

AUTOSTRADA VALDASTICO

A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP G21B1 30006 60005
WBS B25.A31N.L1
COMMESSA J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

PROGETTAZIONE:
ITALCONSULT

RESPONSABILE DELL'INTERMEDIAZIONE
TRA LE PARTI INTERESSATE SPECIALISTICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renzo



ELABORATO: **IMPIANTI
RELAZIONI
IMPIANTI ELETTRICI
DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE MT/BT CABINE ELETTRICHE**

Progressivo Rev.
12 01 02 004 02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: -
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	NOME FILE: J16L1_12_01_02_004_0101_OPD_02.doc
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER VERIFICA	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	CM. PROGR. FG. LIV. REV.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	J16L1_12_01_02_004_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE MT/BT CABINE ELETTRICHE

I N D I C E

1	GENERALITA'	9
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
2.1	IMPIANTI DI CABINA E DI MESSA A TERRA	11
2.2	QUADRI ELETTRICI MT	11
2.3	QUADRI ELETTRICI BT	11
2.4	RIFASAMENTO DEGLI IMPIANTI BT	11
3	PARAMETRI TECNICI DI PROGETTO	13
3.1	IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA	13
3.2	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MEDIA TENSIONE	15
3.3	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI BASSA TENSIONE - RETI NORMALE ED EMERGENZA	15
3.4	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI BASSA TENSIONE - RETE SICUREZZA (CONTINUITÀ ASSOLUTA)	16
3.5	STIMA DELLE POTENZE ELETTRICHE DI ALLACCIAMENTO	16
4	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE MT/BT	18
4.1	DIMENSIONAMENTO DEI TRASFORMATORI MT/BT	18
4.1.1	<i>Potenza nominale del trasformatore</i>	18
4.1.2	<i>Parametri equivalenti del trasformatore</i>	18
4.2	DIMENSIONAMENTO DEL RIFASAMENTO	19
4.2.1	<i>Rifasamento fisso dei trasformatori MT/BT</i>	19
4.2.2	<i>Rifasamento dei ventilatori di galleria</i>	19
4.2.3	<i>Rifasamento centralizzato della rete BT 400V</i>	20
4.3	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ	20
4.4	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI ELETTOGENI	21
4.4.1	<i>Criteri generali di dimensionamento</i>	21
4.4.2	<i>Dimensionamento del serbatoio carburante</i>	21
5	CABINA ELETTRICA PIOVENE	23
5.1	AMBITI DI PERTINENZA	23
5.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	23
5.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	24
5.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	25
5.3.1	<i>Utenze continuità assoluta</i>	25
5.3.1	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	25

5.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	25
5.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	26
5.6	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ (UPS)	26
5.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	26
5.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTOGENO	27
5.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTOGENO	28
6	CABINA ELETTRICA S.AGATA SUD	29
6.1	AMBITI DI PERTINENZA	29
6.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	29
6.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	31
6.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	<i>31</i>
6.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	<i>31</i>
6.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	<i>32</i>
6.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	32
6.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	32
6.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	33
6.6.1	<i>UPS 1 - galleria S.Agata 2 Nord</i>	<i>33</i>
6.6.2	<i>UPS 2 - galleria S.Agata 2 Sud</i>	<i>33</i>
6.6.3	<i>UPS 3 - galleria S.Agata 1</i>	<i>34</i>
6.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	34
6.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTOGENO	35
6.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTOGENO	36
7	CABINA ELETTRICA S.AGATA NORD	37
7.1	AMBITI DI PERTINENZA	37
7.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	37
7.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	38
7.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	<i>38</i>
7.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	<i>39</i>
7.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	<i>39</i>
7.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	40
7.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	40
7.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	40
7.6.1	<i>UPS 1 - galleria S.Agata 2 Nord</i>	<i>40</i>
7.6.2	<i>UPS 2 - galleria S.Agata 2 Sud</i>	<i>41</i>

7.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	41
7.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	42
7.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	43
8	CABINA ELETTRICA COGOLLO DEL CENGIO	44
8.1	AMBITI DI PERTINENZA	44
8.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	44
8.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	45
8.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	<i>45</i>
8.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	<i>45</i>
8.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	<i>46</i>
8.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	46
8.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	46
8.6	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ (UPS)	47
8.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	47
8.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	48
8.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	49
9	CABINA ELETTRICA COGOLLO SUD	50
9.1	AMBITI DI PERTINENZA	50
9.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	50
9.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	51
9.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	<i>52</i>
9.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	<i>52</i>
9.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	<i>52</i>
9.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	53
9.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	53
9.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	53
9.6.1	<i>UPS 1 - galleria Cogollo Nord</i>	<i>53</i>
9.6.2	<i>UPS 2 - galleria Cogollo Sud</i>	<i>54</i>
9.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	54
9.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	55
9.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	56
10	CABINA ELETTRICA COGOLLO NORD	57
10.1	AMBITI DI PERTINENZA	57

10.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	57
10.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	59
10.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	59
10.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	59
10.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	59
10.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	60
10.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	60
10.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	60
10.6.1	<i>UPS 1 - galleria Cogollo Nord</i>	61
10.6.2	<i>UPS 2 - galleria Cogollo Sud</i>	61
10.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	61
10.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	62
10.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	63
11	CABINE ELETTRICHE COGOLLO 1 E 2	64
11.1	AMBITI DI PERTINENZA	64
11.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	64
11.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	65
11.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	65
11.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	65
11.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	66
11.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	66
11.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	66
11.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	67
11.6.1	<i>UPS 1 - galleria Cogollo Nord</i>	67
11.6.2	<i>UPS 2 - galleria Cogollo Sud</i>	67
11.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	68
11.8	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI ELETTROGENI E DEI TRASFORMATORI INNALZATORI A SERVIZIO DELL'ANELLO DI GALLERIA	68
11.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	70
12	CABINA ELETTRICA PEDESCALA SUD	71
12.1	AMBITI DI PERTINENZA	71
12.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	71
12.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	72
12.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	72
12.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	73

12.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	73
12.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	74
12.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	74
12.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	74
12.6.1	<i>UPS 1 - galleria Pedescala Nord</i>	74
12.6.2	<i>UPS 2 - galleria Pedescala Sud</i>	75
12.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	75
12.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	76
12.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	77
13	CABINA ELETTRICA PEDESCALA NORD	78
13.1	AMBITI DI PERTINENZA	78
13.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	78
13.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	79
13.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	79
13.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	80
13.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	80
13.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	81
13.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	81
13.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	81
13.6.1	<i>UPS 1 - galleria Pedescala Nord</i>	81
13.6.2	<i>UPS 2 - galleria Pedescala Sud</i>	82
13.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	82
13.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	83
13.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	84
14	CABINA ELETTRICA S. PIETRO SUD	85
14.1	AMBITI DI PERTINENZA	85
14.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	85
14.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	86
14.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	86
14.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	87
14.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	87
14.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	87
14.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	88
14.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	88
14.6.1	<i>UPS 1 - galleria S.Pietro Nord</i>	88

14.6.2	<i>UPS 2 - galleria S.Pietro Sud</i>	88
14.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	89
14.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	89
14.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	91
15	CABINA ELETTRICA S. PIETRO NORD	92
15.1	AMBITI DI PERTINENZA	92
15.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	92
15.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	93
15.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	93
15.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	94
15.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	94
15.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	94
15.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	95
15.6	DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)	95
15.6.1	<i>UPS 1 - galleria S.Pietro Nord</i>	95
15.6.2	<i>UPS 2 - galleria S.Pietro Sud</i>	96
15.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	96
15.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	97
15.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	98
16	CABINA ELETTRICA PEDEMONTE	99
16.1	AMBITI DI PERTINENZA	99
16.2	SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO	99
16.3	DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2	100
16.3.1	<i>Utenze normali/privilegiate</i>	100
16.3.2	<i>Utenze continuità assoluta</i>	101
16.3.3	<i>Dimensionamento trasformatori</i>	101
16.4	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE	101
16.5	DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO	102
16.6	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ (UPS)	102
16.7	DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA	102
16.8	DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO	103
16.9	VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO	104
17	CALCOLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE E CDZ DI CABINA	105

17.1	PREMESSA	105
17.2	CALCOLO DEI CARICHI TERMICI	105
17.3	CALCOLO DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE FORZATA	106
17.4	CALCOLO DEGLI IMPIANTI CDZ	107
18	CALCOLO DEGLI IMPIANTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE	108
19	ALLEGATO	115

1 GENERALITA'

Il presente documento, allegato alla documentazione di Progetto Definitivo, ha per oggetto il dimensionamento delle cabine elettriche relative al sistema di alimentazione MT/BT dell'Autostrada A 31 Nord Trento Rovigo – Tronco Trento - Valdastico – Piovene Rocchette.

Nel presente documento vengono descritti i criteri di calcoli e dimensionamento delle potenze elettriche previste per le varie cabine elettriche di tratta, con conseguente dimensionamento delle principali apparecchiature ed impianti ovvero:

- Trasformatori MT/BT
- Rifasamento fisso trasformatori
- Rifasamento automatico centralizzato
- Gruppi statici di continuità
- Gruppi elettrogeni e relativi serbatoi di combustibile
- Batterie gruppi soccorritori per servizi ausiliari
- Impianti di estrazione meccanica per locali MT/BT
- Impianti di climatizzazione per locali UPS/TLC
- Impianti di raccolta e smaltimento acque meteoriche

In particolare si farà riferimento alle seguenti cabine elettriche di tratta:

- Cabina Piovene
- Cabina S.Agata Sud
- Cabina S.Agata Nord
- Cabina Cogollo del Cencio
- Cabina Cogollo Sud
- Cabina Cogollo Nord
- Cabina Pedescala Sud
- Cabina Pedescala Nord
- Cabina S.Pietro Sud
- Cabina S.Pietro Nord
- Cabina Pedemonte

oltre che alle seguenti cabine elettriche interne di galleria:

- Cabina Cogollo 1
- Cabina Cogollo 2

Per l'ubicazione delle suddette cabine si farà riferimento alle planimetrie di progetto. Per gli

ambiti di pertinenza di ciascuna cabina si farà riferimento ai vari capitoli del presente documento come successivamente descritto.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 IMPIANTI DI CABINA E DI MESSA A TERRA

- CEI 0-16 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle Imprese distributrici di energia elettrica”
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”
- Norme CEI 11-37 Guida per l’esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali sistemi di I, II e III categoria

2.2 QUADRI ELETTRICI MT

- CEI EN 62271-200 Apparecchiature ad alta tensione. Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52 kV
- CEI EN 62271-1, Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione, Parte 1: Prescrizioni comuni.

2.3 QUADRI ELETTRICI BT

- CEI EN 61439-1 (CEI 17-113) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Regole Generali
- CEI EN 61439-2 (CEI 17-114) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 2: Quadri di potenza
- CEI EN 61439-3 (CEI 17-116) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

2.4 RIFASAMENTO DEGLI IMPIANTI BT

- Norma CEI 60831-1 (CEI 33-9) "Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale

inferiore o uguale a 1 kV" Parte 1: Generalità - Prestazioni, prove e valori nominali - Prescrizioni di sicurezza - Guida per l'installazione e l'esercizio

- Norma CEI 60831-2 (CEI 33-10) "Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 1 kV" Parte 2: Prova di invecchiamento, prova di autorigenerazione e prova di distruzione
- Norma CEI 60931-1/A1 "Condensatori statici di rifasamento di tipo non autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 1000V" Parte 1: Generalità - Prestazioni, prove e valori nominali - Prescrizioni di sicurezza - Guida per l'installazione e l'esercizio
- Norma CEI 61921 "Condensatori di potenza - Batterie di rifasamento a bassa tensione"
- Norma CEI 61642 "Reti industriali in corrente alternata affette da armoniche - Applicazione di filtri e di condensatori statici di rifasamento"
- Delibera AEEG del 2 maggio 2013/180/2013/R/EEL "Regolazione tariffaria per prelievi di energia reattiva nei punti di prelievo connessi in media e bassa tensione, a decorrere dall'anno 2016"

3 PARAMETRI TECNICI DI PROGETTO

3.1 IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA

L'alimentazione di energia elettrica per gli impianti di tratta sarà derivata dalle cabine elettriche MT/BT dislocate lungo la tratta stessa, ciascuna delle quali provvederà ad alimentare gli impianti BT della galleria e/o porzione di pertinenza come successivamente descritto.

Dai calcoli di cui al presente documento si stima una potenza installata complessiva pari a circa **8 MW**, potenza che verrà suddivisa in n.2 distinti punti di fornitura elettrica ovvero:

- Cabina Piovene
- Cabina Cogollo Sud

E' inoltre predisposto un 3° punto di fornitura, in corrispondenza della Cabina Pedemonte, in previsione del proseguimento del 2° lotto di intervento.

I due punti di fornitura, ciascuno previsto per circa la metà della potenza complessiva, sono stati individuati in accordo con il gestore di rete (ENEL) che ha garantito, in questa fase, la disponibilità di potenza contrattuale richiesta.

In previsione del proseguimento del 2° lotto di intervento è stata anche predisposta un'area, in prossimità dello svincolo di Pedemonte, per la futura realizzazione di una cabina Primaria (CP) a cura del gestore di rete, cabina primaria che non rientra nell'ambito dei lavori del 1° lotto.

Stante la definizione dei due soli punti di fornitura individuati, la distribuzione dell'energia in Media Tensione a 20 kV per alimentare tutte le cabine elettriche di tratta verrà gestita tramite un anello che interconetterà tra di loro, in configurazione entra-esci, tutte le cabine elettriche, secondo lo schematico di progetto. L'anello non sarà in carico al gestore di rete ma verrà quindi gestito direttamente dal Committente (Autostrade BS-VR-VI-PD).

In realtà, essendo due i punti di fornitura ed al fine di evitare la messa in parallelo tra gli stessi, lo schema distributivo prevede n.2 dorsali radiali ciascuna afferente alla propria cabina di fornitura, con la possibilità, in caso di fuori servizio di una delle due cabine, di riconfigurare la rete in anello aperto, secondo gli scenari riportati nello schematico di progetto.

In particolare le due dorsali, che per convenzione chiameremo **NORD** e **SUD**, sono così articolate:

- Dorsale **NORD**, afferente alla fornitura presso la cabina Cogollo Sud, che alimenta le seguenti cabine:
 - Cogollo Sud

- Cogollo del Cengio
- Pedescala Sud
- S.Pietro Sud
- Pedemonte
- Dorsale SUD, afferente alla fornitura presso la cabina Piovene, che alimenta le seguenti cabine:
 - Piovene
 - S.Agata Sud
 - S.Agata Nord
 - Cogollo Nord
 - Pedescala Nord
 - S.Pietro Nord

In sintesi tutte le cabine elettriche di tratta sono stabilmente collegate con cavo MT a 20 kV entra-esci e si sono individuati i 2 punti in cui l'anello viene "aperto" per evitare la messa in parallelo tra le forniture.

I punti in cui l'anello è "aperto" sono stati individuati presso le cabine S.Agata Sud e Pedemonte.

Per la galleria Cogollo, di lunghezza 6300 m., sono previste n.2 cabine elettriche "interne", che unitamente alle 2 cabine di testa, Cogollo Nord e Cogollo Sud, prevedono un sottoanello di galleria gestito con la medesima modalità dell'anello principale di tratta.

La rete di collegamento a 20 kV è da intendersi come tipologia di alimentazione "ordinaria", pur essendo le due forniture a loro volta collegate su un anello entra-esci del gestore di rete e di conseguenza l'alimentazione di "emergenza" verrà garantita direttamente presso ciascuna cabina di tratta a mezzo di gruppi generatori di emergenza (gruppi elettrogeni).

L'ubicazione delle cabine elettriche di tratta è stata definita, compatibilmente con la conformazione del territorio, per lo più collinare e montuoso, in modo da:

- essere in prossimità degli imbocchi di galleria, per le cabine di galleria, in modo da limitare la lunghezza dei cavi di alimentazione BT a 400V e di conseguenza contenere la caduta di tensione al valore limite del 4% (5% per le utenze che ammettono tale range)
- essere possibilmente baricentrica rispetto alle utenze servite, in particolare per le cabine di svincolo
- garantire l'accessibilità, in particolare per le cabine di fornitura, da parte del gestore di rete, direttamente da strada pubblica (esistente o di nuova realizzazione), evitando

il passaggio dall'interno dell'autostrada.

Inoltre per le cabine di testa delle gallerie si è prevista l'alimentazione alternata sulle due dorsali NORD e SUD, in modo da garantire comunque l'alimentazione elettrica della metà di galleria in caso di fuori servizio di uno dei punti di fornitura, almeno fino alla completa riconfigurazione della rete di alimentazione a 20 kV.

3.2 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MEDIA TENSIONE

I parametri tecnici relativi alle reti MT saranno i seguenti:

- Tensione nominale: 24 kV
- Tensione di esercizio: 20 kV ($\pm 10\%$)
- Frequenza nominale: 50Hz
- Sistema elettrico: categoria II: tensione nominale da oltre 1000 V in corrente alternata od oltre 1500 V in corrente continua, fino a 30000V
- Regime di neutro: compensato (*)
- Corrente di corto circuito simmetrico trifase: 16 kA
- Corrente di guasto a terra If: 50 A (*)
- Tempo di eliminazione del guasto a terra tf: 10 secondi (*)

I parametri identificati con () sono stati preliminarmente comunicati dal gestore di rete e dovranno essere confermati in sede di richiesta di allacciamento in modo da definire i valori ammessi di R_t e le corrette tarature delle protezioni in MT in accordo con le specifiche di cui alla Norma CEI 0-16.*

Le due forniture saranno di tipo ATTIVO in quanto è prevista la possibilità (seppur remota) di immissione in rete dell'energia prodotta dagli impianti fotovoltaici previsti presso gli edifici di tratta (caselli, centro di manutenzione, ecc.).

3.3 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI BASSA TENSIONE - RETI NORMALE ED EMERGENZA

I sistemi di bassa tensione a valle dei trasformatori MT/BT e dei gruppi elettrogeni delle cabine elettriche avranno le seguenti specifiche:

- Tensione nominale: 400/230V
- Frequenza nominale: 50Hz
- Fasi: 3+neutro
- Sistema elettrico: categoria I: tensione nominale da oltre 50 V fino a 1000 V in corrente alternata e da oltre 120 V fino a 1500 V in corrente continua

- Regime di neutro TN-S

3.4 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI BASSA TENSIONE - RETE SICUREZZA (CONTINUITÀ ASSOLUTA)

I sistemi di bassa tensione a valle dei gruppi statici di continuità, asserviti alla rete in continuità assoluta, avranno le seguenti specifiche:

- Frequenza nominale in ingresso: 50Hz ± 5%
- Frequenza nominale in uscita: 50Hz
- Tensione nominale in ingresso: 400V ± 15%
- Tensione nominale in uscita: 400V
- Variazione di tensione da vuoto a carico: ± 1%
- Variazione di frequenza da vuoto a carico: ± 0.75%
- Sistema elettrico: categoria I: tensione nominale da oltre 50 V fino a 1000 V in corrente alternata e da oltre 120 V fino a 1500 V in corrente continua
- Regime di neutro IT (provvisorio, limitato al tempo di funzionamento tramite batterie)

L'autonomia nominale prevista per i gruppi di continuità è pari a 30 minuti, tempo che si ritiene più che idoneo per il completo avviamento a regime dei gruppi elettrogeni di ciascuna cabina.

3.5 STIMA DELLE POTENZE ELETTRICHE DI ALLACCIAMENTO

A seguito dei dimensionamenti delle reti e delle cabine elettriche di cui ai successivi paragrafi, si riassumono le potenze elettriche di allacciamento previste:

Cabina elettrica	Dorsale (anello) NORD P (kW)	Dorsale (anello) SUD P (kW)
Piovene	-	57
S.Agata Sud	-	730
S.Agata Nord	-	707
Cogollo del Cengio	185	-
Cogollo Sud	941	-
Cogollo 1	(646)	-
Cogollo 2	-	(646)
Cogollo Nord	-	1027
Pedescala Sud	783	-
Pedescala Nord	-	749
S.Pietro Sud	1014	-
S.Pietro Nord	-	1135
Pedemonte	366	-

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

TOTALE PARZIALE	3935	5051
Coefficienti contemporaneità	0,9	0,9
TOTALE GENERALE	3542	4546

Riepilogo forniture:

- Cabina Cogollo Sud (NORD) 3.542 kW
- Cabina Piovene (SUD) 4.546 kW
- **TOTALE TRATTA 8.088 kW**

4 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE MT/BT

4.1 DIMENSIONAMENTO DEI TRASFORMATORI MT/BT

Il dimensionamento delle macchine è stato sviluppato in base alle seguenti relazioni:

4.1.1 Potenza nominale del trasformatore

Il calcolo della potenza nominale del trasformatore è data dalla seguente relazione:

$$A_T = \frac{4}{3} \times A$$

dove:

- A_T = potenza nominale del trasformatore (kVA)
- A = potenza apparente assorbita dai carichi a valle (kVA)

In sintesi il trasformatore viene fatto lavorare a circa il 70-75% della propria potenza nominale, in modo da garantire il massimo rendimento secondo le curve caratteristiche della macchina.

4.1.2 Parametri equivalenti del trasformatore

Il calcolo dei parametri di impedenza, resistenza e reattanza del trasformatore sono dati dalle seguenti relazioni:

$$Z_t = \frac{U_{cc}\%}{100} \times \frac{U^2}{A}$$

$$R_t = \frac{P_{cu}\%}{100} \times \frac{U^2}{A}$$

$$X_t = \sqrt{(Z_t^2 + R_t^2)}$$

dove:

- Z_T = impedenza equivalente del trasformatore riferita al secondario (Ω)
- R_T = resistenza equivalente del trasformatore riferita al secondario (Ω)
- X_T = reattanza equivalente del trasformatore riferita al secondario (Ω)
- U = tensione nominale del trasformatore al secondario (V)
- $U_{cc}\%$ = tensione di corto circuito in percentuale
- $P_{cu}\%$ = perdite per effetto joule in percentuale

4.2 DIMENSIONAMENTO DEL RIFASAMENTO

4.2.1 Rifasamento fisso dei trasformatori MT/BT

Per il rifasamento fisso dei trasformatori MT/BT viene prevista una batteria fissa trifase da installare alla base della macchina, collegata al secondario BT del trasformatore di pertinenza.

Per determinare la taglia della batteria si fa riferimento alla potenza reattiva richiesta dal trasformatore, durante il funzionamento a vuoto ed a pieno carico e riportata nella seguente tabella:

potenza reattiva da installare [kvar]						
potenza nominale [KVA]	trasformatori in olio perdite secondo norma CEI 14-13 lista A		trasformatori in olio basse perdite		Trasformatori in resina norma CEI 14-12	
	Qr a vuoto	Qr a carico	Qr a vuoto	Qr a carico	Qr a vuoto	Qr a carico
100	2,5	6,1	1,5	5,2	2,5	8,1
160	3,7	9,6	2,0	8,2	3,6	12,9
200	4,4	11,9	2,4	10,3	4,2	15,8
250	5,3	14,7	2,7	12,4	4,9	19,5
315	6,3	18,3	3,1	15,3	5,6	24,0
400	7,5	22,9	3,5	19,1	5,9	29,3
500	9,4	28,7	4,4	24,0	7,4	36,7
630	11,3	35,7	5,0	29,6	8,0	45,1
800	13,5	60,8	5,5	53,0	10,2	57,4
1000	14,9	74,1	6,9	66,3	11,8	70,9
1250	17,4	91,4	7,3	81,7	14,7	88,8
1600	20,6	115,4	7,7	103,1	18,9	113,8
2000	23,8	142,0	9,7	128,9	21,6	140,2
2500	27,2	175,2	12,1	161,0	24,5	173,1
3000	29,7	207,5	11,5	190,3		
3150					30,9	250,4

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

$$Q_r \text{ (kVAR)} = Q_{r\text{vuoto}} + (Q_{r\text{carico}} - Q_{r\text{vuoto}}) \times (I_b/I_n)^2$$

dove:

- I_b = corrente totale del carico (A)
- I_n = corrente nominale del trasformatore (A)

Essendo previsti trasformatori con perdite a vuoto conformi al Regolamento Europeo 548/14 si può considerare una riduzione del 20% della taglia del rifasatore fisso calcolato.

4.2.2 Rifasamento dei ventilatori di galleria

Per i ventilatori di galleria non verrà previsto il rifasamento locale in quanto, per problemi di gestione apparecchiature e lay-out dimensionale dei quadri elettrici di ventilazione, si è preferito prevedere il rifasamento centralizzato.

4.2.3 Rifasamento centralizzato della rete BT 400V

Per il rifasamento della rete a 400V afferente a ciascuna quadro elettrico generale di cabina, verrà previsto un impianto di rifasamento centralizzato, in modo da garantire un valore di fattore di potenza globale dell’impianto > 0,95.

Ciò al fine di garantire anche il rispetto delle prescrizioni di cui alla delibera AEEG 180/2013/R/EEL relativamente al rifasamento degli utenti MT e BT, nella quale viene richiesto un fattore di potenza mediato, nelle ore di alto carico, non inferiore a 0,95.

Dai calcoli allegati si determina il fattore di potenza nominale, in genere compreso tra 0,8 e 0,9.

Si vuole ottenere un fattore di potenza pari ad almeno 0,95.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore kc (kvar/kW) necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q \text{ (kVAR)} = P \text{ (kW)} \times kc$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V (tasso di distorsione armonica <= 20%), la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q_c = Q \times (V_c/V)^2$$

4.3 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ

I gruppi statici di continuità saranno dimensionati secondo la seguente relazione:

$$A_{gsc} = \frac{\sum_i P_i}{I_s / I_n}$$

dove:

- A_{gsc} = potenza nominale del gruppo ups (kVA)
- $\sum P_i$ = sommatoria delle potenze di picco (kVA)
- I_g/I_n = capacità di sovraccarico del gruppo ups

Gli aspetti più critici da considerare per il dimensionamento degli UPS che alimentano questi tipi di carichi sono i seguenti:

- la corrente e il cosphi di spunto delle lampade in fase di accensione (corrente di in-rush);
- la possibilità che il carico non sia esattamente bilanciato (occorre lasciare un po' di

marginale, circa il 20%, stimando che una fase sarà più caricata delle altre);

- la presenza di terze armoniche di corrente dovute ai carichi non lineari TVCC, telecamere, amplificatori, reattori elettronici.

Per la verifica dell'autonomia delle batterie alla potenza nominale si fa riferimento alle curve caratteristiche definite dal costruttore del gruppo.

4.4 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI ELETTOGENI

4.4.1 Criteri generali di dimensionamento

I gruppi elettrogeni alimentano tutte le utenze di cabina e quindi sopperiscono al 100% del carico di caso di mancanza della rete di alimentazione normale.

Per un corretto dimensionamento della macchina si deve tenere in considerazione non solo la potenza nominale delle utenze afferenti, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}), ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve sopportare l'avviamento del carico.

Le utenze di impianto prevedono motori elettrici di media potenza (ventilatori jet-fan), oltre che impianti di illuminazione con tecnologia a LED e quindi è prevista una certa criticità relativamente agli spunti di inserzione.

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può calcolare con la seguente formula:

$$P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000$$

dove:

- P_{sp} (kW) = potenza meccanica richiesta al diesel
- V_n (V) = tensione nominale (400 V)
- I_{sp} = corrente di spunto totale del carico allacciato
- ΔV = caduta di tensione ammessa ai capi del carico
- $\eta(alt)$ = rendimento dell'alternatore
- $\cos\phi(avv)$ = fattore di potenza in fase di avviamento

In base al valore calcolato deve essere individuato il motore diesel più idoneo, facendo riferimento alle caratteristiche di potenza riportate nei cataloghi dei vari costruttori.

Normalmente si ha una potenza ammissibile di spunto che risulta circa il 20% inferiore della potenza nominale, in funzione di una caduta di tensione ai capi dell'alternatore stesso di circa il 20% del valore nominale.

4.4.2 Dimensionamento del serbatoio carburante

Il serbatoio ausiliario di carburante, da installare a servizio di ciascun gruppo elettrogeno, può essere dimensionato in base alla seguente relazione:

$$Q = C \times \frac{A}{1000}$$

dove:

- Q = capacità del serbatoio esterno (m³)
- C = consumo di combustibile del gruppo in funzione (litri/ora)
- A = autonomie richiesta pari a:
 - 24 ore (per le cabine di galleria)
 - 12 ore (per le cabine di svincolo)

5 CABINA ELETTRICA PIOVENE

5.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Piovene è ubicata al progressivo di tratta Km 0+280, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

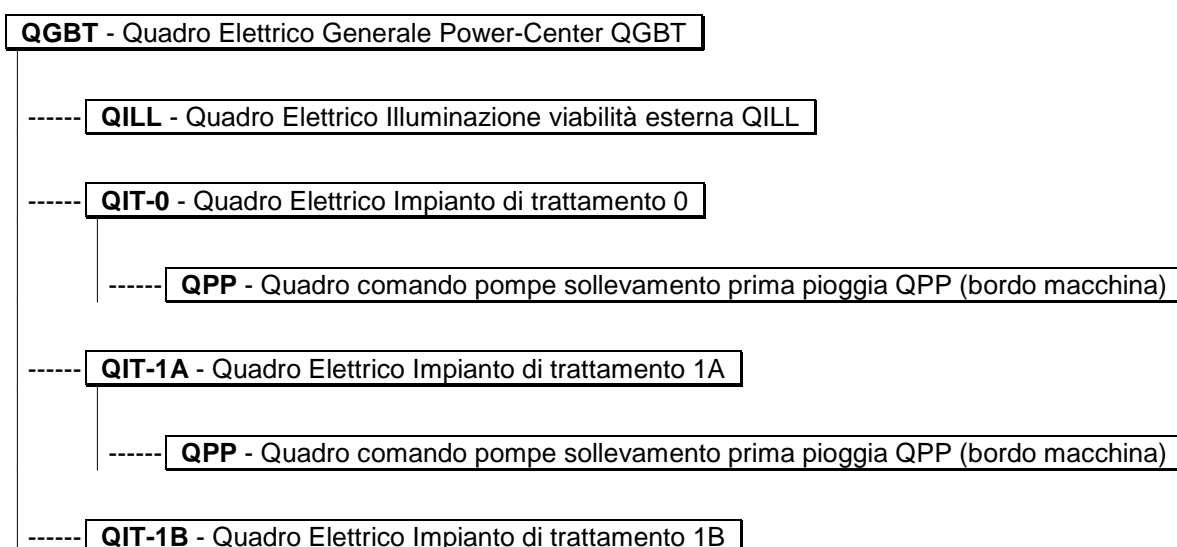
Rappresenta uno dei punti di fornitura elettrica MT a 20 kV e di conseguenza prevede un locale dedicato per il gestore di rete, oltre che un locale di misura. L'accessibilità viene garantita sia da strada pubblica che dall'autostrada.

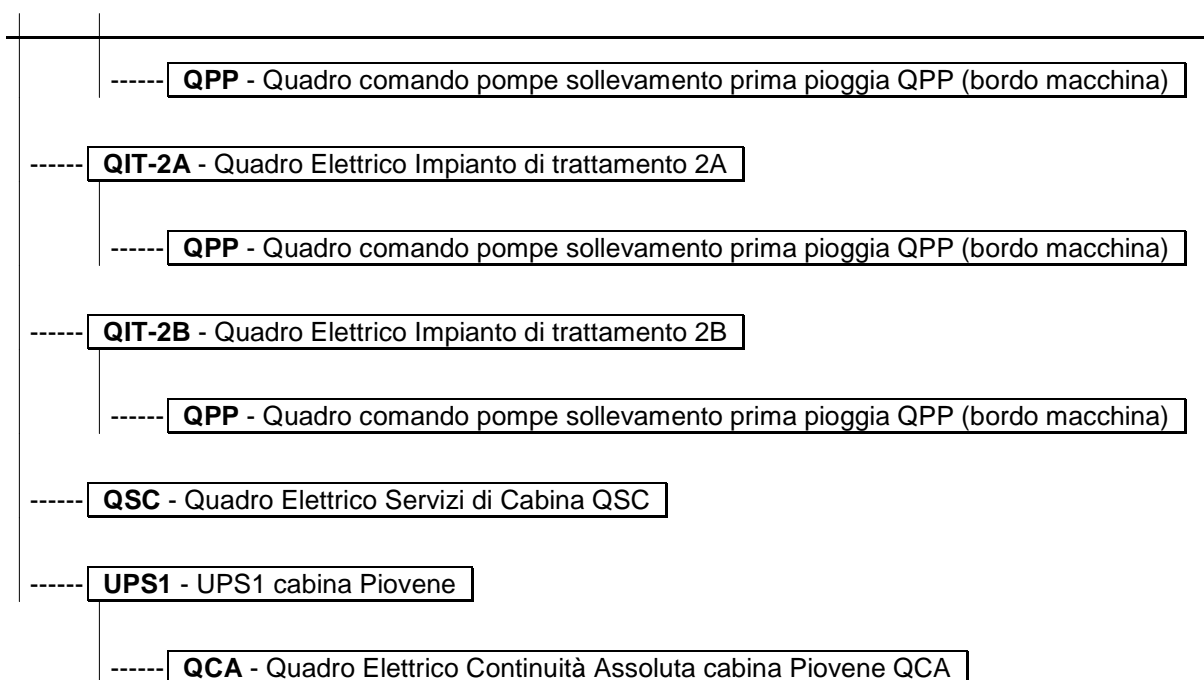
Gli ambiti di pertinenza della cabina, oltre che punto di origine dell'anello a 20 kV SUD, sono i seguenti:

- impianto di trattamento acque n. 0
- impianto di trattamento acque n. 1A
- impianto di trattamento acque n. 1B
- impianto di trattamento acque n. 2A
- impianto di trattamento acque n. 2B
- illuminazione esterna svincolo di Piovene
- segnaletica, sistemi di chiamata SOS e sistemi TVCC di tratta
- impianti ausiliari di cabina

5.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

5.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

5.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione svincolo Piovene QILL_VIA	9
Quadro impianto di trattamento 0	6,2
Quadro impianto di trattamento 1A	6,2
Quadro impianto di trattamento 1B	6,2
Quadro impianto di trattamento 2A	6,6
Quadro impianto di trattamento 2B	6,6
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	51
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	1
TOTALE GENERALE	51

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 1 tenuto conto della possibile contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di trattamento a piena potenza

5.3.1 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Rack nodo di rete	1
Rack impianto radio	1
Segnaletica, SOS e TVCC di tratta	4
TOTALE PARZIALE	6
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	6

5.3.1 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza generale dell'impianto è considerato pari a 0.87 tenuto conto del fattore di potenza basso (0,85) relativo agli impianti di trattamento.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 51 + 6 = 57 \text{ kW}$**
- $I_b = 95 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 57/0,9 = 64 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 64 \times 4/3 = 85 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **160 kVA** ($I_n = 231 \text{ A}$).

5.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 160 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{\text{vuoto}} = 3,6 \text{ kVAR}$
- $Q_{\text{carico}} = 12,9 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

$$- Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{r\text{carico}} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$$

Applicando i valori numeri si ottiene:

$$- Q_r = 3,6 + (12,9 - 3,6) \times (95/231)^2 = 5,1 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **5 kVAR** (a 415V).

5.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Stante l'esigua potenza installata ed il valore di fattore di potenza calcolato di circa 0,87 non si ritiene necessario prevedere un sistema di rifasamento centralizzato.

5.6 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ (UPS)

Il gruppo statico di continuità alimenta le utenze in "continuità assoluta" afferenti al quadro QCA di cabina, per una potenza nominale complessiva pari a 6 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,85 (utenze fm informatiche) la corrente nominale complessiva è pari a circa 10 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp}.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 10 = 6,9 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 6,9 + 20\% + 20\% = 9,9 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **10 kVA** (8 kW – cosφ=0,8), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

5.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT e del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..).

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W e di conseguenza si ottiene:

- Colonne Quadro MT = 8
- Colonne Quadro QGBT = 2
- Totale 10 colonne x 200 = 2000 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

$$- A = 2000 + 25\% = 2500 \text{ W}$$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

$$- I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

$$- C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah alla scarica di 1 ora}$$

5.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 57 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,87 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 95 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di pompe di sollevamento di ridotta potenza e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete (con particolare riferimento al funzionamento degli impianti di trattamento), si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 30% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

$$- I_{sp} = I_n + 30\% = 95 + 30\% = 124 \text{ A}$$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

$$- P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 124 \times 0,6 \times (1 - 0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 52 \text{ kW}$$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

$$- P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 52 + 20\% = 62,4 \text{ kW}$$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 1104A-44TG2 con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 73,4 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 88 kVA (70,4 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 80 kVA (64 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 4 cilindri in linea
- Cilindrata totale 4,4 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 14 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

5.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato è dotato di serbatoio installato sul telaio di base, avente capacità di 160 litri.

Considerando il consumo orario di circa 14 litri si ha un'autonomia pari a:

- Autonomia = $160 / 14 = \mathbf{11,4 \text{ ore}}$

valore da ritenersi accettabile per la tipologia di cabina.

6 CABINA ELETTRICA S.AGATA SUD

6.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica S.Agata Sud è ubicata al progressivo di tratta Km 2+200, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

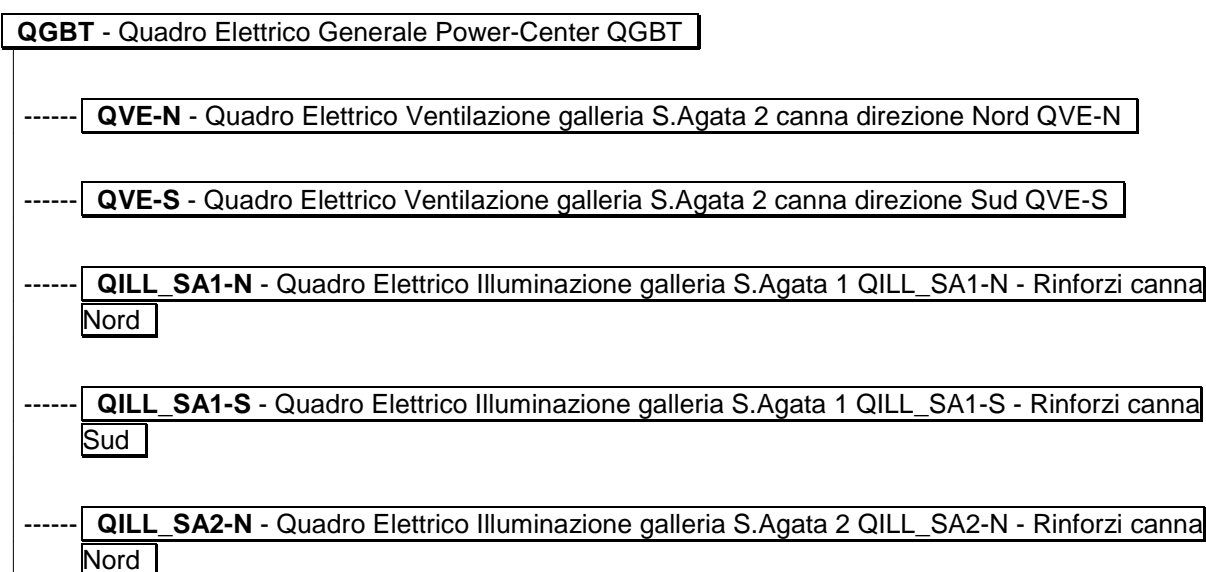
L'accessibilità viene garantita esclusivamente da strada pubblica.

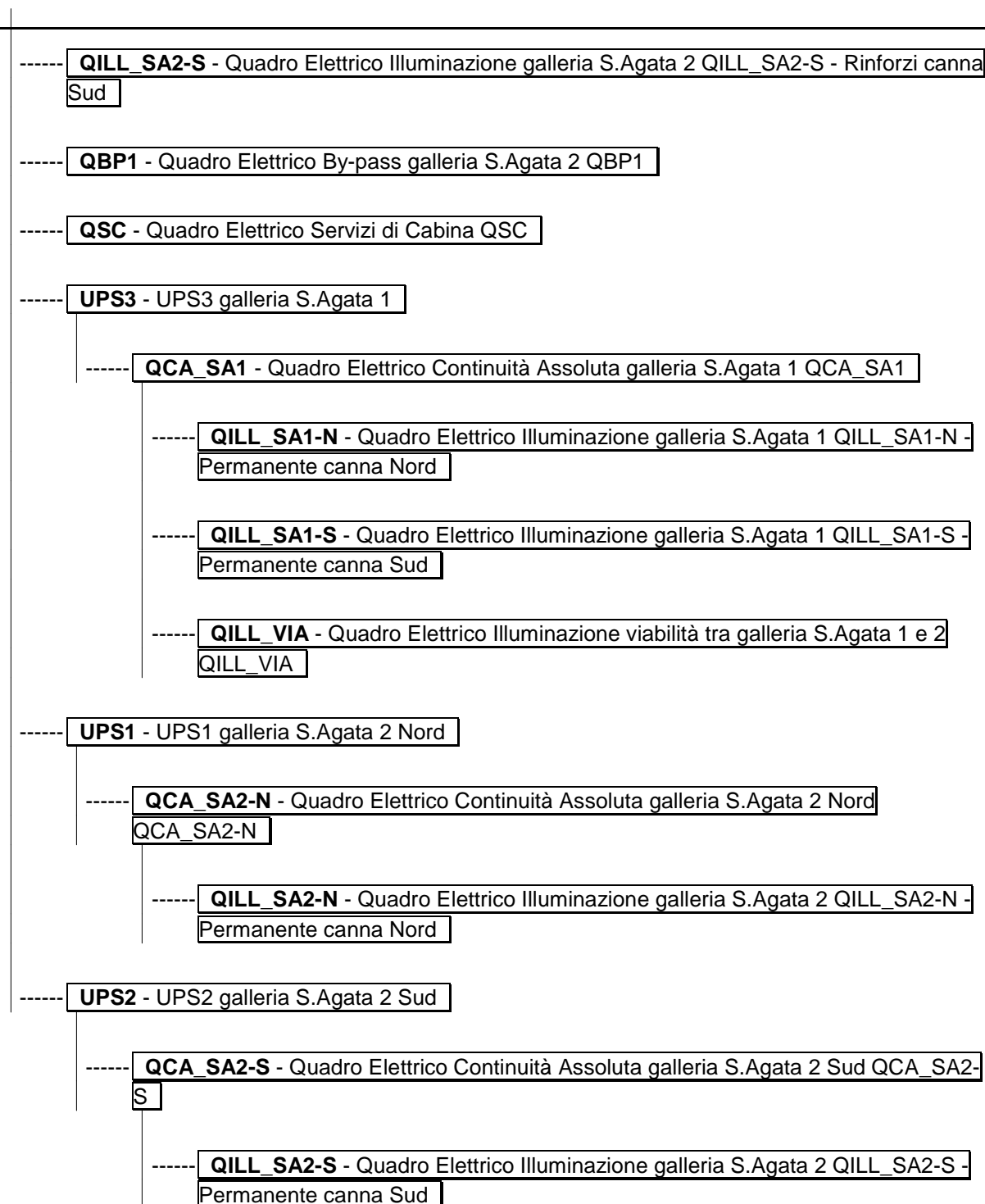
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV SUD, sono i seguenti:

- gli impianti di illuminazione, segnaletica e di sicurezza della galleria artificiale S.Agata 1
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Agata 2 carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Nord fino a circa la metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Agata 2 carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Sud fino a circa la metà della galleria)
- segnaletica, sistemi di chiamata SOS e sistemi TVCC di tratta
- illuminazione viabilità esterna autostradale tra le 2 gallerie
- impianti ausiliari di cabina

6.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

6.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

6.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Agata 1 - Nord	31
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Agata 1 - Sud	31
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Agata 2 - imbocco ingresso Nord	66
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Agata 2 - imbocco uscita Sud	6,8
Quadro ventilazione galleria S.Agata 2 - Nord (n.12 jet-fan da 37 kW)	444
Quadro ventilazione galleria S.Agata 2 - Sud (n.10 jet-fan da 37 kW)	370
Quadro by-pass galleria S.Agata 2	20
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	989
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	692

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

6.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria S.Agata 1 - Nord	1
Quadro illuminazione permanente galleria S.Agata 1 - Sud	1
Quadro illuminazione viabilità esterna	1,2
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Agata 1 - Nord	1
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Agata 1 - Sud	1
Quadro illuminazione permanente galleria S.Agata 2 - Nord	6

Quadro illuminazione permanente galleria S.Agata 2 - Sud	6
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Agata 2 - Nord	5,5
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Agata 2 - Sud	5,5
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria S.Agata 2	3
Segnaletica di tratta	6,5
TOTALE PARZIALE	38
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	38

6.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell’impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall’impianto è quindi pari a:

- **P = 692 + 38= 730 kW**
- Ib = 1172 A

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 730/0,9 = 812 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 812 \times 4/3 = 1083 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1250 kVA** (In = 1806 A).

6.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1250 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- Q_{rvuoto} = 14,7 kVAR
- Q_{rcarico} = 88,8 kVAR

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

- $Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{rcarico} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

- $Q_r = 14,7 + (88,8 - 14,7) \times (1172/1806)^2 = 48 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **50 kVAR** (a 415V).

6.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore kc pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q = P \times kc = 730 \times 0,238 = 174 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$- Qc = Q \times (Vc/V)^2 = 174 \times (450/400)^2 = 220 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **240 kVAR – 450V** (pari a 189 kVAR a 400V).

6.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

6.6.1 UPS 1 - galleria S.Agata 2 Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Agata 2 direzione Nord e segnaletica di tratta, per una potenza nominale complessiva pari a circa 19 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 31 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- Ai = 1,73 \times Vn \times Isp = 1,73 \times 400 \times 31 = 21,5 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = Ai + 20\% + 20\% = 21,5 + 20\% + 20\% = 31 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

6.6.2 UPS 2 - galleria S.Agata 2 Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Agata 2 direzione Sud e centraline impianti speciali di cabina, per una potenza nominale complessiva pari a circa 15 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 24 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- Ai = 1,73 \times Vn \times Isp = 1,73 \times 400 \times 24 = 16,6 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 2 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 16,6 + 20\% + 20\% = 24 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

6.6.3 UPS 3 - galleria S.Agata 1

Il gruppo statico di continuità UPS 3 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Agata 1 e segnaletica di tratta, per una potenza nominale complessiva pari a circa 5 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 8 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp}.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 8 = 5,5 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 3 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 5,5 + 20\% + 20\% = 7,9 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **10 kVA** (8 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

6.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottenere:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 9 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 2200 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

$$- A = 2200 + 25\% = 2750 \text{ W}$$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

$$- I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

$$- C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah alla scarica di 1 ora}$$

6.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 730 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1172 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

$$- I_{sp} = I_n + 20\% = 1172 + 20\% = 1406 \text{ A}$$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

$$- P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1406 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 584 \text{ kW}$$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

$$- P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 584 + 20\% = 698 \text{ kW}$$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4008TAG2A con alternatore Marelli):

$$- \text{Potenza meccanica} = 899 \text{ kW}$$

- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1138 kVA (910 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1035 kVA (828 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 8 cilindri in linea
- Cilindrata totale 30,56 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 160 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

6.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

- $Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 160 \times (24/1000) = 3,84 \text{ m}^3$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **5 m³**.

7 CABINA ELETTRICA S.AGATA NORD

7.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica S.Agata Nord è ubicata al progressivo di tratta Km 3+570, sulla carreggiata direzione Sud, come da planimetrie di progetto.

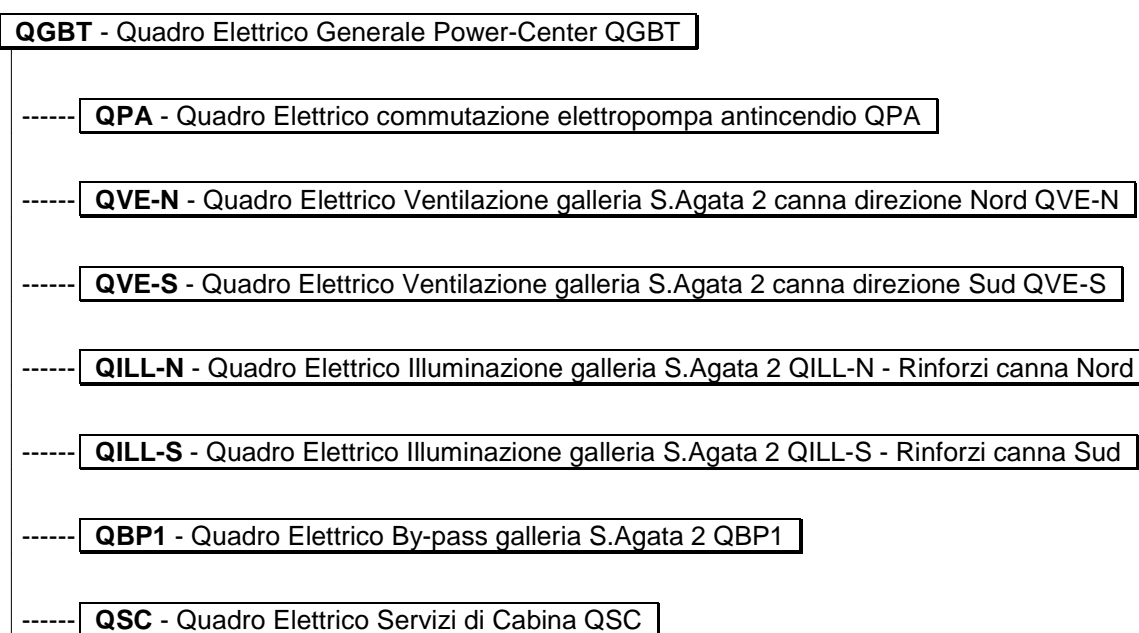
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

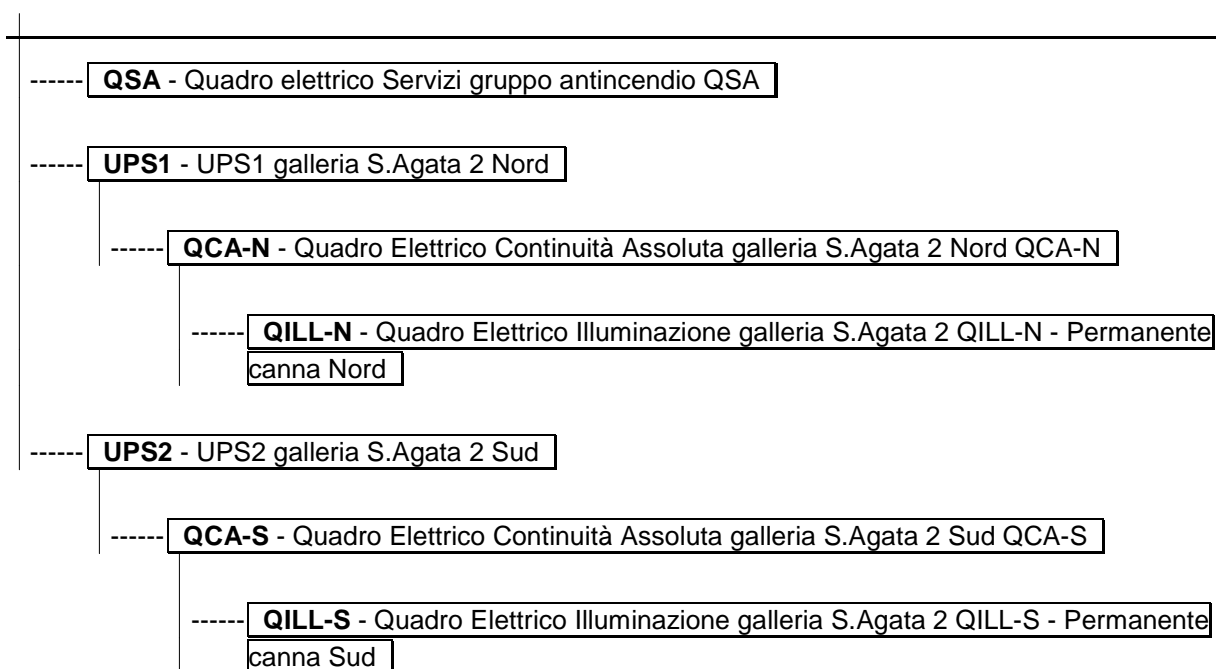
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV SUD, sono i seguenti:

- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Agata 2 carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Nord fino a circa la metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Agata 2 carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Sud fino a circa la metà della galleria)
- segnaletica, sistemi di chiamata SOS e sistemi TVCC di tratta
- impianti ausiliari di cabina
- il gruppo di pressurizzazione per sistema idrico-antincendio della galleria naturale S.Agata 2

7.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

7.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

7.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Elettropompa impianto idrico antincendio	30
Quadro servizi gruppo pompe antincendio	10
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Agata 2 - imbocco uscita Nord	6,8
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Agata 2 - imbocco ingresso Sud	66
Quadro ventilazione galleria S.Agata 2 - Nord (n.10 jet-fan da 37 kW)	370
Quadro ventilazione galleria S.Agata 2 - Sud (n.12 jet-fan da 37 kW)	444
Quadro by-pass galleria S.Agata 2	20
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	967
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	676

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

7.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria S.Agata 2 - Nord	6
Quadro illuminazione permanente galleria S.Agata 2 - Sud	6
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Agata 2 - Nord	5,5
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Agata 2 - Sud	5,5
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria S.Agata 2	3
Segnaletica di tratta	3,5
TOTALE PARZIALE	31
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	31

7.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 676 + 31 = 707 \text{ kW}$**

- $I_b = 1135 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P / \cos\phi = 707 / 0,9 = 786 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 786 \times 4/3 = 1048 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1250 kVA** ($I_n = 1806 \text{ A}$).

7.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1250 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 14,7$ kVAR
- $Q_{rcarico} = 88,8$ kVAR

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

$$Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{rcarico} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$$

Applicando i valori numeri si ottiene:

$$Q_r = 14,7 + (88,8 - 14,7) \times (1135/1806)^2 = 43,6 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **50 kVAR** (a 415V).

7.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$Q = P \times k_c = 707 \times 0,238 = 168 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 168 \times (450/400)^2 = 213 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **240 kVAR – 450V** (pari a 189 kVAR a 400V).

7.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

7.6.1 UPS 1 - galleria S.Agata 2 Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Agata 2 direzione Nord e segnaletica di tratta, per una potenza nominale complessiva pari a circa 15 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 24 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 24 = 16,6 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 16,6 + 20\% + 20\% = 24 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

7.6.2 UPS 2 - galleria S.Agata 2 Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Agata 2 direzione Sud e centraline impianti speciali di cabina, per una potenza nominale complessiva pari a circa 15 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 24 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 24 = 16,6 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 2 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 16,6 + 20\% + 20\% = 24 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

7.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 9 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 2200 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

– $A = 2200 + 25\% = 2750 \text{ W}$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

– $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

– $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

7.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 707 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1135 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

– $I_{sp} = I_n + 20\% = 1135 + 20\% = 1362 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

– $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1362 \times 0,6 \times (1 - 0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 566 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

– $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 566 + 20\% = 679 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4008TAG2A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 899 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1138 kVA (910 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1035 kVA (828 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 8 cilindri in linea
- Cilindrata totale 30,56 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 160 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

7.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

- $Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 160 \times (24/1000) = 3,84 \text{ m}^3$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **5 m³**.

8 CABINA ELETTRICA COGOLLO DEL CENGIO

8.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Cogollo del Cengio è ubicata al progressivo di tratta Km 4+540, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

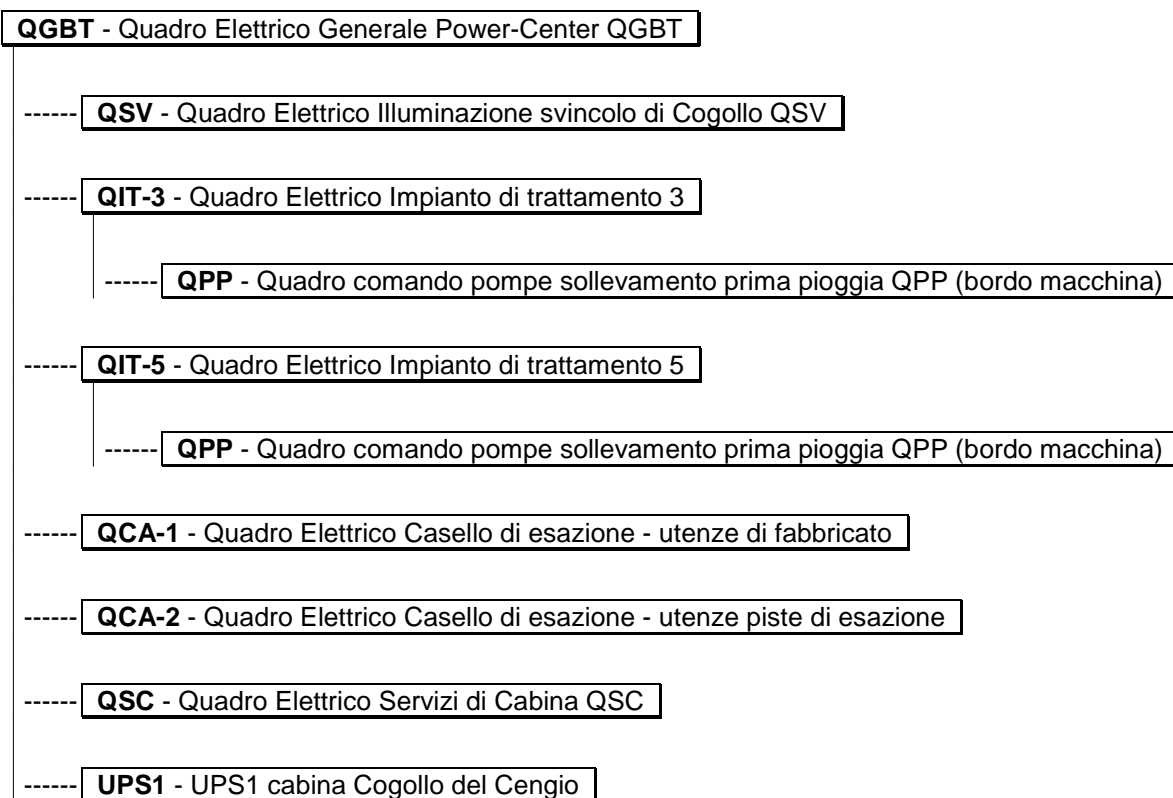
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV NORD, sono i seguenti:

- impianto di trattamento acque n. 3
- impianto di trattamento acque n. 5
- illuminazione svincolo e viabilità esterna autostradale
- segnaletica, sistemi di chiamata SOS e sistemi TVCC di tratta
- casello di Cogollo del Cengio (edifici di casello e piste di esazione)
- impianti ausiliari di cabina

8.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:



----- **QCA - Quadro Elettrico Continuità Assoluta cabina Cogollo del Cengio QCA**

In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

8.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

8.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione svincolo QSV	29
Quadro impianto di trattamento 3	11
Quadro impianto di trattamento 5	4,5
Quadro casello - utenze di fabbricato	140
Quadro casello - utenze piste di esazione	30
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	224,5
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,8
TOTALE GENERALE	180

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,8 tenuto conto della contemporaneità di utilizzo degli impianti di casello

8.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Rack nodo di rete	1

Segnaletica, SOS e TVCC di tratta	4
<i>TOTALE PARZIALE</i>	5
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	5

8.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 180 + 5 = 185 \text{ kW}$**
- $I_b = 298 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 185/0,9 = 206 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 206 \times 4/3 = 275 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **400 kVA** ($I_n = 578 \text{ A}$).

8.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 400 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 5,9 \text{ kVAR}$
- $Q_{r\text{carico}} = 29,3 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

- $Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{r\text{carico}} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

- $Q_r = 5,9 + (29,3 - 5,9) \times (298/578)^2 = 12 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **10 kVAR** (a 415V).

8.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,85.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,291 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

- $Q = P \times k_c = 192 \times 0,291 = 56 \text{ kVAR}$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 56 \times (450/400)^2 = 70,1 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **70 kVAR – 450V** (pari a 55 kVAR a 400V).

8.6 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ (UPS)

Il gruppo statico di continuità alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina, per una potenza nominale complessiva pari a 5 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,85 (utenze fm informatiche) la corrente nominale complessiva è pari a circa 8,5 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp}.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 8,5 = 5,9 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 5,9 + 20\% + 20\% = 8,5 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **10 kVA** (8 kW – cosφ=0,8), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

8.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT e del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..).

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 3
- Totale 8 colonne x 200 = 1600 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

$$- A = 1600 + 25\% = 2000 \text{ W}$$

Per uniformità con le altre cabine di tratta la scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

- $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

- $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

8.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 185 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 298 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di pompe di sollevamento di ridotta potenza e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete (con particolare riferimento al funzionamento degli impianti di trattamento), si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 30% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

- $I_{sp} = I_n + 30\% = 298 + 30\% = 388 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

- $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 388 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 161 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

- $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 161 + 20\% = 193 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 1506A-E88TAG3 con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 236 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 275 kVA (220 kW)

- Potenza elettrica (servizio continuo) = 250 kVA (200 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 6 cilindri in linea
- Cilindrata totale 8,8 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 41,6 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

8.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato è dotato di serbatoio installato sul telaio di base, avente capacità di 360 litri.

Considerando il consumo orario di circa 41,6 litri si ha un'autonomia pari a:

- Autonomia = $360 / 41,6 = 8,6$ ore

valore non accettabile per la tipologia di cabina.

Si prevede l'installazione di un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 12 ore (trattandosi di cabina di svincolo), la capacità minima del serbatoio deve essere:

- $Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 41,6 \times (12/1000) = 0,5 \text{ m}^3$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **1 m³**.

9 CABINA ELETTRICA COGOLLO SUD

9.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Cogollo Sud è ubicata al progressivo di tratta Km 4+785, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

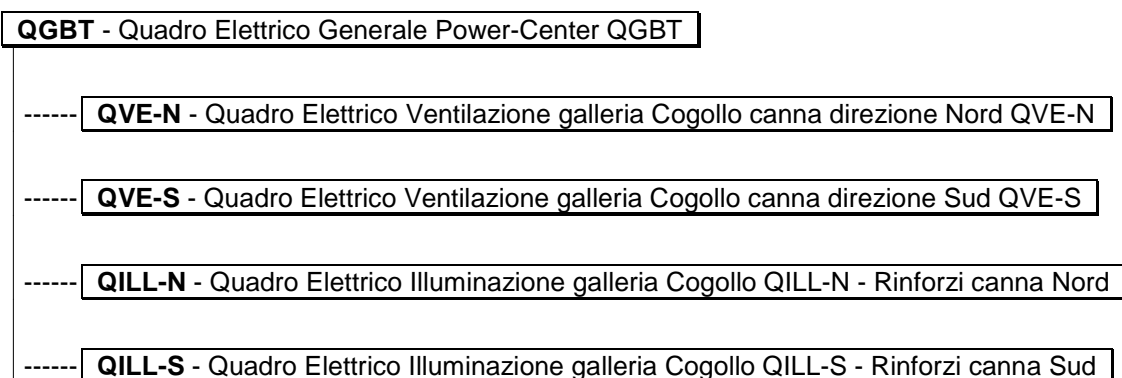
Rappresenta uno dei punti di fornitura elettrica MT a 20 kV e di conseguenza prevede un locale dedicato per il gestore di rete, oltre che un locale di misura. L'accessibilità viene garantita sia da strada pubblica che dall'autostrada.

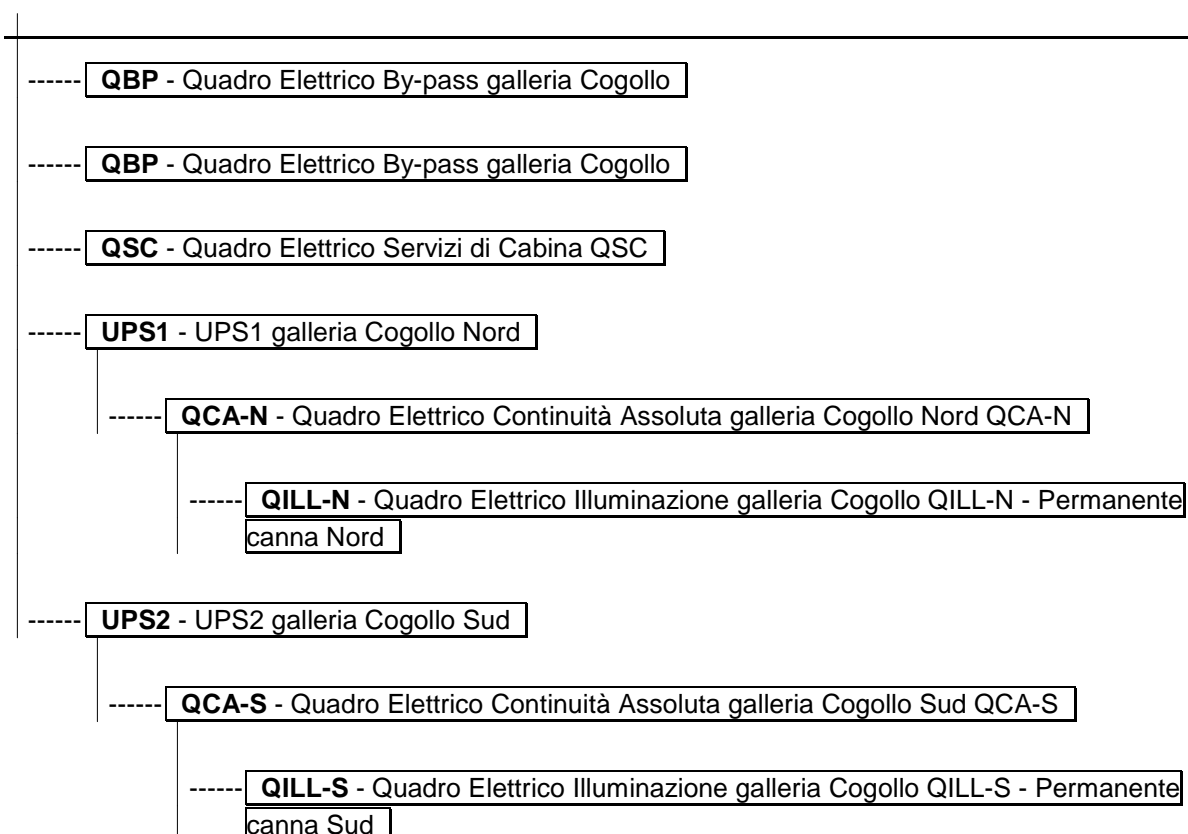
Gli ambiti di pertinenza della cabina, oltre che punto di origine dell'anello a 20 kV NORD e dell'anello a 20 kV interno alla galleria Cogollo, sono i seguenti:

- gli impianti di illuminazione del 50% della galleria naturale Cogollo carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Nord fino a circa metà della galleria)
- gli impianti di illuminazione del 50% della galleria naturale Cogollo carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Sud fino a circa metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, segnaletica e di sicurezza del 25% circa della galleria naturale Cogollo carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Nord fino a circa 1/4 della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, segnaletica e di sicurezza del 25% della galleria naturale Cogollo carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Sud fino a circa 1/4 della galleria)
- impianti ausiliari di cabina

9.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

9.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

9.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione rinforzi galleria Cogollo - imbocco ingresso Nord	66
Quadro illuminazione rinforzi galleria Cogollo - imbocco uscita Sud	6,8
Quadro ventilazione galleria Cogollo - Nord (n.14 jet-fan da 37 kW)	518
Quadro ventilazione galleria Cogollo - Sud (n.14 jet-fan da 37 kW)	518
Quadri by-pass galleria Cogollo (n.4)	80
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	1209
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	846

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

9.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria Cogollo - Nord	27
Quadro illuminazione permanente galleria Cogollo - Sud	27
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Cogollo - Nord	12
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Cogollo - Sud	12
Alimentazione quadri comando monitori galleria Cogollo - Nord	6
Alimentazione quadri comando monitori galleria Cogollo - Sud	6
Rack nodo di rete	1
Rack impianto radio	1
Rack centraline impianti speciali galleria Cogollo	3
TOTALE PARZIALE	95
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	95

9.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell’impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall’impianto è quindi pari a:

- **P = 846 + 95= 941 kW**
- Ib = 1511 A

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

– $A = P/\cos\phi = 941/0,9 = 1046 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

– $A_T = A \times 4/3 = 1046 \times 4/3 = 1395 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1600 kVA** ($I_n = 2312 \text{ A}$).

9.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1600 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

– $Q_{rvuoto} = 18,9 \text{ kVAR}$

– $Q_{rcarico} = 113,8 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

– $Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{rcarico} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

– $Q_r = 18,9 + (113,8 - 18,9) \times (1511/2312)^2 = 59 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **60 kVAR** (a 415V).

9.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

– $Q = P \times k_c = 941 \times 0,238 = 224 \text{ kVAR}$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

– $Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 224 \times (450/400)^2 = 284 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **300 kVAR – 450V** (pari a 237 kVAR a 400V).

9.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

9.6.1 UPS 1 - galleria Cogollo Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Cogollo direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 48 kW. Tenuto conto di un fattore di

potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 77 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 77 = 53,3 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 53,3 + 20\% + 20\% = 76,7 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **80 kVA** (64 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

9.6.2 UPS 2 - galleria Cogollo Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA2di cabina a servizio della galleria Cogollo direzione Sud, per una potenza nominale complessiva pari a 48 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 78 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 77 = 53,3 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 53,3 + 20\% + 20\% = 76,7 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **80 kVA** (64 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

9.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadri MT = 11
- Colonne Quadro QGBT = 4

- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 11 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 3400 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

- $A = 3400 + 25\% = 4250 \text{ W}$

Tale potenza viene suddivisa su **due distinte macchine** di potenza nominale **3300 W** ciascuna con tensione di **110Vcc**.

Un soccorritore sarà dedicato ai quadri QMT mentre l'altro servirà i restanti quadri.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

- $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

- $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

9.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 941 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1511 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

- $I_{sp} = I_n + 20\% = 1511 + 20\% = 1813 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

- $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1813 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 753 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

- $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 753 + 20\% = 904 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4012-46TWG3A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 1200 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1500 kVA (1200 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1364 kVA (1091 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 12 cilindri
- Cilindrata totale 45,84 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 212 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

9.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

- $Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 212 \times (24/1000) = 5,09 \text{ m}^3$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **15 m³** in quanto si deve considerare anche il gruppo elettrogeno a servizio delle cabine interne di galleria, come successivamente descritto.

10 CABINA ELETTRICA COGOLLO NORD

10.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Cogollo Nord è ubicata al progressivo di tratta Km 11+230, sulla carreggiata direzione Sud, come da planimetrie di progetto.

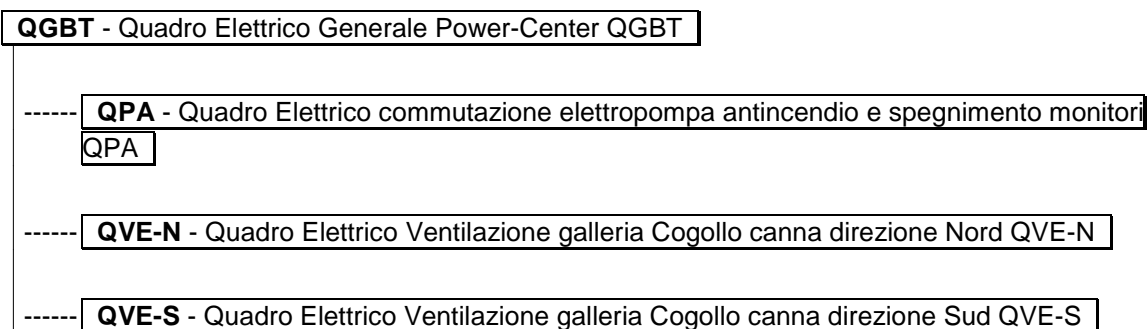
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

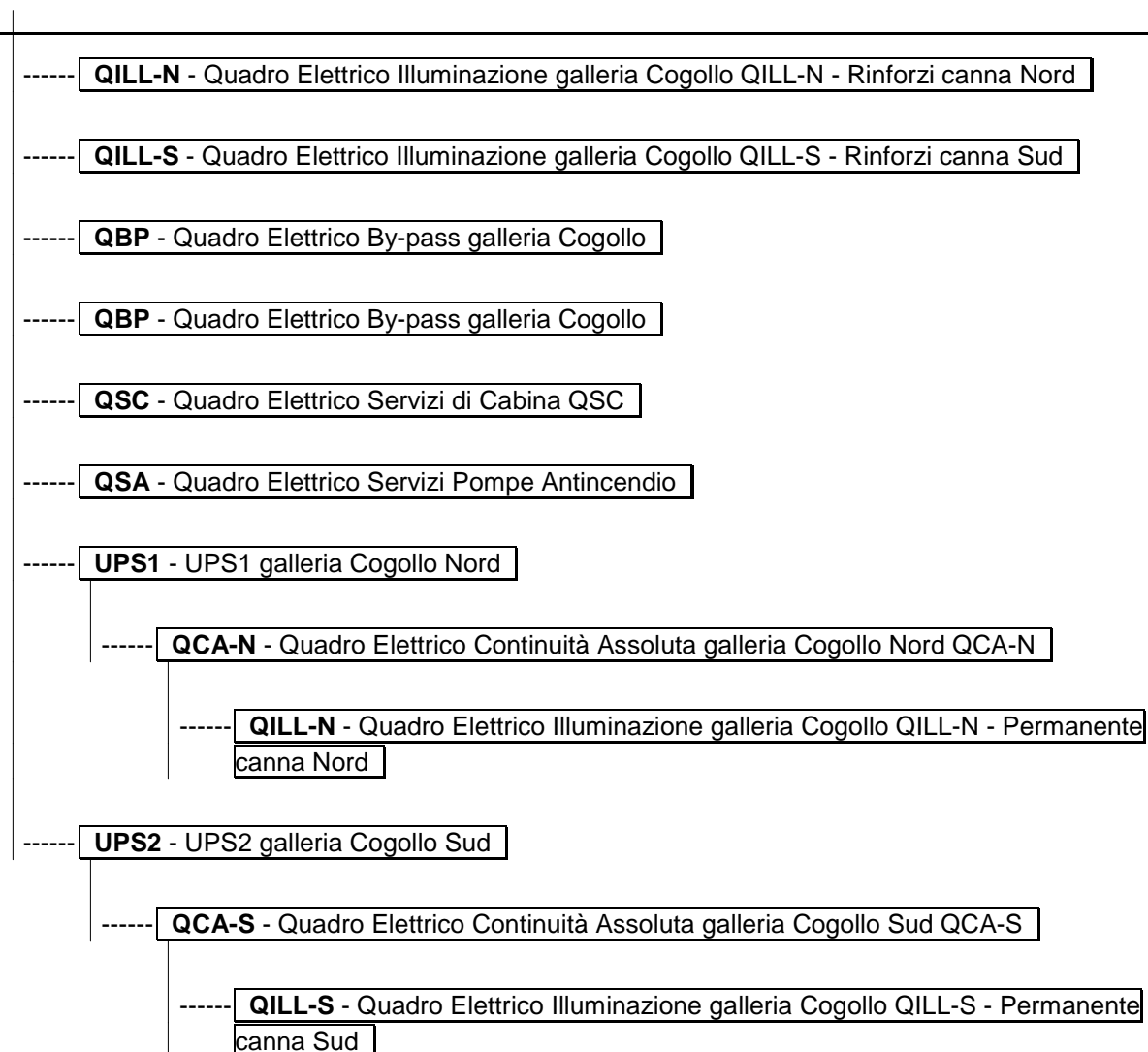
Gli ambiti di pertinenza della cabina, oltre che punto di origine dell'anello a 20 kV interno alla galleria Cogollo, sono i seguenti:

- gli impianti di illuminazione del 50% della galleria naturale Cogollo carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Nord fino a circa metà della galleria)
- gli impianti di illuminazione del 50% della galleria naturale Cogollo carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Sud fino a circa metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, segnaletica e di sicurezza del 25% circa della galleria naturale Cogollo carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Nord fino a circa 1/4 della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, segnaletica e di sicurezza del 25% della galleria naturale Cogollo carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Sud fino a circa 1/4 della galleria)
- impianti ausiliari di cabina
- il gruppo di pressurizzazione per sistema idrico-antincendio e sistema automatico di spegnimento incendi della galleria naturale Cogollo tramite monitori telecomandati (stazione di pompaggio)
- sistema di comando e controllo per monitori telecomandati

10.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il

sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

10.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l'elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

10.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Elettropompa impianto idrico antincendio e spegnimento monitori	110
Quadro servizi gruppo pompe antincendio	10
Quadro illuminazione rinforzi galleria Cogollo - imbocco uscita Nord	6,8
Quadro illuminazione rinforzi galleria Cogollo - imbocco ingresso Sud	66
Quadro ventilazione galleria Cogollo - Nord (n.14 jet-fan da 37 kW)	518
Quadro ventilazione galleria Cogollo - Sud (n.14 jet-fan da 37 kW)	518
Quadri by-pass galleria Cogollo (n.4)	80
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	1329
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	930

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

10.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria Cogollo - Nord	27
Quadro illuminazione permanente galleria Cogollo - Sud	27
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Cogollo - Nord	12
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Cogollo - Sud	12
Alimentazione quadri comando monitori galleria Cogollo - Nord	6
Alimentazione quadri comando monitori galleria Cogollo - Sud	6
Rack comando impianto monitori	3
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria Cogollo	3
TOTALE PARZIALE	97
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	97

10.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 930 + 97 = 1027 \text{ kW}$**
- $I_b = 1650 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 1027/0,9 = 1141 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 1141 \times 4/3 = 1521 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1600 kVA** ($I_n = 2312 \text{ A}$).

10.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1600 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{\text{vuoto}} = 18,9 \text{ kVAR}$
- $Q_{\text{carico}} = 113,8 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

- $Q_r = Q_{\text{vuoto}} + (Q_{\text{carico}} - Q_{\text{vuoto}}) \times (I_b/I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

- $Q_r = 18,9 + (113,8 - 18,9) \times (1650/2312)^2 = 67 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **60 kVAR** (a 415V).

10.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

- $Q = P \times k_c = 1027 \times 0,238 = 244 \text{ kVAR}$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

- $Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 244 \times (450/400)^2 = 309 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **320 kVAR – 450V** (pari a 252 kVAR a 400V).

10.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

10.6.1 UPS 1 - galleria Cogollo Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Cogollo direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 48 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 77 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 77 = 53,3 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 53,3 + 20\% + 20\% = 76,7 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **80 kVA** (64 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

10.6.2 UPS 2 - galleria Cogollo Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA2 di cabina a servizio della galleria Cogollo direzione Sud, per una potenza nominale complessiva pari a 48 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 77 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 77 = 53,3 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 53,3 + 20\% + 20\% = 76,7 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **80 kVA** (64 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

10.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadri MT = 11
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 15 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 3400 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

- $A = 3400 + 25\% = 4250 \text{ W}$

Tale potenza viene suddivisa su due distinte macchine di potenza nominale **3300 W** **cadauna** con tensione di **110Vcc**.

Un soccorritore sarà dedicato ai quadri QMT mentre l'altro servirà i restanti quadri.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

- $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

- $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

10.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 1027 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1650 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

- $I_{sp} = I_n + 20\% = 1650 + 20\% = 1980 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

$$- P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1980 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 822 \text{ kW}$$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

$$- P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 822 + 20\% = 987 \text{ kW}$$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4012-46TWG3A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 1200 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1500 kVA (1200 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1364 kVA (1091 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 12 cilindri
- Cilindrata totale 45,84 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 212 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

10.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

$$- Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 212 \times (24/1000) = 5,09 \text{ m}^3$$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **15 m³** in quanto si deve considerare anche il gruppo elettrogeno a servizio delle cabine interne di galleria, come successivamente descritto.

11 CABINE ELETTRICHE COGOLLO 1 E 2

11.1 AMBITI DI PERTINENZA

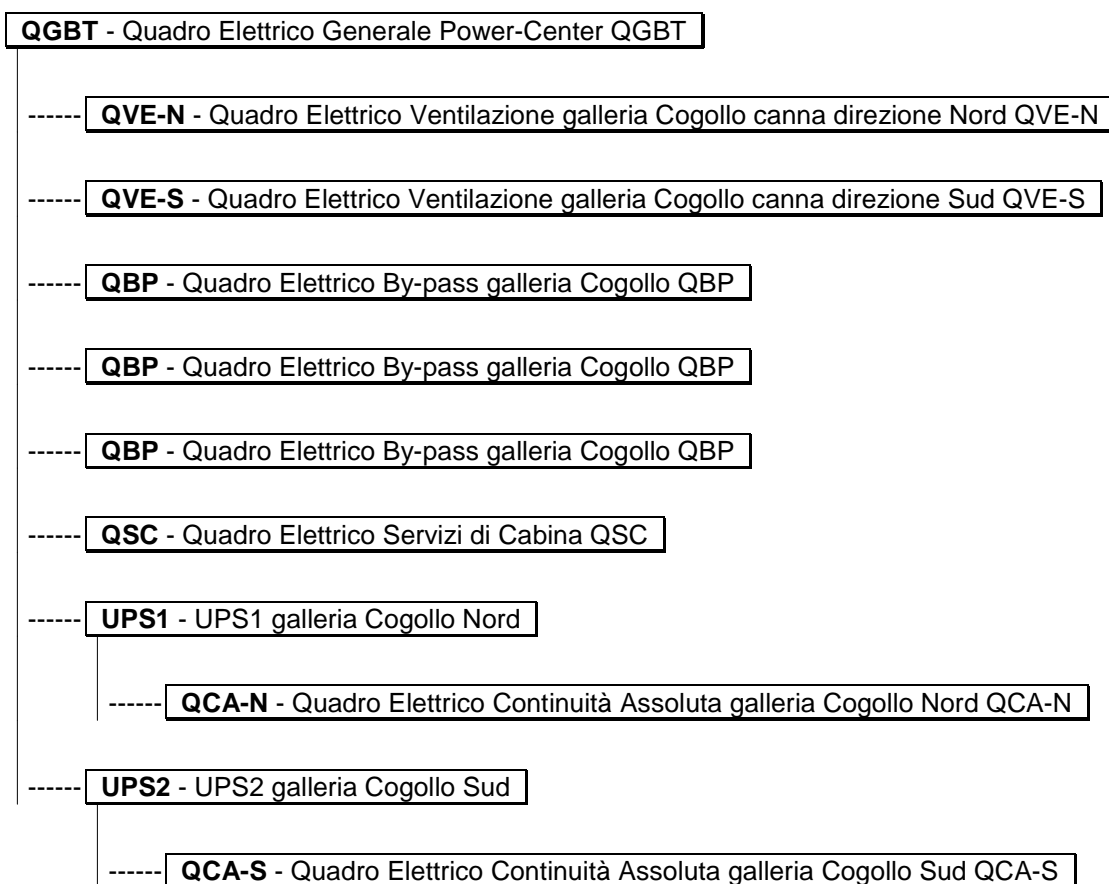
Le cabine elettriche Cogollo 1 e 2 sono ubicate all'interno della galleria Cogollo, analogamente ai by-pass, con accessibilità da entrambe le carreggiate di galleria.

Gli ambiti di pertinenza di ciascuna cabina sono i seguenti:

- gli impianti di ventilazione longitudinale, segnaletica e di sicurezza del 25% circa della galleria naturale Cogollo carreggiata Nord
- gli impianti di ventilazione longitudinale, segnaletica e di sicurezza del 25% circa della galleria naturale Cogollo carreggiata Sud
- impianti ausiliari di cabina

11.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente a ciascuna cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:



In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

La linea che afferisce al QGBT viene derivata dall'anello interno di galleria, il quale trae origine dalle due cabine di testa (Cogollo Sud e Cogollo Nord) ed essendo previsti dei gruppi elettrogeni dedicati all'anello, si deve considerare che tutte le utenze BT di ciascuna cabina sono di tipo privilegiato.

Tale soluzione è stata prevista non essendo tecnicamente e normativamente possibile ubicare i gruppi elettrogeni all'interno della galleria in prossimità delle due cabine.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

11.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

11.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro ventilazione galleria Cogollo - Nord (n.10 jet-fan da 37 kW)	370
Quadro ventilazione galleria Cogollo - Sud (n.10 jet-fan da 37 kW)	370
Quadri by-pass galleria Cogollo (n.6)	120
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	870
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	609

() viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria*

11.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Cogollo - Nord	12
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Cogollo - Sud	12
Alimentazione quadri comando monitori galleria Cogollo - Nord	6
Alimentazione quadri comando monitori galleria Cogollo - Sud	6
Rack nodo di rete	1
<i>TOTALE PARZIALE</i>	<i>37</i>
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	37

11.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 609 + 37 = 646 \text{ kW}$**
- $I_b = 1037 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P / \cos\phi = 646 / 0,9 = 718 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 718 \times 4/3 = 958 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1000 kVA** ($I_n = 1445 \text{ A}$).

11.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1000 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 11,9 \text{ kVAR}$
- $Q_{r\text{carico}} = 70,9 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

- $Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{r\text{carico}} - Q_{rvuoto}) \times (I_b / I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

- $Q_r = 11,8 + (70,9 - 11,8) \times (1037 / 1445)^2 = 41,9 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **40 kVAR** (a 415V).

11.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q = P \times k_c = 646 \times 0,238 = 154 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 154 \times (450/400)^2 = 195 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **200 kVAR – 450V** (pari a 158 kVAR a 400V).

11.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

11.6.1 UPS 1 - galleria Cogollo Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Cogollo direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 19 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,85 (utenze fm informatiche), la corrente nominale complessiva è pari a circa 32 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 32 = 22,1 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 22,1 + 20\% + 20\% = 31,8 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

11.6.2 UPS 2 - galleria Cogollo Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Cogollo direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 19 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,85 (utenze fm informatiche), la corrente nominale complessiva è pari a circa 32 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 32 = 22,1 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 22,1 + 20\% + 20\% = 31,8 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

11.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottenere:

- Colonne Quadri MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 2
- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 7 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 1800 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

$$- A = 1800 + 25\% = 2250 \text{ W}$$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

$$- I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

$$- C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah alla scarica di 1 ora}$$

11.8 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI ELETTROGENI E DEI TRASFORMATORI INNALZATORI A SERVIZIO DELL'ANELLO DI GALLERIA

I gruppi elettrogeni a servizio dell'anello di galleria sono ubicati nelle due cabine di testa (Cogollo Sud e Cogollo Nord) ed alimentano, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alle cabine, per una potenza complessiva pari a circa $646 + 646 \text{ kW} = 1292 \text{ kW}$.

In sostanza ciascun gruppo elettrogeno viene dimensionato per alimentare il totale del carico elettrico relativo alle 2 cabine interne, in modo da garantire l'alimentazione degli impianti interni di galleria (con particolare riferimento alla ventilazione longitudinale), anche in caso di avaria di una delle 2 cabine di testa.

I gruppi elettrogeni non alimentano direttamente in Bassa Tensione le utenze dell'anello di galleria, ma alimentano dei trasformatori innalzatori BT/MT, i quali elevano la tensione da 400V a 20 kV per poi distribuirla alle cabine elettriche interne di galleria e successivamente riportarla a 400V tramite i trasformatori TR1 e TR2 di ciascuna cabina.

La potenza apparente della rete dell'anello di galleria, tenuto conto di un fattore di potenza generale dell'impianto di 0,9 è quindi pari a:

- $A = P/\cos\phi = 1292/0,9 = 1436 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori innalzatori è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A = 1436 \text{ kVA}$

La scelta ricade su un trasformatore in resina di potenza nominale **1600 kVA** ($I_n = 2312 \text{ A}$), con tensione primaria di 400V e tensione secondaria 20 kV.

Il dimensionamento dei gruppi elettrogeni deve tenere conto della corrente di inserzione dei trasformatori, la quale può arrivare anche a 10 volte la corrente nominale I_n .

Inoltre, stante la taglia elevata dei trasformatori, deve essere previsto un avviamento a "vuoto" degli stessi in modo da considerare solo la corrente magnetizzante di ciascuna macchina.

Alla luce di tali problematiche, per questo tipo di installazione è consigliabile il collegamento diretto tra l'uscita a 400V dell'alternatore del gruppo elettrogeno ed il primario a 400V del trasformatore, in modo da iniziare a magnetizzare il trasformatore con tensioni basse.

Una volta magnetizzato il trasformatore, il sistema provvede a chiudere la protezione sul secondario e ad alimentare a 20 kV la rete di emergenza.

La taglia del gruppo elettrogeno deve essere almeno superiore del 30% della taglia del trasformatore e quindi la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4016-TAG2A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 1766 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 2200 kVA (1760 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 2000 kVA (1600 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 16 cilindri
- Cilindrata totale 61,12 l

- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 316 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

11.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

$$- Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 316 \times (24/1000) = 7,6 \text{ m}^3$$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **15 m³** in quanto si deve considerare anche il gruppo elettrogeno a servizio delle cabine di testa, come precedentemente descritto.

12 CABINA ELETTRICA PEDESCALA SUD

12.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Pedescala Sud è ubicata al progressivo di tratta Km 11+350, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

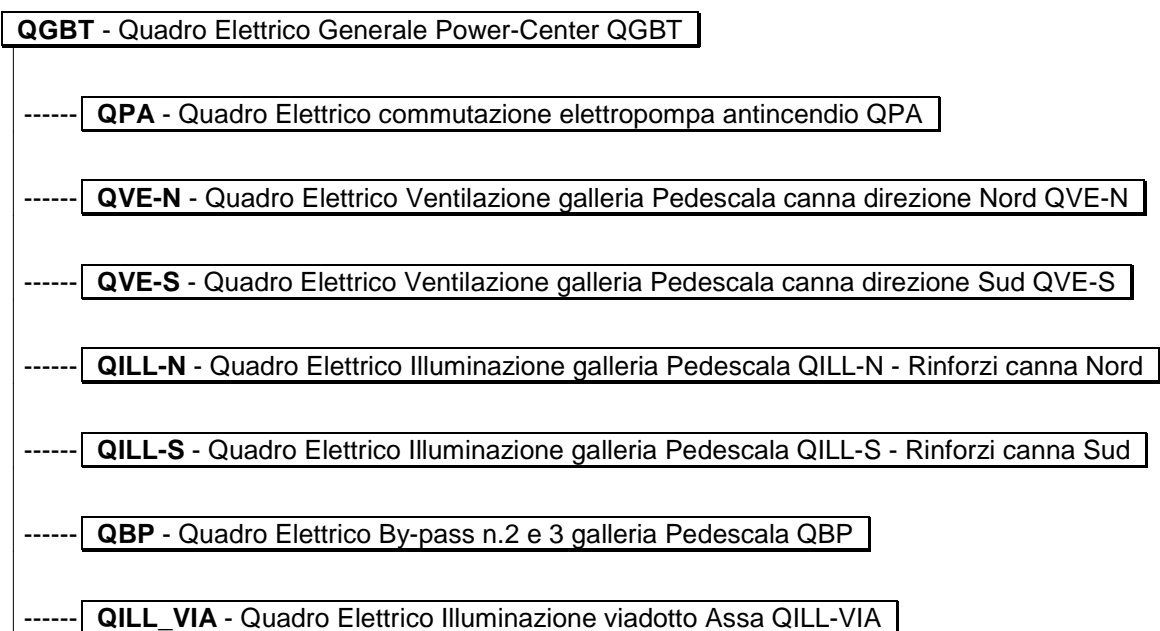
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

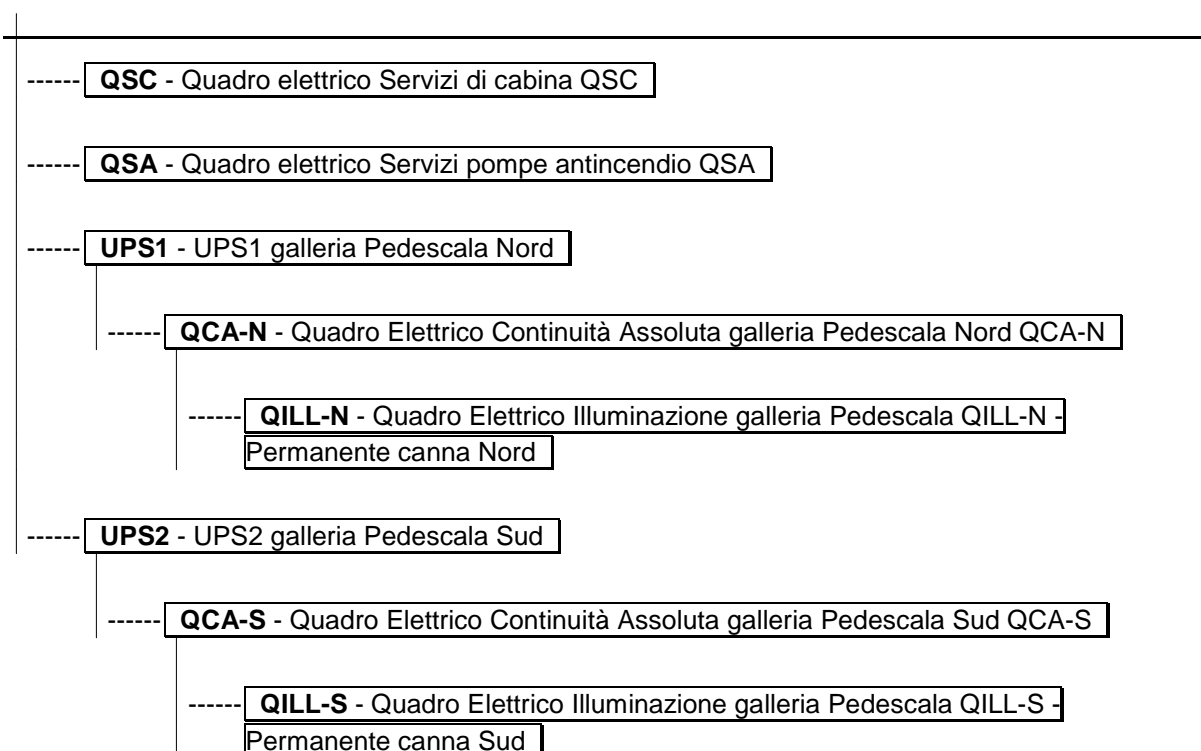
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV NORD, sono i seguenti:

- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale Pedescala carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Nord fino a circa la metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale Pedescala carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Sud fino a circa la metà della galleria)
- l'illuminazione del viadotto Assa
- impianti ausiliari di cabina
- il gruppo di pressurizzazione per sistema idrico-antincendio della galleria naturale Pedescala

12.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

12.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

12.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Elettropompa impianto idrico antincendio	30
Quadro servizi gruppo pompe antincendio	10
Quadro illuminazione viadotto Assa	2
Quadro illuminazione rinforzi galleria Pedescala - imbocco ingresso Nord	66
Quadro illuminazione rinforzi galleria Pedescala - imbocco uscita Sud	6,8
Quadro ventilazione galleria Pedescala - Nord (n.12 jet-fan da 37 kW)	444
Quadro ventilazione galleria Pedescala - Sud (n.12 jet-fan da 37 kW)	444
Quadri by-pass galleria Pedescala (n.2)	40
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
<i>TOTALE PARZIALE</i>	<i>1063</i>
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	744

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

12.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria Pedescala - Nord	7,5
Quadro illuminazione permanente galleria Pedescala - Sud	7,5
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Pedescala - Nord	10
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Pedescala - Sud	10
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria Pedescala	3
<i>TOTALE PARZIALE</i>	<i>39</i>
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	39

12.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 744 + 39 = 783 \text{ kW}$**

- $I_b = 1257 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 783/0,9 = 870 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 870 \times 4/3 = 1160 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1250 kVA** ($I_n = 1806 \text{ A}$).

12.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1250 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 14,7$ kVAR
- $Q_{rcarico} = 88,8$ kVAR

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

$$Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{rcarico} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$$

Applicando i valori numeri si ottiene:

$$Q_r = 14,7 + (88,8 - 14,7) \times (1257/1806)^2 = 50 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **50 kVAR** (a 415V).

12.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$Q = P \times k_c = 783 \times 0,238 = 186 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 186 \times (450/400)^2 = 235 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **240 kVAR – 450V** (pari a 189 kVAR a 400V).

12.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

12.6.1 UPS 1 - galleria Pedescala Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Pedescala direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 21 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 34 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 34 = 23,5 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 23,5 + 20\% + 20\% = 33,8 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

12.6.2 UPS 2 - galleria Pedescala Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Pedescala direzione Sud, per una potenza nominale complessiva pari a 18 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 29 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 29 = 20,1 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 20,1 + 20\% + 20\% = 28,9 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

12.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 9 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 2200 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

– $A = 2200 + 25\% = 2750 \text{ W}$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

– $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

– $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

12.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 783 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1257 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

– $I_{sp} = I_n + 20\% = 1257 + 20\% = 1508 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

– $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1508 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 626 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

– $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 626 + 20\% = 751 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4008TAG2A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 899 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1138 kVA (910 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1035 kVA (828 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 8 cilindri in linea
- Cilindrata totale 30,56 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 160 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

12.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

$$- Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 160 \times (24/1000) = 3,84 \text{ m}^3$$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **5 m³**.

13 CABINA ELETTRICA PEDESCALA NORD

13.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Pedescala Nord è ubicata al progressivo di tratta Km 13+100, sulla carreggiata direzione Sud, come da planimetrie di progetto.

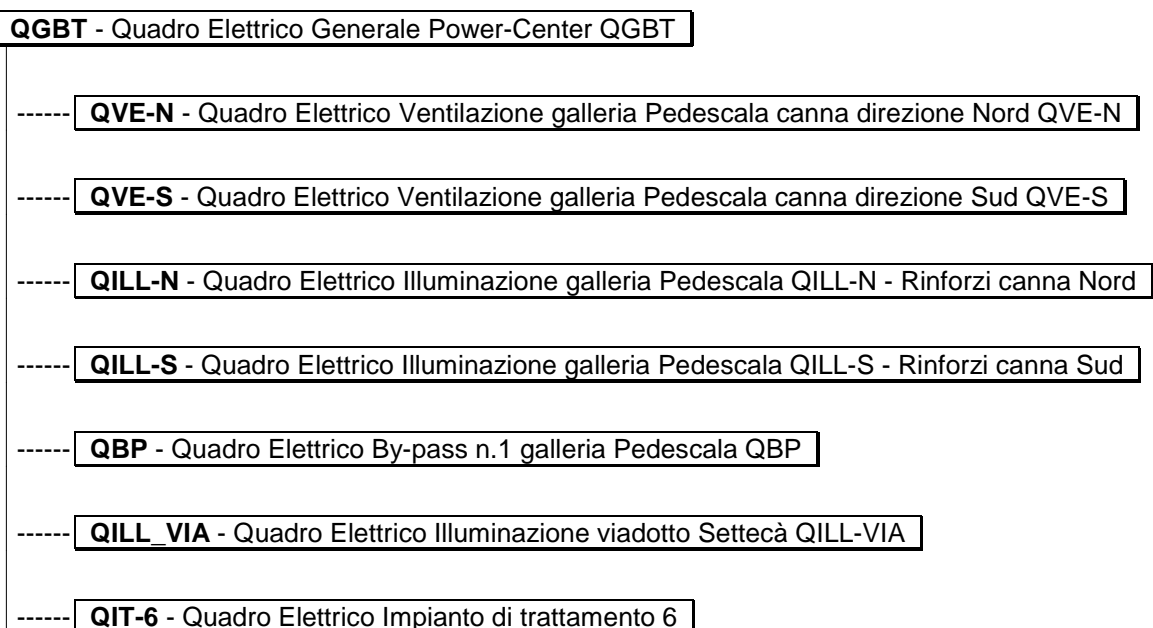
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

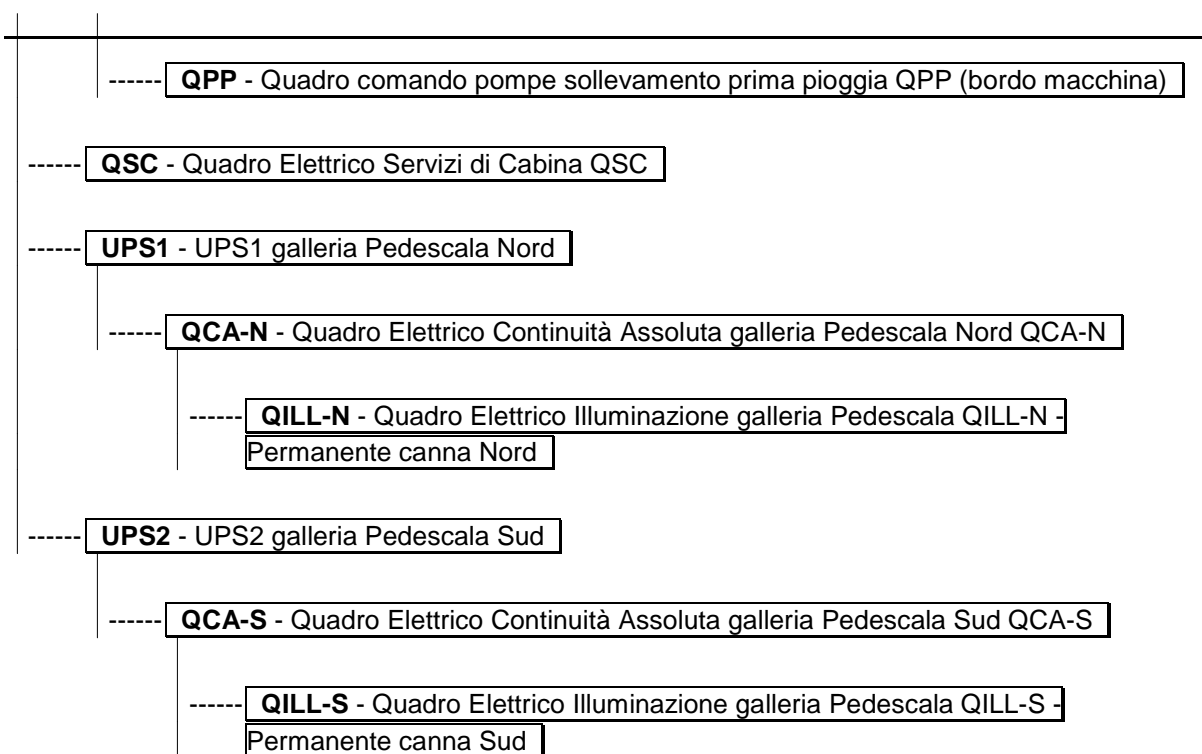
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV SUD, sono i seguenti:

- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale Pedescala carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Nord fino a circa la metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale Pedescala carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Sud fino a circa la metà della galleria)
- impianto di trattamento acque n. 6
- illuminazione viadotto Settecà
- segnaletica, sistemi di chiamata SOS e sistemi TVCC di tratta
- impianti ausiliari di cabina

13.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

13.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

13.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione viadotto Settecà	5
Quadro impianto di trattamento 6	5,1
Quadro illuminazione rinforzi galleria Pedescala - imbocco uscita Nord	6,8
Quadro illuminazione rinforzi galleria Pedescala - imbocco ingresso Sud	66
Quadro ventilazione galleria Pedescala - Nord (n.12 jet-fan da 37 kW)	444
Quadro ventilazione galleria Pedescala - Sud (n.12 jet-fan da 37 kW)	444
Quadro by-pass galleria Pedescala (n.1)	20
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	1011
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	708

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

13.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria Pedescala - Nord	7,5
Quadro illuminazione permanente galleria Pedescala - Sud	7,5
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Pedescala - Nord	10
Segnaletica, SOS e TVCC galleria Pedescala - Sud	10
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria Pedescala	3
Segnaletica, SOS e TVCC di tratta	2
TOTALE PARZIALE	41
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	41

13.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 708 + 41 = 749 \text{ kW}$**
- $I_b = 1203 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 749/0,9 = 832 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 832 \times 4/3 = 1109 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1250 kVA** ($I_n = 1806 \text{ A}$).

13.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1250 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 14,7$ kVAR
- $Q_{rcarico} = 88,8$ kVAR

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

$$Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{rcarico} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$$

Applicando i valori numeri si ottiene:

$$Q_r = 14,7 + (88,8 - 14,7) \times (1203/1806)^2 = 49 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **50 kVAR** (a 415V).

13.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$Q = P \times k_c = 742 \times 0,238 = 176,6 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 176,6 \times (450/400)^2 = 224 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **240 kVAR – 450V** (pari a 189 kVAR a 400V).

13.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

13.6.1 UPS 1 - galleria Pedescala Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Pedescala direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 21 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 34 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 34 = 23,5 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 23,5 + 20\% + 20\% = 33,8 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

13.6.2 UPS 2 - galleria Pedescala Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria Pedescala direzione Sud, per una potenza nominale complessiva pari a 20 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 32 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 32 = 22,1 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 22,1 + 20\% + 20\% = 31,8 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **30 kVA** (24 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

13.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 4
- Totale 9 colonne x 200 + 4 colonne x 100 = 2200 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

– $A = 2200 + 25\% = 2750 \text{ W}$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

– $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

– $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

13.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 749 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1203 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

– $I_{sp} = I_n + 20\% = 1203 + 20\% = 1444 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

– $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1444 \times 0,6 \times (1 - 0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 599 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

– $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 599 + 20\% = 719 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4008TAG2A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 899 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1138 kVA (910 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1035 kVA (828 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 8 cilindri in linea
- Cilindrata totale 30,56 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 160 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

13.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

$$- Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 160 \times (24/1000) = 3,84 \text{ m}^3$$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **5 m³**.

14 CABINA ELETTRICA S. PIETRO SUD

14.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica S.Pietro Sud è ubicata al progressivo di tratta Km 13+690, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

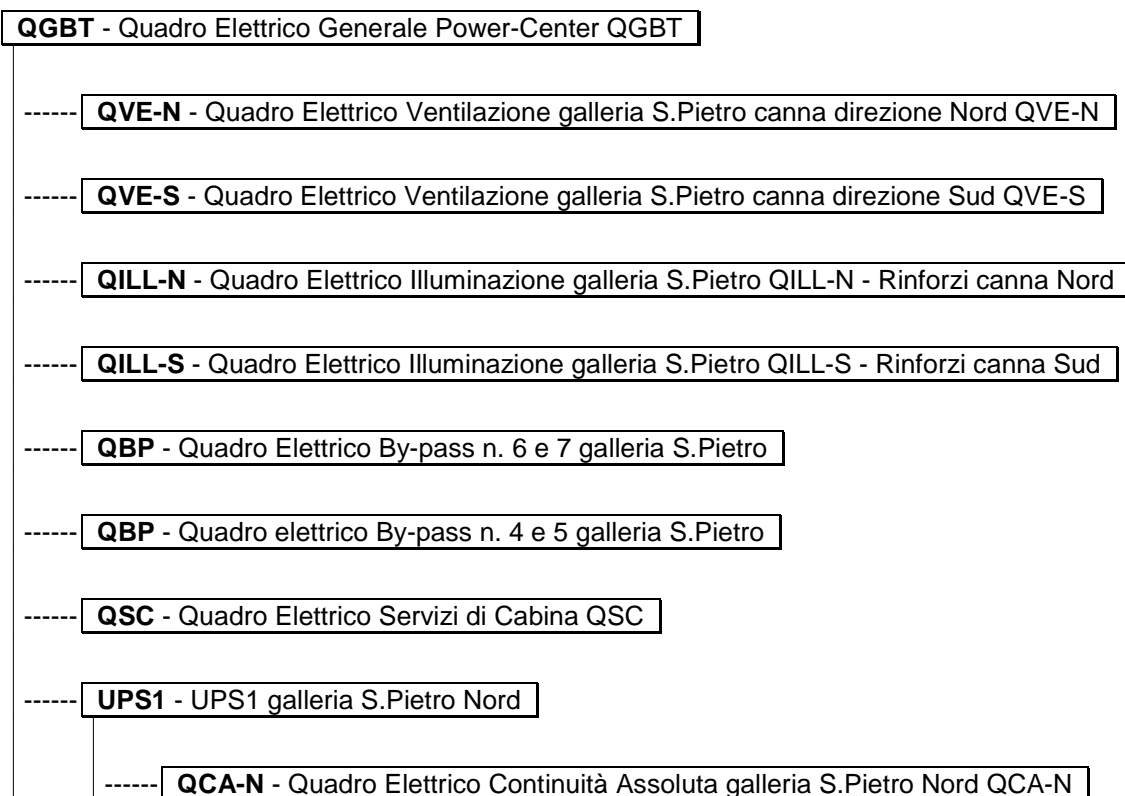
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

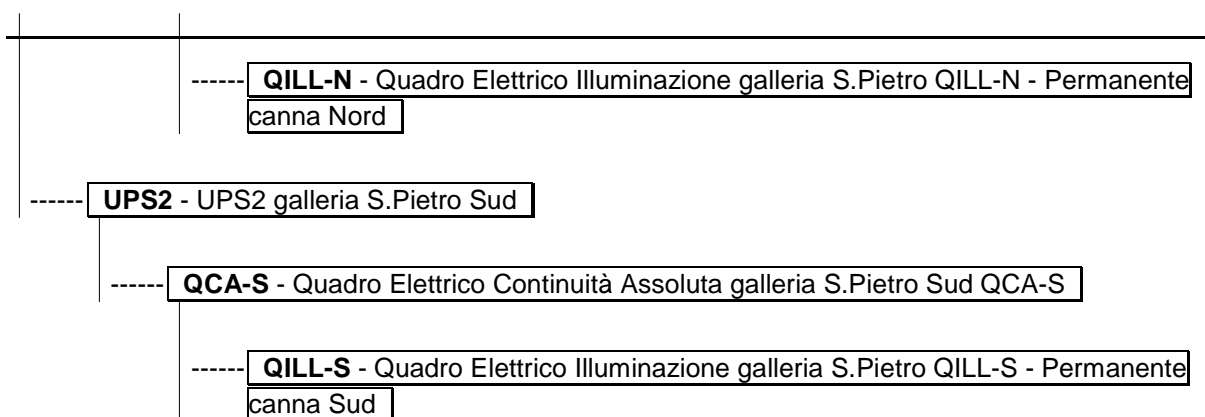
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV NORD, sono i seguenti:

- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Pietro carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Nord fino a circa la metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Pietro carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Sud fino a circa la metà della galleria)
- impianti ausiliari di cabina

14.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

14.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

14.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Pietro - imbocco ingresso Nord	66
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Pietro - imbocco uscita Sud	6,8
Quadro ventilazione galleria S.Pietro - Nord (n.16 jet-fan da 37 kW)	592
Quadro ventilazione galleria S.Pietro - Sud (n.16 jet-fan da 37 kW)	592
Quadri by-pass galleria S.Pietro (n.4)	80
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5

Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	1357
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	950

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

14.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria S.Pietro - Nord	15
Quadro illuminazione permanente galleria S.Pietro - Sud	15
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Pietro - Nord	15
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Pietro - Sud	15
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria S.Pietro	3
TOTALE PARZIALE	64
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	64

14.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 950 + 64 = 1014 \text{ kW}$**
- $I_b = 1628 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P / \cos\phi = 1014 / 0,9 = 1127 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 1127 \times 4/3 = 1503 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1600 kVA** ($I_n = 2312 \text{ A}$).

14.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1600 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 18,9 \text{ kVAR}$
- $Q_{r\text{carico}} = 113,8 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

- $Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{r\text{carico}} - Q_{rvuoto}) \times (I_b / I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

$$- Q_r = 18,9 + (113,8 - 18,9) \times (1628/2312)^2 = 65,4 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **60 kVAR** (a 415V).

14.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q = P \times k_c = 1014 \times 0,238 = 241 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 241 \times (450/400)^2 = 305 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **320 kVAR – 450V** (pari a 252 kVAR a 400V).

14.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

14.6.1 UPS 1 - galleria S.Pietro Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Pietro direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 33 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 55 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 55 = 38,1 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 38,1 + 20\% + 20\% = 54,9 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **60 kVA** (48 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

14.6.2 UPS 2 - galleria S.Pietro Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Pietro direzione Sud, per una potenza

nominale complessiva pari a 31 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 50 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 50 = 34,6 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 34,6 + 20\% + 20\% = 50 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **60 kVA** (48 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

14.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 6
- Totale 9 colonne x 200 + 6 colonne x 100 = 2400 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

$$- A = 2400 + 25\% = 3000 \text{ W}$$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

$$- I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

$$- C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah alla scarica di 1 ora}$$

14.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 1014 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1628 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

$$- I_{sp} = I_n + 20\% = 1628 + 20\% = 1954 \text{ A}$$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

$$- P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 1954 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 811 \text{ kW}$$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

$$- P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 811 + 20\% = 973 \text{ kW}$$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4012-46TWG3A con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 1200 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1500 kVA (1200 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1364 kVA (1091 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 12 cilindri
- Cilindrata totale 45,84 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto

- consumo carburante indicativo 212 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

14.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

- $Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 212 \times (24/1000) = 5,09 \text{ m}^3$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **5 m³**.

15 CABINA ELETTRICA S. PIETRO NORD

15.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica S.Pietro Nord è ubicata al progressivo di tratta Km 17+230, sulla carreggiata direzione Nord, come da planimetrie di progetto.

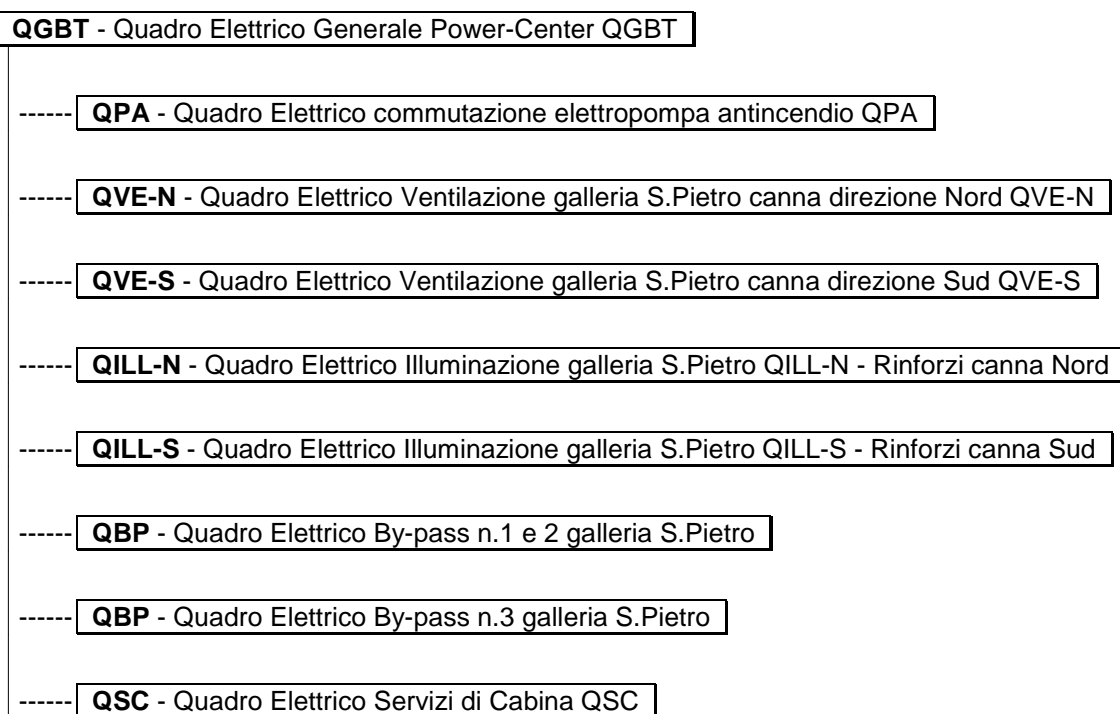
L'accessibilità viene garantita esclusivamente dall'autostrada.

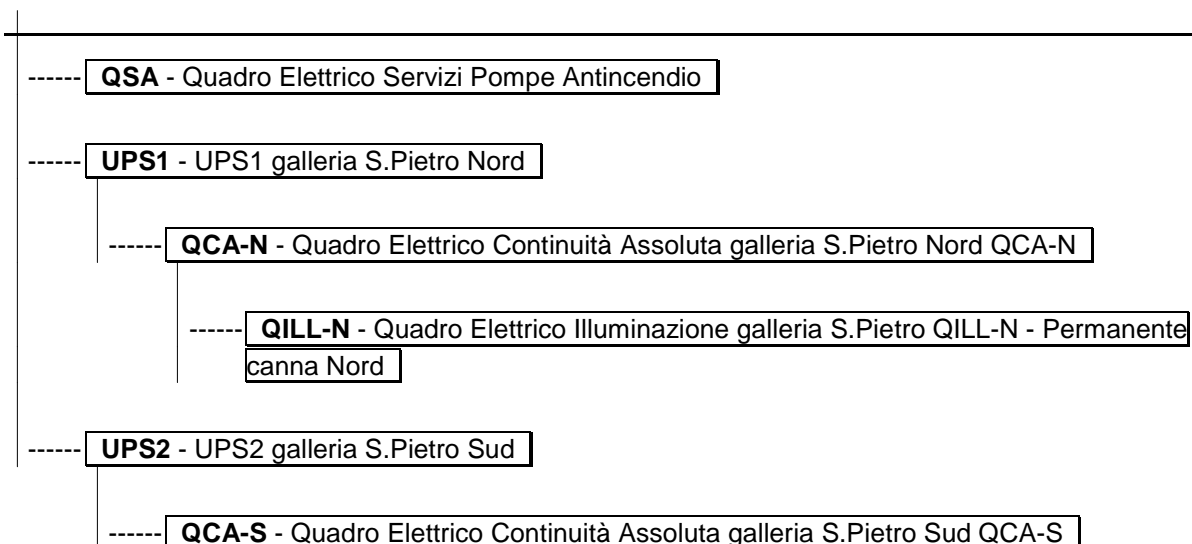
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV SUD, sono i seguenti:

- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Pietro carreggiata Nord (ovvero dall'imbocco uscita di galleria direzione Nord fino a circa la metà della galleria)
- gli impianti di ventilazione longitudinale, illuminazione, segnaletica e di sicurezza del 50% della galleria naturale S.Pietro carreggiata Sud (ovvero dall'imbocco ingresso di galleria direzione Sud fino a circa la metà della galleria)
- impianti ausiliari di cabina
- il gruppo di pressurizzazione per sistema idrico-antincendio della galleria naturale San Pietro

15.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

15.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

15.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Elettropompa impianto idrico antincendio	35
Quadro servizi gruppo pompe antincendio	10
Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Pietro - imbocco uscita Nord	6,8

Quadro illuminazione rinforzi galleria S.Pietro - imbocco ingresso Sud	66
Quadro ventilazione galleria S.Pietro - Nord (n.18 jet-fan da 37 kW)	666
Quadro ventilazione galleria S.Pietro - Sud (n.18 jet-fan da 37 kW)	666
Quadri by-pass galleria S.Pietro (n.3)	60
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Nord	5
Riscaldamento antigelo tubazioni antincendio imbocco direzione Sud	5
Quadro servizi di cabina QSC	10
TOTALE PARZIALE	1530
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,7
TOTALE GENERALE	1071

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,7 tenuto conto della contemporaneità di funzionamento simultaneo degli impianti di ventilazione in caso di evento incendio all'interno di una delle due canne di galleria

15.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione permanente galleria S.Pietro - Nord	15
Quadro illuminazione permanente galleria S.Pietro - Sud	15
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Pietro - Nord	15
Segnaletica, SOS e TVCC galleria S.Pietro - Sud	15
Rack nodo di rete	1
Rack centraline impianti speciali galleria S.Pietro	3
TOTALE PARZIALE	64
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	64

15.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 1071 + 64 = 1135 \text{ kW}$**
- $I_b = 1822 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P / \cos\phi = 1135 / 0,9 = 1261 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 1261 \times 4/3 = 1681 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **1600 kVA** ($I_n = 2312 \text{ A}$).

15.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 1600 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{vuoto} = 18,9 \text{ kVAR}$

– $Q_{r\text{carico}} = 113,8 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

– $Q_r = Q_{r\text{vuoto}} + (Q_{r\text{carico}} - Q_{r\text{vuoto}}) \times (I_b/I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

– $Q_r = 18,9 + (113,8 - 18,9) \times (1822/2312)^2 = 77,7 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **60 kVAR** (a 415V).

15.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,87.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,238 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

– $Q = P \times k_c = 1135 \times 0,238 = 270 \text{ kVAR}$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

– $Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 270 \times (450/400)^2 = 342 \text{ kVAR}$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **360 kVAR – 450V** (pari a 284 kVAR a 400V).

15.6 DIMENSIONAMENTO DEI GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ (UPS)

15.6.1 UPS 1 - galleria S.Pietro Nord

Il gruppo statico di continuità UPS 1 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Pietro direzione Nord e centraline impianti speciali, per una potenza nominale complessiva pari a 33 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 55 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

– $A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 55 = 38,1 \text{ kVA}$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

– $A = A_i + 20\% + 20\% = 38,1 + 20\% + 20\% = 54,9 \text{ kVA}$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **60 kVA** (48 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

15.6.2 UPS 2 - galleria S.Pietro Sud

Il gruppo statico di continuità UPS 2 alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina a servizio della galleria S.Pietro direzione Sud, per una potenza nominale complessiva pari a 31 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,9 la corrente nominale complessiva è pari a circa 50 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto Isp.

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 50 = 34,6 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS 1 deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 34,6 + 20\% + 20\% = 50 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **60 kVA** (48 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

15.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT, del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..) e dei quadri di ventilazione QVE.

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W (per i quadri QMT e QGBT) e 100W (per i quadri QVE) e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 5
- Colonne Quadro QGBT = 4
- Colonne Quadri QVE = 6
- Totale 9 colonne x 200 + 6 colonne x 100 = 2400 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

$$- A = 2400 + 25\% = 3000 \text{ W}$$

La scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

– $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

– $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

15.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 1135 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 1822 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di motori (ventilatori di galleria) che sono azionati con avviamento diretto (DOL) ma comunque non contemporaneamente e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 20% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

– $I_{sp} = I_n + 20\% = 1822 + 20\% = 2186 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

– $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 2186 \times 0,6 \times (1-0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 908 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

– $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 908 + 20\% = 1090 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 4012-46TWG3A con alternatore Marelli):

– Potenza meccanica = 1200 kW

– Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 1500 kVA (1200 kW)

- Potenza elettrica (servizio continuo) = 1364 kVA (1091 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 12 cilindri
- Cilindrata totale 45,84 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 212 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

15.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 24 ore (trattandosi di cabina di galleria), la capacità minima del serbatoio deve essere:

$$- Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 212 \times (24/1000) = 5,09 \text{ m}^3$$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **5 m³**.

16 CABINA ELETTRICA PEDEMONTE

16.1 AMBITI DI PERTINENZA

La cabina elettrica Pedemonte è ubicata nell'ambito dello svincolo di Pedemonte, come da planimetrie di progetto.

E' predisposta per il terzo e futuro punto di fornitura elettrica MT a 20 kV e di conseguenza prevede un locale dedicato per il gestore di rete, oltre che un locale di misura. L'accessibilità viene garantita sia da strada pubblica che dall'autostrada.

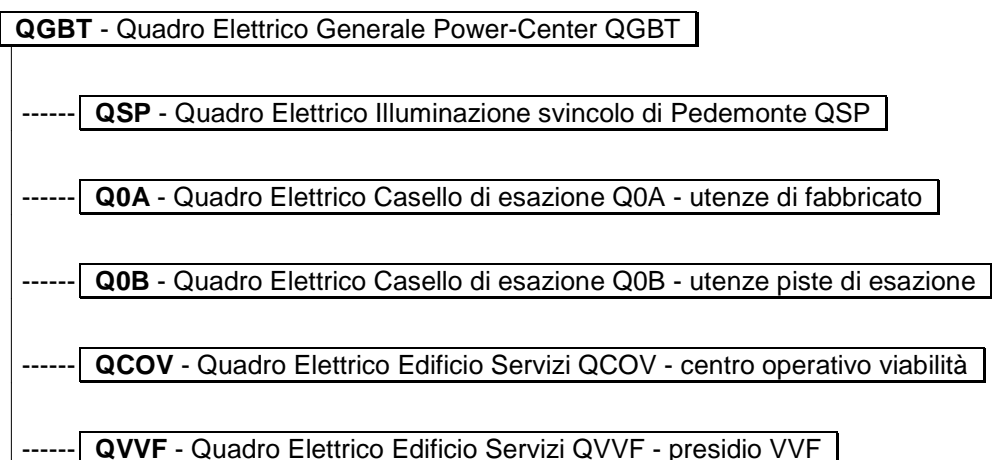
Gli ambiti di pertinenza della cabina, la quale è collegata sull'anello a 20 kV NORD, sono i seguenti:

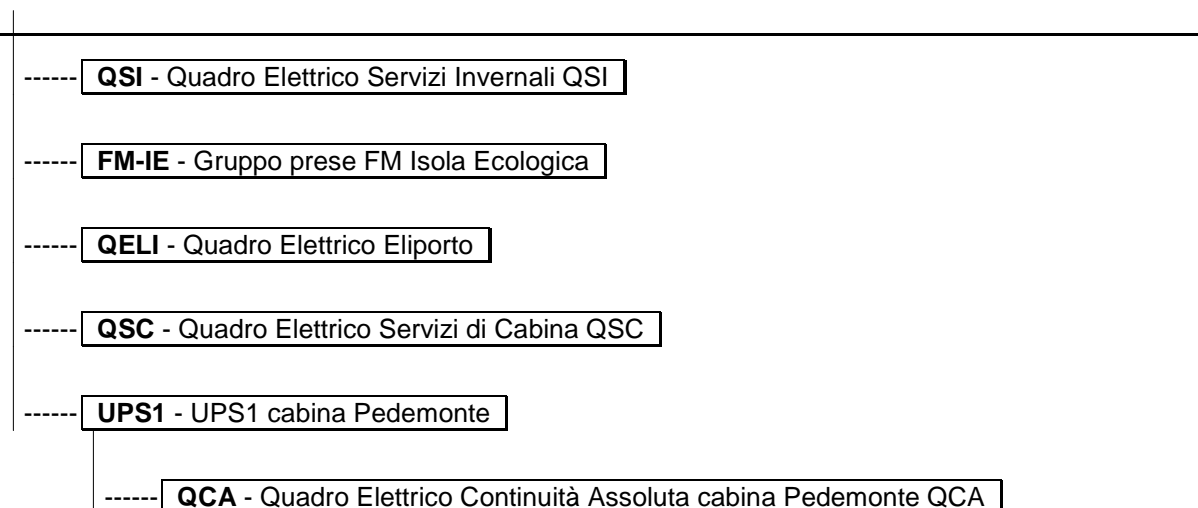
- illuminazione svincolo e viabilità esterna autostradale
- segnaletica, sistemi di chiamata SOS e sistemi TVCC di tratta
- casello di Pedemonte (edifici di casello e piste di esazione)
- edificio servizi (centro operativo viabilità e presidio VVF)
- edificio servizi invernali
- isola ecologica
- eliporto
- impianti ausiliari di cabina

N.B: per l'area di servizio sarà prevista una fornitura BT dedicata e di conseguenza i relativi impianti non rientrano nell'ambito di competenza della cabina di Pedemonte

16.2 SCHEMA RETE BT E SCENARI DI FUNZIONAMENTO

La rete BT 400V afferente alla cabina viene derivata dai due trasformatori MT/BT in resina, collegati tramite cavi al quadro generale QGBT, secondo il seguente schema:





In condizioni ordinarie è previsto il funzionamento di una sola delle 2 macchine, mentre la 2° è intesa come riserva “calda”, ovvero con alimentazione inserita sul primario ed interruttore generale lato BT aperto, pronta a subentrare nel funzionamento in caso di guasto o fuori servizio per manutenzione della macchina in funzione.

Il sistema di automazione di cabina gestisce il funzionamento a cicli alternati delle 2 macchine e la commutazione in caso di guasto.

Lo schema prevede l’interblocco fra gli interruttori lato BT al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. Ciascuno dei due trasformatori in servizio è dimensionato per il 100% del carico complessivo.

Al quadro QGBT afferisce anche la linea in cavo proveniente dal gruppo elettrogeno e quindi tutte le utenze BT di cabina sono di tipo privilegiato.

Tutti gli interruttori ed i congiuntori sono equipaggiati di motore, con possibilità di comando in locale (tramite selettori e spie a fronte portella di ciascun cubicolo) o da remoto, tramite il sistema di automazione di cabina, con riporto degli stati al sistema generale di supervisione degli impianti elettrici di tratta.

16.3 DIMENSIONAMENTO TRASFORMATORI TR1 E TR2

La presente tabella riassume l’elenco e le potenze elettriche dei carichi elettrici afferenti al quadro generale QGBT di cabina, suddivise per utenze normali/privilegiate e continuità assoluta.

16.3.1 Utenze normali/privilegiate

Utenza	Potenza P (kW)
Quadro illuminazione svincolo e viabilità QSV	40
Quadro casello Q0A - utenze di fabbricato	110
Quadro casello Q0B - utenze piste di esazione	30
Quadro edificio servizi QCOV - centro operativo viabilità	115

Quadro edificio servizi QVVF - presidio VVF	55
Quadro edificio servizi invernali QSI	60
Gruppo prese FM isola ecologica	10
Quadro generale eliporto	10
Quadro servizi di cabina QSC	10
<i>TOTALE PARZIALE</i>	<i>440</i>
Coefficiente globale di contemporaneità (*)	0,8
TOTALE GENERALE	360

(*) viene considerato un coefficiente globale pari a 0,8 tenuto conto della contemporaneità di utilizzo degli impianti di casello e dei fabbricati

16.3.2 Utenze continuità assoluta

Utenza	Potenza P (kW)
Rack nodo di rete	1
Segnaletica, SOS e TVCC di tratta	4
Ausiliari quadro eliporto	1
<i>TOTALE PARZIALE</i>	<i>6</i>
Coefficiente globale di contemporaneità	1
TOTALE GENERALE	6

16.3.3 Dimensionamento trasformatori

Il fattore di potenza medio generale dell'impianto è considerato pari a 0,9 essendo previsto il rifasamento centralizzato.

La potenza attiva assorbita dall'impianto è quindi pari a:

- **$P = 360 + 6 = 366 \text{ kW}$**
- $I_b = 588 \text{ A}$

A cui corrisponde una potenza apparente pari a:

- $A = P/\cos\phi = 366/0,9 = 407 \text{ kVA}$

La potenza di dimensionamento dei trasformatori TR1 e TR2 è data dalla seguente relazione:

- $A_T = A \times 4/3 = 407 \times 4/3 = 543 \text{ kVA}$

La scelta ricade su trasformatori in resina di potenza nominale **630 kVA** ($I_n = 910 \text{ A}$).

16.4 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO FISSO TRASFORMATORE

Per un trasformatore in resina di taglia 630 kVA i valori di potenza reattiva sono i seguenti:

- $Q_{rvuoto} = 8,0 \text{ kVAR}$
- $Q_{rcarico} = 45,1 \text{ kVAR}$

La potenza reattiva realmente necessaria dipende dalla condizione di carico effettiva ed è data dalla seguente relazione:

- $Q_r = Q_{rvuoto} + (Q_{rcarico} - Q_{rvuoto}) \times (I_b/I_n)^2$

Applicando i valori numeri si ottiene:

$$- Q_r = 8 + (45,1 - 8) \times (588/910)^2 = 23,6 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria fissa trifase di potenza **25 kVAR** (a 415V).

16.5 DIMENSIONAMENTO RIFASAMENTO CENTRALIZZATO

Dai calcoli analitici risulta un fattore di potenza della rete BT, senza rifasamento, pari a circa 0,85.

Dalle tabelle tecniche si ricava il fattore k_c pari a 0,291 necessario per rifasare fino al valore di 0,95.

La potenza reattiva necessaria è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q = P \times k_c = 366 \times 0,291 = 106,5 \text{ kVAR}$$

Volendo utilizzare condensatori con tensione nominale pari a 450 V, la potenza reattiva effettiva è determinata dalla seguente relazione:

$$- Q_c = Q \times (V_c/V)^2 = 106,5 \times (450/400)^2 = 135 \text{ kVAR}$$

La scelta ricade su una batteria automatica trifase di potenza **160 kVAR – 450V** (pari a 148 kVAR a 400V).

16.6 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ (UPS)

Il gruppo statico di continuità alimenta le utenze in “continuità assoluta” afferenti al quadro QCA di cabina, per una potenza nominale complessiva pari a 6 kW. Tenuto conto di un fattore di potenza di circa 0,85 (utenze fm informatiche) la corrente nominale complessiva è pari a circa 10 A, che corrisponde anche alla corrente di spunto I_{sp} .

La potenza di picco della rete in continuità assoluta è data dalla seguente relazione:

$$- A_i = 1,73 \times V_n \times I_{sp} = 1,73 \times 400 \times 10 = 6,9 \text{ kVA}$$

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 20% ed un ulteriore margine del 20% per tenere conto di uno squilibrio tra le fasi, la taglia del gruppo UPS deve essere pari a:

$$- A = A_i + 20\% + 20\% = 6,9 + 20\% + 20\% = 9,9 \text{ kVA}$$

La scelta ricade su un gruppo di potenza nominale **10 kVA** (8 kW – $\cos\phi=0,8$), con autonomia nominale pari a **30 minuti**.

16.7 DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE E DEL SOCCORRITORE 110VCC PER AUSILIARI DI CABINA

Il soccorritore di cabina alimenta i sistemi ausiliari che includono il complesso delle apparecchiature a servizio di ciascuna utenza del quadro MT e del quadro QGBT (motorizzazioni, relè, relè ausiliari, protezioni, lampade di segnalazione, ecc..).

Per il calcolo si è ipotizzato che per ogni colonna di quadro vi sia un consumo di circa 200 W e di conseguenza di ottiene:

- Colonne Quadro MT = 7
- Colonne Quadro QGBT = 3
- Totale 11 colonne x 200 = 2200 W

Considerando un margine per ampliamenti futuri pari al 25%, la potenza nominale è la seguente:

- $A = 2200 + 25\% = 2750 \text{ W}$

Per uniformità con le altre cabine di tratta la scelta ricade su una macchina di potenza nominale **3300 W** con tensione di **110Vcc**.

La corrente delle batterie è data dalla seguente relazione:

- $I_c = A / V = 3300 / 110 = 30 \text{ A}$

La batteria dovrà erogare il carico per 1 ora fino all'80% della carica. La sua capacità dovrà quindi essere pari a:

- $C = 30 \times 1,2 = 36 \text{ Ah}$ alla scarica di 1 ora

16.8 DIMENSIONAMENTO DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo elettrogeno alimenta, in condizioni di emergenza, il totale del carico sotteso alla cabina, per una potenza complessiva pari a circa 366 kW.

Tenuto conto di un fattore di potenza calcolato di circa 0,9 la corrente nominale assorbita dalla rete è pari a circa 588 A.

Per dimensionare correttamente il gruppo elettrogeno non è sufficiente considerare la potenza nominale complessiva, ma è necessario considerare la corrente di spunto (I_{sp}) complessiva dei carichi, ovvero considerare il caso maggiormente impegnativo per la macchina che, al mancare dalla tensione di rete normale, deve essere in grado di sopportare l'avviamento cumulativo di tutti i relativi carichi.

A titolo cautelativo, considerando la presenza di pompe di sollevamento di ridotta potenza e tenuto conto della contemporaneità di utilizzo dei carichi della rete, si può considerare una corrente di spunto maggiorata del 30% rispetto alla corrente nominale, per un valore pari a :

- $I_{sp} = I_n + 30\% = 588 + 30\% = 764 \text{ A}$

La potenza attiva richiesta all'albero del motore diesel per garantire l'avviamento si può quindi calcolare con la seguente formula (desunta da manuali tecnici dei fornitori):

- $P_{sp} = [(1,73 \times V_n \times I_{sp} \times \cos\phi(avv) \times (1 - \Delta V)) / \eta(alt)] \times 1/1000 = [(1,73 \times 400 \times 764 \times 0,6 \times (1 - 0,2)) / 0,8] \times 1/1000 = 317 \text{ kW}$

avendo assunto un $\cos\phi(avv)$ pari a 0,6 (motori raffreddati ad acqua), un rendimento del motore pari a 0,8 ed una caduta di tensione all'avviamento non superiore al 20%.

La potenza meccanica del gruppo è superiore del 20% circa rispetto alla potenza richiesta allo spunto e di conseguenza si ha:

- $P_{meccanica} = P_{sp} + 20\% = 317 + 20\% = 380 \text{ kW}$

Dalle tabelle tecniche di potenza riportate sui cataloghi dei vari costruttori, si può scegliere la taglia più idonea del gruppo.

In questo caso la scelta ricade su una macchina avente i seguenti parametri (rif. motorizzazione Perkins 2506C-E15TAG2 con alternatore Marelli):

- Potenza meccanica = 444 kW
- Potenza elettrica (servizio in emergenza) = 550 kVA (440 kW)
- Potenza elettrica (servizio continuo) = 500 kVA (400 kW)
- Motore turbo diesel 4 tempi, 6 cilindri in linea
- Cilindrata totale 15,2 l
- Raffreddamento ad acqua
- 1500 giri/minuto
- consumo carburante indicativo 81 litri/ora (in servizio continuo al 75% del carico nominale)

16.9 VERIFICA AUTONOMIA DEL GRUPPO ELETTROGENO

Il gruppo specificato non è dotato di serbatoio installato sul telaio di base e di conseguenza è necessario prevede un serbatoio esterno ausiliario di tipo interrato.

Considerando l'autonomia prevista pari ad almeno 12 ore (trattandosi di cabina di svincolo), la capacità minima del serbatoio deve essere:

- $Q = \text{Consumo (litri/ora)} \times (\text{autonomia di 24 ore}/1000) = 81 \times (12/1000) = 0,97 \text{ m}^3$

A tale scopo si prevede un serbatoio ausiliario di capacità **1 m³**.

17 CALCOLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE E CDZ DI CABINA

17.1 PREMESSA

Le cabine elettriche sono costituite da una serie di locali contenenti apparecchiature elettriche ed elettroniche vitali per il buon funzionamento dell'infrastruttura di tratta.

Tenendo conto delle emissioni termiche prodotte da alcune apparecchiature elettriche, si rende necessario prevedere una ventilazione di tipo forzato e/o climatizzazione per alcuni dei locali, in modo da evitare sovratemperature eccessive in ambiente interno, che potrebbero danneggiare le apparecchiature più sensibili o portare a pericolosi sovraccarichi delle macchine di trasformazione, con conseguente rischio di fuori servizio della centrale.

I locali che necessitano di ventilazione forzata sono i seguenti:

- locali MT/BT

I locali che necessitano di climatizzazione sono i seguenti:

- locali UPS e TLC

Un discorso a parte riguarda le cabine interne della galleria Cogollo (Cogollo 1 e 2), per le quali, stante l'impossibilità di garantire un idoneo ricambio d'aria esterna, sono stati previsti impianti di climatizzazione sia per i locali UPS/TLC che per i locali MT/BT, tutti del tipo ridondato (n.2 sistemi monosplit per ogni ambiente di cui uno in riserva all'altro ma con la possibilità, all'occorrenza, di funzionamento combinato).

17.2 CALCOLO DEI CARICHI TERMICI

Ai fini del calcolo si considera la cabina con il carico termico maggiore, in modo che i risultati ottenuti si possano applicare alle altre cabine, tenuto conto della necessità di standardizzare le macchine di ventilazione.

In tal senso si considera la cabina Cogollo Sud.

Per determinare la portata d'aria necessaria ad un corretto ricambio d'aria in ambiente è necessario determinare i carichi termici emessi dalle apparecchiature elettriche installate, ovvero le perdite, espresse in kW, dovute al calore dissipato in ambiente durante il funzionamento ordinario.

Tenuto conto delle specifiche tecniche fornite dai costruttori e sulla base dei calcoli termici preliminari relativi ai quadri elettrici, si sono determinati i seguenti valori di emissione termica:

Quadri elettrici MT/BT

- quadro QMT (Pmt) → 1 kW
- quadro QGBT (Pbt) → 1,5 kW

- quadro QVE-N (Pve-n) → 1 kW
- quadro QVE-S (Pve-s) → 1 kW
- quadri QILL-S (Pill) → 1 kW
- quadro rifasamento (Prif) → 0,2 kW
- soccorritori ausiliari (Psoc) → 0,5 kW
- quadro servizi di cabina QSC (Psc) → 0,2 kW

Trasformatori MT/BT

La taglia nominale è pari a 1600 kVA a cui corrispondono i seguenti valori nominali delle perdite, desunti dalle tabelle dei costruttori:

- perdite a vuoto (P_0) → 2,2 kW
- perdite a carico a 120°C (P_{120}) → 13 kW
- corrente nominale I_n → 2312 A

Il trasformatore attivo è stato dimensionato per lavorare a circa il 75% del carico nominale e di conseguenza le perdite a carico, che sono proporzionali al quadrato della corrente sul lato BT, devono essere ricalibrate secondo la seguente relazione:

$$P_c = P_{120} * I_b^2 / I_n^2$$

applicando i valori numeri si ottiene un valore pari a 7,3 kW.

Per il 2° trasformatore, previsto come riserva "calda", si considerano solo le perdite a vuoto.

Locale UPS e TLC

- UPS 1 80 kVA (Pups1) → 3,5 kW
- UPS 2 80 kVA (Pups2) → 3,5 kW
- quadri continuità (Pca) → 0,5 kW
- armadi rack (Prck) → 2 kW

17.3 CALCOLO DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE FORZATA

Per determinare la portata d'aria necessaria ad un corretto ricambio d'aria in ambiente si considerano le seguenti condizioni:

- temperatura esterna 30°C
- temperatura interna 40°C

La portata d'aria q_v , in (m^3/h), si può determinare mediante la seguente formula:

$$q_v = 346 * P_t$$

dove P_t (in kW) è la somma dei carichi termici.

Applicando i valori numeri si ottiene un valore complessivo pari a circa 18 kW.

La portata d'aria necessaria è quindi pari a:

- $qv = 346 * 18 = 6228 \text{ m}^3/\text{h}$

Si prevede un impianto composto da n.2 torrini di estrazione di tipo centrifugo, posizionati in copertura al locale MT/BT, con le seguenti caratteristiche generali:

- Giri minuto: 1400
- Portata d'aria massima: $3200 \text{ m}^3/\text{h}$
- Potenza elettrica massima: 0,515 W
- Alimentazione elettrica: 400 V/50 Hz
- Dimensioni: 710x710x411 mm

L'impianto verrà attivato da un termostato in ambiente tarato a circa 30°C.

17.4 CALCOLO DEGLI IMPIANTI CDZ

Per il locale UPS/TLC la ventilazione forzata non è però sufficiente in quanto è necessario garantire una temperatura interna al locale non superiore a 25°C (anziché 40°C come per il locale MT/BT), al fine di garantire una vita utile delle batterie come da specifiche dei costruttori.

Si rende quindi necessario prevedere un'idonea climatizzazione, dimensionata sulla base del carico termico calcolato, pari a circa 9,5 kW.

Si prevede un impianto ridondato composto da n.2 sistemi monosplit (uno in riserva all'altro ma con la possibilità, all'occorrenza, di funzionamento combinato), composti da unità esterna ed unità interna, con le seguenti caratteristiche generali:

- Potenza frigorifera: 9,5 kW
- Potenza termica: 10,8 kW
- Portata d'aria massima: 1560 mc/h
- Potenza elettrica massima: 3,17 W
- Alimentazione elettrica: 400 V/50 Hz

Ciascun impianto verrà attivato da un apposito comando a parete, con sensore di temperatura tarato a circa 22°C.

18 CALCOLO DEGLI IMPIANTI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

I piazzali esterni relativi alle cabine elettriche verranno dotati di impianto di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche. Verranno posate delle caditoie in base alle pendenze del piazzale che recapiteranno le acque meteoriche a dei pozzi perdenti opportunamente dimensionati mediante delle tubazioni in PVC interrato opportunamente dimensionate. Sono previsti anche dei pluviali a servizio del fabbricato cabina elettrica alla base dei quali verranno posti dei pozzetti di ispezione. Successivamente le acque meteoriche raccolte dalla copertura della cabina elettrica verranno recapitate anch'esse ai pozzi perdenti mediante tubazioni in PVC opportunamente dimensionate.

Le tubazioni avranno una pendenza minima dello 0,5%.

I pozzi perdenti disperderanno le acque meteoriche ricadenti sulla copertura della cabina elettrica e sul relativo piazzale nel terreno sottostante.

Il valore considerato come indice pluviometrico per il dimensionamento della rete di raccolta delle acque meteoriche e dei pozzi perdenti è pari a 0,051 l/s x mq così come indicato nella relazione di calcolo idraulica.

Tale valore dipende esclusivamente dalle caratteristiche della curva pluviometrica ovvero della pioggia critica ed è calcolato nell'ipotesi di considerare un ettaro di superficie impermeabile. In realtà la portata che effettivamente confluirà al sistema di raccolta dovrà tener conto anche delle dimensioni della superficie bagnata e delle maggiori o minori caratteristiche di permeabilità delle aree interessate.

Le acque meteoriche relative all'area in oggetto si differenziano in quelle ricadenti sulla copertura della cabina elettrica e quelle ricadenti sul piazzale esterno.

Si riportano nella tabella seguente le tipologie e l'entità delle superfici con i relativi coefficienti di deflusso caratteristici (una per ogni cabina elettrica).

CABINA ELETTRICA PIOVENE			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	130	0,9	5,97
Piazzale cabina	320	0,8	13,05
TOTALE	450		19,02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

CABINA ELETTRICA S. AGATA SUD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	120	0,9	5,51
Piazzale cabina	215	0,8	8,77
TOTALE	335		14,28

CABINA ELETTRICA S. AGATA NORD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	120	0,9	5,51
Piazzale cabina	820	0,8	33,45
TOTALE	940		38,96

CABINA ELETTRICA COGOLLO DEL CENGIO			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	85	0,9	3,90
Piazzale cabina	195	0,8	7,96
TOTALE	280		11,86

CABINA ELETTRICA COGOLLO SUD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	180	0,9	8,26
Piazzale cabina	500	0,8	20,40
TOTALE	680		28,66

CABINA ELETTRICA COGOLLO NORD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

			[l/s]
Copertura cabina	150	0,9	6,88
Piazzale cabina	540	0,8	22,03
TOTALE	690		28,91

CABINA ELETTRICA PEDESCALA SUD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	120	0,9	5,51
Piazzale cabina	255	0,8	10,40
TOTALE	375		15,91

CABINA ELETTRICA PEDESCALA NORD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	120	0,9	5,51
Piazzale cabina	650	0,8	26,52
TOTALE	770		32,03

CABINA ELETTRICA S. PIETRO SUD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	120	0,9	5,51
Piazzale cabina	330	0,8	13,46
TOTALE	450		18,97

CABINA ELETTRICA S. PIETRO NORD			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	120	0,9	5,51

Piazzale cabina	240	0,8	9,79
TOTALE	360		15,30

CABINA ELETTRICA PEDEMONTE			
Tipo area	Superficie scolante [m ²]	Coefficiente di deflusso	Portata [l/s]
Copertura cabina	130	0,9	5,97
Piazzale cabina	210	0,8	8,57
TOTALE	340		14,54

La portata di acqua da smaltire è stata calcolata con la seguente formula:

$$Q_{\text{meteoriche}} = \text{Sup. scolante [mq]} \times \text{coeff. di deflusso} \times \text{intensità pluviometrica [l/(s mq)]}$$

Il dimensionamento dei pozzi disperdenti si basa sulle seguenti relazioni:

$$Q = C_u \cdot K \cdot r \cdot H \cdot 1000$$

$$C_u = \frac{2 \cdot \pi \cdot H}{\ln \frac{r}{r}}$$

dove:

- Q = portata dispersa dal singolo pozzo [l/s]
- K = permeabilità media dell'acquifero [m/s]
- r = raggio del pozzo [m]
- H = altezza d'acqua all'interno del pozzo [m]
- Cu = fattore di forma del pozzo

Si riporta di seguito la tabella con i dati per il dimensionamento dei pozzi perdenti, determinati assumendo un coefficiente di permeabilità medio del terreno in oggetto pari a **10⁻⁴ m/s**.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

CABINA ELETTRICA PIOVENE							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	450	19,02	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

CABINA ELETTRICA S. AGATA SUD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	335	14,28	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

CABINA ELETTRICA S. AGATA NORD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
4 x PP1	940	38,96	1,00	5,00	19,52	4 x 9,76 = 39,04	250

CABINA ELETTRICA COGOLLO DEL CENGIO							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	280	11,86	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

CABINA ELETTRICA COGOLLO SUD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
3 x PP1	680	28,66	1,00	5,00	19,52	3 x 9,76 = 29,28	250

CABINA ELETTRICA COGOLLO NORD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
3 x PP1	690	28,91	1,00	5,00	19,52	3 x 9,76 = 29,28	250

CABINA ELETTRICA PEDESCALA SUD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	375	15,91	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

CABINA ELETTRICA PEDESCALA NORD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
4 x PP1	770	32,03	1,00	5,00	19,52	4 x 9,76 = 39,04	250

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

CABINA ELETTRICA S. PIETRO SUD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	450	18,97	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

CABINA ELETTRICA S. PIETRO NORD							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	360	15,30	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

CABINA ELETTRICA PEDEMONTE							
Pozzi	Superficie captante [mq]	Portata da smaltire [l/s]	Raggio pozzo [m]	Altezza pozzo [m]	Cu	Portata smaltita [l/s]	Diametro tubazione [DN]
2 x PP1	340	14,54	1,00	5,00	19,52	2 x 9,76 = 19,52	250

Come si può notare, ciascun pozzo è in grado di smaltire una portata d'acqua superiore a quella richiesta. È importante ricordare che l'altezza H del pozzo va intesa come quella utile della colonna d'acqua che può accumularsi al suo interno, che viene poi dispersa nel terreno attraverso i fori laterali negli anelli che lo compongono.

19 ALLEGATO

Fa parte integrante del presente documento l'allegato riepilogativo delle specifiche tecniche delle apparecchiature MT/BT previste, suddivise per cabine di pertinenza.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD 1° LOTTO			Trasformatori TR1-TR2	Trasformatore TR3 (innalzatore)	Gruppo elettrogeno	Gruppo elettrogeno (innalzatore)	Serbatoio ausiliario	Rifasamento centralizzato	UPS 1 (aut. 30')	UPS 2 (aut. 30')	UPS 3 (aut. 30')	Soccorritore 110Vcc	Quadri/piastre regolazione illuminazione			
Cabina elettrica	Anello	Progressivo Km	Potenza (kVA)	Potenza (kVA)	Potenza Sc/Sem (kVA)	Potenza Sc/Sem (kVA)	Capacità (l)	Potenza a 450V (kVAR)	Potenza (kVA)	Potenza (kVA)	Potenza (kVA)	Potenza (W)	Viabilità esterna	Rinforzi ingresso	Rinforzi uscita	Permanente galleria
PIOVENE	SUD	0+280	160	-	80/88	-	non previsto	non previsto	10	-	-	3300	3x7,4 kVA	-	-	-
S.AGATA SUD	SUD	2+200	1250	-	1035/1138	-	5000	240	10	30	30	3300	-	3x14,5 kVA 3x14,5 kVA 3x23 kVA	3x4,6 kVA	1x3,7 kVA 1x3,7 kVA 3x7,4 kVA 3x7,4 kVA
S.AGATA NORD	SUD	3+570	1250	-	1035/1138	-	5000	240	30	30	-	3300	-	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x7,4 kVA 3x7,4 kVA
COGOLLO DEL CENGIO	NORD	4+540	400	-	250/275	-	1000	70	10	-	-	3300	3x14,5 kVA	-	-	-
COGOLLO SUD	NORD	4+785	1600	1600	1364/1500	2000/2200	15000	300	80	80	-	2x3300	-	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x14,5 kVA 3x14,5 kVA
COGOLLO 1	GALLERIA		1000	-	-	-	-	200	30	30	-	3300	-	-	-	-
COGOLLO 2	GALLERIA		1000	-	-	-	-	200	30	30	-	3300	-	-	-	-
COGOLLO NORD	SUD	11+230	1600	1600	1364/1500	2000/2200	15000	320	80	80	-	2x3300	-	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x14,5 kVA 3x14,5 kVA
PEDESCALA SUD	NORD	11+350	1250	-	1035/1138	-	5000	240	30	30	-	3300	1x3,7 kVA	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x7,4 kVA 3x7,4 kVA
PEDESCALA NORD	SUD	13+100	1250	-	1035/1138	-	5000	240	30	30	-	3300	1x3,7 kVA	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x7,4 kVA 3x7,4 kVA
S.PIETRO SUD	NORD	13+690	1600	-	1364/1500	-	5000	320	60	60	-	3300	-	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x14,5 kVA 3x14,5 kVA
S.PIETRO NORD	SUD	17+230	1600	-	1364/1500	-	5000	360	60	60	-	3300	-	3x23 kVA	3x4,6 kVA	3x14,5 kVA 3x14,5 kVA
PEDEMONTE	NORD	17+510	630	-	500/550	-	1000	160	10	-	-	3300	3x14,5 kVA	-	-	-