raffreddamento è prelevata dalla galleria a valle delle macchine idrauliche, in due punti distinti:

- Uno per il raffreddamento dell'unità 1 (4.320 kW): l'apposita pompa preleva la portata necessaria (2 da 929 m³/h cadauna una di riserva all'altra, calcolata sulla base della potenza suddetta, con temperatura dell'acqua in arrivo pari a 20°C e restituzione a 28°C)
- Uno per il raffreddamento dell'unità 2, con organizzazione e dimensionamento del tutto identico a quello dell'unità 1

Ciascun sistema restituisce poi l'acqua nella galleria di valle.

Per quanto riguarda il circuito secondario:

- Lo schema 1295-K-FN-D-01-0 mostra che, per ogni unità, è previsto un circuito chiuso di raffreddamento dedicato, con propri scambiatori di calore primario/secondario (2x100% da 4.320 kW cadauno) e con proprie pompe (2 da 929 m³/h cadauna una di riserva all'altra, calcolate sulla base della potenza suddetta, con temperatura dell'acqua in arrivo pari a 25°C e restituzione a 33°C)
- Lo schema 1295-K-FN-D-02-0 mostra, per ogni unità, le unità che vengono raffreddate dal circuito chiuso, con la potenza di ciascun elemento da raffreddare.

Il bilancio termico 1295-K-FN-A-02-0 mostra altresì che, quando le macchine idrauliche lavorano con la portata nominale di 52,7 m³/s complessivi (cioè per 2 unità), il calore scaricato dal sistema di raffreddamento altera la temperatura dell'acqua in modo im-

percettibile (0,08°C). Non vi sono quindi problemi legati all'inversione del flusso nella condotta di valle, che comporta il fatto che in uno dei due versi di scorrimento dell'acqua l'acqua di raffreddamento verrà restituita a monte del punto di prelievo; l'effetto del calore disperso sulla temperatura di aspirazione è assolutamente irrisorio; comunque, è opportuno che tale fatto si verifichi quando le unità funzionano in turbina, perché in questa situazione viene utilizzata l'acqua proveniente dal bacino di monte, che si prevede sia leggermente più fredda.

È stata considerata anche la situazione opposta, cioè i periodi di funzionamento invernali con bassa temperatura per l'acqua di raffreddamento; l'ipotesi al momento adottata è che le diverse unità da raffreddare possano eventualmente disporre di propria termoregolazione, con valvole che regolano il flusso dell'acqua di raffreddamento immessa nello scambiatore: una riduzione della temperatura di prelievo dell'acqua comporterà una riduzione del consumo di acqua sul secondario e, conseguentemente, si ridurrà il calore scambiato tramite gli scambiatori primario/secondario, senza bisogno di dotarli di termoregolazione.

Qualora, in fase esecutiva, si riscontrasse la necessità di effettuare una termoregolazione dei suddetti scambiatori, sarà sufficiente prevedere in ciascun circuito secondario il posizionamento della pompa in ingresso allo scambiatore ed un parziale bypass (con valvola di regolazione) della portata inviata allo scambiatore stesso, al fine di mantenere costante, e al valore ottimale, la temperatura di mandata del circuito secondario.

4.2 SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO AD ARIA

4.2.1 ARCHITETTURA GENERALE

La parte più consistente del calore da asportare è costituita dalle dispersioni rilasciate in ambiente da quegli elementi ai quali non è possibile applicare degli scambiatori di calore ad acqua.

L'organizzazione del sistema ad aria (schema 1295-K-FN-D-04-0) prevede:

- Prelievo di aria esterna all'esterno della galleria di accesso alla centrale, che dovrà essere chiusa con portone e funge da condotta in pressione, tramite appositi ventilatori.
- All'arrivo presso la centrale l'immissione potrà avvenire a piena sezione della galleria oppure potrà essere previsto un secondo portone e quindi, l'immissione dell'aria potrà avvenire in un sistema di canali lamiera metallica con distribuzione nelle diverse parti della centrale. In questo secondo caso delle serrande motorizzate, poste in punti opportuni dei canali di distribuzione, permetteranno sia di bilanciare le portate fra i vari ambienti, sia di sezionare le aree, in caso di funzionamento di una sola delle due unità.
- La restituzione dell'aria dagli ambienti della centrale avviene attraverso il cunicolo sbarre, o a sezione piena, oppure tramite un sistema di canalizzazioni di ripresa recapitando l'aria sempre nel cunicolo sbarre.

- Il cunicolo sbarre funge da canale di trasporto e riconduce l'aria all'esterno; per favorire lo scorrimento dell'aria, sono previsti ventilatori booster da galleria, distribuiti lungo il percorso (al momento, ne sono previsti tre più uno di riserva).

I sistemi di trasporto dell'aria sono unificati (cioè, una condotta di mandata, un'unica restituzione attraverso la galleria); per le unità di ventilazione, però, si è operato prevedendo quattro ventilatori di mandata, uno quali di riserva, in modo da garantire una buona flessibilità di esercizio e mettendo in funzione il numero di ventilatori necessario ad adeguare la portata d'aria all'effettivo carico da smaltire.

L'azionamento dei motori dei ventilatori, peraltro, è previsto tramite inverter, in modo da far funzionare un solo ventilatore, a portata ridotta, quando entrambe le unità di produzione sono ferme.

Il doc. 1295-K-FN-A-01-0 ha valutato anche le dispersioni a centrale ferma e la necessità di mantenere in circolazione, in tale eventualità, una portata d'aria pari al 16% circa della massima (cioè, il 36% circa di uno dei ventilatori).

Sempre a proposito del dimensionamento, data la presenza del cunicolo sbarre con sensibili dispersioni termiche che funge da uscita dell'aria calda, la temperatura di arrivo dell'aria all'ambiente esterno (cioè a fine cunicolo) è stata valutata nelle peggiori condizioni nell'ordine dei 31,7 °C, ovvero di poco superiore alla temperatura di 30 °C già in uscita dalla centrale.

4.2.2 DISTRIBUZIONE DELL'ARIA

Dato il grande volume del locale col macchinario idraulico, in questo le portate di ventilazione necessarie per lo smaltimento del calore corrispondono ad un ricambio di circa 2,9 vol/h.

In questa fase di progetto preliminare, in assenza di dettagli costruttivi sui macchinari, le portate di ventilazione sono state calcolate nel modo più conservativo, cioè con immissione libera in ogni locale ed estrazione pure libera dalla totalità del locale; non si può escludere che in fase di progetto esecutivo, si possa individuare la possibilità di effettuare delle estrazioni localizzate, aggiungendo cappe e ventilatori di estrazione dedicati sopra i macchinari a maggiore emissione termica (per esempio, sopra i quadri elettrici); ciò consentirebbe di estrarre l'aria calda direttamente al punto di emissione, quindi ad una maggior temperatura, riducendo quindi la portata necessaria, a parità di potenza termica. Parallelamente, quindi, si ridurrà anche la portata d'aria immessa; indicativamente, il risparmio ottenibile potrebbe essere il 10-15% della portata totale.

4.2.3 SELEZIONE DEI VENTILATORI

Le macchine selezionate preliminarmente sono le seguenti:

- Ventilatori di mandata:
 - Quantità: n. 4 (1 di riserva)
 - Portata massima: 87.000 m³/h cad.
 - Portata minima: 40.000 m³/h cad.
 - Prevalenza alla portata minima: 833 Pa

- Motore: a 4 poli /22 kW
- Dimensioni indicative: 1190 mm (D) x 1000 cm (L)
- Peso indicativo (con motore): 400 kg
- Silenziatori: in aspirazione
- Ventilatori di ripresa:
 - Quantità: n. 4 (1 di riserva)
 - Portata: 240.000 m³/h cad.
 - Motore: a 2 poli 5 kW
 - Dimensioni indicative: 63 cm (D) x 200 cm (L)
 - Silenziatori: in aspirazione e in mandata

La lunghezza dei ventilatori di ripresa include già l'ingombro dei silenziatori.

La lunghezza indicata per i ventilatori di mandata, invece, è quella netta della macchina. Ad essa si somma l'ingombro dei silenziatori da prevedere in aspirazione, che verrà valutata in fase di progetto esecutivo.

4.3 LAY-OUT

Il lay-out di posizionamento dei ventilatori è mostrato nel disegno 1295-K-FN-D-03-0, con i ventilatori di mandata nei pressi della galleria di accesso alla centrale, e dei ventilatori di ripresa, collocati nella galleria del cunicolo sbarre, alla sommità della sezione.

Per quando riguarda il posizionamento dei ventilatori nella zona della galleria di accesso alla centrale, in fase di progetto esecutivo si dovrà dettagliare adeguatamente la localizzazione più opportuna, in relazione al minimizzare l'impatto visivo dei ventilatori stessi.

4.4 FABBISOGNI ELETTRICI

Sono individuati, per ogni singolo macchinario e legati alla posizione dell'utenza, nel doc. "Elenco carichi elettrici" 1295-K-FN-A-03-0 gli assorbimenti elettrici dei sistemi di HVAC, del sistema di raffreddamento e degli altri principali carichi elettrici della centrale.



Tel: +39 030 3702371 – Mail: info@frosionext.com - Sito: www.frosionext.com
Via Pier Fortunato Calvi 11 - Brescia (BS), CAP 25123
P.Iva e Codice fiscale: 03228960179