

REGIONE PIEMONTE

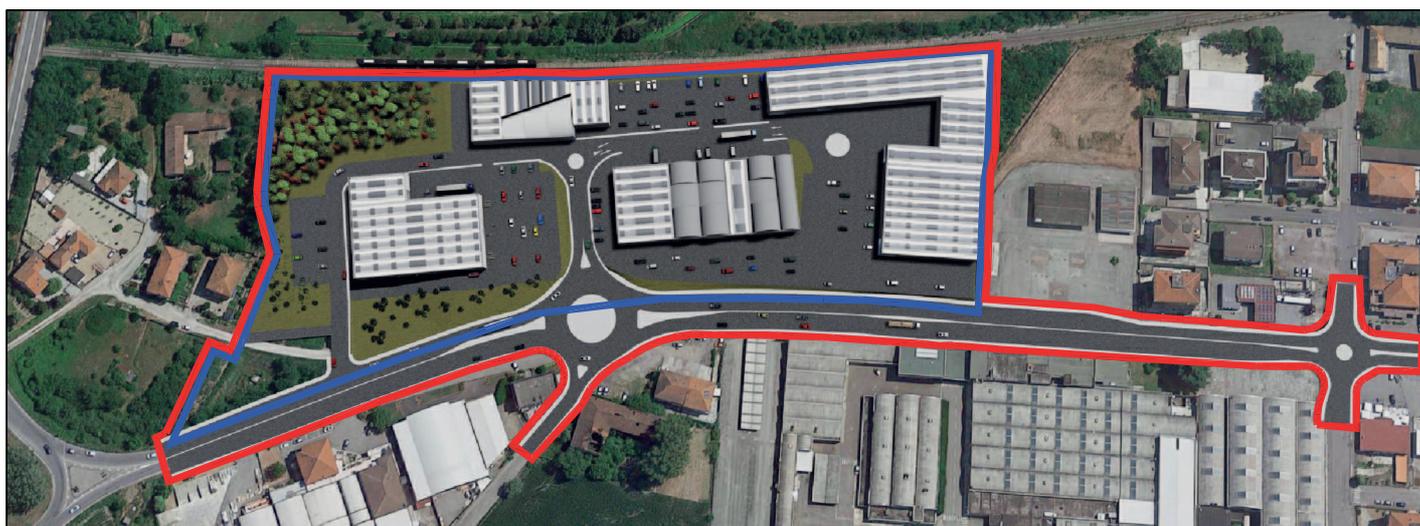
PROVINCIA DI ALESSANDRIA

Comune di CASALE MONFERRATO

LOCALIZZAZIONE COMMERCIALE "L2" IN CASALE MONF. TO (AL), VIA ADAM (Area ex IBL)

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO

43 L.R. 5 dicembre 1977 n. 56 e s.m.i.



PROPONENTE: **SPAZIO CASALE S.r.l. e AREA QUATTRO S.r.l.**

PROGETTISTI:

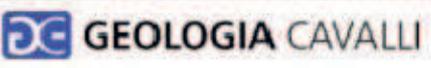
COORDINAMENTO - PROGETTAZIONE - URBANISTICA  GEOMETRA Marco CIBIN ARCHITETTO Alessandra TOPI - Via Bruna 17 - 15033 Casale Monf.to - tel/fax:0142 455763 - info@progetticcibin.it		PROGETTAZIONE - CONSULENZA COMMERCIALE  STUDIO Ing. Mauro BISOGLIO - Via Roma 197 - 15033 Casale Monf.to (AL) tel.: 0142 453331 - email: studio@studiobisoglio.it - Ing. Mauro BISOGLIO	VERIFICA IDRAULICA - VIABILITA'  ethos engineering s.r.l. Engineering and Technology for development and Sustainability - Ing. Andrea PANIZZA - Ing. Fabrizio FOLTRAN
INDAGINI GEOGNOSTICHE  GEOLOGIA CAVALLI - Via Raffaello 9 - 15048 Valenza (AL) tel/fax:0131 952227 - email: andrea.cavalli@geologiacavalli.it - Dott. Andrea CAVALLI	INDAGINI AMBIENTALI  LIBRA RAVENNA - Viale Vincenzo Randi 90 - 48121 Ravenna (RA) tel.: 0544 1855100 - email: n.sampieri@libraravenna.it - Ing. Nicola SAMPIERI		

TAVOLA: **STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA
OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA SU AREE
ESTERNE AL PEC**

SCALA:

TAV. n.:

ELABORATO:

4.2

Relazione idraulica

DATA:

12/11/2019

COMMESSA:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATORE	PROGETTISTA

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	4
3. VINCOLI IDRAULICI MINORI	7
4. RETE DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE - DESCRIZIONE	8
4.1 Modalità di posa	11
4.2 Vasca di prima pioggia	13
5. METODOLOGIA DI VERIFICA IDROLOGICO-IDRAULICA RETE	16
5.1 Parametri di pioggia	16
5.2 Valutazione della portata di massima pioggia.....	20
5.3 Verifica tubazioni.....	21
5.4 Verifica delle caditoie.....	22
5.4.1 Calcolo passo caditoie.....	22
5.4.2 Calcolo del velo idrico.....	23
5.5 Verifica bacino di infiltrazione.....	25
ALLEGATO 1: FOGLI DI CALCOLO RETE DRENAGGIO	28
ALLEGATO 2: FOGLI DI CALCOLO VERIFICA CADITOIE.....	36

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica e idraulica è finalizzata al dimensionamento di una nuova linea di smaltimento delle acque meteoriche insistenti sulla piattaforma stradale di via Adam, nell'ambito del progetto di sistemazione e recupero dell'area PEC "ex IBL" in Comune di Casale M.to.

Allo stato attuale, lungo via Adam sono presenti due linee di fognatura:

- una linea, lato ex IBL, costituita da tubazione in CLS Φ 500 mm;
- una linea, lato stabilimento Cerutti, costituita da tubazione in CLS Φ 500 mm sino all'incrocio con via Caduti sul Lavoro e da una tubazione ovoidale 70/105 nella restante parte.

Il progetto prevede la posa lungo via Adam lato ex IBL di una nuova linea di fognatura acque meteoriche, in PEAD SN8. Questa raccoglierà, tramite caditoie di progetto, metà carreggiata lato area PEC "ex IBL", andando a sgravare la tubazione esistente Φ 500 mm.

Lo scarico avverrà, previa trattamento delle acque di prima pioggia, all'interno di un bacino di infiltrazione all'interno di una porzione di area verde a nord del PEC.

La restante porzione di carreggiata sud lato "ex IBL", a valle dell'insediamento di progetto, verrà smaltita, tramite caditoie di progetto, nella tubazione esistente in CLS Φ 500 mm. In tale tratto l'incremento di superficie drenata dalla tubazione esistente, rispetto allo stato attuale, risulta minimo. Inoltre, si sottolinea che tale linea di drenaggio risulta sgravata di una significativa porzione di carreggiate esistente, per la presenza della nuova tubazione di progetto in PEAD.

Anche la porzione di carreggiata di via Adam lato stabilimento Cerutti, verrà smaltita tramite caditoie di progetto che scaricheranno all'interno della tubazione esistente (Φ 500 mm sino all'incrocio con via Caduti sul Lavoro e successivamente ovoidale 70/105). Anche in questo caso l'incremento di superficie, rispetto allo stato attuale, risulta molto contenuto.

2. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

Dalla Carta Idrogeologica della Variante a PRG di Casale M.to, si osserva come il livello della piezometrica della falda libera alla minima soggiacenza (indicato con linee magenta nella Carta di cui si riporta uno stralcio in Figura 1) si attesti attorno a 108 m s.m.m., in corrispondenza del sito in oggetto.

Alcuni sondaggi realizzati in zona, riportati nel Geoportale ARPA (Geoviewer 2D – Campo “Banca dati geotecnica”) rivelano una soggiacenza di falda pari a circa 6 m dal p.c., ma questo dato presenta la variabile dell’oscillazione possibile della falda al momento del rilevamento.

Dal Geoportale dell’ARPA Piemonte (Geoviewer 2D - Campo “Iso-piezometriche al 25000”), si può ricavare il dato sulle iso-piezometriche, riportato in Figura 2.

Si nota come, da questa fonte, interpolando le isolinee presenti, il livello di falda libera si attesti attorno a 108 m s.m.m.

Nell’ambito del presente progetto, sono stati realizzati alcuni sondaggi dai quali si può dedurre, incrociando i dati stratigrafici con quelli topografici, che, in corrispondenza del sito, al di sotto dello strato di riporto / terreno rimaneggiato è presente un substrato ghiaioso e sabbioso il cui tetto si attesta attorno a quota 109.80-108.80 m s.m.m.; la permeabilità associabile a tale tipologia di sedimento è pari a circa 5×10^{-5} m/s (cautelativa).

Il livello assoluto della falda libera rilevato, si attesta, in generale, attorno a 107.20-107.30 m s.m.m., ad eccezione di un sondaggio all’estremo sud-est dell’area in cui raggiunge quota 108.20 m s.m.m.; come riferimento si sceglierà cautelativamente, nonostante si verifichi in un solo punto e sembri un dato anomalo, quest’ultimo livello di 108.20 m s.m.m.

Si rimanda alla Relazione Geologica, allegata al progetto, per ogni approfondimento in merito.

Considerate tutte le indicazioni di cui sopra, come riferimento per la progettazione, si è scelto un livello di falda libera pari a 108.20 m s.m.m.

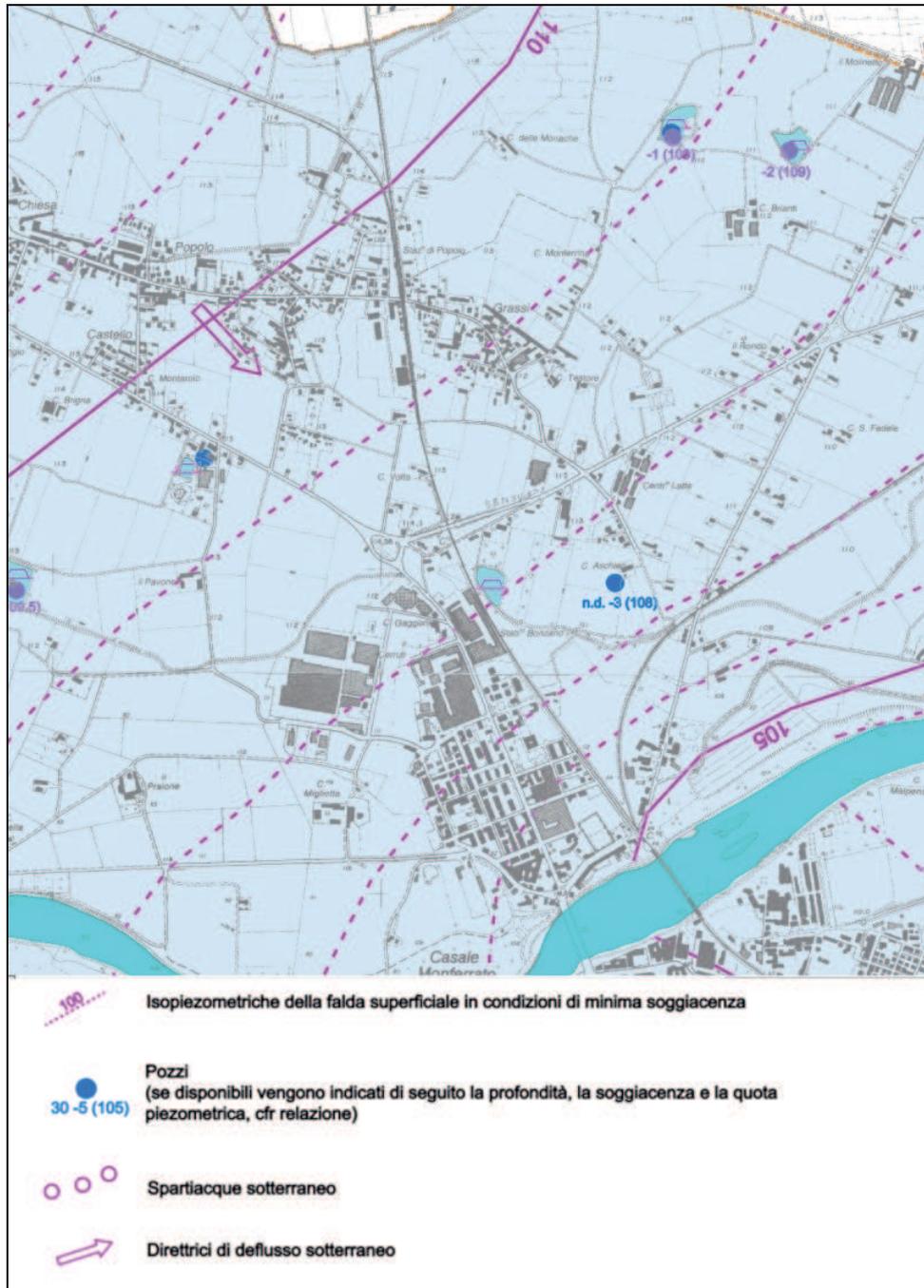


Figura 1 – Carta idrogeologica PRG

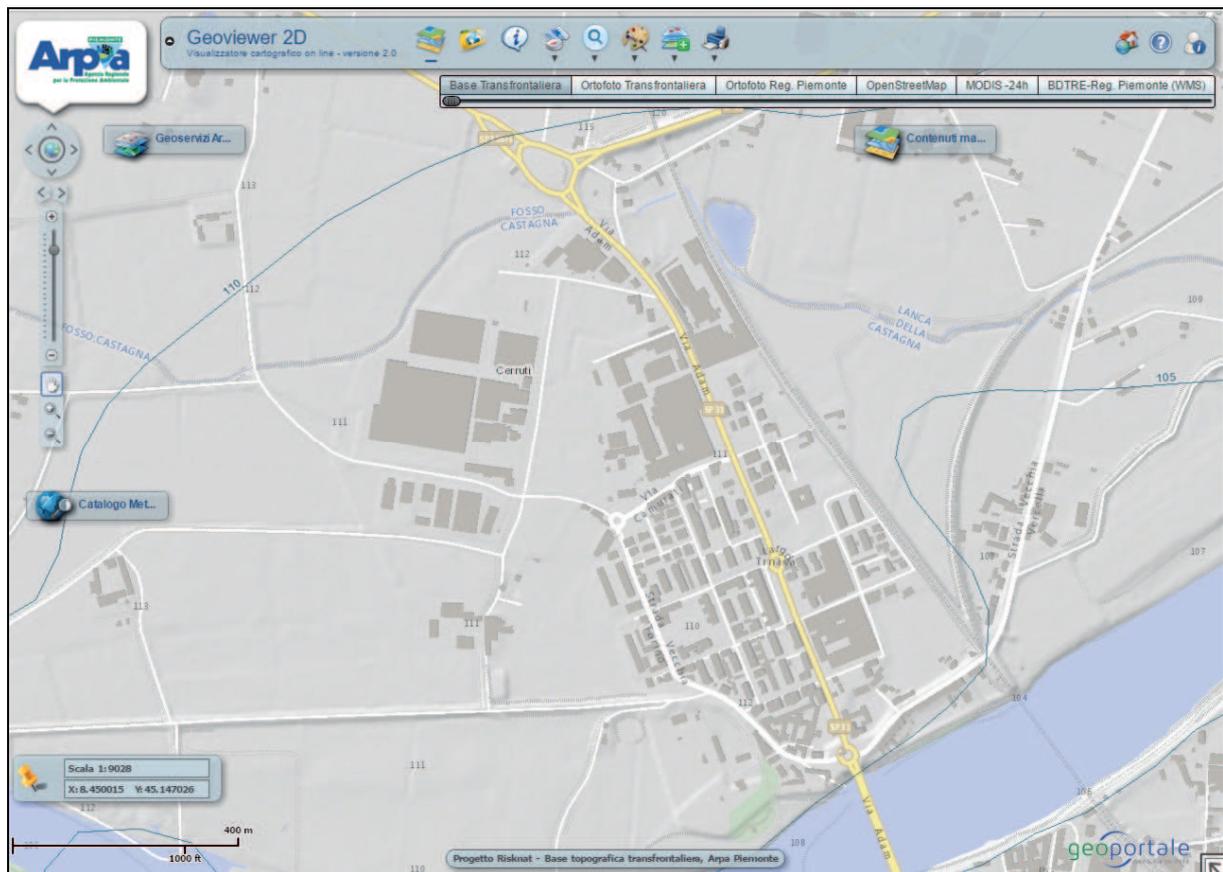


Figura 2 – Carta idrogeologica Geoviewer 2D ARPA

L'area verde dove verrà realizzato il bacino di infiltrazione, nella porzione nord del PEC, si trova ad una quota di piano campagna di 110.50 m s.m.m.

Occorre sottolineare come le condizioni di livello piezometrico massimo, in condizioni di minima soggiacenza, si riscontrino raramente e come, nella condizione ordinaria, il livello di falda si trovi a quote inferiori.

Pertanto il bacino di infiltrazione è progettato in modo da avere sempre un franco di almeno 1 m tra il fondo filtrante ed il livello piezometrico massimo dell'acquifero libero.

3. VINCOLI IDRAULICI MINORI

L'area oggetto di intervento confina a Nord con l'alveo del Rio Castagna.

Nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica" (cfr. Figura 2). il rio è indicato, nel tratto, come in dissesto lineare con codice PAI EbL: "Dissesti arealmente non definibili legati alla dinamica torrentizia – Intensità elevata".

Il corso d'acqua non è iscritto nell'elenco delle acque pubbliche.

Il PRG, ai sensi della normativa vigente, in particolare dell'art.29 della L.R.56/77 individua la fascia di rispetto di inedificabilità assoluta per "Restanti corsi d'acqua iscritti o non iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, corsi d'acqua su sedime demaniale, corsi d'acqua minori (privati), canali privati, canali privati o consortili - Corsi d'acqua nei quali è indicato un dissesto lineare di grado moderato/medio EbL" (Relazione Geologica Variante PRG Casale M.to – Paragrafo 13.2 – punto 7 b), pari a 15 m dal piede dell'argine o sponda naturale.

4. RETE DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE - DESCRIZIONE

Il sistema di smaltimento di via Adam, nella configurazione di progetto di allargamento della stessa, è costituito da un sistema di caditoie, realizzate con pozzetti prefabbricati di dimensioni interne 40 x 40 cm e griglia in ghisa D400 40 x 40 cm, collegate alla linea di progetto mediante fognoli in PEAD De 200 mm.

E' prevista in particolare una linea di drenaggio di progetto lungo via Adam lato ex IBL, al di sotto della pista ciclabile e distinta in due rami entrambi convergenti al pozzetto Pd: la linea nord denominata Pa-Pd (direzionata verso sud) presenta tubazioni in PEAD SN8 De 315 mm, De 400 mm e De 500 mm; la linea sud Pe-Pd (direzionata verso nord) ha tubazioni in PEAD SN8 De 315 mm, De 400 mm, De 500 mm e De 630 mm.

Queste due linee, come anticipato, smaltiscono la porzione di carreggiata e di pista ciclabile lato ex IBL. Si sottolinea come le acque insistenti sulla pista ciclabile raggiungano le caditoie tramite tagli nel cordolo di larghezza 50 cm passo 15 m.

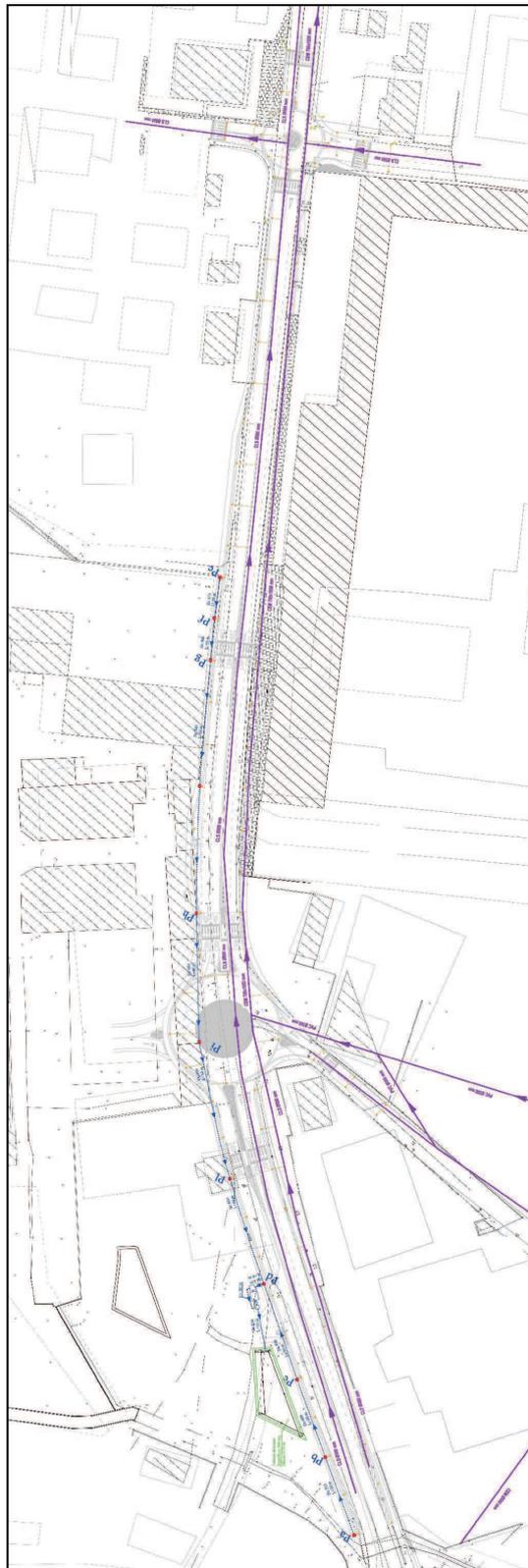


Figura 3 – Planimetria di progetto rete acque meteoriche

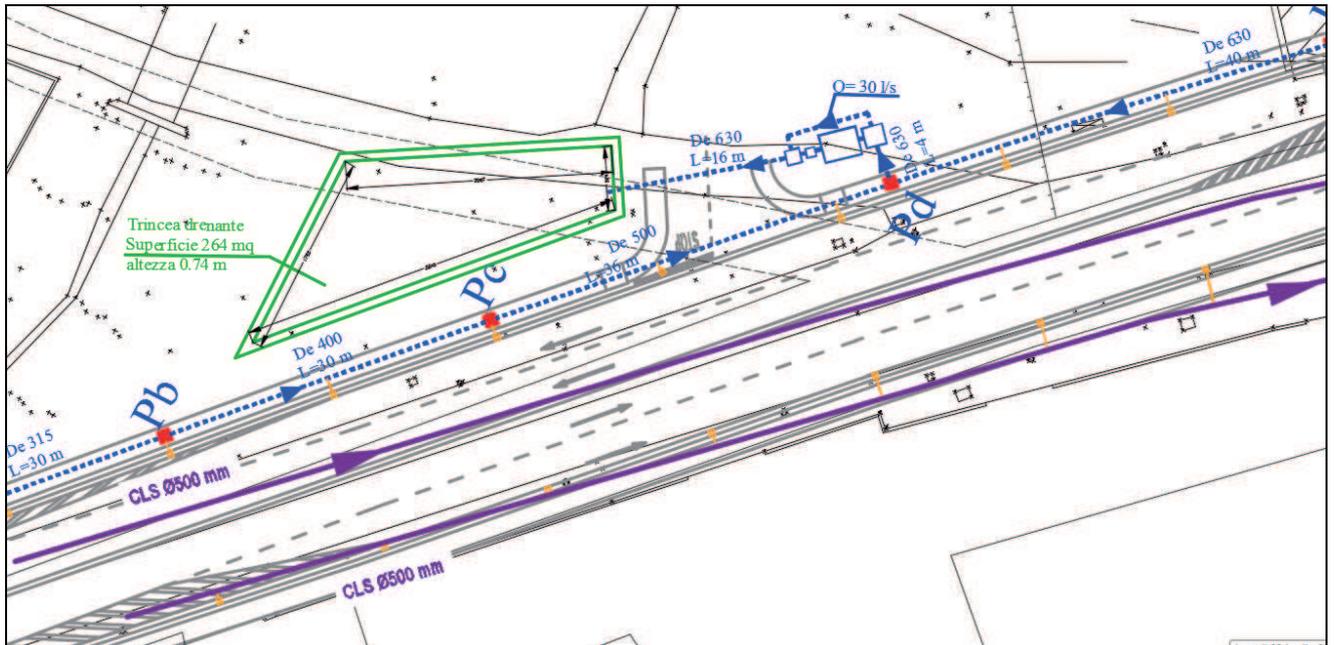


Figura 4 – Planimetria di progetto rete acque meteoriche. Ingrandimento trattamento di prima pioggia e trincea drenante di scarico

La restante porzione di carreggiata lato “ex IBL”, a valle dello stesso stabilimento, verrà smaltita, tramite caditoie di progetto, dalla tubazione esistente in CLS Φ 500 mm.

L’incremento di superficie stato attuale/stato progetto risulta essere di 210 m²; esso comporta un incremento di portata di circa 12 l/s. Inoltre, come detto, la linea di drenaggio esistente risulta sgravata di una significativa porzione di carreggiate esistenti, dalla nuova tubazione di progetto in PEAD.

La porzione di carreggiata lato stabilimento Cerutti è smaltita, come allo stato attuale, dalla linea esistente in CLS Φ 500 mm di monte ed ovoidale 70/105 di valle. L’incremento di superficie stato attuale/stato progetto risulta essere inferiore a 200 m², per un incremento di portata minore di 10 l/s. Poiché l’incremento di superficie si verifica in prossimità di via Caduti del Lavoro, esso va a influenzare l’alimentazione della tubazione ovoidale.

In uscita dal pozzetto di confluenza Pd, si sviluppa un breve tratto di tubazione in PEAD De 630 mm convogliante le portate all’impianto di prima pioggia in continuo (Q = 30 l/s) ubicato nell’area verde a ridosso della scarpata.

In uscita dall'impianto di trattamento una tubazione in PEAD De 630 mm attraversa una rampa di accesso all'area e convoglia le acque all'interno del bacino di infiltrazione avente una superficie di base pari a 264 mq ed altezza utile 74 cm.

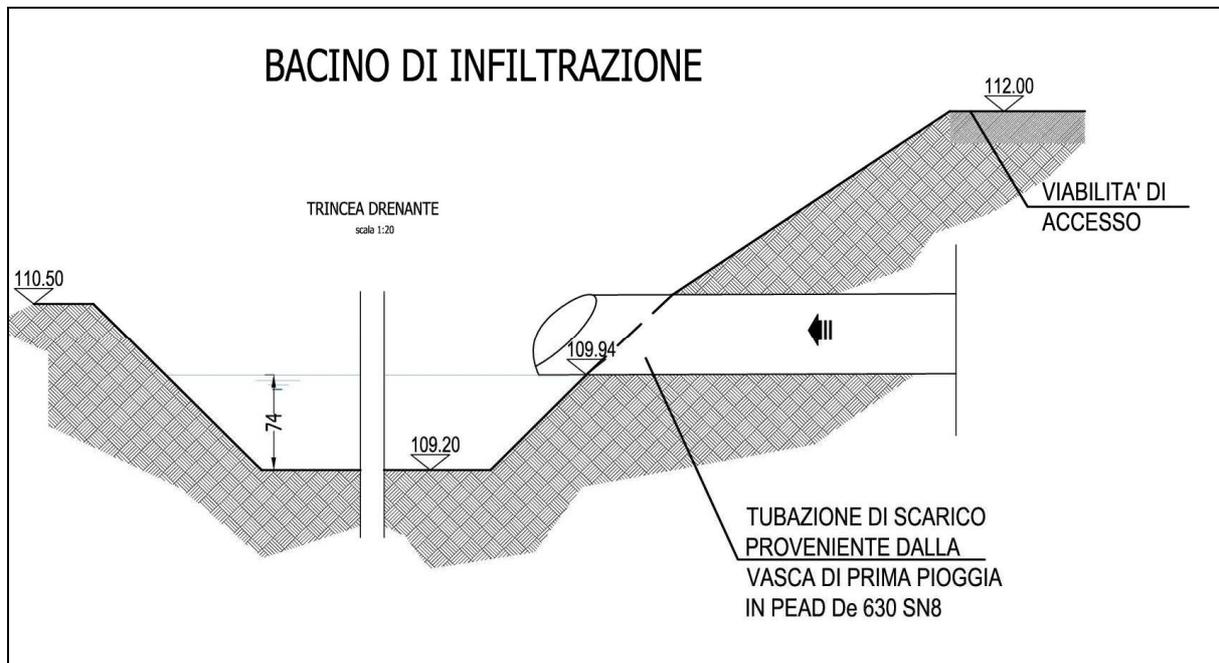


Figura 5 – Bacino di infiltrazione

4.1 Modalità di posa

Si è definito il criterio di posa ottimale per le tubazioni in PEAD SN8. Si evidenzia come la larghezza del fondo della trincea debba essere almeno pari a:

$$B = D + 0.5 \text{ m} \quad (\text{per } D \leq 400 \text{ mm}),$$

$$B = 2 \cdot D \quad (\text{per } D > 400 \text{ mm}).$$

Il letto di posa non deve essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea; il materiale più adatto è costituito da sabbia mista a ghiaia con diametro massimo di 20 mm. Il materiale impiegato deve essere accuratamente compattato in modo da ottenere un indice di densità Proctor $\geq 95\%$. L'appoggio del tubo nel letto di sabbia deve coprire almeno un angolo di 120° , mentre l'altezza del letto di posa sarà uguale a 15 cm.

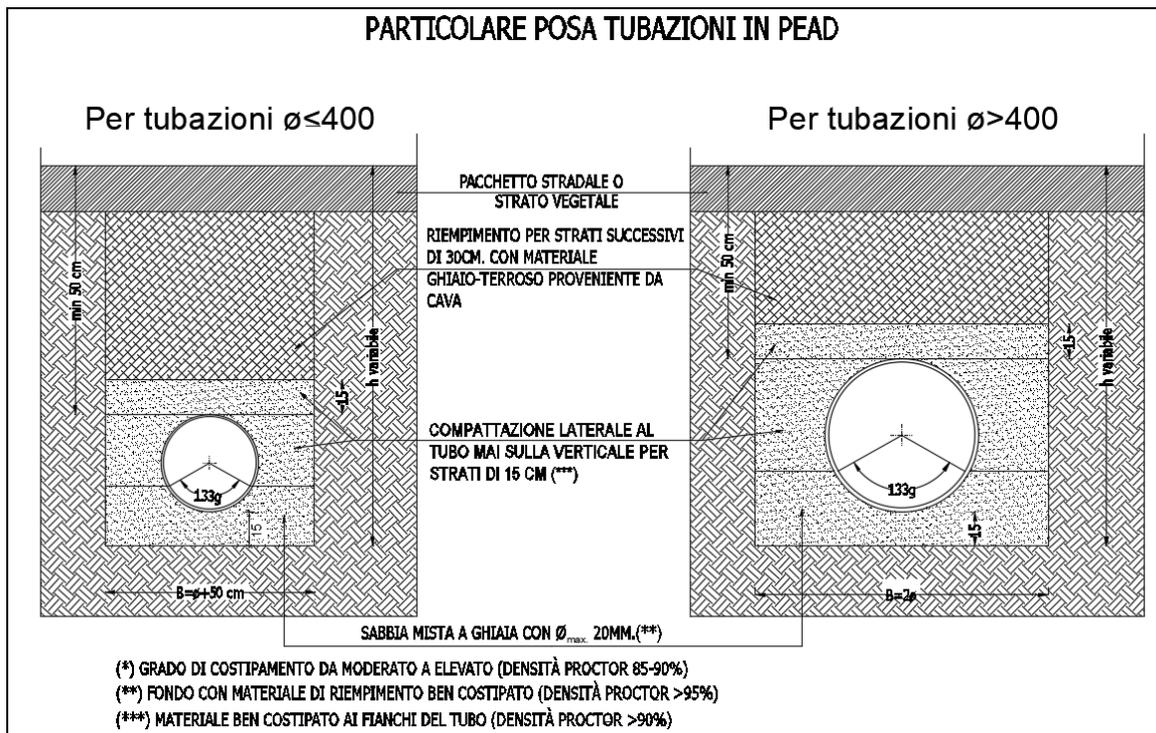


Figura 6 - Modalità di posa tubazioni impianti

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi devono essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti. I tubi e i raccordi devono essere sistemati sul letto di posa in modo da avere un contatto continuo con il letto stesso.

Il riempimento della trincea deve essere effettuato con lo stesso materiale del letto di posa, fino alla quota +15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo. Le compattazioni vanno eseguite per strati successivi di 15 cm circa, per una densità Proctor pari al 90%, facendo attenzione che tale compattazione avvenga solo lateralmente al tubo, mai verticalmente.

Occorre porre particolare cura nel verificare che non rimangano zone vuote al di sotto del tubo e che il rinfiacco fra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto.

La parte di riempimento rimanente può essere effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato degli elementi con diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali e animali. La compattazione andrà eseguita per strati successivi di 30 cm con densità Proctor 85 - 90%.

Il progetto prevede la realizzazione di scavi a profondità limitata; in ogni caso la geometria dello scavo, le modalità esecutive e la variabilità dei parametri geotecnici locali dovranno essere determinate e verificate attentamente in corso d'opera.

4.2 Vasca di prima pioggia

L'inquinamento prodotto dal dilavamento di acque meteoriche insistenti su piattaforme stradali è dovuto essenzialmente alla presenza di sabbia, terriccio ed oli minerali leggeri, riconducibili ai parametri di legge attraverso trattamenti all'interno di impianti di prima pioggia.

Per il criterio di dimensionamento del drenaggio si fa riferimento al Regolamento Regionale 20 febbraio 2006 n. 1/R. La norma sopra citata definisce: "Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti".

Considerando come prima pioggia i 5 mm iniziali che si ipotizza ricadano nei primi 15 minuti, quindi con una piovosità pari a $0.0056 \text{ l}/(\text{sm}^2)$, la portata dell'impianto si determina moltiplicando il coefficiente di piovosità per la superficie scolante.

In sede di progetto, si è optato per un impianto di prima pioggia in continuo, che scarica all'interno di un bacino di infiltrazione; pertanto è necessario un trattamento aggiuntivo costituito da dispositivi a polimeri adsorbenti per oli minerali asportabili, in quanto le acque devono soddisfare alle indicazioni della tabella 4 dell'allegato 5 del Dlgs. 152/06.

L'impianto di progetto è realizzato con monoblocco (Dissabbiatore-Disoleatore) prefabbricato, dotato di armature interne d'acciaio ad aderenza migliorata e rete elettrosaldata tipo B450C controllate in stabilimento, con superfici esterne ed interne finitura faccia a vista a totale eliminazione di porosità e nidi di ghiaia e rinforzati con costoloni verticali e puntoni/tiranti interni in ACCIAIO INOX AISI 304, il tutto conforme D.M. 17.01.2018 e realizzato con:

- calcestruzzo autocompattante SCC (Self Compacting Concrete), confezionato con CEMENTO PORTLAND conforme a UNI EN 197-1, con aggiunta di minerali tipo I – carbonato di calcio filler ventilato ed inerti conformi a UNI EN 12620,
- resistenza a compressione C50/60 ($R_{ck} \geq 600 \text{ Kg/cm}^2$),
- copriferro $\geq 35 \text{ mm}$,

- classe di spandimento SF2,
- classe di esposizione XC4 (cls resistente alla corrosione da carbonatazione),
- classe di esposizione XS2/XD2 (cls resistente alla corrosione da cloruri),
- classe di esposizione XF1 (cls resistente all'attacco del gelo/disgelo),
- classe di esposizione XA2 (cls resistente ad ambienti chimici aggressivi) conformi norma UNI EN 206.

Inoltre le pareti esterne delle vasche sono rivestite con pittura elastica protettiva di colore grigio o prodotto simile.

All'interno del disabbiatore-disoleatore sono presenti due bacini: quello di dissabbiatura e quello di separazione oli, dotato quest'ultimo di dispositivo otturatore a galleggiante a chiusura automatica tarato per liquidi leggeri; esso presenta filtro a coalescenza asportabile in poliuretano espanso a base di poliestere con struttura definita ed uniforme dei fori avente porosità 10 ppi (10 pori/pollice), completo di cestello in acciaio INOX AISI 304 e carpenteria per staffe in acciaio.

Come detto, scaricando le portate nel sottosuolo, in aggiunta al precedente dispositivo, è previsto un ulteriore trattamento con polimeri adsorbenti per oli minerali asportabile completo di cestello e guide in acciaio INOX AISI 304.

Nel dettaglio l'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia è costituito da:

- pozzetto di arrivo della tubazione di smaltimento al cui interno è alloggiato un regolatore di portata;
- disabbiatore – disoleatore statico, in monoblocco in c.a. e realizzato con calcestruzzo autocompattante SCC (Self Compacting Concrete). Al suo interno trovano posto sia il dispositivo otturatore a galleggiante a chiusura automatica che quello con polimeri adsorbenti per oli minerali asportabile completo di cestello e guide in acciaio INOX AISI 304;
- pozzetto in c.a. di campionamento;
- pozzetto di confluenza finale.

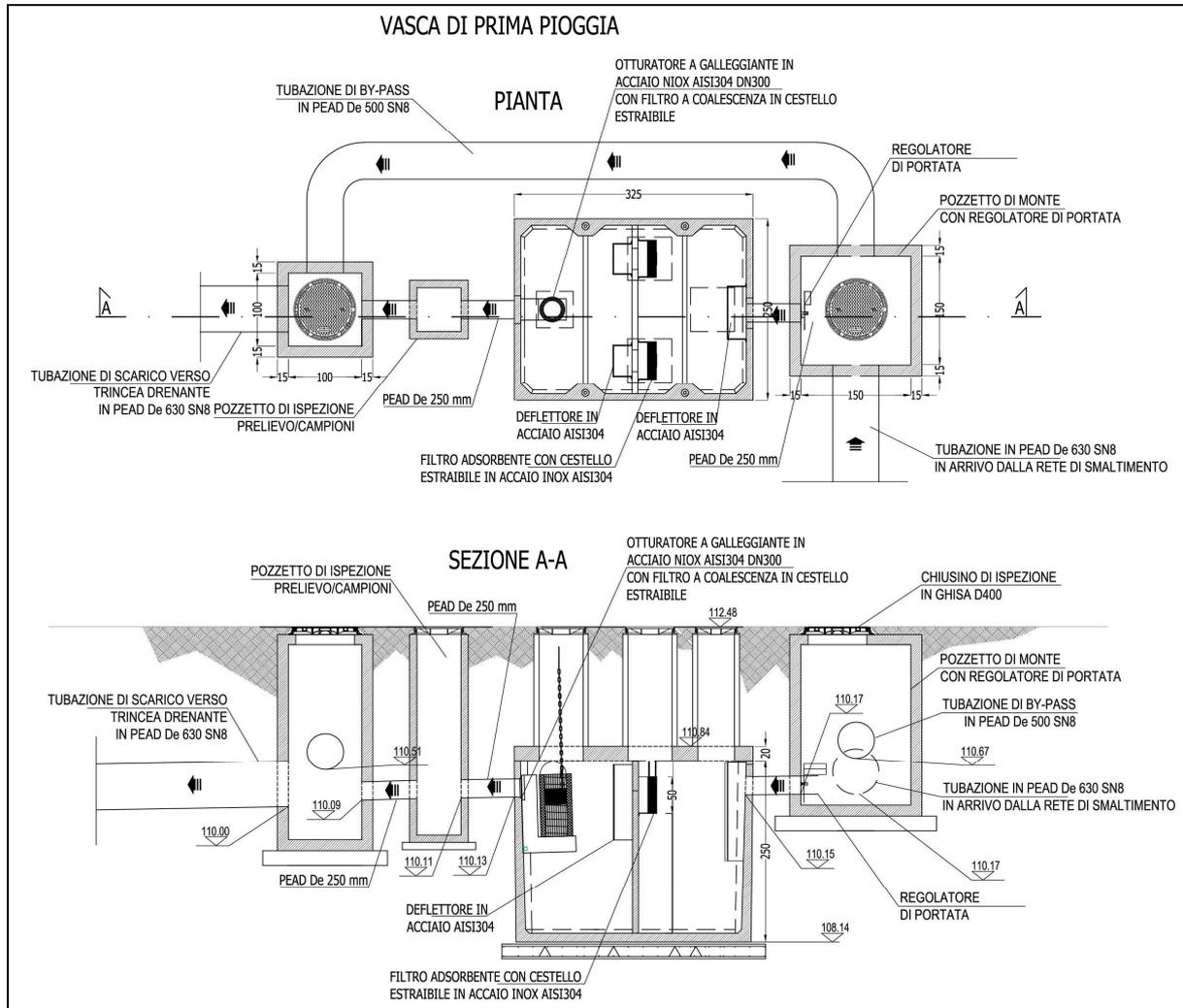


Figura 7 – Impianto di prima pioggia in continuo

5. METODOLOGIA DI VERIFICA IDROLOGICO-IDRAULICA RETE

5.1 Parametri di pioggia

Al fine di procedere ai dimensionamenti del sistema di smaltimento in progetto, sono state sviluppate le analisi idrologiche per la determinazione delle portate in gioco.

La previsione quantitativa delle piogge nell'area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, è stata condotta un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato, presenti negli elaborati del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Grazie a questa elaborazione è possibile calcolare le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

Si riportano le celle PAI interessate dall'intervento:

CA100			CA101		
<i>Tr</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>Tr</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
20	55.05	0.176	20	55.43	0.170
100	72.85	0.155	100	73.53	0.147
200	80.46	0.147	200	81.27	0.140
500	90.55	0.140	500	91.54	0.132

Tabella 1 – Celle PAI

I valori mediati al variare del tempo di ritorno sono i seguenti:

MEDIA		
Tr	a	n
20	55.24	0.173
100	73.19	0.151
200	80.86	0.143
500	91.05	0.136

Tabella 2 – Media celle PAI

Il tempo di ritorno considerato per il dimensionamento dei sistemi di drenaggio delle acque meteoriche è pari a 20 anni.

I valori da utilizzare risultano essere:

$$a = 55.24 \text{ ed } n = 0.173$$

Essendo i tempi di corrivazione in progetto inferiori all'ora, si è provveduto ad effettuare una comparazione tra le altezze di pioggia risultanti dalla curve di possibilità climatica, per eventi di pioggia rispettivamente superiori (metodo di kriging con reticolo 2 km x 2 km), ed inferiori all'ora, al fine di confermare i valori dei parametri sopra indicati.

Per determinare i parametri "a" ed "n" di eventi inferiori all'ora, si è fatto riferimento a numerosi studi in letteratura che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di breve durata siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora secondo lo schema tipico $\rho(t) = h(t)/h(1)$, ovvero il rapporto tra l'altezza di pioggia per durata "t" e quella per durata di 1 ora.

Tali risultati inoltre sono poco dipendenti dalla località considerata per tempi di pioggia $t < 2$ ore (Bell, 1969; Goswami, 1973). Nel grafico seguente si mostra l'andamento di ρ per diverse località.

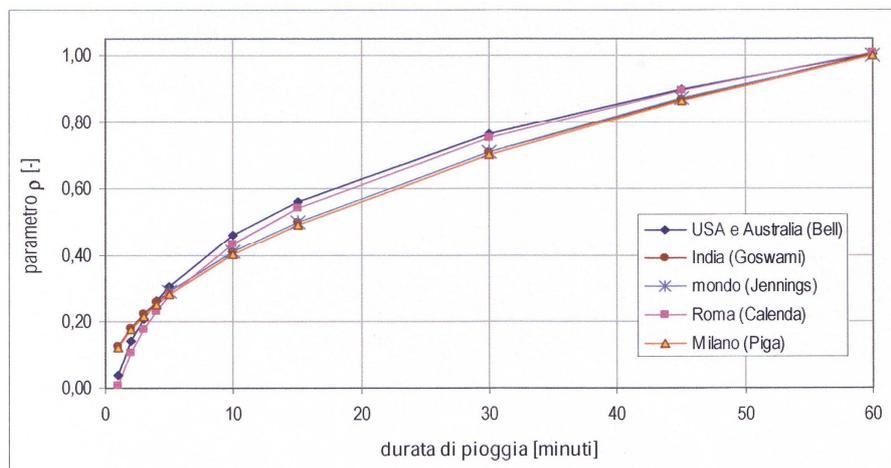


Figura 8 – Andamento parametro $\rho(t)$ ottenuto in diversi studi

In questa sede è stato poi considerato l'involuppo superiore di tale grafico per assegnare valori di progetto cautelativi al parametro $\rho(t)$.

Applicando tale coefficiente correttivo al valore di altezza di pioggia oraria, ricavato dalla curva di possibilità climatica derivante dai parametri “a” ed “n” del Kriging precedentemente esposti, sono state ottenute le altezze di pioggia per tempi inferiori all’ora.

Tali informazioni sono state inserite in un grafico bi-logaritmico e successivamente interpolate mediante regressione lineare (metodo dei minimi quadrati); l’equazione di tale retta (legge di potenza) restituisce i valori corretti di “a” ed “n” per fenomeni temporaleschi inferiori all’ora.

Si è avuta inoltre l’accortezza di inserire in grafico anche il valore di altezza di pioggia per fenomeno biorario, in modo che anche il parametro “n” influenzasse la regressione per una stima più attendibile.

Di seguito si riporta il grafico di regressione.

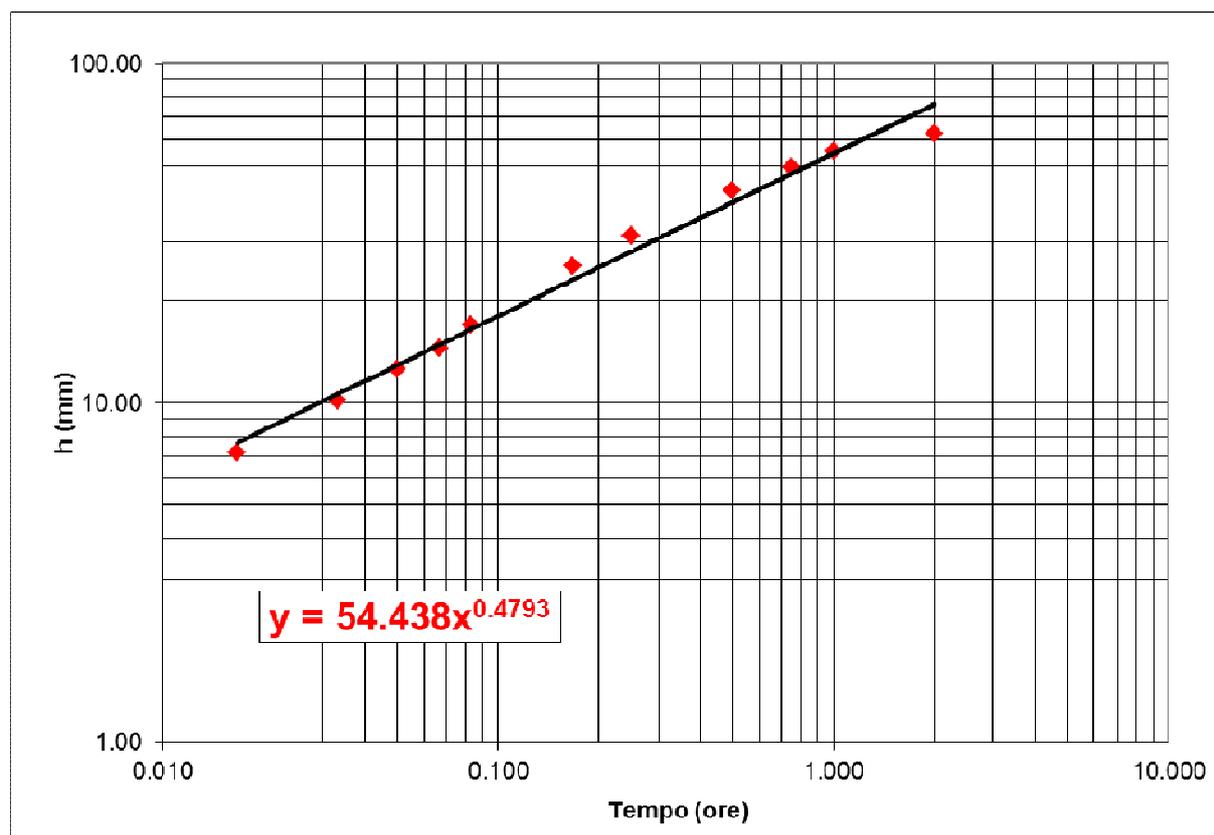


Figura 9 – Regressione lineare per la ricerca dei parametri “a” ed “n” per piogge brevi (Tr = 20 anni)

I parametri di pioggia per fenomeni di breve durata risultano quindi i seguenti (Tr = 20 anni):

$$a' = 54.438$$

$$n' = 0.4793$$

Di seguito il confronto delle altezze di pioggia risultanti mediante applicazione delle seguenti curve di possibilità climatica $h = a \cdot t^n$ (piogge superiori all'ora) e $h' = a' \cdot t^{n'}$ (piogge brevi).

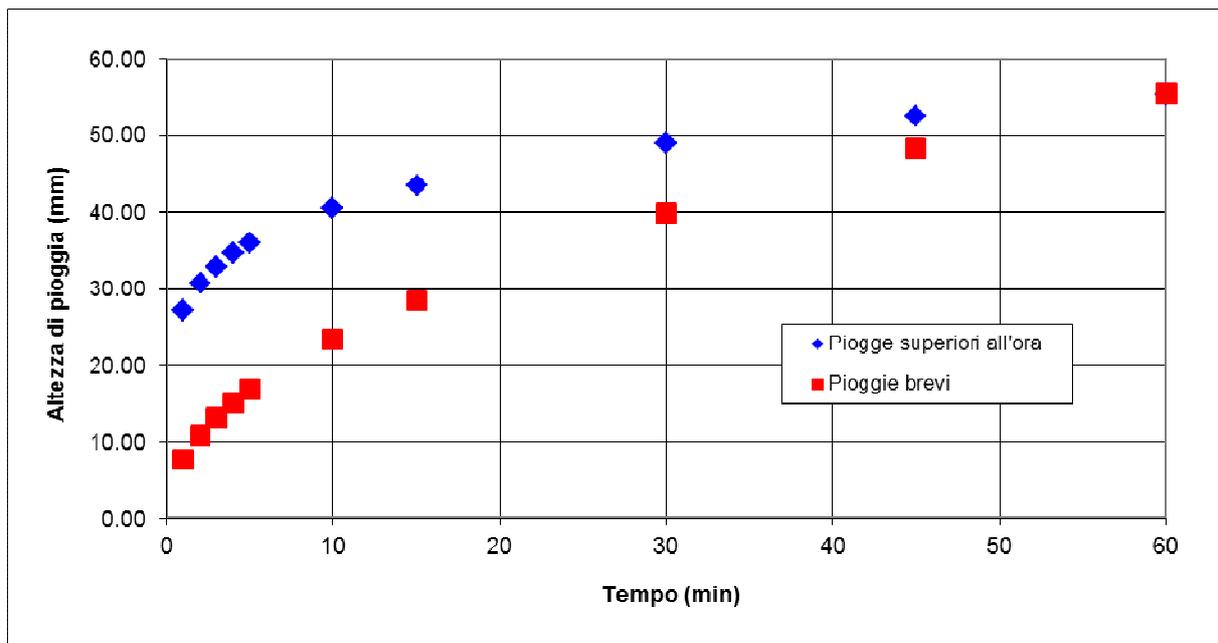


Figura 10 – Regressione lineare per la ricerca dei parametri “a” ed “n” per piogge brevi (Tr = 20 anni)

Come si evince dal grafico, l'utilizzo dei parametri “a” ed “n” relativi a fenomeni di pioggia superiori all'ora risulta più cautelativo nell'ambito dei tempi di rete di progetto utilizzati per il dimensionamento dei drenaggi, sempre inferiori a 60 minuti.

L'equazione di progetto utilizzata per il calcolo delle altezze di piogge ventennali risulta quindi essere:

$$h = 55.24 \cdot t^{0.173}$$

5.2 Valutazione della portata di massima pioggia

La massima portata meteorica defluente è valutata col metodo razionale, il quale fornisce la seguente espressione:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot S \cdot h \cdot 106}{3600 \cdot T_c}$$

con:

- S = superficie del sottobacino [km²];
- h = altezza di pioggia [m];
- T_c = tempo di corrivazione/concentrazione [ore];
- φ = coefficiente medio di deflusso.

Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in luoghi diversi del bacino, arrivano alla sezione di chiusura in tempi diversi;
- il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale all'intensità di pioggia caduta in quel punto per il tempo necessario al raggiungimento della sezione di chiusura da parte del contributo stesso;
- tale tempo è caratteristico di ogni singolo punto e rimane costante per tutta la durata del fenomeno pluviometrico.

Ne consegue che le portate massime si ottengono per tempi di pioggia non inferiori al tempo di corrivazione/concentrazione determinati alla sezione di chiusura in esame.

Il tempo di corrivazione T_c si determina in riferimento al percorso idraulico più lungo della rete stessa fino alla sezione di chiusura (Paoletti et al. – Sistemi di fognatura, 2004). In particolare, una volta individuata la rete e i sottobacini afferenti, il T_c si determina mediante la formulazione:

$$T_c = t_a + t_r$$

nella quale:

t_a = tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dal condotto fognario posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo. Normalmente assunto pari a 5 minuti;

t_r = tempo di rete, dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria, secondo la:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{V_i},$$

con: L_i = lunghezza dei singoli tratti - V_i = velocità della corrente all'interno di essi.

La riduzione dell'afflusso (φ) alle rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Se esistono bacini tributari di area A_i sarà:

$$\varphi = \frac{\sum \varphi A_i}{\sum A_i}$$

Nel caso in esame si utilizzano i seguenti coefficienti di deflusso:

$\varphi = 0.9$ per le aree stradali pavimentate

$\varphi = 0.3$ per le aree verdi

5.3 Verifica tubazioni

L'analisi idraulica dei tratti di tubazione verrà eseguita mediante valutazione del deflusso della corrente a pelo libero in condizioni di moto uniforme.

La formula utilizzata è quella di Gauckler-Strickler valida per deflussi a pelo libero:

$$Q = k_s \cdot \Omega \cdot R^{2/3} \cdot i_f^{1/2} = k_s \cdot \Omega^{5/3} \cdot B^{3/2} \cdot i_f^{1/2}$$

nella quale:

Q = portata liquida all'interno del tubo;

- k_s = coefficiente di scabrezza (pari a $80 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per tubazioni in materiale plastico);
 Ω = area della sezione di deflusso;
 i_f = pendenza tubazione o fosso di scolo;
 R = raggio idraulico;
 B = perimetro bagnato.

In termini di grado di riempimento delle tubazioni, sono ritenuti accettabili gradi di riempimento h/\emptyset (h = battente idraulico e \emptyset diametro interno condotta), differenti a seconda della variabilità dei diametri, in ragione di maggiori possibilità di intasamento di tubazioni più piccole, secondo le seguenti assunzioni:

$$\frac{h}{\emptyset} \leq 0.5 \text{ per tubazioni DE} \leq 500 \text{ mm,} \quad \frac{h}{\emptyset} \leq 0.8 \text{ per tubazioni DE} > 500 \text{ mm.}$$

Si rimanda all'allegato 1 per le verifiche idrauliche delle tubazioni.

5.4 Verifica delle caditoie

5.4.1 Calcolo passo caditoie

Il sistema di smaltimento della nuova porzione di viabilità è costituito da caditoie di dimensioni interne 40 cm x 40 cm con griglia in ghisa D400 40 x 40 cm e pluviale di scarico in PVC DN200.

L'interasse di progetto delle caditoie è calcolato mediante metodo razionale. La lunghezza della falda di drenaggio è pari all'interasse di progetto.

Il tirante generato da tale lama d'acqua, unitamente al perimetro idraulicamente attivo, sono utilizzati come input per la determinazione della portata smaltibile dalla caditoia stessa.

La relazione utilizzata è la seguente (ASCE e WEF, 1992):

$$Q = 3320 \cdot (L + W - n \cdot s) h^{3/2}$$

dove:

- Q = portata smaltita dalla caditoia (l/s);
 L = lunghezza caditoia longitudinale alla carreggiata (m);

- W = larghezza caditoia trasversale alla carreggiata (m);
- n = numero barre longitudinali;
- s = spessore barre longitudinali (m);
- h = tirante.

5.4.2 Calcolo del velo idrico

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale possono produrre, specie se brevi ed intense, un deflusso superficiale sulla sede stessa di non trascurabile entità, il quale se non controllato con adatte disposizioni, può causare inconvenienti di rilievo.

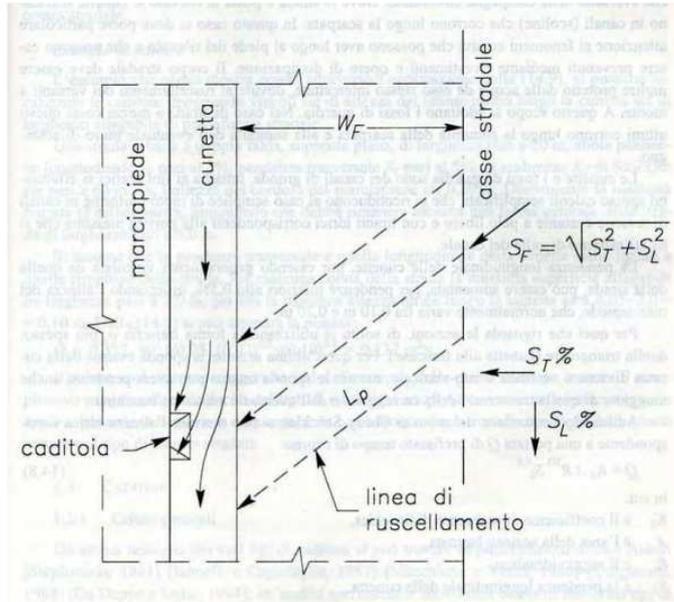
Il velo liquido sulla sede stradale deve essere infatti contenuto entro prefissati valori per non condizionare l'aderenza dei pneumatici.

L'altezza del velo liquido dipende, ovviamente, oltre che dalla pendenza trasversale, dall'intensità delle precipitazioni e dal percorso che fa l'acqua per giungere al di là della carreggiata.

Il percorso dipende poi dalla larghezza della strada, dalla circostanza che il tratto considerato sia in rettilineo o in curva e dalla pendenza longitudinale della stessa.

Una formula che esprime l'altezza 'y' del velo liquido in funzione dei citati parametri è quella proposta in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory:

Massima altezza del velo idrico



$$y = 0.0474(L_p i)^{0.5} S_f^{-0.2}$$

$$L_p = W_f \left[1 + \left(\frac{S_L}{S_T} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$S_f = (S_T^2 + S_L^2)^{0.5}$$

(Bartlett, 1981, Macchione e Veltri, 1988)

essendo:

y: altezza del velo liquido in mm;

i: intensità di precipitazione in mm/ora riferita alla durata significativa;

L_p : lunghezza della linea di ruscellamento;

S_f : pendenza della strada lungo la linea di ruscellamento;

W_f : larghezza carreggiata;

S_L : pendenza longitudinale carreggiata

S_T : pendenza trasversale carreggiata.

Nelle applicazioni pratiche si assume come ordine di grandezza uno spessore massimo del velo liquido inferiore ai 6.0 mm.

Si rimanda all'allegato 2 per le verifiche delle caditoie e del velo d'acqua.

5.5 Verifica bacino di infiltrazione

Lo scopo del presente paragrafo è quello di riassumere sia pure sinteticamente la teoria che sta alla base delle formule pratiche adoperate in sede di progettazione per dimensionare i bacini di infiltrazione delle acque meteoriche.

Come descritto in precedenza, in uscita dalla vasca di prima pioggia, una tubazione in PEAD De 630 mm convoglia le acque al bacino di infiltrazione avente superficie di base di 264 mq ed altezza 74 cm.

Esso costituisce un volume di raccolta, all'interno del quale l'acqua viene facilmente intercettata e raccolta per infiltrazione, per poi essere smaltita per filtrazione nel suolo.

Il terreno in sito al di sotto della coltre superficiale è costituito da materiale alluvionale, sabbia mista a ghiaia e pertanto, secondo quanto riportato in precedenza, la permeabilità è stata assunta pari a $5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

La determinazione del volume di massimo invaso W_m viene eseguita mediante metodo cinematico (trattazione analitica di Alfonsi e Orsi, 1987) con la seguente formulazione:

$$W_m = A \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^n + \frac{T_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{1-n}}{A \cdot \varphi \cdot a} - Q_u \cdot \theta_w - Q_u \cdot T_c$$

con θ_w , durata critica per la vasca, ricavabile dalla relazione

$$n \cdot A \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{-n}}{A \cdot \varphi \cdot a} - Q_u = 0$$

dove i simboli assumono il seguente significato:

n = parametro della curva di possibilità pluviometrica;

φ = coefficiente di deflusso;

A = superficie drenante (m^2);

a = parametro della curva di possibilità pluviometrica (mm/hn);

T_c = tempo di corrivazione del bacino (h);

θ_w = durata critica che massimizza il volume di pioggia (h);

Q_u = portata in uscita calcolata con il metodo di Vedernikov (m^3/s).

Il tempo di accesso è dato dal tempo di corrivazione della rete.

Il calcolo del volume del bacino di infiltrazione è stato determinato come differenza tra volume affluito e volume infiltrato nel tempo. La portata di infiltrazione è calcolata con la relazione di Vedernikov:

$$Q_{\text{inf}} = k \cdot (b + 2 \cdot S \cdot h) \cdot L$$

dove:

K rappresenta la permeabilità dei terreni;

S rappresenta l'inclinazione delle sponde del fosso, assunta pari a 1 [orizzontale/verticale];

h rappresenta l'altezza del fosso;

b rappresenta la larghezza di base del fosso;

L rappresenta la lunghezza del fosso.

Si riporta di seguito la verifica del bacino di infiltrazione.

BACINO INFILTRAZIONE

Base superiore del fosso drenante B (m) =	9.06
Base inferiore del fosso drenante b (m) =	8.80
Altezza del fosso drenante h (m) =	0.74
Lunghezza fosso drenante L (m) =	27
Permeabilità terreno K (m/s) =	0.00005
Portata di filtrazione (Vedernikov) Q_U (mc/s) =	0.0139

DIMENSIONAMENTO INVASO MEDIANTE METODO CINEMATICO

$$W_E = S \cdot \phi \cdot a \cdot v_w^n + \frac{t_c \cdot Q_U^2 \cdot v_w^{1-n}}{S \cdot \phi \cdot a} - Q_U \cdot v_w - Q_U \cdot t_c$$

con v_w , durata critica per l'invaso, ricavabile dalla relazione seguente

$$n \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot v_w^{n-1} + \frac{(1-n) \cdot t_c \cdot Q_U^2 \cdot v_w^{-n}}{S \cdot \phi \cdot a} - Q_U = 0$$

Tempo di corrivazione t_c (ore) =	0.160
Coefficiente di deflusso aree impermeabili (adim.) =	0.9
Coefficiente di deflusso aree misto stabilizzato (adim.) =	0.6
Coefficiente di deflusso aree p.c. (adim.) =	0.5
Coefficiente di deflusso scarpate (adim.) =	0.3
Superficie drenante impermeabile (m ²) =	4193
Superficie drenante misto stabilizzato (m ²) =	0
Superficie drenante aree p.c. (m ²) =	0
Superficie drenante scarpate (m ²) =	851
Coefficiente di deflusso medio (adim.) =	0.80
Superficie drenante totale (m ²) =	5044
Parametro curva climatica "a" =	55.24
Parametro curva climatica "n" =	0.173
Portata uscente Q_U (m ³ /s) =	0.0139

Tempo di pioggia v_w (min)	Tempo di pioggia v_w (ore)	Convergenza v_w	Volume invaso (m ³)
10	0.17	0.033752918	146.908
12	0.20	0.027147660	150.474
14	0.23	0.022288179	153.362
16	0.27	0.018550353	155.740
18	0.30	0.015578283	157.720
20	0.33	0.013153552	159.378
22	0.37	0.011134372	160.773
24	0.40	0.009424516	161.945
26	0.43	0.007956280	162.928
28	0.47	0.006680585	163.748
30	0.50	0.005560945	164.425
32	0.53	0.004569650	164.976
34	0.57	0.003685259	165.415
36	0.60	0.002890910	165.754
38	0.63	0.002173152	166.004
40	0.67	0.001521119	166.171
42	0.70	0.000925933	166.265
44	0.73	0.000380267	166.290
46	0.77	-0.000121985	166.253
48	0.80	-0.000585952	166.159
50	0.83	-0.001015972	166.011
52	0.87	-0.001415748	165.814
54	0.90	-0.001788451	165.571
56	0.93	-0.002136822	165.285
58	0.97	-0.002463238	164.958
60	1.00	-0.002769771	164.594
62	1.03	-0.003058236	164.195
64	1.07	-0.003330234	163.763
Volume da invasare (mc)		166.29	
Area teorica fosso (mq)		6.15	
Base teorica fosso (m)		7.58	

ALLEGATO 1: FOGLI DI CALCOLO RETE DRENAGGIO

Tubazione in PEAD De 315 mm Pa-Pb	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.02690
L asta principale (m)	30
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.936
coefficiente di deflusso f	0.9
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	32.045
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	332.045
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.092
portata massima Q max (mc/s)	0.03
portata massima Q max (l/s)	26.67
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	991
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0050
coefficiente di scabrezza k_s (m ^{1/3} /s)	80
D tubazione (m)	0.273
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.055
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.94
rapporto di portata Q/Q_0	0.482
grado di riempimento y/D	0.490
rapporto di velocità v/v_0	0.9909
altezza pelo libero y (m)	0.134
velocità corrente v (m/s)	0.936

Tubazione in PEAD De 400 mm Pb-Pc	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.05550
L asta principale (m)	30
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.104
coefficiente di deflusso f	0.9
a (mm)	55.24
n (-)	0.173

T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	27.175
Ta tempo d'accesso (s)	332.045
$T_c = T_r + t_a$ (s)	359.220
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.100
portata massima Q max (mc/s)	0.05
portata massima Q max (l/s)	51.55
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	929
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0050
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.343
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.102
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.10
rapporto di portata Q/Q_0	0.507
grado di riempimento y/D	0.504
rapporto di velocità v/v_0	1.0036
altezza pelo libero y (m)	0.173
velocità corrente v (m/s)	1.104

Tubazione in PEAD De 500 mm Pc-Pd	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.09630
L asta principale (m)	36
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.025
coefficiente di deflusso f	0.9
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	35.109
Ta tempo d'accesso (s)	359.220
$T_c = T_r + t_a$ (s)	394.329
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.110
portata massima Q max (mc/s)	0.08
portata massima Q max (l/s)	82.81
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	860
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0030
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.430
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.144
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.99
rapporto di portata Q/Q_0	0.576

grado di riempimento y/D	0.544
rapporto di velocità v/v ₀	1.0350
altezza pelo libero y (m)	0.234
velocità corrente v (m/s)	1.025

Tubazione in PEAD De 315 mm Pe-Pf	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.01530
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.579
coefficiente di deflusso f	0.9
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	25.927
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	325.927
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.091
portata massima Q max (mc/s)	0.02
portata massima Q max (l/s)	15.40
coefficiente udometrico U (l/s, hmq)	1007
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0020
coefficiente di scabrezza k_s (m ^{1/3} /s)	80
D tubazione (m)	0.273
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.035
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.60
rapporto di portata Q/Q ₀	0.440
grado di riempimento y/D	0.464
rapporto di velocità v/v ₀	0.9683
altezza pelo libero y (m)	0.127
velocità corrente v (m/s)	0.579

Tubazione in PEAD De 400 mm Pf-Pg	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.03030
L asta principale (m)	15
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.677
coefficiente di deflusso f	0.9
a (mm)	55.24

n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	22.152
Ta tempo d'accesso (s)	325.927
$T_c = T_r + t_a$ (s)	348.079
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.097
portata massima Q max (mc/s)	0.03
portata massima Q max (l/s)	28.89
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	953
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0020
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.343
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.064
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.70
rapporto di portata Q/Q_0	0.449
grado di riempimento y/D	0.470
rapporto di velocità v/v_0	0.9733
altezza pelo libero y (m)	0.161
velocità corrente v (m/s)	0.677

Tubazione in PEAD De 500 mm Pg-Ph	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.11960
L asta principale (m)	92
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.895
coefficiente di deflusso f	0.9
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	102.761
Ta tempo d'accesso (s)	348.079
$T_c = T_r + t_a$ (s)	450.841
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.125
portata massima Q max (mc/s)	0.09
portata massima Q max (l/s)	92.07
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	770
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0020
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.430
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.117
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.81

rapporto di portata Q/Qo	0.784
grado di riempimento y/D	0.667
rapporto di velocità v/vo	1.1068
altezza pelo libero y (m)	0.287
velocità corrente v (m/s)	0.895

Tubazione in PEAD De 630 mm Ph-Pi	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.22170
L asta principale (m)	45
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.014
coefficiente di deflusso f	0.84
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	44.389
Ta tempo d'accesso (s)	450.841
$T_c = T_r + t_a$ (s)	495.230
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.138
portata massima Q max (mc/s)	0.15
portata massima Q max (l/s)	148.18
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	668
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0020
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.535
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.210
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.94
rapporto di portata Q/Qo	0.704
grado di riempimento y/D	0.619
rapporto di velocità v/vo	1.0834
altezza pelo libero y (m)	0.331
velocità corrente v (m/s)	1.014

Tubazione in PEAD De 630 mm Pi-PI	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.29030
L asta principale (m)	50
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.052
coefficiente di deflusso f	0.85

a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	47.525
Ta tempo d'accesso (s)	495.230
$Tc = Tr + ta$ (s)	542.755
$Tc = Tr + ta$ (h)	0.151
portata massima Q max (mc/s)	0.18
portata massima Q max (l/s)	180.72
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	623
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0020
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.535
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.210
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	0.94
rapporto di portata Q/Q_0	0.859
grado di riempimento y/D	0.714
rapporto di velocità v/v_0	1.1244
altezza pelo libero y (m)	0.382
velocità corrente v (m/s)	1.052

Tubazione in PEAD De 630 mm PI-Pd	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.34790
L asta principale (m)	40
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.276
coefficiente di deflusso f	0.86
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	31.343
Ta tempo d'accesso (s)	542.755
$Tc = Tr + ta$ (s)	574.098
$Tc = Tr + ta$ (h)	0.159
portata massima Q max (mc/s)	0.21
portata massima Q max (l/s)	208.83
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	600
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0030
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.535
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.258

velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.15
rapporto di portata Q/Q_0	0.811
grado di riempimento y/D	0.683
rapporto di velocità v/v_0	1.1136
altezza pelo libero y (m)	0.366
velocità corrente v (m/s)	1.276

Tubazione in PEAD De 630 mm Pd-Vasca Prima Pioggia	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.44420
L asta principale (m)	4
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.498
coefficiente di deflusso f	0.87
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	2.670
T_a tempo d'accesso (s)	574.098
$T_c = T_r + t_a$ (s)	576.768
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.160
portata massima Q_{max} (mc/s)	0.27
portata massima Q_{max} (l/s)	268.50
coefficiente udometrico U (l/s, hmq)	604
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0040
coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.535
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.297
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.32
rapporto di portata Q/Q_0	0.903
grado di riempimento y/D	0.743
rapporto di velocità v/v_0	1.1321
altezza pelo libero y (m)	0.398
velocità corrente v (m/s)	1.498

Tubazione in PEAD De 500 by-pass	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.44420
L asta principale (m)	8

v particella liquida ipotizzata (m/s)	2.786
coefficiente di deflusso f	0.87
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	2.871
Ta tempo d'accesso (s)	574.098
$Tc = Tr + ta$ (s)	576.970
$Tc = Tr + ta$ (h)	0.160
portata massima Q max (mc/s)	0.27
portata massima Q max (l/s)	268.42
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	604
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0200
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	80
D tubazione (m)	0.430
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.371
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	2.56
rapporto di portata Q/Q_0	0.723
grado di riempimento y/D	0.630
rapporto di velocità v/v_0	1.0892
altezza pelo libero y (m)	0.271
velocità corrente v (m/s)	2.786

Tubazione in PEAD De 630 mm scarico nel bacino	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Superficie bacino (ha)	0.44420
L asta principale (m)	16
v particella liquida ipotizzata (m/s)	1.495
coefficiente di deflusso f	0.87
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
T di concentrazione	
tempo di rete $Tr = L/v$ (s)	10.702
Ta tempo d'accesso (s)	576.970
$Tc = Tr + ta$ (s)	587.671
$Tc = Tr + ta$ (h)	0.163
portata massima Q max (mc/s)	0.26
portata massima Q max (l/s)	264.37
coefficiente udometrico U (l/s,hmq)	595
ANALISI IDRAULICA - tubazione collegamento	
pendenza tubazione i_t	0.0040
coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$)	80

D tubazione (m)	0.535
portata corrente a bocca piena Q_0 (mc/s)	0.297
velocità corrente a bocca piena U_0 (m/s)	1.32
rapporto di portata Q/Q_0	0.889
grado di riempimento y/D	0.734
rapporto di velocità v/v_0	1.1298
altezza pelo libero y (m)	0.393
velocità corrente v (m/s)	1.495

ALLEGATO 2: FOGLI DI CALCOLO VERIFICA CADITOIE

Verifica Caditoie	
viabilità principale	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Pendenza longitudinale (adim.)	0.002
Pendenza trasversale strada (adim.)	0.025
Larghezza banchina (m)	0.5
Larghezza pozzanghera in carreggiata (m)	0.00
Larghezza pozzanghera su asfalto (m)	0.5
Battente contro marciapiede (m)	0.013
Area bagnata (m ²)	0.0031
scabrezza cunetta (m ^{1/3} /s)	80
Portata smaltibile in banchina (l/s)	0.45
Interasse bocche di scarico (m)	15.00
Larghezza falda di pertinenza (m)	9.25
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.337
coefficiente di deflusso ϕ	0.900
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
Superficie servita (ha)	0.0139
L asta principale (m)	15
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	44.519
T_a tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	344.519
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.096
portata massima di deflusso Q_{max} (mc/s)	0.0133
portata massima di deflusso Q_{max} (l/s)	13.34
Velo d'acqua y (mm)	1.831
Lunghezza percorso L (m)	9.280

intensità di pioggia j (mm/h)	36.809
Pendenza strada lungo linea di drenaggio iL	0.025
Area bagnata effettiva (m ²)	0.0396
v particella liquida reale (m/s)	0.337
Coefficiente udometrico (l/s/m ²)	0.096
ANALISI IDRAULICA CADITOIA	
Battente contro marciapiede (m)	0.044
Lunghezza caditoia (m)	0.40
Larghezza caditoia (m)	0.40
Invito alla caditoia (m)	0.0
n barre longitudinali della griglia	5
spessore barre longitudinali della griglia (m)	0.005
Portata smaltita dalla caditoia (l/s)	28.33
ANALISI IDRAULICA - Tubazione pluviale	
Invito al di sopra del pluviale (m)	0.10
altezza massima battente sul pluviale (m)	0.149
C _q sotto battente	0.6
diametro pluviale (mm)	189
Portata sotto battente (l/s)	28.83

Verifica Caditoie	
via Caduti sul Lavoro	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Pendenza longitudinale (adim.)	0.015
Pendenza trasversale strada (adim.)	0.025
Larghezza banchina (m)	0.5
Larghezza pozzanghera in carreggiata (m)	0.00
Larghezza pozzanghera su asfalto (m)	0.5
Battente contro marciapiede (m)	0.013
Area bagnata (m ²)	0.0031
scabrezza cunetta (m ^{1/3} /s)	80
Portata smaltibile in banchina (l/s)	1.24
Interasse bocche di scarico (m)	15.00
Larghezza falda di pertinenza (m)	4.25
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.598
coefficiente di deflusso ϕ	0.900
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
Superficie servita (ha)	0.0064
L asta principale (m)	15
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	25.097
Ta tempo d'accesso (s)	300.000

$T_c = T_r + t_a$ (s)	325.097
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.090
portata massima di deflusso Q max (mc/s)	0.0064
portata massima di deflusso Q max (l/s)	6.43
Velo d'acqua y (mm)	1.292
Lunghezza percorso L (m)	4.956
intensità di pioggia j (mm/h)	36.441
Pendenza strada lungo linea di drenaggio iL	0.029
Area bagnata effettiva (m²)	0.0108
v particella liquida reale (m/s)	0.598
Coefficiente udometrico (l/s/m²)	0.101
ANALISI IDRAULICA CADITOIA	
Battente contro marciapiede (m)	0.023
Lunghezza caditoia (m)	0.40
Larghezza caditoia (m)	0.40
Invito alla caditoia (m)	0.0
n barre longitudinali della griglia	5
spessore barre longitudinali della griglia (m)	0.005
Portata smaltita dalla caditoia (l/s)	12.18
ANALISI IDRAULICA - Tubazione pluviale	
Invito al di sopra del pluviale (m)	0.10
altezza massima battente sul pluviale (m)	0.128
C_q sotto battente	0.6
diametro pluviale (mm)	189
Portata sotto battente (l/s)	26.70

Verifica Caditoie	
via Camurati	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Pendenza longitudinale (adim.)	0.025
Pendenza trasversale strada (adim.)	0.025
Larghezza banchina (m)	0.5
Larghezza pozzanghera in carreggiata (m)	0.00
Larghezza pozzanghera su asfalto (m)	0.5
Battente contro marciapiede (m)	0.013
Area bagnata (m ²)	0.0031
scabrezza cunetta (m ^{1/3} /s)	80
Portata smaltibile in banchina (l/s)	1.60
Interasse bocche di scarico (m)	10.00
Larghezza falda di pertinenza (m)	6.00
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.718
coefficiente di deflusso ϕ	0.900
a (mm)	55.24

n (-)	0.173
Superficie servita (ha)	0.0060
L asta principale (m)	10
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	13.925
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	313.925
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.087
portata massima di deflusso Q max (mc/s)	0.0062
portata massima di deflusso Q max (l/s)	6.23
Velo d'acqua y (mm)	1.621
Lunghezza percorso L (m)	8.485
intensità di pioggia j (mm/h)	36.221
Pendenza strada lungo linea di drenaggio iL	0.035
Area bagnata effettiva (m²)	0.0087
v particella liquida reale (m/s)	0.718
Coefficiente udometrico (l/s/m²)	0.104
ANALISI IDRAULICA CADITOIA	
Battente contro marciapiede (m)	0.021
Lunghezza caditoia (m)	0.40
Larghezza caditoia (m)	0.40
Invito alla caditoia (m)	0.0
n barre longitudinali della griglia	5
spessore barre longitudinali della griglia (m)	0.005
Portata smaltita dalla caditoia (l/s)	10.68
ANALISI IDRAULICA - Tubazione pluviale	
Invito al di sopra del pluviale (m)	0.10
altezza massima battente sul pluviale (m)	0.126
C _q sotto battente	0.6
diametro pluviale (mm)	189
Portata sotto battente (l/s)	26.45

Verifica Caditoie	
via Carrera	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Pendenza longitudinale (adim.)	0.02
Pendenza trasversale strada (adim.)	0.025
Larghezza banchina (m)	0.5
Larghezza pozzanghera in carreggiata (m)	0.00
Larghezza pozzanghera su asfalto (m)	0.5
Battente contro marciapiede (m)	0.013
Area bagnata (m ²)	0.0031
scabrezza cunetta (m ^{1/3} /s)	80

Portata smaltibile in banchina (l/s)	1.43
Interasse bocche di scarico (m)	10.00
Larghezza falda di pertinenza (m)	5.50
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.646
coefficiente di deflusso ϕ	0.900
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
Superficie servita (ha)	0.0055
L asta principale (m)	10
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	15.489
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
Tc = $T_r + t_a$ (s)	315.489
Tc = $T_r + t_a$ (h)	0.088
portata massima di deflusso Q max (mc/s)	0.0057
portata massima di deflusso Q max (l/s)	5.69
Velo d'acqua y (mm)	1.508
Lunghezza percorso L (m)	7.043
intensità di pioggia j (mm/h)	36.252
Pendenza strada lungo linea di drenaggio iL	0.032
Area bagnata effettiva (m²)	0.0088
v particella liquida reale (m/s)	0.646
Coefficiente udometrico (l/s/m²)	0.103
ANALISI IDRAULICA CADITOIA	
Battente contro marciapiede (m)	0.021
Lunghezza caditoia (m)	0.40
Larghezza caditoia (m)	0.40
Invito alla caditoia (m)	0.0
n barre longitudinali della griglia	5
spessore barre longitudinali della griglia (m)	0.005
Portata smaltita dalla caditoia (l/s)	10.78
ANALISI IDRAULICA - Tubazione pluviale	
Invito al di sopra del pluviale (m)	0.10
altezza massima battente sul pluviale (m)	0.126
C _q sotto battente	0.6
diametro pluviale (mm)	189
Portata sotto battente (l/s)	26.47

Verifica Caditoie	
Rotatoria "A"	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to

Pendenza longitudinale (adim.)	0.0001
Pendenza trasversale strada (adim.)	0.02
Larghezza banchina (m)	0.5
Larghezza pozzanghera in carreggiata (m)	0.00
Larghezza pozzanghera su asfalto (m)	0.5
Battente contro marciapiede (m)	0.010
Area bagnata (m ²)	0.0025
scabrezza cunetta (m ^{1/3} /s)	80
Portata smaltibile in banchina (l/s)	0.07
Interasse bocche di scarico (m)	17.00
Larghezza falda di pertinenza (m)	9.00
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.100
coefficiente di deflusso Φ	0.900
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
Superficie servita (ha)	0.0153
L asta principale (m)	17
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	170.781
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
$T_c = T_r + t_a$ (s)	470.781
$T_c = T_r + t_a$ (h)	0.131
portata massima di deflusso Q max (mc/s)	0.0114
portata massima di deflusso Q max (l/s)	11.36
Velo d'acqua y (mm)	1.938
Lunghezza percorso L (m)	9.000
intensità di pioggia j (mm/h)	38.852
Pendenza strada lungo linea di drenaggio iL	0.020
Area bagnata effettiva (m²)	0.1142
v particella liquida reale (m/s)	0.100
Coefficiente udometrico (l/s/m²)	0.074
ANALISI IDRAULICA CADITOIA	
Battente contro marciapiede (m)	0.068
Lunghezza caditoia (m)	0.40
Larghezza caditoia (m)	0.40
Invito alla caditoia (m)	0.0
n barre longitudinali della griglia	5
spessore barre longitudinali della griglia (m)	0.005
Portata smaltita dalla caditoia (l/s)	50.31
ANALISI IDRAULICA - Tubazione pluviale	
Invito al di sopra del pluviale (m)	0.10
altezza massima battente sul pluviale (m)	0.173
C _q sotto battente	0.6
diametro pluviale (mm)	189
Portata sotto battente (l/s)	30.97

Verifica Caditoie	
Rotatoria "B"	
ANALISI IDROLOGICA	
Località	Casale M.to
Pendenza longitudinale (adim.)	0.0001
Pendenza trasversale strada (adim.)	0.024
Larghezza banchina (m)	0.5
Larghezza pozzanghera in carreggiata (m)	0.00
Larghezza pozzanghera su asfalto (m)	0.5
Battente contro marciapiede (m)	0.012
Area bagnata (m ²)	0.0030
scabrezza cunetta (m ^{1/3} /s)	80
Portata smaltibile in banchina (l/s)	0.09
Interasse bocche di scarico (m)	17.00
Larghezza falda di pertinenza (m)	9.00
v particella liquida ipotizzata (m/s)	0.105
coefficiente di deflusso Φ	0.900
a (mm)	55.24
n (-)	0.173
Superficie servita (ha)	0.0153
L asta principale (m)	17
T di concentrazione	
tempo di rete $T_r = L/v$ (s)	162.579
Ta tempo d'accesso (s)	300.000
Tc = $T_r + t_a$ (s)	462.579
Tc = $T_r + t_a$ (h)	0.128
portata massima di deflusso Q max (mc/s)	0.0115
portata massima di deflusso Q max (l/s)	11.53
Velo d'acqua y (mm)	1.866
Lunghezza percorso L (m)	9.000
intensità di pioggia j (mm/h)	38.734
Pendenza strada lungo linea di drenaggio iL	0.024
Area bagnata effettiva (m²)	0.1103
v particella liquida reale (m/s)	0.105
Coefficiente udometrico (l/s/m²)	0.075
ANALISI IDRAULICA CADITOIA	
Battente contro marciapiede (m)	0.073
Lunghezza caditoia (m)	0.40
Larghezza caditoia (m)	0.40
Invito alla caditoia (m)	0.0
n barre longitudinali della griglia	5
spessore barre longitudinali della griglia (m)	0.005
Portata smaltita dalla caditoia (l/s)	55.78

ANALISI IDRAULICA - Tubazione pluviale	
Invito al di sopra del pluviale (m)	0.10
altezza massima battente sul pluviale (m)	0.178
C _q sotto battente	0.6
diametro pluviale (mm)	189
Portata sotto battente (l/s)	31.44