



Committente

tecnici

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI BOLZANO  
**Dr. Ing. WALTER GOSTNER**  
Nr. 1191  
INGENIEURKAMMER  
DER PROVINZ BOZEN

## Progetto definitivo

committente

RUOTI ENERGIA S.r.l.  
Piazza del Grano 3  
I-39100 Bolzano (BZ)

progetto

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Mandra Moretta" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei Comuni di Ruoti, Avigliano, Potenza, Pietragalla, Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)

contenuto

Relazione tecnica impianti elettrici e speciali

redatto	modificato	scala	elaborato n.
SZ 15.11.2022	a		PD-R.10
controllato	b		
GB 15.11.2022	c		
pagine 42	n. progetto 11-213	\02. Definitivo\PD-R.10 - Relazione tecnica impianti elettrici e speciali.docx	



Studio di Geologia e GeolIngegneria  
Dott. Geol. Antonio De Carlo

Dott. Geol. Antonio De Carlo  
Via del Seminario 35 – 85100 Potenza (PZ)  
tel. +39 0971 180 0373  
[studiogeopotenza@libero.it](mailto:studiogeopotenza@libero.it)



**BETTIOL ING. LINO SRL**  
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)  
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)  
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273  
E-mail: [bettiolinglinosrl@legalmail.it](mailto:bettiolinglinosrl@legalmail.it)

## patzschepartner

ENGINEERS

Ingegneri Patzschneider & Partner S.r.l.  
i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza  
i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli  
a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6  
tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01  
[info@ipp.bz.it](mailto:info@ipp.bz.it) – [www.patzschneiderpartner.it](http://www.patzschneiderpartner.it)

## Indice

<b>1. Introduzione</b> .....	<b>3</b>
1.1 Committente .....	3
1.2 Progettisti incaricati .....	3
<b>1.3 Descrizione introduttiva</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Riferimenti normativi</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Criteri di progettazione nel rispetto ambientale</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Benefici alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN)</b> .....	<b>9</b>
<b>5. Modalità di funzionamento della centrale</b> .....	<b>14</b>
<b>6. Descrizione generale impianti elettrici</b> .....	<b>15</b>
<b>6.1 Sistema Generazione e Pompaggio</b> .....	<b>15</b>
<b>6.2 Sistema di trasmissione e trasporto dell'energia da/alla RTN in AT</b> .....	<b>20</b>
<b>6.2.1 Elettrodotto a 150 kV con esecuzione di tipo misto aereo/cavo interrato tra la centrale di pompaggio e la nuova SSE consegna Vaglio di Ruoti Energia</b> ..	<b>20</b>
6.2.1.1 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto.....	20
6.2.1.2 Tratto in cavo interrato .....	20
6.2.1.3 Cavi di energia.....	21
6.2.1.4 Terminali .....	22
6.2.1.5 Giunti .....	22
6.2.1.6 Scaricatori.....	22
6.2.1.7 Cavo di terra .....	22
6.2.1.8 Morsetteria.....	22
<b>6.2.2 Tratto aereo</b> .....	<b>22</b>
6.2.2.1 Conduttori e corde di guardia.....	23
6.2.2.2 Morsetteria ed Armamenti.....	25
6.2.2.3 Sostegni .....	25
6.2.2.4 Fondazioni .....	27
6.2.2.5 Messa a terra dei sostegni .....	28
6.2.2.6 Capacità di trasporto .....	28
6.2.2.7 Isolamento .....	29
<b>6.2.3 Rumore</b> .....	<b>29</b>
<b>6.2.4 SSE di consegna Ruoti Energia</b> .....	<b>30</b>
<b>6.2.5 Nuovo elettrodotto aereo tra ampliamento SE RTN "Vaglio" di Terna e SSE "Vaglio" di Ruoti Energia</b> .....	<b>32</b>

<b>6.3 Sistemi ausiliari di centrale/stazione .....</b>	<b>33</b>
<b>6.3.1 Controllo centrale (turbina, generatore, interruttori idraulici, sensori).....</b>	<b>35</b>
<b>6.3.2 Controllo presa/restituzione del bacino di monte e dell'invaso di valle .....</b>	<b>35</b>
<b>6.3.3 Sistema di accesso, sorveglianza e allarme .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4 Sistema di distribuzione in Bassa Tensione .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4.1 Suddivisione dei servizi ausiliari in BT.....</b>	<b>36</b>
<b>6.4.2 Sistema di posa .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4.3 Condotte.....</b>	<b>36</b>
<b>6.4.4 Quadri di distribuzione .....</b>	<b>37</b>
<b>6.4.5 Dispositivi di distribuzione .....</b>	<b>38</b>
<b>6.4.5.1 Interruttori magnetotermici.....</b>	<b>38</b>
<b>6.4.5.2 Interruttori differenziali del tipo "salvavita" .....</b>	<b>38</b>
<b>6.4.5.3 Interruttori.....</b>	<b>38</b>
<b>6.4.6 Impianto di messa a terra – impianto di compensazione del potenziale .....</b>	<b>39</b>
<b>6.4.7 Impianto di protezione dalle scariche atmosferiche .....</b>	<b>39</b>
<b>6.4.8 Impianto di rivelazione incendi e gas tossici ed esplosivi .....</b>	<b>39</b>
<b>6.4.9 Impianto di illuminazione di emergenza .....</b>	<b>40</b>
<b>6.4.10 Installazioni potenza e luce della centrale .....</b>	<b>40</b>
<b>7. Misure di protezione ambientale e di sicurezza dei lavoratori .....</b>	<b>40</b>
<b>7.1 Classificazione dei luoghi pericolosi .....</b>	<b>40</b>
<b>7.2 Campi elettrici e magnetici.....</b>	<b>41</b>
<b>7.3 Prescrizioni per la sicurezza .....</b>	<b>41</b>

## 1. Introduzione

### 1.1 Committente

#### **RUOTI ENERGIA S.r.l.**

Piazza del Grano 3

I-39100 Bolzano (BZ)

### 1.2 Progettisti incaricati

Coordinatore di progetto:

**Dr. Ing. Walter Gostner**

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

#### **Ingegneri Patscheider & Partner Srl**

Via Glorenza 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dr. Ing. Walter Gostner

Responsabile opere civili:

Dr. Ing. Ronald Patscheider

Coordinamento interno:

Dr. Ing. Corrado Lucarelli

Progettisti:

Dr. Ing. Marco Demattè

Dr. Ing. Alex Balzarini

Dr. For. Giulia Bisoffi

Tecn. Alexander Gambetta

Geom. Marion Stecher

Geom. Stefania Fontanella

Per. Agr. Luciano Fiozzi

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

**Dr. Geol. Antonio De Carlo**

Studio di Geologia e Geoingegneria

Via del Seminario 35

85100 Potenza (PZ)

## Opere elettriche – Impianto Utanza per la Connessione

Progettista e consulente specialista:

### **Bettiol Ing. Lino S.r.l.**

Via G. Marconi 7  
31027 Spresiano (TV)

Via Panà 56/TER  
35027 Noventa Padovana (PD)

Progettisti:

Dr.ssa Ing. Giulia Bettiol  
Dr. Ing. Sandro Zambelli  
Dr.ssa Ing. Mariangela Gambirasi  
Dr. Ing. Marco Lasen  
Dr. For. Massimiliano Sonogo

### **1.3 Descrizione introduttiva**

La presente relazione riguarda la realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico di pompaggio puro situato nel Comune di Ruoti (PZ), in località Mandra-Moretta ed opere di connessione nei comuni di Vaglio Basilicata (PZ), Pietragalla (PZ), Avigliano (PZ), Ruoti (PZ) e Potenza (PZ). La potenza complessiva di tale impianto al punto di connessione (PoC), sia in immissione che in prelievo, sarà pari a 200 MW, con un fattore di potenza che verrà definito con il Gestore di Rete in sede di regolamento d'esercizio.

La centrale sarà costituita da:

- un bacino di monte, nel quale vengono accumulati i volumi d'acqua pompate dal bacino di valle;
- un bacino di valle (esistente);
- un sistema di condotte forzate che collega gli invasi di monte e valle;
- una centrale di produzione interrata contenente il gruppo macchine (generatori elettrici accoppiati con le macchine idrauliche);
- una sottostazione elettrica di trasformazione GIS interrata;
- viabilità di accesso alla centrale e infrastrutture varie di servizio.

La generazione e/o pompaggio verrà realizzato attraverso N° 2 gruppi reversibili, che a seconda del verso di rotazione della girante della macchina idraulica possono funzionare sia come pompa che come turbina, di taglia pari circa a 105 MW/cad, coassiali con generatori sincroni per la produzione di energia elettrica.

Le stesse macchine elettriche, opportunamente avviate, possono operare come motori sincroni in fase di pompaggio.

Sulla base di valutazioni legate alle caratteristiche della rete elettrica cui l'impianto risulterà connesso, ed ai servizi di rete che lo stesso impianto sarà chiamato a svolgere, è prevista la possibilità di utilizzare generatori/motori asincroni al posto del tradizionale generatore/motore sincrono.

La presente relazione rimane comunque valida nei suoi aspetti architettonici e di struttura dell'impianto elettrico anche nel caso si dovesse perseguire la soluzione che prevede le macchine asincrone.

Gli impianti elettrici, per facilità di analisi, possono essere idealmente suddivisi nelle seguenti sezioni:

- sistema di generazione e pompaggio;
- sistema di trasmissione e trasporto dell'energia da/alla RTN in AT;
- sistemi ausiliari di centrale/stazione;
- sistema di distribuzione in bassa tensione.

Nel prosieguo verrà descritto ciascuno dei suddetti sistemi elettrici.

## 2. Riferimenti normativi

La progettazione, la costruzione e il collaudo delle unità, dei componenti dell'impianto e dei lavori descritti di seguito vengono eseguiti in conformità alle seguenti norme, leggi e decreti in corso di validità.

Leggi e Decreti:

- D.Lgs. 81/08, "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.Lgs 106/09, "Disposizioni integrative e correttive del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n.81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- DM 37/08, "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- D.P.R. 20 Marzo 1956 n.320, "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo";
- DM 10/04/1984, "Eliminazione dei radio disturbi";
- Direttiva del Consiglio (89/336/CEE) del 3 maggio 1989, "Per il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, come modificata dalle direttive CEE 92/31 e 93/68";

- Legge n.36 del 22/02/2008 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- Legge n° 339 del 28/06/1986;
- DPCM 08/07/2003 “Fissazione dei limiti di esposizioni, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DM del 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti “;
- DM del 21/03/1988 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne” e smi;
- DM del 16/01/1991 “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne” (GU n. ... DM 29/05/2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica”.

Norme tecniche:

- CEI 02, “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- CEI 0-16, “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100kV”;
- CEI 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne” Ed. V del 09/1998;
- CEI 11-17 “Linee in cavo” Ed. III del 07/2006;
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”
- IEC 60287 “Electric cables – Calculation of the current rating”;
- CEI EN 61936-1 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.” del 07/2011;
- CEI EN 50522 “messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.” del 07/2011;
- Norme relative UNI e UNEL;
- Norme di protezione della salute (ASL);
- Norme di prevenzione degli infortuni (INAIL).

### 3. Criteri di progettazione nel rispetto ambientale

Per la progettazione degli impianti elettrici sono stati adottati criteri che tengono in considerazione sia gli aspetti ambientali, nell'intento di minimizzarne l'impatto, sia gli aspetti relativi alla sicurezza dei lavoratori che opereranno nell'impianto.

Oltre alle normali prescrizioni normative sui materiali, sulle macchine, sui componenti e sulle apparecchiature che verranno installate, verrà prestata particolare attenzione agli aspetti ambientali per le scelte inerenti i seguenti ambiti:

- inquinamento acustico;
- inquinamento da campi elettromagnetici;
- impatto visivo;
- inquinamento dovuto ad emissioni in atmosfera;
- gestione di prodotti nocivi in caso di guasti.

In questo documento si vogliono illustrare le principali scelte progettuali inerenti le implicazioni nei confronti dell'ambiente e della sicurezza.

La centrale di produzione e la sottostazione elettrica di trasformazione sarà ricavata in uno spazio semi-interrato: in tal modo si limiterà l'impatto ambientale verso l'esterno alla sola opera costituente le vie di accesso alla centrale.

Questa scelta comporta:

- la minima generazione di inquinamento elettromagnetico poiché la stazione di trasformazione è di tipo isolato in SF6 con condotti di connessione alle macchine anch'essi in SF6 e elettrodotto in cavo in ingresso, questo obiettivo verrà raggiunto adottando una geometria di posa a regola d'arte e utilizzando la idonea schermatura dei cavi;
- la localizzazione di rumori, dovuti alla presenza dei grossi trasformatori e dei generatori, a zone unicamente accessibili al personale addetto;
- il pressoché nullo impatto visivo dall'esterno;
- l'assenza totale di inquinamento di tipo luminoso in quanto non necessita di illuminazione se non di tipo stradale per la rampa di accesso alla centrale.

Per quanto riguarda le problematiche riguardanti le macchine e le apparecchiature si sono adottati i seguenti criteri:

- i gruppi elettrogeni diesel sono posti in locali appositi, con le tubazioni di scarico che verranno portate all'esterno, in luogo sicuro, dotandoli di silenziatori residenziali. Va sottolineato che i gruppi elettrogeni verranno utilizzati solo in caso di emergenza, poiché

di norma sono fermi; le accensioni per le verifiche cicliche di corretto funzionamento sono limitate a brevi avvii di cadenza settimanale e di durata limitata a circa 15 minuti;

- i trasformatori in olio disporranno di apposite vasche di raccolta impermeabilizzate, adeguatamente dimensionate per la volumetria totale in caso di perdite di olio dalle casse.

La scelta di impiegare la tecnologia di isolamento in Esafluoruro di zolfo SF6 per apparecchiature elettriche quali i GIS in Alta Tensione e per alcuni componenti, quali sezionatori e interruttori, montati all'interno di quadri in Media Tensione, comporta un livello di sicurezza, ormai garantito, come d'altronde espresso ufficialmente dai regolamenti comunitari che escludono limitazioni all'impiego del gas a pressione appena superiore all'atmosferica per usi elettrici (Regolamento CE n.842/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006).

Per la Media Tensione si prevede, per i componenti all'interno dei quadri elettrici, l'adozione della tecnologia della "capsula sigillata per saldatura" esente da manutenzione e quindi anche da perdite in ambiente.

Nell'Alta Tensione l'adozione dell'SF6 consente la realizzazione di elementi compatti, di minor ingombro, di minor impiego di materie prime, ma soprattutto comporta una soluzione prefabbricata e quindi provata in fabbrica con minori rischi durante l'installazione e maggiori garanzie per il funzionamento.

La soluzione in SF6 implica anche un minor rischio di incendio in quanto il gas non sostiene la combustione e le parti in tensione sono contenute in involucri metallici sigillati a terra.

La tecnologia "GIS" limita inoltre la diffusione in ambiente dei campi elettromagnetici.

Per quanto concerne l'elettrodotto di connessione tra la SSE di consegna Vaglio di Ruoti Energia e la centrale di pompaggio si è optato per una soluzione di tipo misto: aereo, cavo interrato.

La scelta del tracciato su cui si è sviluppato l'elettrodotto e la tipologia di infrastruttura ha permesso di limitare, quanto più possibile:

- l'inquinamento elettromagnetico, grazie ad opportuni accorgimenti nella scelta del tracciato volti a limitare al minimo l'interferenza con recettori sensibili (così come definiti dal DPCM 08-07-2003);
- l'impatto acustico legato unicamente e sostanzialmente al rumore generato dall'oscillazione dei conduttori del tratto aereo dell'elettrodotto mossi dal vento;
- l'impatto paesaggistico avendo cura di posizionare le strutture (tralicci) del tratto aereo al di fuori delle aree a tutela paesaggistica ed utilizzando una colorazione dei tralicci tale da renderli meno evidenti sullo sfondo del territorio presenti nell'area;

- l'impatto ambientale sulla parte boscata e sulla ZSC dell'Abetina di Ruoti grazie alla progettazione di un elettrodotto misto, in cavo, nelle zone ove sono presenti aree prevalentemente boscate, e aereo nelle aree con suolo ad uso prevalentemente seminativo-arboricolo;
- non impattare in merito ad emissioni di inquinanti in quanto l'elettrodotto non immette inquinanti in atmosfera nel suo normale esercizio.

Infine, per quanto riguarda la SSE di consegna Vaglio di Ruoti Energia, la stessa sarà realizzata nelle immediate vicinanze dell'attuale SE RTN di Vaglio. Contrariamente alla soluzione ipotizzata per la centrale di pompaggio, in questo caso si è optato per una stazione isolata in aria (tipo AIS) al fine di garantire maggior resilienza all'infrastruttura e un miglior coordinamento dell'isolamento con l'elettrodotto e la restante parte della RTN a cui la stessa si collega.

La scelta del sito su cui realizzare la SSE ha permesso di limitare, quanto più possibile:

- l'inquinamento elettromagnetico su recettori sensibili, poiché l'area è estremamente disabitata e non facilmente raggiungibile;
- l'impatto acustico legato unicamente e sostanzialmente al rumore generato dalle macchine elettriche presenti al suo interno di dimensione estremamente più contenute rispetto a quelle presenti all'interno della stazione di pompaggio che non sarà di fatto udibile a distanze di qualche decina di metri dalla stessa;
- l'impatto paesaggistico poiché l'area su cui verrà realizzata la SSE si trova su di un avvallamento del terreno che preclude la visibilità della stessa da elevate distanze (intervisibilità inferiore a 4-500m)
- l'impatto ambientale su aree "vergini" concentrando la presenza di officine elettriche in un punto del territorio;
- inquinamento dovuto ad emissioni in atmosfera in quanto non è prevista alcuna emissione di gas, polveri durante il suo normale funzionamento;
- gestione di prodotti nocivi in caso di guasti, ogni macchina è dotata di una vasca in grado di contenere tutto l'olio che può fuoriuscire in caso di incidente.

#### **4. Benefici alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN)**

L'avvento e nel futuro prossimo lo sviluppo sempre più marcato di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (FER), renderà necessario un radicale cambiamento del Sistema Elettrico attuale. Terna, ovvero il Gestore della Rete di Trasmissione italiana (TSO), attraverso il Piano di Sviluppo 2020 (PdS 2020), ha portato alla luce l'esigenza di ridisegnare il mercato dei

servizi di rete per poter tenere il passo con la transizione energetica in atto, adoperandosi su due fronti:

1. *“a causa della progressiva decarbonizzazione del sistema elettrico, diventa necessario esplicitare nuovi servizi prima non necessari, o che comunque non era necessario esplicitare perché ottenuti in maniera gratuita dal sistema (quali ad esempio inerzia, e, in parte, regolazione di tensione), per gestire la progressiva riduzione di potenza elettrica rotante dispacciata;*
2. *l'aumento delle esigenze di flessibilità del sistema elettrico rende necessario approvvigionarsi di servizi di rete da tutte le risorse disponibili a fornirli, aprendo il mercato dei servizi e incentivando la partecipazione a nuove risorse, quali ad esempio generazione distribuita, accumuli e domanda.”*

Nella tabella di seguito, estratto dal PdS 2020 suddetto, sono riassunti i servizi di rete che sono in grado di fornire diversi asset di generazione elettrica, ed in particolare, sono stati evidenziati in rosso quelli specifici degli impianti idroelettrici/pompaggio. Si può facilmente intuire che l'impianto di pompaggio puro, se correttamente progettato, può offrire la maggior parte dei servizi di rete necessari, diventando di fatto indispensabile per il corretto esercizio della RTN.



Figura 1: Rappresentazione della capacità delle differenti risorse di rete di fornire dall'alto in basso, servizi di regolazione di frequenza e tensione (esemplificativo), [PdS 2020, p.163]

In tale contesto, lo sviluppo di sistemi di accumulo può fornire un contributo significativo alla mitigazione degli impatti attesi, rappresentando di fatto uno degli strumenti chiave per abilitare la transizione energetica. Nel PdS 2020 si afferma che:

*“Nell’ambito degli accumuli, gli impianti di pompaggio rappresentano ad oggi una tecnologia più matura rispetto allo storage elettrochimico, soprattutto per stoccar significativi quantitativi di energia. Nello specifico, gli impianti di pompaggio idroelettrico:*

- *Possono offrire servizi di tipo Energy Intensive:*

- *assistendo il TSO nella gestione dei periodi di overgeneration, consentendo di effettuare una traslazione temporale tra produzione e consumo (load shifting), ovvero assorbire l'energia elettrica in eccesso rispetto alla domanda nelle ore a maggior generazione rinnovabile (le ore centrali della giornata) e rilasciarla nei momenti caratterizzati da carico residuo più elevato, fornendo in questo modo un prezioso contributo anche alla gestione della rampa serale di carico residuo;*
- *contribuendo alla risoluzione delle congestioni di rete, derivanti dall'elevata penetrazione delle fonti rinnovabili non programmabili e dalla relativa distribuzione non coerente rispetto ai centri di consumo.*
- *Rappresentano risorse ad elevata flessibilità e velocità di risposta, in grado di:*
  - *offrire potenza regolante alla rete, in termini di regolazione di frequenza e tensione, incrementando l'inerzia e la potenza di corto circuito del sistema;*
  - *fornire un importante contributo all'adeguatezza del sistema, specialmente nelle ore a massimo fabbisogno e minore generazione rinnovabile.*
- *Sono elementi chiave anche in ottica di sistemi di difesa, supportando la riaccensione del sistema nel processo di black start."*

Ad oggi in Italia sono presenti 22 impianti di pompaggio, con una potenza massima in assorbimento pari a 6,5 GW ed in produzione 7,6 GW, con una capacità di stoccaggio di 53 GWh di cui l'84% riferita ai 6 impianti di taglia maggiore distribuiti su tutto il territorio, evidenziati nell'immagine sottostante nei cerchi con diametro maggiore.



Figura 2: Dislocazione degli impianti di pompaggio idroelettrico [PdS 2020, p.165]

La distribuzione non uniforme di detti impianti rappresenta un fattore limitante. Infatti, nel PdS 2020 si afferma che:

*“la dislocazione prevalentemente al Nord di tali impianti rappresenta una delle cause che ne limita l’utilizzo per la risoluzione delle criticità di sistema principalmente riconducibili alle fonti rinnovabili, quali l’overgeneration. Infatti, quest’ultimi impianti, al contrario, sono localizzati prevalentemente nel Sud Italia e nelle Isole, ovvero nei siti meteorologicamente più idonei alla produzione eolica o solare, dove contribuiscono a far insorgere le cosiddette congestioni “locali” essendo aree in cui la magliatura della rete è storicamente meno sviluppata”.*

La necessità di nuovi impianti di pompaggio da localizzare nelle aree del Centro-Sud, Sud e Sicilia, è stata confermata anche dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), il quale stima che entro il 2030 in dette aree siano installati almeno 6 GW di nuovi accumuli centralizzati.

Alla luce di dette premesse, è evidente che il progetto di impianto di pompaggio puro presentato dalla scrivente società, potrebbe assumere un ruolo di primaria importanza nella transizione energetica, divenendo una risorsa indispensabile alla RTN.

## 5. Modalità di funzionamento della centrale

L'impianto sarà progettato in modo da poter ricoprire un ruolo strategico al fine di garantire una migliore integrazione delle FER nella zona del Sud Italia, che risulta essere un polo di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non programmabili. Negli ultimi anni infatti, vista la crescente penetrazione delle FER prevalentemente nella parte meridionale del Paese e visto che storicamente i grandi carichi sono localizzati al Nord, a causa della conformazione a penisola dell'Italia che non ha permesso ad oggi alla RTN di essere consistentemente magliata, si è assistito a delle rilevanti criticità nel dispacciamento dell'energia elettrica, con problemi di congestione delle maggiori direttrici tra il Sud e il Nord del Paese, risolte spesso con tagli della produzione rinnovabile strettamente necessari per il mantenimento dell'equilibrio della RTN. Per ovviare a tali criticità, l'impianto sarà progettato per essere il più flessibile possibile, in termini di servizi ancillari offerti e bilanciamento di rete, con le seguenti modalità:

- durante le ore di maggiore richiesta di energia verrà prodotta energia elettrica sfruttando il salto idraulico del bacino superiore utilizzando le macchine in funzionamento di turbina. Le turbine trasmetteranno all'asse degli alternatori una potenza meccanica netta che, considerando indicativamente auto-consumi e perdite per un valore pari al 3%, verrà convertita in potenza elettrica ed immessa nella RTN per un valore fino a 200 MW;
- nelle ore in cui le maggiori direttrici di interconnessione tra il Sud e il Nord del Paese risulteranno congestionate, facendo sì che solo una parte dell'energia elettrica disponibile possa essere trasmessa, l'impianto preleverà l'energia dalla RTN trasferendo acqua dal bacino a quota inferiore a quello superiore, funzionando in pompaggio. I motori sincroni dovranno erogare alle pompe una potenza meccanica che, considerando indicativamente auto-consumi e perdite per un valore pari al 3%, sarà pari ad un prelievo di 200 MW al PoC;
- in generale la Centrale sarà disponibile a svolgere i servizi ancillari alla RTN per i quali sarà idonea, in accordo con il Gestore di Rete.

Le due fasi di generazione e pompaggio sono realizzabili grazie alla possibilità di utilizzare il gruppo reversibile turbina/pompa accoppiato con l'alternatore sincrono sia come generatore che come motore, grazie alla caratteristica delle macchine elettriche di poter invertire il loro senso di rotazione.

L'inversione del senso di rotazione della macchina elettrica si ottiene scambiando il senso ciclico delle fasi.

L'elevata inerzia del complesso turbina/pompa accoppiata con il generatore sincrono, presente in fase di avviamento, sarà superata utilizzando un convertitore statico di frequenza in grado di accelerare il transitorio da fermo a piena velocità della macchina.

In caso di avviamento senza la presenza della RTN, black start, la centrale è in grado di avviarsi mediante l'apertura del distributore della turbina che mette in rotazione la macchina e sfruttando l'energia fornita da due gruppi elettrogeni in grado di alimentare tutti i servizi ausiliari di stazione e il sistema di alimentazione dell'eccitatrice di macchina.

## 6. Descrizione generale impianti elettrici

L'impianto elettrico dell'intero impianto di pompaggio verrà realizzato utilizzando i seguenti livelli di tensione:

- Collegamento AT verso RTN: 150 kV c.a.;
- Generazione/Assorbimento (montante macchina lato MT): 13 ÷ 24 kV c.a.;
- Distribuzione primaria MT: 13 ÷ 24 kV c.a.;
- Alimentazioni ausiliari di sicurezza di stazione/centrale: 110 V c.c.;
- Alimentazioni ausiliari quadri, sicurezze, DCS: 0,4/0,23 kV c.a. da UPS;
- Alimentazione ausiliari, luce, FM etc.: 0,4/0,23 kV c.a.;

Secondo quanto rappresentato sul documento di progetto "PD-EP.26 - Schema unifilare", i vari componenti che costituiscono l'intero impianto elettrico, possono essere suddivisi, idealmente, per sotto-sistemi elettrici:

- sistema di generazione e pompaggio;
- sistema di trasmissione e trasporto dell'energia da/alla RTN in AT;
- sistemi ausiliari di centrale/stazione;
- sistema di distribuzione in bassa tensione.

### 6.1 Sistema Generazione e Pompaggio

Di seguito sono elencati alcuni dati di targa principali dei componenti individuati per la generazione ed il pompaggio, beninteso che in fase esecutiva alcune grandezze potranno essere modificate a valle di studi più approfonditi, al fine di rispettare sia i vincoli imposti dai fornitori di ciascun componente che la necessità di rispettare la potenza in immissione prelievo al PoC concordata col Gestore di Rete (Terna). Il sistema di generazione e pompaggio sarà rappre-

sentato da una coppia di macchine elettriche sincrone costituita da un generatore con un numero di poli salienti pari a 18, a cui corrisponde una velocità di rotazione nominale del gruppo pari a 333,33 rpm.

- *Generatore/Motore sincro:*
  - *Potenza apparente nominale in generazione (MVA): 166;*
  - *Potenza apparente nominale in assorbimento (MVA): 166;*
  - *Massima potenza apparente in generazione (MVA): 120;*
  - *Massima potenza apparente in assorbimento (MVA): 136;*
  - *Fattore di potenza nominale in generazione (sovraeccitazione): 0,9;*
  - *Fattore di potenza nominale in assorbimento: 0,98;*
  - *Tensione nominale (kV): 15;*
  - *Range di variazione di tensione (p.u.): 1,05 / 0,95;*
  - *Frequenza nominale (Hz): 50;*
  - *Inerzia del generatore (tm<sup>2</sup>): 850*
  
- *Pompa/turbina:*
  - *Modello: Francis reversibile;*
  - *Velocità di rotazione fissa nominale (rpm): 333,33;*
  - *Portata massima di generazione (m<sup>3</sup>/s): 42,77;*
  - *Portata massima di pompaggio (m<sup>3</sup>/s): 32,52;*
  - *Range salto netto in generazione (m): 556,79-582,29;*
  - *Range prevalenza netta in pompaggio (m): 563,51-589,01.*

I montanti di macchina, alimentanti i generatori sincroni, saranno realizzati mediante condotti sbarre collegati al Quadro Generale in Media Tensione (QGMT) in cui verranno integrati i TA (Trasformatori Amperometrici) e derivati i TV (Trasformatori Voltmetrici) necessari per realizzare le protezioni e le misure di ogni singola macchina e a garantire, mediante un sistema di sezionatori ed interruttori in MT, l'avviamento, il sezionamento delle macchine e la controalimentazione delle stesse dal montante adiacente.

Il QGMT verrà collegato, sempre attraverso un condotto sbarre, al trasformatore che eleverà la tensione lato generatore (15kV) al valore di 150 kV. Il primario del trasformatore disporrà di un

variante di tensione sotto carico a gradini al fine di compensare la variabilità delle tensioni sulla rete di altissima tensione.

Il primario del trasformatore (lato AT) sarà collegato all'interruttore di macchina (GIS) che avrà il compito di consentire il parallelo di rete con la macchina sincrona grazie agli strumenti di misura una volta raggiunto il sincronismo. Su questo interruttore verrà posto il Dispositivo di Interfaccia (DDI), come prescritto dalle CEI 0-16.

Le protezioni di macchina ridondate saranno di tipo digitale, multifunzione, in grado di mantenere controllati i parametri che possono essere indice di insorgenza di guasti, anche quelli di tipo evolutivo. In serie all'interruttore di macchina verrà posizionato il sistema di inversione di fase, realizzato mediante sezionatori (GIS).

Il sistema di eccitazione statica del generatore sarà costituito da un trasformatore di potenza compresa tra lo 0,3 e l'1% della potenza del generatore; un raddrizzatore e un regolatore di corrente in grado di alimentare l'iniezione della corrente di eccitazione nell'avvolgimento di rotore della macchina sincrona. Il centro stella dello statore verrà collegato a terra mediante un piccolo trasformatore con la duplice funzione di limitare le correnti di guasto a terra e attivare le protezioni di macchina.

Per ciascuno dei 2 montanti di macchina sarà previsto un convertitore statico di frequenza per consentire l'avviamento graduale del complesso sincro-pompa sino al raggiungimento della velocità di sincronismo di rete. La funzione di tale convertitore è quindi limitata alla fase di avviamento della pompa. Il collegamento dei convertitori sarà realizzato in modo che ciascuno possa fungere da riserva all'altro.

Gli stalli macchina in AT alimentanti i gruppi sincroni, così come l'intero reparto AT, saranno realizzati in esecuzione blindata GIS (Gas Insulated Switchgear) e al loro interno saranno presenti:

- interruttori motorizzati;
- sezionatori di linea motorizzati;
- sezionatori per inversione di fase motorizzati;
- sezionatori di terra motorizzati;
- TA (Trasformatori Amperometrici);
- TV (Trasformatori Voltmetrici);
- protezioni elettriche;
- scaricatori di sovratensioni.

Similmente, sia all'interno dello stallo macchina alimentante il trasformatore dei servizi ausiliari che all'interno dello stallo di connessione del reattore, saranno presenti le seguenti apparecchiature:

- interruttori motorizzati;
- sezionatori di linea motorizzati;
- sezionatori di terra motorizzati;
- TA (Trasformatori Amperometrici);
- TV (Trasformatori Voltmetrici);
- protezioni elettriche;
- scaricatori di sovratensioni.

Infine nello stallo linea che permette di connettere la stazione elettrica di trasformazione all'elettrodotto saranno presenti:

- interruttori motorizzati;
- sezionatori di linea motorizzati;
- sezionatori di terra motorizzati;
- TA (Trasformatori Amperometrici);
- TV (Trasformatori Voltmetrici);
- protezioni elettriche.

La stazione sarà dotata di un sistema in doppia sbarra, anch'esso di tipo GIS, senza organi destinati a realizzare il parallelo a caldo tra le sbarre e avente le seguenti apparecchiature collegate:

- sezionatori di terra sbarra motorizzati;
- TV di sbarra (Trasformatori Voltmetrici).

All'interno della centrale saranno presenti tre macchine elettriche statiche di trasformazione dell'energia aventi le seguenti caratteristiche principali:

- trasformatori AT/MT a servizio dei gruppi di pompaggio/turbinaggio:
  - *Potenza apparente (MVA): 160;*
  - *Frequenza nominale (Hz): 50;*

- 
- *Tensione nominale primario (kV):  $150 \pm 5 \times 2.5\%$ ;*
- *Tensione massima primario (kV): 170;*
- *Tensione nominale primario (kV): 15;*
- *Tensione massima secondario (kV): 24;*
- *Gruppo vettoriale: YnD11;*
- *Fluido isolante: Olio dielettrico*
- *Sistema di raffreddamento ONWF/OFWF (Oil Natural Water Forced / Oil Forced Water Forced);*
- trasformatori AT/MT a servizio sistemi ausiliari di stazione:
  - *Potenza apparente (MVA): 20;*
  - *Frequenza nominale (Hz): 50;*
  - *Tensione nominale primario (kV):  $150 \pm 10 \times 1.25\%$ ;*
  - *Tensione massima primario (kV): 170;*
  - *Tensione nominale primario (kV): 15;*
  - *Tensione massima secondario (kV): 24;*
  - *Gruppo vettoriale: YnD11;*
  - *Fluido isolante: Olio dielettrico*
  - *Sistema di raffreddamento ONWF (Oil Natural Water Forced)*
- Induttore in AT per compensazione dell'energia reattiva:
  - *Potenza apparente (MVar): 15;*
  - *Frequenza nominale (Hz): 50;*
  - *Tensione nominale primario (kV):  $150 \pm 10 \times 1.25\%$ ;*
  - *Tensione massima primario (kV): 170;*
  - *Fluido isolante: Olio dielettrico*
  - *Sistema di raffreddamento ONWF (Oil Natural Water Forced)*

## 6.2 Sistema di trasmissione e trasporto dell'energia da/alla RTN in AT

Il sistema di trasmissione dell'energia da/verso la RTN sarà essenzialmente costituito da:

- elettrodotto a 150 kV con esecuzione di tipo misto aereo/cavo interrato tra la centrale di pompaggio e la nuova SSE consegna Vaglio di Ruoti Energia;
- una SSE a 150 kV denominata "SSE consegna Vaglio";
- collegamento aereo tra la SSE Vaglio e l'ampliamento della SE RTN a 150kV "Vaglio" di Terna Rete Italia.

### 6.2.1 Elettrodotto a 150 kV con esecuzione di tipo misto aereo/cavo interrato tra la centrale di pompaggio e la nuova SSE consegna Vaglio di Ruoti Energia

Il progetto dell'opera è stato sviluppato utilizzando una soluzione mista cavo interrato – aereo al fine di garantire la massima salvaguardia dei luoghi tutelati dal punto di vista ambientale e con maggiore presenza di aree boscate e al contempo garantire la realizzabilità tecnica dell'opera.

L'elettrodotto è stato progettato per trasportare una potenza massima di 300MVA a 150kV al fine di garantire un potenziale ampliamento futuro della stazione di pompaggio.

#### 6.2.1.1 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

- *Frequenza nominale (Hz): 50;*
- *Tensione nominale (kV): 150;*
- *Tensione nominale massima (kV): 170;*
- *Potenza massima trasmissibile (MVA): 300;*
- *Potenza massima trasmessa (MVA): 250;*
- *Potenza massima al limite termico dei componenti (MVA): 330.*

#### 6.2.1.2 Tratto in cavo interrato

Il tratto in cavo interrato, di lunghezza complessiva pari a circa 500m, sarà così costituito:

- n° 1 terna di cavi unipolari per il trasporto di energia
- n° 1 cavo di terra, ove e se necessario
- n.2 cavi contenenti fibre ottiche per trasmissione dati, protezione, comando e controllo del sistema.

I cavi saranno posati in una trincea, scavata a cielo aperto, con sezioni tipo diverse a seconda dei casi, quali, ad esempio, cavi direttamente interrati, cavi posati in tubiera, ecc.

In corrispondenza di alcuni attraversamenti particolari, potrà essere utilizzata la tecnica della perforazione teleguidata con posa dei cavi in tubiera.

I cavi di energia saranno ricoperti con un bauletto di cemento magro, di altezza complessiva pari a 50 cm, mentre il restante scavo sarà riempito con misto stabilizzato di cava con trincea realizzata lungo la sede stradale, oppure con terreno vegetale proveniente dallo stesso scavo, se idoneo, con trincea realizzata in terreno agricolo.

Il ripristino del manto di usura su sede stradale avverrà per una fascia complessiva larga quanto la trincea di posa maggiorata di ca. 0,50 m per lato.

Per maggiori dettagli sulle tipologie di posa previste e sulle sezioni di posa si rimanda ai seguenti elaborati:

### 6.2.1.3 Cavi di energia

I cavi di energia saranno del tipo unipolare tipo XLPE per sistemi con tensione massima 170 kV con conduttore in alluminio con sezione 2500 mm<sup>2</sup> o in alluminio con sezione equivalente.

Il conduttore sarà costituito da una corda rotonda compatta e tamponata composta da fili di rame o alluminio, conforme alla Norma IEC 60228 per conduttori di classe 2.

Lo schermo del conduttore è costituito da uno strato di polimero semiconduttivo estruso.

L'isolamento è composto da uno strato di polietilene reticolato (XLPE) adatto a temperature di lavoro del conduttore fino a 90°C.

Lo schermo sull'isolamento sarà costituito da uno strato di polimero semiconduttivo estruso.

Il cavo sarà protetto dall'acqua mediante fasciatura di nastri igroespandenti.

La guaina metallica sarà costituita da nastro di alluminio e/o fili di rame ed è dimensionata per sopportare la corrente di cortocircuito.

Infine, il rivestimento esterno sarà costituito da uno strato di polietilene estruso.

#### 6.2.1.4 Terminali

I terminali lato stazione di trasformazione saranno del tipo blindato-cavo realizzati in materiale composito, isolati in SF6 e compatibili con il GIS previsto in caverna e adatti a sistemi con tensione massima 170kV

I terminali per la transizione cavo-aereo saranno del tipo aria-cavo in materiale composito di tipo antideflagrante per cavi in isolante estruso per sistemi con tensione massima 170 kV e saranno posti all'interno di un'area segregata costituente la stazione elettrica di transizione da esecuzione in cavo interrato ad esecuzione aerea dell'elettrodotto.

#### 6.2.1.5 Giunti

È prevista in prima ipotesi la realizzazione di 13 giunti; tuttavia, sulla base delle evidenze in fase esecutiva, potranno esserne installati di raccordo di due tratte (pezzature) di cavo interrato che saranno alloggiate in opportune trincee.

#### 6.2.1.6 Scaricatori

È prevista l'installazione di una terna di scaricatori posti all'interno della SE di transizione aero cavo necessari a garantire un corretto coordinamento dell'isolamento.

#### 6.2.1.7 Cavo di terra

Un eventuale cavo di terra da posarsi entro lo scavo dell'elettrodotto sarà del tipo isolato con gomma etilepropilenica ad alto modulo elastico sotto guaina in PVC costituito con anima in corda di rame e avente sez. 240 mm<sup>2</sup>.

#### 6.2.1.8 Morsetteria

Gli elementi costituenti la morsetteria di collegamento per il passaggio da elettrodotto aereo a cavo interrato sono realizzati con materiali adatti allo scopo e collaudati secondo quanto prescritto dalla norma CEI 7-9.

### 6.2.2 Tratto aereo

Il tratto di elettrodotto aereo avrà uno sviluppo pari a circa 13km e sarà realizzato con conduttore binato e l'utilizzo di 54 sostegni di altezze comprese tra i 30 e i 60m dal suolo.

I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n° 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del

Decreto del 21/03/1988 suddetto; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

La distanza tra due sostegni consecutivi e la loro altezza dipende dall'orografia del terreno e dalle opere interferite.

### 6.2.2.1 Conduttori e corde di guardia

Il nuovo tratto di elettrodotto aereo prevede per ciascuna fase elettrica, al fine di contenere l'intensità di campo elettrico entro valori tali da evitare il continuo cedimento del dielettrico aria anche in condizioni termoigrometriche ottimali, l'utilizzo di n.1 conduttori costituiti da una corda di alluminio-acciaio di diametro complessivo di 40,50 mm e di sezione complessiva di 967,6 mm<sup>2</sup>, composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,70 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 4,50 mm. Il carico di rottura teorico dei conduttori è di 27611 daN.

I franchi minimi da terra sono riferiti al conduttore più basso in massima freccia a 75°C; in ogni caso i conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 6.4, ovvero quella minima prevista dall'art. 2.1.05 del regolamento annesso al D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con due corde di guardia destinate, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. Ciascuna corda di guardia, in acciaio zincato del diametro di 11,5 mm e sezione di 80,65 mm<sup>2</sup>, sarà costituita da n.7 fili del diametro di 3,83 mm.

Il carico di rottura teorico della corda di guardia è di 9000 daN.

Una delle due funi conterrà inoltre fibre ottiche per trasmissione dati, protezione, comando e controllo del sistema.

#### **Stato di tensione meccanica**

Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è stato fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio della linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (*condizione EDS – "Every Day Stress"*); ciò assicura uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro varia in funzione della campata equivalente di ciascuna tratta e delle condizioni atmosferiche (vento, temperatura ed eventuale presenza

di ghiaccio). La norma vigente divide il territorio italiano in due zone (A e B) in relazione alla quota e alla posizione geografica.

Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nel prospetto seguente:

- **EDS** – Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MSA** – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -5°C, vento a 130 km/h;
- **MSB** – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h;
- **MPA** – Condizione di massimo parametro (zona B): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MPB** – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MFA** – Condizione di massima freccia secondo CEI 11-4 (Zona B): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MFB** – Condizione di massima freccia secondo CEI 11-4 (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **CVS1** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C, vento a 26 km/h;
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h;
- **CVS3** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C (Zona B) -10°C (Zona B), vento a 65 km/h;
- **CVS4** – Condizione di verifica sbandamento catene: +20°C, vento a 65 km/h;

Nel seguente prospetto sono riportati i valori dei tiri in EDS previsti in progetto per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura:

- EDS=21% per ogni corda in alluminio-acciaio (ACSR)  $\Phi$  40,5 mm costituente la fase

Il corrispondente valore di EDS per la corda di guardia è stato fissato con il criterio di avere un parametro del 15% più elevato, rispetto a quello del conduttore in condizione EDS.

Sono stati tenuti, di conseguenza, i seguenti valori:

- EDS=10.6% per corda di guardia in acciaio  $\Phi$  11.5 rivestita in alluminio

Per fronteggiare le conseguenze dell'assessamento dei conduttori si rende necessario maggiorare il tiro all'atto della posa. Ciò si ottiene introducendo un decremento fittizio di temperatura  $\Delta\theta$  nel calcolo delle tabelle di tesatura:

- • di 10°C in zona B

La linea in oggetto è situata in “zona B”.

Si rimanda all'elaborato “PD-R.22 - Relazione elementi tecnici di impianto – OUC” per ulteriori dettagli sulle caratteristiche tecniche dei componenti.

### 6.2.2.2 Morsetteria ed Armamenti

Gli elementi di morsetteria che saranno utilizzati nel tratto di elettrodotto aereo in progetto saranno dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno secondo quanto previsto dalla CEI 11-4.

Il carico di rottura standard di tutta la morsetteria e degli equipaggiamenti sarà determinato con precisione in fase esecutiva; in prima istanza sarà 120kN per le sospensioni e 210 kN per amarri in esecuzione singola o doppia.

Si rimanda all'elaborato “PD-R.22 - Relazione elementi tecnici di impianto – OUC” per ulteriori dettagli sulle caratteristiche tecniche dei componenti.

### 6.2.2.3 Sostegni

I sostegni previsti saranno a semplice terna con fusto tronco – piramidale e testa atriangolo con fattezze del tutto simili a quelli utilizzati per realizzare la maggior parte degli elettrodotti facente parte dell'RTN ed, in particolare quelli della linea a 150kV “Potenza-Avigliano”. I sostegni del nuovo elettrodotto saranno costituiti anche essi da angolari di acciaio zincati a caldo e bullonati, raggruppati in elementi strutturali che saranno in numero diverso in funzione dell'altezza.

Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature dei nuovi sostegni saranno eseguiti conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego in zona B.

I sostegni, che saranno provvisti di difese parasalita, avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme. L'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 61 m.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai seguenti elementi strutturali: piedi, base, tronchi, parte comune e mensole. I piedi del sostegno sono l'elemento di congiunzione con il terreno e possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento in caso di terreni acclivi; alle mensole sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al

sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

I nuovi sostegni a 150 kV in semplice terna saranno realizzati utilizzando le geometrie di quelli della serie unificata Terna con conduttore da 31,5mm a tiro pieno.

Per ogni tipo di sostegno standard saranno definite delle prestazioni nominali (riferite alla zona B e all'utilizzo di un conduttore alluminio – acciaio Ø 40.5 mm binato), in termini di campata media ( $C_m$ ), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica ( $K$ ): per ogni tipo di sostegno, così, verrà definito un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campata media  $C_m$ ), trasversali (angolo di deviazione  $\delta$ ) e verticali (costante altimetrica  $K$ ).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno sarà costruito secondo il seguente criterio: partendo dai valori di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$  relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento.

Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media si andrà a determinare i valori di  $\delta$  e  $K$  che determinano azioni di pari intensità. In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media, diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevolerà la progettazione esecutiva, in quanto consentirà di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l'altezza utile, e quindi i valori a picchetto di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$ , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

In qualunque caso la progettazione esecutiva dei sostegni determinerà per ognuno di essi la conformità a sostenere i carichi agenti e, qualora il punto di lavoro di un sostegno non rientrasse all'interno del diagramma di utilizzazione di alcuna tipo progettato, verrà realizzato un progetto ad hoc.

Si rimanda all'elaborato *"PD-R.22 - Relazione elementi tecnici di impianto – OUC"* per ulteriori dettagli sulle caratteristiche tecniche dei componenti.

#### 6.2.2.4 Fondazioni

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni. La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. Le fondazioni superficiali che si intende utilizzare sono adatte ad essere utilizzate su terreni normali, di buona o media consistenza come quelli nell'area di progetto.

Ciascun piedino di fondazione è composto da:

- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- un "*moncone*" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del " *piede*" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione.

Per il calcolo dimensionale sarà seguita la normativa di riferimento per le opere in cemento armato, ovvero il D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", oltre alle prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988. L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M., prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

Nel caso specifico, in base ai sopralluoghi e alla relazione geologica del Dott. De Carlo, si ritiene che la maggior parte dei sostegni possano essere realizzati su fondazioni superficiali ovvero su fondazioni che poggiano al più a qualche metro di profondità rispetto al piano campagna.

Nel caso in cui, in fase esecutiva, in base alle indagini eseguite, dovessero manifestarsi situazioni in cui i terreni siano di scarse caratteristiche geotecniche, saranno realizzate fondazioni di tipo profondo su pali trivellati o micropali.

Si rimanda all'elaborato "PD-R.22 - Relazione elementi tecnici di impianto – OUC" per ulteriori dettagli sulle caratteristiche tecniche dei componenti.

#### **6.2.2.5 Messa a terra dei sostegni**

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, verrà realizzato un dispersore tale da garantire un'adeguata protezione dalle tensioni di contatto e di passo in caso di guasto a terra sulla struttura del sostegno e/o di fulminazione dell'elettrodotto.

#### **6.2.2.6 Capacità di trasporto**

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase.

Nella fattispecie vi è da fare inoltre una netta distinzione tra tratto aereo e tratto in cavo dell'elettrodotto: la portata di un cavo interrato dipende infatti, oltre che dalle modalità di posa dello stesso, anche dalla capacità del terreno di disperdere calore. Tale capacità dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e dalla temperatura dello stesso; la temperatura, tuttavia, varia con le stagioni ma in modo poco significativo rispetto alla temperatura ambiente pertanto non vi sono marcate variazioni di portata tra periodo caldo e freddo.

Dalle prime valutazioni del terreno e dalle prime analisi, considerando il conduttore in progetto, le modalità di posa, si stima che la massima portata a regime permanente, secondo quanto previsto dalla IEC-60287, potrà essere pari a:

- 1310A.

Tale valore andrà confermato a seguito di prove di resistività termica del terreno in fase esecutiva.

Per quanto concerne invece la portata di un conduttore aereo nudo, essa dipende principalmente dal materiale di cui è composto il conduttore e dalle condizioni ambientali che possono subire forti escursioni tra estate ed inverno ovvero tra periodo freddo e caldo.

Il conduttore in oggetto non corrisponde al "conduttore standard" preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite le portate nei periodi caldo e freddo per un elettrodotto aereo con tensione maggiore di 100kV, tuttavia è riconducibile allo stesso considerando opportuni fattori correttivi legati al differente diametro e

differente rapporto tra alluminio e acciaio del conduttore in progetto (anche esso un ACSR).

Le portate indicate dalla CEI 11-60 sono le seguenti:

- 1270A nel periodo freddo;
- 954A nel periodo caldo.

Si evidenzia che la portata dell'elettrodotto aereo, apparentemente molto sovradimensionata rispetto alle reali necessità, scaturisce dal fatto che fenomeni di natura elettrica e leggi della fisica che regolano la trasmissione/trasporto di energia di un elettrodotto impediscono l'effettivo utilizzo dello stesso al limite termico.

### 6.2.2.7 Isolamento

L'isolamento dell'elettrodotto, è previsto per una tensione massima di esercizio di 170kV, sarà realizzato con isolamento di tipo solido (politilene reticolato XLPE) in regime di campo controllato (radiale) per quanto riguarda il tratto in cavo e realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato del tipo "normale" connessi tra loro a formare catene di almeno 8 elementi negli amari e 9 nelle sospensioni. Le catene saranno del tipo doppie o singole in relazione alle opere interferite ed ai carichi meccanici agenti sulle stesse.

Il numero di elementi previsti, così come le caratteristiche e le dimensioni dei sistemi di isolamento delle apparecchiature installate nella SE, risultano adeguati al livello di inquinamento "normale" presente in sito.

In fase esecutiva sarà eseguito un accurato studio di coordinamento dell'isolamento al fine di determinare l'effettiva necessità di sistemi di scarica delle sovratensioni, in particolare per quanto riguarda le sovratensioni di manovra e le sovratensioni impulsive generate da fulminazione diretta e/o indiretta dell'elettrodotto.

### 6.2.3 Rumore

Per gli elettrodotti in cavo interrato non c'è, durante l'esercizio elettrico, nessuna emissione di rumore.

In riferimento agli elettrodotti aerei la produzione di rumore da parte di un elettrodotto in esercizio è dovuta essenzialmente a due fenomeni fisici: il vento e l'effetto corona. Il vento, se particolarmente intenso, può provocare il "fischio" dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di mo-

desta entità. L'effetto corona, invece, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto, soprattutto in condizioni di elevata umidità dell'aria.

Occorre rilevare che il rumore si attenua con la distanza in ragione di 3 dB(A) al raddoppiare della distanza stessa e che, a detta attenuazione, va aggiunta quella provocata dalla vegetazione e/o dai manufatti. In queste condizioni, tenendo conto dell'attenuazione con la distanza, si riconosce che già a poche decine di metri dalla linea risultano rispettati anche i limiti più severi tra quelli di cui al D.P.C.M. marzo 1991, e alla Legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 447 del 26/10/1995).

Confrontando i valori acustici relativi alla rumorosità di alcuni ambienti tipici (rurale, residenziale senza strade di comunicazione, suburbano con traffico, urbano con traffico) si constata che tale rumorosità ambientale è dello stesso ordine di grandezza, quando non superiore, dei valori indicati per una linea a 150 kV. Considerazioni analoghe valgono per il rumore di origine eolica. Per una corretta analisi dell'esposizione della popolazione al rumore prodotto dall'elettrodotto in fase di esercizio, si deve infine tenere conto del fatto che il livello del fenomeno è sempre modesto e che l'intensità massima è legata a cattive condizioni meteorologiche (vento forte e pioggia battente) alle quali corrispondono una minore propensione della popolazione alla vita all'aperto e l'aumento del naturale rumore di fondo (sibilo del vento, scroscio della pioggia, tuoni). Fattori, questi ultimi, che riducono sia la percezione del fenomeno che il numero delle persone interessate.

Relativamente alla fase di cantierizzazione l'impatto relativo al rumore è stato analizzato nello studio di impatto ambientale

#### **6.2.4 SSE di consegna Ruoti Energia**

La nuova SSE sarà del tipo isolato in aria (Air Insulated Switchgear – AIS) cioè sarà composta da sistemi di sbarre e apparecchiature prevalentemente isolate in aria. Al suo interno saranno presenti tre livelli di tensione di potenza in AC e due livelli di tensione di sicurezza in DC:

- 150 kV per il reparto AT
- 30 kV per il reparto MT – concentrazione impianto di produzione “Vento del Carpine”;
- 0,4 kV servizi ausiliari di stazione;
- 110 e 24 V servizi ausiliari di sicurezza.

Il reparto AT sarà costituito da una singola sbarra su cui si attesteranno n. 4 stalli AT: due stalli “linea” ovvero due stalli su cui si attesteranno gli elettrodotti AT a 150 kV e due stalli “macchina”, uno riservato al trasformatore AT/MT dell'impianto di produzione eolico “Vento del Carpine” ed

uno ad uno ad un reattore di compensazione necessario a garantire il corretto esercizio dell'elettrodotta misto di connessione dell'impianto di pompaggio. I dettagli delle apparecchiature costituenti i singoli stalli sono meglio descritti sia in determini quantitativi che qualitativi negli elaborati: "PD-R.10 - Relazione tecnica impianti elettrici e speciali", "PD-EP.24.1 - Stazione Elettrica Vaglio Ruoti Energia: Planimetria elettromeccanica", "PD-EP.24.2 - Stazione Elettrica Vaglio Ruoti Energia: Sezioni elettromeccaniche", "PD-EP.26 - Schema unifilare". Tutte le macchine elettriche saranno del tipo isolato in olio mentre tutte le apparecchiature saranno isolate in SF6 internamente e in aria per le parti in tensione esterne così come i conduttori.

Il reparto MT sarà costituito da singola sbarra e da diversi stalli su cui saranno attestati le linee in MT provenienti dal parco eolico "Vento del Carpine", l'arrivo dal trasformatore AT/MT, i reattori di shunt, un sistema di messa a terra del neutro (TFN con impedenza associata), un trasformatore MT/BT di alimentazione dei servizi ausiliari. L'intero reparto MT sarà posto entro un quadro isolato in aria o in SF6 posto all'interno di un fabbricato. I reattori di shunt, uno per ogni line MT verso il parco eolico, il trasformatore formatore di neutro, la bobina di accoppiamento e il trasformatore dei servizi ausiliari saranno invece isolati in olio e posti all'esterno del fabbricato.

All'interno del fabbricato troveranno posto anche tutti i servizi ausiliari necessari al funzionamento e al controllo delle apparecchiature, delle macchine elettriche presenti nei reparti AT e MT e al funzionamento delle protezioni elettriche e di automazione della stazione.

La stazione sarà completamente automatizzata e telegestita e non è previsto presidio continuo di personale salvo per interventi di manutenzione.

Dal punto di vista civile la stazione verrà realizzata su un'area di circa 3000 m<sup>2</sup> ad est della SE RTN Vaglio di Terna e poco (5 m) a nord dell'esistente cabina di trasformazione di Edison. Al suo interno saranno presenti due edifici: uno contenente il reparto MT e i servizi ausiliari e i sistemi di alimentazione in emergenza degli stessi, e l'altro i gruppi di misura dell'energia immessa prelevate dall'impianto di pompaggio e dall'impianto eolico e dell'energia immessa/prelevata dalla rete. Saranno, altresì, presenti diverse opere di fondazione in cls su cui verranno posizionate le apparecchiature e le macchine elettriche. La recinzione esterna sarà costituita da un muro in cls che permetterà, fungendo da elemento di contenitivo, di realizzare un unico piano all'interno della SSE in un'area in cui il terreno presenta una discreta pendenza lungo entrambi i principali assi della futura SSE. La finitura dei piazzali sarà in asfalto per le aree veicolabili e in cemento/ghiaino per il reparto AT.

La viabilità di accesso sarà realizzata sfruttando la via di accesso delle stazioni/cabine elettriche esistente ovvero sfruttando il sedime del tratturo di Cancellara e realizzando un breve nuovo raccordo tra quest'ultimo e l'accesso alla nuova SSE posto sul lato ovest della stessa.

Maggiori dettagli dimensionali e qualitativi delle opere civili presenti sono presenti nei seguenti elaborati grafici: *"PD-EP.24.3 - SSE Vaglio Ruoti Energia srl: Planimetria opere civili"*; *"PD-EP.24.4 - SSE Vaglio Ruoti Energia srl: Sezioni stato di fatto e di progetto"*; *"PD-EP.24.5 - SSE Vaglio Ruoti Energia srl: Pianta, sezioni e viste edificio comandi e misure"*; *"PD-EP.24.6 - SSE Vaglio Ruoti Energia srl: Particolari recinzione esterne, cancello d'ingresso, muri tagliafiamma"*; *"PD-EP.24.7 - SSE Vaglio Ruoti Energia srl: Planimetria, sezioni, dettagli nuova viabilità d'accesso"*.

### **6.2.5 Nuovo elettrodotto aereo tra ampliamento SE RTN "Vaglio" di Terna e SSE "Vaglio" di Ruoti Energia**

Il nuovo elettrodotto di collegamento aereo tra l'ampliamento della SE RTN "Vaglio" Terna e la nuova SSE "Vaglio" di Ruoti Energia costituisce l'elemento essenziale per garantire la connessione della nuova SSE al nuovo stallo dedicato all'impianto di pompaggio Mandra-Moretta e all'impianto eolico Vento del Carpine nell'ampliamento della SE RTN Vaglio di Terna.

L'elettrodotto sarà di tipo aereo in semplice terna e, come già accennato e visto il posizionamento della nuova SSE Ruoti Energia rispetto alla SE RTN Terna di Vaglio, sarà molto corto ovvero sarà composto da un'unica campata sospesa direttamente ai sostegni realizzati all'interno della SE e della SSE ("Paligatto" di stazione). Seppur classificato effettivamente come elettrodotto poiché non vi è continuità tra le strutture della SE Terna e della SSE Ruoti Energia, esso deve essere considerato e immaginato più come un collegamento tra stazioni adiacenti. Non sono infatti presenti sostegni propri del collegamento bensì solo quelli contenuti nelle SE e SSE e la lunghezza totale del collegamento è pari a circa 50m.

L'elettrodotto o, meglio, il collegamento resterà nella totale disponibilità di Ruoti Energia e, indirettamente, nella disponibilità di Fri-EI (per quanto di competenza del parco eolico) fino alle morse di connessione delle calate del sostegno in SE RTN Vaglio di Terna mentre l'esercizio sarà operato, attraverso procedure concordate tra Ruoti Energia Fri-EI e Terna.

Il collegamento è dimensionato per trasportare fino a 330 MVA sufficienti a gestire la massima immissione di energia sulla RTN considerando in immissione, a potenza nominale, sia l'impianto di pompaggio che l'impianto eolico. Il collegamento sarà utilizzato anche per veicolare dati tra

Terna e Ruoti Energia/Fri-El attraverso delle coppie di fibre ottiche poste all'interno di una delle due funi di guardia di cui lo stesso collegamento sarà dotato.

### 6.3 Sistemi ausiliari di centrale/stazione

Le alimentazioni ausiliarie dell'intera centrale verranno derivate dalle seguenti cabine:

- Cabina elettrica posta all'interno della centrale interrata (QGMT e QMT-TSA), adiacente alla sala macchine;
- Cabina elettrica posta all'interno della centrale interrata (QMT-EXT) alloggiata in locali appositi.

Per i carichi decentrati verranno utilizzate le partenze dal quadro MT della cabina o linee di MT locali.

#### Cabina elettrica posta all'interno della centrale interrata (QGMT e QMT-TSA), adiacente alla sala macchine

La cabina elettrica ospiterà due quadri elettrici: uno generale di MT a 13+24 kV (QGMT) ed uno connesso esclusivamente al trasformatore dei servizi ausiliari collegato all'altissima tensione (QMT-TSA). Il primo sarà strutturato su due semi-sbarre che in condizioni normali di esercizio saranno scollegate, per consentire la massima flessibilità di esercizio e l'esecuzione di manutenzioni programmate.

Il quadro verrà alimentato da 4 linee di MT:

- N° 2 linee (bidirezionali) provenienti dai montanti rigidi dei due generatori sincroni;
- N° 2 linee (bidirezionali) provenienti dai secondari dei trasformatori elevatori MT/AAT.

Il secondo quadro elettrico, ovvero il QMT-TSA, sarà alimentato da 3 linee MT:

- N° 1 linea derivata direttamente dal Trasformatore dei servizi ausiliari (TSA);
- N° 2 linee (bidirezionali) provenienti dalla cabina QMT-EXT che serviranno soprattutto in fase di prima energizzazione dell'impianto ed in caso di blackout. Le linee avranno interblocchi per evitare paralleli tra linee non in sincronismo. In normali condizioni di funzionamento alimentano la cabina QMT-EXT.

Dalla sbarra di quadro alimentata nelle normali condizioni di esercizio dal TSA verrà alimentato direttamente N° 1 trasformatore TSA1, in olio 13+24/0,4 kV da 2500/3000 kVA ONAN/ONAF collegato a sua volta al quadro generale di bassa tensione (QGBT), in grado di alimentare sia le utenze ausiliarie di ogni singolo montante di macchina, sia le utenze ausiliarie comuni di

centrali quali: luci, prese FM, pompe dei vari circuiti ausiliari, ventilazioni; il trasformatore disporrà di serbatoi di raccolta dell'olio.

Il QGBT sarà di tipo Power Center. Sarà realizzato con sbarre trifasi, senza neutro, con adeguata capacità di tenuta al corto circuito, dimensionato per le massime correnti in BT.

Attraverso N° 2 UPS, da 25 kVA con autonomia di almeno 4 ore, e il quadro QSA-UPS verranno alimentate tutte le utenze che richiedono continuità di servizio, quali luci di emergenza, ausiliari dei quadri, sistemi scada.

La cabina verrà completata con gruppi di rifasamento in BT, nodo equipotenziale collegato all'impianto di terra della centrale, luci normali, di emergenza e di sicurezza, prese di servizio etc.

*Cabina elettrica posta all'interno della centrale interrata (QMT-EXT) alloggiata in locali appositi*

La cabina elettrica ospiterà un quadro di MT a 13÷24 kV (QMT-EXT) strutturato su tre semi-sbarre.

Il quadro verrà alimentato da 5 linee di MT:

- N° 2 linee (bidirezionali) provenienti dal QMT-TSA che serviranno per alimentare il quadro in fase di funzionamento normale dell'impianto ed in caso di black-out alimenteranno, invece, il quadro di centrale. Le linee avranno interblocchi per evitare paralleli tra linee non in sincronismo;
- N°2 linee provenienti da 2 gruppi elettrogeni con potenza di 2500 kVA a 0,4 kV, da utilizzare nel caso di primo avviamento ed in caso di black-out. I generatori innalzeranno la tensione da 0,4 a 13÷24 kV attraverso 2 trasformatori in olio della stessa potenza dei gruppi elettrogeni. I gruppi elettrogeni saranno alloggiati in appositi locali insonorizzati adiacenti alla cabina elettrica, gli scarichi saranno di tipo residenziale per limitare l'inquinamento acustico. L'avviamento sarà automatico, al venir meno della tensione di rete, ma verranno previste opportune logiche con interblocchi per evitare il rischio di ri-alimentare guasti. Ciascun gruppo elettrogeno disporrà di serbatoi interrati, a doppia parete, da 25.000 litri, in grado di garantire una autonomia di almeno 48 ore, posti sul piazzale all'esterno della centrale;
- Una linea di soccorso esterna che verrà utilizzata solo in caso di emergenza in alternativa ai gruppi elettrogeni, allo scopo di aumentare il livello di sicurezza all'impianto (si valuterà in fase progettuale più avanzata lo stato del neutro in MT, a seguito della possibilità di essere alimentati dalla rete del Distributore).

Da 1 delle 3 semi-sbarre di quadro QMT-EXT verrà alimentato N° 1 trasformatore in olio 13÷24/0,4 kV da 2000 kVA per l'alimentazione del QBT-EXT 0,4 kV da cui vengono alimentati

i servizi ausiliari di centrale, comprensivi dei carichi AC, sia privilegiati che alleggeribili, e dell'alimentazione del raddrizzatore per i carichi in corrente continua. Il trasformatore sarà posto in un apposito box trasformatore della cabina elettrica e disporrà di fosse e serbatoi di raccolta dell'olio

Dalle 3 semi-sbarre del quadro a 13+24 kV potranno essere alimentate zone decentrate quali l'opera di presa a monte e quella a valle.

Attraverso N° 2 UPS, da 25 kVA, con autonomia di almeno 4 ore, e il quadro QSA-UPS verranno alimentate tutte le utenze che richiedono continuità di servizio, quali luci di emergenza, ausiliari dei quadri, scada. Per le luci di sicurezza si valuterà se adottare lampade auto-alimentate con batterie tamponi in locale oppure un impianto centralizzato dotato di soccorritori.

### **6.3.1 Controllo centrale (turbina, generatore, interruttori idraulici, sensori)**

Il controllo della centrale avviene per mezzo di uno o più sistemi di controllo di sicurezza programmabili e controllore logico programmabile (SPS e PLC) che comunicano tra loro. Questi sono installati nei quadri di controllo. Il sistema di controllo regola la turbina o le unità generatore/pompa sulla base delle informazioni provenienti dai vari sensori e dispositivi di misurazione, come ad esempio i sensori di vibrazione sugli alberi del collegamento turbina-generatore, sensori di temperatura dei rispettivi cuscinetti, sensori di temperatura sugli avvolgimenti del generatore e misurazione delle correnti e tensioni dei singoli avvolgimenti.

Una descrizione dettagliata del sistema di controllo sarà compilata nella fase esecutiva.

### **6.3.2 Controllo presa/restituzione del bacino di monte e dell'invaso di valle**

Come nella centrale anche negli edifici periferici nella zona della presa di alimentazione e della presa/restituzione del nuovo invaso di valle verrà installato un sistema di controllo. Il collegamento (cavi corrente e cavlagoi di telecomando) fra la presa d'alimentazione dell'invaso sarà realizzato tramite diversi cavidotti vuoti e collegamenti via cavo lungo il tracciato della condotta a pressione (lunghezza circa 4.500 m). Allo stesso modo, la presa/restituzione dell'invaso di monte sono collegate tramite cavi di corrente elettrica e cavi di controllo. Anche in questo caso sensori e dispositivi di misurazione rileveranno le informazioni necessarie al sistema come per esempio informazioni sul livello dell'acqua nell'invaso e la quantità di acqua scaricata e restituita.

### 6.3.3 Sistema di accesso, sorveglianza e allarme

Sarà realizzato un sistema di accesso, sorveglianza e allarme che comprende tutta l'area della centrale e delle pertinenze associate. L'obbiettivo è quello di impedire alle persone non autorizzate di accedere a tali aree.

## 6.4 Sistema di distribuzione in Bassa Tensione

### 6.4.1 Suddivisione dei servizi ausiliari in BT

Nei servizi ausiliari si fa una distinzione tra l'installazione di energia e luce (compreso internet, ecc.) degli edifici e i servizi ausiliari del sistema di controllo.

Un'ulteriore classificazione avviene inoltre rispetto al livello di tensione dei vari componenti dell'impianto a bassa tensione, ovvero per tensioni da 50 V (AC) / 120 V (DC) a 1.000 V (AC) / 1.500 V (DC). La tensione al di sotto di questa è descritta come bassissima tensione o bassissima tensione di protezione (tipicamente 24 V per entrambe i sistemi AC e DC). In questa gamma di tensione, le misure di protezione possono essere parzialmente dispensate a seconda della tipologia di impianto.

### 6.4.2 Sistema di posa

Si fa una distinzione tra cavidotti o passerelle in metallo o PVC per l'installazione sopra intonaco e tubi in PVC per l'installazione ad incasso.

Nel presente progetto, caratterizzato da un'impiantistica alquanto complessa, i servizi ausiliari vengono installati prevalentemente sopra intonaco. Questo permette di effettuare adeguamenti e modifiche, se necessario, durante la realizzazione dell'impianto.

Laddove i tubi vengono inseriti nelle scatole di giunzione e nelle condotte verranno adoperati raccordi appropriati. Nell'esecuzione in pareti e soffitti, quando necessario, verranno realizzati apposite compartimentazioni antincendio. I tubi flessibili saranno conformi alla norma CEI EN 50086-2/1 mentre i tubi rigidi alla norma CEI EN 50086-2/2. I tubi devono essere posati in modo tale da facilitare l'inserimento e l'estrazione dei cavi al loro interno. Il fattore di riempimento per cavidotti o tubi non deve superare 1,3, cioè il diametro interno dei tubi deve essere 1,3 volte maggiore della circonferenza del fascio di cavi posato al suo interno.

### 6.4.3 Condotte

La posa delle condotte avviene in cavidotti (metallo o PVC), canale portacavi (metallo o PVC) o in passerelle a filo in acciaio zincato.

La scelta del tipo di cavo, unipolare o multipolare, a trifoglio o con protezione della guaina, CPR, ecc., dipende dal tipo di utilizzo, dal metodo di installazione e dai locali in cui sono installati.

Si assume:

- Cavi di comando:  $U_0/U=300/500V$
- Cavi di corrente elettrica:  $U_0/U=450/700V$
- Cavi interrati:  $U_0/U=0,6/1kV$

I cavi nei pozzetti devono essere liberi da trazione e nell'installazione in pareti e soffitti, quando necessario, verranno posati in apposite compartimentazioni antincendio.

Laddove i cavi vengono posati nelle scatole di giunzione, nelle scatole degli interruttori, nelle passerelle in PVC, nei vassoi galvanizzati per cavi e nei tubi metallici vengono realizzati con appositi pressacavi o altri collegamenti a vite.

I cavi devono essere conformi alle norme attualmente in vigore, in particolare CEI 20-20, CEI 20-22, CEI 20-27 e CEI UNEL 35318 (cavi di potenza) e CEI UNEL 35322 (cavi di controllo). I cavi utilizzati devono essere corredati di indicazione impressa visibile riguardo le caratteristiche di isolamento.

Le sezioni dei conduttori devono essere scelte secondo le tabelle CEI UNEL 35023-70 o 35024-70. In ogni caso, non si deve superare una caduta di tensione del 3%.

#### 6.4.4 Quadri di distribuzione

I quadri di distribuzione devono essere scelti secondo la norma CEI-EN 60439/1 o CEI 23-51, a seconda dell'uso previsto e dei dati nominali.

Per i quadri di distribuzione primaria e secondaria / sono utilizzati armadi a pavimento. Per i quadri di distribuzione secondaria possono essere utilizzati anche armadi a muro (installazione e utilizzo più agevoli). I quadri di distribuzione possono essere realizzati in lamiera d'acciaio o in poliestere, a seconda dell'applicazione. Quando questi vengono realizzati in metallo devono essere applicate delle misure di protezione (vedi cap **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Le istruzioni di installazione del produttore devono essere rigorosamente rispettate. I dispositivi di protezione, di commutazione e di controllo devono essere montati su piastre di montaggio, guide profilate, supporti per dispositivi o su porta. Il cablaggio viene realizzato con tubi flessibili del tipo FS17. Il collegamento ai dispositivi di commutazione e di protezione deve essere effettuato con connettori per cavi. I terminali devono essere montati nella parte inferiore o superiore del quadro elettrico a cui devono essere collegate le linee in ingresso e in uscita. Le unità devono essere coperte in modo che solo la parte di accensione fuoriesca. I singoli terminali e cavi devono essere contrassegnati. Uno schema dei morsetti corrispondente deve

essere allegato al quadro di distribuzione. Il quadro deve essere dotato di etichette incise o prefabbricate. Tutte le parti sotto tensione devono essere coperte e protette in modo tale che non sia possibile alcun contatto involontario. Le unità divisorie vuote devono essere coperte.

Una guida di compensazione potenziale apposita deve essere montata nel quadro di distribuzione, laddove terminano i conduttori equipotenziali. Dopo il completamento, ogni quadro di distribuzione deve essere dotato di una targa di identificazione e corredato delle dichiarazioni pertinenti, compresi tutti i calcoli necessari, in conformità alle norme CEI-EN 60439/1 e CEI 23-51.

## 6.4.5 Dispositivi di distribuzione

### 6.4.5.1 Interruttori magnetotermici

Tutti i cavi che collegano i distributori alle utenze/apparecchiature devono essere protetti da interruttori magnetotermici o fusibili contro i cortocircuiti, i sovraccarichi e il verificarsi di tensioni di contatto pericolose. Il dimensionamento si effettua in funzione del sistema di rete in questione (rete TT con 400 V/230 V/50 Hz o 24 V DC), così come la corrente di esercizio, la sezione del conduttore, la lunghezza del cavo e il tipo di installazione. Gli interruttori miniaturizzati termomagnetici hanno generalmente la caratteristica di spegnimento "C". Se sono richieste altre caratteristiche, saranno indicate negli schemi elettrici.

Gli interruttori magnetotermici devono essere conformi alla norma CEI EN 60898.

### 6.4.5.2 Interruttori differenziali del tipo "salvavita"

Per la protezione contro dispersioni elettriche pericolose e per un migliore coordinamento con il sistema di messa a terra, tutte le parti dell'installazione sono protette da un interruttore differenziale installato prima dei dispositivi di protezione della linea. Le caratteristiche degli interruttori differenziali si trovano negli schemi elettrici. Bisogna prestare particolare attenzione alla selettività degli interruttori di corrente residua collegati in serie. Gli interruttori differenziali devono essere conformi alla norma CEI 23-18 o CEI 23-43 e CEI 23-45.

### 6.4.5.3 Interruttori

Se le parti dell'impianto devono essere disattivate da un interruttore centrale, i dispositivi di commutazione o di controllo corrispondenti, come relè a livelli, contattori e simili, vengono installati nei quadri di distribuzione.

I contattori sono scelti in base al loro campo di applicazione. Gli interruttori devono essere conformi alla norma CEI 23-9.

#### **6.4.6 Impianto di messa a terra – impianto di compensazione del potenziale**

Il funzionamento dell'impianto elettrico stesso, così come quello dei dispositivi di protezione, è possibile solo in parte attraverso l'impianto di messa a terra. Gli impianti interni di messa a terra e compensazione potenziale sono collegati alla barra di compensazione potenziale principale del sistema di alta o media tensione.

Il collegamento equipotenziale include il collegamento di tutte le tubature metalliche (tubi dell'acqua), dispositivi con contenitori metallici, conduttori di protezione e tutte le masse metalliche. Il collegamento viene effettuato tramite binari equipotenziali adeguati.

#### **6.4.7 Impianto di protezione dalle scariche atmosferiche**

L'impianto sarà dotato di un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche.

L' LSP avrà il duplice scopo di proteggere le apparecchiature e le persone poste all'aria aperta dalla fulminazione diretta e proteggere le linee elettriche che entrano in galleria verso gli impianti interni dalla fulminazione indiretta/diretta.

L'analisi sarà eseguita in conformità alla norma CEI EN 62305 (CEI 81-10).

#### **6.4.8 Impianto di rivelazione incendi e gas tossici ed esplosivi**

La realizzazione del sistema di rivelazione ed allarme incendi, sarà conforme alla norma Norma UNI 9795, "Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio", e a tutte le altre normative in materia in vigore.

L'impianto sarà distribuito in tutti gli ambienti e sarà essenzialmente suddiviso in sistemi fissi automatici di rivelazione e di allarme d'incendio (costituiti da rivelatori puntiformi di fumo e di calore, rivelatori ottici lineari di fumo e cavi termosensibili, targhe ottico-acustiche e sirene, collegati ad impianti di estinzione o ad altro sistema di protezione, con la funzione di rivelare e segnalare un incendio nel minore tempo possibile) e sistemi fissi di segnalazione manuale e di allarme d'incendio (pulsanti a rottura di vetro con la funzione di attivazione manuale dell'allarme incendio nel caso l'incendio stesso sia rivelato dall'uomo).

Analogamente verrà installato un sistema di rivelatori di gas tossici ed esplosivi in tutti gli ambienti ove è prevedibile lo sviluppo di miscele e/o gas esplosivi (vapori di benzina, Metano, Anidride Carbonica, Monossido di Carbonio, Ossidi di Azoto, Idrogeno Solforato, Anidride Solforica).

I rivelatori saranno installati in custodie di adeguata protezione e avranno lo scopo di rilevare la quantità di presenza di sostanza tossiche (esprimibile in concentrazioni "ppm" per i gas tossici,

in concentrazioni esprimibili in % LIE, Limite Inferiore di Esplosibilità, per i gas/miscele esplosivi).

#### **6.4.9 Impianto di illuminazione di emergenza**

È prevista un sistema di illuminazione di emergenza che indica le vie di fuga, i cambi di direzione, le uscite, gli ostacoli, ecc. e rimane attivo per minimo un'ora dall'entrata in funzione. L'illuminazione di emergenza si accende automaticamente in caso di perdita di tensione della rete. L'impianto di illuminazione di emergenza è composto da lampade autonome dotate di proprio set di batterie e entrano automaticamente in funzione in caso di mancanza di corrente. L'impianto è provvisto di un sistema di autodiagnosi che verifica periodicamente il funzionamento e l'autonomia dello stesso e un pulsante che permette di verificare il corretto funzionamento di tale sistema di diagnosi. La batteria si carica automaticamente. L'impianto di illuminazione di emergenza è collegato al sistema di protezione del circuito di illuminazione principale. L'intensità di illuminazione deve essere conforme alla legge e verificata mediante misurazione apposita. L'intensità di illuminazione minima deve corrispondere a 5 lux. Ogni apparecchio d'illuminazione di emergenza deve essere dotato di un'etichetta autoadesiva all'esterno che indichi la data di messa in funzione.

#### **6.4.10 Installazioni potenza e luce della centrale**

L'edificio della centrale sarà provvisto di impianto di illuminazione. L'installazione elettrica sarà realizzata con una tensione nominale di 230V AC e con un sistema alla tensione di 400 V AC. L'impianto di illuminazione sarà realizzato con moderni apparecchi di illuminazione a LED a risparmio energetico. A seconda del luogo, si usano linee luminose a LED, faretti a LED o simili. La protezione con fusibili viene effettuata negli appositi quadri elettrici. La distribuzione viene effettuata separatamente dalle linee di controllo (come descritte di seguito).

### **7. Misure di protezione ambientale e di sicurezza dei lavoratori**

#### **7.1 Classificazione dei luoghi pericolosi**

Da una prima analisi sulla possibile formazione di atmosfere esplosive, non si ritiene necessaria, in fase di esercizio della centrale, l'installazione di apparecchiature elettriche dotate di particolari caratteristiche protettive nei confronti della formazione di miscele gassose in quanto, in regime normale di funzionamento, l'impianto non dovrebbe essere soggetto a tale pericolo.

Per le costruzioni elettriche, salvo verifiche in fase esecutiva e a valle di situazioni al momento non prevedibili, sarà sufficiente adottare un livello di protezione standard.

Nei confronti del grado di protezione delle costruzioni elettriche per impedire alle polveri di penetrare negli involucri verrà valutata l'eventualità di adottare idonee custodie secondo quanto prescritto dalla direttiva Atex 94/9/CE pari a II 3D).

In ogni caso, per evitare la creazione di forme di innesco, saranno limitate le massime temperature superficiali raggiungibili dalle apparecchiature elettriche e verrà effettuata la normale manutenzione per evitare la formazione di accumuli localizzati di strati di polvere.

A impedire la formazione di eventuali concentrazioni gassose dovute a perdite localizzate e di strati polverosi di una certa consistenza, contribuisce in maniera determinante la ventilazione artificiale sempre assicurata nelle fasi di funzionamento dell'impianto.

## 7.2 Campi elettrici e magnetici

La presenza di linee in cavo in MT e in AAT provocherà la formazione di campi elettrici e magnetici in prossimità delle linee stesse. In fase di progettazione esecutiva verranno eseguiti i calcoli dei campi elettromagnetici indotti nell'intorno delle linee elettriche, al fine di verificare che gli effetti siano compatibili con i limiti di legge imposti dalla normativa vigente. Allo scopo di ridurre l'effetto dei campi magnetici verrà posta particolare attenzione alle modalità di posa dei cavi stessi, adottando configurazioni idonee a minimizzare l'effetto elettromagnetico.

## 7.3 Prescrizioni per la sicurezza

La protezione contro i contatti diretti verrà effettuata mediante l'utilizzo di quadri elettrici (di Media a Bassa Tensione) di tipo prefabbricato. I trasformatori di potenza saranno installati in appositi locali (dove saranno rispettare le distanze di isolamento e di guardia) e saranno comunque segregati tramite l'installazione di barriere fisse (apribili solo a mezzo di serratura a chiave interbloccata). Per i sistemi di I categoria la protezione verrà realizzata mediante l'utilizzo di involucri, o barriere, che impediscono il contatto, anche accidentale, con parti normalmente in tensione. La rimozione di dette barriere potrà avvenire solo con l'ausilio di un attrezzo. Tutte le apparecchiature accessibili avranno un grado di protezione minimo pari a IP2X se a portata di mano.

Per le protezioni realizzate contro i contatti indiretti nei sistemi di II categoria, si farà riferimento all'apposito studio coordinamento protezioni (che verrà sviluppato in fase di Progettazione Esecutiva). Nei sistemi di I categoria, con tensione superiore a 50 V verso terra, si adotterà il sistema di protezione con interruzione automatica del circuito. Le protezioni saranno coordinate

con l'impianto di terra in modo da assicurare l'interruzione del circuito guasto entro i tempi indicati sulla tabella 41A della norma CEI 64-8 per la tensione nominale verso terra di 230V (0.4 s). Tale coordinamento è valido se sarà verificata seguente condizione di cui alla Norma CEI 64-8 art. 413.1.3.3.

Per la verifica delle portate dei cavi e per la verifica del coordinamento con i dispositivi di protezione verrà sviluppato in fase di Progettazione Esecutiva un'analisi di dettaglio riassunta in un apposito documento.

Le misure di protezione contro le sovratensioni e gli abbassamenti di tensione adottate saranno finalizzate ad evitare o sopprimere i pericoli connessi con gli impianti elettrici, con gli apparecchi utilizzatori o con le macchine alimentate elettricamente.

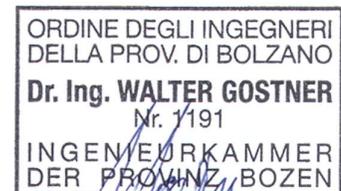
Le apparecchiature elettriche verranno costruite, o comunque protette, per non costituire pericolo di innesco o di propagazione di incendio per i materiali adiacenti; per la loro installazione saranno osservate tutte le relative istruzioni dei costruttori.

In particolare verranno applicate le prescrizioni contenute nella sezione 422 della Norma CEI 64-8/4.

Bolzano, Malles, Spresiano, Roma, il 15.11.2022

I Tecnici

Dr. Ing. Walter Gostner



Dott.ssa. Ing. Giulia Bettiol

