

Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



CODICE
COMMESSA

F 3 1

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.
207/10

f

PROGRESSIVO
ELABORATO

0 0 9

CATEGORIA
OPERA

I M

NUMERO
OPERA

- -

REVISIONE

R 0

SCALA

===

LINEA MILANO - VARESE - LAVENO
RADDOPPIO SELETTIVO GEMONIO - CITTIGLIO
Progetto Definitivo

CALCOLI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI
CALCOLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Ott. 2022	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE (a.i.)
Dott. Enrico Belavita

Progettista



Collaborazione



C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
21049 TRADATE (VA) - C.so BERNACCHI, 113
Telefono 0331/810172 - Fax 0331/835490 - Email info@cpb-broggi.it

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
MR	MG	BD	24/10/2022
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
FNI22221E			

Codice lavoro	<i>FNI22/221EM</i>
----------------------	--------------------

IL PRESENTE FASCICOLO È COMPOSTO DALLE SEGUENTI PARTI:

<i>File</i>	<i>Revisione</i>				<i>Descrizione</i>	<i>N° fogli</i>
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>		
<i>F31Df009IM--R0_Calcoli impianti.doc</i>	X				<i>Relazione di calcolo impianti elettrici e meccanici</i>	<i>44</i>
<i>FNI22221EC1.pdf</i>	X				<i>Calcolo dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito – impianti stazione di Gemonio</i>	<i>16</i>
<i>FNI22221EC2.pdf</i>	X				<i>Calcolo dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito – integrazione deviatori stazione di Cittiglio</i>	<i>4</i>
<i>FNI22122E01i.pdf</i>	X				<i>Calcolo tipico illuminazione pensiline e banchine di stazione</i>	<i>10</i>

L'intero fascicolo è contenuto nel file F31Df009IM--R0_Calcoli Impianti.pdf

<i>REVISIONI</i>		
<i>N°</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>DATA</i>
<i>0</i>	<i>Stesura iniziale</i>	<i>24/10/2022</i>
<i>1</i>		
<i>2</i>		
<i>3</i>		

SOMMARIO

1	CALCOLI IMPIANTI ELETTRICI	5
1.1	CALCOLI LINEE	5
1.1.1	Calcolo delle correnti di impiego.....	5
1.1.2	Dimensionamento dei cavi.....	6
1.1.3	Integrale di Joule.....	7
1.1.4	Dimensionamento dei conduttori di neutro.....	8
1.1.5	Dimensionamento dei conduttori di protezione	9
1.1.6	Calcolo della temperatura dei cavi	10
1.1.7	Cadute di tensione	10
1.1.8	Fornitura della rete	11
1.1.9	Calcolo dei guasti.....	13
1.1.9.1	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	13
1.1.9.2	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	15
1.1.9.3	Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra.....	16
1.1.10	Scelta delle protezioni.....	17
1.1.11	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	17
1.1.12	Verifica di selettività	18
1.1.13	Verifica della protezione contro i contatti indiretti.....	19
1.1.13.1	Sistema TT	19
1.2	CALCOLI ILLUMINOTECNICI	20
1.2.1	Illuminazione ordinaria impianti interni	20
1.2.2	Illuminazione ordinaria impianti esterni.....	21
1.2.3	Specifiche di progetto	21
1.2.4	Illuminazione di emergenza.....	21
1.3	CALCOLI DI PROGETTO	23
1.3.1	Calcoli dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito	23
1.3.2	Calcoli illuminotecnici	25
2	CALCOLI IMPIANTI MECCANICI	29
2.1	IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE PENSILINE DI STAZIONE.....	29
2.2	SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE PENSILINE BINARIO 1 E 2	30
2.2.1	Calcolo superficie intervento	30
2.2.2	Dati di permeabilità	30

2.2.3	<i>Precipitazioni di Progetto</i>	31
2.2.4	<i>Curve di possibilità pluviometrica.....</i>	32
2.2.5	<i>Processo di Infiltrazione.....</i>	33
2.2.6	<i>Processo di laminazione.....</i>	36
2.2.6.1	Calcolo del volume d'invaso	36
2.2.6.2	Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione.....	38
2.2.6.3	Verifica dei franchi di sicurezza T = 100 Anni.....	39
2.2.6.4	Volume di laminazione di progetto	39
2.2.7	<i>Dimensionamento delle reti di drenaggio</i>	39
2.2.8	<i>Dimensionamento delle pompe.....</i>	41
2.2.8.1	Pompe all'interno della vasca di laminazione V01	41
2.2.8.2	Pompe di sollevamento vani ascensori	43

1 CALCOLI IMPIANTI ELETTRICI

1.1 CALCOLI LINEE

Per l'esecuzione dei calcoli è stato utilizzato il software Ampere versione 2022 della società Electro Graphics; il software di calcolo verifica il coordinamento delle protezioni e delle condutture sulla base dei dati di ingresso forniti.

Nel seguito vengono riportati gli algoritmi di calcolo utilizzati dal programma per il dimensionamento e le verifiche dell'impianto partendo dai dati di ingresso forniti.

1.1.1 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos \varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right)\end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale $coeff$ è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle ($\sum P_d$ a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ($\sum Q_d$ a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

1.1.2 Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le sette tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z \min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

1.1.3 Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopracitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in PVC:	$K = 115$
Cavo in rame e isolato in gomma G:	$K = 135$
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	$K = 143$
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	$K = 115$

Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

1.1.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16mmq;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso

- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16mmq se il conduttore è in rame e a 25mmq se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16mmq se conduttore in rame e 25mmq se e conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

1.1.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mmq);

- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore. In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5mmq rame o 16mmq alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4mmq o 16mmq alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25mmq, se in rame;
- 35mmq, se in alluminio;

1.1.6 Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$
$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

1.1.7 Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left(\sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right)_{f=R,S,T}$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;

con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$c.d.t(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $c.d.t(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $c.d.t(I_b)$.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525).

Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

1.1.8 Fornitura della rete

La fornitura di energia in bassa tensione (monofase e/o trifase) con tensione fase-neutro 230V e tensione concatenata fase-fase 400V, frequenza 50Hz.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (valori secondo quanto indicato dalla Norma CEI0-21).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (valori secondo quanto indicato dalla Norma CEI0-21).

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito I_{cctrif} , in mΩ:

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il $\cos \phi_{cc}$ di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

$50 < I_{cctrif}$	$\cos \phi_{cc} = 0.2$
$20 < I_{cctrif} \leq 50$	$\cos \phi_{cc} = 0.25$
$10 < I_{cctrif} \leq 20$	$\cos \phi_{cc} = 0.3$
$6 < I_{cctrif} \leq 10$	$\cos \phi_{cc} = 0.5$
$4.5 < I_{cctrif} \leq 6$	$\cos \phi_{cc} = 0.7$
$3 < I_{cctrif} \leq 4.5$	$\cos \phi_{cc} = 0.8$
$1.5 < I_{cctrif} \leq 3$	$\cos \phi_{cc} = 0.9$
$I_{cctrif} \leq 1.5$	$\cos \phi_{cc} = 0.95$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos \phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase I_{k1} , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare.

Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi $\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos \phi_{cc}$, cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos \phi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{cc})^2} - 1}$$

1.1.9 Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

1.1.9.1 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\Delta T \cdot 0.004)} \right)$$

dove ΔT è 50 o 70 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$\begin{aligned} R_{0cavoNeutro} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro} \\ X_{0cavoNeutro} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cavoPE} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE} \\ X_{0cavoPE} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraNeutro} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro} \\ X_{0sbarraNeutro} &= 3 \cdot X_{dsbarra} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraPE} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE} \\ X_{0sbarraPE} &= 2 \cdot X_{anello_guasto} \end{aligned}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\ X_d &= X_{dcavo} + X_{dmonte} \\ R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro} \\ X_{0Neutro} &= X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \\ R_{0PE} &= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\ X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE} \end{aligned}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase I_{kmax} , fase neutro $I_{k1Neutromax}$, fase terra $I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

$$I_{kmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kmin}}$$

$$I_{k1Neutromax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromin}}$$

$$I_{k1PEmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmin}}$$

$$I_{k2max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{kmin}}$$

Infine, dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kmax}$$

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutromax}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PEmax}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto, I_p può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente $k = 1.8$ che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

1.1.9.2 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);
- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;
- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0\text{Neutro}} = R_{0\text{Neutro}} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase $I_{k1\min}$ e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1\text{Neutro}\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1\text{Neutro}\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

1.1.9.3 Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con Z_d la impedenza diretta della rete, con Z_i l'impedenza inversa, che coincide con Z_d , e con Z_0 l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito, Z_0 corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{\dot{Z}_0 - \alpha \cdot \dot{Z}_i}{\dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_i + \dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_i \cdot \dot{Z}_0} \right|$$

e la corrente di picco:

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2\max}$$

1.1.10 Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza $I_{km\ max}$;

1.1.11 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti K^2S^2 e la I_z dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa

1.1.12 Verifica di selettività

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente I_a di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

1.1.13 Verifica della protezione contro i contatti indiretti

Calcolo della corrente I_a che determina se una utenza è protetta ai contatti indiretti.

La verifica ai contatti indiretti viene eseguita come segue:

- Impostando in “Dati linea” di una utenza l'opzione Verifica contatti indiretti - Correnti di guasto fase-terra:
 - la c.i. = I_{k1ft} corrente di guasto fase terra minima.
Se la corrente di sgancio della protezione è inferiore alla corrente di guasto fase terra allora i contatti indiretti sono verificati.
 - Se la corrente di guasto fase-terra è minore della corrente $50 / Z_{pe}$, allora viene presa come riferimento la c.i. = $50 / Z_{pe}$. Si accetta cioè che ad una corrente di guasto che comporta una tensione inferiore a 50V possa essere non interrotta per salvaguardare una persona.

1.1.13.1 Sistema TT

Per il sistema TT, il programma propone una situazione in cui non è nota l'impedenza lato fornitura e in questo caso non è possibile calcolare i guasti fase terra. La verifica ai contatti indiretti avviene controllando la presenza dell'interruttore differenziale e la verifica della corrente di sgancio differenziale.

1.2 CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Per l'esecuzione dei calcoli è stato utilizzato il software DialUX versione 4.13 della società DIAL, inserendo le curve fotometriche dei corpi illuminanti previsti in progetto, fornite in formato Eulumdat dalle rispettive case costruttrici.

I valori illuminotecnici raggiunti sono stati confrontati con quanto indicato dalle normative vigenti.

1.2.1 Illuminazione ordinaria impianti interni

L'obiettivo del presente progetto illuminotecnico è quello di verificare la rispondenza delle prestazioni dell'impianto di illuminazione alle raccomandazioni suggerite dalle norme in materia di illuminazioni di interni in condizioni ordinarie.

La norma UNI EN 12464-1 definisce i valori limite dei seguenti parametri:

- illuminamento medio mantenuto, relativo alla superficie del "compito visivo" di riferimento da considerare in relazione al tipo di ambiente;
- uniformità di illuminamento, inteso come rapporto tra l'illuminamento delle aree nelle immediate vicinanze e l'illuminamento del compito visivo;
- condizioni di abbagliamento, relativo al rispetto dei valori massimi U.G.R.;
- direzionalità della luce;
- colore della luce e resa del colore.

Per il progetto degli impianti di illuminazione degli interni si è fatto ricorso al metodo di calcolo detto punto per punto determinato sulla base della seguente formula:

$$E_p = \frac{I_p \times K_{lm} \times \cos^3 \alpha}{h^2}$$

dove:

E_p = illuminamento in lux in un punto

I_p = intensità in candele, riferite a 1000 lumen, nel punto in esame

K_{lm} = flusso luminoso della lampada

$\cos^3 \alpha$ = \cos^3 dell'angolo compreso tra la verticale dell'apparecchio e il punto in esame

h^2 = distanza al quadrato tra sorgente luminosa e piano di calcolo dell'illuminamento

Tali calcoli hanno come scopo la determinazione dell'illuminamento su un numero discreto di punti situati su prefissate superfici (piane o cilindriche, orizzontali o verticali) in modo da tracciare le linee isolux, ossia i luoghi geometrici che presentano lo stesso valore di illuminamento. In pratica, sull'area di interesse, si crea un reticolo e si effettua il calcolo dell'illuminamento nei suoi nodi o al centro delle sue maglie.

Le dimensioni del reticolo di calcolo sono determinate sulla base di quanto riportato all'art. 4.4 e nel prospetto A1 della norma UNI EN 12464-1 edizione 2011.

Ai fini di una più corretta valutazione dell'illuminamento, è necessario tenere in considerazione sia l'illuminamento diretto, dovuto alle radiazioni provenienti direttamente dalla sorgente luminosa e incidenti sul punto considerato, sia quello indiretto, dovuto alle radiazioni che incidono sul punto dopo avere subito riflessioni dalle superfici circostanti.

1.2.2 Illuminazione ordinaria impianti esterni

Per la determinazione dei livelli illuminotecnici degli ambienti esterni sono state utilizzate le medesime modalità descritte al paragrafo precedente, utilizzando come parametri di riferimento quanto indicato dalla Norma UNI EN 12464-2 edizione 2014.

1.2.3 Specifiche di progetto

I calcoli illuminotecnici sono stati effettuati considerando le diverse aree del compito visivo all'interno delle varie zone, verificando i valori riportati nella norma UNI EN 12464-1.

Nelle aree dove non sono disponibili ulteriori dati di progetto relativi alla natura del compito visivo, il calcolo illuminotecnico è stato effettuato considerando l'intera area.

Il numero, la tipologia e la posizione dei corpi illuminanti all'interno dei vari ambienti sono ricavabili dagli elaborati di disegno che costituiscono parte integrante del presente progetto. Sono inoltre riportati i risultati relativi agli studi di simulazione effettuati in tutti i locali significativi; dal momento che alcuni locali hanno caratteristiche di ripetitività, per essi si è provveduto ad effettuare un'unica simulazione.

I dati riportati in appendice riguardano sostanzialmente i principali indicatori di qualità dell'illuminamento ottenuto con il calcolo di progetto (valori medi di illuminamento sul piano di lavoro, coefficienti di uniformità, luminanza, etc.). Inoltre per alcuni ambienti sono anche fornite le mappe isolux o le tabelle dei livelli di illuminamento; in particolare questi dati sono forniti per quei locali in cui, a causa della particolare conformazione delle strutture, si possono presentare zone con bassi valori di illuminamento che, sebbene contribuiscano a ridurre gli indicatori di qualità dell'illuminamento a valori non accettabili, non hanno alcuna importanza quando si consideri con maggior precisione l'area in cui si espleta il compito visivo.

1.2.4 Illuminazione di emergenza

La norma UNI EN 1838, le norme CEI e le disposizioni legislative per alcuni ambienti particolari indicano i valori da rispettare per i seguenti parametri:

- illuminamento minimo relativo alle via di esodo, o, nel caso di ambienti particolari, all'intera superficie dell'ambiente;
- autonomia dell'impianto;
- tempo di intervento dell'impianto di illuminazione
- tempo di ricarica delle batterie;

L'illuminazione d'emergenza viene calcolata secondo la normativa europea EN1838, per la quale viene presa in considerazione solo la parte di luce diretta e non la componente indiretta.

Per il progetto in esame si è fatto ricorso al metodo di calcolo detto punto per punto determinato sulla base della seguente formula:

$$E_p = \frac{I_p \times K_{lm} \times \cos^3 \alpha}{h^2}$$

dove:

E_p = illuminamento in lux in un punto

I_p = intensità in candele, riferite a 1000 lumen, nel punto in esame

K_{lm} = flusso luminoso della lampada

$\cos^3 \alpha$ = \cos^3 dell'angolo compreso tra la verticale dell'apparecchio e il punto in esame

h^2 = distanza al quadrato tra sorgente luminosa e piano di calcolo dell'illuminamento

Tali calcoli hanno come scopo la determinazione dell'illuminamento su un numero discreto di punti situati su prefissate superfici orizzontali in modo da tracciare le linee isolux, ossia i luoghi geometrici che presentano lo stesso valore di illuminamento. In pratica, sull'area di interesse, si crea un reticolo e si effettua il calcolo dell'illuminamento nei suoi nodi o al centro delle sue maglie.

In assenza di indicazioni specifiche della norma suddetta per la determinazione delle dimensioni del reticolo di calcolo sono state prese in considerazione le indicazioni riportate all'art. 4.4 e nel prospetto A1 della norma UNI EN 12464-1 edizione 2011.

Il calcolo in base alle diverse tipologie di aree da verificare viene realizzato su superfici a pavimento.

1.3 CALCOLI DI PROGETTO

1.3.1 Calcoli dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito

FNI22221EC1 Calcolo dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo corrente di corto circuito – impianti di stazione Gemonio



Dati salienti utenza

Commessa: FNI22/221E

Descrizione: Adeguamento pensiline e banchine di stazione

Cliente: NORD ING Srl

Responsabile: BD

Data: 01/10/2022

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore: MG

Note:

Dati salienti utenza

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	Sistema	Circuito	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Cosfi	Ikm max [kA]	Formazione	Lc [m]	Vn [V]	CdtT (Ib) [%]	Ib<=In<=Iz
--------	---------	----------	---------	-------	---------	-------	--------------	------------	--------	--------	---------------	------------

FV QAE-010/EL1

Q1	TT	3F+N	48,1	0,6	28,8	0,904	9,52		0	400	0	52,6<=125 A (Ib<=In)
Q2	TT	3F+N	29	1	29	0,904	9,52	5G25	15	400	0,348	51<=63<=88,9 A
Q5	TT	3F+N	5,32	1	5,32	0,9	9,81	5G16	20	400	0,132	9,43<=63<=72 A
Q3	TT	3F+N	10,6	1	10,6	0,908	9,81	5G6	10	400	0,418	20<=32<=35,2 A
Q4	TT	L3-N	3,15	1	3,15	0,9	5,78	3G4	2	231	0,15	15,2<=20<=28 A

FV QST-010/EL2

Q10	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	4,11	3G1.5	20	231	0,518	0,962<=10<=15 A
Q11	TT	L2-N	0,5	1	0,5	0,9	4,11	3G1.5	30	231	1,18	2,41<=10<=17,6 A
Q12	TT	3F+N	18	1	18	0,9	7,25	5G16	30	400	0,88	28,9<=40<=46,8 A
Q13	TT	3F+N	18	1	18	0,9	7,25	5G16	40	400	1,06	28,9<=40<=46,8 A
SG	TT	3F+N	58	0,5	29	0,904	7,12		0	400	0,348	51<=63 A (Ib<=In)
Q14	TT	3F+N	3	1	3	0,9	7,39	5G4	60	400	1,06	4,81<=16<=20,8 A
Q1	TT	L1-N	0,3	1	0,3	0,9	4,11	2x(1x1.5)+1G1.5	15	231	0,55	1,44<=10<=16,1 A
Q15	TT	3F+N	3	1	3	0,9	7,39	5G4	70	400	1,18	4,81<=16<=20,8 A
Q3	TT	L3-N	0,3	1	0,3	0,9	4,11	2x(1x1.5)+1G1.5	15	231	0,635	1,44<=10<=16,1 A
Q16	TT	L3-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	20	231	0,716	2,31<=10<=19,5 A
Q2	TT	L2-N	0,3	1	0,3	0,9	4,11	2x(1x1.5)+1G1.5	15	231	0,514	1,44<=10<=16,1 A
Q17	TT	L1-N	0	1	0	0,9	4,11		0	231	0,263	0<=10 A (Ib<=In)
Q4	TT	L1-N	1,5	1	1,5	0,9	4,11	2x(1x2.5)+1G2.5	15	231	1,13	7,22<=16<=21,7 A
Q18	TT	L2-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	20	231	0,594	2,31<=10<=19,5 A

Dati salienti utenza

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	Sistema	Circuito	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Cosfi	Ikm max [kA]	Formazione	Lc [m]	Vn [V]	CdtT (Ib) [%]	Ib<=In<=Iz
Q5	TT	L2-N	0	1	0	0,9	4,11		0	231	0,226	0<=16 A (Ib<=In)
Q19	TT	L3-N	0	1	0	0,9	4,11		0	231	0,348	0<=10 A (Ib<=In)
Q6	TT	L3-N	2	1	2	0,9	4,11	2x(1x2.5)+1G2.5	15	231	1,5	9,62<=16<=21,7 A
Q20	TT	L1-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	40	231	0,999	2,31<=10<=19,5 A
Q7	TT	L1-N	0	1	0	0,9	4,11		0	231	0,263	0<=16 A (Ib<=In)
Q21	TT	L2-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	50	231	1,15	2,31<=10<=19,5 A
Q8	TT	L2-N	0,5	1	0,5	0,9	4,11	2x4	250	231	3,21	2,41<=10<=27,5 A
Q22	TT	L3-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	60	231	1,45	2,31<=10<=19,5 A
Q9	TT	L3-N	3	0,8	2,4	0,9	4,11	2x(1x6)+1G6	10	231	0,709	11,5<=20<=32,8 A
Q23	TT	L1-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	60	231	1,37	2,31<=10<=19,5 A
Q24	TT	L2-N	0,48	1	0,48	0,9	4,11	3G2.5	60	231	1,33	2,31<=10<=19,5 A
Q25	TT	L3-N	0,1	1	0,1	0,9	4,11	3G2.5	150	231	0,923	0,481<=10<=19,5 A
Q26	TT	L1-N	0	1	0	0,9	4,11		0	231	0,263	0<=10 A (Ib<=In)
Q27	TT	3F+N	4,57	1	4,57	0,95	7,39	5G10	5	400	0,383	6,94<=32<=45 A
UPS-Prot.	TT	3F+N	4,57	1	4,57	0,95	5,93		0	400	0,383	6,94<=32 A (Ib<=In)
UPS	TT	3F+N	4,57	1	4,57	0,95	5,93		0	400	0	6,94<=15,9 A (Ib<=In)
LUPS-OUT	TT	3F+N	4,16	1	4,16	0,9	5,93	5G10	5	400	0,042	7,41<=24,1<=45 A
Q30	TT	3F+N	4,16	1	4,16	0,9	4,88		0	400	0,042	7,41<=24,1 A (Ib<=In)
Q31	TT	L3-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	20	231	0,42	2,31<=10<=19,5 A
Q32	TT	L1-N	0	1	0	0,9	2,59		0	231	0,054	0<=10 A (Ib<=In)
Q33	TT	L2-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	20	231	0,436	2,31<=10<=19,5 A

Dati salienti utenza

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	Sistema	Circuito	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Cosfi	Ikm max [kA]	Formazione	Lc [m]	Vn [V]	CdtT (Ib) [%]	Ib<=In<=Iz
Q34	TT	L3-N	0	1	0	0,9	2,59		0	231	0,052	0<=10 A (Ib<=In)
Q35	TT	L1-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	40	231	0,79	2,31<=10<=19,5 A
Q36	TT	L2-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	50	231	0,988	2,31<=10<=19,5 A
Q37A	TT	L3-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	60	231	1,16	2,31<=10<=19,5 A
Q37B	TT	L1-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	60	231	1,16	2,31<=10<=19,5 A
Q37C	TT	L2-N	0,48	1	0,48	0,9	2,59	3G2.5	60	231	1,17	2,31<=10<=19,5 A
Q38	TT	L1-N	0,1	1	0,1	0,9	2,59	3G2.5	40	231	0,207	0,481<=10<=19,5 A
Q39	TT	L2-N	0,1	1	0,1	0,9	2,59	3G2.5	50	231	0,259	0,481<=10<=19,5 A
Q40	TT	L3-N	0,3	1	0,3	0,9	2,59	3G1.5	10	231	0,244	1,44<=10<=15,6 A
Q41	TT	L1-N	0,3	1	0,3	0,9	2,59	3G1.5	10	231	0,245	1,44<=10<=15,6 A

FV QITT-010/EL3

SZ1	TT	3F+N	13,2	0,8	10,6	0,908	4,67		0	400	0,418	20<=32 A (Ib<=In)
Q1	TT	L1-N	1	1	1	0,9	2,48	3G4	100	231	2,5	4,81<=6<=21 A
Q2	TT	L2-N	0,5	1	0,5	0,9	2,48	3G2.5	5	231	0,507	2,41<=6<=17,3 A
Q3	TT	L1-N	0,3	1	0,3	0,9	2,48	2x(1x1.5)+1G1.5	10	231	0,437	1,44<=10<=17,5 A
Q4	TT	L2-N	0,2	1	0,2	0,9	2,48	3G1.5	1	231	0,429	0,962<=6<=16,5 A
Q5	TT	L2-N	1,5	1	1,5	0,9	2,48	3G2.5	10	231	0,958	7,22<=16<=24 A
Q6	TT	L3-N	3	1	3	0,9	2,48	3G2.5	10	231	1,25	14,4<=16<=24 A
Q7	TT	L3-N	0,5	1	0,5	0,9	2,48	3G1.5	5	231	0,318	2,41<=10<=16,5 A
Q8	TT	L1-N	3,24	1	3,24	0,93	2,48	3G6	1	231	0,309	15,1<=32<=40,8 A
Q9	TT	L2-N	3	1	3	0,9	2,48	3G6	10	231	0,896	14,4<=25<=40,8 A

Dati salienti utenza

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	Sistema	Circuito	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Cosfi	Ikm max [kA]	Formazione	Lc [m]	Vn [V]	CdtT (Ib) [%]	Ib<=In<=Iz
SZ2	TT	L1-N	3,6	0,8	2,88	0,9	1,77		0	231	0,229	13,9<=28,6 A (Ib<=In)
Q50	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	1,77	3G1.5	5	231	0,379	2,41<=6<=12 A
Q51	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	1,77	3G1.5	5	231	0,379	2,41<=10<=12 A
Q52	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	1,77	3G1.5	5	231	0,379	2,41<=6<=12 A
Q53	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	1,77	2x6	350	231	3,03	2,41<=6<=42,4 A
Q54	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	1,77	3G1.5	10	231	0,229	2,41<=10<=17,6 A
Q55	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	1,77	3G1.5	20	231	0,868	2,41<=6<=17,6 A
Q56	TT	L1-N	0	1	0	0,9	1,77		0	231	0,229	0<=6 A (Ib<=In)
Q57	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	1,77	2x1.5	100	231	1,51	0,962<=10<=16,2 A
Q58	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	1,77	2x1.5	50	231	0,229	0,962<=10<=15 A
Q59	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	1,77	3G1.5	15	231	0,421	0,962<=6<=17,6 A
Q60	TT	L1-N	0	1	0	0,9	1,77		0	231	0,229	0<=6 A (Ib<=In)
Q61	TT	L1-N	0	1	0	0,9	1,77		0	231	0,229	0<=10 A (Ib<=In)

FV QDEV-010/EL4

Q1	TT	3F+N	7,6	0,7	5,32	0,9	5,5		0	400	0,132	9,43<=52 A (Ib<=In)
Q2	TT	3F	7,2	1	7,2	0,9	5,5	4G16	450	400	3,31	11,5<=20<=50,4 A
Q3	TT	3F	0	1	0	0,9	5,5		0	400	0,108	0<=20 A (Ib<=In)
Q4	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	2,98		0	231	0,132	0,962<=6 A (Ib<=In)
Q5	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	2,98		0	231	0,132	0,962<=6 A (Ib<=In)



Verifiche

Commessa: FNI22/221E

Descrizione: Adeguamento pensiline e banchine di stazione

Cliente: NORD ING Srl

Responsabile: BD

Data: 01/10/2022

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore: MG

Note:

Verifiche

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	$I_b \leq I_n \leq I_z$	Verif. PdI	Ver. I ^{2t}	$I_{mag} < I_{magmax}$	Contatti indiretti	CdtT (I _b)
FV QAE-010/EL1						
Q1	52,6 ≤ 125 A ($I_b \leq I_n$)	16 ≥ 9,52 kA		875 < 4872 A	Verificato	0 ≤ 4 %
Q2	51 ≤ 63 ≤ 88,9 A	16 ≥ 9,52 kA	Verificato	441 < 3361 A	Verificato	0,348 ≤ 4 %
Q5	9,43 ≤ 63 ≤ 72 A	16 ≥ 9,81 kA	Verificato	441 < 2377 A	Verificato	0,132 ≤ 4 %
Q3	20 ≤ 32 ≤ 35,2 A	Validato	Verificato	320 < 1952 A	Verificato	0,418 ≤ 4 %
Q4	15,2 ≤ 20 ≤ 28 A	Validato	Verificato	200 < 3603 A	Verificato	0,15 ≤ 4 %
FV QST-010/EL2						
Q10	0,962 ≤ 10 ≤ 15 A	10 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 300,7 A	Verificato	0,518 ≤ 4 %
Q11	2,41 ≤ 10 ≤ 17,6 A	10 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 205,4 A	Verificato	1,18 ≤ 4 %
Q12	28,9 ≤ 40 ≤ 46,8 A	10 ≥ 7,25 kA	Verificato	400 < 1467 A	Verificato	0,88 ≤ 4 %
Q13	28,9 ≤ 40 ≤ 46,8 A	10 ≥ 7,25 kA	Verificato	400 < 1223 A	Verificato	1,06 ≤ 4 %
SG	51 ≤ 63 A ($I_b \leq I_n$)				Verificato	0,348 ≤ 4 %
Q14	4,81 ≤ 16 ≤ 20,8 A	10 ≥ 7,39 kA	Verificato	160 < 271,3 A	Verificato	1,06 ≤ 4 %
Q1	1,44 ≤ 10 ≤ 16,1 A	7,5 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 391,5 A	Verificato	0,55 ≤ 4 %
Q15	4,81 ≤ 16 ≤ 20,8 A	10 ≥ 7,39 kA	Verificato	160 < 234,7 A	Verificato	1,18 ≤ 4 %
Q3	1,44 ≤ 10 ≤ 16,1 A	7,5 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 391,5 A	Verificato	0,635 ≤ 4 %
Q16	2,31 ≤ 10 ≤ 19,5 A	10 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 478,1 A	Verificato	0,716 ≤ 4 %
Q2	1,44 ≤ 10 ≤ 16,1 A	7,5 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 391,5 A	Verificato	0,514 ≤ 4 %
Q17	0 ≤ 10 A ($I_b \leq I_n$)	10 ≥ 4,11 kA		100 < 3360 A	Verificato	0,263 ≤ 4 %
Q4	7,22 ≤ 16 ≤ 21,7 A	7,5 ≥ 4,11 kA	Verificato	160 < 613,1 A	Verificato	1,13 ≤ 4 %
Q18	2,31 ≤ 10 ≤ 19,5 A	10 ≥ 4,11 kA	Verificato	100 < 478,1 A	Verificato	0,594 ≤ 4 %

Verifiche

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	$I_b \leq I_n \leq I_z$	Verif. PdI	Ver. I ^{2t}	$I_{mag} < I_{magmax}$	Contatti indiretti	CdtT (I _b)
Q5	$0 \leq 16 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$7,5 \geq 4,11 \text{ kA}$		$160 < 3360 \text{ A}$	Verificato	$0,226 \leq 4 \%$
Q19	$0 \leq 10 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$		$100 < 3360 \text{ A}$	Verificato	$0,348 \leq 4 \%$
Q6	$9,62 \leq 16 \leq 21,7 \text{ A}$	$7,5 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 613,1 \text{ A}$	Verificato	$1,5 \leq 4 \%$
Q20	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 253,7 \text{ A}$	Verificato	$0,999 \leq 4 \%$
Q7	$0 \leq 16 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$7,5 \geq 4,11 \text{ kA}$		$160 < 3360 \text{ A}$	Verificato	$0,263 \leq 4 \%$
Q21	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 205,5 \text{ A}$	Verificato	$1,15 \leq 4 \%$
Q8	$2,41 \leq 10 \leq 27,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$3,21 \leq 4 \%$
Q22	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 172,6 \text{ A}$	Verificato	$1,45 \leq 4 \%$
Q9	$11,5 \leq 20 \leq 32,8 \text{ A}$	$20 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$200 < 1611 \text{ A}$	Verificato	$0,709 \leq 4 \%$
Q23	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 172,6 \text{ A}$	Verificato	$1,37 \leq 4 \%$
Q24	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 172,6 \text{ A}$	Verificato	$1,33 \leq 4 \%$
Q25	$0,481 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$0,923 \leq 4 \%$
Q26	$0 \leq 10 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$10 \geq 4,11 \text{ kA}$		$100 < 3360 \text{ A}$	Verificato	$0,263 \leq 4 \%$
Q27	$6,94 \leq 32 \leq 45 \text{ A}$	$10 \geq 7,39 \text{ kA}$	Verificato	$320 < 2559 \text{ A}$	Verificato	$0,383 \leq 4 \%$
UPS-Prot.	$6,94 \leq 32 \text{ A } (I_b \leq I_n)$				Verificato	$0,383 \leq 4 \%$
UPS	$6,94 \leq 15,9 \text{ A } (I_b \leq I_n)$				Verificato	$0 \leq 4 \%$
LUPS-OUT	$7,41 \leq 24,1 \leq 45 \text{ A}$		Verificato		Verificato	$0,042 \leq 4 \%$
Q30	$7,41 \leq 24,1 \text{ A } (I_b \leq I_n)$				Verificato	$0,042 \leq 4 \%$
Q31	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 432,2 \text{ A}$	Verificato	$0,42 \leq 4 \%$
Q32	$0 \leq 10 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$		$100 < 2034 \text{ A}$	Verificato	$0,054 \leq 4 \%$
Q33	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 432,2 \text{ A}$	Verificato	$0,436 \leq 4 \%$

Verifiche

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	$I_b \leq I_n \leq I_z$	Verif. PdI	Ver. I ² t	$I_{mag} < I_{magmax}$	Contatti indiretti	CdtT (I _b)
Q34	$0 \leq 10 \text{ A (} I_b \leq I_n \text{)}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$		$100 < 2034 \text{ A}$	Verificato	$0,052 \leq 4 \%$
Q35	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 240,2 \text{ A}$	Verificato	$0,79 \leq 4 \%$
Q36	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 196,5 \text{ A}$	Verificato	$0,988 \leq 4 \%$
Q37A	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 166,2 \text{ A}$	Verificato	$1,16 \leq 4 \%$
Q37B	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 166,2 \text{ A}$	Verificato	$1,16 \leq 4 \%$
Q37C	$2,31 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 166,2 \text{ A}$	Verificato	$1,17 \leq 4 \%$
Q38	$0,481 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 240,2 \text{ A}$	Verificato	$0,207 \leq 4 \%$
Q39	$0,481 \leq 10 \leq 19,5 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 196,5 \text{ A}$	Verificato	$0,259 \leq 4 \%$
Q40	$1,44 \leq 10 \leq 15,6 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 498,4 \text{ A}$	Verificato	$0,244 \leq 4 \%$
Q41	$1,44 \leq 10 \leq 15,6 \text{ A}$	$10 \geq 2,59 \text{ kA}$	Verificato	$100 < 498,4 \text{ A}$	Verificato	$0,245 \leq 4 \%$

FV QITT-010/EL3

SZ1	$20 \leq 32 \text{ A (} I_b \leq I_n \text{)}$				Verificato	$0,418 \leq 4 \%$
Q1	$4,81 \leq 6 \leq 21 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 170,1 \text{ A}$	Verificato	$2,5 \leq 4 \%$
Q2	$2,41 \leq 6 \leq 17,3 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 1074 \text{ A}$	Verificato	$0,507 \leq 4 \%$
Q3	$1,44 \leq 10 \leq 17,5 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 516,4 \text{ A}$	Verificato	$0,437 \leq 4 \%$
Q4	$0,962 \leq 6 \leq 16,5 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 1539 \text{ A}$	Verificato	$0,429 \leq 4 \%$
Q5	$7,22 \leq 16 \leq 24 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 734,9 \text{ A}$	Verificato	$0,958 \leq 4 \%$
Q6	$14,4 \leq 16 \leq 24 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 734,9 \text{ A}$	Verificato	$1,25 \leq 4 \%$
Q7	$2,41 \leq 10 \leq 16,5 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 822 \text{ A}$	Verificato	$0,318 \leq 4 \%$
Q8	$15,1 \leq 32 \leq 40,8 \text{ A}$	$20 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$320 < 1823 \text{ A}$	Verificato	$0,309 \leq 4 \%$
Q9	$14,4 \leq 25 \leq 40,8 \text{ A}$	$10 \geq 2,48 \text{ kA}$	Verificato	$250 < 1134 \text{ A}$	Verificato	$0,896 \leq 4 \%$

Verifiche

Data: 01/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	$I_b \leq I_n \leq I_z$	Verif. PdI	Ver. I ^{2t}	$I_{mag} < I_{magmax}$	Contatti indiretti	CdtT (I _b)
SZ2	$13,9 \leq 28,6 \text{ A } (I_b \leq I_n)$				Verificato	$0,229 \leq 4 \%$
Q50	$2,41 \leq 6 \leq 12 \text{ A}$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 692,1 \text{ A}$	Verificato	$0,379 \leq 4 \%$
Q51	$2,41 \leq 10 \leq 12 \text{ A}$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 692,1 \text{ A}$	Verificato	$0,379 \leq 4 \%$
Q52	$2,41 \leq 6 \leq 12 \text{ A}$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 692,1 \text{ A}$	Verificato	$0,379 \leq 4 \%$
Q53	$2,41 \leq 6 \leq 42,4 \text{ A}$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$3,03 \leq 4 \%$
Q54	$2,41 \leq 10 \leq 17,6 \text{ A}$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 1366 \text{ A}$	Verificato	$0,229 \leq 4 \%$
Q55	$2,41 \leq 6 \leq 17,6 \text{ A}$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 262,9 \text{ A}$	Verificato	$0,868 \leq 4 \%$
Q56	$0 \leq 6 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$		$96 < 1366 \text{ A}$	Verificato	$0,229 \leq 4 \%$
Q57	$0,962 \leq 10 \leq 16,2 \text{ A}$	$20 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$1,51 \leq 4 \%$
Q58	$0,962 \leq 10 \leq 15 \text{ A}$	$20 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$160 < 1366 \text{ A}$	Verificato	$0,229 \leq 4 \%$
Q59	$0,962 \leq 6 \leq 17,6 \text{ A}$	$20 \geq 1,77 \text{ kA}$	Verificato	$96 < 329,9 \text{ A}$	Verificato	$0,421 \leq 4 \%$
Q60	$0 \leq 6 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$		$96 < 1366 \text{ A}$	Verificato	$0,229 \leq 4 \%$
Q61	$0 \leq 10 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$6 \geq 1,77 \text{ kA}$		$160 < 1366 \text{ A}$	Verificato	$0,229 \leq 4 \%$

FV QDEV-010/EL4

Q1	$9,43 \leq 52 \text{ A } (I_b \leq I_n)$				Verificato	$0,132 \leq 4 \%$
Q2	$11,5 \leq 20 \leq 50,4 \text{ A}$	$12,5 \geq 5,5 \text{ kA}$	Verificato	$200 < 257,2 \text{ A}$	Verificato	$3,31 \leq 4 \%$
Q3	$0 \leq 20 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$12,5 \geq 5,5 \text{ kA}$		$200 < 3614 \text{ A}$	Verificato	$0,108 \leq 4 \%$
Q4	$0,962 \leq 6 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$20 \geq 2,98 \text{ kA}$		$60 < 2376 \text{ A}$	Verificato	$0,132 \leq 4 \%$
Q5	$0,962 \leq 6 \text{ A } (I_b \leq I_n)$	$20 \geq 2,98 \text{ kA}$		$60 < 2376 \text{ A}$	Verificato	$0,132 \leq 4 \%$

FNI22221EC2 Calcolo dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo corrente di corto circuito – integrazione deviatori stazione di Cittiglio



Dati salienti utenza

Commessa: FNI22/221E

Descrizione: Integrazione deviatoi stazione di Cittiglio

Cliente: NORD ING Srl

Responsabile: BD

Data: 24/10/2022

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore: MG

Note:

Dati salienti utenza

Data: 24/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	Sistema	Circuito	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Cosfi	Ikm max [kA]	Formazione	Lc [m]	Vn [V]	CdtT (Ib) [%]	Ib<=In<=Iz
Esterno Q. vano cont PE00												
Q3	TT	3F+N	17	1	17	0.9	14.3	5G6	10	400	0.501	27.6<=32<=35.2 A
LOCALE LT QDEV-EL11												
Q1	TT	3F+N	24.3	0.7	17	0.9	5.47		0	400	0.501	27.6<=32 A (Ib<=In)
Q2	TT	3F	8	1	8	0.9	5.47	4G16	150	400	1.67	12.8<=32<=54 A
Q3	TT	3F	8	1	8	0.9	5.47	4G25	500	400	3.06	12.8<=32<=69.8 A
Q4	TT	3F	8	1	8	0.9	5.47	4G25	550	400	3.32	12.8<=32<=69.8 A
Q5	TT	L1-N	0.2	1	0.2	0.9	2.54		0	231	0.491	0.962<=6 A (Ib<=In)
Q6	TT	L2-N	0.1	1	0.1	0.9	2.54		0	231	0.501	0.481<=6 A (Ib<=In)



Verifiche

Commessa: FNI22/221E

Descrizione: Integrazione deviatori stazione di Cittiglio

Cliente: NORD ING Srl

Responsabile: BD

Data: 24/10/2022

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore: MG

Note:

Verifiche

Data: 24/10/2022
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	$I_b \leq I_n \leq I_z$	Verif. PdI	Ver. I^2t	$I_{mag} < I_{magmax}$	Contatti indiretti	CdtT (I_b)
Esterno Q. vano cont PE00						
Q3	$27.6 \leq 32 \leq 35.2$ A	$16 \geq 14.3$ kA	Verificato	$320 < 1436$ A	Verificato	$0.501 \leq 4$ %
LOCALE LT QDEV-EL11						
Q1	$27.6 \leq 32$ A ($I_b \leq I_n$)				Verificato	$0.501 \leq 4$ %
Q2	$12.8 \leq 32 \leq 54$ A	$10 \geq 5.47$ kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$1.67 \leq 4$ %
Q3	$12.8 \leq 32 \leq 69.8$ A	$10 \geq 5.47$ kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$3.06 \leq 4$ %
Q4	$12.8 \leq 32 \leq 69.8$ A	$10 \geq 5.47$ kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	$3.32 \leq 4$ %
Q5	$0.962 \leq 6$ A ($I_b \leq I_n$)	$10 \geq 2.54$ kA		$60 < 1436$ A	Verificato	$0.491 \leq 4$ %
Q6	$0.481 \leq 6$ A ($I_b \leq I_n$)	$10 \geq 2.54$ kA		$60 < 1436$ A	Verificato	$0.501 \leq 4$ %

1.3.2 Calcoli illuminotecnici

FNI22221E01i Calcolo illuminazione normale ed emergenza pensiline e banchine di stazione

FNI22221E01i

Illuminazione normale e sicurezza pensiline, banchine e sottopasso

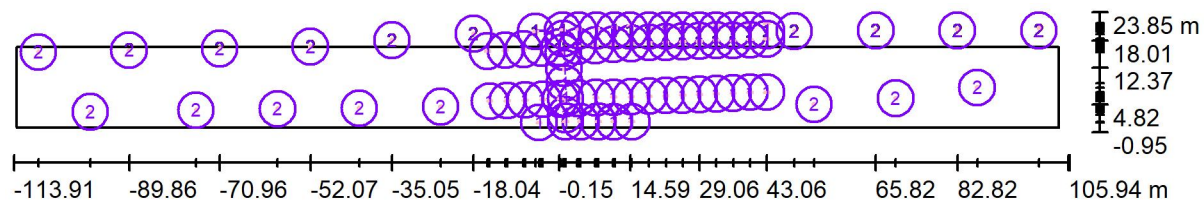
Responsabile:
No. ordine:
Ditta:
No. cliente:

Data: 01.10.2022
Redattore: C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Lampade (planimetria)



Scala 1 : 1572

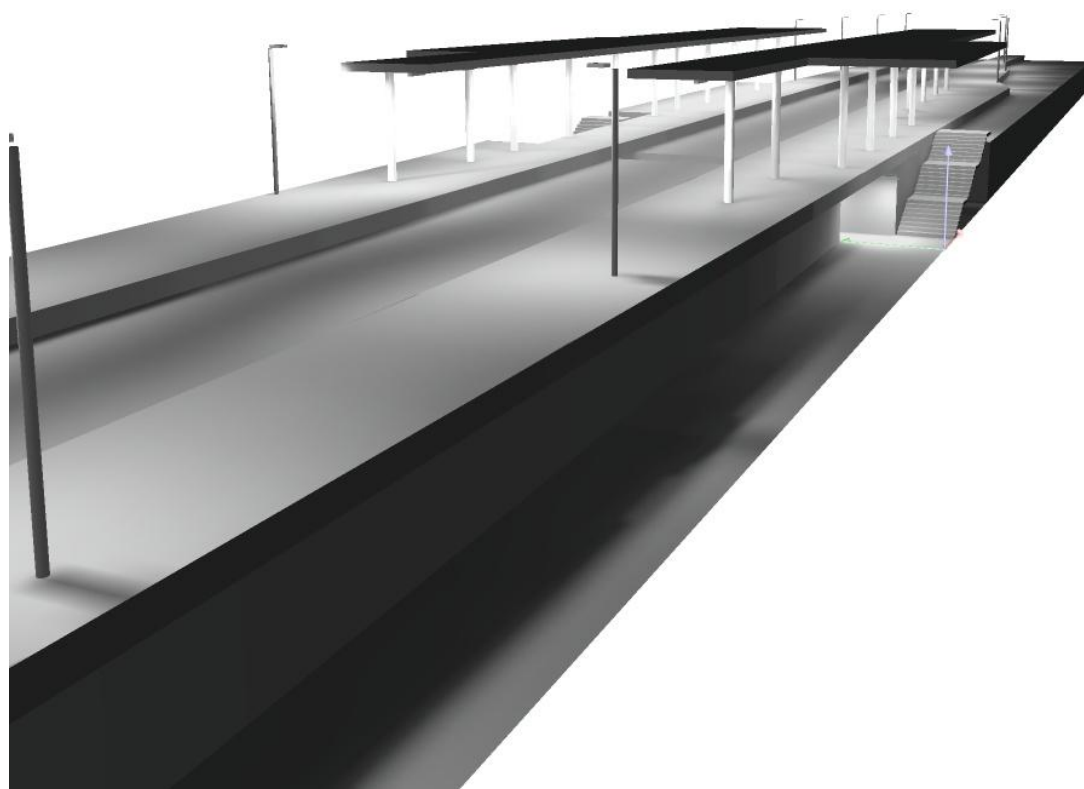
Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione
1	60	SBP 0624789490100 KOA LINE STRGL 40 40K-94 48VDCDALI-FNM - 350mA
2	18	SBP 0626639490100 WIN+2 WR 60-40K-94 48VDCDALI+H07+TP-FNM-526mA

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

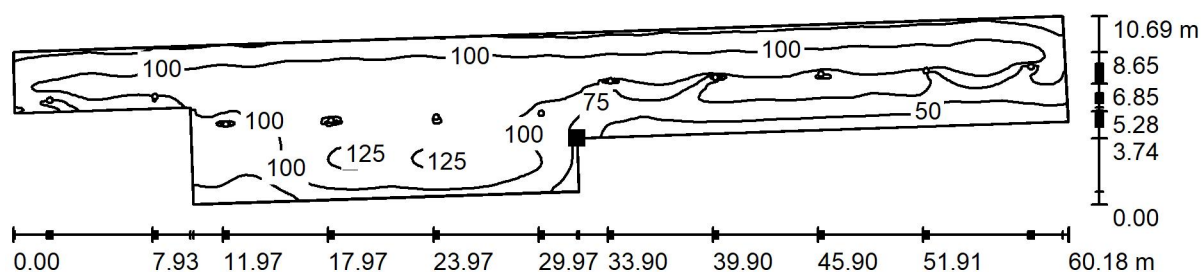
Pensiline e banchine / Luce normale / Rendering 3D



C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce normale / Luce pensilina binario 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 431

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(16.736 m, 2.796 m, 3.800 m)



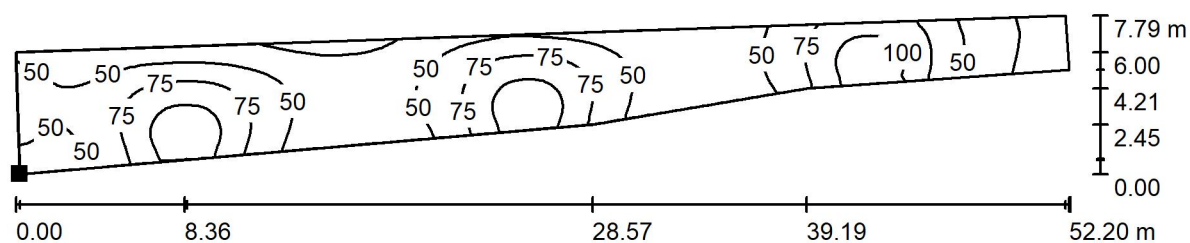
Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
92	29	130	0.313	0.222

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce normale / Luce banchina binario 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 374

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(44.740 m, 3.740 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
59

E_{min} [lx]
13

E_{max} [lx]
117

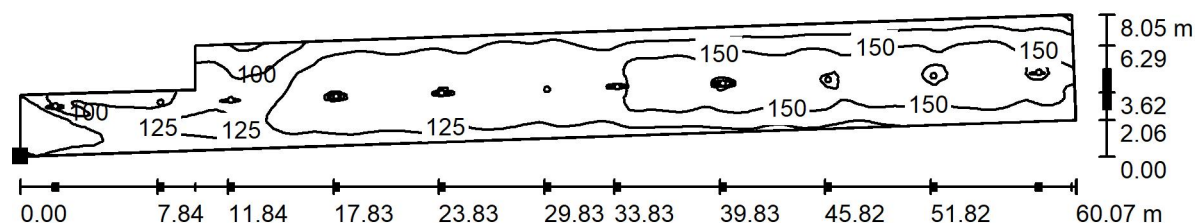
E_{min} / E_m
0.225

E_{min} / E_{max}
0.115

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce normale / Luce pensilina binario 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 430

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(-15.790 m, 15.008 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
135

E_{min} [lx]
69

E_{max} [lx]
172

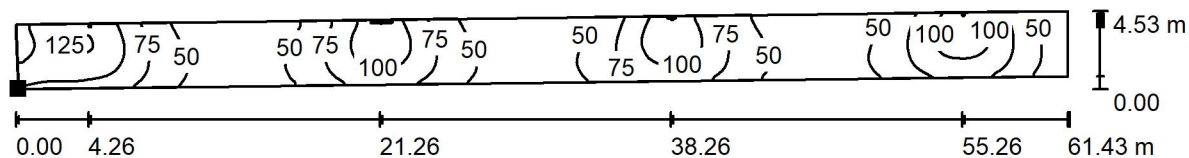
E_{min} / E_m
0.514

E_{min} / E_{max}
0.404

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

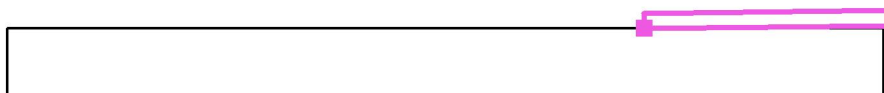
Pensiline e banchine / Luce normale / Luce banchina binario 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 440

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(44.659 m, 16.600 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
69

E_{min} [lx]
29

E_{max} [lx]
136

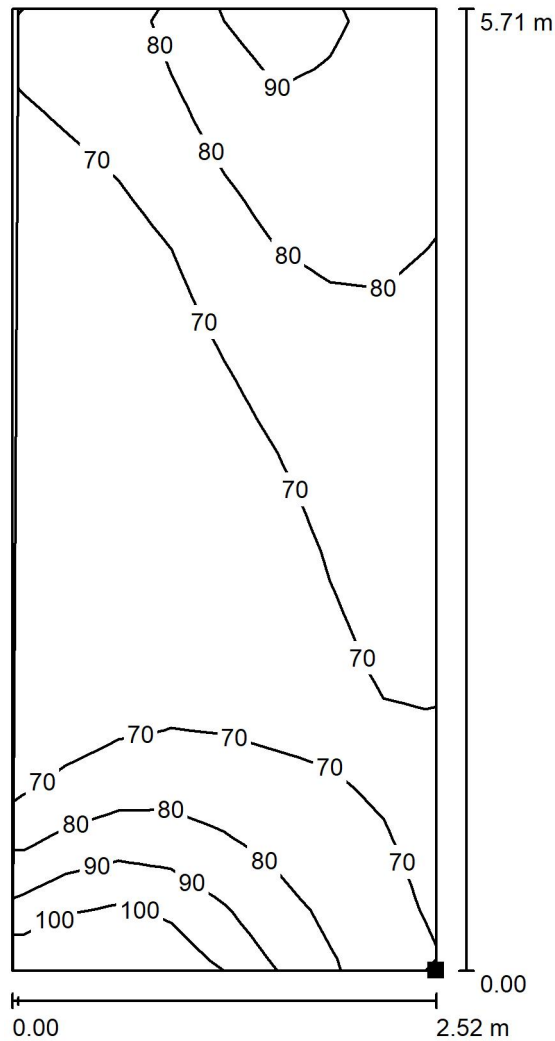
E_{min} / E_m
0.424

E_{min} / E_{max}
0.217

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce normale / Luce scala binario 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 45

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(2.744 m, -0.002 m, 0.602 m)



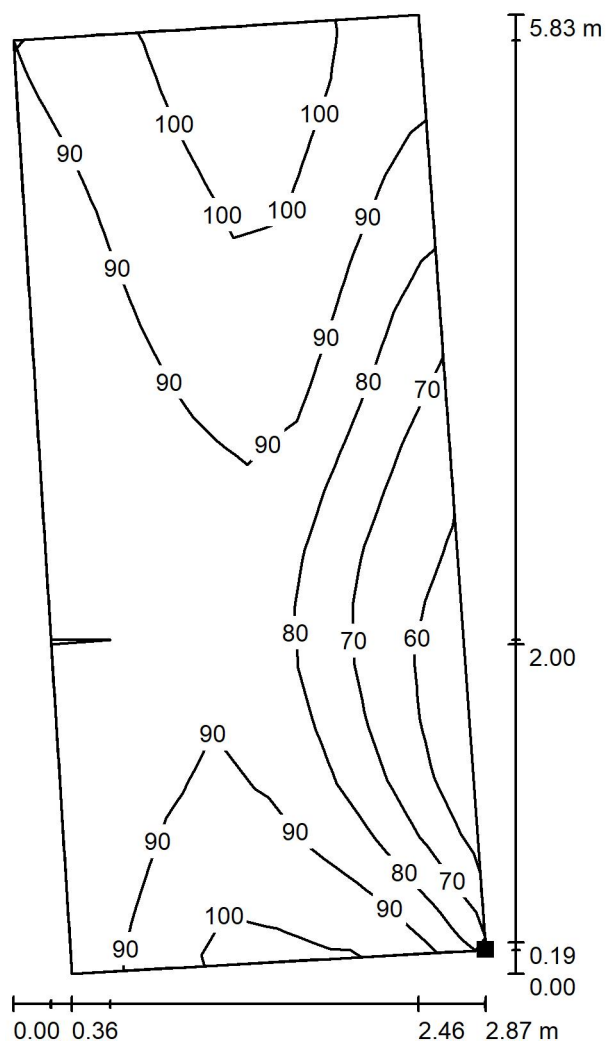
Reticolo: 16 x 8 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
74	60	120	0.802	0.498

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce normale / Luce scala binario 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 46

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(2.319 m, 18.965 m, 0.636 m)



Reticolo: 16 x 8 Punti

E_m [lx]
86

E_{min} [lx]
52

E_{max} [lx]
111

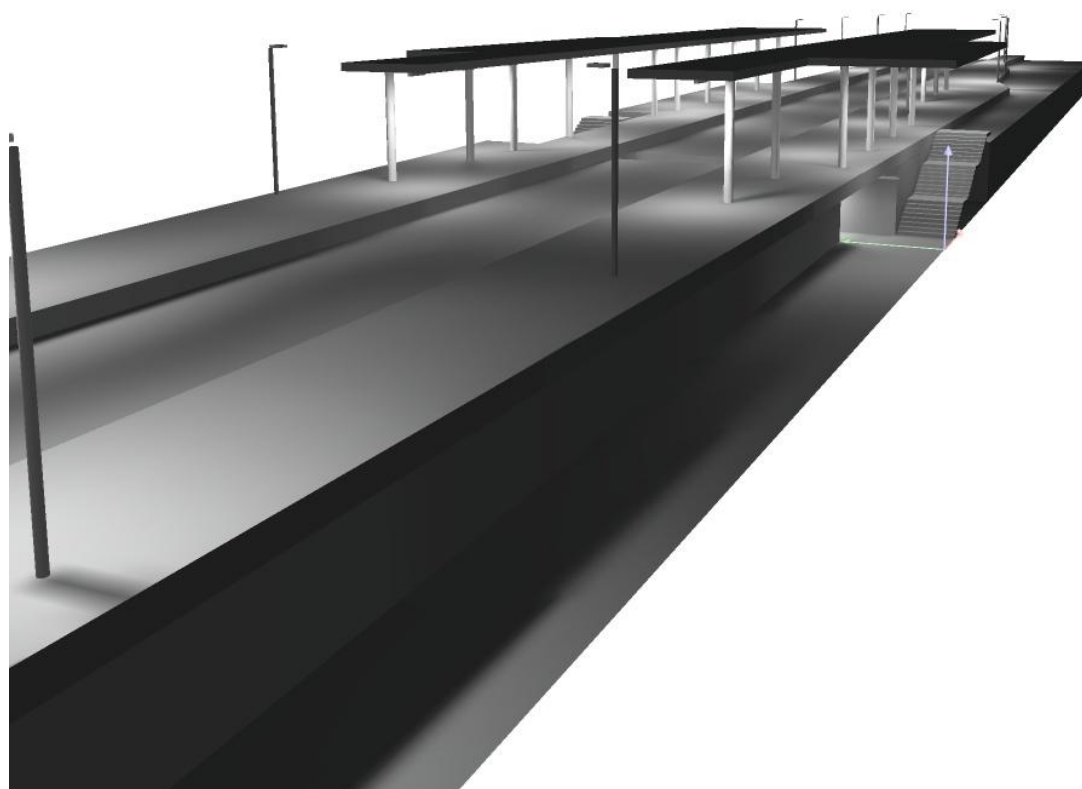
E_{min} / E_m
0.609

E_{min} / E_{max}
0.472

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

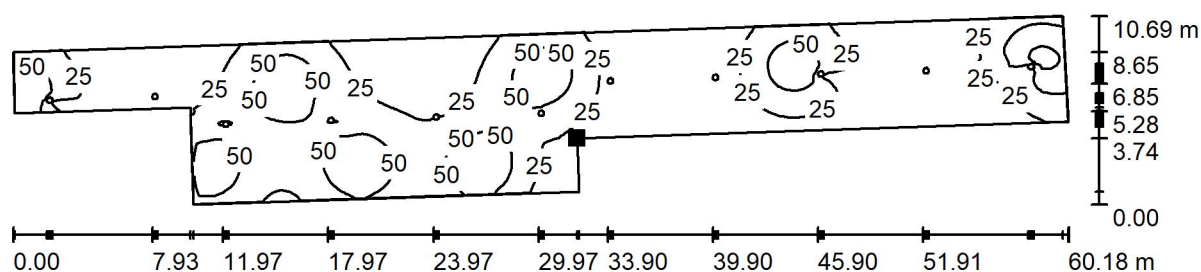
Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Rendering 3D



C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Luce pensilina binario 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 431

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(16.736 m, 2.796 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
31

E_{min} [lx]
2.46

E_{max} [lx]
82

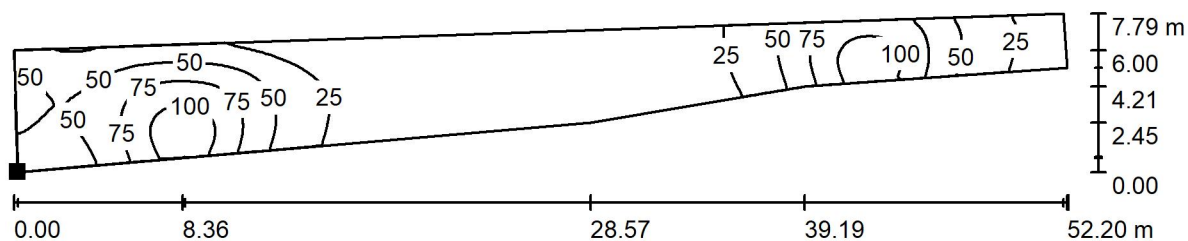
E_{min} / E_m
0.080

E_{min} / E_{max}
0.030

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Luce banchina binario 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 374

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(44.740 m, 3.740 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
38

E_{min} [lx]
2.21

E_{max} [lx]
115

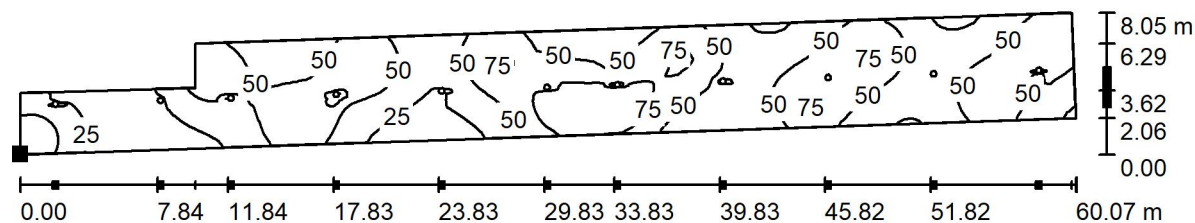
E_{min} / E_m
0.058

E_{min} / E_{max}
0.019

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Luce pensilina binario 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 430

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-15.790 m, 15.008 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
48

E_{min} [lx]
5.80

E_{max} [lx]
94

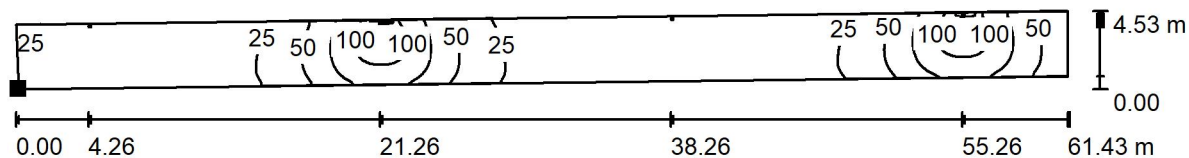
E_{min} / E_m
0.120

E_{min} / E_{max}
0.062

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Luce banchina binario 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 440

Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(44.659 m, 16.600 m, 3.800 m)



Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]
35

E_{min} [lx]
2.63

E_{max} [lx]
114

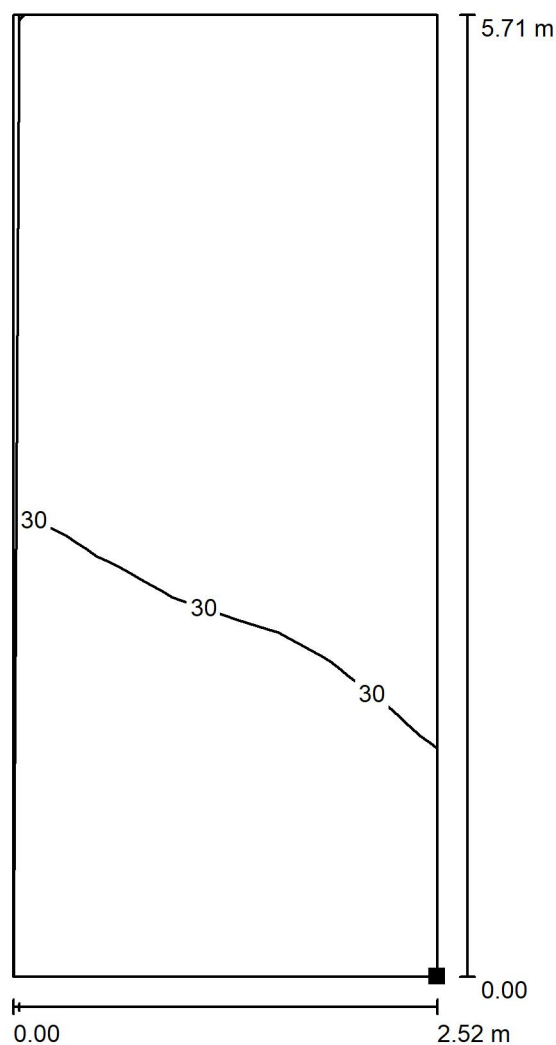
E_{min} / E_m
0.075

E_{min} / E_{max}
0.023

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Luce scala binario 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 45

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(2.744 m, -0.002 m, 0.602 m)



Reticolo: 16 x 8 Punti

E_m [lx]
30

E_{min} [lx]
23

E_{max} [lx]
36

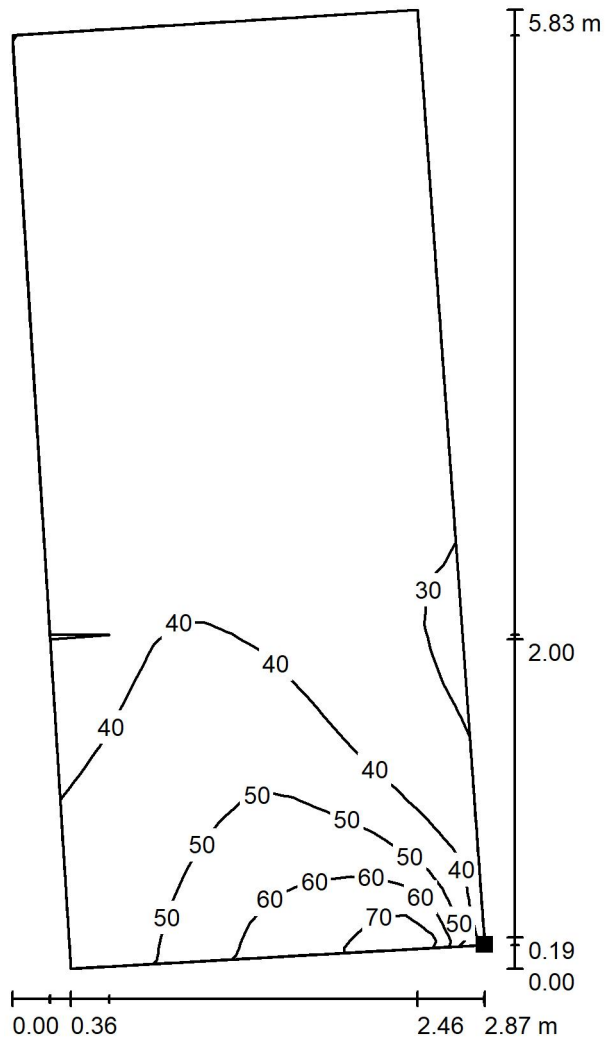
E_{min} / E_m
0.743

E_{min} / E_{max}
0.633

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Pensiline e banchine / Luce sicurezza / Luce scala binario 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 46

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(2.319 m, 18.965 m, 0.636 m)



Reticolo: 32 x 16 Punti

E_m [lx]
38

E_{min} [lx]
28

E_{max} [lx]
80

E_{min} / E_m
0.752

E_{min} / E_{max}
0.354

2 CALCOLI IMPIANTI MECCANICI

2.1 IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE PENSILINE DI STAZIONE

L'impianto di smaltimento delle acque meteoriche prevede la raccolta, il collettamento, il trattamento ed il recapito delle acque meteoriche dilavanti le superfici impermeabilizzate interessanti le seguenti opere:

1. Pensiline Binario 1 e 2

- collettori primari per la raccolta e il convogliamento delle acque, realizzati con tubazioni in PVC SN8 SDR34;
- vasca di laminazione "V01";
- pozzi perdenti per lo smaltimento delle acque di pioggia nel sottosuolo collegati alla vasca di laminazione.

2.2 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE PENSILINE BINARIO 1 E 2

2.2.1 Calcolo superficie intervento

I dati posti alla base del progetto per la definizione della metodologia di calcolo sono i seguenti:

- Superficie complessiva dell'intervento oggetto della presente relazione 758m² così suddivisi:
 - a) 401m² al servizio della banchina del binario 1 e della scala di accesso al sottopasso pedonale dal binario 1
 - b) 357m² al servizio della banchina del binario 2 e della scala di accesso al sottopasso dal binario 2
- Tutta la superficie dell'intervento è considerata impermeabile, poiché trattasi di coperture realizzate in metallo per le banchine e per le scale di accesso al sottopasso.

Si tenga presente che i calcoli sono stati sviluppati come unica area di raccolta, poiché le banchine avranno una rete di raccolta distinta fra loro per i tratti in orizzontale, ma confluiranno in un'unica vasca di laminazione ed id un unico gruppo di pozzi perdenti ubicati nell'area del piazzale di stazione.

2.2.2 Dati di permeabilità

Per il dimensionamento dell'impianto si è fatto riferimento alla relazione geologica fornita dalla Committente e redatta dall'Egr. Dott. Geol. Alessandro Freddo, rif. n° F31Db005IG-R0_Relazione geologica del Settembre 2022 nella quale sono riportati i valori delle indagini e prove eseguite nell'area oggetto degli interventi.

In particolare è stato preso come valore di riferimento quello calcolato con la sonda OPN 647 che ha determinato un valore Kh pari a 2,58 E-06m/sec.

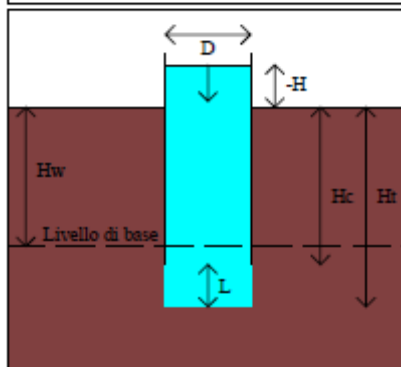
Si ritiene importante specificare che in fase di realizzazione delle opere la Direzione Lavori dovrà far eseguire le opportune prove geologiche per la valutazione del coefficiente di permeabilità reale alle quote di scavo dell'opera, in modo da verificarne la congruità con quanto posto alla base del presente progetto.

Si riporta qui di seguito uno stralcio della relazione geologica riportate il dato di permeabilità sopra indicato.

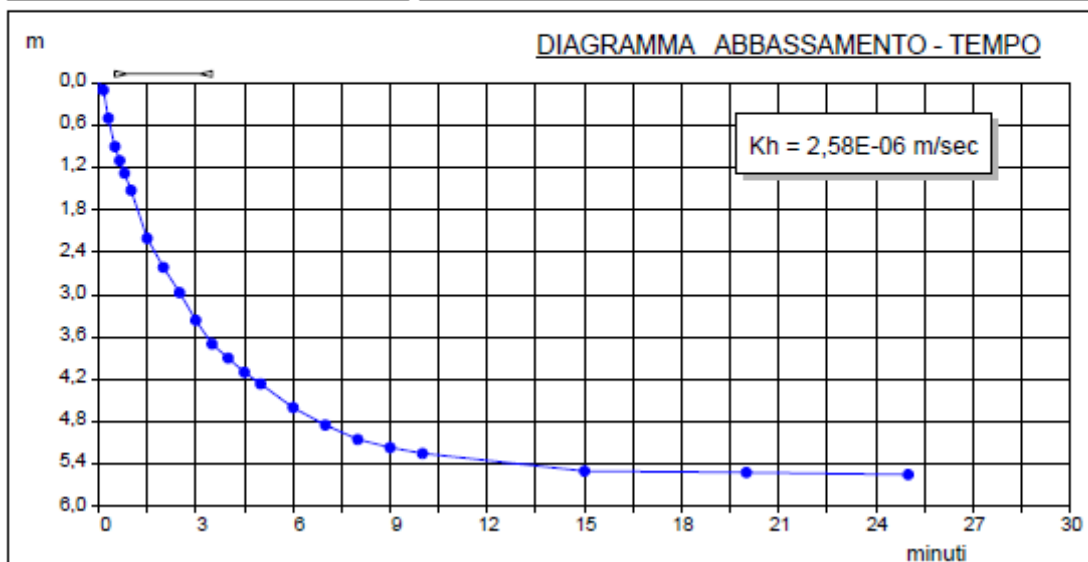
PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

Committente: NORD_ING. S.R.L.	
Riferimento: OPN 647	Prova: 1
Località: GEMONIO (VA)	Data: 25/07/2022
Sondaggio: S2	Orario prova: 17:15

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	5,50
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	-100,00
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,127
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	8,20
Profondità del foro [Ht] (m)	9,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	0,80
Coefficiente di forma	0,80



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0,00	105,50	0,00		9,00	100,33	5,17	3,08E-07
0,15	105,40	0,10	1,87E-08	10,00	100,25	5,25	2,20E-07
0,30	105,00	0,50	6,69E-08	15,00	100,00	5,50	1,32E-07
0,50	104,60	0,90	5,04E-08	20,00	99,98	5,52	1,08E-08
0,65	104,40	1,10	3,37E-08	25,00	99,95	5,55	1,58E-08
0,80	104,22	1,28	3,04E-08				
1,00	103,98	1,52	3,04E-08				
1,50	103,30	2,20	3,46E-08				
2,00	102,89	2,61	2,12E-08				
2,50	102,53	2,97	1,83E-08				
3,00	102,14	3,38	2,01E-08				
3,50	101,80	3,70	1,76E-08				
4,00	101,60	3,90	1,04E-08				
4,50	101,40	4,10	1,04E-08				
5,00	101,24	4,26	8,52E-07				
6,00	100,90	4,60	8,79E-07				
7,00	100,65	4,85	6,48E-07				
8,00	100,45	5,05	5,32E-07				



2.2.3 Precipitazioni di Progetto

Ai fini della progettazione del sistema di raccolta e drenaggio delle acque pluviali in grado di garantire il rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, occorre definire l'evento meteorico critico in base al quale dimensionare le opere.

L'evento meteorico critico è rappresentabile dalle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che esprimono la relazione tra l'altezza di pioggia attesa al tempo di ritorno prescelto e alla durata dell'evento meteorico che a sua volta dipende dalla ubicazione geografica e morfologica dell'area di interesse.

Si ricorda che per tempo di ritorno T si intende il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, similmente, il tempo medio in cui il valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

L'art. 11 del R.R. 7/2017 fornisce le indicazioni utili alla definizione dei parametri necessari al calcolo dei volumi di laminazione:

- Tempo di ritorno $T = 50$ anni: da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;
- Tempo di ritorno $T = 100$ anni: da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate;
- Calcolo delle precipitazioni di progetto: i parametri caratteristiche delle LSPP sono quelli riportati da ARPA Lombardia all'interno del relativo portale Idrologico e Geografico.

2.2.4 Curve di possibilità pluviometrica

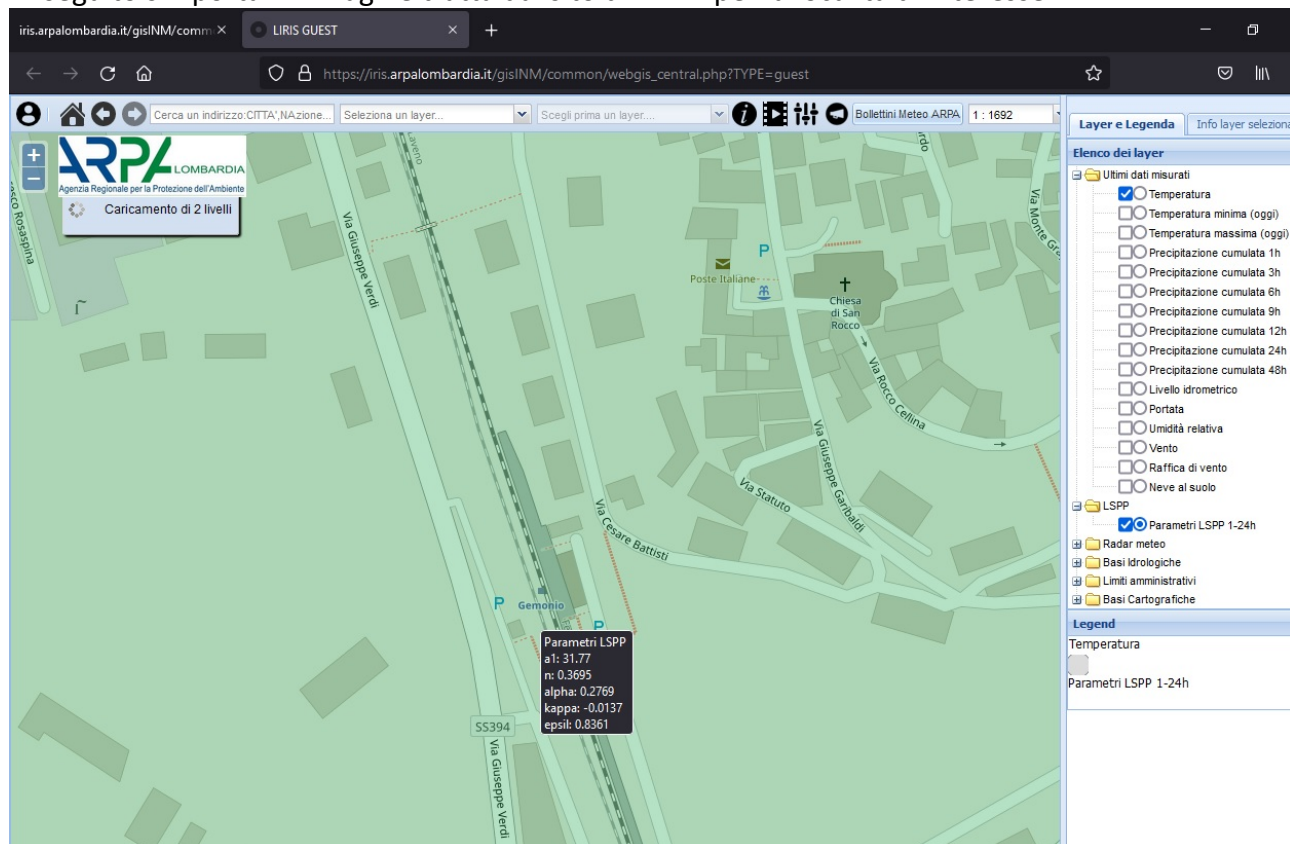
La curva di possibilità pluviometrica è espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \cdot \left\langle 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\rangle$$

Dove:

- a $a_1 \cdot w_T$ [mm h⁻ⁿ]
- h è l'altezza di pioggia per unità di superficie [mm]
- D è la durata dell'evento meteorico [h]
- a_1 è il coefficiente pluviometrico orario e rappresenta il valore dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento D [mm h⁻¹]
- w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T
- n è l'esponente della curva con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali
- $\alpha, \varepsilon, \kappa$ sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV (General Extreme Value) adottate.

Di seguito si riporta l'immagine tratta dal sito di ARPA per la località di interesse.



I parametri della LSPP sono riportati nella seguente Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – T = 50 anni

Parametro	Valore
a_1 [mm h ⁻¹]	31,77
n ($D \geq 1$ h)	0,3695
n ($D < 1$ h)	0,50
α	0,2769
κ	-0,0137
ϵ	0,8361
w_T	1.95
a [mm h ⁻ⁿ]	61,95

2.2.5 Processo di Infiltrazione

Come illustrato nella relazione specialistica le acque raccolte sulle pensiline e banchine di stazione verranno inviate ad una vasca di laminazione "V01" e successivamente ad un sistema di n.8 pozzi perdenti, come indicato nell'elaborato 016. Tutti i pozzi sono al servizio di tutte le superfici coperte, pensiline di binario e copertura rampe e scale.

Il dimensionamento dei pozzi perdenti (o anche detti **pozzi d'infiltrazione**) è stato eseguito per consentire lo smaltimento del volume d'acqua della vasca di laminazione, senza per altro aumentarne troppo la profondità.

Il principio di conservazione della massa, valido per qualunque massa fluida in movimento comporta un legame fra i caratteri cinematici del processo di moto e la densità del fluido; a questo legame viene dato il nome di equazione di continuità. Questa assume forma analitica diversa, pur traducendo lo stesso fatto fisico, in dipendenza delle condizioni per le quali viene stabilita. Se il fluido è incompressibile, come nel caso concreto, detta dQ la portata elementare attraverso l'area dA , si può scrivere:

$$\int_Q dQ = 0 \text{ onde } Q_e = Q_u$$

cioè, per una qualsiasi superficie chiusa, la portata entrante è uguale a quella uscente attraverso la superficie stessa.

Il dimensionamento dei pozzi perdenti viene eseguito considerando le portate in arrivo al sistema con la capacità d'infiltrazione nel terreno e con l'eventuale volume immagazzinato dal sistema.

In termini finiti:

$$\Delta W = (Q_p - Q_f) \cdot \Delta t$$

essendo:

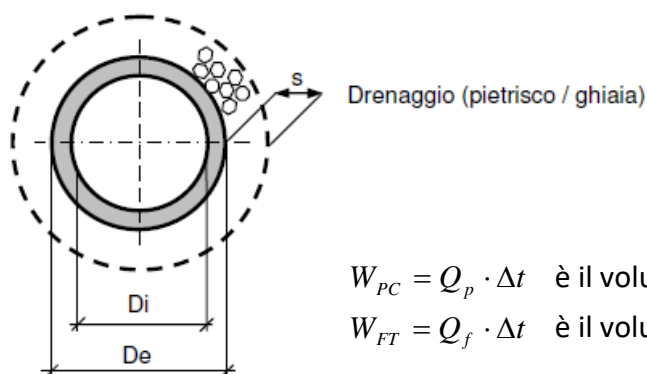
Q_p la portata entrante nel sistema filtrante;

Q_f la portata filtrata dal sistema filtrante dipendente dalle dimensioni geometriche dei pozzi perdenti e dalla caratteristiche di permeabilità del terreno circostante;

ΔW la variazione di volume infiltrato nel sistema filtrante nell'intervallo di tempo Δt .

da cui

$$\Delta W = W_{PC} - (W_{FT} + W_{FC}) = 0$$



$W_{PC} = Q_p \cdot \Delta t$ è il volume entrante nel pozzo perdente;

$W_{FT} = Q_f \cdot \Delta t$ è il volume filtrato dal pozzo perdente.

Il volume W_{FC} accumulato all'interno del pozzo è pari al volume proprio drenante del pozzo e dall'immagazzinamento statico dello strato di drenaggio attorno al pozzo.

$$A_{dreno} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_e + 2 \cdot s)^2 - \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} = \pi \cdot (s^2 + D_e \cdot s)$$

Detta n la porosità del dreno, pari al rapporto tra il volume dei vuoti e il volume totale si ha:

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

$$V_v = n \cdot A_{dreno} \cdot z = A_v \cdot z$$

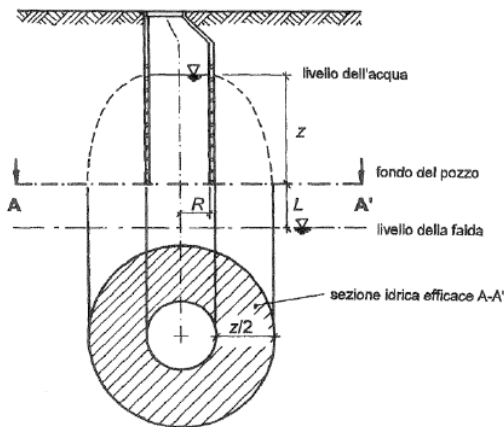
avendo indicato con z altezza utile del pozzo perdente, ossia l'altezza compresa tra la quota di ingresso della tubazione del pozzo e la quota di fondo del pozzo stesso.

Il volume complessivamente accumulabile dal pozzo risulta:

$$W_{FC} = \left(\pi \cdot \frac{D_i^2}{4} + A_v \right) \cdot z$$

Il dimensionamento del pozzo perdente consiste allora nel determinare correttamente la sua profondità e il suo diametro. Il calcolo procede fissando il numero di pozzi a servizio dell'area drenata, il diametro del singolo pozzo e ricavando l'altezza drenante z del pozzo.

La portata Q_f dovuta all'infiltrazione può essere calcolata per mezzo della formula di Sieker (1984).



$$Q_f = \frac{k}{2} \cdot J \cdot A_f$$

Il primo termine rappresenta la permeabilità in condizioni insature (e pertanto dimezzata); il secondo costituisce invece la cadente piezometrica J ; infine, A_f rappresenta sezione idrica orizzontale efficace, calcolabile come quella dell'anello di larghezza $z/2$. Generalmente non si tiene conto sulla capacità filtrante del fondo del pozzo per via della sua possibile occlusione.

$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot (z^2 + 2 \cdot D_e \cdot z)$$

essendo D_e il diametro esterno del pozzo.

La cadente piezometrica è data da:

$$J = \frac{L + z}{L + \frac{z}{2}}$$

in cui compare l'altezza z dello strato drenante del pozzo e il dislivello L fra il fondo del pozzo e il sottostante livello di falda.

Sostituendo tutti i termini nell'equazione di continuità espressa in termini finiti con semplici passaggi algebrici si ricava l'equazione risolvibile il problema di bilancio di massa, ovvero l'altezza utile z del pozzo perdente.

L'intervallo di tempo Dt è pari al tempo di svuotamento T_{SV} dell'invaso (par. 2.2.6.3) essendo trascurabile il tempo corrispondente all'annullamento della portata nel condotto.

Mediante un processo iterativo con le equazioni per il calcolo del tempo di svuotamento ed il calcolo del volume di laminazione della vasca V01, è stata calcolata la portata totale influente nel sistema di pozzi perdenti, che rende minimo il volume della vasca V01 stessa, senza per altro aumentare troppo l'altezza dei singoli pozzi perdenti.

dei pozzi perdenti, è stata calcolata la portata totale influente nel complesso dei pozzi stessi.

Di seguito vengono riportati i valori calcolati per ciascuna banchina:

1) **Banchina 1 e 2**

- $Q_{u,lim} = 1,10 \text{ l/s}$ portata in arrivo $Q_u(t)$ dalla rete di raccolta entrante nel sistema filtrante. Non è richiesto che tale portata soddisfi i limiti di cui all'art. 8 del R.R. 7/2017 non trattandosi di scarico in un ricettore.
- $T_{SV} = 17,68 \text{ h}$

Considerando:

- spessore dell'immagazzinamento statico del dreno attorno pari a $s = 50 \text{ cm}$
- porosità del dreno attorno al pozzo pari a $n = 0,25$

Sulla base dei dati sopra riportati sono stati calcolati i seguenti valori per il dimensionamento dei pozzi perdenti

- $D_i = 2,00 \text{ m}$ diametro interno del pozzo perdente.
- $N = 8$ numero di pozzi perdenti.
- $Q_p = 0,14 \text{ l/s}$ portata influente nel pozzo perdente.
- $J = 1$ cadente piezometrica.
- $z_{min} = 1,89 \text{ m}$ altezza drenante del pozzo perdente che soddisfa l'equazione di continuità.

Ne consegue che la dimensione del pozzo perdente è verificata quando $\Delta W \leq 0$.

Pertanto, ogni singolo pozzo dovrà avere una altezza utile almeno pari a z_{min} ; si prevede che ognuno di essi sia realizzato con 8 anelli drenanti altri 50 cm (per garantire il volume della vasca di laminazione).

2.2.6 Processo di laminazione

2.2.6.1 Calcolo del volume d'invaso

Il processo di laminazione è trattato all'art. 11 c. 2 lettere d), e) e f) e nell'Allegato G del R.R. 7/2017.

Nel caso in esame la laminazione delle acque pluviali con la realizzazione di un invaso di laminazione, complementare alle opere di infiltrazione, è la soluzione progettuale individuata per garantire il rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica enunciati dal Regolamento.

Il calcolo delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione è effettuato in via semplificativa adottando i valori standard del coefficiente di deflusso di cui all'art. 11 c. 2 lettera d):

$\varphi = 1$ per sotto-aree (A_1) impermeabili (tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi)

$\varphi = 0,7$ per tutte le sotto-aree (A_2) drenanti o semi-impermeabili (strade, vialetti parcheggi)

$\varphi = 0,3$ per tutte le sotto-aree (A_3) permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle destinate ad usi agricoli.

Il valore del coefficiente di deflusso medio ponderare φ_{mp} è pari alla media ponderale dei coefficienti di deflusso delle diverse aree appartenenti alla superficie di trasformazione:

$$\varphi_{mp} = \frac{\sum_1^3 A_i \cdot \varphi_i}{\sum_1^3 A_i} \quad \text{ed evidentemente} \quad A_{tot} = \sum_1^3 A_i$$

Il calcolo del volume di invaso per la laminazione viene eseguito con il **"metodo delle sole piogge"**. Tale metodo si basa sull'assunzione che l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione abbia forma rettangolare con durata pari alla durata critica D_w e portata costante Q_e pari al prodotto tra l'intensità media di pioggia h , dedotta dalla LSPP valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia D ed associata al tempo di ritorno T , per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso.

Le equazioni poste alla base del metodo delle sole piogge sono:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Dove:

W_0 [m³]

S [ha]

a [mm/hⁿ]

D_w [h]

$Q_{u,lim}$ [l/s]

Poiché tutta l'area dell'intervento è da considerarsi impermeabile avrà un coefficiente di deflusso pari a 1, applicando la formula sopra esposta alla vasca V01 si ottiene:

$$\varphi_{mp} = 1$$

Nella seguente Tabella 6.1, si riporta per il sito in esame rispettivamente: nome della vasca di laminazione a cui si fa riferimento; superficie scolante totale per la vasca in oggetto; coefficiente di deflusso medio ponderale e la superficie scolante impermeabile relativa alla vasca considerata.

Tabella 6.1

Nome Vasca laminazione	S [ha]	ϕ_{mp}	A _{si} [ha]
V01	0,0758	1	0,0758

Adottando un tempo di ritorno di 50 anni, così come previsto del Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, la Tabella 6.2 fornisce per ogni singola vasca di laminazione i valori:

- durata critica (D_w);
- portata limite (Q_{u,lim}) pari alla portata in entrata nei singoli pozzi
- volume di progetto invasato dalla vasca di laminazione (W₀);
- volume minimo della vasca di laminazione (W_{min}), così come previsto del Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017.

Tabella 6.2

Nome Vasca laminazione	D _w [h]	Q _{u,lim} [l/s]	W ₀ [m³]	W _{min} [m³]
V01	10,43	1,1	70	33

2.2.6.2 Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione

Il tempo di svotamento delle vasche è stato calcolato con la seguente formula:

$$T_{sv} = \frac{W_0}{Q_{u,lim}}$$

E si dimostra che viene rispettato un tempo di svotamento inferiore alle 48 h, così come prescritto dal R.R. 7/2017.

Nella Tabella 6.3.1 vengono riportati i valori del tempo di svotamento T_{sv} calcolati per la vasca di laminazione ed il confronto con il valore limite.

Tabella 6.3.1

Nome Vasca laminazione	T _{sv} di progetto [h]	T _{sv} Limite [h]	Verifica
V01	17,68	48	verificato

2.2.6.3 Verifica dei franchi di sicurezza T = 100 Anni

In accordo con il R.R. 7/2017 è stata eseguita anche la verifica dei franchi di sicurezza con tempo di ritorno pari a 100 anni.

Considerando un evento meteorico avente tempo di ritorno T = 100 anni i parametri delle LSPP sono riportati nella seguente Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – T = 100 anni

Parametro	Valore
a_1 [mm h ⁻¹]	31,77
n (D ≥ 1 h)	0,3695
n (D < 1 h)	0,50
α	0,2769
κ	-0,0137
ε	0,8361
w_T	2.15
a [mm h ⁻ⁿ]	68,31

In analogia a quanto già esposto, applicando il **metodo delle sole piogge** con la medesima portata uscente $Q_{u,lim}$, si perviene al nuovo valore di durata critica D_w e del volume di laminazione W_0 per l'ipotetica vasca V01.

- Volume laminazione V01

$$D_w = 12,18 \text{ h}$$

$$W_0 = 82 \text{ m}^3$$

2.2.6.4 Volume di laminazione di progetto

Avendo ritenuto di non procedere ad una maggiorazione dei pozzi perdenti per il rispetto dei franchi di sicurezza con tempo di ritorno pari a 100 anni, il volume di laminazione di progetto che rispetta tutti i criteri di dimensionamento è pertanto:

- Volume laminazione V01

$$W_0 = \max(W_{0(T50)}; W_{\min}; W_{0(T100)})$$

$$W_0 = \max(70; 33; 82)$$

$$\underline{W_{0V01} = 82 \text{ m}^3}$$

2.2.7 Dimensionamento delle reti di drenaggio

Le tubazioni che raccolgono le acque saranno realizzate in PVC rigido conformi norma UNI EN 1401-1 tipo SN8 SN per condotte di scarico interrate di acque civili e industriali, giunto a bicchiere con anello in gomma, contrassegnati ogni metro con marchio del produttore, diametro, data di produzione e simbolo IIP.

A titolo cautelativo si è deciso di mantenere costante il diametro della tubazione a partire dal punto di raccolta più lontano fino all'innesto in una delle due vasche V01 o V02, indipendentemente dal variare dell'area afferente a quel tratto di tubazione.

Nello specifico abbiamo considerato le seguenti aree

A1 = pensilina binario 1

A2 = pensilina binario 2

La superficie scolante complessiva che convoglia le acque nella vasca V01 è pari a 758m³ ipotizzando un fermo delle pompe non superiore a 20 minuti la porta totale afferente alla vasca viene calcolata con la seguente formula

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

S superficie scolante del bacino complessivamente afferente l'invaso

φ coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino (d'ora in poi indicato con φ)

D durata di pioggia

$a = a_1 \cdot W_T$ parametro della LSPP

n parametro della LSPP

la durata della pioggia è stata considerata pari a 20 minuti, pari al fermo pompe ipotizzato, pertanto, il parametro n è stato fissato pari a 0.5 poiché la durata dell'evento è inferiore all'ora.

Sostituendo nella formula sopra riportata i valori di superficie calcolati, si ottiene quanto riportato nella seguente Tabella:

Tabella 7.1

Identificazione area	Superficie [m ²]	Porta Q _{max} [lt/s]
A1	401	11,96
A2	357	10,65

Il dimensionamento è stato eseguito con la formula di "Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler"

$$v = K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove

K = coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler"

R = raggio idraulico

I = Pendenza

Una volta calcolata la velocità in base all'area liquida che è funzione del coefficiente di riempimento si ottiene la portata massima della tubazione.

Il dimensionamento è stato pertanto eseguito considerando un coefficiente di riempimento compreso tra il 50% e 60%, in modo da avere la sicurezza che la tubazione non vada mai in pressione. La pendenza adottata per i due rami è pari al 0,5%.

Di seguito sono riportate le caratteristiche dimensionali delle tubazioni utilizzate per il dimensionamento

Tubi PVC SN8 - SDR 34

Ø esterno mm	Spessore mm	Ø interno mm	Ø est. bicchiere mm	Peso kg/m
110	3,2	103,6	128,4	1,78
125	3,7	117,6	146,4	2,32
160	4,7	150,6	186,2	3,76
200	5,9	188,2	230,8	5,87
250	7,3	235,4	290,2	9,14
315	9,2	296,6	364,4	14,49
400	11,7	376,6	455,4	23,36
500	14,6	470,8	573,6	36,44
630	18,4	593,2	-	58,07

nella Tabella 7.2 sono riportati i principali risultati di calcolo relativi al dimensionamento delle tubazioni.

Tabella 7.2

	Q da smaltire lt/s	Ø est	Øint m	K	W %	I m/m	Q max smaltibile lt/s	Verificato s/n
Area affluente A1	11,96	DN200	0,176	120	50	0,005	35,67	S
Area affluente A2	10,65	DN200	0,176	120	50	0,005	35,67	S

Dai calcoli riportati nella tabella soprastante si evince che tutte le tubazione dei collettori principali sono sufficienti a far defluire la portata critica.

La rete che convoglierà le acque al pozzo perdente di pertinenza, essendo una rete non in pressione sarà realizzata in PVC ed avrà diametro DN200 (Ø esterno 200 mm e Ø interno 176 mm).

2.2.8 Dimensionamento delle pompe

2.2.8.1 Pompe all'interno della vasca di laminazione V01

L'intervento in oggetto prevede un impianto di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche delle pensiline coperte di stazione, con vasca di laminazione e gruppo di sollevamento.

Il gruppo di sollevamento è stato dimensionato in modo da asportare la portata piena di acqua in ingresso. Le due pompe del gruppo funzioneranno in alternanza e saranno gestite da un quadro elettrico mediante dei galleggianti.

La prevalenza della singola pompa è stata calcolata nel seguente modo:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{dis} + H_{acc}$$

dove:

H_{tot} = prevalenza totale pompa

H_{geo} = dislivello geodetico fra la bocca di aspirazione pompa e l'ingresso nei pozzi perdenti

H_{dis} = perdite continue lungo la tubazione

H_{acc} = perdite accidentali

Per il calcolo delle perdite di carico continue è stata adottata la formula di Hazen-Williams:

$$P = 6,05 \times \frac{Q^{1,85} \times 10^9}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

dove:

P è la perdita di carico unitaria, in millimetri di colonna d'acqua al metro di tubazione;

Q è la portata, in litri al minuto;

C è la costante dipendente dalla natura del tubo che deve essere assunta uguale a:

100 per tubi di ghisa,

120 per tubi di acciaio,

140 per tubi di acciaio inossidabile, in rame e ghisa rivestita,

150 per tubi di plastica, fibra di vetro e materiali analoghi;

D è il diametro interno della tubazione, in millimetri.

Le perdite di carico localizzate dovute alle valvole d'intercettazione e di non ritorno, ai raccordi, curve, pezzi speciali, attraverso i quali la direzione di flusso subisce un cambiamento di 45° o maggiore, sono state trasformate in "lunghezza di tubazione equivalente" come specificato nel prospetto sotto riportato ed aggiungere alla lunghezza reale della tubazione di uguale diametro e natura.

Tipo di accessorio	DN											
	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
	Lunghezza tubazione equivalente (mt)											
Curva a 45°	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	1,2	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9
Curva a 90°	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	3,0	3,6	4,2	5,4	6,6	8,1
Curva a 90° a largo raggio	0,6	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	2,7	3,9	4,8	5,4
Pezzo a T o raccordo a croce	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,5	6	7,5	9,0	10,5	15,0	18,0
Saracinesca	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
Valvola di non ritorno	1,5	2,1	2,7	3,3	4,2	4,8	6,6	8,3	10,4	13,5	16,5	19,5

Nota: Il prospetto è valido per coefficiente di Hazen Williams C=120 (accessori in acciaio);

per altri tipi di materiale vale quanto segue:

- per accessori in ghisa (C=100) i valori della tabella dovranno essere moltiplicati per 0,713
- per accessori in acciaio inossidabile, in rame e in ghisa rivestita (C=140) i valori della tabella dovranno essere moltiplicati per 1,32;
- per accessori in plastica o analoghi (C=150) i valori della tabella dovranno essere moltiplicati per 1,51.

Il dimensionamento delle pompe al servizio della vasca di laminazione V02 è stato eseguito con i seguenti dati:

- $Q = 2,83 \text{ lt/s}$ portata che transita nella tubazione principale che collega V01 ai pozzi perdenti
- $DV01 = DN63$ (\varnothing interno 51,4 mm)
- $H_{geo} = 2,5\text{m}$
- $Le = 40\text{m}$ (lunghezza equivalente pari alla somma delle perdite continue e concentrate)
- $P = 55 \text{ mm/m}$ perdita di carico continua
- $H_{dis+con} = 2200\text{mm}$ somma delle perdite concentrate e distribuite ($PV01 \times LeV01$)
- $H_{tot} = 4,7\text{m}$ prevalenza totale pompa

Quindi le due pompe all'interno della vasca V02 dovranno avere le seguenti caratteristiche:

$Q = 22,61 \text{ m}^3/\text{h}$

$H = 4,7 \text{ m}$

2.2.8.2 Pompe di sollevamento vani ascensori

L'intervento in oggetto prevede un impianto di sollevamento delle acque meteoriche incidenti sui nuovi vani ascensori per il trasferimento alla rete di raccolta delle acque meteoriche delle banchine coperte di stazione.

VANI ASCENSORI ANNESSI AL SOTTOPASSO DI STAZIONE				
TIPO	Superficie scolante [mq]	Coefficiente di deflusso	Indice pluviometrico [l/(s*mq)]	Portata [lt/sec]
COPERTURA VANO ASCENSORE LATO PENSILINA 1	7	0,5	0,01	0,035
COPERTURA SCALA LATO PENSILINA 2	7	0,5	0,01	0,035

CARATTERISTICHE POMPE DI SOLLEVAMENTO	
PORTATA [mc/h]	1,1
PREVALENZA [m.c.a.]	4
POTENZA ELETTRICA MAX [kW]	0,6