

# PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H91J12000770005

CIG: 9524700F13

TRANVIA DI FIRENZE

LINEA 4.2

LE PIAGGE - CAMPI BISENZIO



## STUDI ED INDAGINI

### IDROLOGIA ED IDRAULICA

SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA - PARCHEGGIO "PISTOIESE"

Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque di piattaforma

STAZIONE APPALTANTE – COMUNE DI FIRENZE

DIRETTORE DEL SETTORE  
Ing. Michele Priore

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Filippo Martinelli

DEC  
Ing. Andrea Adinolfi

#### APPALTATORE

MANDATARIA



MANDANTI

ALSTOM

HITACHI  
Inspire the Next

com.net  
a nextaly company

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA



MANDANTI

SDAprogetti  
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI

STUDIO MATTIOLI  
Architettura - Ingegneria - Energia

iride

ETS  
Engineering and Technical Services  
S.p.A.

ARCHLANDSTUDIO  
architects - urban planners

steer



Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche

TECHNITAL Ing. Filippo Busola

Progettista

TECHNITAL Ing. A. Cacciatori

Commessa				Fase	Origine	Ambito		Disciplina		Attività		Parte d'opera			Tipologia		Progressivo		Rev.	Scala
F	L	4	2	D	T	I	I	I	I	0	5	P	0	3	R	T	0	1	A	-
REVISIONE		DATA		DESCRIZIONE				SOCIETÀ			REDATTO		VISTO		APPROVATO					
REV A		03/2024		PRIMA EMISSIONE				TECHNITAL			G. Massera		I. Sorio		A. Cacciatori					

**STUDI ED INDAGINI**  
**IDROLOGIA ED IDRAULICA**  
**SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA - PARCHEGGIO "PISTOIESE"**  
**Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque di piattaforma**

---

Marzo 2024

## INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	INQUADRAMENTO .....	2
1.1	LE STRATEGIE PER IL POTENZIAMENTO DELLA RETE TRANVIARIA DI FIRENZE.....	2
1.2	DESCRIZIONE DEL CONTESTO .....	4
1.3	SINTESI DELLA LINEA TRANVIARIA.....	5
3.	NORMATIVA.....	6
4.	ANALISI IDROLOGICA .....	7
5.	ANALISI IDRAULICA DELLA RETE .....	9
5.1	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI.....	9
5.2	SCHEMA DI PROGETTO .....	9
5.2.1	Sistema di raccolta .....	9
5.3	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO .....	10
5.4	VERIFICA DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO .....	11
5.4.1	Caditoia grigliata .....	11
5.5	DEFLUSSO IDRICO E INTERASSE DEGLI SCARICHI .....	11
5.5.1	Calcolo interasse in banchina a margine stradale.....	14
5.5.2	Calcolo interasse su sezioni con stalli .....	15
5.6	ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO .....	16
5.6.1	Calcolo collettori.....	17
6.	ANALISI IDRAULICA DEL TRATTAMENTO ACQUE E RESTITUZIONE A RECAPITO .....	18
6.1	TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....	18
6.1.1	Calcolo vasca di trattamento acque prima pioggia.....	18
6.2	VASCA DI ACCUMULO PER RIUTILIZZA IRRIGUO .....	19
6.3	VASCA PER IL SOLLEVAMENTO A RECAPITO .....	20

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. COROGRAFIA SISTEMA TRAMVIARIO .....	3
Figura 2. Individuazione geografica della stazione Case Passerini (FI) – Servizio Idrologico Regionale Toscana .....	7
Figura 3. Dettaglio caditoia in ghisa sferoidale classe D400.....	11
Figura 4. Schematizzazione caditoia a salto sul fondo .....	13

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. parametri caratterizzanti le cpp, con durata di pioggia inferiore ad 1 ora e tempo di ritorno 30 anni .....	8
Tabella 2. Calcoli per il dimensionamento della vasca di trattamento acque di prima pioggia.....	18
Tabella 3. Piovosità annua su serie storica 2001 - 2021.....	19
Tabella 4. Totale necessità idrica per Lotti/Mappali (mc) .....	20
Tabella 5. Calcoli per il dimensionamento della vasca di laminazione con metodo delle sole piogge .....	21
Tabella 6. Calcoli per il dimensionamento dell'impianto di sollevamento .....	21

## 1. PREMESSA

La presente relazione è redatta, quale documento facente parte del Progetto Definitivo, ai sensi del DPR 207/2010, i cui contenuti sono disciplinati all'art. 25 del medesimo Decreto.

L'oggetto del progetto definitivo è la Tranvia di Firenze – Linea 4.2 – Le Piagge-Campi Bisenzio che dal punto di vista amministrativo ha seguito i seguenti principali passaggi formali:

- con Deliberazione di Giunta n. 666 del 20 dicembre 2022, veniva **approvato il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica "rafforzato" della Linea tramviaria 4.2 le Piagge - Campi Bisenzio**;
- con Determinazione Dirigenziale DD/2022/10209 del 22/12/2022, della Direzione Sistema Tranviario Metropolitano, Servizio Gestione Tramvia, ai sensi dell'art. 32, c.2, del D.Lgs. 50/2016, è stato disposto di procedere all'avvio, ai sensi dell'art. 48 c.5 del D.L. 77/2021 alla procedura ristretta di cui all'art. 3 c.1 e art. 61 del D.Lgs 50/2016 per **l'affidamento congiunto della progettazione definitiva ed esecutiva, revisione del piano della sicurezza e coordinamento, fornitura del materiale rotabile e lavori per la realizzazione della Linea Tramviaria 4.2 Tratta Le Piagge Campi Bisenzio** con il criterio del miglior rapporto qualità/prezzo ai sensi dell'art. 95 c.2 del D. Lgs 50/2016;
- il bando di gara è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 28/12/2022, sul profilo di committente della stazione appaltante, sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana e, per estratto, su quattro quotidiani, due a diffusione nazionale e due a diffusione locale;
- con Determinazione Dirigenziale n. DD/2023 /05448 del 28.06.2023, della Direzione Sistema Tranviario Metropolitano, Servizio Gestione Tramvia, venivano approvati i verbali di gara e l'appalto in oggetto veniva aggiudicato, fatto salvo l'esito positivo dei controlli, al RTI costituito con mandataria C.M.B. Società Cooperativa Muratori e Braccianti di Carpi e Alstom Ferroviaria, AMPLIA Infrastructures, HITACHI RAIL STS e COM.NET. (tutte mandanti), il quale fin dalla fase di gara ha indicato come progettisti i soci del RTP Technital (mandataria) e SDA Progetti, ETS, Archlandstudio, Studio Mattioli, Cooperativa Archeologia, IRIDE e STEER (tutte mandanti);
- con Ordine di Servizio del RUP n.1 del 09/11/2023, la Stazione Appaltante dava l'Avvio della Progettazione Definitiva a far data dal 13/11/2023, tenendo conto di quanto indicato nella consegna del contratto in via d'urgenza ai sensi degli artt. 8 e 13 del D.Lgs. 50/2016 come da verbale trasmesso con prot. 302302 del 25/09/2023, nell'art. 20, c. 1 del CSA e nell'art. 25, c. 3 del CSA.

Nei capitoli seguenti i vari aspetti progettuali che costituiscono l'intervento vengono descritti per temi specifici e con gli opportuni rimandi agli elaborati specialistici, grafici e descrittivi del tema in argomento.

## 2. INQUADRAMENTO

### 1.1 LE STRATEGIE PER IL POTENZIAMENTO DELLA RETE TRANVIARIA DI FIRENZE

Il sistema tranviario di Firenze attualmente in esercizio è composto dalle linee T1 e T2 che, incrociandosi nell'area della stazione ferroviaria di Santa Maria Novella, servono il bacino del quadrante nord-ovest captando gran parte dell'utenza al di fuori dell'area centrale, da sempre critica per la mobilità del capoluogo toscano.

#### LA LINEA T1: LEONARDO

La Linea T1 collega il Comune di Scandicci con il Polo Universitario Ospedaliero di Careggi, transitando per la stazione di Santa Maria Novella a Firenze. La lunghezza del percorso è di 11,5 km con n. 26 fermate.

La Linea T1 è nata riunendo la Linea 1: Scandicci - Stazione FS di Santa Maria Novella (in esercizio dal 14 febbraio 2010 con 15 fermate lungo un tracciato di 7,7 km) e la Linea 3.1: Stazione FS di S. Maria Novella - Ospedale Careggi - (in esercizio dal 16 luglio 2018 con 11 fermate lungo un tracciato di 5,5 km).



#### LA LINEA T2: VESPUCCI

La Linea T2 collega il capolinea Aeroporto "Vespucci" di Peretola con Stazione FS di Santa Maria Novella ove si interscambia con la Linea T1, per terminare al capolinea di piazza dell'Unità d'Italia; la linea è in esercizio dal 2018.

Si tratta di una linea fondamentale per il sistema tranviario della città di Firenze in quanto interessa la zona di maggior sviluppo dell'area metropolitana (Novoli), collega l'Aeroporto di Peretola con la nuova stazione ferroviaria dell'Alta Velocità di Belfiore, ed infine serve i nuovi insediamenti per l'Università e il Palazzo di Giustizia nell'area di Novoli. La lunghezza del percorso è 5,3 km, con n. 12 fermate



Il capolinea di piazza dell'Unità d'Italia è provvisorio, fino alla realizzazione della tratta di collegamento denominata VACS "Variante Centro Storico 2° lotto" che collegherà Piazza dell'Unità d'Italia con Piazza San Marco percorrendo viale Strozzi - viale Lavagnini e Piazza della Libertà; la sub-tratta è in fase avanzata di costruzione ed è prevista l'entrata in esercizio nel 2024.

Con Accordo di Programma fra Regione Toscana ed i Comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio e Bagno a Ripoli sono stati definiti il programma di interventi ed i reciproci impegni per il completamento dell'estensione del sistema tranviario, fra cui l'estensione della Linea 3 a Bagno a Ripoli (Linea 3.2.1) e Rovezzano (Linea 3.2.2) e le estensioni delle Linee tramviarie verso Campi Bisenzio (Linea 4 ) e Sesto Fiorentino (Linea 2..2 che collegherà l'aeroporto di Peretola con il centro di Sesto Fiorentino):

#### LA LINEA T4

La linea 4 è composta dalle tratte 4.1 e 4.2 ed è prevista la realizzazione in regime di appalto integrato.

La prima tratta: **Linea 4.1 “Leopolda -Le Piagge”** (di cui è stato approvato il progetto definitivo) si sviluppa tra la zona di Porta al Prato e l'area delle Piagge, costituendo il collegamento tra la città di Firenze e il centro abitato di Campi Bisenzio. Il tracciato si interconnette con la Linea 1 in corrispondenza della fermata “Porta al Prato – Leopolda” e giunge alla fermata “Le Piagge” correndo in parte sulla ex linea ferroviaria Firenze-Empoli (già dismessa da RFI) e in parte su nuova sede. La lunghezza della Linea 4.1 è di 6,370 km con n. 13 fermate (compreso capolinea Le Piagge).

La seconda tratta: **Linea 4.2 “Le Piagge – Campi Bisenzio”** (di cui è stato approvato il PFTE “rafforzato”) riprende il tracciato dalla fermata Le Piagge e termina a Campi Bisenzio, consentendo così al sistema tranviario fiorentino di innestarsi nell’agglomerato urbano di Campi Bisenzio. La lunghezza della Linea 4.2 è di 5,360 km con n. 11 fermate (escluso capolinea Le Piagge).

La presente relazione riferisce sui contenuti del progetto definitivo della linea tramviaria 4.2 che costituisce il collegamento con la zona sud-est della città di Firenze dalla stazione Le Piagge, in Comune di Firenze, fino al capolinea di Campi Bisenzio, rappresentando di fatto il prolungamento della Linea 4.1 “Leopolda-Piagge”.

Nella figura seguente è riportato il quadro complessivo del sistema tranviario di Firenze (immagine tratta dal sito [https://mobilita.comune.fi.it/tramvia/sistema\\_tranviario](https://mobilita.comune.fi.it/tramvia/sistema_tranviario)).

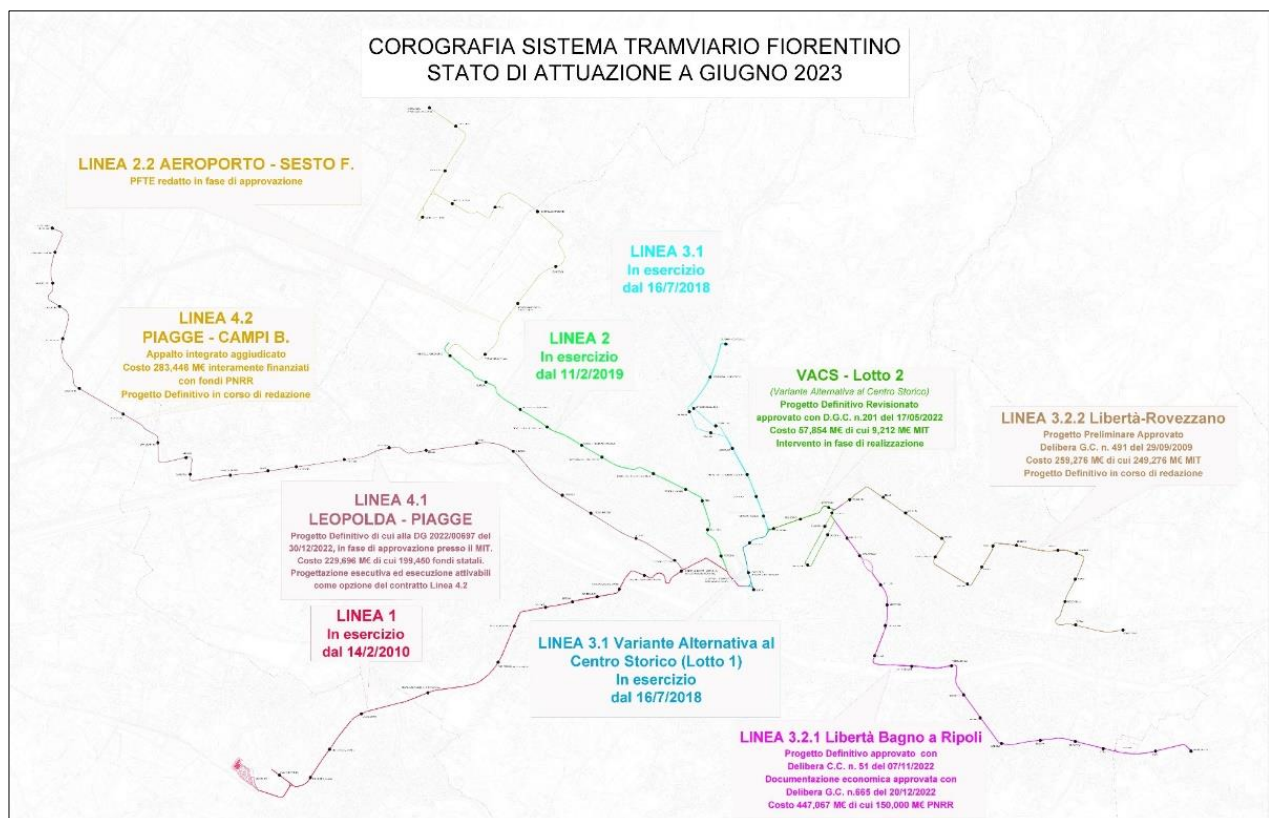


FIGURA 1. COROGRAFIA SISTEMA TRAMVIARIO

## 1.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO

La linea 4.2 insiste sui territori dei Comuni di Firenze e Campi Bisenzio con uno sviluppo complessivo di circa km 3+350 m, sviluppandosi sulla direttrice sud/est verso nord/ovest. Per gran parte del suo sviluppo, il tracciato si affianca alle direttrici principali di traffico lasciando la sede stradale attuale a svolgere la sua funzione con le medesime caratteristiche presenti, senza cioè alterarne la sezione e l'organizzazione stradale.

Il territorio attraversato si presenta parzialmente urbanizzato, con tratti ove l'antropizzazione si concretizza in abitati tipici della periferia a tratti di campagna quali zone cuscinetto agricolo tra gli agglomerati urbani.

La zona nel Comune di Firenze presenta edifici multipiano a scopo abitativo con ampie aree a verde che spostandosi verso ovest assume sempre più una prevalenza di aree verdi rispetto alle aree antropizzate.

Superata l'autostrada A1 ci si muove verso nord, verso la SR "Pistoiese" entrando nel territorio comunale di Campi Bisenzio: il contesto presenta alternativamente aree costruite ed aree verdi, le prime conseguenza dell'urbanizzazione tipica dei contesti periferici che si sono sviluppati attorno alle principali direttrici di traffico, nello specifico la via Pistoiese, fin da epoche remote: questa zona è stata abitata fin dall'epoca romana e ha una lunga storia di agricoltura e attività manifatturiere fino ai giorni nostri.

La realizzazione della nuova SR "Pistoiese" ha spostato l'infrastruttura principale al di fuori o ai limiti degli agglomerati urbani, ma negli anni lo sviluppo edilizio ha creato un grande borgo senza soluzione di continuità.

Si incontrano in successione da est verso ovest il Canale Macinante con a fianco il fosso S. Donnino, il fosso o collettore Acque Basse-Gavine, il Fosso Reale con i suoi colatori laterali ed infine il fosso Prunaia. La geomorfologia del territorio presenta una piana solcata da un "pettine" di corpi idrici che confluiscono nel fiume Bisenzio a sua volta immissario del più ampio bacino del fiume Arno.

Un elemento caratterizzante che si trova in questo contesto sono i bacini o casse di espansione delle incisioni idrografiche che attraversano il territorio con andamento prevalente nord-sud. Questi elementi appartengono anche all'area ZSC-ZPS IT5140011 "Stagni della Piana Fiorentina e Pratese" caratterizzata da depressioni che in caso di piene della rete idrografica, direttamente o per rigurgito, tendono ad essere sommerse con la creazione di zone umide.

Spostandosi verso nord ovest fino a raggiungere il centro del Comune di Campi Bisenzio, il contesto assume nuovamente una prevalenza di insediamenti antropici (nuclei abitati, zone commerciali, infrastrutture per la mobilità) seppur la valenza ambientale rimanga un elemento caratterizzante del paesaggio: ampie distese coltivate o parchi pubblici si alternano lasciando spazio all'edificazione intensa solo nell'intorno del centro abitato comunale.

### 1.3 SINTESI DELLA LINEA TRANVIARIA

La linea tramviaria 4.2, quale naturale proseguimento della linea 4.1 Leopolda - Le Piagge (non oggetto del presente progetto definitivo), si sviluppa dalla fermata Le Piagge (compresa nel progetto e lavori della linea 4.1) all'abitato di San Donnino e da questo fino al centro di Campi Bisenzio: l'intera linea 4 costituisce un'opera di importanza strategica che si inserisce nel sistema tranviario fiorentino e che fa parte di un sistema intercomunale che collega il comune di Firenze con il comune di Campi Bisenzio, interconnettendosi alla linea 1 in corrispondenza della stazione Leopolda Porta al Prato. Obiettivo principale della progettazione è il miglioramento dell'offerta di mobilità pubblica da e verso il capoluogo fiorentino lungo la direttrice nord ovest, attualmente molto trafficata e facente capo alla SR "Pistoiese", lungo la quale si sviluppano anche le linee di trasporto pubblico urbano ed extraurbano: si tratta di mettere a servizio delle comunità locali un sistema di trasporto alternativo a quello su gomma, al fine di ridurre il traffico veicolare che insiste su tutta l'area ed il centro del capoluogo.

La linea 4.2 ha uno sviluppo complessivo di circa km 5+360 m dalla fermata Le Piagge al capolinea Rucellai in Piazza Aldo Moro a Campi Bisenzio. Il tracciato presenta sempre due binari tranviari in direzioni di marcia opposte.

Lungo il suo sviluppo sono previste n. 11 fermate di cui n. 4 nel comune di Firenze (Nave di Brozzi, Campania, Abruzzi, San Donnino) e n. 7 nel comune di Campi Bisenzio (Pistoiese, Castagno, Repubblica, Racchio, Palagetta, Giordano Bruno, Rucellai).

Per l'esercizio tranviario è previsto anche una zona cosiddetta "Deposito" dove trovano ubicazione le strutture per il rimessaggio e la manutenzione dei mezzi: la sua collocazione sul territorio è prevista in Comune di Firenze ed in adiacenza all'Autostrada A1 sul lato ovest, a sud dell'abitato del quartiere di San Donnino.

Per favorire la massima attrattività della linea tramviaria nei confronti dell'utenza, lungo il tracciato sono state individuate delle aree da destinarsi a parcheggi, per favorire lo scambio intermodale tra il traffico privato e il trasporto pubblico. I parcheggi prendono il nome dalle località e sono ubicati in prossimità di fermate della tranvia:

1. Parcheggio Campania
2. Parcheggio Castagno
3. Parcheggio S. Donnino
4. Parcheggio Pistoiese

L'intersezione con i corsi d'acqua prevede che la linea tramviaria si sviluppi su idonei manufatti di scavalco: i 4 principali attraversamenti con ponti sono nell'ordine da ovest verso est:

- Ponte sul Canale Macinante;
- Ponte sul fosso o collettore Acque Basse-Gavine;
- Viadotto sul Fosso Reale e i colatori laterali
- Ponte sul fosso Prunaia

Nel tratto che si affianca alla SR "Pistoiese" sono previsti degli interventi strutturali per il prolungamento dei sottopassi stradali di via S. Jacopo e Via dei Manderi e la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale in corrispondenza del previsto parcheggio e fermata "Pistoiese".

### 3. NORMATIVA

---

Durante la redazione del presente progetto sono state considerate le seguenti norme:

- Legge Regionale Toscana 20/2006;
- Decreto Legislativo n. 152/2005;
- Regio Decreto 523/1904;
- UNI/TS 11445:2012.

#### 4. ANALISI IDROLOGICA

Lo studio idrologico è finalizzato alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno che verranno assunte nelle verifiche idrauliche.

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle costruzioni.

Le informazioni idrologiche sono rese disponibili dal Servizio Idrologico Regionale della Toscana (S.I.R), dove mediante l'applicativo disponibile online, è possibile ottenere i parametri  $a$  ed  $n$  per diversi tempi di ritorno e piogge di durata uguale o superiore all'ora. L'intervento, oggetto della presente relazione tecnica, è ubicato in corrispondenza del tracciato tranviario che si sviluppa tra il Comune di Firenze ed il comune di Campi Bisenzio.

La stazione pluviografica presa a riferimento per la seguente analisi idrologica è la stazione di Case Passerini (FI), con codice identificativo TOS01001225, risultando essere la più idonea per lo studio delle forzanti idrologiche che insistono sul parcheggio in oggetto.

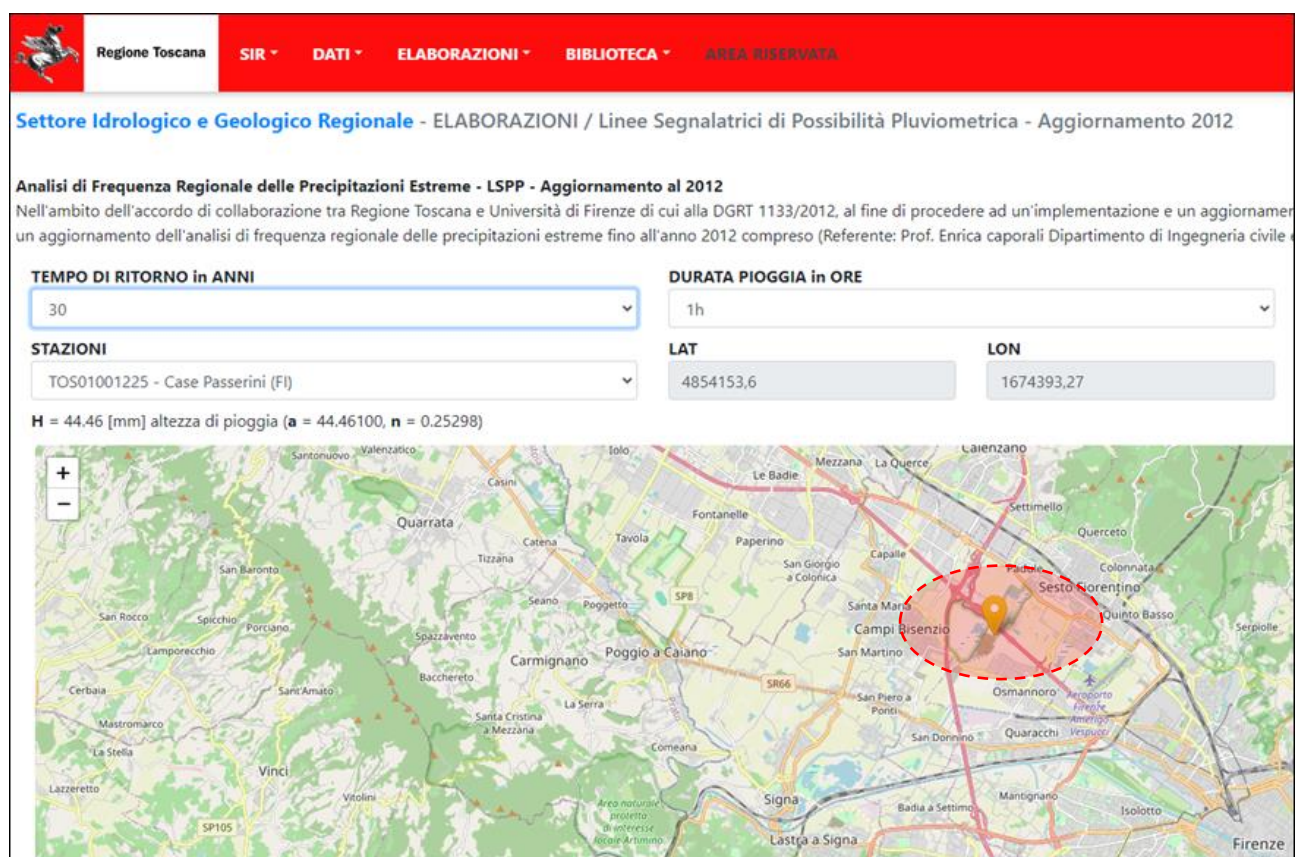


FIGURA 2. INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA DELLA STAZIONE CASE PASSERINI (FI) – SERVIZIO IDROLOGICO REGIONALE TOSCANA

Il **tempo di ritorno** selezionato per la progettazione della rete di drenaggio della piattaforma è **30 anni**. In Figura 2 si riportano i valori di  $a = 44.461$  ed  $n = 0.25298$ , corrispondenti ad una durata di pioggia pari ad 1 ora. Date le modeste dimensioni dei bacini qui considerati, è stato necessario far riferimento ad eventi meteorici di breve durata, inferiori cioè all'ora. Queste precipitazioni sono commisurate al tempo di risposta relativamente breve (in genere di qualche decina di minuti) dei bacini estratti.

Partendo quindi dalla curva di possibilità pluviometrica per durata pari all'ora ( $TR=30$  anni), è stato necessario applicare una nota metodologia proposta in letteratura (AAVV, Sistemi di fognatura, Manuale di progettazione, 1997, ed. HOEPLI), che permette di estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica stimate per eventi di precipitazione superiori all'ora, anche alle durate di pioggia inferiori all'ora. Tale metodo parte dall'osservazione che i rapporti  $r_d$  fra le altezze di pioggia di durata  $d$  inferiori all'ora e l'altezza di precipitazione oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località (Bell 1969, "Generalized rainfall-duration-frequency relationships, Journal of Hydraulics Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers, 95, NY1, pp.311-327).

Dato che i tempi di corrivazione caratterizzanti i bacini estratti risultano contenuti (nettamente inferiori all'ora) e che la curva di possibilità pluviometrica ottenuta dal S.I.R. Toscana considera un evento con durata uguale all'ora, nei successivi calcoli sono stati utilizzati i seguenti rapporti tra la massima altezza di precipitazione di durata  $\delta$  e la massima altezza oraria.

$\delta$ [minuti]	5	10	15	20	30	45	60
$h_{<1}/h_1$	0.29	0.41	0.5	0.58	0.71	0.87	1

Effettuando un'interpolazione dei punti con una legge di tipo potenziale, si sono ricavati i valori del coefficiente correttivo da introdurre nella valutazione delle piogge critiche di durata inferiore all'ora. Qui di seguito si riportano i risultati ottenuti a fronte dei valori di partenza, corrispondenti a piogge di durata superiore all'ora.

TABELLA 1. PARAMETRI CARATTERIZZANTI LE CPP, CON DURATA DI PIOGGIA INFERIORE AD 1 ORA E TEMPO DI RITORNO 30 ANNI

Durate di pioggia	a	n
$\delta \geq 1$ h	44.461	0.25298
$\delta < 1$ h	<b>44.56</b>	<b>0.4992</b>

Il **tempo di ritorno** selezionato per la progettazione del volume di laminazione ai fini dell'invarianza idraulica è **50 anni**, a cui corrispondono i seguenti parametri:  **$\alpha = 49.494$**  ed  **$n = 0.26002$** , per durate di pioggia maggiori di 1 ora. La scelta delle durate di riferimento è differente dal caso precedente poiché le aree drenate comportano un tempo critico di pioggia maggiore dell'ora.

## 5. ANALISI IDRAULICA DELLA RETE

In questo capitolo verranno illustrate le valutazioni a carattere idraulico del drenaggio del parcheggio. In particolare, verranno dapprima trattate le calcolazioni idrauliche figlie dell'analisi idrologica e che costituiranno la forzante di progetto. In seconda istanza verranno illustrate le strategie messe in atto per il drenaggio dei vari elementi, partendo dalla descrizione della soluzione adottata e dalla trattazione analitica seguita.

### 5.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione e alle superfici in generale un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta a margine delle suddette superfici;
- convogliare tutte le acque raccolte ai punti di recapito.

### 5.2 SCHEMA DI PROGETTO

La rete di drenaggio di progetto consentirà la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sull'intera superficie del parcheggio Pistoiese e verrà descritta compiutamente nel paragrafo seguente.

La rete, inoltre, verrà dotata di una serie di manufatti e presidi tecnologici, che consentiranno la corretta gestione delle acque meteoriche raccolte. La configurazione della rete, infatti, prevede la separazione delle acque di prima pioggia, caratterizzate dalla maggiore concentrazione di inquinanti e delle acque di seconda pioggia che verranno prioritariamente destinate all'alimentazione di un bacino di accumulo per il riutilizzo delle acque meteoriche. La gestione delle acque drenate viene rimandata al Capitolo 6 per ulteriori approfondimenti e le relative verifiche.

#### 5.2.1 Sistema di raccolta

Il sistema di raccolta previsto è costituito nel suo complesso dai seguenti elementi:

- collettore principale con pozzetti di ispezione/immissione posti ad interasse di 30m;
- caditoie 50x50cm con griglia in ghisa carrabile classe D400 disposte in prossimità dei punti di compluvio dell'area drenata con interasse di 15 m;
- caditoie 50x50cm con griglia in ghisa carrabile classe D400 disposte in banchina su margine stradale con interasse di 15m.

Le caditoie sono collegate al sistema principale a mezzo di fognoli in PVC SN8 DN160-DN200. Per quanto riguarda la realizzazione delle dorsali principali è stato previsto l'utilizzo di tubi strutturati in PVC con classe di rigidità pari a SN 8 kN/mq. I pozzetti in c.a. di ispezione/immissione presentano dimensioni congrue alle dimensioni dei collettori in ingresso e uscita. Per collettori con  $DN \leq 500$  le dimensioni interne sono 0.80x0.80m, mentre per collettori DN630 le dimensioni interne sono 1.00x1.00m. La configurazione della rete prevede il trattamento delle acque di prima pioggia in discontinuo mediante accumulo e successiva disoleatura, il tutto tramite sistema prefabbricato. Le acque di seconda pioggia, invece, vengono convogliate verso la vasca di laminazione, in cui è previsto l'alloggiamento di un volume per il recupero ed uso irriguo. Il sistema descritto è dotato di un sollevamento che rilancia le acque stoccate ad una portata costante pari a 6

l/(s ha). Le acque derivanti dai sistemi di trattamento e laminazione vengono convogliate al sistema fognario esistente delle acque meteoriche.

### 5.3 STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Una volta determinati i parametri caratteristici delle precipitazioni, dichiarati nel Capitolo 4, il dimensionamento degli elementi idraulici di presidio del parcheggio è stato sviluppato calcolando la forzante idraulica con metodi classici di letteratura e verificando la capacità di smaltimento della sezione idraulica prevista mediante l'utilizzo di scale di deflusso in moto uniforme derivate dalla formulazione di Chezy.

Il calcolo della forzante idraulica è stato condotto utilizzando il metodo della corrivazione, detto comunemente modello cinematico.

Per il calcolo delle portate, relative a ciascun tronco della rete di drenaggio delle acque di piattaforma stradale, si è proceduto con il metodo cinematico o metodo della corrivazione, secondo la formula:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{360}$$

Dove:

- $Q$  è la portata al colmo di piena ( $m^3/s$ );
- $\varphi$  è il valore del coefficiente di deflusso medio del bacino;
- $i$  è l'intensità di pioggia pari al tempo di corrivazione  $t_c$  (mm/h);
- $S$  è la superficie del bacino (ha).

Il tempo di corrivazione è stato calcolato utilizzando una delle formule empiriche proposte nel testo pubblicato dal Centro Studi Deflussi Urbani "Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione" edizione Hoepli. Questo può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fino alla sezione di chiusura. In particolare, individuata la rete e i sottobacini relativi a ciascun tronco, il tempo  $t_c$  è dato dalla somma:

$$t_c = t_a + t_r$$

in cui  $t_a$  è il tempo di accesso alla rete e relativo al sottobacino drenato dal condotto posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo e  $t_r$  è il tempo di rete, ovvero il tempo che impiega la massima portata a percorrere la canalizzazione, nelle condizioni di moto uniforme, per giungere alle sezioni di interesse. Il tempo di accesso della rete è di incerta determinazione, variando con la pendenza media del bacino, la natura dello stesso e il livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché dell'altezza della pioggia precedente l'evento critico di progetto. Tuttavia, il valore assunto normalmente nella progettazione è sempre stato compreso tra i 5 e i 15 minuti. Essendo le aree drenate di piccola estensione, è stato adottato il valore più cautelativo pari a 5 minuti ("Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione", edizione Hoepli). I valori dei parametri della curva di possibilità climatica sono quelli ricavati attraverso lo studio idrologico, precedentemente descritto nel Capitolo 4, con riferimento ad un tempo di ritorno di 30 anni per il drenaggio del parcheggio. I valori assegnati ai coefficienti di deflusso  $\varphi_i$  sono stati valutati in relazione alle caratteristiche delle aree drenanti. Nello specifico, per la pavimentazione della sede stradale si è scelto di utilizzare un coefficiente di deflusso pari a 1, mentre per gli stalli dei parcheggi previsti in autobloccante e le aree verdi pari rispettivamente a 0.7 e 0.3.

## 5.4 VERIFICA DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO

Qui di seguito, verranno descritti gli elementi di drenaggio utilizzati per il Parcheggio Pistoiese, evidenziandone il funzionamento idraulico, mentre nelle varie calcolazioni verranno dichiarati i valori dei parametri utilizzati.

### 5.4.1 Caditoia grigliata

Le caditoie con griglia 0.50x0.50m in ghisa sferoidale classe D400 sono utilizzate per raccogliere l'acqua della piattaforma stradale e sono a coronamento di un pozzetto prefabbricato in CLS, dimensioni interne 0.60mx0.60m, dove convergono i fognoli PVC SN8 costituenti la rete di drenaggio secondaria, collegata alle dorsali principali a mezzo di pozzetti di ispezione coronati da chiusini.

Per dimensionare il passo delle caditoie, si stabilisce l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto delimitato dal cordolo definito al massimo pari alla larghezza della banchina (B = fascia allagata). Per il calcolo della portata massima transitante nella banchina si è utilizzata la formula di Chézy ponendo come parametro di Strickler il valore di 67 (n = 0.015).

Si ha:

$$A = \frac{B^2 j_t}{2} = C = B \left[ j_t + \frac{1}{\cos(\arctg j_t)} \right]$$

Il calcolo degli interassi di scarico, che identificano quindi la posizione delle caditoie, verrà esplicitato nel paragrafo 5.5.

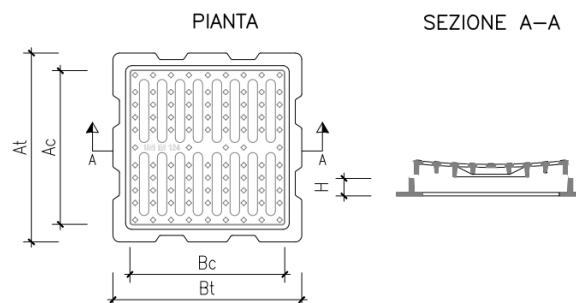


FIGURA 3. DETTAGLIO CADITOIA IN GHISA SFEROIDALE CLASSE D400

## 5.5 DEFLUSSO IDRICO E INTERASSE DEGLI SCARICHI

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene definito considerando una sezione di deflusso triangolare, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato.

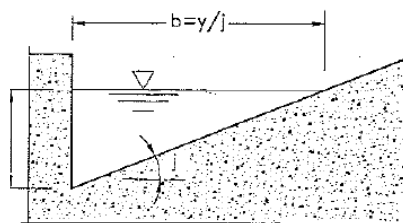


FIGURA 5. SCHEMATIZZAZIONE SEZIONE TIPICA PER BANCHINA

Il moto che si instaura viene assimilato a moto uniforme, con riferimento alla portata  $Q$  che compete alla sezione terminale del tratto compreso tra due scarichi. Indicando con  $A$  e  $R$  rispettivamente area e raggio idraulico della sezione, con  $i$  la pendenza longitudinale e con  $K_s$  il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler, posto uguale a  $67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per la piattaforma stradale, si ha:

$$Q = A \cdot K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della sede stradale che interessa l'intera banchina, pari a 1 m nel caso in oggetto, si ottiene la portata convogliabile per ogni tratto stradale.

Considerando i parametri delle CPP forniti dall'analisi idrologica, un coefficiente di laminazione  $\varepsilon$  pari a 1 e un coefficiente di efflusso  $\phi$  pari a 1, in funzione del tempo di corrivazione  $t_c$ , definito pari a 5 minuti, si ottiene l'intensità di precipitazione massima prevista, il coefficiente udometrico  $u$  è la portata drenata dalla piattaforma stradale.

- $i = a \cdot t_c^{(n-1)}$  [mm/h]
- $u = 2.78 \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot i$  [l/s/ha]
- $Q_{\text{drenata}} = u \cdot A$  [l/s]

Dividendo il valore della massima portata transitabile lungo la base della piattaforma stradale per la portata drenata per  $Tr$  pari a 30 anni, si ottiene l'interasse tra gli scarichi. Tale interasse deve essere tale per cui gli elementi di raccolta siano in grado di smaltire la portata in arrivo.

Nel caso di caditoie poste tra la banchina e gli stalli (assenza del cordolo) è stato considerato lo schema di caditoia che tiene conto sempre di una sezione triangolare delimitata dai due piani stradali inclinati, quello della sede principale e quello dello stallo, come mostrato nel seguente schema.

Nelle sezioni coinvolte nell'intervento in oggetto, il calcolo dell'interasse di scarico è stato funzionale al posizionamento dei punti di scarico, e quindi delle caditoie grigliate.

Il posizionamento delle caditoie è stato definito in accordo con il tracciato in progetto seguendo le pendenze trasversali e prevedendo un interasse minore o uguale rispetto a quello ottenuto dalle verifiche riportate qui di seguito.

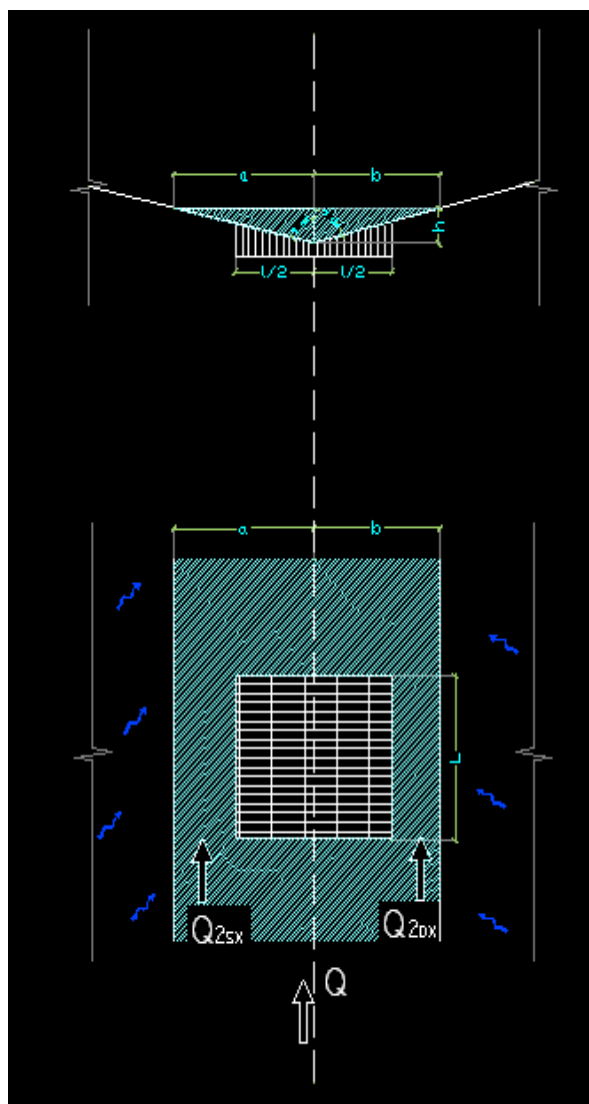


FIGURA 4. SCHEMATIZZAZIONE CADITOIA A SALTO SUL FONDO

### 5.5.1 Calcolo interasse in banchina a margine stradale

Calcolo deflusso in sede stradale		
		-
Pk		-
Larghezza piattaforma drenata [m]	W	3.5
Pendenza trasversale strada [%]	i	0.025
Angolo sulla verticale [grad]	q	88.57
Larghezza banchina allagata [m]	b	1
Altezza d'acqua massima ammissibile [m]	h	0.025
Pendenza stradale longitudinale [m/m]	p	0.004
Area di deflusso [m <sup>2</sup> ]	A <sub>d</sub>	0.0125
Raggio idraulico banchina [m]	R	0.0122
Coefficiente di Strickler [m <sup>1/3</sup> /s]	K <sub>s</sub>	67.00
Portata longitudinale convogliata dalla banchina [l/s]	Q	2.75
Velocità di deflusso in cunetta [m/s]	v	0.22
Calcolo interasse scarico		
Coefficienti c.p.p. [mm/h]	a	44.56
Coefficienti c.p.p.	n	0.4992
Durata precipitazione [min]	T <sub>c</sub>	5
Coefficiente di laminazione	e	1
Coefficiente di afflusso	j	1
Intensità precipitazione [mm/h]	i	154.67
Coefficiente udometrico [l/s/ha]	u	429.98
Portata drenata/m [l/sm]	Q	0.15
INTERASSE SCARICO PIATTAFORMA [m]		18

### 5.5.2 Calcolo interasse su sezioni con stalli

Calcolo deflusso in compluvio				
SX	Larghezza piattaforma drenata	W	m	8.00
	Pendenza longitudinale	p		0.005
	Pendenza trasversale	i <sub>sx</sub>		0.01
	Semibase	a	m	2
	Altezza d'acqua	h	m	0.02
	Angolo sulla verticale	q <sub>sx</sub>	gradi	89.43
	Area deflusso sx	A <sub>sx</sub>	m <sup>2</sup>	0.02
	Perimetro sx	P <sub>sx</sub>	m	2.00
	Raggio idraulico sx	R <sub>sx</sub>		0.01
	Coeff. Strickler sx	Ks <sub>sx</sub>	m <sup>-1/3</sup> s <sup>-1</sup>	67
	Portata longitudinale convogliata sx	Q <sub>sx</sub>	l/s	4.40
	Velocità di deflusso sx	V <sub>sx</sub>		0.22
DX	Pendenza trasversale	i <sub>dx</sub>		0.015
	Semibase	b	m	1.33
	Altezza d'acqua	h	m	0.02
	Angolo sulla verticale	q <sub>dx</sub>	gradi	89.14
	Area deflusso dx	A <sub>dx</sub>	m <sup>2</sup>	0.01
	Perimetro dx	P <sub>dx</sub>	m	1.33
	Raggio idraulico dx	R <sub>dx</sub>		0.01
	Coeff. Strickler dx	Ks <sub>dx</sub>	m <sup>-1/3</sup> s <sup>-1</sup>	67
	Portata longitudinale convogliata dx	Q <sub>dx</sub>	l/s	2.93
	Velocità di deflusso dx	V <sub>dx</sub>	m/s	0.22
Portata totale longitudinale convogliata		Q	l/s	7.33
Area totale		A		0.03
Velocità media di deflusso		V	m/s	0.22

Calcolo interasse caditoie				
CPP TR 30 anni		a	mm/h	44.56
CPP TR 30 anni		n		0.4992
Durata precipitazione		T <sub>c</sub>	min	5
Coefficiente di laminazione		e		1
Coefficiente di afflusso		j		1
Intensità precipitazione		i	mm/h	154.67
Coefficiente uditometrico		u	l/s/ha	429.98
Massima superficie drenata		A <sub>TOT</sub>	m <sup>2</sup>	170.47
Lunghezza drenata		L <sub>L</sub>	m	15
Interasse minimo caditoie [m]				15

## 5.6 ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è eseguito facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione, in questo caso pari alla somma del tempo di afflusso  $t_a$ , e del tempo di traslazione,  $t_r$ , lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo è calcolato secondo la formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

Dove:

$N$  è il numero dei tronchi della rete, a monte della sezione, costituenti l'asta principale;

$l_i$  è la lunghezza del tronco  $i$ -esimo;

$v_i$  è la velocità nel tronco  $i$ -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, la scala di deflusso è stimata con la formula di Chézy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{Ri} = K_s \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{i}$$

Dove:

- $Q$  è la portata di dimensionamento della canalizzazione ( $m^3/s$ );
- $K_s$  è il coefficiente di scabrezza di Strickler ( $m^{1/3}/s$ ), pari a  $1/n$ , posto pari a  $85 m^{1/3}/s$  per il PVC;
- $A$  è l'area bagnata ( $m^2$ );
- $C$  è il contorno bagnato (m);
- $i$  è la pendenza media dell'elemento (m/m);
- $R$  è il raggio idraulico (m), pari al rapporto tra l'area bagnata e il contorno bagnato;
- La velocità di percorrenza del singolo tratto può essere calcolata attraverso il rapporto tra la portata,  $Q$ , e l'area bagnata,  $A$ .

Di seguito vengono riportate le tabelle relative ai vari elementi del sistema di drenaggio della WBS oggetto della presente relazione, dove si riportano:

- le superfici influenti su ciascun tratto di collettore, con riferimento alle sezioni di progetto;
- il materiale, il diametro e le lunghezze dei collettori;
- il corrispondente valore della portata, calcolata secondo l'intensità di precipitazione corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 30 anni;
- il grado di riempimento, avendo come massimo il 70% per tutti gli elementi;
- la velocità massima raggiunta nei collettori, con valori di riferimento minimo e massimo 0.5 e 5 m/s.

Di seguito si riportano le calcolazioni relative al parcheggio Pistoiese.

IDROLOGIA ED IDRAULICA  
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA - PARCHEGGIO "PISTOIESE"  
Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque di piattaforma

5.6.1 Calcolo collettori

ID	Tratto	Materiale	Area imp. (m <sup>2</sup> )	Area semi-perm. (m <sup>2</sup> )	Area efficace (m <sup>2</sup> )	Area efficace cumulata (m <sup>2</sup> )	Diametro commerciale (mm)	Pendenza (-)	Lunghezza (m)	Q <sub>critica</sub> (m <sup>3</sup> /s)	h riempim. (m)	Grado di riempimento (-)	Velocità (m/s)
P03	P1-P2	PVC	86.00	74.00	137.8	137.8	315	0.002	28	0.006	0.07	0.24	0.5
P03	P2-P4	PVC	290.00	190.00	423	560.8	315	0.002	16	0.023	0.15	0.49	0.7
P03	P3-P4	PVC	90.00	70.00	139.00	139	315	0.00	28	0.006	0.07	0.24	0.5
P03	P4-P6	PVC	251.00	254.00	428.8	1128.6	400	0.002	16	0.045	0.19	0.51	0.8
P03	P5-P6	PVC	90.00	70.00	139	139	315	0.002	28	0.006	0.07	0.24	0.5
P03	P6-P8	PVC	251.00	254.00	428.8	1696.4	500	0.002	16	0.069	0.22	0.46	0.9
P03	P7-P8	PVC	90.00	70.00	139	139	315	0.002	28	0.006	0.07	0.24	0.5
P03	P8-P10	PVC	261.00	254.00	438.8	2274.2	500	0.002	16	0.092	0.26	0.55	0.9
P03	P9-P10	PVC	90.00	70.00	139	139	315	0.002	28	0.006	0.07	0.24	0.5
P03	P10-P15	CLS	266.00	254.00	443.80	2857	630	0.00	16	0.116	0.31	0.53	0.8
P03	P11-P12	PVC	105.00	85.00	164.5	164.5	315	0.002	30	0.007	0.08	0.26	0.5
P03	P12-P13	PVC	185.00	155.00	293.5	458	315	0.002	30	0.018	0.13	0.43	0.6
P03	P13-P14	PVC	185.00	155.00	293.5	751.5	315	0.002	19	0.029	0.17	0.57	0.7
P03	P14-P15	PVC	115.00	175.00	237.50	989	315	0.00	19	0.037	0.20	0.67	0.7
P03	P15-P16	CLS	215.00	145.00	316.5	4162.5	630	0.002	6	0.168	0.32	0.54	1.1
P03	P17-P18	CLS	120.00	0.00	120	120	315	0.002	16	0.025	0.16	0.52	0.7
P03	P18-P19	CLS	240.00	0.00	240.00	360	315	0.00	16	0.035	0.19	0.65	0.7
P03	P19-Scarico	CLS	240.00	0.00	240	600	315	0.003	16	0.044	0.20	0.66	0.9

## 6. ANALISI IDRAULICA DEL TRATTAMENTO ACQUE E RESTITUZIONE A RECAPITO

Come anticipato nel precedente Capitolo 5, la configurazione della rete prevede la separazione delle acque di prima pioggia, caratterizzate dalla maggiore concentrazione di inquinanti dovuta dal primo dilavamento delle superfici, rispetto agli afflussi denominati di seconda pioggia. Le acque di prima pioggia verranno separate mediante un pozzetto scolmatore, e trattate secondo lo schema in discontinuo. A seguito della loro separazione, verranno dunque accumulate e successivamente trattate mediante disoleazione, per poi essere inviate al recapito individuato.

Le acque di seconda pioggia vengono convogliate ad una vasca con dimensioni tali da accogliere le volumetrie destinate alla laminazione e al recupero e quindi all'uso irriguo. Le acque non destinate al riuso, e quindi soggette al vincolo di invarianza, verranno sollevate a mezzo di una pompa per essere restituite al recapito della rete esistente delle acque meteoriche individuato.

### 6.1 TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

La configurazione della rete prevede il trattamento delle acque di prima pioggia in discontinuo, secondo lo schema noto come "accumulo e rilancio" della prima pioggia in una vasca prefabbricata in c.a., e successivo trattamento dei volumi stoccati con disoleatore con filtro a coalescenza conforme alla norma UNI EN 858-1.

Le acque di prima pioggia sono definite dall'art. 2 L.R. Toscana 20/2006 come: "acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 millimetri 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; i coefficienti di deflusso si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate ed a 0.3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate; si considerano eventi meteorici distinti quelli che si succedono a distanza di quarantotto ore."

Il calcolo dei volumi di prima pioggia da separare e trattare negli appositi sistemi è stato eseguito secondo quanto indicato dalla normativa vigente, ovvero D.lgs n. 152/2006 e L.R. Toscana 20/2006.

#### 6.1.1 Calcolo vasca di trattamento acque prima pioggia

Di seguito si riporta il calcolo della prima pioggia per la determinazione delle volumetrie della vasca di accumulo. I coefficienti di deflusso utilizzati nel computo delle superfici scolanti sono pari ad 1 per le superfici impermeabili, 0.7 per i parcheggi in autobloccante aperto e 0.3 per le aree a verde.

TABELLA 2. CALCOLI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Tipologia superfici	Superfici	Coef. di deflusso	Sup. ridotte	Sup. ridotta totale	Vol. p.p.
	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
Pavimentata	2570	1	2570	4025.7	20.1
Autobloccante aperto	1933	0.7	1353.1		
Aree a verde	342	0.3	102.6		

Per l'accumulo delle acque di prima pioggia e il relativo trattamento si prevede la posa di un impianto di prima pioggia composto da una vasca di in c.a. **con capacità utile pari a 25.0 mc** e un disoleatore esterno. Il comparto di accumulo è dotato di un impianto di sollevamento che convoglia la portata ad un pozzetto di decompressione, integrato a completamento del sistema prefabbricato di dimensioni utili 0.60x0.60m. A seguire si prevede l'inserimento di un settore finalizzato al procedimento di disoleazione idoneo alle modalità di scarico individuate secondo D.Lgs. 152/06, grazie alla presenza di un filtro per coalescenza. A completamento del sistema prefabbricato, fin qui descritto, si prevede un pozzetto d'ispezione e prelievo

IDROLOGIA ED IDRAULICA  
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA - PARCHEGGIO "PISTOIESE"  
Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque di piattaforma

campioni di dimensioni utili 0.8x0.8m, dove vengono convogliate anche le acque provenienti dal sistema di trattamento.

Il dimensionamento del collettore che porta le acque del sistema a recapito considera i contributi sopra citati, ovvero la portata proveniente dalla laminazione (vedi paragrafo 5.2) ed il contributo proveniente dall'impianto di prima pioggia, considerando un tempo di svuotamento cautelativamente inferiore alle 48 ore dalla fine dell'evento meteorico, come indicato da normativa.

## 6.2 VASCA DI ACCUMULO PER IL RIUTILIZZO A FINI IRRIGUI

Lo schema definito per il drenaggio in oggetto tiene conto di fornire acque disponibili al riutilizzo, da mettere a disposizione per l'irrigazione delle aree a verde realizzate unitamente alle infrastrutture stradali e tramviarie. In particolare, nello schema in oggetto si è scelto di allocare la volumetria destinata all'uso irriguo all'interno della vasca di laminazione descritta nel precedente paragrafo, che sarà quindi dotata di gruppo di pressurizzazione per l'invio delle acque alla dorsale di irrigazione.

Il calcolo di tale volumetria è stato eseguito ai sensi della norma **UNI/TS 11445:2012 "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano – progettazione, installazione e manutenzione"**.

Per il dato idrologico, e quindi il per **volume recuperabile annuo**, rapportato alla superficie equivalente in oggetto, è stata analizzata la piovosità annua su una serie storica relativa a 20 anni, 2001 – 2021 registrata alla stazione Firenze Genio Civile (TOS01001095), ottenendo una piovosità media annua per il territorio oggetto di intervento pari a 797 mm, vedasi Tabella 3.

Considerando un'area drenata efficace pari a 4025 m<sup>2</sup> il **volume recuperabile annuo** risulta essere pari a 3207 m<sup>3</sup> superiore rispetto al valore di **necessità idrica** ottenuta dalle idroesigenze specifiche per il parcheggio in questione riportate in Tabella 4.

TABELLA 3. PIOVOSITÀ ANNUA SU SERIE STORICA 2001 - 2021

Anno	Piovosità annua (mm)
2021	711
2019	928.2
2018	822
2017	604.4
2016	911.4
2015	597.6
2014	1047
2013	981
2012	887.2
2011	641.2
2010	1255.6
2009	698.4
2008	834.2
2007	669.6
2006	678.6
2005	858
2004	761
2003	640
2002	742.2
2001	668.4
MEDIA (mm)	796.85

IDROLOGIA ED IDRAULICA  
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA - PARCHEGGIO "PISTOIESE"  
Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque di piattaforma

TABELLA 4. TOTALE NECESSITÀ IDRICA PER LOTTI/MAPPALI (mc)

Lotti/ Mappali	Tipologia vegetazione	Quantità (mq superfici; n. alberi)	Necessità idrica per giorno di irrigazione	Necessità idrica annuale (mc)	Totale necessità idrica per Lotti/Mappali (mc)
P03	Alberi	70	1750	52.5	78.9
	Tappezzanti, arbusti, siepi	88	352	26.4	

Ai sensi della normativa di riferimento citata in precedenza, considerando un periodo irriguo di 180 giorni, si ottiene il **Volume Utile**, per soddisfare la domanda per periodi con assenza di precipitazioni di durata massima pari a **21 giorni** identificato in **14 m<sup>3</sup>**.

### 6.3 VASCA DI LAMINAZIONE

Al fine di rispettare il vincolo di invarianza idraulica, per il parcheggio in oggetto si è deciso di prevedere una vasca di laminazione, che rendesse compatibile lo scarico delle portate in esubero con il sistema ricettore finale.

La determinazione del volume di laminazione da assegnare alla vasca ha messo in luce la necessità di installare un impianto di pompaggio, risultando la quota fondo della vasca più bassa rispetto al recapito individuato. Tale differenza costituisce la quota geodetica da assegnare alla pompa.

Per il dimensionamento della vasca è stata calcolata la precipitazione in concomitanza della quale si verifica il massimo volume d'invaso, relativamente al tempo critico di pioggia. A partire dall'equazione del metodo cinematico è possibile ricavare il volume entrante:

$$V_{in} = \varphi \cdot S \cdot h = \varphi \cdot S \cdot a \cdot h^n$$

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo  $t$  sarà:

$$V_{out} = Q_{imp} \cdot t = S \cdot u_{imp} \cdot t$$

con  $Q_{imp}$  la portata imposta all'uscita e  $u_{imp}$  il coefficiente udometrico imposto all'uscita.

Il volume di invaso sarà dato dalla differenza tra  $V_{in}$  e  $V_{out}$ :

$$V = V_{in} - V_{out} = \varphi \cdot S \cdot a \cdot h^n - Q_{imp} \cdot t$$

La durata critica di pioggia  $t_{cr}$  che massimizza il volume invasato  $V_{max}$  si ricava derivando l'espressione precedente.

$$t_{cr} = \left( \frac{Q_{imp}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

$$V_{max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_{cr} \cdot \left( \frac{Q_{imp}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} - Q_{imp} \cdot \left( \frac{Q_{imp}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Per i risultati che saranno presentati nel proseguo, sono state considerate le curve di possibilità pluviometrica riportate nel capitolo di analisi idrologica. È stato preso in considerazione un tempo di ritorno pari a 50 anni e durata dell'evento meteorico maggiore di un'ora, come descritto nel Capitolo 4. Alla base della valutazione del volume di laminazione, il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici impermeabili, 0.7 per le pavimentazioni in autobloccante, 0.3 per le aree a verde e una portata in uscita  $Q_u = 6 \text{ l/(s·ha)}$ .

Come anticipato all'inizio del paragrafo, la differenza tra la quota di riferimento della vasca di laminazione ed il recapito ha reso necessaria l'installazione di un sistema di pompaggio (+1 sistema di riserva: pompa + condotta di mandata). Per i calcoli è stata considerata un'unica condotta di mandata di circa  $L = 13.4 \text{ m}$ ,  $Q_u = 2.91 \text{ l/s}$  ed una prevalenza geodetica di circa  $4.40 \text{ m}$ . Le valutazioni per le perdite concentrate tengono conto della presenza di 5 gomiti a  $90^\circ$ , una valvola a saracinesca ed una valvola di controllo.

Il sistema di invaso è costituito da una vasca in cemento armato  $16.5 \times 7 \text{ m}$  ed altezza utile pari a  $2.5 \text{ m}$ . Il gruppo di sollevamento, costituito da n.1 pompa (+1 di riserva), è alloggiato all'interno di una tasca quadrata  $1.5 \times 1.5 \text{ m}$  a profondità  $0.70 \text{ m}$  dalla quota di fondo vasca. Il sistema recapita le acque sollevate al pozzetto d'ispezione  $0.80 \times 0.80 \text{ m}$  posto a valle del sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

Di seguito sono riportate le calcolazioni relative al volume di laminazione e al sistema di sollevamento per il parcheggio Pistoiese.

TABELLA 5. CALCOLI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE CON METODO DELLE SOLE PIOGGE

Calcoli volume di laminazione - Pistoiese			
CPP TR 50 anni	a	mm/h	49.494
CPP TR 50 anni	n	-	0.26002
Superficie	S	$\text{m}^2$	4845
Superficie	S	ha	0.4845
Coefficiente di deflusso	$\phi$	-	0.86
Coefficiente udometrico	u	$\text{l/(s·ha)}$	6
Portata uscente	$Q_u$	$\text{l/s}$	2.91
Tempo critico	$t_c$	h	9.09
Volume di invaso	$V_{\max}$	$\text{m}^3$	270.594599
Altezza utile	H	m	2.50
Lunghezza	$L_1$	m	16.5
Larghezza	$L_2$	m	7

TABELLA 6. CALCOLI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

Dimensionamento impianto di sollevamento - Pistoiese	
Q sollevata singola pompa [l/s]	2.91
Prevalenza geodetica [m]	4.36
Perdite di carico concentrate [m]	0.076
Diametro condotta mandata [mm]	79.2
coefficiente scabrezza C	145
Velocità [m/s]	0.59
Perdite di carico distribuite [m/m]	0.005
Lunghezza condotta [m]	13.36
Perdite di carico distribuite [m]	0.066
Prevalenza totale singola pompa [m]	4.50
Potenza idraulica [KW]	0.20