

b o l o g n a

BRT

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

0850P05-02030100-IRT001_E00

DATA	CODICE RELAZIONE	REV.
12/2020	0850P05-02030100-IRT001_E00	0

REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	12/2020	M. Faccioli	S. Eandi	M. Lelli

<u>Il Responsabile del progetto e dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche</u>	<u>Il Progettista</u>	<u>Il Direttore tecnico</u>
Ing. Simone Eandi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, n. 1418/A (Firmato digitalmente)	Ing. Simone Eandi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, n. 1418/A (Firmato digitalmente)	Ing. Giovanni Acciaro Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, n. 21715/A (Firmato digitalmente)

Sommario

Relazione Idrologica e Idraulica	1
1 Premessa	1
2 Inquadramento degli aspetti idraulici	3
3 Normativa e documenti di riferimento.....	5
4 Sintesi tecnico descrittiva.....	6
5 Compatibilità idraulica	7
5.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	7
5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	9
5.3 Verifica di Compatibilità Idraulica.....	12
6 Criteri e accorgimenti tecnici per la realizzazione delle misure per l'invarianza idraulica	13
6.1 Inquadramento normativo	13
6.2 Previsioni di progetto.....	14
7 Dimensionamento del sistema di drenaggio.....	15
7.1 Considerazioni metodologiche	15
7.2 Dimensionamento delle linee fognarie.....	15
8 Trattamento acque di prima pioggia	18
8.1 Premessa.....	18
8.2 Disoleatore.....	18
8.3 Manutenzione.....	19
8.4 Scolmatore acque di prima pioggia	19
Allegato 1	20
Allegato 2	24

Indice delle figure

Figura 4-1: Corografia dei bacini del Distretto	6
Figura 5-1: Definizione grafica delle fasce fluviali.....	8
Figura 5-2: Fascia C del Fiume Po	8
Figura 5-3: Suddivisione territoriale in distretti.....	9
Figura 5-4: Scenari di inondazione PGRA nell'area attraversata dalla linea Metrobus AC Bologna-Castenaso con evidenziazione delle fermate del TPL esistenti	11
Figura 5-5: Scenari di inondazione PGRA nell'area attraversata dalla linea Metrobus AV Bologna-Medicina con evidenziazione delle fermate del TPL esistenti	11
Figura 5-6: Scenari di inondazione PGRA – dettaglio aree P3 nei pressi della località Canaletti (Comune di Budrio) con evidenziazione delle fermate attuali del TPL	12
Figura 5-7: Scenari di inondazione PGRA – dettaglio aree P3 nei pressi della località Fasanina (Comune di Budrio) con evidenziazione delle fermate attuali del TPL	12
Figura 8-1: Profilo di moto permanente di uno sfioratore laterale con setto regolabile	19

Indice delle tabelle

Tabella 5-1. Ambiti territoriali di mappatura della pericolosità idraulica.....	10
Tabella 5-2. Scenari di inondazione PGRA.....	10

Tabella 7-1: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi superiori all'ora	15
Tabella 7-2: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi superiori all'ora (Bologna).....	15
Tabella 7-3: Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un ora – U.S. Water Bureau	16
Tabella 7-4: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi inferiori all'ora ricavati con il metodo di Bell	16
Tabella 7: descrizioni degli interventi previsti per il drenaggio delle acque delle varie fermate.....	20
Tabella 8: dimensionamento dei sistemi di drenaggio e di invarianza idraulica.....	24

Relazione Idrologica e Idraulica

1 Premessa

La presente relazione ha come oggetto lo studio idraulico eseguito nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della linea Metrobus sulla direttrice S.Vitale tra Bologna e Medicina.

La realizzazione di una linea Metrobus sulla direttrice S.Vitale è prevista dal Piano Urbano della Mobilità Sostenibile della Città Metropolitana di Bologna, approvato il 27/11/2019, quale elemento portante della rete del trasporto collettivo lungo la direttrice da concretizzarsi con un sistema di trasporto assimilabile a BRT (Bus Rapid Transit).

Il sistema Metrobus sulla direttrice S.Vitale sarà costituito da un corridoio infrastrutturato su cui transiteranno due tipologie di servizi:

- Metrobus AV (Alta Velocità), con corse che si svilupperanno sulla relazione extraurbana Bologna-Medicina, che effettueranno servizio solo nella fermate principali, appositamente infrastrutturate per garantire alti livelli di accessibilità e confort, tempi ridotti di incarrozzamento e una dotazione di servizi propria di un sistema portante (adeguati spazi di attesa, intermodalità, informazioni in tempo reale, ecc.), e che saranno effettuati con autobus elettrici snodati da 18 m, con allestimenti interni con una quota prevalente di posti a sedere.
- Metrobus AC (Alta Capacità), con corse che si svilupperanno sulla relazione suburbana Bologna-Castenaso, che effettueranno servizio in tutte le fermate extraurbane¹, anche quelle non servite dal Metrobus AV, e che saranno effettuate con autobus elettrici snodati da 18 m, con allestimenti interni con una quota prevalente di posti in piedi.

Il corridoio percorso dalle due linee è comune nella tratta compresa tra Bologna (Capolinea Autostazione) e Ca' dell'Orbo (Frazione del comune di Castenaso); oltre Cà dell'Orbo, il Metrobus AV prosegue lungo il percorso più diretto fino a Medicina (Capolinea Centro di Mobilità di Medicina) mentre il Metrobus AC devia su un percorso alternativo che lo porta ad attestarsi a Castenaso (Capolinea Castenaso Mazzini) dopo averne attraversato l'intero abitato.

La via di corsa delle linee Metrobus di progetto è in prevalenza coincidente con la sede stradale esistente, utilizzata in promiscuo con le altre modalità di trasporto; ciononostante sono garantite per entrambe le linee velocità commerciali elevate (superiori a 21 km/h per la AC e a 37 km/h per la AV) grazie alla realizzazione di una serie di interventi infrastrutturali localizzati, alla predisposizione di un sistema di gestione del traffico che controllerà gli impianti semaforici lungo la direttrice, garantendone l'asservimento al transito del Metrobus e evitando la fermata del Metrobus AV nelle fermate minori.

Le opere di infrastrutturazione del corridoio comprendono:

- allestimento dei punti di ricarica dei mezzi, concentrati ai capolinea e nelle aree di deposito
- riqualificazione e allestimento secondo nuovi standard, derivati dai sistemi BRT, delle fermate Metrobus AV
- realizzazione di nuove fermate e capolinea e delle opere necessarie a garantirne l'accessibilità e l'interscambio con le altre modalità di trasporto, pubblico e privato;
- realizzazione di interventi stradali finalizzati a incrementare la velocità commerciale e la sicurezza dei servizi Metrobus mediante:
 - allargamenti localizzati della sede stradale esistente al fine di consentire la realizzazione di tratti di corsia preferenziale in corrispondenza delle aree in cui risultano più pesanti gli effetti sui tempi di percorrenza della congestione stradale dovuta al traffico veicolare privato, così da garantire al metrobus velocità commerciali più alte, rispetto agli attuali servizi di TPL, e sostanzialmente indipendente dalla fascia oraria;
 - interventi sulla regolazione delle intersezioni stradale al fine di annullare o ridurre significativamente i perditempo per il superamento delle stesse da parte dei mezzi Metrobus, tra cui:
 - asservimento degli impianti semaforici
 - riorganizzazione delle corsie di canalizzazioni
 - riorganizzazione delle fasi semaforiche
 - protezione mediante impianti semaforici di tutti gli attraversamenti pedonali e/o ciclabile sul percorso della Linea Metrobus AV; gli impianti semaforici a protezione degli attraversamenti, sia esistenti che di progetto, saranno asserviti al transito dei mezzi Metrobus
 - realizzazione, per le fermate in ambito extraurbano ove le condizioni al contorno lo hanno permesso, di golfi di fermata esterni alle corsie di marcia e di impianti semaforici asserviti, atti a garantire una pronta e sicura reimmissione dei mezzi Metrobus nella corsia di marcia dopo la sosta in fermata
- predisposizione di sistema tecnologico ITS a supporto del servizio Metrobus e articolato in

¹ In ambito urbano, il metrobus AC servirà tutte le fermate attualmente servite dalle linee extraurbane.

- sottosistema di bordo, installato su ciascun mezzo Metrobus
- sottosistema di terra distribuito lungo il tracciato in corrispondenza delle fermate, delle tratte preferenziate, delle intersezioni e degli attraversamenti semaforizzati, dei capolinea
- rete di interconnessione per la trasmissione dei dati
- centrale operativa
- sistema di gestione del traffico, infomobilità e sicurezza
- specifici interventi finalizzati alla intermodalità, quali
 - realizzazione di specifici spazi di sosta per biciclette, moto e auto private, nelle immediate adiacenze delle fermate Metrobus e dedicati all'interscambio con i servizi di TPL
 - predisposizione di postazioni dei servizi di bike-sharing già attivi nell'ambito metropolitano in corrispondenza di fermate del Metrobus
 - realizzazione a Medicina del Centro di Mobilità in corrispondenza del capolinea del Metrobus
 - integrazione della fermata Metrobus nel Centro di Mobilità di Castenaso
- predisposizione delle aree di deposito per il materiale rotabile e loro attrezzaggio, tra gli altri, con gli impianti necessari alla ricarica dei mezzi

La presente relazione inquadra gli interventi sotto il profilo idraulico, ne verifica la compatibilità rispetto agli strumenti di pianificazione specifici (PAI e PGRA) vigenti e illustra le soluzioni proposte e i criteri di dimensionamento applicati.

2 Inquadramento degli aspetti idraulici

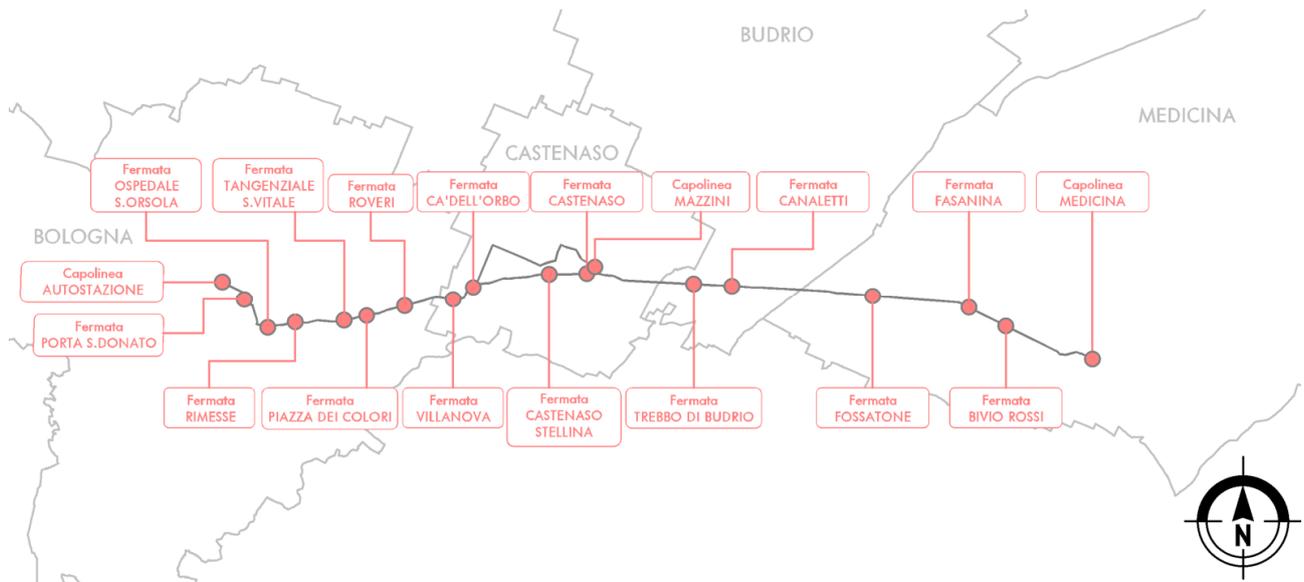
Nell'ambito del progetto di attivazione del servizio Metrobus sulla direttrice S.Vitale, è prevista la realizzazione di una serie di interventi che, dal punto di vista idraulico, possono essere suddivisi nelle seguenti tipologie:

- **Realizzazione di aree di deposito per la sosta inoperosa dei mezzi e la piccola manutenzione²**, consistente nella realizzazione di piazzali e aree coperte (copertura delle aree di ricarica dei mezzi e fabbricati di servizio). Il principale tema idraulico è quello del drenaggio delle superfici impermeabilizzate che avviene mediante la posa di una nuova fognatura bianca con recapito delle acque nella rete idrografica minore esistente. Prima dello scarico è previsto il posizionamento di un impianto di trattamento delle acque di prima pioggia (dissabbiatura e disoleatura)
- **Riqualificazione di fermate esistenti in ambito urbano**, consistenti nella realizzazione di un nuovo marciapiede rialzato, con relativa fermata: dal punto di vista idraulico, è generalmente sufficiente riposizionare le caditoie esistenti (tipicamente a bocca di lupo) lungo il tratto di intervento.
- **Riqualificazione di fermate esistenti in ambito periurbano**, consistenti nella realizzazione di un nuovo marciapiede rialzato, con relativa fermata, spesso comprensivo di un nuovo tratto di pista ciclopedonale: dal punto di vista idraulico, è generalmente sufficiente posizionare nuove caditoie (tipicamente a bocca di lupo) lungo il tratto di intervento e tombinare e/o spostare il fosso di guardia presente lungo la strada. In molti casi non è presente il fosso di guardia, che quindi viene realizzato e dimensionato per garantire l'invarianza idraulica della trasformazione urbanistica.
- **Nuova viabilità o allargamento di viabilità esistente**: si tratta generalmente dell'allargamento delle corsie di immissione per consentire la realizzazione della corsia dedicata al mezzo di trasporto. In tutti i casi non esiste un fosso di guardia, che quindi viene realizzato e dimensionato per garantire l'invarianza idraulica della trasformazione urbanistica. Il drenaggio delle acque avviene mediante embrici
- **Realizzazione di aree a parcheggio**: sono previsti sia in aree già urbanizzate sia in area non urbanizzata. Il drenaggio avviene mediante la posa di una nuova fognatura bianca con recapito delle acque nella rete idrografica minore esistente. Prima dello scarico è previsto il posizionamento di un impianto di trattamento delle acque di prima pioggia (dissabbiatura e disoleatura).
- **Realizzazione di sottopassi pedonali**: sono previsti due sottopassi pedonali che garantiscono il collegamento delle nuove fermate lungo la viabilità esistente alla vicina fermata ferroviaria. In questo caso, il sistema di drenaggio è costituito da canalette di raccolta lungo le rampe di discesa/salita che recapitano le acque in un impianto di sollevamento, che scarica a sua volta in fossi di progetto a dispersione.

Come accennato, le nuove canalizzazioni previste, siano esse fossati o tubazioni, vengono dimensionate in modo tale da garantire l'invarianza idraulica della trasformazione urbanistica; questo viene attuato seguendo le direttive inserite nel Piano stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli.

Nella figura seguente sono schematizzate le zone di intervento previste lungo la linea oggetto della presente relazione.

² Gli interventi manutentivi a cadenza periodica non giornaliera verranno effettuati presso gli impianti del deposito esistente di Due Madonne.



3 Normativa e documenti di riferimento

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle normative e degli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale e comunale al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico - idraulico, ambientale e di difesa del suolo; in particolare:

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO, Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016), aggiornato al 2020.

4 Sintesi tecnico descrittiva

Gli interventi in progetto ricadono all'interno del sottobacino idrografico "Reno" ricadenti nell'area di giurisdizione dell'Autorità di bacino del Fiume Po. Nell'immagine a seguire sono visibili i principali bacini idrografici gestiti, fino a febbraio 2017, dall'Autorità di Bacino del fiume Po (in rosso l'area di interesse).

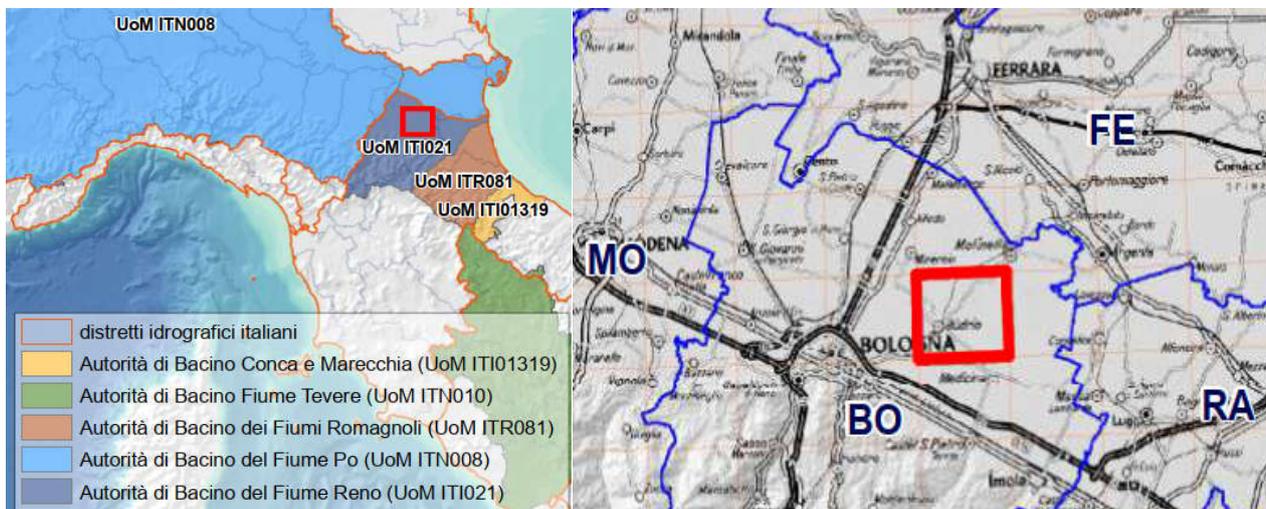


Figura 4-1: Corografia dei bacini del Distretto

In corrispondenza delle aree di intervento non si evidenzia la presenza di corsi d'acqua significativi, o quantomeno non vengono interessati da sistemazioni necessarie al fine dell'inserimento degli interventi di progetto.

5 Compatibilità idraulica

Gli interventi previsti, come per qualunque infrastruttura di carattere estensivo, devono inserirsi in un quadro di strumenti legislativi e di pianificazione territoriale sia esistenti che in via d'adozione.

La verifica della compatibilità idraulica delle opere in progetto è svolta con riferimento agli strumenti normativi vigenti in ambito di pianificazione idraulica del territorio e ha l'obiettivo di evidenziare l'assenza di preesistenti aree a pericolosità e rischio idraulico nell'area oggetto di intervento.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto e le aree di allagamento considerate sono:

- **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF, 1998);**
- **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico emanata dall'Autorità di bacino del Fiume Po (PAI, 2001);**
- **Piano di Gestione Rischio Alluvione emanato dal Distretto Idrografico Padano (PGR 2015).**

5.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

L'adozione del Piano per l'Assetto Idrogeologico, nel seguito PAI, ottempera a quanto previsto dall'art.17, comma 6-ter, L.183/89, dell'art.1, comma 1, D.L.180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98 (Decreto "Sarno"), e dell'art.1bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000 (Decreto "Soverato").

I vincoli idraulici e i condizionamenti fisici sono costituiti dalle Fasce Fluviali definite nel Piano Stralcio delle fasce fluviali PSFF e che sono relative a:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A)**, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- **Fascia di esondazione (Fascia B)**, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)**, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" del Titolo II delle Norme di attuazione del PAI vengono definiti i criteri per la delimitazione delle fasce fluviali:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A). **Si assume la delimitazione più ampia tra le seguenti:**
 - fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0.4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
 - limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati);
- Fascia di esondazione (Fascia B). **Si assume come portata di riferimento la piena con TR di 200 anni. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata. La delimitazione sulla base dei livelli idrici va integrata con:**
 - le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
 - le aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.

- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C). Si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

Uno schema esplicativo della definizione delle Fasce fluviali è riportato nella figura seguente.

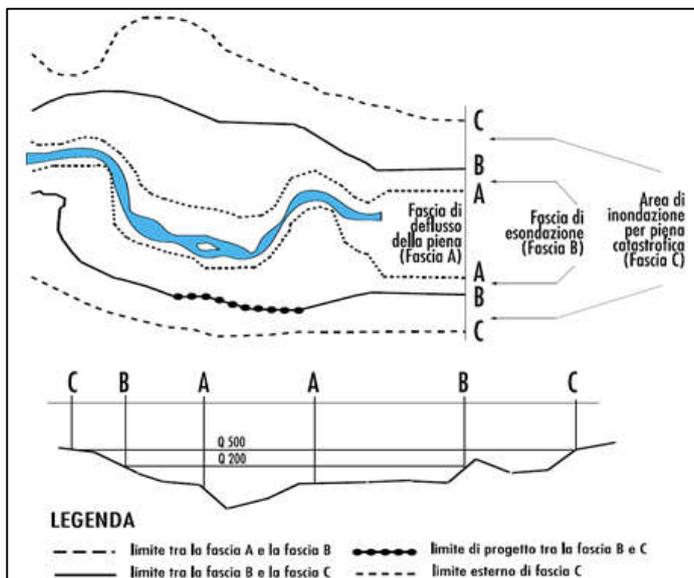


Figura 5-1: Definizione grafica delle fasce fluviali

Nella figura seguente si riporta uno stralcio della cartografia ufficiale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, in cui sono riportate le fasce fluviali, in particolare la fascia C (colore rosso). In blu le aree in cui si sviluppa il progetto.

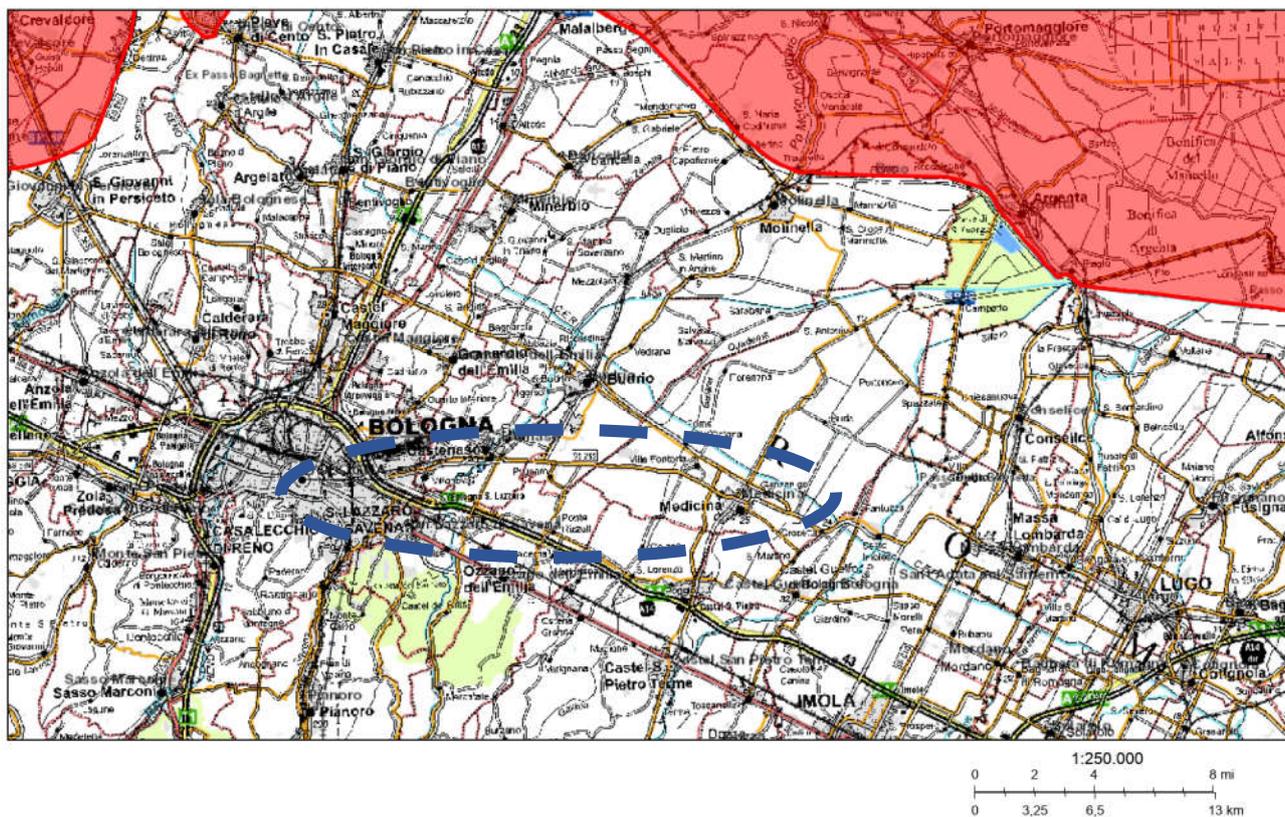


Figura 5-2: Fascia C del Fiume Po

In base alla tavola di delimitazione delle fasce fluviali allegata al PAI gli interventi di progetto risultano esterni alle aree delimitate dall’Autorità di bacino.

5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Il 22 dicembre 2000 è stata adottata la Direttiva 2000/60/CE per la tutela delle acque, recepita in Italia attraverso il d.lgs. n.152 del 3 aprile 2006. L’articolo n. 64 prevede la ripartizione del territorio nazionale in 8 distretti idrografici, ciascuno dei quali dotato di piano di gestione, la cui competenza spetta alla corrispondente Autorità di distretto idrografico.



Figura 5-3: Suddivisione territoriale in distretti

L’intervento, secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, ricade nel Distretto idrografico Padano le cui competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all’Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

Il PGRA ha la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell’ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche.

In base a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE, il PGRA, alla stregua dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), è stralcio del Piano di Bacino ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Alla scala di intero distretto, il PGRA agisce in sinergia con i PAI vigenti.

Le norme comunitarie prevedono l’obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l’attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D.Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l’obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell’ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l’azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all’insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

Il territorio oggetto di intervento ricade nell’area di competenza dal **Distretto Idrografico Padano**.

Nella seduta di Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019 è stato esaminato il primo aggiornamento delle mappe della pericolosità e del rischio del PGRA (Art. 6 della Direttiva 2007/60) mentre la pubblicazione degli atti (delle mappe delle aree allagabili) di quanto disposto in dette Deliberazioni è avvenuta il 16 marzo 2020. Da tale data di pubblicazione, nelle aree interessate da alluvioni individuate ex novo nelle mappe pubblicate trovano applicazione le misure temporanee di salvaguardia di cui agli artt. 6 e 7 della Deliberazione CIP n.8/2019.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali. Di seguito vengono definiti gli ambiti e i soggetti attuatori:

Tabella 5-1. Ambiti territoriali di mappatura della pericolosità idraulica

AMBITO TERRITORIALE	SOGGETTO ATTUATORE
Reticolo idrografico principale (RP)	Autorità di bacino del fiume Po
Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)	Regioni
Reticolo secondario di pianura (RSP)	Regioni con il supporto di URBIM e dei Consorzi di bonifica
Aree costiere lacuali (ACL)	Regioni con il supporto di ARPA e dei Consorzi di regolazione dei laghi
Aree costiere marine (ACM)	Regioni

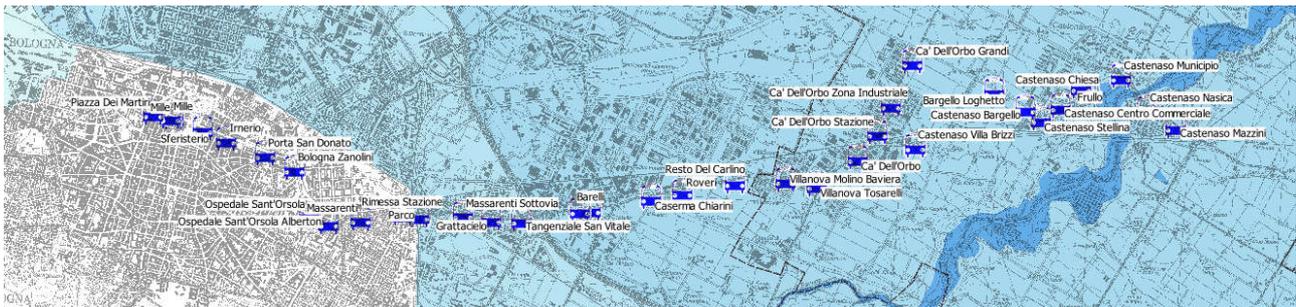
Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari di evento riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento. Gli scenari di inondazione sono:

Tabella 5-2. Scenari di inondazione PGRA

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

La valutazione della pericolosità idraulica cui è sottoposta l'infrastruttura in esame è stata effettuata sovrapponendo il tracciato di progetto alle carte di pericolosità idraulica fornite dal PGRA dell'Autorità di bacino per il fiume Po, approvato in data 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale.

Nella figura a seguire, estratto della carta della pericolosità da alluvione dedotta dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), sono rappresentate le condizioni di pericolosità nelle aree di interesse.



Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Figura 5-4: Scenari di inondazione PGRA nell’area attraversata dalla linea Metrobus AC Bologna-Castenaso con evidenziazione delle fermate del TPL esistenti



Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Figura 5-5: Scenari di inondazione PGRA nell’area attraversata dalla linea Metrobus AV Bologna-Medicina con evidenziazione delle fermate del TPL esistenti

La sovrapposizione della linea oggetto di intervento con le aree di esondazione del PGRA del Distretto Padano evidenzia che l’area di intervento oggetto del presente PD interseca l’area P1 a “**scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi**”, essendo essa diffusa su tutto il territorio tra Bologna e il fiume Po.

Alcuni interventi ricadono all’interno o in prossimità di aree di alluvione frequenti P3 (tempo di ritorno tra 20 e 50 anni, elevata probabilità), quindi dovranno essere mantenuti per quanto possibile i fossi esistenti, che andranno quindi tombinati solo dove strettamente necessario. Si evidenzia, in ogni caso, che tutti gli interventi si localizzano in area urbana o periurbana, lungo le viabilità di collegamento intercomunali.

Si riportano gli stralci delle aree a pericolosità P3.



Figura 5-6: Scenari di inondazione PGRA – dettaglio aree P3 nei pressi della località Canaletti (Comune di Budrio) con evidenziazione delle fermate attuali del TPL



Figura 5-7: Scenari di inondazione PGRA – dettaglio aree P3 nei pressi della località Fasanina (Comune di Budrio) con evidenziazione delle fermate attuali del TPL

5.3 Verifica di Compatibilità Idraulica

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto non ricade nelle fasce fluviali ai sensi del PAI e nelle aree di esondazione delimitate dal PGRA.

Poiché le opere previste non interessano in alcun modo alvei di corsi d'acqua (o quantomeno non vengono interessati da sistemazioni necessarie al fine dell'inserimento degli interventi di progetto), è possibile affermare che le nuove opere in progetto risultano **idraulicamente compatibili** con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni secondo gli strumenti normativi.

6 Criteri e accorgimenti tecnici per la realizzazione delle misure per l'invarianza idraulica

6.1 Inquadramento normativo

Il Piano stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli introduce, all'art. 9 delle Norme di attuazione, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, definito al comma 1 del medesimo articolo: "*Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.*"

A seguito dell'introduzione delle prescrizioni riguardo all'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, pare opportuno fornire alcuni elementi tecnici per la valutazione delle opere di mitigazione delle impermeabilizzazioni.

È da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino. Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" delle piene:

- l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso)
- la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che il piano di bacino adotta prevede la compensazione delle riduzioni sul primo meccanismo attraverso il potenziamento del secondo meccanismo.

A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi deflusso dalle aree stesse fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

A esclusione di tali circostanze particolari, è importante evidenziare che l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Per questo, il criterio contenuto nella normativa del piano di bacino si applica, per equità, a tutto il territorio dell'Autorità di Bacino, senza distinzione fra pianura e collina-montagna; inoltre, esso tiene conto dell'effettivo grado di consumo della risorsa associato ad ogni singolo intervento, e richiede azioni compensative proporzionate di conseguenza; infine, il criterio consente di tenere in considerazione i benefici derivanti dalla realizzazione di reti di drenaggio (fognature) nelle quali avviene in certa misura una laminazione delle piene.

La misura del **volume minimo d'invaso** da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che $I+P=100\%$) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^o (\phi / \phi^o)^{1/(1-n)} - 15 I - w^o P \quad (1)$$

essendo $w^o = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$, ϕ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione, ϕ^o = coefficiente di deflusso prima della trasformazione, $n=0.48$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta - orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 19973), ed I e P espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in m^3/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata. Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ e ϕ^o si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^o = 0.9 Imp^o + 0.2 Per^o \quad (2-a)$$

$$\phi = 0.9 Imp + 0.2 Per \quad (2-b)$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice^o) o dopo (se non c'è l'apice^o). Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I); è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I .

- quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (*P*): essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti
- quota dell'area da ritenersi permeabile (*Per*): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione
- quota dell'area da ritenersi impermeabile (*Imp*): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione

lo strumento di pianificazione introduce una classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente tabella:

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Alla luce di queste considerazioni, vengono suggeriti i seguenti criteri:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1)
- nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro

6.2 Previsioni di progetto

Gli interventi oggetto di questo progetto si trovano generalmente nella classe di trascurabile impermeabilizzazione potenziale o nella fascia successiva (anche se sempre prossimi al rispettivo limite inferiore). Molti interventi non implicano la variazione delle caratteristiche superficiali del territorio, essendo in zona urbana già impermeabilizzata in corrispondenza della quale vengono spesso previsti semplici interventi di rialzo della pavimentazione stradale o del marciapiede per potervi realizzare la banchina di fermata.

I volumi compensativi di invaso vengono realizzati mediante:

- creazione o ripristino dei fossi di guardia stradali, in alcuni casi assenti o compromessi.
- allargamento dei fossi già presenti nel territorio.
- Invaso all'interno delle tubazioni della fognatura bianca a servizio dell'intervento, che in questo caso è costituito dalla realizzazione di un parcheggio (ex novo o riqualificazione di aree già adibite ad uso analogo).

In linea di massima, si può considerare che il volume totale delle condotte di fognatura sia efficace all'80% ai fini dell'invarianza idraulica (si veda ad es. Paoletti, 1996; Pistocchi, 2001); questo significa che l'80% del volume totale della rete fognaria interna al lotto può essere considerato in diminuzione del valore di volume minimo d'invaso previsto dall'equazione (1). I volumi di invaso vanno di regola realizzati come aree di espansione poste a monte del punto di scarico. È da evitare il caso di volumi depressi rispetto al punto di scarico, nel qual caso si verificherebbe un riempimento e la successiva necessità di scolo meccanico.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai documenti del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, in particolare al capitolo 7 della "Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano".

Nella tabella di cui all'**allegato 1** si riportano gli interventi di carattere idraulico e compensativo previsti per ogni fermata. Degli interventi più significativi (es. parcheggi) è prevista anche una specifica tavola grafica che schematizza l'intervento previsto.

Data la modesta entità degli interventi che, come detto, ricadono in aree urbane o periurbane, sarà opportuno valutare con gli enti competenti l'effettiva necessità di attuazione di tali strumenti compensativi, che potrebbero ridursi a semplici allargamenti di volumi esistenti senza quindi la necessità di prevedere meccanismi di controllo degli scarichi che, per esempio, si potrebbero realizzare solamente tramite luci a battente di dimensione talmente ridotta (anche meno di 5 cm) da risultare controproducenti ai fini pratici per questioni di manutenzione.

7 Dimensionamento del sistema di drenaggio

7.1 Considerazioni metodologiche

Considerando il fatto che non è presente un rilievo dettagliato delle aree oggetto di intervento, le varie canalizzazioni vengono dimensionate in funzione del volume necessario a garantire l'invarianza idraulica. Tale metodologia, infatti, fornisce dimensioni delle canalizzazioni che sono certamente superiori alle dimensioni che si ottengono mediante l'applicazione del metodo cinematico o dell'invaso. Si rimanda quindi alla tabella in allegato 2 per la definizione geometrica delle varie canalizzazioni.

Gli interventi qui definiti come "invarianti" sono caratterizzati da interventi in area urbana che richiedono solamente il posizionamento di caditoie (generalmente a bocca di lupo lungo il marciapiede di banchina), caditoie che andranno collegate alla rete fognaria esistente anche mediante il prolungamento delle tubazioni di scarico delle caditoie esistenti oggetto di dismissione a seguito della realizzazione delle opere di progetto.

Per completezza metodologica, a seguire si riporta in ogni caso il dimensionamento delle linee fognarie previste in progetto con il metodo cinematico.

7.2 Dimensionamento delle linee fognarie

Noti gli elementi geometrici significativi delle superfici da drenare si possono dimensionare le opere idrauliche in funzione degli afflussi meteorici di riferimento, rappresentati dalle curve di possibilità climatica del tipo

$$h = a t^n \quad 1)$$

dove l'altezza di pioggia h (mm) è correlata alla durata t (ore) dell'evento e i cui parametri significativi a ed n , calcolabili mediante l'analisi probabilistica in funzione del tempo di ritorno Tr , ovvero del periodo nel quale l'evento di una certa intensità può statisticamente ripetersi, sono riportati nella tabella seguente come valori caratteristici risultanti dall'analisi idrologica dei dati pluviometrici relativi alla stazione di Bologna relativi alle piogge orarie (fonte: *Linee guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane per il controllo degli apporti nelle reti idrografiche di pianura*, Autorità di Bacino del Reno).

Tabella 7-1: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi superiori all'ora

PROV.	COMUNE	TR=2 anni		TR=30 anni		TR=50 anni		TR=100 anni		TR=200 anni	
		a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
BO	BOLOGNA	0,0208	0,3181	0,0423	0,2753	0,0464	0,2691	0,0522	0,2615	0,0582	0,2541
BO	BUDRIO	0,0195	0,288	0,0397	0,2452	0,0435	0,239	0,0489	0,2314	0,0546	0,224
BO	CASTENASO	0,019	0,3138	0,0385	0,2709	0,0423	0,2648	0,0475	0,2571	0,053	0,2498
BO	MEDICINA	0,0223	0,2555	0,0452	0,2126	0,0496	0,2065	0,0557	0,1988	0,0622	0,1915

Tabella 7-2: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi superiori all'ora (Bologna)

Tr [anni]	a [mm h ⁿ]	n [.]
30	42.300	0.275
50	46.400	0.269
100	52.200	0.262
200	58.200	0.254

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica a tempi inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell.

Bell ("Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) ha osservato che i rapporti r_{tr} tra le altezze di

durata t molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano.

Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

Tabella 7-3: Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora – U.S. Water Bureau

t [min]	5	10	15	30
$r_{\delta} = h_{\delta}/h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ minuti dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo t riferita al periodo di ritorno T ;
- h_T^{60} è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno T ;
- t è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia h_t relativa all'evento di durata t , passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' .

Tabella 7-4: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi inferiori all'ora ricavati con il metodo di Bell

Tr [anni]	a [mm h ⁿ]	n [.]
30	43.770	0.464
50	48.020	0.464
100	54.020	0.464
200	60.230	0.464

Passando alla determinazione della portata di progetto, l'espressione classica dei deflussi verso la rete di drenaggio è rappresentata dalla relazione

$$Q = \varphi \cdot J \cdot S \quad 2)$$

dove la portata Q è il prodotto dell'intensità di pioggia $J = h/t$, della superficie S del bacino scolante e del coefficiente di deflusso φ che rappresenta il rapporto fra l'afflusso meteorico e l'effettivo recapito alla rete drenante.

Tenendo conto della variazione temporale del coefficiente di deflusso, usualmente espresso dalla relazione $\varphi = \mu h^{1/3} = \mu (a t)^{1/3}$, posto φ_1 il valore per la durata di un'ora, ovvero $\varphi_1 = \mu a^{1/3}$, si può scrivere $\varphi = \varphi_1 t^{n/3}$ e quindi nella 2) l'espressione dell'intensità di pioggia $J = h/t$, cioè $J = a t^{-1}$, va corretta sostituendo l'esponente n con $n_0 = n \cdot 4/3$ essendo normalmente riportati nella letteratura tecnica i valori di φ_1 ; fra quelli più attinenti al caso in esame, ovvero:

Superfici impermeabili:	strade asfaltate	$\varphi_1 = 1.00$
Superfici permeabili:	aree agricole	$\varphi_1 = 0.20$

Avendo solamente superfici impermeabili, è più corretto utilizzare il valore n e non n_0 .

Con queste posizioni si può applicare la 2) dove si assume la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, stimato mediante la relazione:

$$t = \left(\frac{26.3 \cdot (L/K)^{0.6}}{3600^{(1-n)0.4} \cdot \left(\frac{a}{1000}\right)^{0.4} \cdot i^{0.3}} \right)^{\frac{1}{0.6+0.4n}} \quad 3)$$

con t (s), a (mm/ora) ed n tratti dalla 1), la scabrezza K (m^{1/3}/s), la pendenza longitudinale i e la lunghezza L (m) dell'area servita. Sostituendo nella 3) i valori numerici appropriati, si determinano i valori del tempo di corrivazione per i vari tratti delle canalizzazioni.

Per la verifica idraulica delle canalizzazioni si confronterà il massimo afflusso con la capacità di portata valutabile, con approssimazione accettabile, mediante la formula di Gauckler-Strickler (moto uniforme):

$$Q = A \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i} \quad 4)$$

dove Q (m³/s) è la portata, A (m²) l'area della sezione bagnata, K (m^{1/3}/s) è il coefficiente di scabrezza (pari a 70 m^{1/3}/s per le tubazioni in calcestruzzo, a 30 m^{1/3}/s per i canali in terra inerbita), R (m) è il raggio idraulico, rapporto fra A e il suo contorno bagnato, e i è la pendenza.

Relativamente agli interventi in cui è prevista la realizzazione di una rete fognaria, si ottengono i seguenti risultati:

Tratto e tipologia	Superficie cumulata [m²]	Tempo di corrivazione [min]	Lunghezza [cm]	Diametro [cm]	Portata "Q" [l/s]
capolinea Medicina	8'000	11.1	200	80	243.7
Parcheggio Fasanina	605	4.0	60	80	30.2

Tratto e tipologia	Tirante idrico [cm]	Grado di riempimento [%]	Velocità "v" [m/s]	Resistenza al fondo [Pa]	Coefficiente udometrico [l/s ha]
capolinea Medicina	37.8	47.2	1.0	3.8	305
Parcheggio Fasanina	12.9	16.1	0.6	1.6	499

È stato considerato un tempo di ritorno di 50 anni.

È stata ipotizzata una pendenza longitudinale delle tubazioni dello 0.2%.

Le tubazioni risultano verificate, risultando quindi più gravosa la verifica del volume ai fini dell'invarianza idraulica della trasformazione urbanistica.

8 Trattamento acque di prima pioggia

8.1 Premessa

In via generale, il trattamento, che verrà realizzato all'interno di un manufatto in c.a. prefabbricato, prevede la dissabbiatura, per la separazione dei materiali inerti pesanti, e la disoleatura, per la separazione dei liquidi leggeri, quali olii e idrocarburi. Tali processi verranno svolti mediante un sistema di trattamento in grado di assicurare, per l'intera portata di prima pioggia in ingresso, la separazione diretta e continua dagli inquinanti con trattamento di disoleatura per coalescenza su pacchi lamellari. Il disoleatore sarà inoltre dotato di un sistema per la separazione continua dell'olio dalla superficie liquida al serbatoio di accumulo, tramite una pompa livellatrice, da dove sarà possibile effettuare gli interventi di aspirazione per la rimozione degli inquinanti.

Prendendo come riferimento la Delibera 1860/06 della Regione Emilia-Romagna, la portata di prima pioggia da inviare al trattamento è definita come i primi 15 minuti di precipitazione che formano una lama d'acqua di 5 mm sulla superficie di progetto drenata che si verificano o si susseguono a distanza di almeno 72 ore da un precedente e analogo evento.

I risultati della separazione sono strettamente legati, oltre alla portata in ingresso (che incide sui tempi di ritenzione in vasca del liquido), anche alle caratteristiche dell'olio. In mancanza di dati precisi, si farà riferimento alle seguenti condizioni cautelative:

- diametro (teorico) delle particelle d'olio separabili ≤ 0.15 mm;
- velocità ascensionale delle particelle (secondo il principio della legge di Stokes) compresa tra 2.44 e 3.67 m/h;
- densità presunta dell'olio da separare compresa tra 0.85 e 0.90 kg/dm³.

In questa vasca a sezione rettangolare, in cui il flusso in ingresso sarà frenato da un deflettore, il materiale pesante si depositerà sul fondo mentre il liquido passerà al successivo disoleatore attraverso una bocca a battente di circa 1 m² totalmente rigurgitata.

La portata del dissabbiatore è pari alla portata di prima pioggia in arrivo calcolata secondo i criteri precedentemente esposti, e quindi:

Intervento	Superficie impermeabile (m ²)	Portata prima pioggia (l/s - m ³ /ora)	Volume di prima pioggia (m ³)
Capolinea/Centro di mobilità Medicina	8000	44.4 / 160	40.00
Fermata Fasanina (comune di Medicina)	605	3.4 / 12	3.03

I tempi di ritenzione dovranno essere superiori a 3 minuti, sufficienti per garantire la separazione di almeno il 90% delle particelle minerali con granulometria pari a 0,2 mm e peso specifico maggiore di 1600 kg/m³.

8.2 Disoleatore

La disoleazione sarà realizzata in una zona di calma a ridottissima velocità in grado di consentire alle sostanze con peso specifico inferiore a quello dell'acqua di risalire per galleggiamento; questo fenomeno si realizza se il tempo di ritenzione in vasca è maggiore del tempo di risalita delle particelle d'olio.

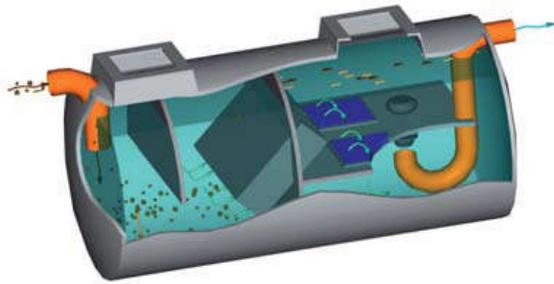
Il tempo di ritenzione è dato dalla seguente formula:

$$t_i = \frac{d_i}{V_t} \quad 7)$$

essendo d_i e V_t rispettivamente la profondità effettiva della vasca di disoleazione e la velocità di risalita delle particelle, espressa mediante la legge di Stokes dalla seguente espressione:

$$V_t = \frac{g \cdot (\sigma_w - \sigma_o) \cdot D^2}{18 \cdot \eta_w} \quad 8)$$

essendo g l'accelerazione gravitazionale, D il diametro delle particelle d'olio (in cm), σ_w la densità dell'acqua a 15° (0,999 g/cm³), σ_o la densità dell'olio (0,85÷0,9 g/cm³) e η_w la viscosità dell'acqua (0,01792 g/cm s).



I disoleatori lamellari sono in grado di accelerare la risalita dei materiali leggeri, in virtù del principio per il quale una particella leggera sospesa in un fluido non risale secondo una linea verticale, ma si sposta nel senso del flusso.

Interponendo al percorso di decantazione un flusso laminare, un corpo sospeso tra due lamelle tenderà a depositarsi in quella superiore formando uno strato in grado di risalire più velocemente rispetto alla singola particella.

Lo scarico e la raccolta dell'olio dalla superficie della vasca di separazione avvengono attraverso un apposito skimmer posto appena sotto il livello di uscita; l'olio è inviato ad un fusto di raccolta per mezzo di una pompa posta internamente al fusto stesso.

8.3 Manutenzione

Per quanto riguarda la manutenzione di tali impianti, sarà opportuno controllare periodicamente (ogni sei mesi o in concomitanza di eventi eccezionali) la vasca del separatore tramite gli appositi chiusini di ispezione.

Le operazioni di pulizia e spurgo vanno eseguite durante la fase di non funzionamento e comunque in assenza di acqua di origine meteorica.

8.4 Scolmatore acque di prima pioggia

Per evitare che portate eccessive entrino nell'impianto di trattamento causando un malfunzionamento idraulico, risulta necessario prevedere l'utilizzo di sistemi in grado di regolare le portate separando quelle di prima pioggia (da inviare a trattamento) da quelle eccedenti, da scaricare nel fosso di laminazione e successivamente nel ricettore finale.

A tale scopo, subito a valle del pozzetto di scarico delle acque del sollevamento è stato inserito un pozzetto rettangolare dotato di sfioratore laterale con setto regolabile sulla derivazione delle acque da inviare a trattamento, il cui funzionamento è esemplificato nella figura seguente.

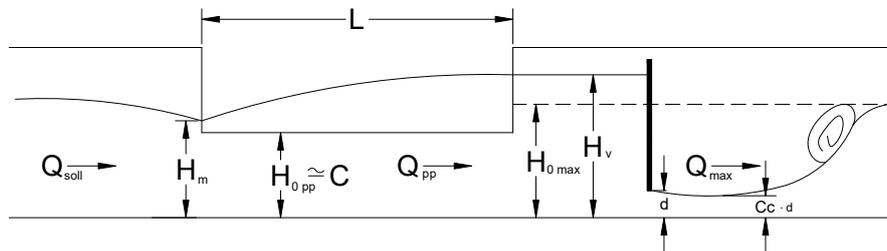


Figura 8-1: Profilo di moto permanente di uno sfioratore laterale con setto regolabile

Questi manufatti vengono dimensionati in modo tale da limitare il trattamento della portata di prima pioggia calcolata secondo il metodo descritto.

Allegato 1

Tabella 5: descrizioni degli interventi previsti per il drenaggio delle acque delle varie fermate

INTERVENTO	NOTE
Capolinea/Centro di mobilità Medicina	<p>Area impermeabilizzata di circa 8000mq.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parcheggio: prevedere rete fognaria con recapito al vicino fossato con sistema di trattamento acque di prima pioggia. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parcheggio: tramite sovradimensionamento dei collettori (attualmente l'area è semipermeabile).
Fermata Bivio Rossi (comune di Medicina)	<p>Area impermeabilizzata di circa 700mq (fermate) + 300mq (ciclabile).</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermate: spostamento fosso, da sovradimensionare per invarianza idraulica, e caditoie a bocca di lupo passo 15m. • Ciclabile: tombinare (fosso non sempre presente o in pessimo stato di manutenzione), solo in un tratto di 30m si è in area agricola e quindi sarebbe possibile spostare il fosso esistente (in buono stato); caditoie a bocca di lupo passo 15m. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sovradimensionare fossi dove possibile, il resto va a campagna.
Fermata Fasanina (comune di Medicina)	<p>Area impermeabilizzata di circa 900mq (parcheggio) + 250mq (fermata + percorso dir. Medicina) + 310mq (fermata + percorso dir. Bologna).</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parcheggio: prevedere rete fognaria con sistema di trattamento acque di prima pioggia, con recapito al vicino fossato. • Fermata + percorso dir. Medicina: tombinamento fosso + caditoie a bocca di lupo passo 15m. • Fermata + percorso dir. Bologna: collegato al parcheggio + caditoie a bocca di lupo passo 15m <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parcheggio: sovradimensionamento dei collettori (attualmente l'area è agricola) + fosso di invaso a nord del parcheggio. • Fermata + percorso dir. Medicina: ricavare fosso tra percorso e recinzione (da verificare la fattibilità). • Fermata + percorso dir. Bologna: collegato al parcheggio.
Pista ciclabile via San Donnino (comune di Medicina)	<p>Area impermeabilizzata di circa 1500mq.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spostamento e tombinamento fosso (tratti limitati) + caditoie a bocca di lupo passo 15m lungo la strada, embrici lato ciclabile (ove presente il fosso, quindi su aree agricole). <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sovradimensionamento fosso, dove presente.
Fermata Fossatone (comune di Medicina)	<p>Area impermeabilizzata di circa 220mq (ciclopedonale).</p> <p>Le fermate son su superficie già asfaltata.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermate: prevedere spurgo di eventuali caditoie.

INTERVENTO	NOTE
	<ul style="list-style-type: none"> Ciclopedonale: caditoie a bocca di lupo passo 15m con scarico nell'area a verde, che può essere ribassata a fini di invaso. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none"> Fermate: non necessaria. Ciclopedonale: ribassare area a verde, se possibile.
Fermata Canaletti (comune di Budrio)	Area impermeabilizzata di circa 320mq (fermata dir. Bologna) + 650mq (fermata dir. Medicina + pista ciclopedonale). Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none"> Fermata dir. Bologna: spostamento fosso + caditoie a bocca di lupo passo 15m. Fermata dir. Medicina + pista ciclopedonale: tombinamento fosso \varnothing1000 + caditoie a bocca di lupo passo 15m. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none"> Fermate e ciclopedonale: sovradimensionare fosso dir. Bologna (circa 80m), se possibile, oltre ad altri 60m.
Fermata Trebbo di Budrio (comune di Budrio)	Area impermeabilizzata di circa 65mq (fermata dir. Bologna) + 350mq (fermata dir. Medicina) Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none"> Fermata dir. Bologna: spostamento fosso. Fermata dir. Medicina: spostamento fosso (se possibile), altrimenti tombinare con \varnothing600 + caditoie a bocca di lupo passo 15m. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none"> Fermata dir. Bologna: sovradimensionamento fosso. Fermata dir. Medicina: non possibile, deflusso a campagna.
Rotatoria Martiri 21 ottobre 1944	Area impermeabilizzata di circa 950mq. Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none"> Realizzazione fosso di guardia (attualmente non presente) e posa embrici. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none"> Sovradimensionamento fosso di guardia.
Fermata Castenaso	Area impermeabilizzata di circa 1140mq (non considerando la parte interrata). Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none"> Caditoie a bocca di lupo passo 15m con scarico nella fognatura esistente (lato nord) Impianto di sollevamento acque del sottopasso e delle rampe. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none"> Recapito non visibile, prevedere infiltrazione.
Fermata Castenaso Stellina	Area impermeabilizzata di circa 1450mq (non considerando la parte interrata). Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none"> Caditoie a bocca di lupo passo 15m con scarico a campagna. Impianto di sollevamento acque del sottopasso e delle rampe. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none"> Recapito non presente, prevedere infiltrazione.
Capolinea Mazzini	Nessuna impermeabilizzazione. Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none"> Probabilmente necessario qualche spostamento di caditoie.

INTERVENTO	NOTE
	<p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non necessaria.
Corsia riservata Ca dell'Orbo (Castenaso)	<p>Nessuna impermeabilizzazione.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caditoie a bocca di lupo passo 15m e allaccio alla rete esistente. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non necessaria.
Fermata Ca dell'Orbo (Castenaso)	<p>Nessuna impermeabilizzazione.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caditoie a bocca di lupo passo 15m e allaccio alla rete esistente. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non necessaria
Rotatoria G.Falcone e P.Borsellino	<p>Area impermeabilizzata di circa 750mq (ramo ovest) + 1100mq (ramo est).</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spostamento fosso di guardia (ramo est). • Caditoie a bocca di lupo passo 15m. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sovradimensionamento fosso di guardia (ramo est).
Fermata Villanova (Castenaso)	<p>Nessuna impermeabilizzazione.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caditoie a bocca di lupo passo 15m con allaccio alla rete esistente. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non necessaria
Fermata Roveri (Bologna)	<p>Area impermeabilizzata di circa 130mq.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spostamento fosso di guardia. • Caditoie a bocca di lupo passo 15m. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sovradimensionamento fosso di guardia.
Fermata Piazza dei Colori (Bologna)	<p>Area impermeabilizzata di circa 200mq (dir. Bologna) + 100mq (dir. Medicina).</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caditoie a bocca di lupo passo 15m con allaccio all'esistente. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fosso di guardia nell'area verde lato nord.
Fermata Tangenziale S.Vitale	<p>Nessuna impermeabilizzazione.</p> <p>Interventi idraulici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non necessari. <p>Invarianza idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non necessaria.

INTERVENTO	NOTE
Fermata Rimesse	Nessuna impermeabilizzazione. Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none">• Non necessari. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none">• Non necessaria.
Fermata Ospedale Sant'Orsola	Nessuna impermeabilizzazione. Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none">• Non necessari. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none">• Non necessaria.
Fermata Porta San Donato	Nessuna impermeabilizzazione. Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none">• Non necessari. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none">• Non necessaria.
Autostazione	Nessuna impermeabilizzazione. Interventi idraulici: <ul style="list-style-type: none">• Non necessari. Invarianza idraulica: <ul style="list-style-type: none">• Non necessaria.

Allegato 2

Tabella 6: dimensionamento dei sistemi di drenaggio e di invarianza idraulica

DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI INVASO NECESSARIO A GARANTIRE L'INVARIANZA IDRAULICA DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA - EMILIA ROMAGNA																						
Linea	Denominazione intervento	S ante [m ²]	Φ ante [.]	S post [m ²]	Φ post [.]	Φ [.]	Φ ₀ [.]	I [.]	P [.]	w [m ³ /ha]	V necessario [m ³]	L ante [m]	A ante [m ²]	V ante [m ³]	L post [m]	D/b post [m]	A post [m ²]	V nec. tot [m ³]	% V [80% x tubij]	V post [m ³]	Ok?	Sistema di laminazione
San Vitale	Capolinea/Centro di mobilità Medicina	8000	0.60	8000	0.9	0.9	0.6	1.0	0.0	94.05	76	0.00	0.00	0.00	200.00	0.80	0.50	76	0.80	80	si	Fognatura DN=0.8 m L=200 m
San Vitale	Fermata Bivio Rossi (comune di Medicina)	1000	0.20	1000	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	89	160.00	0.50	80.00	190.00	-	1.31	169	1.00	249	si	Fosso b=1 m, h=0.75 m, sc=1/1 L=190 m
San Vitale	Fermata Fasanina (comune di Medicina) - Parcheggio + fermata + pista (tubo)	605	0.20	605	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	54	0.00	0.00	0.00	60.00	0.80	0.50	54	0.80	24	-	Fognatura DN=0.8 m L=60 m
San Vitale	Fermata Fasanina (comune di Medicina) - Parcheggio + fermata + pista (fosso)	605	0.20	605	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	54	0.00	0.00	0.00	60.00	-	1.59	54	1.00	96	si	Fosso b=1 m, h=0.75 m, sc=1.5/1 L=60 m
San Vitale	Pista ciclabile via San Donnino (comune di Medicina)	1500	0.20	1500	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	134	0.00	0.00	0.00	370.00	-	0.50	134	1.00	185	si	Fosso b=0.5 m, h=0.5 m, sc=1/1 L=370 m
San Vitale	Fermata Fossatone (comune di Medicina)	220	0.20	220	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	20	0.00	0.00	0.00	35.00	-	0.88	20	1.00	31	si	Fosso b=1 m, h=0.5 m, sc=1.5/1 L=35 m
San Vitale	Fermata Canaletti (comune di Budrio)	970	0.20	970	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	87	0.00	0.00	0.00	140.00	-	0.75	87	1.00	105	si	Fosso b=1 m, h=0.5 m, sc=1/1 L=140 m
San Vitale	Fermata Trebbo di Budrio (comune di Budrio)	415	0.20	415	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.88	37	0.00	0.00	0.00	60.00	-	0.75	37	1.00	45	si	Fosso b=1 m, h=0.5 m, sc=1/1 L=60 m
San Vitale	Rotatoria Martiri 21 ottobre 1944	950	0.20	950	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.9	85	0.00	0.00	0.00	230.00	-	0.50	85	1.00	115	si	Fosso b=0.5 m, h=0.5 m, sc=1/1 L=230 m
San Vitale	Fermata Castenaso	1140	0.20	1140	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.9	102	0.00	0.00	0.00	60.00	-	2.00	102	1.00	120	si	Fosso b=0.5 m, h=1 m, sc=1.5/1 L=60 m
San Vitale	Fermata Castenaso Stellina	1450	0.20	1450	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.9	129	0.00	0.00	0.00	50.00	-	3.00	129	1.00	150	si	Fosso b=1.5 m, h=1 m, sc=1.5/1 L=50 m
San Vitale	Capolinea Castenaso	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Corsia riservata Ca dell'Orbo (Castenaso)	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Fermata Ca dell'Orbo (Castenaso)	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Rotatoria G.Falcone e P.Borsellino	1850	0.20	1850	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.9	165	180.00	0.35	63.00	170.00	-	1.69	228	1.00	287	si	Fosso b=1.5 m, h=0.75 m, sc=1/1 L=170 m
San Vitale	Fermata Villanova (Castenaso)	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Fermata Roveri (Bologna)	130	0.20	130	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.9	12	60.00	0.50	30.00	60.00	-	0.75	42	1.00	45	si	Fosso b=1 m, h=0.5 m, sc=1/1 L=60 m
San Vitale	Fermata Piazza dei Colori (Bologna)	300	0.20	300	0.9	0.9	0.2	1.0	0.0	886.9	27	0.00	0.00	0.00	60.00	-	0.50	27	1.00	30	si	Fosso b=0.5 m, h=0.5 m, sc=1/1 L=60 m
San Vitale	Fermata Tangenziale S.Vitale	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Via Massarenti/Via della Salita	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Fermata Rimesse	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Fermata Ospedale Sant'Orsola	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Fermata Porta San Donato	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante
San Vitale	Autostazione	0	0.90	0	0.9	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0	1.00	-	si	Invariante