

**NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE
SEZIONE TRANSFRONTALIERA PARTE IN TERRITORIO ITALIANO
SECTION TRANSFRONTALIERE PARTIE EN TERRITOIRE ITALIEN**

**LOTTO COSTRUTTIVO 1 / LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 04C/CHANTIER DE CONSTRUCTION 04C
SVINCOLO DI CHIOMONTE IN FASE DI CANTIERE
ECHANGEUR DE CHIOMONTE DANS LA PHASE DE CHANTIER
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 6823295927**

**SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA E OPERE DI REGIMENTAZIONE IDRAULICA
RELAZIONE DI CALCOLO ACQUE DI PIATTAFORMA**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabi par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04/2017	Première diffusion / Prima emissione	C.BELTRAMI (-)	L.BARBERIS (MUSINET Eng.)	F.D'AMBRA (MUSINET Eng.)
A	30/09/2017	Révision suite aux commentaires TELT/ Revisione a seguito commenti TELT	C.BELTRAMI (-)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)	F.D'AMBRA (MUSINET ENG.)
B	29/06/2018	Modifica titolo progetto/ Modifications titre du projet	R.BOERO (MUSINET ENG.)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)

1	0	4	C	C	1	6	1	6	6	N	V	0	2	I	0
Cat.Lav. Cat.Trav.	Lotto/Lot	Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre			Tratto Tronçon	Parte Partie					

E	R	I	I	D	1	1	0	0	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object		Numero documento Numéro de document			Indice Index	



SCALA / ÉCHELLE
-

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE	4
2. ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
3. NORMATIVE	5
4. METODO DI CALCOLO	6
4.1 Acque meteoriche	7
4.2 Sistemi di trattamento per liquidi leggeri	8
4.3 Ipotesi di scelta del materiale costituente le tubazioni - relativa scabrezza.....	9
4.4 Verifiche idrauliche	10
4.5 Verifiche statiche delle tubazioni in PeAd	12
4.6 Verifiche statiche delle tubazioni in cls.....	17
4.6.1 Interazioni tubazioni – fluido trasportato.....	17
4.6.2 Interazioni tubazione- terreno di posa.....	17
4.6.3 Verifica della canalizzazione rigida allo stato limite ultimo di resistenza.....	20
5. DRENAGGIO ACQUE METEORICHE.....	21
5.1 Tratto di collegamento alla viabilità di cantiere, zona di innesto rampe uscita/ingresso e piazzale di manovra.....	22
5.2 Rampa in ingresso sulla A32	24
5.3 Rampa in uscita dalla A32	26
5.4 Smaltimento dei liquidi dal piede dei pluviali delle rampe al recapito finale	31
5.5 Riassunto sistema di smaltimento acque sulle rampe.....	31
6. SCALE DI DEFLUSSO	33
6.1 Canaletta a sez. rett. in acciaio 300x250mm, pendenza 3.69%-tratta UP9-UP7....	34
6.2 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 2.63% - tratta UP7-UP6...	35
6.3 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 2.63% - tratta UP6-UP5...	36
6.4 Canaletta a sez. rett. in acciaio 250x200mm, pendenza 2.63% - tratta UP5-UP2...	37
6.5 Canaletta a sez. rett. in acciaio 250x200mm, pendenza 3.16% - tratta UP2-SP1 ...	38
6.6 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 3% - tratta SP2-IP1	39
6.7 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 3% - tratta IP1-IP2.....	40
6.8 Canaletta a sez. rett. in acciaio 350x300mm, pendenza 3% - tratta IP2-IP5.....	41
6.9 Condotte a sezione circolare in cls DN300, pendenza 2,0%	42
6.10 Condotte a sezione circolare in cls DN400, pendenza 2,0%	43
6.11 Condotte a sezione circolare in cls DN500, pendenza 2,0%	44
6.12 Condotte a sez. circ. in acciaio inox DN100, pendenza 4,0% - tubi in soletta tra UP7-UP9.....	45

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Scelta della SN del tubo per zone trafficate. Prosp.2 UNI ENV 1046:2003	12
Figura 2 – Classificazione dei terreni. Prosp.A.1 UNI ENV 1046:2003	13
Figura 3 – Descrizione delle metodologie di compattazione. UNI EN 13476:2008	14
Figura 4 – Grado di consolidamento e SPD in funzione delle classi di compattazione. Prosp.A.2 UNI ENV 1046.....	14
Figura 5 – Modulo secante di elasticità del terreno in rapporto al grado di compattazione ...	16
Figura 6 tratto di collegamento viabilità di cantiere e innesti delle rampe (tav. PE. ID_1200)	22
Figura 7 particolare di scarico dai rilevati in terra rinforzata di nuova realizzazione.....	23
Figura 8 Particolare smaltimento acque ai piedi della SP2, su deponia esistente.....	24
Figura 9 Dettaglio tipico raccolta acque in viadotto	24
Figura 10 Rimozione pluviale esistente ed aggiunta nuova canalina- tratta IP2-IP5-drenaggio parte carrabile (P9-P12)	26
Figura 11 Dettaglio tipico raccolta acque in viadotto	27
Figura 12 - Dettaglio smaltimento acque tratta UP7-UP9 con tubo alloggiato in soletta.....	29

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato contiene - nella prima parte - i riferimenti normativi e i criteri progettuali su cui è basato il dimensionamento idraulico di massima del sistema di drenaggio, trattamento e smaltimento dei liquidi.

Nella seconda parte viene descritta in maggior dettaglio ognuna delle reti di raccolta, suddivisa per pertinenza in 3 sottozone:

- viabilità di accesso al cantiere;
- rampa di ingresso sulla A32;
- rampa di uscita dalla A32.

Infine, si riportano informazioni relative alla rete di smaltimento delle acque provenienti da entrambe le rampe, dalla base dei pluviali fino al recettore finale, passando per il sistema di trattamento.

In allegato sono riportate le scale di deflusso dei principali collettori ipotizzati, al variare del loro diametro e della pendenza a cui viene posata la tubazione di assegnato materiale (e dunque di assegnata scabrezza), per ogni tratta esaminata.

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

In questo paragrafo si elencano i documenti utilizzati come base di progettazione di quanto esposto nella presente relazione.

Relativamente all'idrologia generale:

- PD2_C3A_MUS_0850_A_AP_NOT_Relazione idrologico-idraulica

Per quanto riguarda gli elaborati di riferimento relativi alla parte idraulica, si rimanda all'elenco tavole allegato al progetto esecutivo.

3. NORMATIVE

- Decreto Legislativo n. 152/99, “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento”;
- Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n.152, “Norme in materia ambientale”;
- D.P.G.Reg. Piemonte 20 febbraio 2006, n.1/R, Regolamento regionale recante: “Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento a delle acque di lavaggio di aree esterne” (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 8);
- D.M. LL.PP. del 12.12.1985 “Norme tecniche relative alle tubazioni”;
- UNI EN 858-1/-2:2004 Norme per i separatori di acque reflue contenenti idrocarburi ad altri liquidi leggeri;
- UNI EN 13476:2008 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE);
- UNI ENV 1046:2003 Sistemi di tubazioni e condotte di materia plastica - Sistemi di adduzione di acqua e scarichi fognari all’esterno dei fabbricati - Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra;
- UNI EN 1295-1:1999 Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico - Requisiti generali;
- UNI EN 1610:1999 Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura;
- UNI EN 1916:2004 Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
- UNI EN 1917:2004 Pozzetti e camere di ispezione di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.

4. METODO DI CALCOLO

In vista di determinare le massime portate (e dunque i diametri dei collettori) associate a un tempo di ritorno, occorre considerare intensità di precipitazione legate a durate di pioggia dell'ordine del tempo di corrivazione. Per reti di limitata estensione, il tempo di corrivazione è generalmente di pochi minuti e raramente superiore all'ora, dunque si fa riferimento a precipitazioni di forte intensità e breve durata; per approfondimenti si veda il paragrafo successivo.

Il metodo di calcolo assunto per la determinazione delle portate massime è noto in letteratura come *metodo razionale* (o *cinematico* oppure *del ritardo di corrivazione*).

Le portate interessanti gli elementi costituenti la rete di raccolta delle acque meteoriche sono quindi calcolate mediante la formula:

$$Q = i \cdot \Sigma(\varphi \cdot A)$$

Dove:

- i intensità media di precipitazione.
- φ coefficiente di afflusso; si assume come semplificazione la costanza nel tempo dei coefficienti di deflusso relativi alle varie superfici.
- A superficie.

Si assume un coefficiente di afflusso pari a 1 per le superfici delle aree impermeabili di piattaforma stradale.

4.1 Acque meteoriche

L'altezza di pioggia è definita dalla formula $h=a \cdot (t)^n$, in cui i parametri a e n dipendono dal tempo di ritorno assegnato, che è stato scelto - data l'importanza dell'opera e la presenza di viadotti - pari a 100 anni.

Per il tratto di collegamento alla viabilità di cantiere sarebbe lecito assumere un tempo di ritorno inferiore, ma per uniformità si considera, anche per questo tratto, il medesimo tempo di ritorno di cui sopra.

La seguente tabella presenta i parametri a e n ; si leggano le sole righe relative a TR100.

<i>Tempo di ritorno [anni]</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
20	22.71	0.611
100	28.57	0.622
200	31.07	0.626
500	34.36	0.629

Tabella 1 – Parametri per la determinazione dell'altezza di pioggia- Tab.I del PAI

Estratto da PD2_C3A_MUS_0850_33-49-00_10-16

<i>Tempo di ritorno [anni]</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
10	21.1823	0.5527
20	23.9881	0.5534
50	27.6252	0.5558
100	30.3493	0.5570
200	33.0634	0.5585
500	36.6386	0.5591

Tabella 2 – Parametri per la determinazione dell'altezza di pioggia– sito web AdB Po

Estratto da PD2_C3A_MUS_0850_33-49-00_10-16

In letteratura si consiglia spesso di utilizzare come intensità un valore prossimo ai 200 mm/h, che deriva dall'assunzione di parametri pluviometrici tipici sul territorio italiano relativi a TR=100 anni applicati a tempi di corrivazione prossimi a 5 minuti; i parametri dalle tabelle precedenti determinano però intensità di pioggia inferiori, dunque pare sensato assumere un'intensità di pioggia di 100 mm/h, come suggerito dalla intensità media tra i dati del PAI e di AdB Po, ricavata nella tabella sottostante (si assume un tempo di corrivazione ancora più cautelativo, ossia 3 minuti):

a	30,35	mm h ⁻ⁿ				
n	0,557	/				
t_{scroscio}	3	min	i	0,114	m/h	
a	28,57	mm h ⁻ⁿ				i media 0,102 m/h
n	0,622	/				
t_{scroscio}	3	min	i	0,089	m/h	

Tabella 3 – valori di intensità di pioggia - TR100

4.2 Sistemi di trattamento per liquidi leggeri

La progettazione di un sistema di trattamento pone immediatamente di fronte alla scelta tra un sistema di trattamento basato sul concetto di vasca di prima pioggia o su un sistema di trattamento in continuo. Nel caso in cui si opti per la seconda ipotesi, occorre stabilire innanzitutto un tempo di ritorno della precipitazione e poi quale percentuale della portata in ingresso ai sistemi di disoleazione si intende trattare. Si può trattare solo la parte della precipitazione corrispondente alla prima pioggia (come definita nel D.P.G.Reg. Piemonte 20 febbraio 2006, n.1/R) e mandare la frazione successiva della portata - che si presume avere concentrazione inferiore d'inquinanti - verso il recettore finale tramite by-pass, oppure trattare una frazione decisamente più importante della portata complessiva, anche corrispondente al 100% di essa.

Si ritiene che per il rischio associato a uno sversamento sia sufficiente trattare la portata corrispondente alla "prima pioggia" che dilava tutte le superfici sulle quali, per i motivi più vari, possono trovarsi residui d'idrocarburi. La stima di un livello di rischio che si ritiene accettabile - e quindi delle valutazioni di tempo di ritorno e dello schema di trattamento - è in qualche modo arbitraria e legata alla sensibilità del progettista e della società nel momento storico in cui avviene la progettazione.

Fondamentalmente esistono due tipi di disoleatore: il separatore a gravità o convenzionale e il separatore a coalescenza. Il secondo migliora l'efficienza di separazione degli oli grazie alla presenza di un pacco lamellare che, aumentando la superficie effettiva di flottazione, favorisce l'aggregazione delle particelle più leggere e ne facilita la risalita. In questo modo si riescono a ridurre le dimensioni rispetto ai più grandi disoleatori a gravità.

Sono pertanto previsti separatori classe I con pacco lamellare e filtri a coalescenza, come richiesto per lo scarico in acque superficiali (si suppone di scaricare direttamente in acque superficiali o in pozzo disperdente), non in pubblica fognatura (prosp.B.2 EN 858).

A monte del sistema di trattamento è previsto un pozzetto selezionatore costituito ad es. da due pozzetti affiancati in cui si pratica un taglio nelle pareti a contatto per realizzare uno sfioro tarato sulla portata di prima pioggia, in modo da far defluire nel tratto di by-pass le acque di seconda pioggia.

Una volta entrate nel separatore prefabbricato, le acque possono ancora presentare solidi sedimentabili che si depositano sul fondo (processo di dissabbiatura) mentre gli oli e le sostanze leggere risalgono in superficie per essere trattiene nella successiva camera di disoleazione. Può esser opportuno posizionare nel pozzetto a monte del pozzetto selezionatore una griglia per trattenere eventuali materiali grossolani trasportati dalla corrente.

La disoleazione viene normalmente ottenuta riducendo la velocità dell'influente (per questo motivo si prevede una pendenza ridotta della dorsale in ingresso nei sistemi di trattamento) in modo che le sostanze presenti, caratterizzate da un peso specifico minore di quello dell'acqua, salgano per galleggiamento: il dimensionamento del disoleatore avviene quindi in base alla velocità di transito dell'acqua immessa e alla velocità di risalita delle particelle. Applicando la legge di Stokes è possibile determinare la velocità di risalita delle particelle in funzione delle loro caratteristiche:

$$V_r = \frac{g}{18\eta} (r_w - r_o) \cdot d^2$$

dove:

- V_r velocità di risalita della goccia d'olio [m/s];

- g accelerazione di gravità = 9,81 [m/s²];
- η viscosità dell'acqua alla temperatura di riferimento, generalmente assunta pari a 20°C = 0.001 [kg/(m·s)];
- r_w densità dell'acqua = 1000 [kg/m³];
- r_o densità dell'olio = 900 [kg/m³];
- d diametro particelle di olio [m], assunto spesso pari a 150 o 250 [μm].

Secondo la EN 858 il dimensionamento di un disoleatore si basa sulla natura e la portata dei liquidi da trattare tenendo presente:

- la massima portata di pioggia;
- la massima portata di liquidi reflui;
- la densità del liquido oleoso;
- la presenza di sostanze che possono impedire la separazione, come i detergenti.

La formula per il dimensionamento è la seguente: $NS = (Q_r + f_x \cdot Q_s) \cdot f_d$

Dove

- NS è la taglia nominale del separatore;
- Q_r è la massima portata di pioggia, in l/s;
- Q_s è la massima portata di refluo, in l/s;
- f_d è il fattore di densità per il tipo di olio;
- f_x è il fattore di impedimento.

Una volta calcolato l'NS attraverso la formula si richiederà al fornitore un impianto avente la taglia nominale superiore più vicina.

Essendo un utilizzo da tipo b) secondo il paragrafo 4.1 della citata norma, ossia trattamento di acqua piovana contaminata da olio proveniente da strade o parcheggi, la portata di refluo è nulla e si assume un fattore di densità pari a 1.

Il dimensionamento secondo la EN 858 - con queste assunzioni - coincide con il calcolo della portata di pioggia. Infatti, anche la EN 858 per le acque di pioggia ricorre all'uso della metodo razionale; per quanto riguarda l'intensità di precipitazione, in base alle ipotesi precedenti, si assume una precipitazione di prima pioggia (5mm) che avviene in 15 minuti, ossia un'intensità di 20 mm/h = 0,0056 l/(s·m²).

Prima dell'immissione per gravità delle acque trattate verso il recettore finale, è prevista la possibilità di prelievo per la raccolta dei campioni su cui eseguire le analisi chimiche sulla composizione dell'acqua e verificare che siano rispettati i parametri di inquinamento ammessi per lo scarico.

4.3 Ipotesi di scelta del materiale costituente le tubazioni - relativa scabrezza

Le canalette correnti sotto impalcato sono rettangolari in acciaio inox: si assume un coefficiente secondo Strickler [m^{1/3}/s] pari a 80; tale valore è riferito a condizione di esercizio, ma comunque in buono stato di manutenzione e senza eccessive incrostazioni, la cui formazione dovrebbe essere ostacolata dalle pendenze di posa che non sono mai troppo basse.

Le tubazioni di collegamento tra i pozzetti ai piedi dei pluviali e il sistema di trattamento sono ipotizzate in calcestruzzo, presumibilmente non armato (i carichi esterni non dovrebbero risultare eccessivi; inoltre i diametri massimi adottati sono modesti e si trovano spesso in commercio non armati).

Si assume un coefficiente secondo Strickler [$m^{1/3}/s$] pari a 70; tale valore è cautelativo e riferito a condizione di esercizio (presenza di incrostazioni dovute a più anni di servizio).

Le tubazioni di convogliamento sul piazzale di manovra sono invece ipotizzate in PeAd corrugato doppia parete SN4 (o superiore).

Tale scelta è dovuta alla ridotta fragilità, elevata flessibilità e leggerezza (consentono possibilità di curvature, maggiore velocità di posa, minori costi di cantierizzazione, maggior sicurezza, minori sfridi, possibilità di connessione a strutture rigide senza utilizzo di pezzi speciali), bassa scabrezza e buona resistenza all'abrasione, elevata resistenza a agenti chimici e alle condizioni di stoccaggio in cantiere (raggi UV, agenti atmosferici, basse temperature). La sempre maggior diffusione di questo materiale per le tubazioni ne sta inoltre riducendo il prezzo commerciale e tutto ciò ne fa probabilmente il materiale del futuro.

Si assume per esse un coefficiente secondo Strickler [$m^{1/3}/s$] pari a 80; tale valore è cautelativo e riferito a condizione di esercizio (presenza di incrostazioni dovute a più anni di servizio).

4.4 Verifiche idrauliche

Fissata la pendenza e il materiale dei collettori, la dimensione degli stessi è direttamente legato alla superficie sottesa.

Le verifiche idrauliche delle tubazioni (o canalette), caratterizzate da funzionamento a gravità, sono state condotte utilizzando la formula di moto uniforme di Gauckler - Strickler

$$v = K_s \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- v velocità [m/s]
- R_H raggio idraulico [m];
- i pendenza della canalizzazione [°];
- K_s coefficiente di scabrezza Strickler [$m^{1/3}/s$]

Le canalette correnti sotto impalcato sono state dimensionate ricercando un franco minimo di sicurezza contro lo sversamento laterale, ipotizzato pari a 4-5 cm.

I collettori del tratto di collegamento alla viabilità di cantiere e quelli che partono dai pozzetti alla base dei pluviali ancorati alle pile delle rampe andranno dimensionati ricercando un coefficiente di riempimento al colmo di piena massimo dell'ordine del 70%.

Si ricercherà una pendenza tale da consentire un deflusso con velocità superiore a 0,5 m/s (ciò implica in genere la necessità di pendenze superiori allo 0,5%), così da garantire una naturale pulizia delle condotte, ma inferiore a 3 m/s (ciò implica in genere la necessità di pendenze inferiori al 3% circa), al fine di evitare un'eccessiva usura dei materiali.

Le scale di deflusso riportate in allegato sono legate alle considerazioni di cui sopra.

Per il predimensionamento dei pluviali, si calcola l'altezza di stato critico che si crea nella/e canaletta/e afferente/i al pluviale, nota la portata Q e il diametro D (se la canaletta ha sezione circolare o semicircolare):

formula approssimata valida per riempimenti tra il 20 e 80%: $y_c = D \cdot 1,025 \left(\frac{Q}{D^2 \sqrt{gD}} \right)^{0,515}$

Se la canaletta ha invece forma rettangolare (caso in esame), con base b : $y_c = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{b}\right)^2 \frac{1}{g}}$

Si ricerca nella tabella successiva (ogni valore riportato è il minimo tra funzionamento a soglia sfiorante o sotto battente) un valore di carico h simile all'altezza critica appena calcolata e si ricerca un diametro in grado di smaltire una portata uguale o superiore a quella che scorre nella/e canaletta/e stessa/e.

Si possono adottare raccordi a imbuto tra canaletta e scarico, in grado di contenere il diametro del pluviale assicurando lo smaltimento di una portata superiore.

Diametro D [mm]	Area A [cm ²]	Portata Q [l/s]						
		carico h sul bocchettone [mm]						
		50	75	100	125	150	200	250
75	44,18	2,6	3,2	3,7	4,2	4,5	5,3	5,9
100	78,54	4,7	5,7	6,6	7,4	8,1	9,3	10,4
125	122,72	6,8	8,9	10,3	11,5	12,6	14,6	16,3
150	176,71	8,2	12,9	14,9	16,6	18,2	21,0	23,5
175	240,53	9,5	17,5	20,2	22,6	24,8	28,6	32,0
200	314,16	10,9	20,0	26,4	29,5	32,3	37,3	41,7
225	397,61	12,3	22,5	33,4	37,4	40,9	47,3	52,8
250	490,87	13,6	25,0	38,5	46,1	50,5	58,3	65,2
275	593,96	15,0	27,5	42,4	55,8	61,1	70,6	78,9
300	706,86	16,3	30,0	46,2	64,6	72,8	84,0	93,9

Tabella 4 – bocchettone (senza raccordo a imbuto): portata per diversi valori di carico

4.5 Verifiche statiche delle tubazioni in PeAd

Le tubazioni in materia plastica sono - a meno di casi del tutto particolari - da considerarsi deformabili. Dal punto di vista meccanico, questo si traduce nel fatto che esse tendono a deformarsi in misura maggiore rispetto al terreno circostante che li ospita; pertanto, quest'ultimo si farà carico della maggior parte delle sollecitazioni applicate (carichi statici e dinamici). L'installazione di un tubo flessibile non può quindi in alcun modo prescindere dalle condizioni di posa e dall'interazione tra il tubo ed il terreno circostante.

Detto ciò, la caratteristica determinante per la valutazione dell'idoneità del tubo si traduce nella sua resistenza strutturale, ovvero nella rigidità anulare SN.

Le tubazioni in PeAd sono posate sul tratto di raccolta del piazzale di manovra: la verifica finale statica di tali canaline, in funzione delle caratteristiche del rinterro e del terreno in sito sarà effettuata all'atto di costruzione, dopo una accurata verifica delle reali condizioni di posa.

Il materiale di riempimento è classificabile in categoria 1, pertanto la rigidità anulare minima utilizzata deve essere pari a SN4, anche nel caso in cui tutti i terreni siano granulari (come prevedibile siano i materiali utilizzati per i rilevati delle viabilità in cui tali tubi sono posati), classificabili nelle tipologie 1-2.

Come si può notare, la classe di compattazione deve essere obbligatoriamente W.

Categoria materiale di riempimento	Classe di compattazione	Rigidità del tubo					
		Per profondità di copertura comprese tra 1m e 3m					
		Categoria suolo nativo indisturbato					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4	4	6,3	8	10	*
2	W		6,3	8	10	*	*
3	W			10	*	*	*
4	W				*	*	*
Per profondità di copertura comprese tra 3m e 6m							
1	W	2	2	2,5	4	5	6,3
2	W		4	4	5	8	8
3	W			6,3	8	10	*
4	W				*	*	*

* Deve essere prevista una verifica preliminare della tubazione.

- Campo di utilizzo consigliato per tubi SN4
- Campo di utilizzo consigliato per tubi SN8
- Campo di utilizzo consigliato per tubi SN = 16

Figura 1 – Scelta della SN del tubo per zone trafficate. Prosp.2 UNI ENV 1046:2003

(Valori espressi in KN/m²)

Tipo di suolo	Gruppo di suolo					Utiliz. per riemp.
	#	Nome tipico	Cod.	Caratteri distintivi	Esempi	
Granulare	1	Ghiaia ad unica misura	(GE) [GU]	Linea a granulazione ripida, predominanza di una zona con granelli di un'unica misura.	Roccia schiacciata, ghiaia di fiume o spiaggia, ghiaia morenica, scoria cenere vulcanica.	SI
		Ghiaia ben classificata, miscele ghiaia-sabbia.	[GW]	Linea a granulazione continua, diverse zone di misure dei granelli.		
		Miscele ghiaia-sabbia classificate male	(GI) [GP]	Linea a granulazione tipo gradino, una o più zone con assenza di granelli.		
	2	Sabbia ad unica misura (materiale monogranulare).	(SE) [SU]	Linea a granulazione ripida, predominanza di una zona con granelli di un'unica misura.	Sabbia di dune e alla deriva, sabbia di bacino.	SI
		Sabbia ben vagliata, miscele sabbia-ghiaia.	[SW]	Linea a granulazione continua, diverse zone di misure dei granelli.	Sabbia morenica, sabbia di terrazza, sabbia di spiaggia.	
		Zone con miscele sabbia-ghiaia classificate male.	(SI) [SP]	Linea a granulazione tipo gradino, una o più zone con assenza di granelli.		
	3	Ghiaia melmosa, miscele ghiaia-sabbia-melma classificate male	(GM) [GU]	Linea a granulazione ampia/intermittente con melma finemente granulato.	Ghiaia resistente alle intemperie, detriti di falda, ghiaia argillosa.	SI
		Ghiaia argillosa, miscele ghiaia-sabbia-argilla classificate male	(GC) [GT]	Linea a granulazione ampia/intermittente con argilla finemente granulato.		
		Sabbia melmosa, miscele sabbia-argilla classificate male	(SM) [SU]	Linea a granulazione ampia/intermittente con melma finemente granulato.		
		Sabbia argillosa, miscele sabbia-argilla classificate male	(SC) [ST]	Linea a granulazione ampia/intermittente con argilla finemente granulato.		
Coesivo	4	Melma inorganica, sabbie molto fini, farina di roccia, sabbia fine melmosa o argillosa.	(ML) (UL)	Bassa stabilità, reazione rapida, nullo a lieve plasticità.	Loess, terriccio.	SI
		Argilla inorganica, argilla chiaramente plastica.	(CL) (TA) (TL) (TM)	Stabilità da media a molto alta, no a reazione lenta, bassa a media plasticità.	Marna alluvionale, argilla.	
Organico	5	Suoli a granulazione mista con miscele di humus o gesso.	[OK]	Miscele di pianta o tipi non pianta, odore di putrefazione, peso leggero, vasta porosità.	Sommità dei suoli, sabbia gessosa, sabbia di tufo.	NO
		Melma organica e argilla di melma organica.	(OL) (OU)	Stabilità media, reazione da lenta a molto veloce, plasticità da bassa a media.	Gesso marino, sommità dei suoli.	
		Argilla organica, argilla con miscele organiche.	(OH) (OT)	Alta stabilità, reazione nulla, plasticità da media ad alta.	Fango, terriccio	
	6	Torba, altri suoli altamente organici.	(Pt) (HN) (HZ)	Torba decomposta, fibrosa, di colore dal marrone al nero.	Torba.	NO
Fanghi		[F]	Melma depositata sott'acqua, spesso cosparso di sabbia, argilla, gesso, molto morbida.	Fanghi.		

I simboli usati provengono da due fonti, quelli nelle parentesi quadre, dallo Standard Britannico BS 5930, quelli nelle parentesi tonde, dallo Standard Tedesco DIN 18196.

Figura 2 – Classificazione dei terreni. Prosp.A.1 UNI ENV 1046:2003

Codice Metodologia compattazione	Descrizione
W	il materiale granulare utilizzato per il rivestimento è posato con cura nelle immediate vicinanze del tubo, e successivamente compattato stendendolo in strati di altezza max = 30 cm, ciascuno dei quali viene di volta in volta compattato. Il tubo dovrebbe essere sormontato da uno strato di almeno 15 cm di suddetto materiale. La trincea viene quindi successivamente riempita con terreno di qualsiasi natura e compattata. Per questo tipo di compattazione si dovrebbero ottenere valori di SPD > 94% .
M	Il materiale granulare utilizzato per il rivestimento è steso in strati di altezza max = 50 cm, ciascuno di quali viene di volta in volta compattato. Il tubo dovrebbe essere sormontato da uno strato di almeno 15 cm di suddetto materiale. La trincea viene quindi successivamente riempita con terreno di qualsiasi natura e compattata. Per questo tipo di compattazione si dovrebbero ottenere valori di SPD da 87% a 94% .
N	Il materiale utilizzato per il rivestimento (granulare o coesivo, ma comunque compattabile) è steso alla rinfusa e compattato debolmente o addirittura non compattato. La trincea viene quindi successivamente riempita con terreno di qualsiasi natura.

Figura 3 – Descrizione delle metodologie di compattazione. UNI EN 13476:2008

Descrizione	Grado di consolidamento			
% coefficiente Proctor Standard (SPD)	≤ 80	81 ÷ 90	91 ÷ 94	95 ÷ 100
	0 ÷ 10	11 ÷ 30	31 ÷ 50	> 50
Gradi di consolidamento ottenuti dalle classi di compattazione in questo prestandard.	NESSUNO (N)			
	MODERATO (M)			
	BUONO (W)			
Suolo granulare	Sciolto	Densità media	Densità	Molto denso
	Soffice	Solido	Indurito	Duro

Nota: Questa tabella ha lo scopo di essere d'aiuto nell'interpretazione delle descrizioni utilizzate nelle diverse fonti nei termini utilizzati per i gradi di consolidamento, laddove non sia disponibile un'informazione dettagliata del suolo nativo non disturbato si presume, quindi, che abbia un consolidamento pari al 91% e 97% (SPD).

Figura 4 – Grado di consolidamento e SPD in funzione delle classi di compattazione. Prosp.A.2 UNI ENV 1046
(La seconda riga indica il numero dei colpi)

La posa in opera prevista nel seguito consente di limitare i fenomeni di schiacciamento ed ovalizzazione della tubazione, ossia la deformazione diametrale dei tubi; a tal fine sono necessarie una opportuna scelta e compattazione dei materiali e una trincea per quanto possibile di larghezza limitata, compatibilmente con le esigenze pratiche di agilità e sicurezza del personale.

Le tubazioni in PE sono posate su un letto in sabbia e/o ghiaia - non a spigoli vivi - di diametro massimo pari a 15 mm, accuratamente compattato in modo da ottenere un indice Proctor Standard SPD superiore al 90% (tale indicazione è valida anche per gli strati di riempimento successivi). Il letto di posa, di altezza minima pari a 10 cm, va eseguito solo dopo aver reso uniforme, compatto e libero da particelle di diametro superiore ai 20 mm il fondo dello scavo. In nessun caso è consentito regolare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni od altri appoggi discontinui; ogniqualvolta si posa e si collega una tubazione, devono essere verificate pendenza e allineamento.

Il riempimento successivo va eseguito con lo stesso materiale del letto di posa fino a almeno 15 cm dalla generatrice superiore del tubo.

Nel caso in cui la tubazione sia posta al di sotto di zone soggette a sovraccarichi accidentali notevoli, sono prevedibili due schemi di posa differenti:

- nel caso in cui il valore del ricoprimento sia dell'ordine di 70-100 cm, (anche considerando che probabilmente dovrà essere garantita la transitabilità nelle fasi di cantiere e che occorrono almeno 30 cm di ricoprimento sulle tubazioni prima di poter procedere a compattamento a macchina degli strati di piattaforma), si pone un nastro segnalatore in materiale plastico (di colore vivace e recante indicazione della funzione della condotta) sopra all'ultimo strato realizzato con il materiale del letto di posa, quindi si procede al successivo riempimento a strati con materiale di risulta selezionato dello scavo;
- nel caso in cui il ricoprimento sia inferiore al valore di cui sopra, posizionare una lastra di protezione e ripartizione dei carichi in c.a. sull'ultimo strato realizzato con il materiale del letto di posa; non si prevede la necessità di ricorrere a tale schema.

Ci si pone quindi nel primo caso di progetto.

A seconda dei diametri utilizzati per i tubi, le sezioni di scavo aumentano per consentire un corretto alloggiamento degli stessi.

Dove necessario (ad esempio, in caso di presenza di lenti di materiale particolarmente incoerente), occorre supportare le pareti della trincea con puntelli, lastre, palizzate, sostegni o altre tipologie di supporti atti a proteggere qualsiasi persona nella trincea; le cassature andranno tolte man mano che si procede con la posa e compattazione per strati, in quanto una loro rimozione in seguito alla realizzazione del riempimento attorno alla tubazione provocherebbe la formazione di spazi vuoti con conseguenti assestamenti nel lungo periodo.

Prendere precauzioni per prevenire sia la caduta di oggetti nella trincea sia un suo eventuale collasso a causa della posizione o movimentazione di macchinari, materiali di scavo o attrezzature adiacenti.

Per stabilire il ricoprimento minimo (in assenza di lastra) da assicurare alle tubazioni si considerano le verifiche di ovalizzazione del tubo a breve e a lungo termine, secondo l'equazione di Spangler modificata, entrata nell'uso comune per la verifica della deformazione diametrale. Le tubazioni sono verificate considerando, oltre al carico generato dal terreno, anche le pressioni per traffico stradale pesante.

La formula di Spangler nota in letteratura è:

$$\Delta y = \frac{k \cdot W \cdot r^3}{EI + 0.061E' \cdot r^3}$$

in cui:

- r: raggio medio della tubazione, pari a metà diametro D;
- k = 0,083: costante di fondo, dipendente dall'angolo di appoggio, assunto pari a 180°;
- W: carico lineare totale;
- E: modulo elastico del materiale;
- I: momento d'inerzia del tubo;
- E' = e · r : modulo secante del terreno (valori nella tabella seguente);
- e: modulo elastico del terreno secondo Winkler.

Sostituendo $r = D/2$ e semplificando per 8:

$$\Delta y = \frac{0,083 \cdot W \cdot D^3}{8EI + 0.061E' \cdot D^3}$$

Semplificando ancora per D^3 e introducendo la relazione $SN = \frac{EI}{D^3}$ si ottiene:

$$\Delta y = \frac{0,083 \cdot W}{8SN + 0.061E'} \quad , \text{dove SN è la rigidezza anulare}$$

Il carico lineare totale è pari al prodotto tra il diametro della tubazione e la pressione totale q agente sulla tubazione, equivalente alla somma del carico del terreno, dell'acqua di falda (presumibilmente assente, da verificare) e dei carichi mobili e di eventuali strutture gravanti sulla tubazione. Pertanto, introducendo un coefficiente f_1 che tenga conto dell'aumento della deflessione col passare del tempo:

$$\frac{\Delta x}{D} = \frac{\Delta y}{D} = \frac{0,083 \cdot f_1 \cdot q}{8SN + 0.061E'}$$

Nella tabella successiva sono riportati i valori da letteratura di E' .

	Mat. alla rinfusa	Materiale compattato		
		< 85 %	85 ± 90%	> 95 %
INDICE PROCTOR		< 40 %	40 ± 70%	> 70 %
DENSITÀ RELATIVA		E' (N / mm ²)		
TIPI DI TERRENO		o	o	o
Terreno con bassa granulometria LL > 50		(è raccomandata un'analisi particolareggiata)		
Suoli con media ed alta plasticità		0,35	1,38	2,76
Terreno coesivo a bassa granulometria LL > 50 Suoli con media e bassa plasticità con meno del 25% di particelle grossolane		0,69	2,76	6,9
Terreno a bassa granulometria LL > 50. Suoli con media e bassa plasticità, con più del 25% di particelle grossolane. Suoli con granulometria grossolana con più del 12% di particelle fini		0,69	6,9	13,8
Terreno con granulometria grossolana, con meno del 12% di particelle fini		6,9	13,8	20,7
Misto di cava (crushed rock)		6,9	20,7	20,7
Accuratezza in termini di differenza tra deformazione calcolata e reale (in %)		± 2%	± 2%	± 0,5%

Figura 5 – Modulo secante di elasticità del terreno in rapporto al grado di compattazione

4.6 Verifiche statiche delle tubazioni in cls

In osservanza al D.M. LL.PP. del 12.12.1985 andranno eseguite le seguenti verifiche:

- Interazioni tubazioni – fluido trasportato;
- Interazioni tubazioni – terreni di posa;
- Verifica di sicurezza statica.

4.6.1 Interazioni tubazioni – fluido trasportato

Il fluido trasportato è costituito dalle acque di pioggia; non si prevedono pertanto azioni aggressive di natura chimica e/o fisica, esercitate dalle acque e dai materiali trasportati, quali ad es. - problemi di abrasione della condotta, in quanto la velocità di deflusso rimane entro valori modesti, compatibili con le caratteristiche dei materiali costituenti le tubazioni.

4.6.2 Interazioni tubazione- terreno di posa

Una tubazione interrata di qualsiasi tipo risulta sottoposta a carichi di varia natura che tendono ad ovalizzare la tubazione. Per effetto dell'ovalizzazione il tubo esercita sul terreno circostante una spinta; la reazione del terreno contrasta l'ovalizzazione della tubazione contribuendo a migliorarne la stabilità. I tubi rigidi presentano solo una modesta deformazione prima della rottura, pertanto la reazione laterale è poco mobilitata. Risultano fondamentali le condizioni di posa, in termini di materiali usati per riempimento e letto d'appoggio e di angolo di apertura della sella; esse vengono normalmente quantificate in un coefficiente di posa.

Al fine di procedere ad una verifica convenzionale si ricorre ad un calcolo semplificato che consiste nell'individuare la forza risultante agente sulla generatrice superiore della tubazione di diametro D e di lunghezza unitaria che, in sostituzione alle reali forze ovalizzanti, ne determina lo stesso effetto. I carichi valutati sono:

Carico dovuto al rinterro

Sostanzialmente, i modi maggiormente ricorrenti di posa di una condotta prevedono due ipotesi: la posa in trincea stretta e in trincea larga. Si dice che un tubo avente diametro esterno D è posato in trincea stretta quando la larghezza B della trincea a livello della generatrice superiore del tubo e l'altezza H del rinterro al di sopra di essa soddisfano una delle seguenti condizioni:

- $B \leq 2D$ con $H \geq 1,5B$ 1° condizione
- $2D < B \leq 3D$ con $H \geq 3,5B$ 2° condizione

Quando le relazioni fra B , D , H differiscono da quelle sopra indicate il tubo è posato in trincea larga (oppure - a volte - in trincea infinita/posa in terrapieno).

Nelle condizioni di trincea stretta il carico verticale da rinterro risulta essere:

$$P_{ts} = C_t \cdot \gamma_t \cdot B^2$$

dove:

P_{ts} = carico verticale sul tubo dovuto al rinterro [N/m];

$$C_t = \text{coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta: } C_t = \frac{1 - e^{-2k \cdot (H/B) \cdot \text{tg} \theta}}{2k \cdot \text{tg} \theta}$$

γ_t = peso specifico del rinterro in [N/m³] (prospetto 7 - UNI EN 11149:2005)

Tipologia di terreno	Peso specifico (N/m ³)
Terreno granulare, senza coesione	17 000
Sabbia e ghiaia	19 000
Terreno agrario saturo, argilloso umido	20 000
Argilla compatta, argilla ordinaria	21 000
Argilla satura	22 000

k = coefficiente di spinta attiva = $\text{tg}^2 (45^\circ - \Phi/2)$;

Φ = angolo di attrito interno del terreno (prospetto 6 - UNI EN 11149)

Materiale usato per il riempimento	Angolo ϕ
Argilla plastica	11°-12°
Terreno morbido	12°
Argilla normale	14°
Loess cretaceo	18°
Marna sabbiosa	20°
Marna bianca	22°
Marna molto compatta	24°
Marna verde	26°
Sabbia bagnata	30°
Sabbia fine non pressata	31°
Sabbia e ghiaia	33°
Ghiaia e ciottoli	37°
Ciottoli grossi	44°

θ = angolo di attrito tra materiale di riempimento e terreno originale (prosp.5-UNI EN 11149)

Angolo θ		Materiale di riempimento	
		Sabbia	Ghiaia
Terreno originale	Rocce lisce	25°	30°
	Marna	30°	35°
	Rocce scistose	35°	40°

B = larghezza effettiva della trincea a livello della generatrice superiore del tubo [m].

Nelle condizioni di trincea larga il carico verticale da rinterro viene così calcolato:

$$P_{tl} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

dove:

P_{tl} = carico verticale sul tubodovuto al rinterro[N/m];

C_e = coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga. Lo scorrimento tra il prisma di terreno sopra la tubazione e i volumi laterali può estendersi fino in sommità del terreno o fermarsi a un piano intermedio: occorre dunque calcolare la posizione H^* di questo piano (definito di equal assestamento) rispetto alla generatrice superiore esterna della tubazione, che risulta anche funzione della relazione esistente tra cedimento del fondo scavo (e dunque dei prismi laterali di terreno) e quello della condotta. In base al valore così trovato di H^* e alla sua relazione col ricoprimento reale H , si calcola C_e con due formule diverse;

γ_t = peso specifico del rinterro, con i valori definiti in precedenza[N/m³];

D = diametro esterno del tubo [m].

Sovraccarico accidentale mobile

La valutazione del carico a livello della generatrice superiore del tubo, dovuto al transito di unmezzo circolante ad un'altezza H sopra la generatrice superiore del tubo, può essere effettuata in maniera diversa a seconda che si tratti di un sovraccarico verticale distribuito o concentrato. Ritenendo quest'ultima la situazione di carico più gravosa, è stata utilizzata l'espressione di Boussinesq approssimata (per convogli pesanti) per la stima dell'effetto di un sovraccarico mobile concentrato:

$$P_{vc} = \sigma_z \cdot D \cdot \varphi \quad \text{dove:}$$

P_{vc} = carico verticale sulla generatrice superiore del tubo, dovuto ai sovraccarichi mobiliconcentrati di convogli tipo [N/m];

D = diametro esterno del tubo [m];

φ = fattore dinamico per le strade; calcolato mediante l'espressione:

$$\varphi = 1 + 0.3/H$$

σ_z = pressione verticale al livello della generatrice superiore del tubo dovuta ai sovraccarichi mobili concentrati[N/m²], determinata mediante l'espressione di stima:

$$\sigma_z = 0.5281 \cdot P / H^{1,0461}$$

H = l'altezza H del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo [m];

P = carico massimo per ruota [N] (prosp.8 - UNI EN 11149)

Classe	Carico totale (N)	P carico massimo per ruota (N)
Traffico pesante	600 000	100 000
Traffico medio	450 000	75 000
	300 000	50 000
Traffico leggero	120 000	20 000 anteriore 40 000 posteriore
	60 000	20 000
Autovettura	30 000	10 000

Carico idrostatico

Considerate le condizioni progettuali in cui la tubazione non è interamente riempita di acqua e presumibilmente non risulta essere interferente con acque di falda, si potrà assumere tale carico uguale a zero.

4.6.3 Verifica della canalizzazione rigida allo stato limite ultimo di resistenza

La verifica deve dimostrare che, sotto l'effetto delle azioni agenti sulla condotta, le sollecitazioni che ne derivano siano minori delle resistenze meccaniche di riferimento ottenute dividendo le resistenze caratteristiche per un coefficiente di sicurezza.

Per le canalizzazioni a comportamento rigido - di diametro non significativo (altrimenti è necessario ricorrere a un più complesso metodo di tipo analitico su comportamenti di anello elastico sottile) - caratterizzate da un carico di rottura per schiacciamento Q garantito, ottenuto in laboratorio e proprio del tubo che verrà installato, la stabilità è verificata se risulta:

$$P_{tot} \leq Q_r / \mu$$

dove:

P_{tot} = carico esterno totale di schiacciamento agente sulla canalizzazione interrata;

Q_r = carico resistente, calcolato mediante $Q_r = K \cdot Q$;

μ = coefficiente di sicurezza allo schiacciamento, cautelativamente posto pari a 1,5 ;

K = coefficiente di posa, che dovrà essere pertanto superiore a $\mu P_{tot} / Q$

coefficiente di posa K - tubo posato su sella continua in conglomerato cementizio			
angolo di appoggio 2α [°]	sporgenza ρ	posa in trincea stretta e posa in trincea stretta con rinterro indefinito	posa in trincea larga e posa con rinterro indefinito
		costipamento ordinario	costipamento ordinario
90	0,85	2,2	2,8
120	0,75	2,6	3,2

Una reale verifica avrà senso solo nel momento in cui saranno note le caratteristiche della tubazione e il metodo di posa; con il tipo di posa proposto (sella continua in cls con angolo di appoggio di 120°) è prevedibile che per ricoprimenti superiori a 60-80 cm (come avverrà nel progetto in esame) non sia necessario interporre tra estradosso del tubo e piano finito una lastra di ripartizione dei carichi in c.a..

5. DRENAGGIO ACQUE METEORICHE

La raccolta delle acque piovane dall'impalcato dei ponti e la loro consegna ai dispositivi di scarico avviene con modalità analoghe a quelle di una superficie stradale classica: in luogo delle caditoie, vi sono bocchettoni, canalette correnti sotto impalcato e pluviali per il recapito a terra. Da qui, si procede con condotte interrotte da pozzetti aventi funzione di ispezione (o anche deviazione o salto), che si dirigono verso un sistema di trattamento, da cui le acque fuoriescono con minori concentrazioni di inquinanti e possono dunque essere recapitate nel ricettore finale, in questo caso un corso d'acqua (Dora di Bardonecchia).

I giunti dovranno garantire adeguata impermeabilità nei confronti delle infiltrazioni delle acque piovane; la distribuzione dei bocchettoni è legata, più che alle portate da smaltire, alla geometria del viadotto, in termini di pendenza trasversale e longitudinale, di interesse tra le pile, di luce tra le zone di giunto: è opportuno porre i bocchettoni di estremità della campata a una distanza di circa un metro dalla zona di giunto, in modo che essa sia interessata dalla minor quantità possibile di portata.

Si prevede di disporre gli altri bocchettoni ad interasse di circa 10 m e massimo 15 m; ogni bocchettone sarà protetto da griglia in ghisa in grado di evitare l'ingresso di materiali grossolani ostruenti e avrà diametro con sezione non inferiore a 75 cm^2 , ossia avrà diametro superiore a DN100: si considerano pertanto dei DN150.

Il collegamento tra canaletta sotto impalcato e pluviale è realizzato tramite un elemento a forma di imbuto- posto ad un piano di poco inferiore rispetto alle canalette - da cui si origina il pluviale. L'imbuto dovrà avere diametro tale da consentire la possibilità di scarico nel pluviale qualunque sia lo stato di dilatazione dell'impalcato a cui le canalette sono vincolate.

Il pluviale è calcolato con le formule previste nel caso di assenza di raccordo; l'imbuto costituisce in realtà un elemento di raccordo che migliora l'efficienza di smaltimento.

Ogni pluviale è ancorato ad una pila, alla cui base è disposto un pozzetto in cui il pluviale stesso recapita le acque provenienti dall'impalcato.

Per le canalette correnti sotto impalcato, così come per i bocchettoni e i pluviali, è previsto l'utilizzo di acciaio inox. Dati i prevedibili problemi di dilatazione termica propri delle canalette ma anche della struttura a cui sono collegate, occorrono dispositivi che consentano sia la possibilità di movimento sia l'ancoraggio alla struttura.

Le tubazioni di collegamento tra i pozzetti ai piedi dei pluviali e il sistema di trattamento sono invece ipotizzate in calcestruzzo, come detto.

La raccolta del tratto di collegamento alla viabilità di cantiere non è invece ovviamente data a bocchettoni, poiché si tratta di una viabilità in rilevato, in cui la raccolta acque è affidata a embrici e canali di raccolta al piede del rilevato stesso.

5.1 Tratto di collegamento alla viabilità di cantiere, zona di innesto rampe uscita/ingresso e piazzale di manovra

Il tratto di collegamento alla viabilità di cantiere si dirama dal piazzale di manovra, è evidenziato in marroncino nella tavola di progetto (ID_1200) e riportato nella Figura sottostante. Si tratta di un tratto stradale in rilevato, che poggia in parte sulla deponia esistente, ed è costituito in progetto per lo più da un rilevato in terra mesh rinverdata. Solo nel tratto finale, in adiacenza alla strada esistente di cantiere, nella parte interessata da una nuova berlinese lato monte, il rilevato è costituito da terreno di riporto, senza armatura di rinforzo.

La superficie totale, considerando la larghezza della sede stradale di circa 8m, è pari a $S=1468\text{mq}$ circa.

Il tratto invece che dal piazzale di manovra diparte verso le rampe di ingresso ed uscita (fino alle spalle rispettivamente SP2 ed SP1), è evidenziata in verde ed è anch'essa costituita da rilevati poggianti sulla deponia già realizzata.

La superficie totale, considerando la larghezza della sede stradale, è pari a $S=1973\text{mq}$ circa.

La superficie del piazzale di manovra, indicata col colore verde scuro nella planimetria di figura sottostante, è di circa $S=2636\text{mq}$.

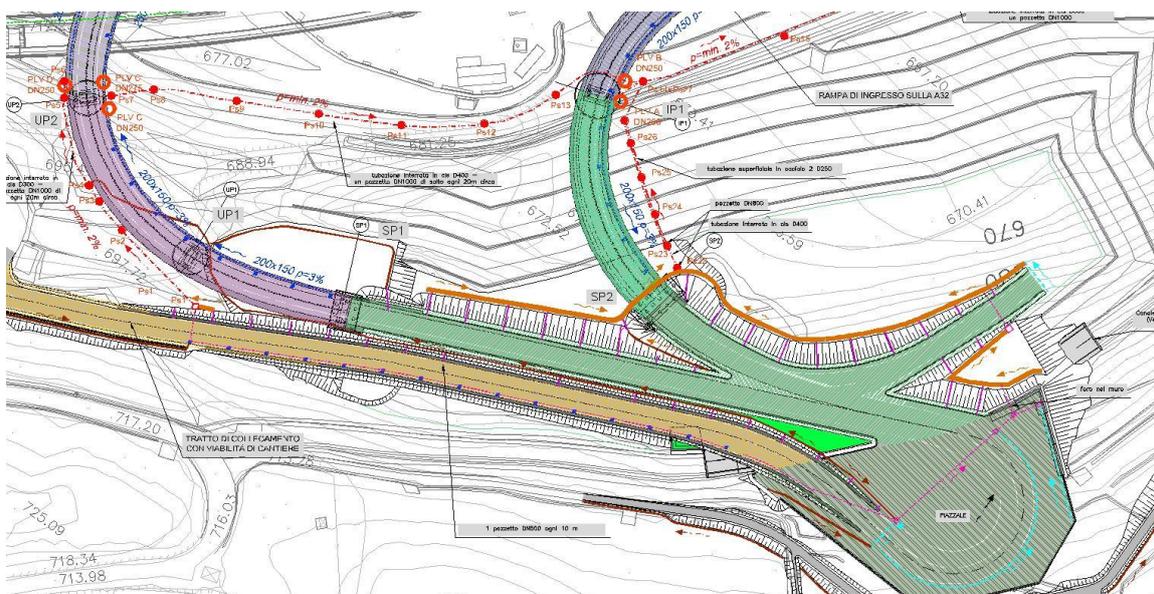


Figura 6 tratto di collegamento viabilità di cantiere e innesti delle rampe (tav. PE. ID_1200)

La raccolta stradale superficiale è strutturata in più modalità a seconda dei tratti:

- la parte di rilevati in terra non armata (innesti nelle rampe) viene sempre raccolta tramite embrici (che hanno interdistanza di circa 10m) e fosso di guardia in cls posto alla base del rilevato;
- l'acqua afferente ai nuovi rilevati in terra rinforzata viene raccolta tramite pozzetti di raccolta nella parte sommitale vicino al cordolo stradale, e tubazione esterna a seguire l'andamento del pendio in terra rinforzata, con fosso di guardia al piede del rilevato;

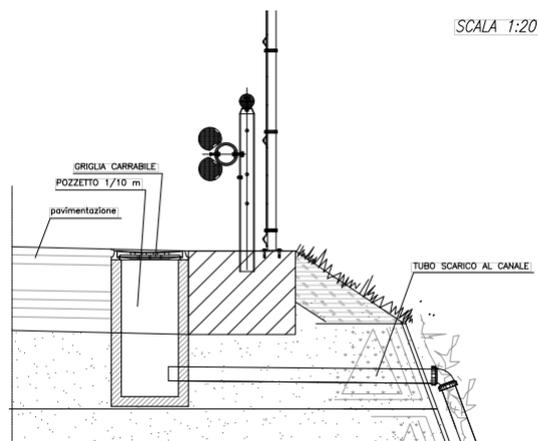


Figura 7 particolare di scarico dai rilevati in terra rinforzata di nuova realizzazione

- in prossimità del piazzale di manovra la raccolta avviene tramite canalette grigliate carrabili in cls, disposte sul perimetro del piazzale.

Le acque defluenti dall'esterno, ad es. da pendii dei tratti a mezza costa o in trincea, vengono raccolte tramite canalette disposte a bordo strada, aventi funzione di raccolta - come detto - anche della viabilità stessa.

Per quanto riguarda i recapiti finali, l'area del piazzale di manovra viene convogliata verso un pozzetto di raccolta che a sua volta scarica ai piedi del rilevato delle rampe di ingresso ed uscita (fino alla spalla SP2), passando attraverso una tubazione che andrà inserita all'interno del muro in c.a. che delimita il piazzale in adiacenza allo scatolare per Giaglione.

L'area invece afferente alla viabilità di cantiere, viene raccolta e convogliata tramite una tubazione in cls DN300 verso la pila UP2, e da qui si innesta in una tubazione di cls DN400 verso la vasca di trattamento finale.

L'area complessiva del tratto verso la viabilità di cantiere ha area pari a $S=1468$ mq circa e genera una portata di:

$$Q = 1468 \text{mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 146,8 \text{ mc/h} = 40,55 \text{ l/s.}$$

L'area complessiva del tratto verso il piazzale di cantiere ha area pari a $S=2636$ mq circa e genera una portata di:

$$Q = 2636 \text{mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 263 \text{ mc/h} = 73 \text{ l/s.}$$

Per quanto riguarda il recapito delle acque dei rilevati che dal piazzale di manovra introducono alle rampe di ingresso/uscita (zona dal piazzale fino alle spalle SP1 e SP2), esso è costituito da una tubazione in acciaio (o al limite PeaD), di diametro DN250, che raccoglie l'acqua ai piedi della spalla SP2.

La presenza delle deponia esistente, sulla quale poggia la fondazione della spalla, non costituisce una interferenza significativa per la realizzazione del sistema di smaltimento acque: difatti, si prevede la realizzazione di una breccia sommitale nella deponia per la posa di un tubo di raccolta in cls DN400 con pozzetto (DN800), dal quale poi diramano due tubazioni in acciaio inox di DN250 che seguono sull'esterno la pendenza del rilevato in terra armata.

Il tubo sarà fissato esternamente tramite fissaggi in acciaio a passo 1m alle pendici della deponia, secondo il particolare riportato nella figura sottostante:

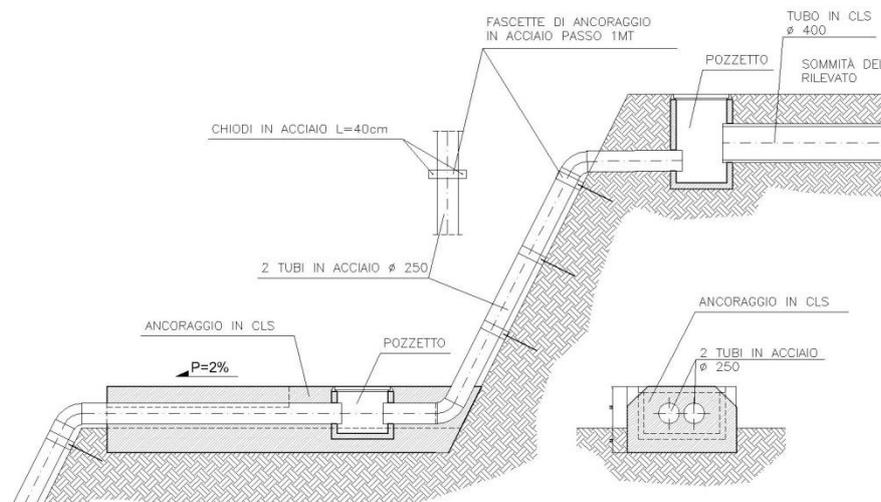


Figura 8 Particolare smaltimento acque ai piedi della SP2, su deponia esistente

5.2 Rampa in ingresso sulla A32

Il particolare tipico della raccolta delle acque di piattaforma sugli impalcati è riportato nella figura sottostante:

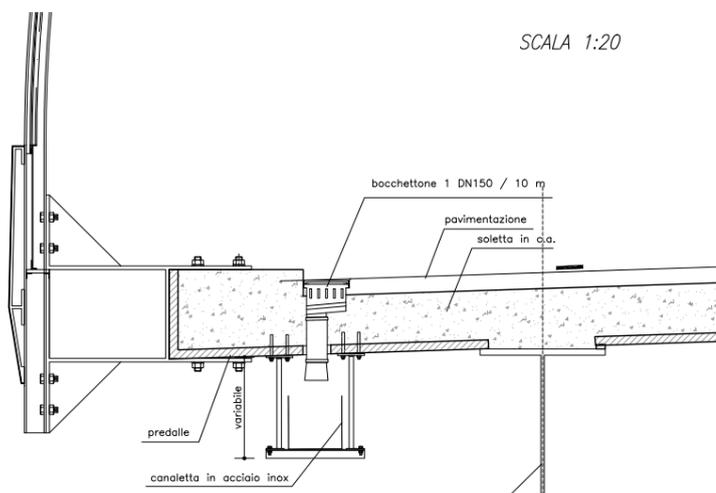


Figura 9 Dettaglio tipico raccolta acque in viadotto

La raccolta su questa rampa è suddivisa in più zone in funzione della pendenza longitudinale della rampa stessa, e dei recapiti dei pluviali sulle pile.

La zona della rampa di ingresso è stata suddivisa in 3 aree di raccolta:

1. Zona tra SP2 e IP1;
2. Zona tra IP1 e IP2;
3. Zona tra IP2 e IP5, in cui si è in affiancamento al viadotto Clarea – discesa

Nel seguito vengono riportati i dimensionamenti delle canalette per ogni singola tratta, rimandando agli allegati per il dettaglio del calcolo, con riportate le scale di deflusso.

Zona tra SP2 e IP1

Tale zona presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 3% e superficie totale di circa 594 mq; considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 594 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 59.4 \text{ mc/h} = 16.5 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 200 x 150 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 40% e un franco di 9 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta recapita nel pluviale A ancorato alla pila IP1; la sua portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a 6 cm. Un pluviale D250 con carico 6 cm smaltisce secondo tabella circa 18.6 l/s (valore maggiore della portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile).

Zona tra IP1 e IP2

La parte successiva, indicativamente tra le pile IP2 e IP1, presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 3% e superficie totale di circa 697 mq; considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 697 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 69.7 \text{ mc/h} = 19.3 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 200 x 150 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 45% e un franco di 8.25 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta recapita nel pluviale B ancorato alla pila IP1; la sua portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a 6.75 cm. Un pluviale D250 con carico 6.75 cm smaltisce secondo tabella circa 21 l/s (valore maggiore della portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile).

Zona tra IP2 e IP5

La parte successiva, indicativamente tra le pile IP2 e IP5, presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 3% e consiste nella parte in affiancamento al viadotto Clarea esistente in discesa.

Il viadotto esistente presenta un sistema di raccolta costituito da pluviali che recapitano in una canalina attaccata all'anima del cassone, fino alla destinazione finale che è posizionata sulla spalla esistente a valle del sistema di raccolta.

Tale sistema di raccolta viene modificato nel tratto in affiancamento al nuovo viadotto in costruzione: si procederà allo smantellamento del pluviale esistente nel tratto compreso all'incirca tra le pile P9 e P12 esistenti, mantenendo invece la canalina attaccata al cassone in cls esistente, che continua a drenare l'acqua del Viadotto Clarea delle campate precedenti. Si posiziona poi un nuovo sistema di raccolta (nel tratto IP2-IP5) costituito dai nuovi bocchettoni e dalla nuova canalina, che dovrà a questo punto drenare sia la parte di superficie

di nuova costruzione ($S=3740$ mq) che la parte esistente del Clarea in quel tratto (tra le pile P9 e P12, ovvero $S=3450$ mq), stante la pendenza trasversale del viadotto che convoglia le acque verso l'impalcato esistente. Il totale della superficie da drenare tra le nuove pile IP2-IP5 è quindi costituita dalla somma di queste aree, per un totale di $S=7190$ mq.

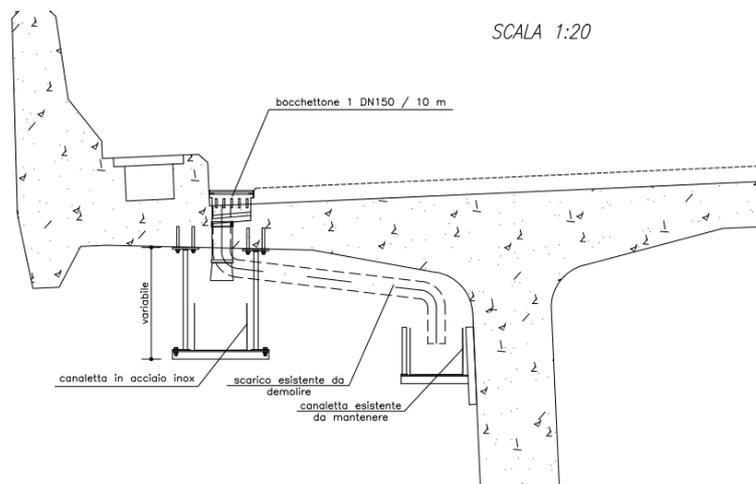


Figura 10 Rimozione pluviale esistente ed aggiunta nuova canalina- tratta IP2-IP5-drenaggio parte carrabile (P9-P12)

Considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 7190\text{mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 719 \text{ mc/h} = 199.7 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 350 x 300 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire la portata relativa al tratto in esame ($S= 7190$ mq, $Q = 199.7$ l/s) con un coefficiente di riempimento di circa 68% e un franco di circa 9 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta di nuova posa recapita in pluviali di nuova realizzazione, ancorati alla spalla esistente, che vanno a sommarsi al sistema di raccolta attuale; la portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a 21 cm per la canaletta. Si dispongono n°3 pluviali di nuova realizzazione, D275 con carico 20 cm, che smaltiscono secondo tabella n° 3 $x 72,26 = 216,8$ l/s (valore compatibile con la portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile - si ricorda che il raccordo a imbuto tra canaletta e scarico aumenta la portata in modo significativo).

5.3 Rampa in uscita dalla A32

Il particolare tipico della raccolta delle acque di piattaforma sugli impalcati è riportato nella figura sottostante:

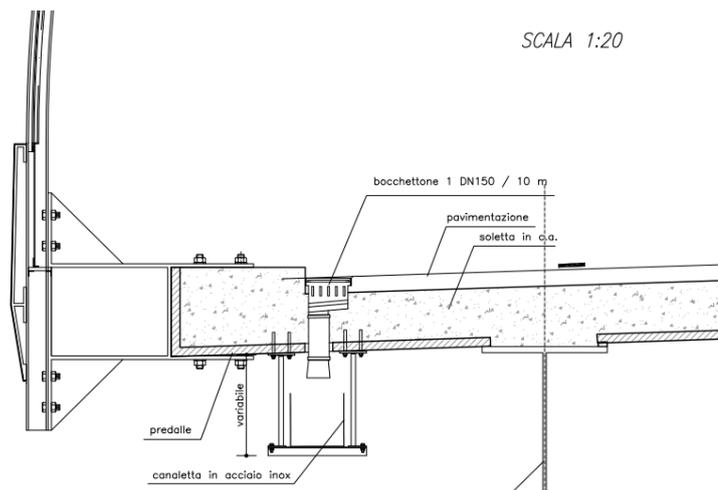


Figura 11 Dettaglio tipico raccolta acque in viadotto

La raccolta su questa rampa è anch'essa suddivisa in più zone in funzione della pendenza longitudinale della rampa stessa e dei recapiti sulle pile.

Una ulteriore suddivisione delle superfici scolanti è determinata dalla pendenza trasversale della strada: supponendo che i collettori sotto impalcato non possano attraversare da una parte all'altra, occorre mantenere in alcuni tratti i collettori su entrambi i lati sotto impalcato, fino a giungere alla pila, ossia ai pluviali di scarico.

La zona della rampa di uscita è stata suddivisa in 3 aree di raccolta:

1. Zona tra SP1 e UP2;
2. Zona tra UP2 e UP5;
3. Zona tra UP5 e UP6;
4. Zona tra UP6 e UP7;
5. Zona tra UP7 e UP9, in cui si è in affiancamento al viadotto Clarea – salita.

Nel seguito vengono riportati i dimensionamenti delle canalette per ogni singola tratta, rimandando agli allegati per il dettaglio del calcolo, con riportate le scale di deflusso.

Zona tra SP1 e UP2

Questo tratto presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 3.16% e superficie di circa 882 mq in totale; considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 882 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 88.2 \text{ mc/h} = 24.5 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 200 x 150 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 50% e un franco di 7.5 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta recapita nel pluviale C ancorato alla pila UP2 (si suppone che ogni collettore che giunge a tale pila recapiti in pluviali separati in modo da non avere pluviali di diametro eccessivo); la sua portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a 7.5 cm. Un pluviale D250 con carico 7.5 cm smaltisce

secondo tabella 25 l/s (valore maggiore della portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile).

Zona tra UP2 e UP5

La parte successiva, indicativamente dalla pila UP2 fino alla UP5, presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 2.63% e superficie totale di circa 1514 mq; considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 1514 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 151 \text{ mc/h} = 42 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 250 x 200 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 46% e un franco di 10 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta recapita nel pluviale C' ancorato alla pila UP2; la sua portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a 10 cm. Un pluviale D275 con carico 10 cm smaltisce secondo tabella 42.4 l/s (valore maggiore della portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile).

Zona tra UP5 e UP6

La parte successiva, indicativamente dalla pila UP5 fino alla UP6, presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 2.63% e superficie totale di circa 506 mq; considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 506 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 50.6 \text{ mc/h} = 14 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 200 x 150 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 35% e un franco di 9.75 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta recapita nel pluviale D' ancorato alla pila UP2; la sua portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a 5.25 cm. Un pluviale D250 con carico 5 cm smaltisce secondo tabella 13.6 l/s (valore compatibile con la portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile - si ricorda che il raccordo a imbuto tra canaletta e scarico aumenta la portata in modo significativo).

Zona tra UP6 e UP7

La parte successiva, indicativamente dalla pila UP6 fino alla UP7, presenta pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 2.63% e superficie totale di circa 562 mq; considerata la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 562 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 56.2 \text{ mc/h} = 15.6 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 200 x 150 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 35% e un franco di 9.75 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Questa canaletta recapita nel pluviale di nuova realizzazione ancorato sulla spalla del viadotto Clarea esistente, per il dimensionamento del quale si rimanda al punto successivo.

Zona tra UP7 e UP9

Si tratta della zona in affiancamento al Viadotto Clarea esistente- discesa. In questo tratto il sistema di recapito delle acque deve essere totalmente rifatto, in quanto la pendenza trasversale dell'impalcato in affiancamento, verso l'interno curva, implica che si debba provvedere ad un sistema di smaltimento di nuova realizzazione anche per la superficie di Viadotto esistente compresa tra le pile P4 e P6.

In questa tratta, la canalina di raccolta esistente, attaccata all'impalcato a cassone, andrà comunque mantenuta per il drenaggio delle acque provenienti dalle campate precedenti: stante gli interventi di rinforzo e connessione dei due viadotti, si dovrà valutare dove potrà esser ricollocata la canalina attuale.

La superficie totale da drenare nel tratto UP7 e UP9 comprende sia la parte esistente tra le pile P4 e P6 ($S = 2314$ mq circa) che la nuova parte in affiancamento (UP7- UP9, $S = 2084$ mq circa), per un totale complessivo di $S = 4398$ mq.

Considerando una pendenza longitudinale media approssimata nei calcoli a 3.69% e la intensità di precipitazione calcolata in precedenza pari a 100 mm/h, si ottiene:

$$Q = 4398 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 439.8 \text{ mc/h} = 122 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che una canaletta in acciaio inox B x H = 300 x 250 mm - posata alla pendenza di cui sopra - è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 60% e un franco di 10 cm, compatibile con il valore assunto come limite nel paragrafo 4.4 (franco min.: 4-5 cm).

Per giungere alla canaletta attaccata all'intradosso impalcato, stante la geometria della parte carrabile dell'impalcato occupata dall'ingombro reale della corsia di uscita, che non occupa tutta la carreggiata, ma una porzione variabile della stessa, in funzione dell'allargamento della corsia in uscita, si posizionano tubi in soletta, secondo il dettaglio riportato nella figura sottostante:

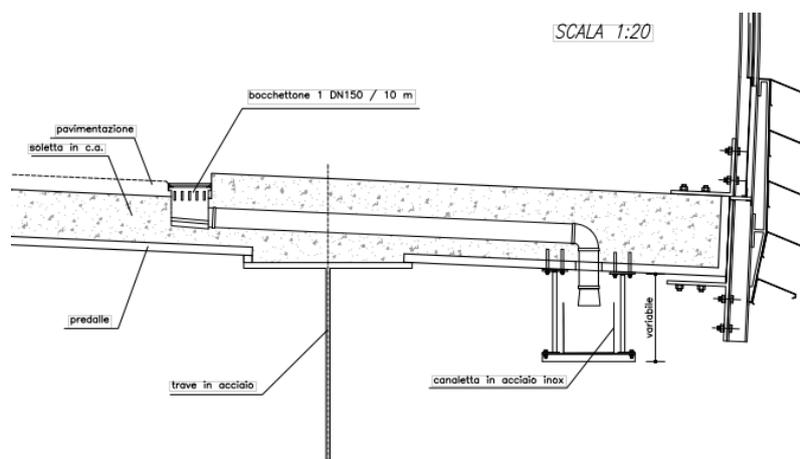


Figura 12 - Dettaglio smaltimento acque tratta UP7-UP9 con tubo alloggiato in soletta

Queste tubazioni sono posate con interasse di 10m circa, e convogliano ciascuna una superficie di circa $S = 275$ mq di carreggiata: pertanto per il loro dimensionamento si è fatto riferimento alla scala di deflusso di una sezione circolare, con riempimento massimo al 70%, pendenza trasversale 4% che deve smaltire una portata pari a:

$$Q = 275 \text{ mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 27.5 \text{ mc/h} = 7.6 \text{ l/s.}$$

Dalle scale di deflusso in allegato si può verificare che un tubo in acciaio inox circolare di diametro DN100 posato alla pendenza di cui sopra è in grado di smaltire tale portata con un coefficiente di riempimento di circa 65%.

La parte di carreggiata non carrabile, destinata a marciapiede, recapita, secondo lo schema solito utilizzato, tramite bocchettoni interessati ogni 10m, nella canalina sottostante dimensionata , di cui sopra (300x250mm).

Il recapito finale della canaletta di nuova posa è in pluviali di nuova realizzazione PLV F, ancorati alla spalla esistente, che vanno a sommarsi al sistema di raccolta attuale; la portata defluisce con un'altezza critica determinata secondo procedimento illustrato nel precedente capitolo pari a circa 10 cm per la canaletta.

A questa portata va sommata anche la portata che arriva direttamente dal tratto UP6- UP7, che è pari a 15.6 l/s, per un totale complessivo da smaltire quindi di

$$Q = 122 \text{ l/s} + 15.6 \text{ l/s} = 137.6 \text{ l/s}.$$

Si dispongono n°3 pluviali di nuova realizzazione, D275 con carico 10 cm, che smaltiscono secondo tabella n° 3 $3 \times 42.3 = 127 \text{ l/s}$ (valore compatibile con la portata reale da smaltire, quindi tale diametro è verificato e utilizzabile - si ricorda che il raccordo a imbuto tra canaletta e scarico aumenta la portata in modo significativo).

5.4 Smaltimento dei liquidi dal piede dei pluviali delle rampe al recapito finale

L'area di competenza della viabilità di collegamento, come detto in precedenza, viene raccolta e convogliata verso la pila UP2 da una tubazione interrata in cls di DN300.

La portata generata di $Q= 40,5$ l/s è smaltibile da un DN300 in cls posato alla pendenza minima del 2%, con riempimento circa pari al 40% (si veda la scala di deflusso in allegato).

Il **pluviale B** (ossia della pila IP2) genera la portata complessiva di 20 l/s.

Dal **piede dei pluviali C, C', D'** (ossia della pila UP2) parte un collettore corrente lungo la strada di cantiere, posato con pendenza pari al 2% per avere velocità non eccessive che portino a usura del materiale, ma nemmeno troppo basse per garantire l'asportazione delle sostanze sedimentabili. Siccome la pendenza del tratto di viabilità è decisamente superiore a quella di posa dei tubi, essi andranno interrotti da pozzetti di salto aventi anche funzione di eventuale ispezione, disposti ogni 20 m circa.

I pluviali di cui sopra generano una portata complessiva di $25+42+14= 81$ l/s circa.

A questa portata si somma la quota parte che deriva dai rilevati della viabilità di collegamento ($Q= 40,5$ l/s), per un totale di

$$Q = 81 + 40,5 = 121,5 \text{ l/s}$$

Tale portata è smaltibile da un DN400 in cls posato alla pendenza di cui sopra, con riempimento circa pari al 50% (si veda la scala di deflusso in allegato).

Il **pluviale A** genera la portata complessiva di 17 l/s. A questa portata, si somma la portata di provenienza dei rilevati che dal piazzale di manovra dipartono verso le rampe, e che convogliano le acque in discesa dalla spalla SP2 e dalla deponia esistente

L'area complessiva dei **rilevati** che convogliano ai piedi della SP2 è pari a $S=1973$ mq circa.

$$1973 \text{mq} \cdot 0,100 \text{ m/h} = 197,3 \text{ mc/h} = 54,80 \text{ l/s.}$$

Complessivamente, la portata raccolta dai pluviali A,B, C, C', D' , più la portata dei rilevati di cui sopra è pari a :

$$Q = 121,5 + 20 + 17 + 54,80 = 213,3 \text{ l/s circa}$$

A questa portata, si somma anche la portata proveniente dal piazzale di manovra ($Q= 73$ l/s), per un totale quindi di

$$Q = 286,3 \text{ l/s circa}$$

smaltibile da un DN500 in cls posato alla pendenza di cui sopra, con riempimento circa pari al 60% (si veda la scala di deflusso in allegato).

Per i pluviali di nuova realizzazione ancorati sulle spalle del Viadotto Clarea esistente, si dovrà verificare dove attualmente sono localizzati i recapiti finali delle acque e la possibilità di collettare anche le portate aggiuntive in discesa dai pluviali PLV E e PLV F.

5.5 Riassunto sistema di smaltimento acque sulle rampe

Si riportano le seguenti tabelle, con indicazione riassuntiva delle calcolazioni svolte, le indicazioni delle portate da smaltire, delle altezze di riempimento e delle velocità.

RIASSUNTO CANALINE DI RACCOLTA IN VIADOTTO							
	TRATTA	AREA	CADENTE	Q - PORTATA	DIM. CANALINA	h riempim.	V- VELOCITA'
		mq	%	l/s	L (mm) X h (mm)	mm	m/s
RAMPA DI USCITA	UP9 - UP7	4398	3,6	122	300 x 250	150	2,73
	UP6 - UP7	562	2,6	16	200 x 150	52	1,5
	UP6-UP5	506	2,6	14	200 x 150	52	1,37
	UP5-UP2	1514	2,6	42	250 X 200	92	1,89
	UP2- SP1	882	3	25	200 x 150	70	1,74
RAMPA DI INGRESSO	SP2-IP1	594	3	17	200 x 150	60	1,55
	IP1-IP2	697	3	20	200 x 150	68	1,63
	IP2-IP5	7190	3	200	350 x 300	210	2,89

Tabella 5 – riassunto canaline di raccolta in viadotto – Rampe di ingresso ed uscita

RIASSUNTO PLUVIALI SULLE PILE				
PILA	PLUVIALE	area raccolta	Q - PORTATA	DN - diam.
			(l/s)	(mm)
UP2	PLV C	SP1- UP2	25	250
	PLV C'	UP5- UP2	42	275
	PLV D'	UP6- UP5	14	250
IP2	PLV B	IP1-IP2	20	250
IP1	PLV A	SP2- IP1	17	250
SPALLA ESISTENTE CLAREA RAMPA INGRESSO	PLV E	IP2-IP5 (area in affiancam+ tratta in sostituzione a esistente)	199	n°3 x 275
SPALLA ESISTENTE CLAREA RAMPA USCITA	PLV F	UP9-UP7 (area in affiancamento + area esistente) + UP6-UP7	138	n°3 x 275
RIASSUNTO PLUVIALI in soletta- tratta UP7-UP9				
passo	DN	pend.trasv	Q - PORTATA	V- VELOCITA'
(m)	(mm)	%	(l/s)	m/s
10	100	4,00	8	1,54

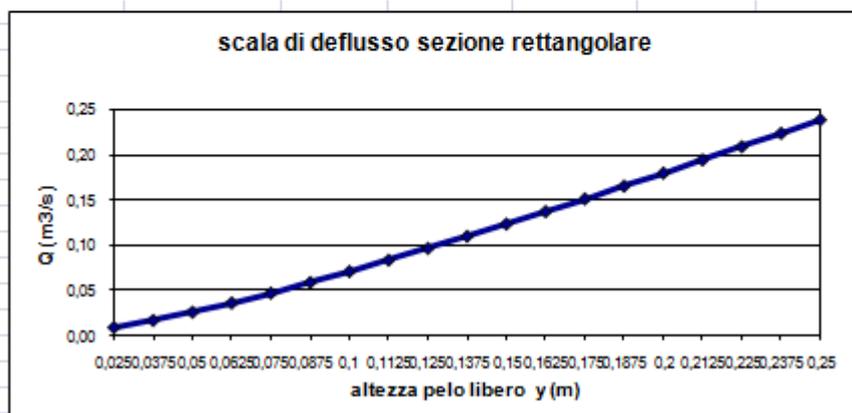
Tabella 6 – Riassunto pluviali sulle pile

6. Scale di deflusso

Sono riportate nel seguito le scale di deflusso delle dorsali utilizzate, al variare della pendenza di posa e per ogni tratta anizzata ai capitoli precedenti.

6.1 Canaletta a sez. rett. in acciaio 300x250mm, pendenza 3.69%-tratta UP9-UP7

CONDOTTA RETTANGOLARE							
CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		4398	mq				
i =		0,1	m/h	0,0277778	mm/s		
Q =		439,8	mc/h	122,16667	l/s		
DIMENSIONI		H =	250	mm			
		L =	300	mm			
Scabrezza	c =	80					
Cadente	J =	0,0369	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%							
70% H =	y =	175	mm				
Area W	A =	52500	mm ²				
Contorno bagnato	B =	650	mm				
Raggio idraulico	R =	0,080769	m				
Velocità	v =	2,871445	m/s				
Portata	Q =	0,00175	m ³ /s				
<i>Costruzione scala di deflusso</i>							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m ³ /s)	Q (l/s)	v (m/s)
0,025	10	0,01	0,35	0,02	0,01	8,89	1,19
0,0375	15	0,01	0,375	0,03	0,02	16,69	1,48
0,05	20	0,02	0,4	0,04	0,03	25,83	1,72
0,0625	25	0,02	0,425	0,04	0,04	35,98	1,92
0,075	30	0,02	0,45	0,05	0,05	46,93	2,09
0,0875	35	0,03	0,475	0,06	0,06	58,53	2,23
0,1	40	0,03	0,5	0,06	0,07	70,66	2,36
0,1125	45	0,03	0,525	0,06	0,08	83,23	2,47
0,125	50	0,04	0,55	0,07	0,10	96,18	2,56
0,1375	55	0,04	0,575	0,07	0,11	109,45	2,65
0,15	60	0,05	0,6	0,08	0,12	122,99	2,73
0,1625	65	0,05	0,625	0,08	0,14	136,76	2,81
0,175	70	0,05	0,65	0,08	0,15	150,75	2,87
0,1875	75	0,06	0,675	0,08	0,16	164,92	2,93
0,2	80	0,06	0,7	0,09	0,18	179,25	2,99
0,2125	85	0,06	0,725	0,09	0,19	193,72	3,04
0,225	90	0,07	0,75	0,09	0,21	208,32	3,09
0,2375	95	0,07	0,775	0,09	0,22	223,04	3,13
0,25	100	0,08	0,8	0,09	0,24	237,85	3,17



6.2 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 2.63% - tratta UP7-UP6

CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		562	mq				
i =		0,1	m/h	0,027777778	mm/s		
Q =		56,2	mc/h	15,61111111	l/s		
DIMENSIONI		H =	150	mm			
		L =	200	mm			
Scabrezza	c =	80					
Cadente	J =	0,0263	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%:							
70% H =	y =	105	mm				
Area w	A =	21000	mm ²				
Contorno bagnato	B =	410	mm				
Raggio idraulico	R =	0,05122	m				
Velocità	v =	1,789334	m/s				
Portata	Q =	0,00024	m ³ /s				
<i>Costruzione scala di deflusso</i>							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m ³ /s)	Q l/s	v (m/s)
0,015	10	0,00	0,23	0,01	0,00	2,36	0,79
0,0225	15	0,00	0,245	0,02	0,00	4,45	0,99
0,03	20	0,01	0,26	0,02	0,01	6,92	1,15
0,0375	25	0,01	0,275	0,03	0,01	9,66	1,29
0,045	30	0,01	0,29	0,03	0,01	12,64	1,40
0,0525	35	0,01	0,305	0,03	0,02	15,80	1,50
0,06	40	0,01	0,32	0,04	0,02	19,12	1,59
0,0675	45	0,01	0,335	0,04	0,02	22,57	1,67
0,075	50	0,02	0,35	0,04	0,03	26,12	1,74
0,0825	55	0,02	0,365	0,05	0,03	29,78	1,80
0,09	60	0,02	0,38	0,05	0,03	33,51	1,86
0,0975	65	0,02	0,395	0,05	0,04	37,32	1,91
0,105	70	0,02	0,41	0,05	0,04	41,19	1,96
0,1125	75	0,02	0,425	0,05	0,05	45,11	2,01
0,12	80	0,02	0,44	0,05	0,05	49,09	2,05
0,1275	85	0,03	0,455	0,06	0,05	53,11	2,08
0,135	90	0,03	0,47	0,06	0,06	57,17	2,12
0,1425	95	0,03	0,485	0,06	0,06	61,26	2,15
0,15	100	0,03	0,5	0,06	0,07	65,39	2,18

scala di deflusso sezione rettangolare

Q (m³/s)

altezza pelo libero y (m)

6.3 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 2.63% - tratta UP6-UP5

CONDOTTA RETTANGOLARE				
CALCOLO DELLA PORTATA SMALTIMA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO				
A =		506	mq	
i =		0,1	m/h	0,0277778 mm/s
Q =		50,6	mc/h	14,055556 l/s
DIMENSIONI		H =	150	mm
		L =	200	mm
Scabrezza	c =	80		
Cadente	J =	0,0263	m/m	
RIEMPIMENTO AL 70%				
70% H =	y =	105	mm	
Area W	A =	21000	mm ²	
Contorno bagnato	B =	410	mm	
Raggio idraulico	R =	0,05122	m	
Velocità	v =	1,789334	m/s	
Portata	Q =	0,00024	m ³ /s	

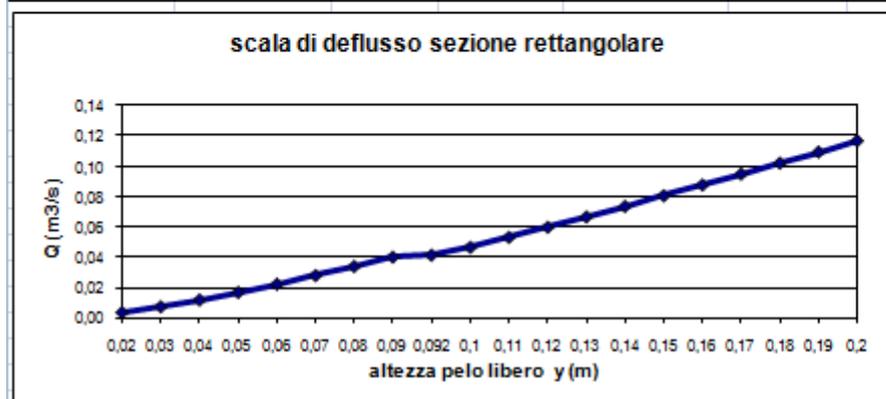
Costruzione scala di deflusso

Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m ³ /s)	Q l/s	v (m/s)
0,015	10	0,00	0,23	0,01	0,00	2,16	0,72
0,0225	15	0,00	0,245	0,02	0,00	4,06	0,90
0,03	20	0,01	0,26	0,02	0,01	6,31	1,05
0,0375	25	0,01	0,275	0,03	0,01	8,82	1,18
0,045	30	0,01	0,29	0,03	0,01	11,53	1,28
0,0525	35	0,01	0,305	0,03	0,01	14,42	1,37
0,06	40	0,01	0,32	0,04	0,02	17,44	1,45
0,0675	45	0,01	0,335	0,04	0,02	20,59	1,52
0,075	50	0,02	0,35	0,04	0,02	23,83	1,59
0,0825	55	0,02	0,365	0,05	0,03	27,17	1,65
0,09	60	0,02	0,38	0,05	0,03	30,57	1,70
0,0975	65	0,02	0,395	0,05	0,03	34,05	1,75
0,105	70	0,02	0,41	0,05	0,04	37,58	1,79
0,1125	75	0,02	0,425	0,05	0,04	41,16	1,83
0,12	80	0,02	0,44	0,05	0,04	44,78	1,87
0,1275	85	0,03	0,455	0,06	0,05	48,45	1,90
0,135	90	0,03	0,47	0,06	0,05	52,15	1,93
0,1425	95	0,03	0,485	0,06	0,06	55,89	1,96
0,15	100	0,03	0,5	0,06	0,06	59,65	1,99



6.4 Canaletta a sez. rett. in acciaio 250x200mm, pendenza 2.63% - tratta UP5-UP2

CONDOTTA RETTANGOLARE CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		1514	mq				
i =		0,1	m/h	0,027777778	mm/s		
Q =		151,4	mc/h	42,05555556	l/s		
DIMENSIONI	H =	200	mm				
	L =	250	mm				
Scabrezza	c =	80					
Cadente	J =	0,0263	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%							
70% H =	y =	140	mm				
Area W	A =	35000	mm ²				
Contorno bagnato	B =	530	mm				
Raggio idraulico	R =	0,066038	m				
Velocità	v =	2,119643	m/s				
Portata	Q =	0,00066	m ³ /s				
Costruzione scala di deflusso							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m ³ /s)	Q l/s	v (m/s)
0,02	10	0,01	0,29	0,02	0,00	4,33	0,87
0,03	15	0,01	0,31	0,02	0,01	8,14	1,09
0,04	20	0,01	0,33	0,03	0,01	12,61	1,26
0,05	25	0,01	0,35	0,04	0,02	17,59	1,41
0,06	30	0,02	0,37	0,04	0,02	22,97	1,53
0,07	35	0,02	0,39	0,04	0,03	28,67	1,64
0,08	40	0,02	0,41	0,05	0,03	34,64	1,73
0,09	45	0,02	0,43	0,05	0,04	40,84	1,82
0,092	46	0,02	0,434	0,05	0,04	42,10	1,83
0,1	50	0,03	0,45	0,06	0,05	47,22	1,89
0,11	55	0,03	0,47	0,06	0,05	53,77	1,96
0,12	60	0,03	0,49	0,06	0,06	60,46	2,02
0,13	65	0,03	0,51	0,06	0,07	67,27	2,07
0,14	70	0,04	0,53	0,07	0,07	74,19	2,12
0,15	75	0,04	0,55	0,07	0,08	81,20	2,17
0,16	80	0,04	0,57	0,07	0,09	88,29	2,21
0,17	85	0,04	0,59	0,07	0,10	95,46	2,25
0,18	90	0,05	0,61	0,07	0,10	102,69	2,28
0,19	95	0,05	0,63	0,08	0,11	109,98	2,32
0,2	100	0,05	0,65	0,08	0,12	117,33	2,35



6.5 Canaletta a sez. rett. in acciaio 250x200mm, pendenza 3.16% - tratta UP2-SP1

CONDOTTA RETTANGOLARE							
CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		882	mq				
i =		0,1	ml/h	0,0277778	mm/s		
Q =		88,2	mc/h	24,5	l/s		
DIMENSIONI		H =	150	mm			
		L =	200	mm			
Scabrezza	c =	80					
Cadente	J =	0,0316	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%							
70% H =	y =	105	mm				
Area w	A =	21000	mm ²				
Contorno bagnato	B =	410	mm				
Raggio idraulico	R =	0,05122	m				
Velocità	v =	1,961359	m/s				
Portata	Q =	0,00026	m ³ /s				
<i>Costruzione scala di deflusso</i>							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m3/s)	Q l/s	v (m/s)
0,015	10	0,00	0,23	0,01	0,00	2,36	0,79
0,0225	15	0,00	0,245	0,02	0,00	4,45	0,99
0,03	20	0,01	0,26	0,02	0,01	6,92	1,15
0,0375	25	0,01	0,275	0,03	0,01	9,66	1,29
0,045	30	0,01	0,29	0,03	0,01	12,64	1,40
0,0525	35	0,01	0,305	0,03	0,02	15,80	1,50
0,06	40	0,01	0,32	0,04	0,02	19,12	1,59
0,0675	45	0,01	0,335	0,04	0,02	22,57	1,67
0,075	50	0,02	0,35	0,04	0,03	26,12	1,74
0,0825	55	0,02	0,365	0,05	0,03	29,78	1,80
0,09	60	0,02	0,38	0,05	0,03	33,51	1,86
0,0975	65	0,02	0,395	0,05	0,04	37,32	1,91
0,105	70	0,02	0,41	0,05	0,04	41,19	1,96
0,1125	75	0,02	0,425	0,05	0,05	45,11	2,01
0,12	80	0,02	0,44	0,05	0,05	49,09	2,05
0,1275	85	0,03	0,455	0,06	0,05	53,11	2,08
0,135	90	0,03	0,47	0,06	0,06	57,17	2,12
0,1425	95	0,03	0,485	0,06	0,06	61,26	2,15
0,15	100	0,03	0,5	0,06	0,07	65,39	2,18

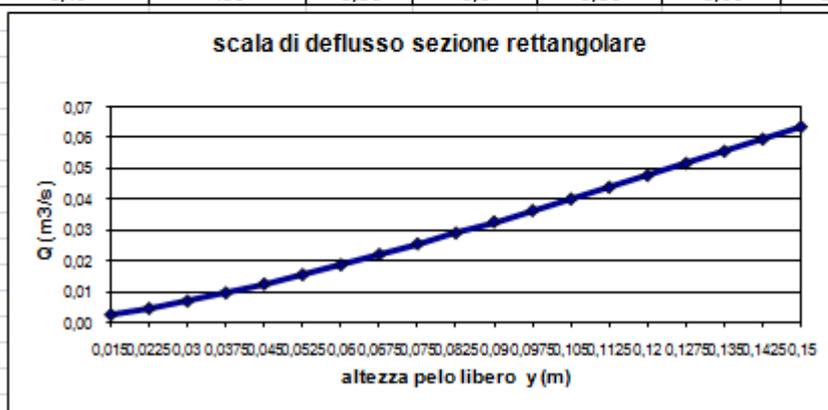
scala di deflusso sezione rettangolare

The graph plots discharge Q (m³/s) on the vertical axis against free water height y (m) on the horizontal axis. The data points are as follows:

Y (M)	Q (m3/s)
0,015	0,00
0,0225	0,00
0,03	0,01
0,0375	0,01
0,045	0,01
0,0525	0,02
0,06	0,02
0,0675	0,02
0,075	0,03
0,0825	0,03
0,09	0,03
0,0975	0,04
0,105	0,04
0,1125	0,05
0,12	0,05
0,1275	0,05
0,135	0,06
0,1425	0,06
0,15	0,07

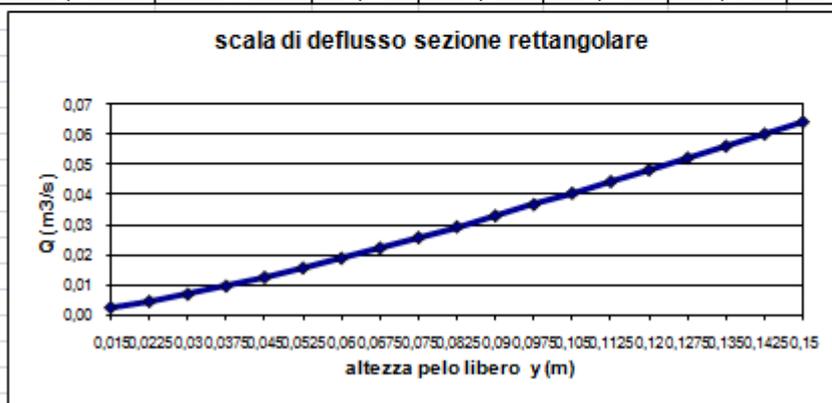
6.6 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 3% - tratta SP2-IP1

CONDOTTA RETTANGOLARE							
CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		534	m ²				
i =		0,1	m/h	0,0277778	mm/s		
Q =		53,4	mc/h	16,5	l/s		
DIMENSIONI		H =	150	mm			
		L =	200	mm			
Scabrezza	c =	80					
Cadente	J =	0,03	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%							
70% H =	y =	105	mm				
Area W	A =	21000	mm ²				
Contorno bagnato	B =	410	mm				
Raggio idraulico	R =	0,05122	m				
Velocità	v =	1,91106	m/s				
Portata	Q =	0,00025	m ³ /s				
Costruzione scala di deflusso							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m ³ /s)	Q l/s	v (m/s)
0,015	10	0,00	0,23	0,01	0,00	2,30	0,77
0,0225	15	0,00	0,245	0,02	0,00	4,34	0,96
0,03	20	0,01	0,26	0,02	0,01	6,74	1,12
0,0375	25	0,01	0,275	0,03	0,01	9,42	1,26
0,045	30	0,01	0,29	0,03	0,01	12,32	1,37
0,0525	35	0,01	0,305	0,03	0,02	15,40	1,47
0,06	40	0,01	0,32	0,04	0,02	18,63	1,55
0,0675	45	0,01	0,335	0,04	0,02	21,99	1,63
0,075	50	0,02	0,35	0,04	0,03	25,45	1,70
0,0825	55	0,02	0,365	0,05	0,03	29,01	1,76
0,09	60	0,02	0,38	0,05	0,03	32,65	1,81
0,0975	65	0,02	0,395	0,05	0,04	36,36	1,86
0,105	70	0,02	0,41	0,05	0,04	40,13	1,91
0,1125	75	0,02	0,425	0,05	0,04	43,96	1,95
0,12	80	0,02	0,44	0,05	0,05	47,83	1,99
0,1275	85	0,03	0,455	0,06	0,05	51,75	2,03
0,135	90	0,03	0,47	0,06	0,06	55,70	2,06
0,1425	95	0,03	0,485	0,06	0,06	59,69	2,09
0,15	100	0,03	0,5	0,06	0,06	63,71	2,12



6.7 Canaletta a sez. rett. in acciaio 200x150mm, pendenza 3% - tratta IP1-IP2

CONDOTTA RETTANGOLARE							
CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		697	m ²				
i =		0,1	m/h	0,0277778	mm/s		
Q =		69,7	m ³ /h	19,36111	l/s		
DIMENSIONI		H =	150	mm			
		L =	200	mm			
Scabrezza	c =	80					
Cadente	J =	0,03	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%							
70% H =	y =	105	mm				
Area w	A =	21000	mm ²				
Contorno bagnato	B =	410	mm				
Raggio idraulico	R =	0,05122	m				
Velocità	v =	1,91106	m/s				
Portata	Q =	0,00025	m ³ /s				
Costruzione scala di deflusso							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m ³ /s)	Q l/s	v (m/s)
0,015	10	0,00	0,23	0,01	0,00	2,30	0,77
0,0225	15	0,00	0,245	0,02	0,00	4,34	0,96
0,03	20	0,01	0,26	0,02	0,01	6,74	1,12
0,0375	25	0,01	0,275	0,03	0,01	9,42	1,26
0,045	30	0,01	0,29	0,03	0,01	12,32	1,37
0,0525	35	0,01	0,305	0,03	0,02	15,40	1,47
0,06	40	0,01	0,32	0,04	0,02	18,63	1,55
0,0675	45	0,01	0,335	0,04	0,02	21,99	1,63
0,075	50	0,02	0,35	0,04	0,03	25,45	1,70
0,0825	55	0,02	0,365	0,05	0,03	29,01	1,76
0,09	60	0,02	0,38	0,05	0,03	32,65	1,81
0,0975	65	0,02	0,395	0,05	0,04	36,36	1,86
0,105	70	0,02	0,41	0,05	0,04	40,13	1,91
0,1125	75	0,02	0,425	0,05	0,04	43,96	1,95
0,12	80	0,02	0,44	0,05	0,05	47,83	1,99
0,1275	85	0,03	0,455	0,06	0,05	51,75	2,03
0,135	90	0,03	0,47	0,06	0,06	55,70	2,06
0,1425	95	0,03	0,485	0,06	0,06	59,69	2,09
0,15	100	0,03	0,5	0,06	0,06	63,71	2,12



6.8 Canaletta a sez. rett. in acciaio 350x300mm, pendenza 3% - tratta IP2-IP5

CONDOTTA RETTANGOLARE							
CALCOLO DELLA PORTATA SMALTITA DATO UN VALORE DI RIEMPIMENTO							
A =		7190	m ²				
i =		0,1	m/h	0,027777778	mm/s		
Q =		719	mc/h	199,7222222	l/s		
DIMENSIONI							
H =		300	mm				
L =		350	mm				
Scabrezza							
c =		80					
Cadente							
J =		0,03	m/m				
RIEMPIMENTO AL 70%							
70% H =	y =	210	mm				
Area W	A =	73500	mm ²				
Contorno bagnato	B =	770	mm				
Raggio idraulico	R =	0,0954545	m				
Velocità	v =	2,8941099	m/s				
Portata	Q =	0,00309	m ³ /s				
Costruzione scala di deflusso							
Y (M)	%	A m ²	B (m)	R (m)	Q (m3/s)	Q l/s	v (m/s)
0,03	10	0,01	0,41	0,03	0,01	12,64	1,20
0,045	15	0,02	0,44	0,04	0,02	23,70	1,50
0,06	20	0,02	0,47	0,04	0,04	36,64	1,74
0,075	25	0,03	0,5	0,05	0,05	51,00	1,94
0,09	30	0,03	0,53	0,06	0,07	66,47	2,11
0,105	35	0,04	0,56	0,07	0,08	82,85	2,25
0,12	40	0,04	0,59	0,07	0,10	99,96	2,38
0,135	45	0,05	0,62	0,08	0,12	117,69	2,49
0,15	50	0,05	0,65	0,08	0,14	135,93	2,59
0,165	55	0,06	0,68	0,08	0,15	154,61	2,68
0,18	60	0,06	0,71	0,09	0,17	173,67	2,76
0,20	65	0,07	0,74	0,09	0,19	193,05	2,83
0,204	68	0,07	0,758	0,09	0,20	204,82	2,87
0,21	70	0,07	0,77	0,10	0,21	212,72	2,89
0,225	75	0,08	0,8	0,10	0,23	232,63	2,95
0,24	80	0,08	0,83	0,10	0,25	252,77	3,01
0,255	85	0,08925	0,86	0,10	0,27	273,11	3,06
0,27	90	0,0945	0,89	0,11	0,29	293,61	3,11
0,285	95	0,10	0,92	0,11	0,31	314,28	3,15
0,3	100	0,11	0,95	0,11	0,34	335,08	3,19

scala di deflusso sezione rettangolare

Q (m³/s)

0,03 0,045 0,06 0,075 0,09 0,105 0,12 0,135 0,15 0,165 0,18 0,20 0,204 0,21 0,225 0,24 0,255 0,27 0,285 0,3

altezza pelo libero y (m)

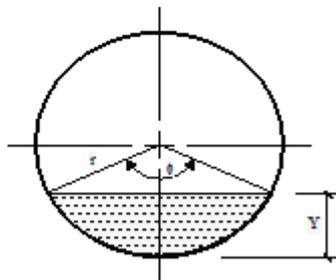
6.9 Condotte a sezione circolare in cls DN300, pendenza 2,0%

SCALA DELLE PORTATE UNIFORMI- SEZ. CIRCOLARESEZIONE: **TUBO A TERRA**PORTATA **40,50** litri/sec 0,041

Dati sulla sezione:

Tipo sezione: **CIRCOLARE**TUBAZIONE: **cls**Diametro esterno: **370** mmSpessore: **40** mmDiametro interno: **0,29** mCoeff. di STRIKLER **70,00**Calcolo portata per pendenza **0,0200**

N°	Y (m)	ϕ (rad)	A (mq)	%	C (m)	R (m)	$K\alpha$ √m/secq	\sqrt{i} (m/sec)	Q (m³/sec)	V (m/sec)
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,00	0,1414	0,000	0,000
1	0,01450	0,9021	0,0012	0,050	0,1308	0,0094	70,00	0,1414	0,001	0,442
2	0,02900	1,2870	0,0034	0,100	0,1866	0,0184	70,00	0,1414	0,002	0,690
3	0,04350	1,5908	0,0062	0,150	0,2307	0,0269	70,00	0,1414	0,006	0,890
4	0,05800	1,8546	0,0094	0,200	0,2689	0,0350	70,00	0,1414	0,010	1,059
5	0,07250	2,0944	0,0129	0,250	0,3037	0,0425	70,00	0,1414	0,016	1,206
6	0,08700	2,3186	0,0167	0,300	0,3362	0,0496	70,00	0,1414	0,022	1,336
7	0,10150	2,5322	0,0206	0,350	0,3672	0,0561	70,00	0,1414	0,030	1,451
8	0,11600	2,7389	0,0247	0,400	0,3971	0,0621	70,00	0,1414	0,038	1,553
9	0,13050	2,9413	0,0288	0,450	0,4265	0,0676	70,00	0,1414	0,047	1,643
10	0,14500	3,1416	0,0330	0,500	0,4555	0,0725	70,00	0,1414	0,057	1,721
11	0,15950	3,3419	0,0372	0,550	0,4846	0,0768	70,00	0,1414	0,067	1,789
12	0,17400	3,5443	0,0414	0,600	0,5139	0,0805	70,00	0,1414	0,076	1,846
13	0,18850	3,7510	0,0454	0,650	0,5439	0,0836	70,00	0,1414	0,086	1,892
14	0,20300	3,9646	0,0494	0,700	0,5749	0,0859	70,00	0,1414	0,095	1,927
15	0,21750	4,1888	0,0531	0,750	0,6074	0,0875	70,00	0,1414	0,104	1,951
16	0,23200	4,4286	0,0566	0,800	0,6421	0,0882	70,00	0,1414	0,111	1,962
17	0,24650	4,6924	0,0598	0,850	0,6804	0,0879	70,00	0,1414	0,117	1,958
18	0,26100	4,9962	0,0626	0,900	0,7244	0,0864	70,00	0,1414	0,121	1,935
19	0,27550	5,3811	0,0648	0,950	0,7803	0,0831	70,00	0,1414	0,122	1,885
20	0,29000	6,2832	0,0661	1,000	0,9111	0,0725	70,00	0,1414	0,114	1,721



$$Y = r \times \left(1 - \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)\right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\phi - \sin\phi)$$

$$C = r \times \phi$$

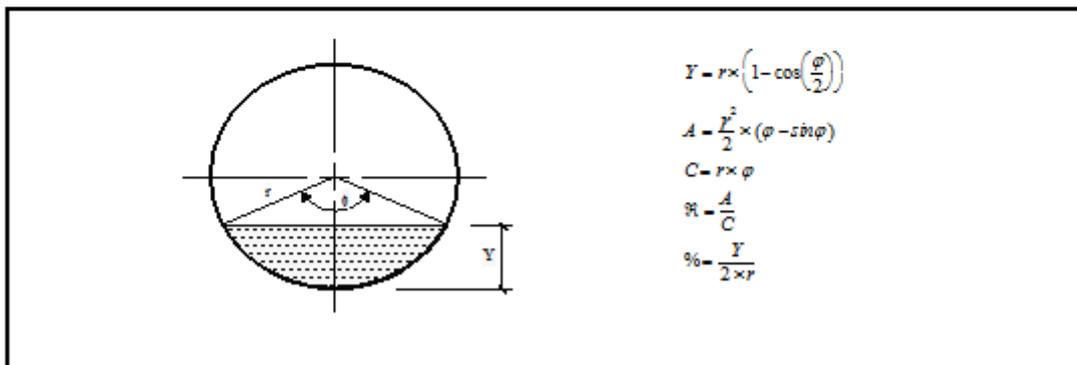
$$R = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$

6.10 Condotte a sezione circolare in cls DN400, pendenza 2,0%

SCALA DELLE PORTATE UNIFORMI- SEZ. CIRCOLARE	
SEZIONE:	TUBO A TERRA
PORTATA	121,00 litri/sec 0,121
Dati sulla sezione:	
Tipo sezione:	CIRCOLARE
TUBAZIONE:	cls
Diametro esterno:	480 mm
Spessore:	45 mm
Diametro interno:	0,39 m
Coeffic. di STRIKLER	70,00

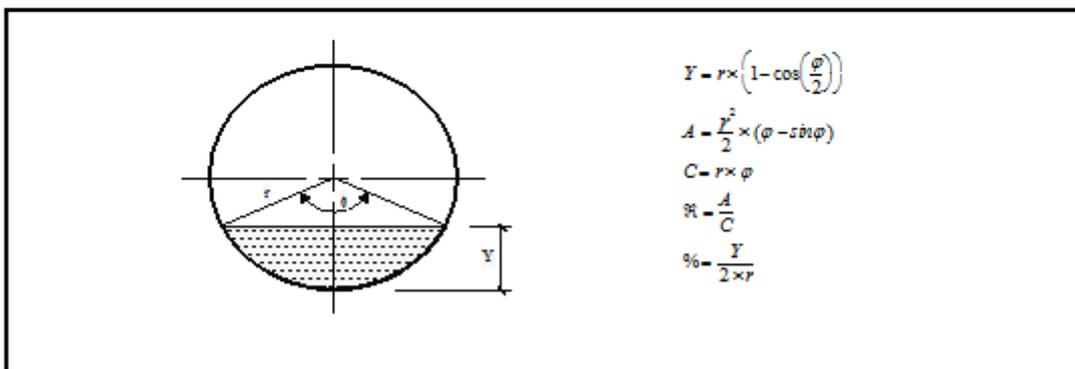
Calcolo portata per pendenza										0,0200
N°	Y (m)	ϕ (rad)	A (mq)	%	C (m)	R (m)	$K\alpha$ (m/sec)	\sqrt{i} (m/sec)	Q (m ³ /sec)	V (m/sec)
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,00	0,1414	0,000	0,000
1	0,01950	0,9021	0,0022	0,050	0,1759	0,0127	70,00	0,1414	0,001	0,539
2	0,03900	1,2870	0,0062	0,100	0,2510	0,0248	70,00	0,1414	0,005	0,841
3	0,05850	1,5908	0,0112	0,150	0,3102	0,0362	70,00	0,1414	0,012	1,084
4	0,07800	1,8546	0,0170	0,200	0,3616	0,0470	70,00	0,1414	0,022	1,290
5	0,09750	2,0944	0,0234	0,250	0,4084	0,0572	70,00	0,1414	0,034	1,469
6	0,11700	2,3186	0,0301	0,300	0,4521	0,0667	70,00	0,1414	0,049	1,628
7	0,13650	2,5322	0,0373	0,350	0,4938	0,0755	70,00	0,1414	0,066	1,768
8	0,15600	2,7389	0,0446	0,400	0,5341	0,0835	70,00	0,1414	0,084	1,892
9	0,17550	2,9413	0,0521	0,450	0,5735	0,0909	70,00	0,1414	0,104	2,001
10	0,19500	3,1416	0,0597	0,500	0,6126	0,0975	70,00	0,1414	0,125	2,097
11	0,21450	3,3419	0,0673	0,550	0,6517	0,1033	70,00	0,1414	0,147	2,180
12	0,23400	3,5443	0,0748	0,600	0,6911	0,1083	70,00	0,1414	0,168	2,249
13	0,25350	3,7510	0,0822	0,650	0,7314	0,1124	70,00	0,1414	0,189	2,305
14	0,27300	3,9646	0,0893	0,700	0,7731	0,1155	70,00	0,1414	0,210	2,348
15	0,29250	4,1888	0,0961	0,750	0,8168	0,1177	70,00	0,1414	0,228	2,377
16	0,31200	4,4286	0,1025	0,800	0,8636	0,1186	70,00	0,1414	0,245	2,390
17	0,33150	4,6924	0,1082	0,850	0,9150	0,1183	70,00	0,1414	0,258	2,385
18	0,35100	4,9962	0,1132	0,900	0,9743	0,1162	70,00	0,1414	0,267	2,358
19	0,37050	5,3811	0,1172	0,950	1,0493	0,1117	70,00	0,1414	0,269	2,296
20	0,39000	6,2832	0,1195	1,000	1,2252	0,0975	70,00	0,1414	0,251	2,097



6.11 Condotte a sezione circolare in cls DN500, pendenza 2,0%

SCALA DELLE PORTATE UNIFORMI- SEZ. CIRCOLARE	
SEZIONE:	TUBO A TERRA
PORTATA	286,30 litri/sec 0,286
Dati sulla sezione:	
Tipo sezione:	CIRCOLARE
TUBAZIONE:	cls
Diametro esterno:	530 mm
Spessore:	55 mm
Diametro interno:	0,48 m
Coeffic. di STRIKLER	70,00

Calcolo portata per pendenza 0,0200										
N°	Y (m)	ϕ (rad)	A (mq)	%	C (m)	R (m)	K_c (m ³ /sec)	\sqrt{i} (m/sec)	Q (m ³ /sec)	V (m/sec)
0	0,00000	0,0000	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,00	0,1414	0,000	0,000
1	0,02400	0,9021	0,0034	0,050	0,2165	0,0156	70,00	0,1414	0,002	0,619
2	0,04800	1,2870	0,0094	0,100	0,3089	0,0305	70,00	0,1414	0,009	0,966
3	0,07200	1,5908	0,0170	0,150	0,3818	0,0446	70,00	0,1414	0,021	1,245
4	0,09600	1,8546	0,0258	0,200	0,4451	0,0579	70,00	0,1414	0,038	1,481
5	0,12000	2,0944	0,0354	0,250	0,5027	0,0704	70,00	0,1414	0,060	1,688
6	0,14400	2,3186	0,0457	0,300	0,5565	0,0821	70,00	0,1414	0,085	1,869
7	0,16800	2,5322	0,0564	0,350	0,6077	0,0929	70,00	0,1414	0,115	2,030
8	0,19200	2,7389	0,0676	0,400	0,6573	0,1028	70,00	0,1414	0,147	2,173
9	0,21600	2,9413	0,0790	0,450	0,7059	0,1119	70,00	0,1414	0,182	2,299
10	0,24000	3,1416	0,0905	0,500	0,7540	0,1200	70,00	0,1414	0,218	2,408
11	0,26400	3,3419	0,1020	0,550	0,8021	0,1271	70,00	0,1414	0,255	2,503
12	0,28800	3,5443	0,1134	0,600	0,8506	0,1333	70,00	0,1414	0,293	2,583
13	0,31200	3,7510	0,1245	0,650	0,9002	0,1383	70,00	0,1414	0,330	2,648
14	0,33600	3,9646	0,1353	0,700	0,9515	0,1422	70,00	0,1414	0,365	2,697
15	0,36000	4,1888	0,1456	0,750	1,0053	0,1448	70,00	0,1414	0,397	2,730
16	0,38400	4,4286	0,1552	0,800	1,0629	0,1460	70,00	0,1414	0,426	2,745
17	0,40800	4,6924	0,1639	0,850	1,1262	0,1456	70,00	0,1414	0,449	2,739
18	0,43200	4,9962	0,1715	0,900	1,1991	0,1431	70,00	0,1414	0,464	2,708
19	0,45600	5,3811	0,1776	0,950	1,2915	0,1375	70,00	0,1414	0,468	2,637
20	0,48000	6,2832	0,1810	1,000	1,5080	0,1200	70,00	0,1414	0,436	2,408



6.12 Condotte a sez. circ. in acciaio inox DN100, pendenza 4,0% - tubi in soletta tra UP7-UP9

SCALA DELLE PORTATE UNIFORMI- SEZ. CIRCOLARE

SEZIONE: **TUBO in soletta RAMPA USCITA TRATTO AFFIANCAMENTO**

PORTATA: 8,00 litri/sec 0,008

Dati sulla sezione:

Tipo sezione: **CIRCOLARE**

TUBAZIONE: **acciaio inox**

Diametro esterno: 100 mm

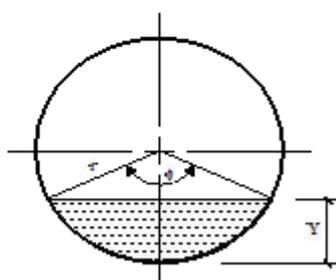
Spessore: 0 mm

Diametro interno: 0,10 m

Coeffic. di STRIKLER: 80,00

Calcolo portata per pendenza 0,0400

N°	Y (m)	ϕ (rad)	A (mq)	%	C (m)	R (m)	K_{st} (m ³ /sec)	v_i (m/sec)	Q (m ³ /sec)	V (m/sec)
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,0000	0,0000	0,00	0,2000	0,000	0,000
1	0,00500	0,9021	0,0001	0,050	0,0451	0,0033	80,00	0,2000	0,000	0,351
2	0,01000	1,2870	0,0004	0,100	0,0644	0,0064	80,00	0,2000	0,000	0,549
3	0,01500	1,5908	0,0007	0,150	0,0795	0,0093	80,00	0,2000	0,001	0,707
4	0,02000	1,8546	0,0011	0,200	0,0927	0,0121	80,00	0,2000	0,001	0,841
5	0,02500	2,0944	0,0015	0,250	0,1047	0,0147	80,00	0,2000	0,001	0,959
6	0,03000	2,3186	0,0020	0,300	0,1159	0,0171	80,00	0,2000	0,002	1,062
7	0,03500	2,5322	0,0024	0,350	0,1266	0,0193	80,00	0,2000	0,003	1,153
8	0,04000	2,7389	0,0029	0,400	0,1369	0,0214	80,00	0,2000	0,004	1,234
9	0,04500	2,9413	0,0034	0,450	0,1471	0,0233	80,00	0,2000	0,004	1,306
10	0,05000	3,1416	0,0039	0,500	0,1571	0,0250	80,00	0,2000	0,005	1,368
11	0,05500	3,3419	0,0044	0,550	0,1671	0,0265	80,00	0,2000	0,006	1,422
12	0,06000	3,5443	0,0049	0,600	0,1772	0,0278	80,00	0,2000	0,007	1,467
13	0,06500	3,7510	0,0054	0,650	0,1875	0,0288	80,00	0,2000	0,008	1,504
14	0,07000	3,9646	0,0059	0,700	0,1982	0,0296	80,00	0,2000	0,009	1,532
15	0,07500	4,1888	0,0063	0,750	0,2094	0,0302	80,00	0,2000	0,010	1,551
16	0,08000	4,4286	0,0067	0,800	0,2214	0,0304	80,00	0,2000	0,011	1,559
17	0,08500	4,6924	0,0071	0,850	0,2346	0,0303	80,00	0,2000	0,011	1,556
18	0,09000	4,9962	0,0074	0,900	0,2498	0,0298	80,00	0,2000	0,011	1,538
19	0,09500	5,3811	0,0077	0,950	0,2691	0,0286	80,00	0,2000	0,012	1,498
20	0,10000	6,2832	0,0079	1,000	0,3142	0,0250	80,00	0,2000	0,011	1,368



$$Y = r \times \left(1 - \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\phi - \sin\phi)$$

$$C = r \times \phi$$

$$R = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$