

LIASON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

ALIMENTAZIONE DEGLI IMPIANTI AUSILIARI / ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES DISTRIBUZIONE 20 KV / DISTRIBUTION 20 KV Elaborati generali / Généralités

DESCRIPTION QUANTITATIVE DES RÉSEAUX MT EN TUNNEL - RELAZIONE DI CALCOLO "RETE MT TUNNEL"

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	02/11/2012	Emission pour vérification C2B et validation C3.0 / Emissione per verifica C2B e validazione C3.0	M.CASTELLANI (ITALFERR)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO
A	31/12/2012	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	M.CASTELLANI (ITALFERR)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO
B	08/02/2013	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	M.CASTELLANI (ITALFERR)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO

Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Marcarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R



CODE DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	0	9	7	0	B
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C2B	//	//	35	05	00	10	01
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA



LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse - BP 80631 - F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél : +33 (0)4.79.68.56.50 - Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

SOMMAIRE / INDICE	2
LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE	3
RESUME/RIASSUNTO	5
1. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
1.1 Leggi e decreti circolari	7
1.2 Norme CEI (COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO) EN	7
2. DESCRIZIONE DEL TERRITORIO E DELLE OPERE	8
2.1 Caratteristiche descrittive dell'opera	8
2.2 Descrizione delle dorsali di alimentazione	10
3. CARATTERISTICHE FUNZIONALI	13
3.1 Tipologie ed impiego dei cavi	13
3.2 Dati elettrici del Sistema.....	13
3.3 Tipi di posa	13
3.4 Caratteristiche elettriche del cavo MT.....	13
4. DIMENSIONAMENTO CAVI MT	15
4.1 Generalità.....	15
4.1.1 Sezione minima del cavo	15
4.1.2 Portata del cavo	15
4.1.3 Temperatura del cavo.....	15
4.1.4 Caduta di Tensione	16
5. RIEPILOGO CABINE	17
6. CONDIZIONI DI CALCOLO RELATIVE AI DIVERSI SCENARI	21
6.1 Generalità.....	21
6.2 Condizioni di calcolo relative agli scenari.....	21
6.2.1 Situazione Normale.....	21
6.2.2 1° Scenario-Fuori servizio PdA di Modane ed emergenza lato Est Tunnel di Base21	
6.2.3 2° Scenari o - Fuori servizio PdA di Modane ed emergenza lato Ovest Tunnel di	
Base	22
6.2.4 3° Scenario - Fuori servizio PdA S.J. de Maurienne ed emergenza lato Est	
Tunnel di Base	22
6.2.5 4° Scenario - Fuori servizio PdA Val di Susa ed emergenza lato Ovest Tunnel di	
Base.....	22
6.2.6 5° Scenario - Fuori servizio cabina MT Bussoleno ed emergenza Tunnel	
Interconnessione	22
6.2.7 6° Scenario Fuori servizio PdA Val di Susa ed emergenza Tunnel	
Interconnessione	23
6.3 Calcoli dimensionamento cavi MT.....	30
6.3.1 Linea M.T. Tunnel – V1-T/1 e V2-T/2.....	30
6.3.2 Linea M.T. Tunnel – V1-T/3 e V2-T/4.....	35
6.3.3 Linea M.T. Tunnel – V1-T/5 e V2-T/6.....	40
6.3.4 Linea M.T. Tunnel – V1-D/1 e V2-D/2.....	44
6.3.5 Linea M.T. Tunnel – V1-D/3 e V2-D/4.....	49

6.3.6	Linea M.T. discenderia di Saint .Martin Le Porte V1-D/1.1 V1-D/2.2	54
	Le linee V1-D/1.1 V1-D/2.2, avranno quindi le seguenti caratteristiche:.....	57
6.3.7	Linea M.T. discenderia di La Praz V1-D/1.3 V1-D/2.4	58
6.3.8	Linea M.T. discenderia di Modane V1-D/3.1 V1-D/4.2.....	62
6.3.9	Linea M.T. galleria la Maddalena V1-D/3.3 V1-D/4.4	66
6.3.10	Linea M.T. galleria Pozzo di Avrieux V1-P V2-P2	70
6.3.11	Linea M.T. Pozzo Val Clarea V1-P3 V2-P4	74
6.3.12	Linea M.T. Cabina Raffrescamento Interna V1-R1- V2-R2	78
6.3.13	Linea M.T. Cabina Ventilazione ed antincendio	82

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Elenco Cabine	17
Tabella 2 – Riepilogo potenze (espresse in kVA), PdA S. J. de Maurienne.....	24
Tabella 3– Riepilogo potenze (espresse in kVA), PdA Modane.....	25
Tabella 4 – Riepilogo potenze (espresse in kVA), PdA Val di Susa.	26
Tabella 5– Riepilogo potenze(espresse in kVA), PdA Bussoleno.....	27
Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel.	29
Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (espresse in kVA)	29
Tabella 8-Momento dei carichi nel tunnel, tratto dal PdA Modane al PdA di S.J Maurienne. 33	
Tabella 9 Caratteristiche cavo V1-T/1 e V2-T/2.....	34
Tabella 10 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel tratto Modane Val di Susa.....	36
Tabella 11- Momento dei carichi nel tunnel, tratto PdA S.JMaurienne a Modane.....	38
Tabella 12 Caratteristiche cavo V1-T/3 e V2-T/4.....	39
Tabella 13 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel interconnessione tratto Bussoleno, Val di Susa.....	41
Tabella 14- Momento dei carichi nel tunnel interconnessione, tratto PdA Bussoleno a Val di Susa	42
Tabella 15 Caratteristiche cavo V1-T/5 e V2-T/6.....	43
Tabella 16 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane S.J. de Maurienne.....	46
Tabella 17- Momento dei carichi nel tunnel interconnessione, tratto Modane a S.J.de Maurienne.....	47
Tabella 18 Caratteristiche cavo V1-D/1 e V2-D/2.....	48
Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa	51
Tabella 20 Momento dei carichi nel tunnel base, tratto Modane a Val di Susa.....	52
Tabella 21 Caratteristiche cavo V1-D/3e V2-D/4.....	53
Tabella 22 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane S.J de Maurienne.....	56
Tabella 23 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa	57
Tabella 24- Caratteristiche cavo V1-D/1.1e V2-D/2.2	57
Tabella 25 Riepilogo potenze massime massima richiesta dalla discenderia smistamento di La Praz.....	60
Tabella 26-Riepilogo c.d.t. nel tratto S.J. de Maurienne a DS-02	61
Tabella 27- Caratteristiche cavo V1-D/1.1e V2-D/2.2	61

Tabella 28- Riepilogo potenze massime assorbite nella discenderia di Modane DS-03	64
Tabella 29- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susa DS-03.....	65
Tabella 30- Caratteristiche cavo V1-D/3.1e V2-D/2.4	65
Tabella 31- Riepilogo potenze massime assorbite dal galleria La Maddalena	68
Tabella 32- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susaa DS-04.....	69
Tabella 33- Caratteristiche cavo V1-D/3.1e V2-D/2.4	69
Tabella 34- Riepilogo potenze massime assorbite dal Pozzo di Avrieux	72
Tabella 35- Caratteristiche cavo V1-P1 V2-P2.....	73
Tabella 36- Riepilogo potenze assorbite Pozzo di Val Clarea.....	76
Tabella 37- Caratteristiche cavo V1-P3 e V2-P4.....	77
Tabella 38- Riepilogo potenze massime assorbite dalle cabine di raffreddamento.....	80
Tabella 39- Caratteristiche cavo V1-R1 V2-R2.....	81
Tabella 40- Riepilogo potenze massime assorbite dalle cabine ventilazione e antincendio sottese a DS-03.....	84
Tabella 41- Caratteristiche cavo D3-D/3.1. D3-D/4.2	85
Tabella 42- Tabella cavi riassuntiva.....	86

ISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 : Funzionamento normale:Schematico sistema di alimentazione.....	89
Figura 2 : Scenario1: Schematico sistema di alimentazione.....	90
Figura 3 : Scenario2:Schematico sistema di alimentazione.....	91
Figura 4 : Scenario3:Schematico sistema di alimentazione.....	92
Figura 5 : Scenario4:Schematico sistema di alimentazione.....	93
Figura 6 : Scenario5:Schematico sistema di alimentazione.....	94
Figura 7 : Scenario6:Schematico sistema di alimentazione.....	95

RESUME/RIASSUNTO

L'objectif du présent document est d'indiquer les modalités de projection, les indications et les prescriptions pour le dimensionnement des câbles électriques à moyenne tension HTA à utiliser pour les installations d'alimentation et d'éclairage dans la section galerie du Tunnel BASE de la liaison ferroviaire TURIN-LYON.

Le Tunnel BASE se développe entre les stations de St Jean de Maurienne (France) et Val di Susa (Italie).

La longueur totale du Tunnel entre les entrées est d'environ 57 kms.

Pour le Tunnel Base trois descenderies latérales sont prévues, nécessaires à la manutention et à l'urgence, qui s'appelleront comme les respectives localités où ils sortiront. De suite les localités, les kilomètres progressifs associés sont rapportés à les branches du tunnel avec les descenderies.

- St. Martin La Porte km 11+660 (lung. 2+320 km) ;
- La Praz km 20+529 (lung. 2+640 km);
- Modane km 32+799 (lung. 4+100km);
- Galleria La Maddalena km 47+997 (lung. 7+133 km).

En outre seront réalisées deux puits verticales et une galerie verticale pour l'extraction des fumées :

- Pozzi Avrieux (~32314 rif.to al Tunnel base) ;
- Discenderia ventilazione Val Clarea km 47+997 (lung. 4+577km) ;

Pour le Tunnel BASE trois Postes d'Alimentation HTB/ HTA (PdA) sont prévus:

- St. Jean de Maurienne;
- Modane;
- Val di Susa

Le Tunnel d'interconnexion est situé entre le centre ferroviaire de Val de Susa et la Gare de Bussoleno. Le tunnel d'interconnexion sera

Scopo del presente documento è quello di indicare le modalità di progettazione, le indicazioni e le prescrizioni per il dimensionamento dei cavi elettrici di media tensione MT da utilizzarsi per gli impianti di alimentazione e illuminazione nella tratta in galleria del Tunnel BASE del collegamento ferroviario TORINO-LIONE.

Il Tunnel BASE si sviluppa tra le stazioni di St Jean de Maurienne (Francia) ed il piazzale di Val di Susa. La lunghezza complessiva del Tunnel tra gli imbocchi è di circa 57 km.

Per il Tunnel Base sono previste quattro discenderie laterali, necessarie alla manutenzione e all'emergenza, che prendono il nome delle località in cui trovano sbocco.

Di seguito sono elencate le suddette località, le progressive chilometriche associate sono riferite all'innesto del Tunnel con le discenderie.

- St. Martin La Porte km 11+660 (lung. 2+320 km) ;
- La Praz km 20+529 (lung. 2+640 km);
- Modane km 32+799 (lung. 4+100km);
- Galleria La Maddalena km 47+997 (lung. 7+133 km).

Inoltre saranno realizzati due pozzi verticali ed una galleria dedicati all'estrazione fumi:

- Pozzi Avrieux (~32314 rif.to al Tunnel base) ;
- Discenderia ventilazione Val Clarea km 47+997 (lung. 4+577km) ;

Per il Tunnel BASE sono previsti tre Posti di Alimentazione AT/MT (PdA):

- St. Jean de Maurienne;
- Modane;
- Val di Susa

Il Tunnel di Interconnessione si sviluppa fra il piazzale di Val di Susa e la stazione di Bussoleno. La sua lunghezza complessiva è pari a circa 2 km.

Il Tunnel di interconnessione è alimentato solo dal PdA di Val di Susa. Solamente nel caso in cui il PdA di Val di Susa è fuori servizio, il Tunnel di Interconnessione sarà alimentato dalla cabina MT di riserva di Bussoleno.

d'une longueur d'environ 2 kms.

Le Tunnel de Connexion est alimenté par le PDA de Val di Susa. Seulement en cas d'urgence le Tunnel de Connexion sera alimenté par la cabine HTA de Bussoleno.

Des dorsales en câble Moyenne Tension sont prévues dans les deux galeries V1-T et V2-T et chacune sera en mesure d'alimenter la totalité de l'installation sous-tendue.

En particulier trois types de dorsale sont prévus pour chaque galerie:

- Dorsale MT pour alimentation cabines MT /BT branche technique;
- Dorsale MT pour alimentation cabines MT/BT descenderies, galerie Maddalena et ventilation Val Clarea.
- Dorsale MT pour alimentation installation de refroidissement V1-R/1... e V2-R/2

Ci-après, pour chacune des dorsales décrites seront illustrés les calculs de dimensionnement sur la base de la chute maximum de tension admissible (5%), effectués avec la méthode des moments. Sera également illustrée la vérification des lignes sur la base de la température maximum d'exercice admissible des câbles qui constituent les lignes.

Sono previste due dorsali in cavo Media Tensione in entrambe le gallerie V1-T/... e V2-T/... ed ognuna di essi sarà in grado di alimentare l'intero impianto sotteso.

In particolare sono previste tre tipi di dorsale per il Tunnel di Base:

- Dorsale MT per alimentazione cabine MT/bt ramo tecnico V1-T/... e V2-T/...;
- Dorsale MT per alimentazione cabine MT/bt discenderie, galleria La Maddalena
- Dorsale MT per alimentazione impianto di raffreddamento V1-R/1... e V2-R/2

Di seguito si illustreranno per ognuna delle dorsali descritte ora, i calcoli di dimensionamento in base alla massima caduta di tensione ammissibile (5%), eseguito con il metodo dei momenti. Si illustrerà inoltre, la verifica delle stesse linee in base alla massima temperatura di esercizio ammissibile dai cavi che costituiscono le linee.

1. Documentazione di riferimento

Alla base del progetto sono state utilizzate le norme italiane, europee ed internazionali. Inoltre sono stati presi a riferimento i documenti base LTF, che descrivono la normativa adottabile per il progetto del collegamento ferroviario Torino-Lione.

1.1 Leggi e decreti circolari

Legge, decreto, circolare	Oggetto
B[1]. DLvo 81 del 9/04/08	“Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 133 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”
B[2]. DLvo 106 del 3/08/09	“Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
B[3]. L. 1/3/1968, n. 186	“Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”
B[4]. L. 18/10/77, n. 791	Direttiva per il materiale elettrico di bassa tensione”
B[5]. DM 37/08 del 22/01/08	Regolamento concernente l’attuazione dell’articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”

1.2 Norme CEI (COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO) EN

Norma	Oggetto
C[1]. CEI EN 50119	Applicazioni ferroviarie , tranviarie, filotranviarie, metropolitane. Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica
C[2]. CEI EN 50122-1	Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra.
C[3]. CEI EN 50122-2	Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate dai sistemi di trazione a corrente continua.
C[4]. CEI EN 50163	Applicazioni ferroviarie- Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione
C[5]. CEI EN 50124-1	Applicazioni ferroviarie , tranviarie, filotranviarie, metropolitane. Coordinamento degli isolamenti. - Parte 1: Requisiti base, distanze in aria e distanze superficiali per tutta l’apparecchiatura elettrica e elettronica.
C[6]. CEI EN 50124-1	Applicazioni ferroviarie , tranviarie, filotranviarie, metropolitane. Coordinamento degli isolamenti. - Parte 2: Sovratensioni e relative protezioni.
C[7]. CEI EN 60076-1	Trasformatori di potenza - Parte 1: Generalità
C[8]. CEI EN 60076-2	Trasformatori di potenza - Parte 2: Riscaldamento
C[9]. CEI EN 60129	Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata e a tensione superiore a 1000 V
C[10]. CEI EN 62271 - 200	Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV.
C[11]. CEI EN 60439-1	Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri bt), parte 1: prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS).
C[12]. CEI EN 50522	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
C[13]. CEI EN 60439-3	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri bt), parte 3: prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad esser installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso. Quadri di distribuzione (ASD)
C[14]. CEI EN 60420	Interruttori di manovra e interruttori-sezionatori combinati con fusibili ad

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Norma	Oggetto
	alta tensione per corrente alternata.
C[15]. CEI EN 60898	Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari (per tensione nominale non superiore a 415 V in corrente alternata).
C[16]. CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
C[17]. CEI EN 61936 - 1	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
C[18]. CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. (parte 1÷7)
C[19]. CEI 11-4	Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne
C[20]. CEI 11-17	Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica; linee in cavo.
C[21]. CEI 11-18	Impianti di produzione, trasporto e distribuzione elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni.
C[22]. CEI 20-13	Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
C[23]. CEI 20-22	Cavi elettrici non propaganti l'incendio.
C[24]. CEI 20-35	Prove sui cavi elettrici sottoposti a fuoco parte I: prova di non propagante della fiamma su singolo cavo verticale.
C[25]. CEI 20-37	Cavi elettrici prove sui gas emessi durante la combustione.
C[26]. CEI 20-38	Cavi isolati con guaina non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte I: tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV.
C[27]. CEI 20-38/2	Cavi isolati con gomma non propagante incendio a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 2: tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV.
C[28]. Tab. CEI-UNEL 35028/2	Cavi di energia per tensione nominale U superiore ad 1 kV con isolante elastometrico – Portate di corrente in regime permanente – Posa in aria.
C[29]. Tab. CEI-UNEL 35029/2	Cavi di energia per tensione nominale U superiore ad 1 kV con isolante termoplastico – Portate di corrente in regime permanente – Posa interrata.

2. Descrizione del territorio e delle opere

2.1 Caratteristiche descrittive dell'opera

L'opera in oggetto si articola in due Tunnel, il Tunnel Base e il Tunnel Interconnessione. Il primo ha uno sviluppo di circa 57,3 km, con le seguenti caratteristiche principali: (vedi doc. PD2-C2B-TS3-0873-0-PA-PLA "Schema elettrico generale rete 20kV/ Schéma électrique général 20kV):

- Galleria a doppia canna e singolo binario, dal km 3+856 al km 62+205;
- Collegamenti tra le due canne (Rami tecnici), posti all'incirca ogni 330-335 m nel tratto di galleria a doppia canna;
- Discenderia di Saint Martin le Porte, km 11+600, lunghezza tunnel circa 2,3 km;
- Discenderia di La Praz, km 20+589, lunghezza tunnel circa 2,7 km;
- Discenderia di Modane, km 32+799, lunghezza tunnel circa 4,2 km;
- Discenderia Val Clarea km 47+997, lunghezza tunnel circa 7,1 km (Galleria La Maddalena);
- Pozzo di Avrieux, km 32+314, lunghezza pozzo verticale circa 0.6 km;
- Pozzo di Val Clarea, km 47+997, lunghezza tunnel circa 4,6 km;

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Il Tunnel di Interconnessione ha uno sviluppo di circa 2 km ed è compreso nel tratto che va da Val di Susa a Bussoleno.

Alcune delle cabine dei rami tecnici saranno chiamate ad alimentare i ventilatori longitudinali, la cui funzione sarà creare una corrente d'aria in modo da smaltire i fumi che si generano in caso di emergenza e di mettere in pressione la canna del Tunnel non incendiata.

Per il dimensionamento delle dorsali del Tunnel, si è tenuto conto dello scenario in caso di sinistro, che impone il funzionamento dei ventilatori ubicati agli imbocchi delle due canne.

2.2 Descrizione delle dorsali di alimentazione

Nelle presente relazione di calcolo, saranno dimensionati i seguenti cavi MT:

- **Dal PdA di S.J. De Maurienne al PdA di Modane**
 - **V1-T/1:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V1, che alimenterà tutte le cabine MT/bt di ramo tecnico e le cabine MT/bt degli impianti meccanici posti all'imbocco ovest del Tunnel Base;
 - **V2-T/2:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V2, che alimenterà tutte le cabine MT/bt di ramo tecnico e le cabine MT/bt degli impianti meccanici posti all'imbocco ovest del Tunnel Base;
 - **V1-D/1:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V1: che alimenterà le cabine smistamento discenderia MT/bt di St. Martin le Porte, di La Praz, le cabine di ventilazione e raffrescamento poste all'esterno della discenderia di Modane.
 - **V2-D/2:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V2: che alimenterà le cabine smistamento discenderia MT/bt di St. Martin le Porte, di La Praz, le cabine di ventilazione e raffrescamento poste all'esterno della discenderia di Modane.

- **Dal PdA di Modane al PdA di Val di Susa**
 - **V1-T/3:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V1: che alimenterà tutte le cabine MT/bt di ramo tecnico e le cabine MT/bt degli impianti meccanici posti all'imbocco Est del Tunnel Base;
 - **V2-T/4:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V2: che alimenterà tutte le cabine MT/bt di ramo tecnico e le cabine MT/bt degli impianti meccanici posti all'imbocco Est del Tunnel Base;
 - **V1-D/3:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V1: che alimenterà le cabine di smistamento discenderia MT/bt di Modane e di Val Clarea.
 - **V2-D/4:** linea trifase a Media Tensione 20kV, posata nella galleria V2: che alimenterà le cabine di smistamento discenderia MT/bt di Modane e di Val Clarea.

- **Derivazione discenderie**
 - **V1-D/1.1:** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Saint Martin le Porte, posata nella galleria discenderia Saint Martin le Porte, alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa discenderia;
 - **V2-D/2.2:** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Saint Martin le Porte, posata nella galleria discenderia Saint Martin le Porte, alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa discenderia;

- **VI-D/1.3:** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di La Praz, posata nella galleria discenderia La Praz alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa discenderia;
- **V2-D/2.4:** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di La Praz, posata nella galleria discenderia La Praz alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa discenderia;
- **VI-D/3.1:** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria discenderia Modane, alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa discenderia;
- **V2-D/4.2:** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria discenderia Modane alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa discenderia;
- **VI-D/3.3:** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Val Clarea, posata nella galleria La Maddalena, alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa galleria;
- **V2-D/4.4:** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Val Clarea, posata nella galleria La Maddalena, alimenterà tutte le cabine MT/bt lungo la stessa galleria;

- **Pozzi ventilazione di Avrieux e Val Clarea**
 - **VI-PV/1** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria V1 per l'alimentazione della cabina PV-01 Cab. Ventilazione Pozzo Avrieux Esterno.
 - **V2-PV/2** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria V2 per l'alimentazione della cabina PV-01 Cab. Ventilazione Pozzo Avrieux Esterno.
 - **VI-PV/3** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria V1 per l'alimentazione della cabina PV-02 Cab. Ventilazione Pozzo Val Clarea.
 - **VI-PV/4** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria V2 per l'alimentazione della cabina PV-02 Cab. Ventilazione Pozzo Val Clarea.

- **Impianto di raffrescamento interno.**
 - **VI-R/1** linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria V1 per Raffrescamento interna.
 - **VI-R/2** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, derivata dalla cabina di smistamento discenderia di Modane, posata nella galleria V2 per Raffrescamento interna.

- **Dal PdA di Val di Susa al PdA in MT di Bussoleno**

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

- **V1-T/5**: linea trifase L1 in Media Tensione 20kV, posata nella galleria V1, che alimenterà il Tunnel Interconnessione e tutte le cabine MT/bt degli impianti meccanici posti all'imbocco Est del Tunnel di Interconnessione;
- **V2-T/6** linea trifase L2 in Media Tensione 20kV, posata nella galleria V2, che alimenterà il Tunnel Interconnessione e tutte le cabine MT/bt degli impianti meccanici posti all'imbocco Est ed Ovest del Tunnel di Interconnessione;

3. Caratteristiche funzionali

3.1 Tipologie ed impiego dei cavi

I cavi oggetto di questo dimensionamento saranno utilizzati per la distribuzione di energia elettrica in MT. Essi saranno impiegati anche per permettere l'allaccio dei punti di trasformazione MT alla rete di distribuzione dell'energia elettrica dell'ente fornitore e per permettere il collegamento tra i quadri di MT ed i trasformatori MT / BT.

Il sistema trifase di MT nelle varie cabine MT/bt ha le seguenti caratteristiche elettriche nominali:

3.2 Dati elettrici del Sistema

- Tensione nominale: 20kV
- Frequenza nominale: 50Hz
- Sistema: 3 fasi con neutro messo a terra
tramite impedenza
- Tensione di isolamento: 24kV

I cavi impiegati saranno cavi unipolari di tipo CEI UNEL RG7H1M1, ossia cavi unipolari con corda rotonda compatta di rame rosso, isolato con miscela di gomma ad alto modulo G7, schermo a fili di rame rosso, guaina esterna in PVC, con tensione U_0/U pari a 12/20 kV.

3.3 Tipi di posa

Le condizioni generiche di posa dei cavi potranno essere le seguenti:

- In aria libera;
- In canale interrato;
- In tubo interrato;
- Interrato con protezione.

3.4 Caratteristiche elettriche del cavo MT

I cavi MT da impiegare nei sistemi indicati ai punti precedenti, avranno le seguenti caratteristiche elettriche generali:

- Tensione di isolamento U_0 / U : 12/20 kV
- Formazione: Unipolare
- Sezioni: 70 ÷ 240 mm²
- Max temperatura del conduttore: 105° C
- Max temperatura di Corto-Circuito: 300° C
- Max temperatura di sovraccarico: 140° C

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

- Costante K di cortocircuito a 300° C: 152
- Temperatura minima di posa: 0°C

- Comportamento al fuoco:
 - IEC 60332-1 (CEI 20-35): non propagante la fiamma;
 - IEC 60332-3C (CEI 20-22 III CAT C) non propagante l'incendio.

Quindi, i cavi impiegati saranno cavi unipolari di tipo CEI UNEL RG7H1M1-12/20 kV, ossia:

- **R**: cavi unipolari con corda rotonda compatta di rame rosso, con semiconduttore interno in elastomerico estruso;
- **G7**: isolante in miscela di gomma ad alto modulo, semiconduttore esterno in elastomerico estruso pelabile a freddo;
- **H1**: schermatura a fili di rame rosso;
- **M1**: guaina esterna termoplastica a basso sviluppo di fumi e gas tossici corrosivi; 12/20kV: tensione U_0/U .

4. Dimensionamento cavi MT

4.1 Generalità

Il cavo MT viene dimensionato in modo che esso sia in grado di resistere alle sollecitazioni termiche in caso di c.to c.to.

4.1.1 Sezione minima del cavo

I cavi sono stati dimensionati alla portata, al corto circuito ed alla temperatura di funzionamento.

Per il dimensionamento al corto circuito si è utilizzata la formula della sezione minima, derivata dall'integrale di joule:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Da dove si ottiene:

$$S \geq (I_{cc} \cdot \sqrt{t}) / K$$

Dove:

- **S**: sezione in mm²;
- **I_{cc}**: corrente di cc in ampere;
- **t**: tempo di permanenza del corto circuito in s (tempo di intervento delle protezioni);
- **K**: costante di corto circuito. Si ottiene dalla tabella 2.2.02 della norma C[20] CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica; linee in cavo". Assumiamo i valori dei cavi isolati in gomma, con temperatura di esercizio 90°C e temperatura di Corto-Circuito di 250°C, risulta K=143;

4.1.2 Portata del cavo

Per il dimensionamento in corrente la portata del cavo è stata declassata considerando un coefficiente pari a 0.8 per tener conto delle condizioni di posa.

4.1.3 Temperatura del cavo

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si è utilizzata la seguente formula:

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a$$

Dove:

- **Tf:** temperatura di funzionamento;
- **In** corrente nominale di linea A;
- **Iz:** portata nominale del cavo A;
- **N:** numeri di conduttori per fase;
- **Te:** temperatura di esercizio;
- **Ta:** temperatura ambiente;

4.1.4 Caduta di Tensione

Viene fissato al 5% il valore di caduta di tensione nella configurazione di emergenza dell'impianto, per limitare l'abbassamento di tensione lato b.t..

Il calcolo viene effettuato in due modi a seconda del tipo di derivazione del carico.

4.1.4.1 Carico distribuito sulla linea

Per le linee MT che alimentano le cabine ramo tecnico (denominate "T"), viene utilizzato il metodo del momento dei carichi elettrici.

$$\begin{aligned} M_c &= \sum P_n * l_n \\ L_{eq} &= M_c / P_{tot} \end{aligned}$$

Dove:

- **Mc:** momento dei carichi elettrici kVA*km;
- **Pn** potenze nominali kVA;
- **ln:** lunghezze nominali dal punto di alimentazione in km;
- **Ptot:** Potenza totale tratta in kVA;
- **Leq:** lunghezza equivalente in km.

Trovata così la lunghezza equivalente della linea si calcola la c.d.t. con la seguente relazione:

$$DV = I * l_{eq} * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

4.1.4.2 Carico puntuale sulla linea

Per le linee MT che alimentano le cabine discenderia (denominate "D"), o carichi terminali di linea viene calcolato per ogni tratto di linea il valore della c.d.t., e ricalcolata la corrente di linea con il valore di tensione nominale abbattuto della c.d.t..

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

5. Riepilogo Cabine

Tabella 1 – Elenco Cabine

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFO [kVA]
PDA SAINT JEAN DE MAURIENNE						
1	PE1-01	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA DEPOSITO OFFICINA	111,00	111,00	250,00
2	PE1-02	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt PCC	823,00	823,00	1250,00
3	PE1-03	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt - PM	392,00	392,00	400,00
4	PE1-04	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt - AI AREA DI SICUREZZA	170,00	258,00	400,00
IMBOCCO OVEST - TUNNEL BASE						
5	II-01	3+856	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO IMB. OVEST TUNNEL BASE	170,00	258,00	400,00
TUNNEL BASE						
6	C01-T03-R1	4+476	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	616,00	1250,00
7	C02-T06-R1	5+478	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	616,00	1250,00
8	C03-T10-R1	6+475	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
9	C04-T14-R1	7+787	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
10	C05-T18-R1	9+119	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
11	C06-T22- R1+R2	10+437	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
12	DS-01	11+600	SAINT MARTIN CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
13	D1-01	11+600	SAINT MARTIN CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO - TUNNEL	170,00	270,00	400,00
14	D1-02	0+200 (DIS)	DISCENDERIA SAINT MARTIN CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
15	D1-03	1+800 (DIS)	DISCENDERIA SAINT MARTIN CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
16	D1-04	2+320 (DIS)	PIAZZALE SAINT MARTIN CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	112,00	86,00	250,00
			PIAZZALE SAINT MARTIN CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6kV	2125,00	2125,00	2500,00
1	C07-T26-R1	11+765	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
2	C08-T30-R1	13+097	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
3	C09-T34-R1	14+429	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
4	C10-T38-R1	15+761	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
5	C11-T42-R1	17+093	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

6	C12-T46-R2	18+421	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
7	C13-T50-R1	19+747	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
8	DS-02	20+589	LA PRAZ CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
9	D2-01	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE TUNNEL	263,00	263,00	400,00
10	D2-02	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt ANTINCENDIO TUNNEL	183,00	1345,00	1500,00
11	D2-03	0+550(D IS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
12	D2-04	2+150 (DIS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
13	D2-05	2+640 (DIS)	PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	126,00	99,00	250,00
			PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6KV	5700,00	5700,00	6300,00
14	C14-T53-R1	21+429	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
15	C15-T57-R1	22+761	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
16	C16-T61-R1	24+093	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
17	C17-T65-R1	25+425	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
18	C18-T69-R1-2	26+757	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
19	C19-T73-R1	28+082	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
20	C20-T77-R1	29+405	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
21	C21-T81-R1	30+350	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
22	C22-T85-R1	31+385	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
23	DS-03	32+799	MODANE CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	208,00	208,00	500,00
24	D3-01	4+100(DI S)	PIAZZALE MODANE CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA	118,00	118,00	250,00
25	D3-02	4+100(DI S)	PIAZZALE MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - ESTERNO DISCENDERIA	414,00	30,00	500,00
26	D3-03	32+799	MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - INTERNO TUNNEL - AUX E CARICHI BT	740,00	54,00	800,00
			MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - INTERNO TUNNEL - CARICHI 6 kV	5625,00	0,00	6300,00
27	D3-04	32+799	MODANE CABINA MT/bt VENTILAZIONE INTERNO TUNNEL	223,00	223,00	400,00
28	D3-05	32+799	MODANE CABINA MT/bt ANTINCENDIO - TUNNEL	220,00	1395,00	1500,00
29	D3-06	0+250(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
30	D3-07	1+850(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
31	D3-08	3+450(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

32	PV-01	32+314	AVRIEUX CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - AUX BT	89,00	70,00	250,00
			AVRIEUX CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - CARICHI 6 kV	6800,00	6800,00	80000,00
33	C23-T86-R1	32+849	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
34	C24-T92-R1	33+848	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
35	C25-T96-R1	35+180	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
36	C26-T100-R1	36+512	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
37	C27-T104-R1	37+844	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
38	C28-T108-R1	39+176	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
39	C29-T112-R1	40+508	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
40	C30-T116-R1-2	41+839	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
41	C31-T120-R1	43+167	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
42	C32-T124-R1	44+495	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
43	C33-T128-R1	45+825	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
44	C34-T132-R1	47+157	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
45	DS-04	47+997	VAL CLAREA CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
			VAL CLAREA CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - AUX BT	95,00	76,00	250,00
46	PV-02	4+577 (DIS)	VAL CLAREA CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - CARICHI 6kV	4000,00	4000,00	6300,00
47	D4-01	47+997	VAL CLAREA CABINA MT/bt VENTILAZIONE - TUNNEL	188,00	188,00	250,00
48	D4-02	47+997	VAL CLAREA CABINA MT/bt ANTINCENDIO - TUNNEL	220,00	1395,00	1500,00
49	D4-03	0+200(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt TUNNEL DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
50	D4-04	1+800(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
51	D4-05	3+400(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
52	D4-06	5+000(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
53	D4-07	6+600 (CUN)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
54	D4-08	7+133(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt - VENTILAZIONE ESTERNA	78,00	70,00	250,00
55	C35-T134-R1-2	48+506	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
56	C36-T138-R1	49+838	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
57	C37-T142-R1	51+170	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
58	C38-T146-R1	52+502	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
59	C39-T150-R1	53+834	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
60	C40-T154-R1-2	55+166	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
61	C41-T158-R1	56+498	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

62	C42-T162-R1	57+816	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
63	C43-T110-R1	59+136	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	400,00
64	C44-T170-R1	60+463	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	616,00	800,00
IMBOCCO EST - TUNNEL BASE						
65	I2-02	61+100	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt VENTILAZIONE IMB. EST TUNNEL BASE	70,00	530	800,00
66	I2-03	61+205	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO IMB. EST TUNNEL BASE	258,00	383,00	400,00
67	PE2-01	62+362	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt AI AREA DI SICUREZZA IMB. EST TUNNEL BASE	90,00	215,00	250,00
68	PE2-02	62+520	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt FSA IMB.OVEST TUNNEL INTERCONNESSIONE	678,00	678,00	800,00
69	PE2-03	62+700	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt PCC IMB.OVEST TUNNEL INTERCONNESSIONE	735,00	735,00	1250,00
IMBOCCO OVEST - TUNNEL INTERCONNESSIONE						
70	I3-03	63+810	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO IMB.OVEST TUNNEL INTERCONNESSIONE	383,00	583,00	630,00
IMBOCCO EST - TUNNEL INTERCONNESSIONE						
71	I4-01	1+926 (T. INT)	BUSSOLENO CABINA MT/bt ANTINCENDIO IMB. EST TUNNEL INTERCONNESSIONE	233,00	245	500,00

È da tener presente, che nel dimensionamento dei cavi MT denominati “V1-T/1” e “V2-T/2” occorre tener conto dei carichi del piazzale di S. J. de Maurienne che potrà essere rialimentato riconfigurando il QMT-SJM-20kV con alimentazione dal PdA di Modane linea V1-T/1 oppure V2-T/2.

Analogamente lo stesso discorso vale nel dimensionamento dei cavi “V1-T/3” e “V2-T/4” in quanto occorre considerare le cabine del piazzale di Val di Susa quando il quadro QMT-VDS-20kV è riconfigurato in maniera tale da ricevere l'alimentazione dal PdA di Modane, tramite le linee a 20 kV, “V1-T/3” e “V2-T/4”.

6. Condizioni di calcolo relative ai diversi scenari

6.1 Generalità

Come già ricordato il Tunnel di Base sarà alimentato, in condizione di funzionamento normale da tre PdA;

- il PdA di S.J de Maurienne alimenterà il tratto del Tunnel fino a Modane (lato Ovest Tunnel Base) e il proprio piazzale;
- il PdA di Modane alimenterà il tratto del Tunnel fino a Val di Susa (lato Est Tunnel Base);
- il PdA di Val di Susa alimenterà il tunnel di interconnessione fino a Bussoleno, ed il proprio piazzale.

Mentre il PdA di Bussoleno, alimenterà in condizioni di emergenza il tunnel interconnessione e in condizioni normali il proprio piazzale.

Per il dimensionamento delle dorsali a 20 kV, sono stati considerati degli scenari di funzionamento al fine di dimensionare la massima potenza assorbita nelle condizioni di funzionamento normale e di emergenza. (emergenza sulle dorsali e PdA fuori servizio)

Per la descrizione dettagliata di tali scenari si rimanda al doc. PD2-C2B-TS3-0972-0-PA-NOT Relazione tecnica descrittiva generale distribuzione MT-BT Tunnel (per comodità di lettura del presente documento, in allegato sono riportati gli schematici dei diversi scenari).

Nel paragrafo successivo, sono descritti brevemente i scenari.

6.2 Condizioni di calcolo relative agli scenari

6.2.1 *Situazione Normale*

Nella situazione di normale esercizio, entrambi i tunnel verranno così alimentati:

- PdA S. J. de Maurienne alimenta il Tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- PdA Modane alimenta il Tunnel Base fino a Val di Susa;
- PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- PdA in MT di Bussoleno alimenta il proprio piazzale;

6.2.2 *1° Scenario-Fuori servizio PdA di Modane ed emergenza lato Est Tunnel di Base*

In queste condizioni il sistema sarà riconfigurato in maniera tale da alimentare i due tunnel come di seguito descritto:

- PdA S. J. de Maurienne alimenta il Tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- PdA Modane fuori servizio (raffrescamento fuori servizio in emergenza);

- PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il piazzale di Bussoleno il Tunnel di Base fino a Modane ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- Cabina MT di Bussoleno riserva;

6.2.3 2° Scenari o - Fuori servizio PdA di Modane ed emergenza lato Ovest Tunnel di Base

In queste condizioni il sistema sarà riconfigurato in maniera tale da alimentare il tunnel come di seguito descritto:

- PdA S. J. de Maurienne alimenta il Tunnel Base fino a Modane, e il proprio piazzale;
- PdA Modane fuori servizio (raffrescamento fuori servizio in emergenza);
- PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il piazzale di Bussoleno il Tunnel di Base fino a Modane ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- Cabina MT di Bussoleno riserva;

6.2.4 3° Scenario - Fuori servizio PdA S.J. de Maurienne ed emergenza lato Est Tunnel di Base

In queste condizioni il sistema sarà riconfigurato in maniera tale da alimentare il tunnel come di seguito descritto:

- PdA S. J. de Maurienne fuori servizio
- PdA Modane alimenta il tunnel Base fino al Piazzale di S. J. de Maurienne
- PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il piazzale di Bussoleno il Tunnel di Base fino a Modane ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- Cabina MT di Bussoleno riserva;

6.2.5 4° Scenario - Fuori servizio PdA Val di Susa ed emergenza lato Ovest Tunnel di Base

In queste condizioni il sistema sarà riconfigurato in maniera tale da alimentare il tunnel come di seguito descritto:

- PdA S. J. de Maurienne alimenta il Tunnel Base fino a Modane ed il proprio piazzale;
- PdA Modane alimenta il Tunnel Base fino al Piazzale di Val di Susa;
- PdA Val di Susa fuori servizio;
- Cabina MT di Bussoleno alimenta il proprio piazzale ed il Tunnel Interconnessione;

6.2.6 5° Scenario - Fuori servizio cabina MT Bussoleno ed emergenza Tunnel Interconnessione

In queste condizioni il sistema sarà riconfigurato in maniera tale da alimentare il tunnel come di seguito descritto:

- PdA S. J. de Maurienne alimenta il Tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- PdA Modane alimenta il Tunnel Base fino a Val di Susa;
- PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il piazzale di Bussoleno ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;

- Cabina MT di Bussoleno fuori servizio;

6.2.7 6° Scenario Fuori servizio PdA Val di Susa ed emergenza Tunnel Interconnessione

In queste condizioni il sistema sarà riconfigurato in maniera tale da alimentare il tunnel come di seguito descritto:

- PdA S. J. de Maurienne alimenta il Tunnel Base fino a Modane ed il proprio piazzale.
- PdA Modane alimenta il Tunnel Base fino al Piazzale di Val di Susa
- PdA Val di Susa fuori servizio;
- Cabina MT di Bussoleno alimenta il proprio piazzale ed il Tunnel Interconnessione;

Nelle tabelle successive si riportano le potenze in gioco durante il funzionamento normale e dei relativi scenari descritti in precedenza, per ogni PdA

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 2 – Riepilogo potenze (espresse in kVA), PdA S. J. de Maurienne

SCENARI	San Jean de Maurienne							
	TOTALE	TUNNEL BASE					PIAZ. S.J.M.	
		V1-T/1	V2-T/2	V1-D/1	V2-D/2	AUX	PE1-01	PE1-02
FUNZIONAMENTO NORMALE	13575	2237	R.C.	9739	R.C.	103	1496	R.C.
1° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	17416	G	5165	G	10564	103	G	1584
2° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	17416	R.C.	5165	R.C.	10564	103	R.C.	1584
3° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SAINT JEAN DE MAURIENNE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	0	G	G	G	G	G	G	G
4° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	17416	R.C.	5165	R.C.	10564	103	R.C.	1584
5° SCENARIO - FUORI SERVIZIO BUSSOLENO - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	17416	R.C.	5165	R.C.	10564	103	R.C.	1584
6° SCENARIO - FUORI SERVIZIO VAL DI SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	17416	R.C.	5165	R.C.	10564	103	R.C.	1584

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 3– Riepilogo potenze (espresse in kVA), PdA Modane

SCENARI	Modane																	
	TOTALE	PIAZ. S.J.M. (1)		TUNNEL BASE											PIAZZALE VAL DI SUSÀ (2)			
		PE1-01	PE1-02	AUX	V1-T/1	V2-T/2	V1-D/1	V2-D/2	V1-T/3	V2-T/4	V1-D/3	V2-D/4	V1-R/1	V2R/1	PE2-01	PE2-02	PE2-03	PE2-04
FUNZIONAMENTO NORMALE	21536	0	0	103	0	0	0	0	R.C.	2395	R.C.	12673	6365	R.C.	0	0	0	0
1° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	0	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	0	G	G	G	G	G
2° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	0	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SAINT JEAN DE MAURIENNE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	17416	G	1584	103	G	5165	G	10564	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	22119	0	0	103	0	0	0	0	G	5357	G	15031	0	0	0	215	0	1413
5° SCENARIO - FUORI SERVIZIO BUSSOLENO - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	20491	0	0	103	0	0	0	0	R.C.	5357	R.C.	15031	0	0	0	0	0	0
6° SCENARIO - FUORI SERVIZIO VAL DI SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	22119	0	0	103	0	0	0	0	R.C.	5357	R.C.	15031	0	0	0	215	0	1413

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 4 – Riepilogo potenze (espresse in kVA), PdA Val di Susa.

SCENARI	Val di Susa											
	Val di Susa	TUNNEL BASE				TUNNEL INTERCONNESSIONE			PIAZZ. SUSÀ.			
		V1-T/3	V2-T/4	V1-D/3	V2D/4	V1-T/5	V2-T/6	AUX	PE2-01	PE2-02	PE2-03	PE2-04
FUNZIONAMENTO NORMALE	2187	0	0	0	0	616	R.C.	68	90	R.C.	1413	R.C.
1° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	22912	5357	R.C.	15031	R.C.	828	R.C.	68	215	R.C.	1413	R.C.
2° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	22912	G	5357	G	15031	828	R.C.	68	0	215	1413	R.C.
3° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SAINT JEAN DE MAURIENNE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	22912	R.C.	5357	R.C.	15031	828	0	68	215	R.C.	1413	R.C.
4° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	0	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
5° SCENARIO - FUORI SERVIZIO BUSSOLENO - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	2524	0	0	0	0	G	828	68	0	215	0	1413
6° SCENARIO - FUORI SERVIZIO VAL DI SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	0	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 5– Riepilogo potenze(esprese in kVA), PdA Bussoleno.

SCENARI	Bussoleno			
	TOTALE	TUNNEL Interconnessione		
		V1-T/5	V2-T/6	AUX
FUNZIONAMENTO NORMALE	45	0	0	45
1° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	45	0	0	45
2° SCENARIO - FUORI SERVIZIO MODANE - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	45	0	0	45
3° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SAINT JEAN DE MAURIENNE - EMERGENZA V1 (V2) LATO OVEST TUNNEL BASE	45	0	0	45
4° SCENARIO - FUORI SERVIZIO SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) LATO EST TUNNEL BASE	873	R.C	828	45
5° SCENARIO - FUORI SERVIZIO BUSSOLENO - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	0	G	G	G
6° SCENARIO - FUORI SERVIZIO VAL DI SUSÀ - EMERGENZA V1 (V2) TUNNEL INTERCONNESSIONE	873	G	828	45

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

NOTA (1):

Il piazzale di S. J. de Maurienne potrà essere rialimentato riconfigurando il QMT-SJM-20kV con alimentazione dal PdA di Modane linea V1-T/1 oppure V2-T/2.

NOTA (2):

Il piazzale di Val di Susa potrà essere rialimentato riconfigurando il QMT-VDS-20kV con alimentazione dal PdA di Modane linea V1-T/3 oppure V2-T/4.

0	POTENZA NON IMPEGNATA
V1-T/..	CANNA "V1" - LINEA "T" (TUNNEL) - N.°
V2-T/..	CANNA "V2" - LINEA "T" (TUNNEL) - N.°
V1-D/..	CANNA "V1" - LINEA "D" (DISCENDERIA) - N.°
V2-D/..	CANNA "V2" - LINEA "D" (DISCENDERIA) - N.°
P..	PIAZZALE "P" - N.°

NOTE

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Nelle diverse configurazione degli scenari, si evidenziano in grassetto per il tunnel Base e di Interconnessione i seguenti valori di potenza massima transitante nelle linee:

Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel.

LINEA MT IN GALLERIA	POTENZA NORMALE (kVA)	POTENZA IN CASO DI EMERGENZA (kVA)	SCENARIO
PdA Saint Jean de Maurienne	13575	17416	1°-2°-4°-5°-6°
PdA di Modane	21536	22119	4°-6°
PdA di Val di Susa	2187	22912	1°-2°-3°
PdA di Bussoleno	45	873	4°-6°
V2-T/2 - V1-T/1	2237	6852	3°
V2-T/4 - V1-T/3	2395	7053	4°-6°
V2-T/6 - V1-T/5	616	828	4°-6°
V2-D/2 - V1-D/1	9739	10564	1°-2°-4°-5°-6°
V1-D/3 - V2-D/4	12673	15031	4°-5°-6°

Le potenze così indicate saranno considerate per il dimensionamento delle dorsali.

Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (esprese in kVA)

LINEA MT "DERIVATA"	POTENZA NORMALE (kVA)	POTENZA IN CASO DI EMERGENZA (kVA)	SCENARIO
V1-P1 (V2-P2) Pozzo di Avrieux	6889	6870	N
V1-P3 (V2-P4) Pozzo di Val Clarea	4095	4076	N
V1-R1 (V2-R2) Raffrescamento Galleria Modane	6365	54	N
V1-D/1.1 (V2-D/2.2) Tunnel Discenderia S. M la Porte	2333	2307	N
V1-D/1.3 (V2-D/2.4) Tunnel Discenderia La Praz	5922	5895	N
V1-D/3.1 (V2-D/4.2) Tunnel Discenderia Modane	144	144	N
V1-D/3.3 (V2-D/4.4) Galleria La Maddalena	318	310	N

6.3 Calcoli dimensionamento cavi MT

6.3.1 Linea M.T. Tunnel – V1-T/1 e V2-T/2

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6, quindi quelle relative al cavo V2-T/2 relativo 3° scenario, ma sono valido per entrambi i cavi.

6.3.1.1 Sezione minima del cavo

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.1.2 Portata del cavo

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 6 del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 6852 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 6852000 / (\sqrt{3} \cdot 20000) = \sim 198 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di due cavi in parallelo per fase di sezione pari a 1*240 mm², che nel caso di posa interrata a

trifoglio con $T_t=200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 342 \text{ A}$$

Mentre la I_z dei due cavi in parallelo per fase sarà pari a:

$$I_z = 342 * 2 = 684 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.1.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 342 \text{ A}$$

$$I_n = 198 \text{ A}$$

$N = 2$ cavi in parallelo per fase

$T_e = 105^\circ\text{C}$ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)

$T_a = 30^\circ\text{C}$ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(198 / (342 * 2))^2 * (105 - 30)] + 30 = 36,29^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.1.4 *Caduta di tensione*

Come già descritto in precedenza, per il cavo in oggetto viene calcolato il momento dei carichi elettrici e quindi la lunghezza equivalente da utilizzare nel calcolo della caduta di tensione.

In particolare, tramite questo cavo è possibile (riconfigurando il QMT-SJM-20kV), rialimentare in condizioni di emergenza il piazzale di S. J. De Maurienne e gli stessi ausiliari di quest'ultimo PdA, di seguito vengono quindi riportati i carichi relativi anche al piazzale.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Modane) e ai carichi in caso di sinistro per il cavo in oggetto sono:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 7-Riepilogo potenze massime transanti nei tunnel tratto PdA S.JMaurienne a Modane.

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFO [kVA]
PDA SAINT JEAN DE MAURIENNE						
1	PE1-01	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA DEPOSITO OFFICINA	111,00	111,00	250,00
2	PE1-02	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt PCC	823,00	823,00	1250,00
3	PE1-03	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt - PM	392,00	392,00	400,00
4	PE1-04	2+400	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt - AI AREA DI SICUREZZA	170,00	258,00	400,00
IMBOCCO OVEST - TUNNEL BASE						
5	II-01	3+856	SAINT JEAN DE MAURIENNE CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO IMB. OVEST TUNNEL BASE	170,00	258,00	400,00
TUNNEL BASE						
6	C01-T03-R1	4+476	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	616,00	1250,00
7	C02-T06-R1	5+478	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	616,00	1250,00
8	C03-T10-R1	6+475	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
9	C04-T14-R1	7+787	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
10	C05-T18-R1	9+119	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
11	C06-T22- R1+R2	10+437	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
14	C14-T53-R1	21+429	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
15	C15-T57-R1	22+761	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
16	C16-T61-R1	24+093	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
17	C17-T65-R1	25+425	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
18	C18-T69-R1-2	26+757	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
19	C19-T73-R1	28+082	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
20	C20-T77-R1	29+405	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
21	C21-T81-R1	30+350	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
22	C22-T85-R1	31+385	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00

Per cui la potenza totale risulta

	[kVA]
Potenza tot.	6852

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Mentre il momento dei carichi per ogni tratto partendo da Modane sino a S.J de Maurienne è riportato a seguire nella Tabella 8-*Momento dei carichi nel tunnel, tratto dal PdA Modane al PdA di S.J Maurienne*

Tabella 8-Momento dei carichi nel tunnel, tratto dal PdA Modane al PdA di S.J Maurienne

CABINE MT/bt	Momento carichi [kVA]*[km]	Potenza Singola cabina in emergenza [kVA]	Distanze parziali tratti [km]
C22-T85-R1	848	153	5,54
C21-T81-R1	1.016	153	1,095
C20-T77-R1	1.170	153	1,005
C19-T73-R1	1.381	153	1,383
C18-T69-R1-2	1.593	153	1,385
C17-T65-R1	5.436	461	1,392
C16-T61-R1	2.019	153	1,392
C15-T57-R1	2.232	153	1,392
C14-T53-R1	2.445	153	1,392
C13-T50-R1	2.711	153	1,742
C12-T46-R2	8.799	461	1,386
C11-T42-R1	3.136	153	1,388
C10-T38-R1	3.349	153	1,392
C09-T34-R1	3.562	153	1,392
C08-T30-R1	3.775	153	1,392
C07-T26-R1	3.988	153	1,392
C06-T22-R1+R2	4.200	153	1,388
C05-T18-R1	4.411	153	1,378
C04-T14-R1	37.984	153	1,392
C03-T10-R1	4.834	153	1,372
C02-T06-R1	20.113	616	1,057
C01-T03-R1	20.767	616	1,062
I1-01	8.873	258	0,68
PE1-01/02/03/04	60.578	1.687	1,52

Quindi la lunghezza equivalente risulta pari a:

$$Leq = M_c / P_{tot} = 209220 / 6853 = \sim 30,53 \text{ km}$$

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Quelli totali di linea, per due cavi per fase in parallelo 1*240mm², sono:

$$R = 0,05 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,05 \Omega/\text{km}$$

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I \cdot I_{eq} \cdot \sqrt{3} (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = 198 \cdot 30,53 \cdot \sqrt{3} (0,05 \cdot 0,8 + 0,05 \cdot 0,6) = 732,269$$

$$DV\% = 732,269 / 20000 \cdot 100 = 3,66 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Le linee V1-T/1 e V2-T/2, avranno quindi le seguenti caratteristiche:

Tabella 9 Caratteristiche cavo V1-T/1 e V2-T/2

SIGLA CAVO – SEZIONE		RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. 2(3*1*240mm²)
Caratteristica	Valore	
Tensione nominale di linea	20 kV	
Potenza nominale in caso di emergenza	6852 kVA	
Corrente nominale di linea (max)	198 A	
Lunghezza totale linea	~ 36 km	
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²	
Numero di cavi per fase	2	
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342 A	
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A	
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	36,29°C	
Caduta di tensione %	3,66 %	

6.3.2 *Linea M.T. Tunnel – V1-T/3 e V2-T/4*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6, quindi quelle relative al cavo V2-T/4 relativo 4° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

6.3.2.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.2.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 6 del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 7053 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 7053000 / (\sqrt{3} \cdot 20000) = \sim 203 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di due cavi in parallelo per fase di sezione pari a 1*240 mm², che nel caso di posa interrata a trifoglio con Tt=200°C/W ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 \cdot 0.8 = 342 \text{ A}$$

Mentre la Iz dei due cavi in parallelo per fase sarà pari a:

$$I_z = 342 * 2 = 684 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea In.

6.3.2.3 Temperatura massima di esercizio

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 342 \text{ A}$$

$$I_n = 204 \text{ A}$$

N= 2 cavi in parallelo per fase

Te = 105°C (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)

Ta = 30°C (temperatura per cavi interrati in cunicoli)

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(180 / (342 * 2))^2 * (105 - 30)] + 30 = 36,66^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.2.4 Caduta di tensione

Come già descritto in precedenza , per il cavo in oggetto viene calcolato il momento dei carichi elettrici e quindi la lunghezza equivalente da utilizzare nel calcolo della caduta di tensione.

In particolare, tramite questo cavo è possibile (riconfigurando il QMT-SJM-20kV), rialimentare in condizioni di emergenza il piazzale di Val di Susa e gli stessi ausiliari di quest'ultimo PdA, di seguito vengono quindi riportati i dati relativi anche al piazzale.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Modane) e ai carichi in caso di sinistro per il cavo in oggetto sono:

Tabella 10 Riepilogo potenze massime transittanti nei tunnel tratto Modane Val di Susa

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAF0 [kVA]
PDA SAINT JEAN DE MAURIENNE						
33	C23-T86-R1	32+849	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
34	C24-T92-R1	33+848	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
35	C25-T96-R1	35+180	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
36	C26-T100-R1	36+512	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
37	C27-T104-R1	37+844	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
38	C28-T108-R1	39+176	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
39	C29-T112-R1	40+508	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
40	C30-T116-R1-2	41+839	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

41	C31-T120-R1	43+167	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	373,50	460,50	500,00
42	C32-T124-R1	44+495	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
43	C33-T128-R1	45+825	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
44	C34-T132-R1	47+157	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
55	C35-T134-R1-2	48+506	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
56	C36-T138-R1	49+838	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
57	C37-T142-R1	51+170	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
58	C38-T146-R1	52+502	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
59	C39-T150-R1	53+834	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
60	C40-T154-R1-2	55+166	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
61	C41-T158-R1	56+498	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
62	C42-T162-R1	57+816	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	250,00
63	C43-T110-R1	59+136	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	153,00	400,00
64	C44-T170-R1	60+463	CABINA RAMO TECNICO TUNNEL BASE	66,00	616,00	800,00
IMBOCCO EST - TUNNEL BASE						
65	I2-02	61+100	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt VENTILAZIONE IMB. EST TUNNEL BASE	70,00	530	800,00
66	I2-03	61+205	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO IMB. EST TUNNEL BASE	258,00	383,00	400,00
67	PE2-01	62+362	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt AI AREA DI SICUREZZA IMB. EST TUNNEL BASE	90,00	215,00	250,00
68	PE2-02	62+520	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt FSA IMB.OVEST TUNNEL INTERCONNESSIONE	678,00	678,00	800,00
69	PE2-03	62+700	PIAZZIALE VAL DI SUS CABINA MT/bt PCC IMB.OVEST TUNNEL INTERCONNESSIONE	735,00	735,00	1250,00

Per cui la potenza totale risulta

	[kVA]
Potenza tot.	7053

Mentre il momento dei carichi per ogni tratto partendo da Modane sino a S.J de Maurienne è riportato a seguire nella tabella 11:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 11- Momento dei carichi nel tunnel, tratto PdA S.JMaurienne a Modane.

CABINE MT/bt	Momento carichi [kVA]*[km]	Potenza Singola cabina in emergenza [kVA]	Distanze parziali tratti [km]
C23-T86-R1	840	153	5,49
C24-T92-R1	1.002	153	1,059
C25-T96-R1	1.215	153	1,392
C26-T100-R1	1.428	153	1,392
C27-T104-R1	1.641	153	1,392
C28-T108-R1	5.580	461	1,392
C29-T112-R1	2.067	153	1,392
C30-T116-R1-2	2.280	153	1,391
C31-T120-R1	7.501	461	1,388
C32-T124-R1	2.704	153	1,388
C33-T128-R1	2.917	153	1,39
C34-T132-R1	3.130	153	1,392
C35-T134-R1-2	3.346	153	1,409
C36-T138-R1	3.559	153	1,392
C37-T142-R1	3.772	153	1,392
C38-T146-R1	3.985	153	1,392
C39-T150-R1	4.198	153	1,392
C40-T154-R1-2	4.411	153	1,392
C41-T158-R1	4.624	153	1,392
C42-T162-R1	4.834	153	1,378
C43-T110-R1	5.045	153	1,38
C44-T170-R1	21.168	616	1,387
I2-02	18.582	530	0,697
I2-03 + piazzale V.Susa	73.235	2.079	0,165

Quindi la lunghezza equivalente risulta pari a:

$$L_{eq} = M_c / P_{tot} = 183062 / 7053 = \sim 25,96 \text{ km}$$

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Quelli totali di linea, per due cavi per fase in parallelo 1*240mm², sono:

$$R = 0,05 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,05 \Omega/\text{km}$$

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I \cdot I_{eq} \cdot \sqrt{3} (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = 204 \cdot 25,96 \cdot \sqrt{3} (0,05 \cdot 0,8 + 0,05 \cdot 0,6) = 657,473V$$

$$DV\% = 657,473 / 20000 \cdot 100 = 3,29 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Le linee V1-T/3 e V2-T/4, avranno quindi le seguenti caratteristiche:

Tabella 12 Caratteristiche cavo V1-T/3 e V2-T/4

SIGLA CAVO – SEZIONE RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. 2(3*1*240mm²)	
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	7053 kVA
Corrente nominale di linea (max)	204A
Lunghezza totale linea	~ 37,2 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	2
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	36,66°C
Caduta di tensione %	3,29 %

6.3.3 *Linea M.T. Tunnel – V1-T/5 e V2-T/6*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6, quindi quelle relative al cavo V2-T/6 relativo 5° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

6.3.3.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.3.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 6 del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 896 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 896000 / (\sqrt{3} \cdot 20000) = \sim 25,9 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a 1*240 mm², che nel caso di posa interrata a trifoglio con Tt=200°C/W ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 \cdot 0.8 = 342 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea In.

6.3.3.3 Temperatura massima di esercizio

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 342 \text{ A}$$

$$I_n = 25,9 \text{ A}$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(25,9/(342))^2 * (105-30)] + 30 = 30,43^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.3.4 Caduta di tensione

Come già descritto in precedenza , per il cavo in oggetto viene calcolato il momento dei carichi elettrici e quindi la lunghezza equivalente da utilizzare nel calcolo della caduta di tensione.

In particolare, tramite questo cavo è possibile (riconfigurando il QMT-BUSS-20kV), rialimentare in condizioni di emergenza il piazzale la cabina presente all'imbocco Ovest del Tunnel di Interconnessione.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine da Bussoleno) e ai carichi in caso di sinistro per il cavo in oggetto sono:

Tabella 13 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel interconnessione tratto Bussoleno, Val di Susa

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFI [kVA]
IMBOCCO OVEST - TUNNEL INTERCONNESSIONE						
70	I3-03	63+810	PIAZZIALE VAL DI SUSA CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO IMB.OVEST TUNNEL INTERCONNESSIONE	383,00	583,00	630,00
IMBOCCO EST - TUNNEL INTERCONNESSIONE						
71	I4-01	1+926 (T. INT)	BUSSOLENO CABINA MT/bt ANTINCENDIO IMB. EST TUNNEL INTERCONNESSIONE	233,00	245	500,00

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Per cui la potenza totale risulta

	[kVA]
Potenza tot.	896

Mentre il momento dei carichi per ogni tratto partendo da Bussoleno sino a Val di Susa è riportato a seguire nella tabella 14:

Tabella 14- Momento dei carichi nel tunnel interconnessione, tratto PdA Bussoleno a Val di Susa

CABINE MT/bt	Momento carichi [kVA]*[km]	Potenza Singola cabina in emergenza [kVA]	Distanze parziali tratti [km]
13-03	496,37	245	2,026
Val di Susa	2243,35	651	1,42

Quindi la lunghezza equivalente risulta pari a:

$$Leq = M c / P_{tot} = 2739,72 / 896 = \sim 3,6 \text{ km}$$

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I * leq * \sqrt{3} (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi) = 25,9 * 3,36 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = 19,18 \text{ V}$$

$$DV\% = 19,18 / 20000 * 100 = 0,10 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Le linee V1-T/5 e V2-T/6, avranno quindi le seguenti caratteristiche:

Tabella 15 Caratteristiche cavo V1-T/5 e V2-T/6

SIGLA CAVO – SEZIONE		RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. 2(3*1*240mm²)
Caratteristica	Valore	
Tensione nominale di linea	20 kV	
Potenza nominale in caso di emergenza	896 kVA	
Corrente nominale di linea (max)	25,9 A	
Lunghezza totale linea	~ 3,6 km	
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²	
Numero di cavi per fase	1	
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342 A	
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A	
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	30,43°C	
Caduta di tensione %	0,10 %	

6.3.4 *Linea M.T. Tunnel – V1-D/1 e V2-D/2*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6, quindi quelle relative al cavo V2-D/2 relativo 3° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

6.3.4.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.4.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 6 del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 10564 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 10564000 / (\sqrt{3} \cdot 20000) = \sim 305,32 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di due cavi in parallelo di sezione pari a 1*240 mm², che nel caso di posa interrata a trifoglio con Tt=200°C/W ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 342 \text{ A}$$

Mentre la I_z dei due cavi in parallelo per fase sarà pari a:

$$I_z = 342 * 2 = 684 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.4.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 684 \text{ A}$$

$$I_n = 305,32 \text{ A}$$

$$N = 2$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(305,32 / (684 * 2))^2 * (105 - 30)] + 30 = 30,83^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.4.4 *Caduta di tensione*

Come già descritto in precedenza, per il cavo in oggetto viene calcolato il momento dei carichi elettrici e quindi la lunghezza equivalente da utilizzare nel calcolo della caduta di tensione.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine da Bussoleno) e ai carichi in caso di sinistro per il cavo in oggetto sono:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 16 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane S.J. de Maurienne

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAF0 [kVA]
TUNNEL BASE						
12	DS-01	11+600	SAINT MARTIN CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
13	D1-01	11+600	SAINT MARTIN CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO - TUNNEL	170,00	270,00	400,00
14	D1-02	0+200 (DIS)	DISCENDERIA SAINT MARTIN CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
15	D1-03	1+800 (DIS)	DISCENDERIA SAINT MARTIN CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
16	D1-04	2+320 (DIS)	PIAZZALE SAINT MARTIN CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	112,00	86,00	250,00
			PIAZZALE SAINT MARTIN CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6kV	2125,00	2125,00	2500,00
8	DS-02	20+589	LA PRAZ CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
9	D2-01	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE TUNNEL	263,00	263,00	400,00
10	D2-02	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt ANTINCENDIO TUNNEL	183,00	1345,00	1500,00
11	D2-03	0+550(DIS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
12	D2-04	2+150 (DIS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
13	D2-05	2+640 (DIS)	PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	126,00	99,00	250,00
			PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6KV	5700,00	5700,00	6300,00

Per cui la potenza totale risulta

	[kVA]
Potenza tot.	10564

Mentre il momento dei carichi per ogni tratto partendo da Modane sino a S.J.de Maurienne è riportato a seguire nella tabella 17:

Tabella 17- Momento dei carichi nel tunnel interconnessione, tratto Modane a S.J.de Maurienne

CABINE MT/bt	Momento carichi [kVA]*[km]	Potenza Singola cabina in emergenza [kVA]	Distanze parziali tratti [km]
D3-01, D3-02	50,32	148,00	0,34
DS2	125114,01	7671,00	16,31
DS1	70379,06	2745,00	8,989

Quindi la lunghezza equivalente risulta pari a:

$$Leq = M c / P_{tot} = 195543 / 10564 = \sim 18,51 \text{ km}$$

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², alla temperatura di 90°C in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Quelli totali di linea, per due cavi per fase in parallelo 1*240mm², sono:

$$R = 0,05 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,05 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I \cdot leq \cdot \sqrt{3} (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = 305,32 \cdot 18,51 \cdot \sqrt{3} (0,04 \cdot 0,8 + 0,05 \cdot 0,6) = 605,46 \text{ V}$$

$$DV\% = 341,8 / 20000 \cdot 100 = 3.03 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Le linee V1-D/1 e V2-D/2, avranno quindi le seguenti caratteristiche:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 18 Caratteristiche cavo V1-D/1 e V2-D/2

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. 2(3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	10564 kVA
Corrente nominale di linea (max)	305,32 A
Lunghezza totale linea	~ 34,71 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	2
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	487 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	30,83°C
Caduta di tensione %	3,03 %

6.3.5 *Linea M.T. Tunnel – V1-D/3 e V2-D/4*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V2-D/4 relativo 3° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

6.3.5.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.5.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 15031 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 15031000 / (\sqrt{3} \cdot 20000) = \sim 434,42 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di tre cavi di sezione pari a 1*240 mm², che nel caso di posa interrata a trifoglio con

$T_t=200^{\circ}\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 342 \text{ A}$$

Mentre la I_z dei due cavi in parallelo per fase sarà pari a:

$$I_z = 342 * 3 = 1026 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.5.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 1026 \text{ A}$$

$$I_n = 434,32 \text{ A}$$

$$N = 3$$

$$T_e = 105^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(434,32 / (1026 * 3))^2 * (105 - 30)] + 30 = 31,9^{\circ}\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.5.4 *Caduta di tensione*

Come già descritto in precedenza, per il cavo in oggetto viene calcolato il momento dei carichi elettrici e quindi la lunghezza equivalente da utilizzare nel calcolo della caduta di tensione.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine da Modane) e ai carichi in caso di sinistro per il cavo in oggetto sono:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFO [kVA]
23	DS-03	32+799	MODANE CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	208,00	208,00	500,00
24	D3-01	4+100(DI S)	PIAZZALE MODANE CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA	118,00	118,00	250,00
25	D3-02	4+100(DI S)	PIAZZALE MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - ESTERNO DISCENDERIA	414,00	30,00	500,00
26	D3-03	32+799	MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - INTERNO TUNNEL - AUX E CARICHI BT	740,00	54,00	800,00
			MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - INTERNO TUNNEL - CARICHI 6 kV	5625,00	0,00	6300,00
27	D3-04	32+799	MODANE CABINA MT/bt VENTILAZIONE INTERNO TUNNEL	223,00	223,00	400,00
28	D3-05	32+799	MODANE CABINA MT/bt ANTINCENDIO - TUNNEL	220,00	1395,00	1500,00
29	D3-06	0+250(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
30	D3-07	1+850(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
31	D3-08	3+450(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
32	PV-01	32+314	AVRIEUX CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - AUX BT	89,00	70,00	250,00
			AVRIEUX CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - CARICHI 6 kV	6800,00	6800,00	80000,00

Per cui la potenza totale risulta

	[kVA]
Potenza tot.	15031

Mentre il momento dei carichi per ogni tratto partendo da Modane sino a S.J.de Maurienne è riportato a seguire nella tabella 19:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 20 Momento dei carichi nel tunnel base, tratto Modane a Val di Susa

CABINE MT/bt	Momento carichi [kVA]*[km]	Potenza Singola cabina in emergenza [kVA]	Distanze parziali tratti [km]
DS04	95203,28	6137,00	15,51
DS03	265615,27	8632,00	15,26
MODANE			

Quindi la lunghezza equivalente risulta pari a:

$$Leq = M c / P_{tot} = 360818,5 / 15031 = \sim 24,005 \text{ km}$$

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Quelli totali di linea, per tre cavi per fase in parallelo 1*240mm², sono:

$$R = 0,03 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,03 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I \cdot leq \cdot \sqrt{3} (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = 434,42 \cdot 24,005 \cdot \sqrt{3} (0,03 \cdot 0,8 + 0,03 \cdot 0,6) = 841,09 \text{ V}$$

$$DV\% = 841,09 / 20000 \cdot 100 = 4,21 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Le linee V1-D/3e V2-D/4, avranno quindi le seguenti caratteristiche:

Tabella 21 Caratteristiche cavo V1-D/3e V2-D/4

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. 3(3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	15031kVA
Corrente nominale di linea (max)	434,42 A
Lunghezza totale linea	~ 36,14 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	3
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	1026 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	31,9°C
Caduta di tensione %	4,21 %

6.3.6 *Linea M.T. discenderia di Saint .Martin Le Porte V1-D/1.1 V1-D/2.2*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente tabella **6Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, quindi quelle relative al cavo V1-D/1.1 1° scenario, ma sono valide per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente assorbita e della c.d.t. delle sotto dorsali della discenderia di S. Martin La Porte, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-01 “km 11+600 - CABINA MT/bt SMISTAMENTO DISCENDERIA SM LE PORTE”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D1 o V2/D2, delle quali si è già calcolata la c.d.t. nel paragrafo 6.5.3.4 e risulta essere pari a 3,21 % (605,46 V).

La caduta di tensione più gravosa è quella relativa allo scenario 3 dove le suddette dorsali sono alimentate da Modane.

6.3.6.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.6.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (esprese in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 2333 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * U_n) = 2337000 / (\sqrt{3} * 20000) = \sim 67,43 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.6.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324 \text{ A}$$

$$I_n = 67,43 \text{ A}$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(67,43 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 33,248^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.6.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Modane) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto sono:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 22 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane S.J de Maurienne

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAF0 [kVA]
TUNNEL BASE						
12	DS-01	11+600	SAINT MARTIN CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
13	D1-01	11+600	SAINT MARTIN CABINA MT/bt POMPE ANTINCENDIO - TUNNEL	170,00	270,00	400,00
14	D1-02	0+200 (DIS)	DISCENDERIA SAINT MARTIN CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
15	D1-03	1+800 (DIS)	DISCENDERIA SAINT MARTIN CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
16	D1-04	2+320 (DIS)	PIAZZALE SAINT MARTIN CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	112,00	86,00	250,00
			PIAZZALE SAINT MARTIN CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6kV	2125,00	2125,00	2500,00
8	DS-02	20+589	LA PRAZ CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
9	D2-01	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE TUNNEL	263,00	263,00	400,00
10	D2-02	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt ANTINCENDIO TUNNEL	183,00	1345,00	1500,00
11	D2-03	0+550(D IS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
12	D2-04	2+150 (DIS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
13	D2-05	2+640 (DIS)	PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	126,00	99,00	250,00
			PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6KV	5700,00	5700,00	6300,00

Per cui la potenza totale della cabina DS-01 risulta:

	[kVA]
Potenza tot.	2745

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

$$DV = I_n \cdot I_d \cdot \sqrt{3} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n : corrente tratto discenderia;

I_d : lunghezza discenderia;

$$DV_1 = 67,43 \cdot 2,77 \cdot \sqrt{3} (0,1 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,6) = 45,23 \text{ V}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/1 alimentati da Modane, si riporta di seguito un tabella riepilogativa delle c.d.t. dei singoli tratti:

Tabella 23 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa

Alimentazione da PdA MODANE	Lunghezza tratto di linea [Km]	Potenza passante nel tratto di linea [KVA]	Corrente passante [A]	Caduta di Tensione [V]
1° tratto	0,34	10564,00	304,956	11,121272
2° tratto	16,31	10416,00	300,851	526,31248
3° tratto	8,989	2745,00	81,429	78,511051

$$DV_{tot} = DV_1 + DV_2 + DV_3 + DV = 45,23 + 11,21 + 526,31 + 78,5 = 661,25 \text{ V}$$

$$DV\% = 661,25 / 20000 \cdot 100 = 3,3 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Le linee V1-D/1.1 V1-D/2.2, avranno quindi le seguenti caratteristiche:

Tabella 24- Caratteristiche cavo V1-D/1.1e V2-D/2.2

SIGLA CAVO – SEZIONE		RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore	
Tensione nominale di linea	20 kV	
Potenza nominale in caso di emergenza	2333kVA	
Corrente nominale di linea (max)	67,43 A	
Lunghezza totale linea	~ 2,77 km	
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²	
Numero di cavi per fase	1	
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342,4 A	
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A	
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	33,24°C	
Caduta di tensione %	0,23 %	

6.3.7 Linea M.T. discenderia di La Praz V1-D/1.3 V1-D/2.4

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/1.3 1° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsali della discenderia di La Praz, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS2-02 “- km 20+589 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D1 o V2/D2, delle quali si calcolerà la c.d.t. con origine a S.J Maurienne, perché risulta essere la situazione più gravosa e come si vedrà di seguito risulta pari a 2,63% (566,7V).

6.3.7.1 Sezione minima del cavo

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.7.2 Portata del cavo

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla , del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 5922 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - D V_{DS-02})) = 5922000 / (\sqrt{3} * 20000 - 566) = \sim 176,14A$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.7.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324A$$

$$I_n = 176A$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(176 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 49.8^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.7.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a S.J de Maurienne) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto sono:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 25 Riepilogo potenze massime massima richiesta dalla discenderia smistamento di La Praz

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAF0 [kVA]
TUNNEL BASE						
8	DS-02	20+589	LA PRAZ CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA - TUNNEL	168,00	168,00	500,00
9	D2-01	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE TUNNEL	263,00	263,00	400,00
10	D2-02	20+588	LA PRAZ CABINA MT/bt ANTINCENDIO TUNNEL	183,00	1345,00	1500,00
11	D2-03	0+550(D IS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
12	D2-04	2+150 (DIS)	LA PRAZ CABINA MT/bt - DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
13	D2-05	2+640 (DIS)	PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - AUX BT	126,00	99,00	250,00
			PIAZZALE LA PRAZ CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA - CARICHI 6KV	5700,00	5700,00	6500,00

Per cui la potenza totale della cabina DS-02 risulta:

	[kVA]
Potenza tot.	5922

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * l_d * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

l_d: lunghezza discenderia;

$$DV_1 = 176 * 3,18 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{137,36 V}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/1 alimentati da S.J de Maurienne, si riporta di seguito un tabella riepilogativa delle c.d.t. dei singoli tratti:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 26-Riepilogo c.d.t. nel tratto S.J. de Maurienne a DS-02

Alimentazione da PdA SJ MAURIENNE	Lunghezza tratto di linea [Km]	Potenza passante nel tratto di linea [KVA]	Corrente passante [A]	Caduta di Tensione [V]
1° tratto	8,3	10564,00	305,318	306,88
2° tratto	8,989	7819,00	229,504	249,83

$$DV_{\text{tot}} = DV_1 + DV_2 + DV_3 = 137,36 + 306,88 + 249,83 = 639,12V$$

$$DV\% = 639 / 20000 * 100 = 3,46 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Tabella 27- Caratteristiche cavo V1-D/1.1e V2-D/2.2

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	5922kVA
Corrente nominale di linea (max)	176 A
Lunghezza totale linea	~ 3.18 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	49.8°C
Caduta di tensione %	0,7 %

6.3.8 *Linea M.T. discenderia di Modane V1-D/3.1 V1-D/4.2*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/3. 4°, 5°, 6°, scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsali della discenderia di Modane, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-03 “- km 32+799 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA DI MODANE”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D3 o V2/D4, delle quali, si calcolerà la c.d.t. con origine a Val di Susa, perché risulta essere la situazione più gravosa e come si vedrà di seguito risulta pari a 4,12% (830,76 V).

6.3.8.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.8.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (esprese in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 144 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - DV_{DS-03})) = 144000 / (\sqrt{3} * 20000 - 867) = \sim 4.35A$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a 1*240 mm², che nel caso di posa interrata a trifoglio con Tt=200°C/W ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 A$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n.

6.3.8.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324A$$

$$I_n = 4.35A$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ C \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ C \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(4.35 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 30.01^\circ C.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.8.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine Val di Susa) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto ci si fa riferimento alla *Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa*, dove la potenza transitante nella dorsale V1-D/3 (V2-D/4) è pari a 15031 kVA

Mentre nella tabella a seguire sono indicate le potenze richieste per l'alimentazione delle cabine MT della discenderia di Modane.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 28- Riepilogo potenze massime assorbite nella discenderia di Modane DS-03

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFI [kVA]
TUNNEL BASE						
27	D3-04	32+799	MODANE CABINA MT/bt VENTILAZIONE INTERNO TUNNEL	223,00	223,00	400,00
28	D3-05	32+799	MODANE CABINA MT/bt ANTINCENDIO - TUNNEL	220,00	1395,00	1500,00
29	D3-06	0+250(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
30	D3-07	1+850(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
31	D3-08	3+450(DI S)	MODANE CABINA MT/bt DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00

Per cui la potenza totale richiesta per alimentare la discenderia è di Modane:

	[kVA]
Potenza tot.	144

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * l_d * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

l_d: lunghezza discenderia;

$$DV = 4.35 * 3,18 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{3,96 V}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/3, (V2-D/4) alimentati da Val di Susa, si riporta di seguito un tabella riepilogativa delle c.d.t. dei singoli tratti:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 29- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susa DS-03

Alimentazione da PdA VAL SUSA	Lunghezza tratto di linea [Km]	Potenza passante nel tratto di linea [KVA]	Corrente passante [A]	Caduta di Tensione [V]
1° tratto	15,51	15031	434,42	544,07
2° tratto	15,26	8894	262,76	323,67

$$DV_{tot} = DV_1 + DV_2 + DV = 544,07 + 323,67 + 3,95 = 880,95$$

$$DV\% = 772,3 / 20000 * 100 = 4,40 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Quindi il cavo V1-D/3.1 e V2-D/2.4. avrà le seguenti caratteristiche:

Tabella 30- Caratteristiche cavo V1-D/3.1e V2-D/2.4

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	144 kVA
Corrente nominale di linea (max)	4,32 A
Lunghezza totale linea	~ 3,76 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	30°C
Caduta di tensione %	0,1 %

6.3.9 *Linea M.T. galleria la Maddalena V1-D/3.3 V1-D/4.4*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente, Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/3 V2-D/4., 4°,5°,6° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsali della discenderia di Modane, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-04 “- km 47+997 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA DI VAL CLAREA”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D3 o V2/D4, delle quali, si calcolerà la c.d.t. con origine a Val di Susa, perché risulta essere la situazione più gravosa e come si vedrà di seguito risulta pari a 2,72% (544 V).

6.3.9.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.9.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (espresse in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 318 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - D V_{DS-04})) = 318000 / (\sqrt{3} * 20000 - 544) = \sim 9,44$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.9.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324 \text{ A}$$

$$I_n = 9,41$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(9,41 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 30,06^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.9.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Val di Susa) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto ci si fa riferimento alla *Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa*, dove la potenza transitante nella dorsale V1-D/3 (V2-D/4) è pari a 15031 kVA

Mentre nella tabella a seguire sono indicate le potenze richieste per l'alimentazione delle cabine MT della discenderia di Modane.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 31- Riepilogo potenze massime assorbite dal galleria La Maddalena

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFI [kVA]
TUNNEL BASE						
49	D4-03	0+200(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt TUNNEL DISCENDERIA	48,00	48,00	160,00
50	D4-04	1+800(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
51	D4-05	3+400(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
52	D4-06	5+000(CU N)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00
53	D4-07	6+600 (CUN)	LA MADDALENA CABINA MT/bt GALLERIA	48,00	48,00	160,00

Per cui la potenza totale richiesta per alimentare il galleria La Maddalena:

	[kVA]
Potenza tot.	318

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * l_d * \sqrt{3} (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

l_d: lunghezza discenderia;

$$DV = 9,44 * 7,85 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{17,88 \text{ V}}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/3, (V2-D/4) alimentati da Val di Susa, si riporta di seguito un tabella riepilogativa delle c.d.t. dei singoli tratti:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 32- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susaa DS-04

Alimentazione da PdA VAL SUSA	Lunghezza tratto di linea [Km]	Potenza passante nel tratto di linea [KVA]	Corrente passante [A]	Caduta di Tensione [V]
1° tratto	15,51	15031	434	544,07

$$DV_{tot} = DV_1 + DV = 544 + 17,88 = 561,8V$$

$$DV\% = 561,8 / 20000 * 100 = 2,8 \%$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Quindi il cavo V1-D/3.3 e V2-D/4.4. avrà le seguenti caratteristiche:

Tabella 33- Caratteristiche cavo V1-D/3.1e V2-D/2.4

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	144 kVA
Corrente nominale di linea (max)	9,41 A
Lunghezza totale linea	~ 7,85 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	30,06°C
Caduta di tensione %	0,08%

6.3.10 Linea M.T. galleria Pozzo di Avrieux V1-P V2-P2

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente, Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/3 V4-D/2, 4°,5°,6° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsali che alimenta il Pozzo di Avrieux, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-03 “-km 32+799 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA DI MODANE”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D3 o V2/D4, delle quali, si calcolerà la c.d.t. con origine a Val di Susa, perché risulta essere la situazione più gravosa e come si vedrà di seguito risulta pari a 4,34% (867 V).

6.3.10.1 Sezione minima del cavo

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.10.2 Portata del cavo

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (esprese in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 6889 \text{ VA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - D V_{DS-03})) = 6889000 / (\sqrt{3} * 20000 - 867) = \sim 208$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.10.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324 \text{ A}$$

$$I_n = 208$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(208 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 57.74^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.10.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Val di Susa) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto ci si fa riferimento alla *Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa*, dove la potenza transitante nella dorsale V1-D/3 (V2-D/4) è pari a 15031 kVA

Mentre nella tabella a seguire sono indicate le potenze richieste per l'alimentazione delle del pozzo di Avrieux.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 34- Riepilogo potenze massime assorbite dal Pozzo di Avrieux

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFO [kVA]
TUNNEL BASE						
32	PV-01		AVRIEUX CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - AUX BT	89,00	70,00	250,00
	32+314		AVRIEUX CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - CARICHI 6 kV	6800,00	6800,00	80000,00

Per cui la potenza totale richiesta per alimentare tale pozzo è di

	[kVA]
Potenza tot.	6889

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * I_d * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

I_d: lunghezza discenderia;

$$DV = 208 * 1,68 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{80,91 \text{ V}}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/3, (V2-D/4) alimentati da Val di Susa, è riportata nella tabella *Tabella 29- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susa DS-03*

$$DV_{\text{tot}} = DV_1 + DV_2 + DV = 544 + 323 + 80,91 = 947,91$$

$$DV\% = 947,91 / 20000 * 100 = \mathbf{4,73 \%}$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Quindi il cavo V1-P1 e (V2-P2). avrà le seguenti caratteristiche:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 35- Caratteristiche cavo V1-P1 V2-P2

SIGLA CAVO – SEZIONE		RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm²)
Caratteristica		Valore
Tensione nominale di linea		20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza		144 kVA
Corrente nominale di linea (max)		208 A
Lunghezza totale linea		~ 1.68 km
Sezione nominale cavo di fase		240mm ²
Numero di cavi per fase		1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa		342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)		82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C		57.74°C
Caduta di tensione %		0,4%

6.3.11 Linea M.T. Pozzo Val Clarea V1-P3 V2-P4

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente, Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/3 V2-D/4., 4°,5°,6° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsale che alimenta il pozzo di Val Clarea, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-04 “- km 47+997 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA DI VAL CLAREA”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D3 o V2/D4, delle quali, si calcolerà la c.d.t. con origine a Val di Susa, perché risulta essere la situazione più gravosa che risulta pari a 2,72% (544,07 V).

6.3.11.1 Sezione minima del cavo

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.11.2 Portata del cavo

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (esprese in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 4095 \text{ kVA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - D V_{DS-04})) = 4095000 / (\sqrt{3} * 20000 - 544) = \sim 121.66A$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.11.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324A$$

$$I_n = 121,66$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(121,66 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 40.57^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.11.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Val di Susa) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto ci si fa riferimento alla *Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa*, dove la potenza transitante nella dorsale V1-D/3 (V2-D/4) è pari a 15031 kVA

Mentre nella tabella a seguire sono indicate le potenze richieste per l'alimentazione delle cabine MT del Pozzo di Val Clarea.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 36- Riepilogo potenze assorbite Pozzo di Val Clarea

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFI [kVA]
TUNNEL BASE						
46	PV-02 4+577 (DIS)		VAL CLAREA CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - AUX BT	95,00	76,00	250,00
			VAL CLAREA CABINA MT/bt VENTILAZIONE POZZO ESTERNO - CARICHI 6kV	4000,00	4000,00	6300,00

Per cui la potenza totale richiesta per alimentare il Pozzo di Val Clarea è:

	[kVA]
Potenza tot.	4095

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * l_d * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

l_d: lunghezza discenderia;

$$DV = 121 * 5,03 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{144,05 V}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/3, (V2-D/4) alimentati da Val di Susa, si riportata nella tabella *Tabella 32- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susa DS-04*

$$DV_{tot} = DV_1 + DV = 544,07 + 144,05 = 688,12$$

$$DV\% = 688,12 / 20000 * 100 = \mathbf{3,4 \%}$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Quindi il cavo V1-P.3 e (V2-P4). avrà le seguenti caratteristiche:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 37- Caratteristiche cavo V1-P3 e V2-P4

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	4095 kVA
Corrente nominale di linea (max)	121 A
Lunghezza totale linea	~ 5,03 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	40,6°C
Caduta di tensione %	0,72%

6.3.12 *Linea M.T. Cabina Raffrescamento Interna V1-R1- V2-R2*

I calcoli vengono effettuati utilizzando la potenza di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente, Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/3 V4-D/2, 4°,5°,6° scenario, ma sono validi per entrambi i cavi.

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsali che alimenta la cabina di raffrescamento, si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-03 “-km 32+799 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA DI MODANE”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D3 o V2/D4, delle quali, si calcolerà la c.d.t. con origine a Val di Susa, perché risulta essere la situazione più gravosa e come si vedrà di seguito risulta pari a 4,34% (867 V).

6.3.12.1 *Sezione minima del cavo*

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.12.2 *Portata del cavo*

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (esprese in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 6365 \text{ VA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - DV_{DS-03})) = 6365000 / (\sqrt{3} * 20000 - 867) = \sim 192,3$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.12.3 *Temperatura massima di esercizio*

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324 \text{ A}$$

$$I_n = 192,3$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(192.3 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 56.4^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.12.4 *Caduta di tensione*

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Val di Susa) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto ci si fa riferimento alla *Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa*, dove la potenza transitante nella dorsale V1-D/3 (V2-D/4) è pari a 15031 kVA

Mentre nella tabella a seguire sono indicate le potenze richieste per l'alimentazione delle cabine di raffrescamento

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 38- Riepilogo potenze massime assorbite dalle cabine di raffrescamento

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAF0 [kVA]
TUNNEL BASE						
26	D3-03	32+799	MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - INTERNO TUNNEL - AUX E CARICHI BT	740,00	54,00	800,00
			MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - INTERNO TUNNEL - CARICHI 6 kV	5625,00	0,00	6300,00

Per cui la potenza totale richiesta per alimentare tale pozzo è di

	[kVA]
Potenza tot.	6889

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * I_d * \sqrt{3} (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

I_d: lunghezza discenderia;

$$DV = 192 * 0,12 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{1,65 \text{ V}}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/3, (V2-D/4) alimentati da Val di Susa, è riportata nella tabella *Tabella 29- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susa DS-03*

$$DV_{\text{tot}} = DV_1 + DV_2 + DV = 544 + 323 + 1,65 = 868.65$$

$$DV\% = 868.65 / 20000 * 100 = \mathbf{4.34 \%}$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Quindi il cavo V1-R1 e (V2-R2). avrà le seguenti caratteristiche:

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 39- Caratteristiche cavo V1-R1 V2-R2

SIGLA CAVO – SEZIONE		RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm²)
Caratteristica		Valore
Tensione nominale di linea		20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza		6365 kVA
Corrente nominale di linea (max)		192,3 A
Lunghezza totale linea		~ 1.68 km
Sezione nominale cavo di fase		240mm ²
Numero di cavi per fase		1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa		342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)		82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C		56.4°C
Caduta di tensione %		0,01%

6.3.13 Linea M.T. Cabina Ventilazione ed antincendio

Per il dimensionamento delle dorsali che sono derivate dalle cabine di smistamento alle cabine di ventilazione interna ed di antincendio e brumizzazione è sufficiente dimensionare il cavo in cui si trova nelle peggiori delle ipotesi. In questo caso i cavi in oggetto D3-D/3.1. D3-D4.2 sono nelle peggiori delle ipotesi in quanto la potenza richiesta dalla cabina D3-05 è la più alta rispetto alle altre cabine sia di ventilazione che antincendio, ed anche la caduta di tensione sulla cabina di smistamento di Modane DS-03, di cui tali cavi sono derivati, è maggiore rispetto agli altri scenari considerati

Quindi i calcoli vengono effettuati utilizzando la poten.za di linea maggiore tra quelle indicate nella precedente, Tabella 6 - Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel., quindi quelle relative al cavo V1-D/3 V4-D/2, 4°, 5°, 6° scenario

Per il calcolo della corrente e della c.d.t. delle sotto dorsali che alimenta la cabina di antincendio DS-03., si deve tener conto della caduta di tensione che si ha sulla cabina DS-03 “-km 32+799 - CABINA MT SMISTAMENTO DISCENDERIA DI MODANE”, quando questa è alimentata da una delle due dorsali V1/D3 o V2/D4, delle quali, si calcolerà la c.d.t. con origine a Val di Susa, perché risulta essere la situazione più gravosa e come si vedrà di seguito risulta pari a 4,34% (867 V).

6.3.13.1 Sezione minima del cavo

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (i trasformatori AT/MT a monte limitano in realtà la corrente di c.to c.to a valori sensibilmente più bassi):

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

si ottiene:

$$S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima immediatamente superiore che è possibile scegliere è di 95mm².

Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

6.3.13.2 Portata del cavo

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico, riportata alla Tabella 7 - Riepilogo potenze relative a tratti secondari "radiali" (espresse in kVA) del paragrafo precedente. Nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 1395 \text{ VA}$$

Quindi:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * (U_n - DV_{DS-03})) = 6365000 / (\sqrt{3} * 20000 - 867) = 42,14 \text{ A}$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di un cavo di sezione pari a $1 * 240 \text{ mm}^2$, che nel caso di posa interrata a trifoglio con $T_t = 200^\circ\text{C/W}$ ha una portata (per cavo) pari a 428A. Applichiamo un ulteriore fattore di riduzione pari a 0.8 per cui si ha che:

$$I_{zc} = 428 * 0.8 = 324 \text{ A}$$

Superiore alla corrente nominale di linea I_n .

6.3.13.3 Temperatura massima di esercizio

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 324 \text{ A}$$

$$I_n = 42,14 \text{ A}$$

$$N = 1$$

$$T_e = 105^\circ\text{C} \text{ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7)}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C} \text{ (temperatura per cavi interrati in cunicoli)}$$

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(42.14 / (324))^2 * (105 - 30)] + 30 = 31,13^\circ\text{C}.$$

Ben inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto.

6.3.13.4 Caduta di tensione

Per brevità la caduta di tensione del cavo in discenderia si calcola considerando il carico delle cabine tutto a fondo linea.

I dati relativi alle distanze (ipotizzate con origine a Val di Susa) e ai carichi in caso di emergenza per il cavo in oggetto ci si fa riferimento alla *Tabella 19 Riepilogo potenze massime transitanti nei tunnel base tratto Modane Val di Susa*, dove la potenza transitante nella dorsale V1-D/3 (V2-D/4) è pari a 15031 kVA

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Mentre nella tabella a seguire sono indicate le potenze richieste per l'alimentazione delle cabine antincendio e di ventilazione sottese alla cabina di discenderia DS-03

Tabella 40- Riepilogo potenze massime assorbite dalle cabine ventilazione e antincendio sottese a DS-03

n.°	Sigla	Pk	Descrizione	P.Imp. NORMALE [kVA]	P.Imp. EMERG. [kVA]	TAGLIA TRAFI [kVA]
TUNNEL BASE						
24	D3-01	4+100(DIS)	PIAZZALE MODANE CABINA MT/bt VENTILAZIONE - ESTERNO DISCENDERIA	118,00	118,00	250,00
25	D3-02	4+100(DIS)	PIAZZALE MODANE CABINA MT/bt RAFFRESCAMENTO - ESTERNO DISCENDERIA	414,00	30,00	500,00

Per cui la potenza totale richiesta per alimentare tale pozzo è di

	[kVA]
Potenza tot.	1395

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*240 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Per cui, la c.d.t. per il cavo in oggetto è:

$$DV = I_n * l_d * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

Dove:

DV: caduta di tensione;

I_n: corrente tratto discenderia;

l_d: lunghezza discenderia;

$$DV = 42.14 * 0.12 * \sqrt{3} (0,1 * 0,8 + 0,1 * 0,6) = \mathbf{1,25 \text{ V}}$$

La caduta di tensione totale risulta pari alla somma delle c.d.t. dei tratti di linea del cavo V1-D/3, (V2-D/4) alimentati da Val di Susa, è riportata nella tabella *Tabella 29- Riepilogo c.d.t nel tratto Val di Susa DS-03*

$$DV_{\text{tot}} = DV_1 + DV_2 + DV = 544 + 323 + 1,25 = 868.25$$

$$DV\% = 868.25 / 20000 * 100 = \mathbf{4.34 \%}$$

Inferiore al valore fissato del 5%.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Quindi il cavo D3-D/3.1, D3-D/4.2, avranno le seguenti caratteristiche:

Tabella 41- Caratteristiche cavo D3-D/3.1, D3-D/4.2

SIGLA CAVO – SEZIONE	RG7H1M1 – 12/20 kV – sez. (3*1*240mm ²)
Caratteristica	Valore
Tensione nominale di linea	20 kV
Potenza nominale in caso di emergenza	1395 kVA
Corrente nominale di linea (max)	42.14 A
Lunghezza totale linea	~ 0.12 km
Sezione nominale cavo di fase	240mm ²
Numero di cavi per fase	1
Portata nominale singolo cavo nelle condizioni di posa	342,4 A
Corrente di corto circuito max ammissibile (int. Prot. 0.7 sec)	82698 A
Temperatura del cavo per la corrente nominale con la temperatura ambiente di 30°C	31.13°C
Caduta di tensione %	0,01%

Anche i cavi che alimenteranno le cabine mt di ventilazione interna ed antincendio, sottese dalle relative cabine di smistamento, avranno le stesse caratteristiche.

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

Tabella 42- Tabella cavi riassuntiva

n.°	LINEA	da	km	a	km	TIPO CAVO	FORM. CAVO (mm ²)	LUNG. TOTALEE (km)
1	PE1-01	QMT PdA - S.J. De MAURIENNE	3+300	CAB. PE1-01 - DEP. OFF	2+400	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	2,81
2	PE1-02	QMT PdA - S.J. De MAURIENNE	3+300	CAB. PE1-01 - DEP. OFF	2+400	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	2,81
3	V1-T/1	QMT PdA - S.J. De MAURIENNE	3+300	QMT PdA - MODANE	32+791	RG7H1M1-12/20 kV	2(3*1*240mm ²)	35,88
4	V2-T/2	QMT PdA - S.J. De MAURIENNE	3+300	QMT PdA - MODANE	32+791	RG7H1M1-12/20 kV	2(3*1*240mm ²)	35,88
5	V1-D/1	QMT PdA - S.J. De MAURIENNE	3+300	QMT PdA - MODANE	32+791	RG7H1M1-12/20 kV	2(3*1*240mm ²)	34,71
6	V2-D/2	QMT PdA - S.J. De MAURIENNE	3+300	QMT PdA - MODANE	32+791	RG7H1M1-12/20 kV	2(3*1*240mm ²)	34,71
7	V1-D/1.1	CABINA SMISTAMENTO DISC. S. MARTIN LE PORTE	11+600	DISCENDERIA - SAN MARTIN LA PORTE	11+600	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	2,77
8	D1-D/1.1	DISC. S. MARTIN LE PORTE	11+600	D1-01 CABINA AI TUNNEL	11+600	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
9	V2-D/2.2	DISC. S. MARTIN LE PORTE	11+600	DISCENDERIA - SAN MARTIN LA PORTE	11+600	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	2,77
10	D1-D/2.2	DISC. S. MARTIN LE PORTE	11+600	D1-01 CABINA AI TUNNEL	11+600	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
11	V1-D/1.3	CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	3,18
12	D2-D/1.1	CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	D2-02 CAB. ANTINC. - BRUMIZZAZIONE TUNNEL	20+588	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
13	D2-D/1.3	CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	D2-01 CAB. VENT. TUNNEL	20+588	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
14	V2-D/2.4	CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	3,18
15	D2-D/2.2	CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	D2-02 CAB. ANTINC. - BRUMIZZAZIONE TUNNEL	20+588	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
16	D2-D/2.4	CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA LA PRAZ	20+588	D2-01 CAB. VENT. TUNNEL	20+588	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
17	V1-R/1	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA MODANE	32+799	D3-03 CABINA RAFFRESCAMENTO INTERNA	32+799	RG7H1M1-12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
18	V1-D/3	QMT PdA - MODANE	4+100 DIS	PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	RG7H1M1-12/20 kV	3(3*1*240mm ²)	36,14

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

19	V1-T/3	QMT PdA - MODANE	4+100 DIS	PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	RG7H1M1- 12/20 kV	2(3*1*240mm ²)	37,20
20	V2-R/2	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	D3-03 CABINA RAFFRESCAMENTO INTERNA	32+799	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
21	V2-T/4	QMT PdA - MODANE	4+100 DIS	PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	RG7H1M1- 12/20 kV	2(3*1*240mm ²)	37,20
22	V2-D/4	QMT PdA - MODANE	4+100 DIS	PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	RG7H1M1- 12/20 kV	3(3*1*240mm ²)	36,14
23	V1-PV/1	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	PV-01 CAB. VENT. POZZO AVRIEUX - ESTERNO	32+314	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	1,68
24	V1-D/3.1	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	DISCENDERIA MODANE	3+450 DIS	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	3,76
25	D3-D/3.1	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	D3-05 CAB. ANTINC. - E BRUMIZZAZIONE TUNNEL	32+799	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
26	D3-D/3.3	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	D3-04 CAB. VENT. - TUNNEL	32+799	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
27	V2-PV/2	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	PV-02 CAB. VENT. POZZO AVRIEUX - ESTERNO	32+314	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	1,68
28	V2-D/4.2	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	DISCENDERIA MODANE	3+450 DIS	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	3,76
29	D3-D/4.2	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	D3-05 CAB. ANTINC. - E BRUMIZZAZIONE TUNNEL	32+799	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
30	D3-D/4.4	DS-03 CABINA SMISTAMENTO DSCENDERIA MODANE	32+799	D3-04 CAB. VENT. - TUNNEL	32+799	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
31	V1-PV/3	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	PV-02 CABINA VENTILAZIONE VAL CLAREA	4+577 DIS	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	5,03
32	V1-D/3.3	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	GALLERIA LA MADDALENA	7+133 CUN	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	7,85
33	D4-D/3.1	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	D4-02 CAB. ANTINC. E BRUMIZZAZIONE TUNNEL	47+997	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
34	D4-D/3.3	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	D4-01 CAB. VENT. - TUNNEL	47+997	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
35	V2-PV/4	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	PV-02 CABINA VENTILAZIONE VAL CLAREA	4+577 DIS	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	5,03
36	V2-D/4.4	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	GALLERIA LA MADDALENA	7+133 CUN	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	7,85
37	D4-D/4.2	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	D4-02 CAB. ANTINC. E BRUMIZZAZIONE TUNNEL	47+997	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
38	D4-D/4.4	DS-04 CABINA SMISTAMENTO DISCENDERIA VAL CLAREA	47+997	D4-01 CAB. VENT. - TUNNEL	47+997	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,12
39	PE2-01	QMT PdA - PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	PE2-01 CAB. AI AREA DI SICUREZZA	62+362	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,26

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

40	PE2-03	QMT PdA - PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	PE2-03 CAB. PCC	62+700	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,49
41	V1-T/5	QMT PdA - PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	I4-01 CAB. BUSSOLENO	1+926 TUNNEL INT	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	3,57
42	PE2-04	QMT PdA - PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	PE2-03 CAB. PCC	62+700	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,49
43	V2/T6	QMT PdA - PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	I4-01 CAB. BUSSOLENO	1+926 TUNNEL INT	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	3,57
44	PE2-02	QMT PdA - PIAZZALE VAL DI SUSA	62+450	PE2-01 CAB. AI AREA DI SICUREZZA	62+362	RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,26
45	V1- T/5/V2- T/6	I4-01 CAB. BUSSOLENO		I4-01 CAB. BUSSOLENO		RG7H1M1- 12/20 kV	3*1*240mm ²	0,07

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

ALLEGATO I

1° SCENARIO - SCHEMATICO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE SITUAZIONE DI EMERGENZA – FUORI SERVIZIO PDA MODANE EMERGENZA PARTE OVEST TUNNEL BASE.

1° SCENARIO

- Fuori servizio Pda Modane
- Emergenza Tunnel Base nel tratto tra S.J. de Maurienne e Modane

NOTE:

- 1) Pda S. J. de Maurienne alimenta il tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- 2) Pda Modane afuori servizio;
- 3) Pda Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il tunnel di base fino a Modane ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- 4) Cabina MT di Bussoleno riserva;

LEGENDA:

- INTERRUTTORE CHIUSO (IN)
- INTERRUTTORE APERTO (OFF)

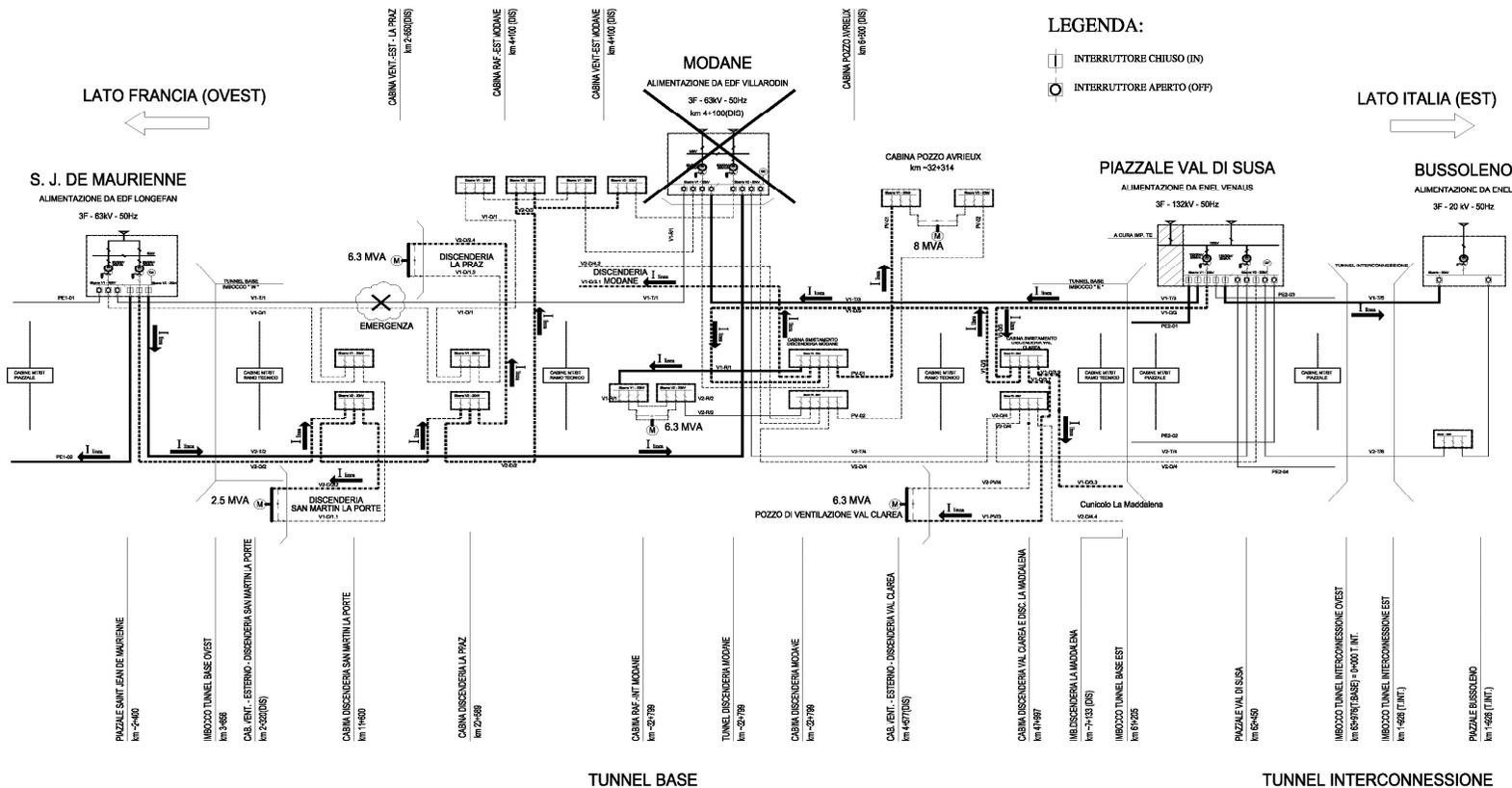


Figura 2: Scenario 1: Schematico sistema di alimentazione

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

ALLEGATO I

2° SCENARIO - SCHEMATICO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE SITUAZIONE DI EMERGENZA – FUORI SERVIZIO PDA MODANE EMERGENZA LATO EST TUNNEL BASE.

2° SCENARIO

- Fuori servizio PdA Modane
- Emergenza Tunnel Base nel tratto tra Modane e Val di Susa

NOTE:

- 1) PdA S. J. de Maurienne alimenta il tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- 2) PdA Modane afuori servizio;
- 3) PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il tunnel di base fino a Modane ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- 4) Cabina MT di Bussoleno riserva;

LEGENDA:

- INTERRUTTORE CHIUSO (IN)
- INTERRUTTORE APERTO (OFF)

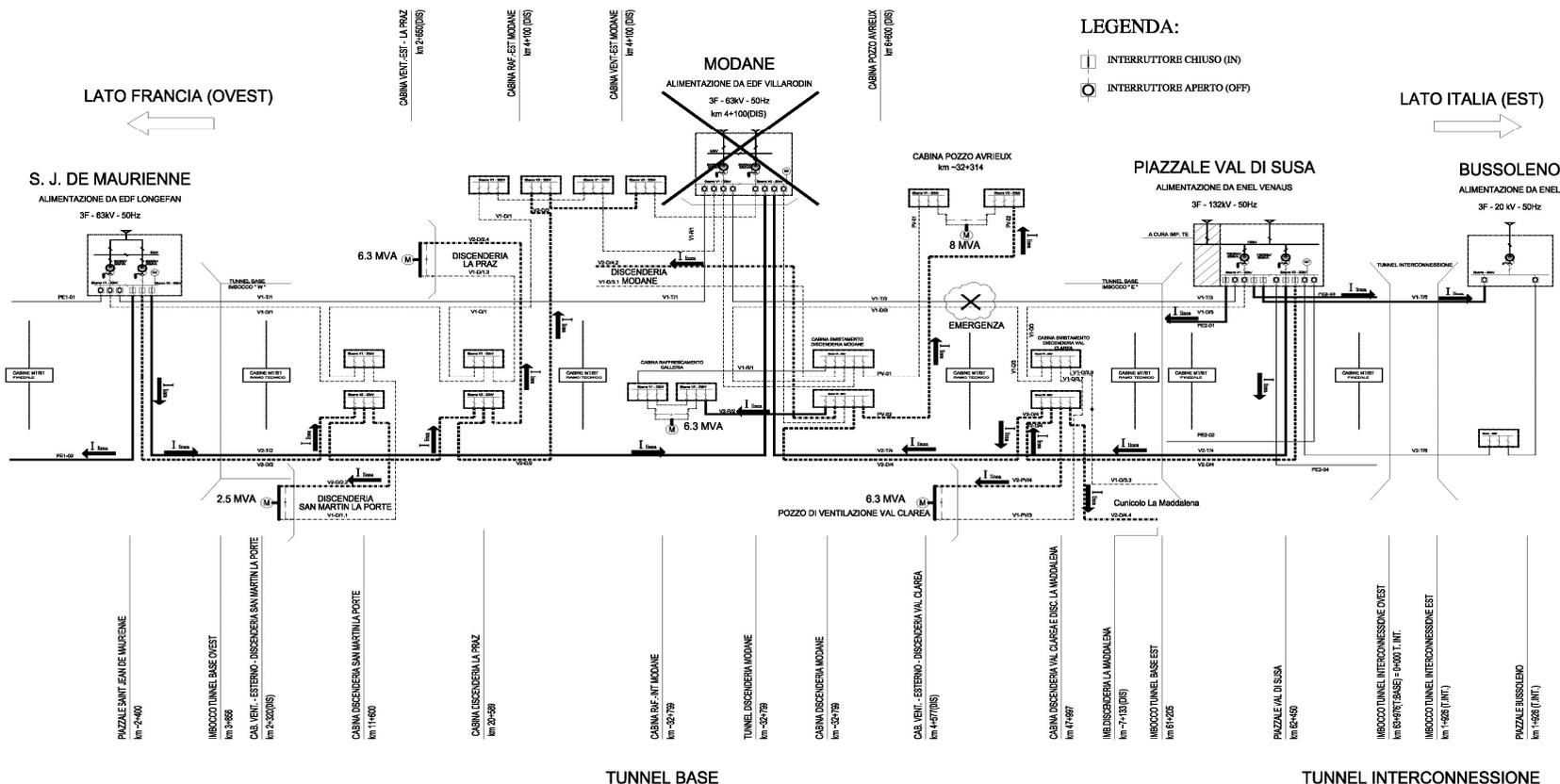


Figura 3: Scenario2: Schematico sistema di alimentazione

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

ALLEGATO I

3° SCENARIO - SCHEMATICO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE SITUAZIONE DI EMERGENZA – FUORI SERVIZIO PDA S. J. DE MAURIENNE EMERGENZA LATO OVEST TUNNEL BASE

3° SCENARIO

- Fuori servizio Pda S. J. de Maurienne
 - Emergenza Tunnel Base nel tratto tra S. J. de Maurienne e Modane

NOTE:

- 1) Pda S. J. de Maurienne è fuori servizio
- 2) Pda Modane alimenta il tunnel di base fino al piazzale di S. J. de Maurienne
- 3) Pda Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il piazzale di Bussoleno il Tunnel di Base ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- 4) Cabina MT di Bussoleno riserva;

LEGENDA:

- INTERRUTTORI CHIUSI (IN)
- INTERRUTTORI APERTI (OFF)

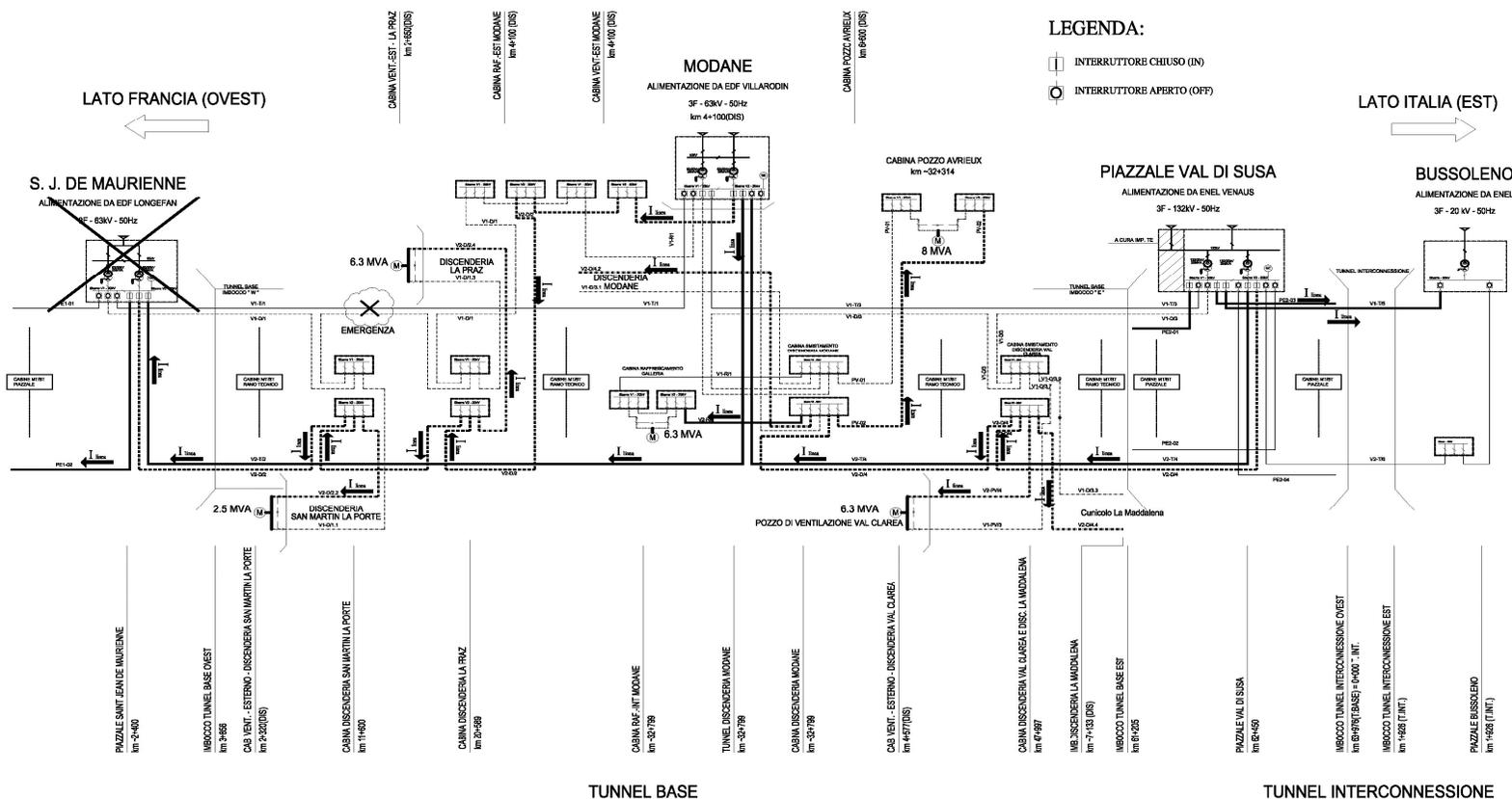


Figura 4: Scenario3: Schematico sistema di alimentazione

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

ALLEGATO I

4° SCENARIO - SCHEMATICO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE SITUAZIONE DI EMERGENZA – FUORI SERVIZIO PDA VAL DI SUSA EMERGENZA LATO EST TUNNEL BASE

4° SCENARIO

- Fuori servizio PdA Val di Susa
- Emergenza Tunnel Base nel tratto tra Modane e Val di Susa

NOTE:

- 1) PdA S. J. de Maurienne alimenta il tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- 2) PdA Modane alimenta il tunnel Base fino al Piazzale Val di Susa
- 3) PdA Val di Susa fuori servizio;
- 4) Cabina MT di Bussoleno alimenta il proprio piazzale ed il tunnel Interconnessione;

LEGENDA:

- ☐ INTERRUTTORE CHIUSO (IN)
- INTERRUTTORE APERTO (OFF)

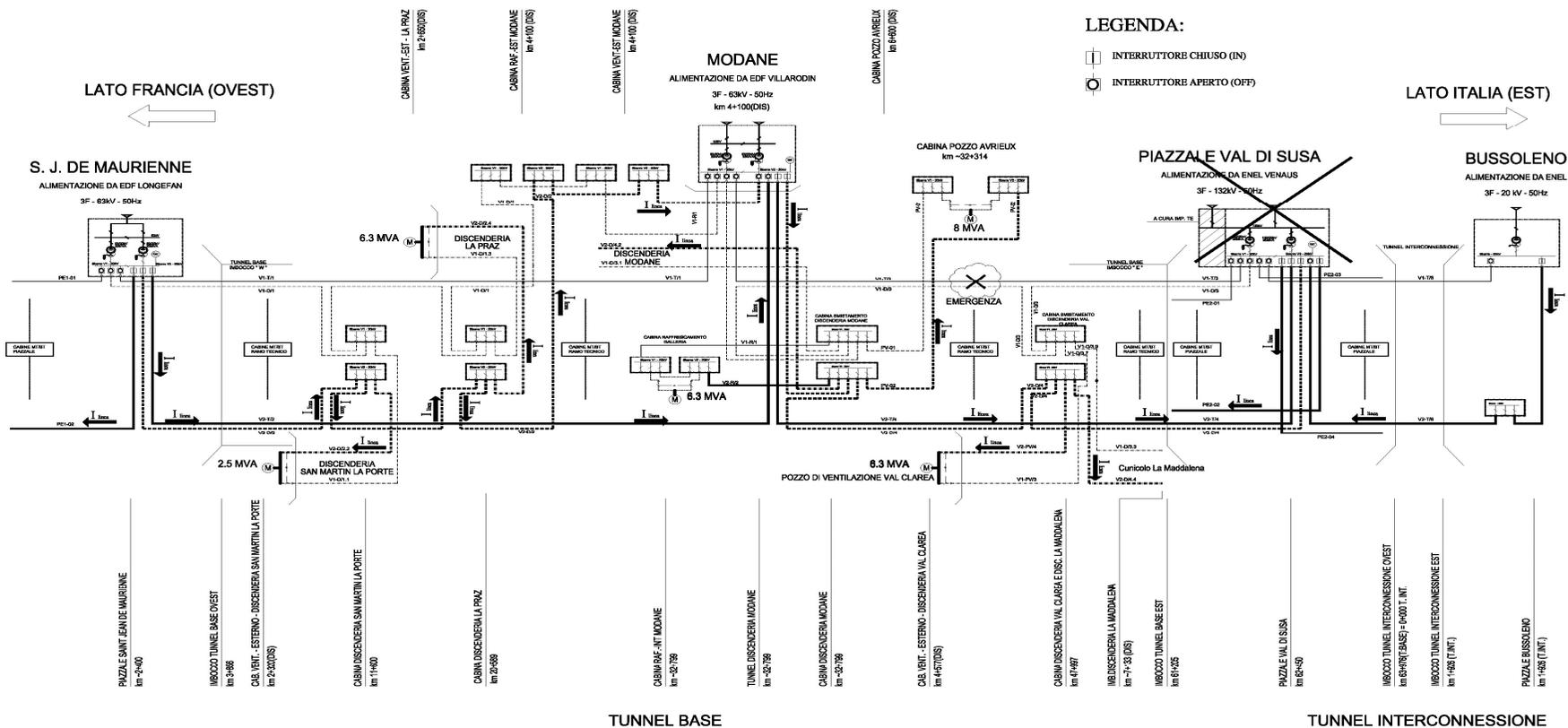


Figura 5: Scenario 4: Schematico sistema di alimentazione

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

ALLEGATO I

5° SCENARIO - SCHEMATICO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE SITUAZIONE DI EMERGENZA – FUORI SERVIZIO
 BUSSOLENO EMERGENZA TUNNEL INTERCONNESSIONE

5° SCENARIO

- Fuori servizio PdA Bussoleno
- Emergenza Tunnel Interconnessione

NOTE:

- 1) PdA S. J. de Maurienne alimenta il tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- 2) PdA Modane alimenta il tunnel Base fino al Piazzale Val di Susa
- 3) PdA Val di Susa alimenta il proprio piazzale, il piazzale di Bussoleno ed il tunnel Interconnessione fino a Bussoleno;
- 4) Cabina MT di Bussoleno fuori servizio;

LEGENDA:

- INTERRUTTORE CHIUSO (IN)
- INTERRUTTORE APERTO (OFF)

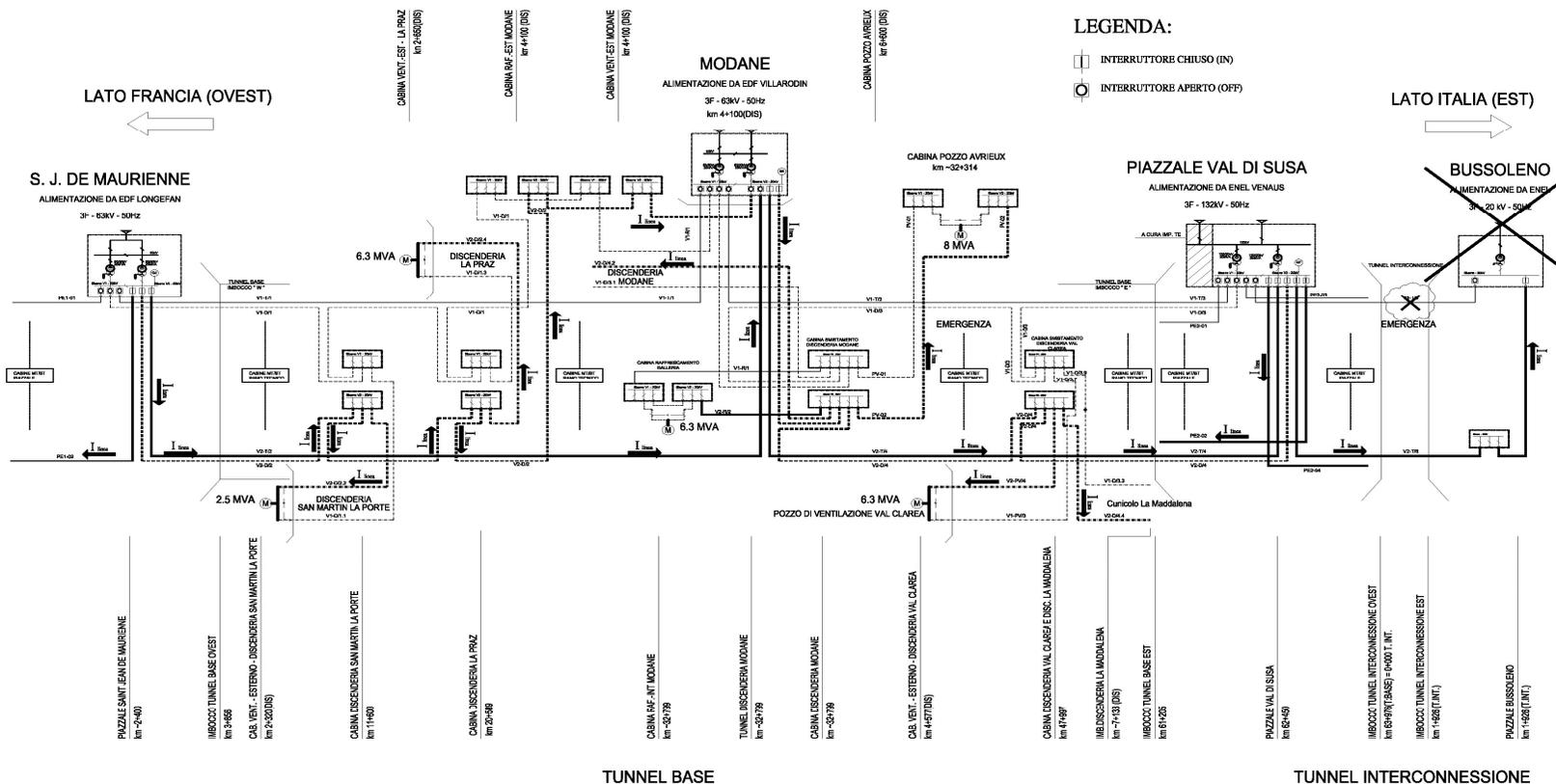


Figura 6: Scenario5:Schematico sistema di alimentazione

Description quantitative des réseaux MT en Tunnel

- Relazione di calcolo "rete MT Tunnel" -

ALLEGATO I

6° SCENARIO - SCHEMATICO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE SITUAZIONE DI EMERGENZA – FUORI SERVIZIO PDA VAL DI SUSA EMERGENZA EMERGENZA TUNNEL INTERCONNESSIONE

6° SCENARIO

- Fuori servizio PdA Val di Susa
- Emergenza Tunnel interconnessione

NOTE:

- 1) PdA S. J. de Maurienne alimenta il tunnel Base fino a Modane, ed il proprio piazzale;
- 2) PdA Modane alimenta il tunnel Base fino al Piazzale Val di Susa
- 3) PdA Val di Susa fuori servizio;
- 4) Cabina MT di Bussoleno alimenta il proprio piazzale ed il tunnel Interconnessione;

LEGENDA:

- ☐ INTERRUTTORE CHIUSO (IN)
- INTERRUTTORE APERTO (OFF)

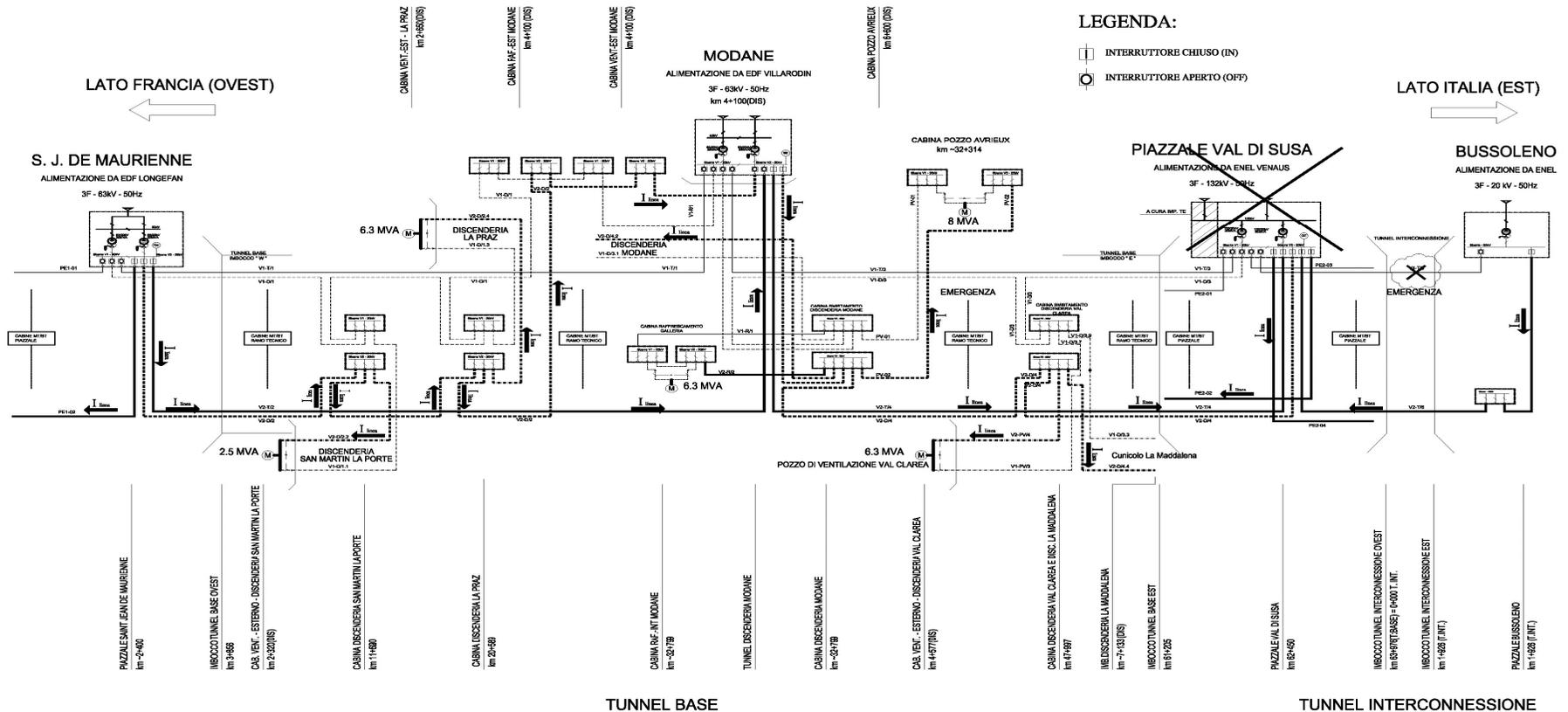


Figura 7: Scenario 6: Schematico sistema di alimentazione