

7.1.01.a-P

PROVINCIA DI PISA
Settore Viabilità, Trasporti e Protezione Civile



**APPALTO CONGIUNTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA E LA REALIZZAZIONE DEI
LAVORI, INERENTE LA VIABILITÀ DI RACCORDO NORD TRA IL NUOVO POLO OSPEDALIERO,
LA S.S. N. 12 DEL BRENNERO, LA S.S. N. 1 AURELIA E LA S.P. N. 2 VICARESE**

**TRATTO FUNZIONALE TRA I NODI 1-2
VARIANTE AL c.a. DI MADONNA DELL'ACQUA - S.GIULIANO TERME**

PROPOSTA TECNICA MIGLIORATIVA

PROGETTAZIONE:



Ing. Livio Radini
Albo degli Ingegneri
Provincia di Lucca n. A776

ATI IMPRESE:



Dott. Carlo Agnese S.p.A.
Corso Italia, 50
20122 - Milano - (MI)



Impresa Forti SpA
Via Archimede Bellatalla, 10
56121 - Ospedaletto - (PI)



IGP Giuliani Piero s.r.l.
Via Sterpulino 9-15
56121 - Pisa - (PI)

C					
B					
A	Gennaio 2026	Emissione Variante	M. PIANIGIANI	M. PIANIGIANI	L. RADINI
EM./RE.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

**AMBITO IDRAULICO
IDRAULICA DI PIATTAFORMA STRADALE**

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DI PIATTAFORMA - INTEGRAZIONE PER VARIANTE

Scala:

CODICE IDENTIFICATIVO:	558EIDRP1A01B	CIG 9532901EC1
-------------------------------	----------------------	-----------------------

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Cristiano Ristori

Il Direttore dell'esecuzione

Ing. Erika Banti

INDICE

1. PREMESSA	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI, TECNICI E BIBLIOGRAFICI.....	7
2.1. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
2.2. LETTERATURA TECNICA DI RIFERIMENTO	8
3. GESTIONE DELLA ACQUE DI PIATTAFORMA	9
3.1. RETICOLO IDRAULICO DI COMPETENZA A RIDOSSO DELLA NUOVA OPERA.....	10
3.2. PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELLA ZONA.....	12
4. STUDIO PLUVIOMETRICO.....	14
4.1. TEMPO DI RITORNO	15
4.2. PLUVIOMETRIA DEL BACINO	16
4.3. ALTEZZA DI PIOGGIA RAGGUAGLIATA ALLA SUPERFICIE	19
4.4. SUDDIVISIONE INTERA SUPERFICIE INTERESSATA ALLO STUDIO.....	20
5. BACINI IDROGRAFICI	22
5.1. PARTE GENERALE COMUNE A TUTTI I SOTTOBACINI.....	22
6. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	26
6.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	29
6.2. ALTEZZA DI PIOGGIA DI PROGETTO	30
6.3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	31
7. VERIFICHE IDRAULICHE DI MANUFATTI DI PROGETTO	33
8. ASPETTI IDRAULICI PROGETTUALI DELL'OPERA.....	37
8.1. SPECIFICITÀ IDRAULICHE DELL'OPERA	39
9. CONCLUSIONI.....	42

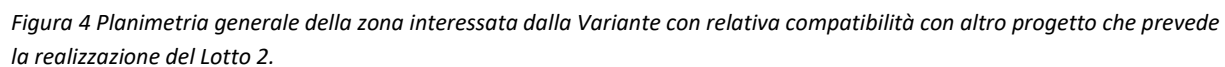
Nello specifico la Variante prevede di innestare il nuovo ramo stradale che nel Progetto Esecutivo univa il nodo 1 al nodo 2a direttamente sulla livelletta del rilevato della attuale S.S.1 Aurelia, prevedendo la realizzazione di una rotonda, ora denominata “nodo 2”, all’intersezione tra la nuova viabilità e la S.S.1 Aurelia stessa in prossimità dell’esistente viadotto che scavalca la linea ferroviaria ed il fiume Morto Nuovo.

La conseguenza di quanto sopra è l’**eliminazione dell’opera stradale denominata “Svincolo Nodo 2a-2b”**, composto dalle due rotonde denominate “2a” e “2b”, dal ramo stradale che le collegava, e l’**eliminazione dell’annessa opera d’arte denominata “Opera X”**, identificabile come viadotto a servizio dell’esistente ramo della S.S.1 Aurelia al fine di scavalcare la nuova viabilità che nel Progetto Esecutivo univa il nodo 1 al nodo 2a.

Sulla nuova rotonda prevista in Variante si innesterà da est il ramo stradale funzionale ad un altro progetto denominato “Lotto Stralcio 2-3” per il collegamento con la Via Pietrasantina.



Figura 2 Panoramica satellitare sull’area interessata dall’intervento con evidenziata l’area della nuova infrastruttura secondo il Progetto di Variante che risulta meno impattante sul territorio, e quindi anche sul reticolo idraulico di zona, rispetto al Progetto Esecutivo come rilevabile nella parte in basso a dx dell’immagine.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI, TECNICI E BIBLIOGRAFICI

2.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- R.D. 523/1904 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie” e s.m.i.; Capo VII
- L. 37/94 “Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, torrenti, laghi e altre acque pubbliche”;
- D.M. 23/02/1971 “Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie e alte linee di trasporto” come modificato dal D.M. 10/08/2004.
- Circolare Ministero LL.PP. n.11633 del 07.01.1974: Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto.
- Delibera Ministero LL.PP. del 04.02.1977: Norme tecniche generali per la regolamentazione dell’installazione e dell’esercizio degli impianti di fognatura e depurazione.
- Decreto Presidente del Consiglio dei ministri 04/03/1996 “Disposizioni in materia di risorse idriche” Capitolo 8: “Livelli minimi dei servizi che devono essere garantiti in ciascun ambito territoriale ottimale” - Paragrafo 8.3: “Smaltimento”
- Circolare Ministero LL.PP. n.27291 del 20.02.1986: Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni.
- Decreto Ministero LL.PP. del 12/12/1985 (G.U. 14/03/1986 n° 61) “Norme tecniche relative alle tubazioni”
- Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale".
- L. R. 31 maggio 2006, n. 20 “Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento”.

Bollettino Ufficiale n. 17, parte prima, del 7 giugno 2006.

- L.R. 79/2012 “Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla L.R. 69/2008 e alla L.R. 91/1998. Abrogazione della L.R. 34/1994”;
- L.R. 80/2015 "Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri", ed in particolare l’art. 2 lett. i);
- Regolamento emanato con D.P.G.R. 12 agosto 2016 n. 60/R “Regolamento in attuazione dell’articolo 5 della Legge Regionale 28 dicembre 2015 n. 80 “Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idrica e tutela della costa e degli abitati costieri”
- L.R. 41/2018 “Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni).
- D.P.G.R. 42/R del 25/07/2018 “Regolamento per lo svolgimento delle attività di polizia idraulica, polizia delle acque, e servizio di piena, in attuazione dell'articolo 5 della Legge Regionale 28 dicembre 2015, n. 80 (Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idrica e tutela della costa e degli abitati costieri)”;
- D.C.R.T. n. 81 del 28 luglio 2021 “Modifiche al reticolo idrografico e di gestione di cui alla legge regionale 27 dicembre 2012 n. 79, approvato con deliberazione del Consiglio regionale del 29 aprile 2020, n. 28.

- Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA 2021 – 2027) del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale approvato, ai sensi degli articoli 65 e 66 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 con d.p.c.m. 1 dicembre 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7.02.2023
- Direttiva del Consiglio n.91/271 del 21/05/1991 dispone che si adottino le prescrizioni contenute nella Norma Europea EN 752-04/1993
 - NTC 2008 –. Capitolo 5 Ponti
 - Comune di San Giuliano Terme - Piano Operativo Comunale vigente approvato con delibera di Consiglio Comunale n°54 del 30 ottobre 2019 ed aggiornato ai sensi dell'art. 21 della L.R. 65/2014 s.m.i. alla data del 30/11/2021.
 - Comune di San Giuliano Terme - Piano Operativo Comunale Elaborato M1 Allegato 4 Indagini di Supporto alla Pianificazione del Territorio Comunale - Dott. Geol Emilio Pistilli Geoprogetti anno 2018.
 - Progetto preliminare “Viabilità di raccordo nord tra il nuovo polo ospedaliero, la S.S. n.12 Del Brennero, la S.S. n.1 Aurelia e la S.P. n.2 Vicarese Tratta Madonna dell'Acqua - Cisanello Elaborato C02. Studio idrologico-idraulico e delle aree allagate. Ing Larisa Troiani – dott. Marco Redini anno 2010.
 - Progetto Definitivo VIABILITÀ DI RACCORDO NORD TRA IL NUOVO POLO OSPEDALIERO, LA S.S. n°12 DEL BRENNERO, S.S. n°1 AURELIA E LA S.P. n°2 VICARESE TRATTA MADONNA DELL'ACQUA - CISANELLO LOTTO 1-2 STRALCIO. Ambito Idraulico; Idraulica di Piattaforma stradale- Relazione di Compatibilità Idraulica Elaborato 7.2.1 file 558D12IDR006D ATI soc. Pro Iter Milano. Anno 2022.

2.2. LETTERATURA TECNICA DI RIFERIMENTO

- S. Artina, G. Calenda, F. Calomino, G. La Loggia, C. Modica, A. Paoletti, S. Papiri, G. Rasulo, P. Veltri Sistemi di Fognatura - Manuale di Progettazione - - Centro Studi Deflussi Urbani - HOEPLI, Milano;
- Vito Ferro La sistemazione dei bacini idrografici McGraw-Hill Education.
- Valerio Milano - Costruzioni idrauliche - Fognature Vol. IV – Università degli Studi di Pisa, Facoltà di Ingegneria Istituto di Idraulica – Servizio Editoriale SEU Pisa
 - Andrea Guadagni – Prontuario dell'Ingegnere terza edizione HOEPLI. Milano
 - Amedeo Mantica – Costruzioni Idrauliche Il dimensionamento Idraulico delle Fognature Urbane– Università degli Studi di Ancona. Ancona
 - Alessandro Peruginelli – Idraulica – Facoltà di Ingegneria Università degli Studi di Pisa. Pisa
 - Enio Paris – Rischio Idraulico. - Interventi per la protezione del territorio. Monografie CISM-Università di Firenze. Firenze
 - Poletti - Becciu – Sanfilippo Atti del II convegno Acqua e Città. Centro Studi Idraulica Urbana. Milano
 - Regione Emilia Romagna – Linee guida di indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento. Direzione Generale Ambiente Difesa del Suolo e della Costa. Bologna
 - Adriano Murachelli – Vittoria Riboni Rischio Idraulico e Difesa del Territorio. Dario Flaccovio Editore Palermo.
 - Emilio Usai – Manuale di Idrologia per la Progettazione. Metodologie di lavoro ed elaborazioni matematiche. Biblioteca tecnica HOEPLI. Milano
 - Mauro Greppi – Idrologia – Il ciclo dell'acqua ed i suoi effetti – HOEPLI. Milano.
 - Dario Tricoli – Materiale Didattico del Corso HEC HMS Modellazione Eventi di Piena. RUWA srl. Catanzaro

- Alberto Mariano Caivano – Rischio Idraulico ed Idrogeologico – Procedure di pianificazione, controllo e gestione – EPC Libri. Roma

3. GESTIONE DELLA ACQUE DI PIATTAFORMA

Come per il progetto esecutivo, anche la porzione di viabilità relativa alla Variante verrà dotata di rete di fognatura meteorica costituita da un insieme di manufatti - quali: canali trapezoidali in terra e in calcestruzzo al piede del rilevato, cunette e griglie stradali, presenti in piattaforma collegate ad embrici in calcestruzzo posati lungo le scarpate ed interconnessi a pozzetti terminali – per la porzione aperta - ed altre opere d'arte per comporre una rete di collettori fognari circolari - interconnessi tra loro, con punti di scarico a servizio sia della rotonda che delle 2 rampe di collegamento, come meglio rappresentato all'interno degli elaborati grafici a corredo della presente relazione.

L'area interessata dal presente lavoro occupa una porzione all'interno del territorio di San Giuliano Terme, in località Madonna dell'Acqua, in prossimità del confine Sud Est con il territorio del comune di Pisa come meglio evidenziato nella figura seguente.

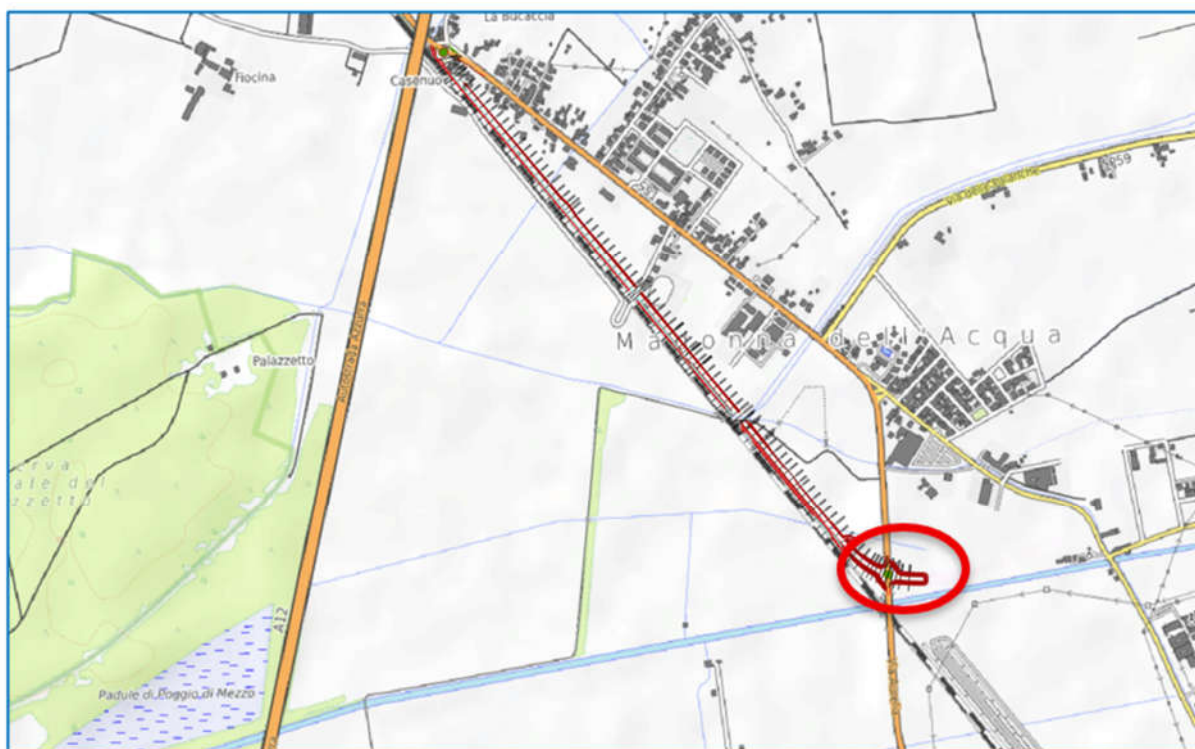


Figura 5 Planimetri generale su base OTM sull'area interessata dall'intervento con evidenziata l'area della nuova infrastruttura – schematizzata in Rosso, verso il basso indicato l'abitato di Pisa.

La presente relazione ha come obiettivo principale la definizione delle portate pluviali (in termini di entità) relative ai sottobacini ipotizzati, a seguito dell'analisi pluviometrica di zona. A seguire,

verranno determinate le altezze idriche dei collettori e dei tratti di rete studiati che, in funzione delle portate stimate, verranno raggiunte durante l'evento pluviometrico di progetto, in base a prefissato Tempo di Ritorno, nel pieno rispetto delle indicazioni procedurali presenti all'interno del POC del comune di San Giuliano Terme attualmente in vigore e quanto indicato dalle NTC 2008 e conformemente alle procedure utilizzate all'interno della precedente progettazione esecutiva.

Anche per questa ipotesi progettuale di variante, così come per tutta la parte di tracciato inserita all'interno del progetto esecutivo, per tutte le acque di piattaforma, non è stato richiesto un appropriato sistema di trattamento delle acque di prima pioggia. *Secondo l'iter precedente, il progetto risulta essere conforme a quanto riportato all'art. 9 della Legge Regionale 31 maggio 2006, n.20 riguardanti lo scarico di Acque Meteoriche Dilavanti Non Contaminate (cd AMDNC).*

3.1. RETICOLO IDRAULICO DI COMPETENZA A RIDOSSO DELLA NUOVA OPERA

Inserita l'opera - tramite le cartografie presenti all'interno del sito della Regione Toscana - si è individuata la porzione di reticolo idraulico interessato alla variante, con l'individuazione sia del suo bacino idrografico di competenza che dei relativi punti di scarico, con le aree di compenso e di mitigazione.

Dalla sovrapposizione cartografica, e a seguito di rilievo di dettaglio, è emerso che il tratto è attraversato dai seguenti fossi, da Sud a Nord, rispettivamente: Fiume Morto - codice univoco identificativo IDRETDLR79 BV 5821 e - a nord - un canale "Senza Nome" ma univocamente individuato con il codice regionale BV 5735.

Tutta la zona, con il suo sistema descritto e con una serie di canali secondari, drena più a valle, verso il Fiume Morto, per sfociare nel Mar Tirreno, circa 8 km più a valle della area analizzata.

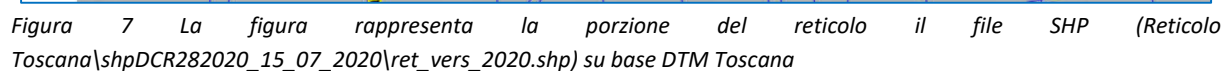


Figura 8 La figura rappresenta l'estrazione dei dati presenti all'interno del database collegato il file SHP (Reticolo Toscana\shpDCR282020_15_07_2020\ret_vers_2020.shp) utilizzato per le elaborazioni.



Dal POC attualmente in vigore, riportiamo:

Le acque raccolte dai pluviali delle coperture devono, quando tecnicamente possibile, essere convogliate in aree permeabili. Qualora ciò non fosse possibile potranno essere immesse nella pubblica fognatura o nel reticolo idraulico minore, prevedendo a monte sistemi di laminazione del picco di piena, valutato per eventi con tempo di ritorno ventennale (Tr20) di durata oraria (1h);...

...m) Sono in ogni caso vietati i tombamenti dei corsi d'acqua, fatta esclusione per la realizzazione attraversamenti per ragioni di tutela igienico-sanitaria e comunque a seguito di parere favorevole dell'autorità idraulica competente.

n) Nelle aree della pianura classificate a pericolosità elevate e molto elevata, la quota di sicurezza dovrà essere definita a partire dal battente idrico indicato per l'area di intervento all'interno dello studio idraulico rappresentato nelle cartografie di riferimento e dettagliato nel "grid" a disposizione sul sito comunale. A tale battente dovrà essere aggiunto un idoneo franco di sicurezza che non potrà essere inferiore a 20 cm.

Sono comunque consentiti gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere pubbliche e delle infrastrutture pubbliche, di interesse pubblico e privato e del patrimonio edilizio esistente, per i quali deve essere garantita la gestione di quanto in essere, tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a Tr 200. (rif. Allegato 4 del POC elaborato M1 anno 2018 paragrafo 11.9 Classi di fattibilità -11.10 - 11.12)

3.2. PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELLA ZONA

In merito alla classe di pericolosità idraulica, in riferimento alla carta del P.G.R.A. Distretto Appennino Settentrionale la zona oggetto dello studio risulta interna all'area perimetrata **P2**, come evidenziato nella figura seguente.

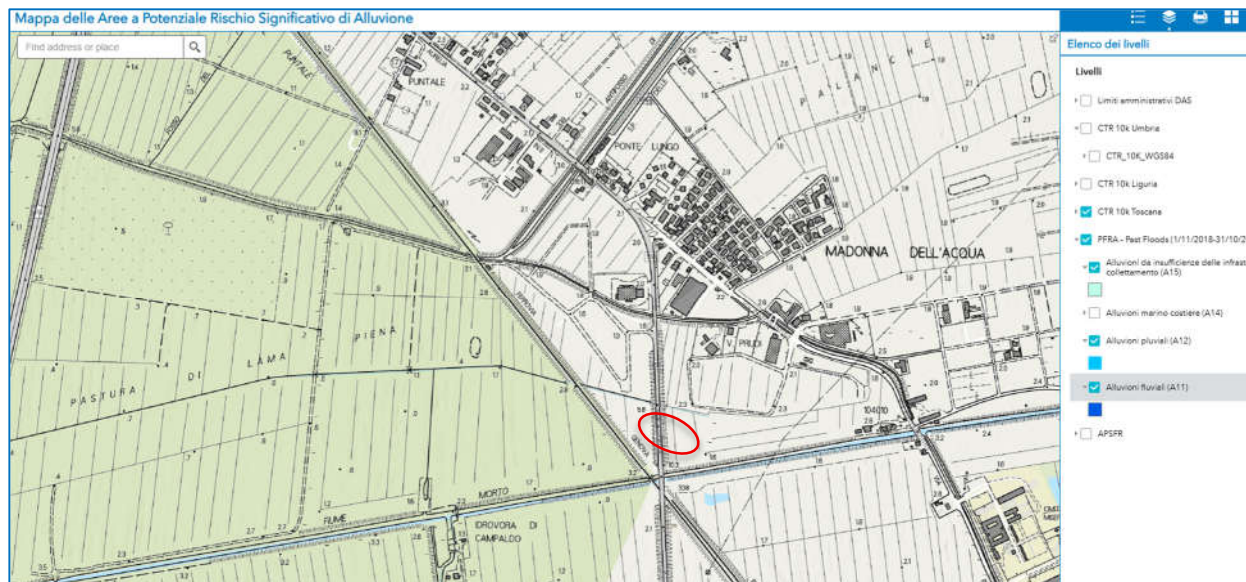


Figura 9 Stralcio della carta Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvione (si nota come l'area oggetto di intervento è esterna ad ogni perimetrazione) Fonte PGRA Appennino settentrionale anno 2025.

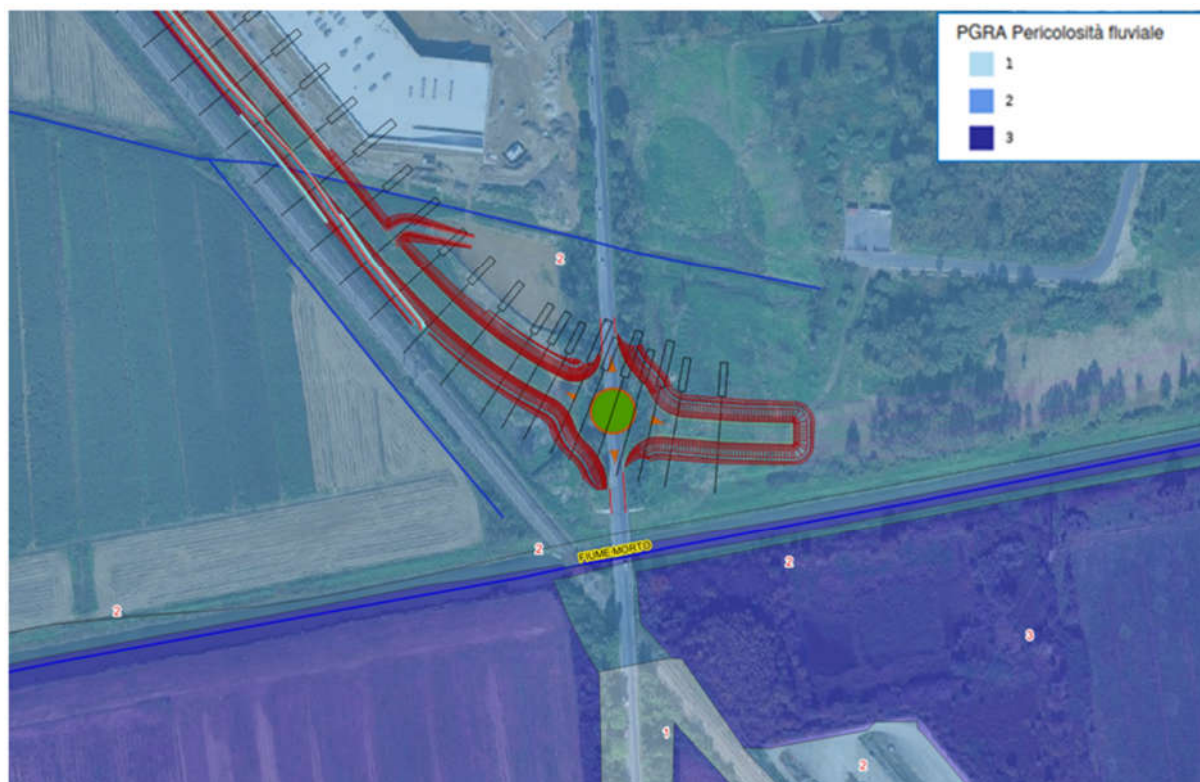


Figura 10 Carta della pericolosità idraulica della zona oggetto di studio- fonte PRGA 2023 scala 1.5000

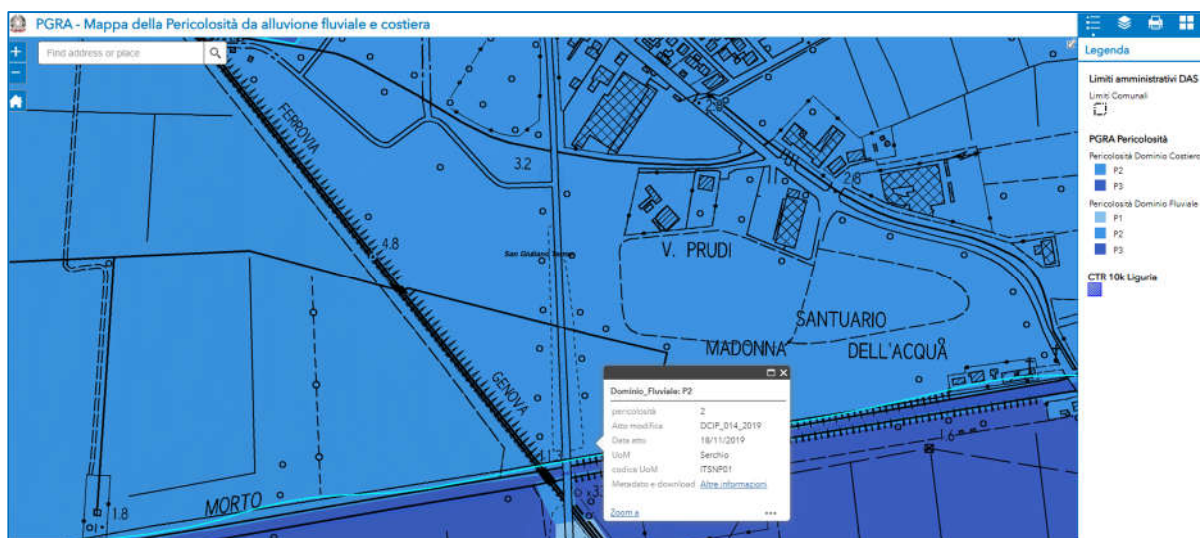


Figura 11 Carta della pericolosità idraulica della zona oggetto di studio- fonte
<https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>.

La soluzione progettuale proposta tiene conto dei vincoli e delle importanti prescrizioni presenti all'interno del PRGA in vigore – di cui la cartografia aggiornata allegata è parte integrante, utilizzando le medesime forme e i contenuti delle valutazioni idrauliche presenti nei due precedenti progetti; che avendo ottenuto l'approvazione – con il contributo ed il coinvolgimento di tutti gli enti interessati - si

propongono, anche nel progetto di variante, l'applicazione delle medesime ipotesi di calcolo e di verifica.

Per completezza si riportano le norme che disciplinano tali aree, (*rif. capo II Sezione 1 della disciplina del Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni (PGRA anno 2025)*)

Aree a pericolosità da alluvione media (P 2) – Norme

1) Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 (della disciplina di piano) sono da

consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del Comune di San Giuliano Terme rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4 (della disciplina di piano), fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10 (della disciplina di piano).

2) Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 (della disciplina di piano), l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA dell'U.O.M. Arno:

a) misure di protezione previste dal PGRA dell'U.O.M. Arno e misure previste dal PGRA;

b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;

c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;

d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria;

e) interventi di ampliamento, di ristrutturazione e nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi nonché gli impianti dichiarati di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi.

3) Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P2. (rif. capo II Sezione 1 della disciplina del Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni (PGRA))

4. STUDIO PLUVIOMETRICO

L'oggetto di questo studio è il dimensionamento delle condotte, delle cunette, delle caditoie e di tutte le opere ritenute significative e necessarie alla gestione delle acque meteoriche che interessano il nuovo tratto di rilevato stradale, con particolare attenzione al reticolo idraulico principale presente nell'area oggetto di variante progettuale.

Le verifiche idrauliche sono state condotte valutando le dimensioni della piattaforma stradale e del suo rilevato stradale nel suo complesso - come da progetto - dividendo in più parti l'area complessiva occupata dalla infrastruttura in funzione dei punti di scarico previsti, suddividendola

- idraulicamente - in sottobacini indipendenti a seguito di sopralluoghi e rilievi ed analisi plano altimetrici.

Per ognuno di questi sottobacini, sono stati effettuati i calcoli idraulici di dettaglio, verificando ogni sezione terminale delle nuove opere previste.

Per la determinazione della portata di progetto/verifica è stata utilizzata la teoria della trasformazione afflussi deflussi nota come metodo SCS – CN

Il Soil Conservation Service SCS-Curve Number (SCS, 1972) è il metodo afflussi deflussi più utilizzato e studia la risposta idrologica di un bacino per la stima dei deflussi superficiali o pioggia netta.

Per ogni singolo manufatto presente – distinto per geometria, tipologia e materiale è stata effettuata la verifica idraulica di moto uniforme attraverso la formula di Chezy.

Per consuetudine, per indicare le condizioni di moto uniforme, si applica un pedice 0. Introducendo l'identità $i=J$ nella formula di Chezy otteniamo

$$V_0 = C_0 R_i^{2/3} Q = A_0 C_0 R_i^{2/3} i$$

Dove avremo l'area ed il raggio idraulico in funzione dell'altezza h , $A=A(h)$ e $R_i=R_i(h)$

Per il calcolo del coefficiente di Chezy si è fatto uso della formula di Gauckler-Strickler: $C = c R_i^{1/6}$

$$\text{Per cui } V_0 = c R_i^{2/3} i \text{ e } Q = c A_0 R_i^{2/3} i$$

La relazione lega univocamente la portata Q all'altezza del pelo libero h .

Nota h , Q è immediatamente determinabile,

Come anticipato, anche per i punti di scarico del tratto di viabilità proposto, si sono sempre tenuti validi i risultati presenti all'interno degli studi idraulici a corredo del progetto definitivo ed esecutivo.

4.1. TEMPO DI RITORNO

È un termine spesso utilizzato per connotare l'intensità di un fenomeno naturale (*esempio: 'una pioggia con tempo di ritorno pari a 100 anni'*). Formalmente, il tempo di ritorno viene definito come una grandezza statistica che esprime la probabilità di qualcosa che accade in un dato anno. Nel caso di un fenomeno pluviometrico, il tempo di ritorno definisce la probabilità che un evento di una certa intensità ha di verificarsi all'interno di un qualsiasi anno.

In merito al Tempo di Ritorno utilizzato per lo studio oggetto del presente lavoro, si è fatto riferimento alle norme del P.G.R.A. Distretto Appennino Settentrionale che all'art. 5 – definizioni indica:

*Gestione del rischio idraulico: per gestione del rischio idraulico si intendono le azioni volte a mitigare i danni conseguenti a fenomeni alluvionali. La gestione può essere attuata attraverso interventi tesi a ridurre la pericolosità e interventi tesi a ridurre la vulnerabilità degli elementi a rischio anche mediante azioni di difesa locale e piani di gestione dell'opera collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovracomunale, rispettando le condizioni di funzionalità idraulica; in altri termini la gestione del rischio si attua attraverso azioni volte ad abbattere in maniera significativa gli effetti negativi - rispetto ad un evento di riferimento che può anche variare in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua considerato – in particolare su vita umana, insediamenti ed attività, beni ambientali e culturali. Agli effetti del PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone di **norma si considera come evento di riferimento quello connesso con un tempo di ritorno uguale a 200 anni**. La gestione del rischio può essere perseguita, qualora ve ne siano i presupposti e le condizioni giuridiche, anche attraverso azioni tali da ripartire eventuali effetti negativi su aree in cui, a parità di pericolosità, si ha presenza di elementi a rischio di minor valore.*

Lo studio analizza i valori di portata del bacino idrografico per tutta la sua interezza, impostando un tempo di 200 Anni.

Tale ipotesi è confortata dalle indicazioni presenti all'interno delle NTC 2008 – capitolo 5 Ponti *punto 5.1.2.4.*

La legge Regionale Toscana n 41, al punto 16 del preambolo riporta:

Per quanto concerne la pianificazione territoriale e urbanistica, è necessario esplicitare che la gestione del rischio di alluvioni è perseguita rispetto allo scenario individuato dai piani di gestione del rischio di alluvioni quale “scenario per alluvioni poco frequenti” associato ad evento alluvionale con tempo di ritorno non inferiore a 200 anni

Lo stesso valore del Tempo di Ritorno viene indicato all'interno del Piano Operativo Comunale del comune di San Giuliano Terme, nella versione attualmente in vigore.

I coefficienti della curva pluviometrica hanno come fonte il sito SIR Regione Toscana.:

4.2. PLUVIOMETRIA DEL BACINO

Per poter analizzare la pluviometria del bacino si è fatto uso di una serie di informazioni e studi presenti in letteratura per quel tipo di bacino (*dimensioni piccole, acclività medio bassa, uniformità geologica e orografica*).

Per lo studio dei volumi meteorici che potranno interessare le superfici, si è fatto uso dei dati pluviometrici elaborati dal Settore Idrologico Regionale Toscana (S.I.R.), tramite le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, aggiornamento 2012 ad oggi in pubblicazione; mentre per la determinazione delle portate si è fatto uso della teoria della trasformazione afflussi deflussi del “metodo SCS - CN”.

Le curve di possibilità pluviometriche utilizzate sono quelle elaborate dalla Regione per la stazione dotata di pluviometro tutt’ora in funzione posta immediatamente a nord est dell’area oggetto di studio:

- Vecchiano (TOS 2004365)



Figura 12 L'immagine indica la esatta posizione geografica rispetto al bacino del pluviometro SIR utilizzato – Vecchiano PI

Si riportano i coefficienti del Curva di Possibilità Pluviometrica **per Tr 200 anni**

Vecchiano Tr 200: $a = 93.58$; $n = 0.29279$

Settore Idrologico e Geologico Regionale - ELABORAZIONI / Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica - Aggiornamento 2012

[Scarica documentazione](#)

Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme - LSPP - Aggiornamento al 2012
 Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, si è provveduto ad effettuare un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica caporali Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale UNI FI).

TEMPO DI RITORNO in ANNI
 200

DURATA PIOGGIA in ORE
 1h

STAZIONI
 TOS02004365 - Vecchiano (PI)

LAT
 4848462.2

LON
 1612597.53

AREE

H = 93.58 [mm] altezza di pioggia (a = 93.58400, n = 0.29799)

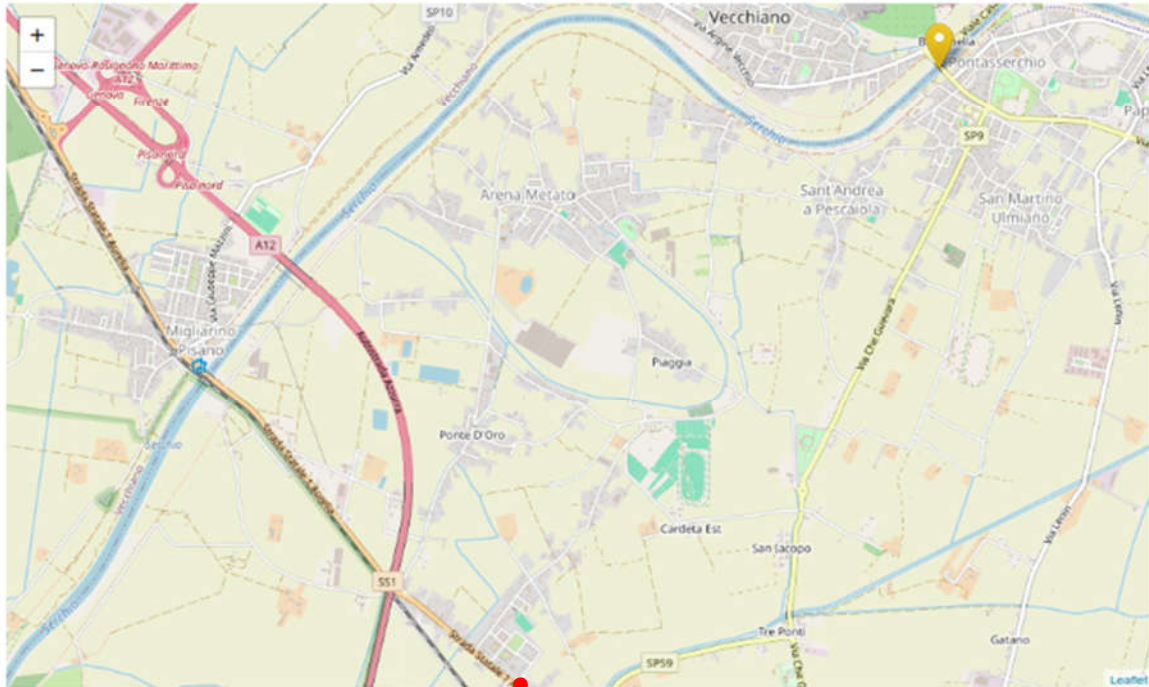


Figura 13 – Estratto dei dati pluviometrici dal sito SIR (<https://www.sir.toscana.it/lsp-2012>)

Si riportano i valori della curva di possibilità pluviometrica “a” ed “n” – sempre per Tr 200 - delle stazioni pluviometriche regionali limitrofe al lotto:

- **Pisa - facoltà di agraria** – a = 92.81; n = 0.328
- **Metato**: a = 92.21; n = 0.30282

Per completezza si riporta quanto descritto all'interno delle note esplicative relative alla metodologia utilizzata dal S.I.R. Toscana:

“Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite. Le stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come prodotto dei valori della pioggia indice μ per le diverse durate il fattore di crescita adimensionale KT per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni individuate. La previsione quantitativa dei valori estremi di pioggia in un determinato punto è stata effettuata anche attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La LSPP è comunemente descritta da una legge di potenza del tipo: $h(t) = a * t^n$ con: h = altezza di pioggia [mm] t = durata [ore] a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

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

Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri a e n . Una volta noti i parametri a e n della LSPP per i tempi di ritorno fissati è possibile calcolare l'altezza di pioggia di durata desiderata in ogni punto della Regione Toscana.”

Per il presente studio, si considera - per le valutazioni pluviometriche - un Tempo di Ritorno pari a 200 anni

Inserendo i coefficienti pluviometrici forniti dalla Regione Toscana all'interno delle formule di calcolo, si sono ricavate i valori delle varie altezze di pioggia – in relazione al tempo di pioggia considerato di progetto - funzione sempre del tempo di Ritorno duecentennale prefissato.

4.3. ALTEZZA DI PIOGGIA RAGGUAGLIATA ALLA SUPERFICIE

L'altezza di precipitazione media h_m su una superficie di area A assegnata si schematizza come una variabile casuale, al pari dell'altezza di pioggia puntuale. È esperienza comune il fatto che le precipitazioni di elevata intensità si concentrino in aree piccole, e che a parità di durata e a parità di tempo di ritorno l'intensità decresca al crescere dell'area. Ci si attende quindi che la distribuzione di probabilità dell'altezza di precipitazione media dipenda dalla durata t e dall'altezza A , oltre che, ovviamente, dalla posizione geografica. Per questo motivo si preferisce determinare l'altezza di precipitazione ragguagliata h_r relativa a un'assegnata durata t e a un assegnato tempo di ritorno T

moltiplicando l'altezza di precipitazione puntuale h relativa alla stessa durata e allo stesso tempo di ritorno per un opportuno coefficiente di riduzione, detto anche coefficiente di ragguglio dell'area.

Vista la dimensione dell'area - origine dei vari sottobacini stradali analizzati - rispettivamente 1.2 ettari circa unita alla particolarità idraulica del sito oggetto di studio, non si sono applicate le formule di ragguglio alle superfici e a seguito di un confronto tra le varie ipotesi, **si è optato di non effettuare nessun ragguglio**, a favore di sicurezza idraulica.

Come precedentemente anticipato, per ogni singolo bacino oggetto di studio, per i dati di pioggia, si farà riferimento alla stazione Meteo "Vecchiano TOS 02004365", ipotizzando che ogni bacino sia contemporaneamente ed uniformemente interessato dalla pioggia di progetto per tutta la sua superficie.

4.4. SUDDIVISIONE INTERA SUPERFICIE INTERESSATA ALLO STUDIO

Il sistema idraulico di drenaggio previsto prevederà sostanzialmente allo smaltimento delle acque di piattaforma mediante embrici e disposti nelle scarpate del rilevato stradale ubicati in corrispondenza della posizione delle caditoie previste nella configurazione descritta graficamente all'interno degli elaborati grafici, dei quali si riporta a seguire uno stralcio dell'elaborato

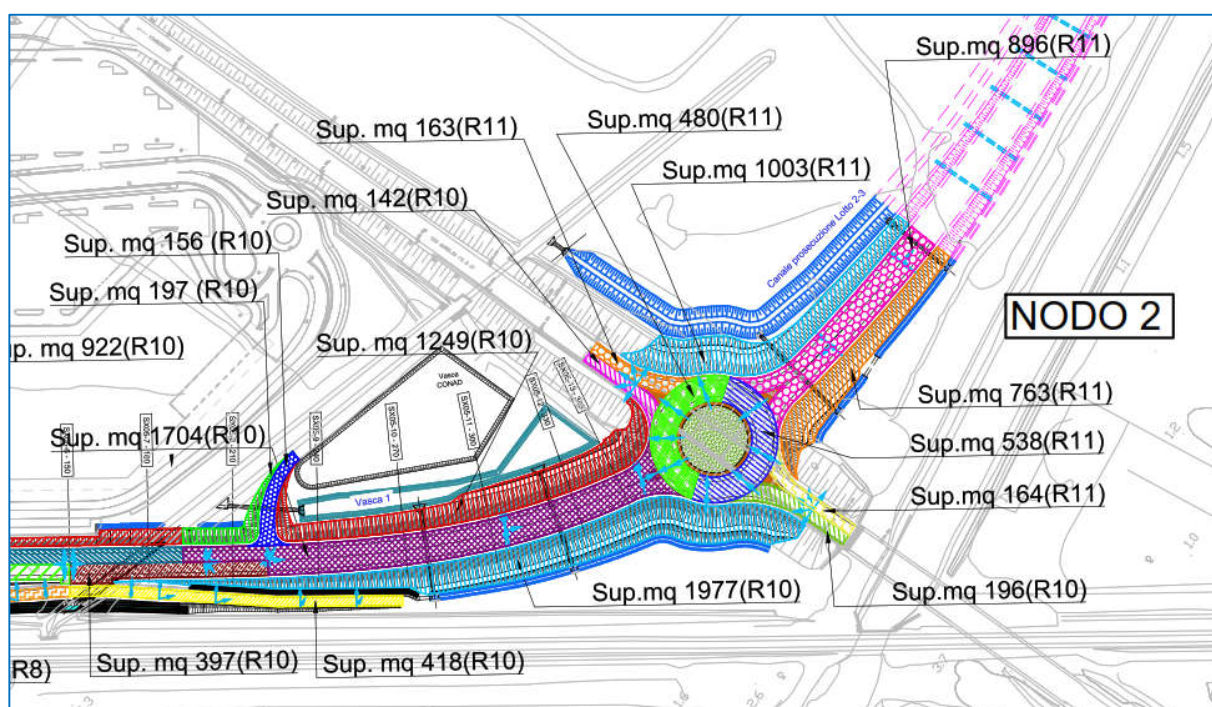


Figura 14 Immagine stralcio della porzione di opera interessata alla variante con le diverse aree distinte per coefficienti di permeabilità. Rif Elaborato 558 EIDRPIA02B

Gli embrici convoglieranno le acque meteoriche di piattaforma stradale ai fossi di guardia di sezione trapezia in terra - previsti al piede del rilevato stradale - i quali presentano una sezione dimensionata in grado di smaltire la portata prevista.

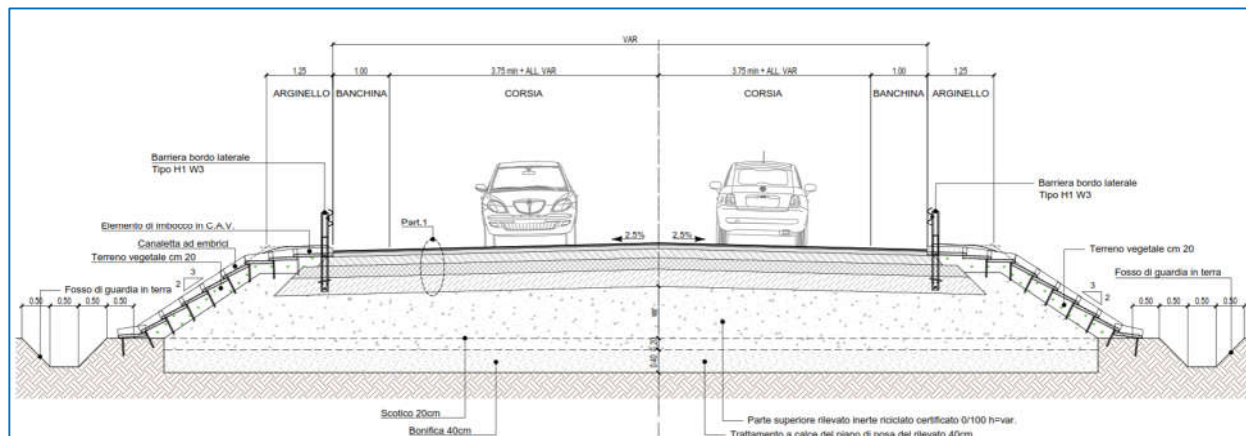


Figura 15 Sezione Tipologica del sistema di drenaggio previsto per le acque di piattaforma – Sez. in rilevato con embrici e scarico nel fosso sezione trapezia in terra al piede del rilevato Rif Elaborato 558 EIDRPIA04A

Come riportato graficamente all'interno degli elaborati, per alcuni brevi tratti stradali, in cui non è possibile realizzare il fosso trapezoidale in terra alla base del rilevato stradale – con funzione di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, si prevede di realizzare la raccolta delle acque con cunette semicircolari a forma rettangolare e forma trapezia in CLS, poste a ciglio strada e collegate da tubi in PVC classe Sn 8, (rif. PVC rigido conformi norma UNI EN 1401-1 tipo SN per condotte di scarico interrato di acque civili e industriali)

Il bacino idrografico di studio è composto dall'intera piattaforma stradale e dal suo rilevato, compresa la rotatoria prevista come intersezione con l'attuale tracciato della SS 1 Aurelia, suddiviso idraulicamente in sottobacini autonomi, in funzione di ogni singolare punto di raccolta (identificati in planimetria attraverso il codice univoco R11 ed R10).

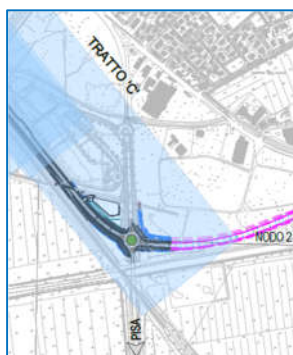


Figura 16 Porzione cartografica del bacino idrografico studiato. Rif Elaborato 558 EIDRPIA02B

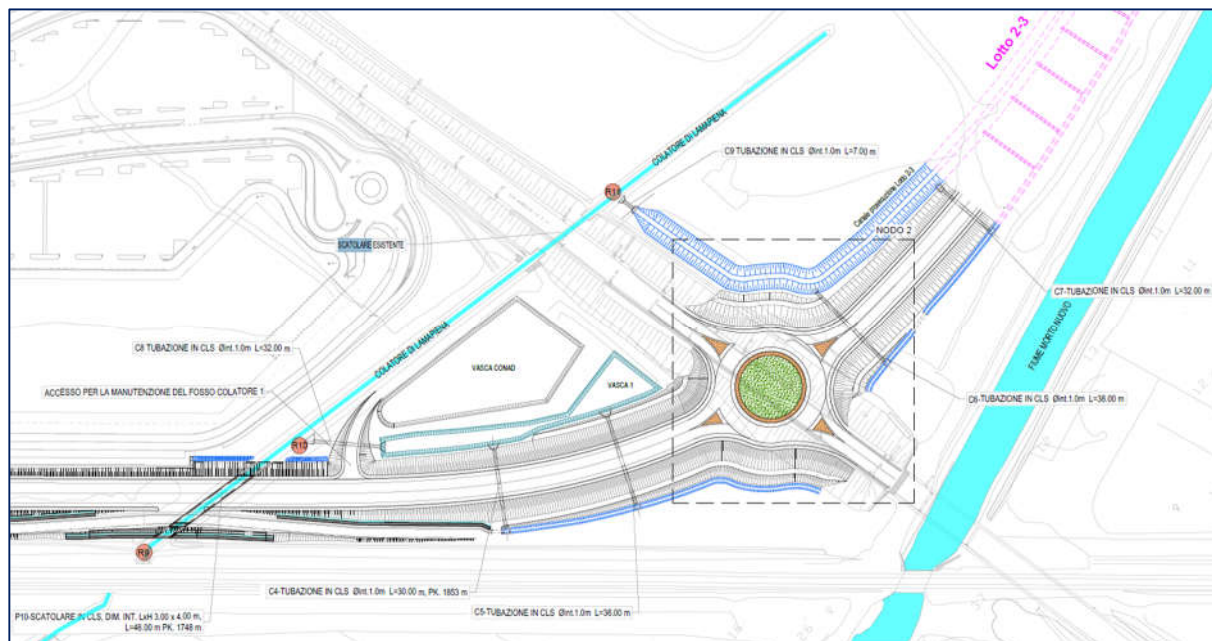


Figura 17 Immagine stralcio della porzione di opera lato Pisa Nodo 02_ con evidenziati manufatti e punti ricettori. Rif Elaborato 558 EIDRPIA03A.

Come per il progetto esecutivo, anche per la variante, ogni singolo bacino – pur composto da porzioni di aree scolanti differenti - sarà caratterizzato da una propria rete di raccolta e smaltimento delle acque e da un unico punto di scarico autonomo; tale punto è presente all’interno dell’attuale reticolo idraulico individuato per lo smaltimento di tali acque.

Ogni area scolante sarà caratterizzata da un sistema di “tratti di rete” che conferiscono ad un proprio punto di recapito, ed i bacini afferenti, ,saranno identificati con le lettere riferite al loro punto di recapito: R10 ed R11, seguendo – anche in questo caso - la metodologia utilizzata nel progetto esecutivo, ed ogni elemento associato identificato con gli elementi presenti all’interno degli elaborati progettuali così individuati: 558EIDRPIA02A; 558EIDRPIA03A; 558EIDRPIA04A; 558EIDRPIA05A

5. BACINI IDROGRAFICI

5.1. PARTE GENERALE COMUNE A TUTTI I SOTTOBACINI

Il tratto di nuova opera oggetto dello studio ha una lunghezza prossima ai 275 metri ed una larghezza media del corpo stradale alla base di circa 43 metri per una superficie totale interessata prossima ai 1.5 ettari, composta principalmente dalle due rampe di collegamento alla S.S.1 Aurelia e la nuova rotatoria prevista nell’intersezione con la S.S.1 stessa necessaria allo smistamento dei flussi di traffico, come meglio visualizzato all’interno della figura precedente.

Dal punto di vista altimetrico, la porzione oggetto di variante al tratto di nuova arteria si sviluppa ad una quota prossima ai 2.00 metri slm nei pressi della località Madonna dell’Acqua, al confine est con il territorio comunale di Pisa. In merito ai reali volumi, sia di invaso che di compensazione, in fase

esecutiva verranno effettuate le dovute verifiche attraverso livellazioni di precisione. Per completezza di inseriscono delle immagini aggiornate, dello stato di fatto delle aree oggetto di studio:



Figura 18 L'immagine riporta lo stato attuale della porzione dell'area compresa tra la linea Ferroviaria ed il nuovo tracciato, lato Area Conad.



Figura 19 L'immagine riporta lo stato attuale della porzione dell'area compresa tra il canale Lama Colatore ed il nuovo tracciato, lato Nord, con il rilevato attuale e l'attuale attraversamento. L'intervento interesserà la sponda sinistra (lato sinistro foto).

Bacino R10.

Il bacino R10 è composto da 2 differenti sottobacini – 1 lato monte e uno lato mare ferrovia ed uno lato monti – verso l'attuale Aurelia- che immettono le loro acque nel punto R 10 previsto immediatamente a monte del nuovo attraversamento del Colatore di Lamapiena (codice Reticolo Regione Toscana BV5735;

Perciò avremo la seguente distinzione:

R10a: che ha la sua superficie scolante nella porzione lato Pisa della rampa sud – lato mare attraverso una sezione terminale composta da un canale in terra a sezione trapezia delle misure 50x50x50 e con un tombino in condotta fognaria in CLS Dn 1000.

R10b: che ha la sua superficie scolante nella porzione tra il bacino R10a – lato monte ed il canale ricettore stesso, scorrendo in direzione Viareggio attraverso una sezione terminale composta da un manufatto di scarico dotato di uno stramazzo in cls a soglia larga di un metro o una valvola a clapet da installarsi su una condotta in PVC del De 600, con la funzione di regolare e limitare gli ingressi all'interno del ricettore- Il punto sarà opportunamente protetto da scogliera in massi o materassi tipo reno intasati con cls.

Nel pieno rispetto dell'invarianza idraulica e con il prioritario obiettivo di non aumentare il rischio idraulico relativo alla presenza della nuova opera, si è fatto riferimento allo specifico elaborato redatto e approvato nelle precedenti fasi progettuali – "Relazione di Compatibilità Idraulica Allegato I.

In merito ai volumi necessari, si è fatto riferimento ad una superficie di base di "impronta" della nuova rampa lato mare, prossima ai 6 500 mq, prevedendo un'altezza media del battente di 15 cm (*medio tra 0 e 30 cm come da battenti indicati nella figura a seguire*), risulta necessario invasare 975 mc., nel rispetto della situazione migliorativa tra ante e post operam.

Compatibilmente al piano particellare, si prevede di gestire i 975 mc attraverso una vasca di superficie di 936 mq, con un'altezza idrica utile di 1.04 m., compatibile con l'attuale assetto altimetrico.

In fase esecutiva, sia la superficie che la forma potrà essere modificata, facendo attenzione al rispetto delle quote di fondo relative ai volumi di invaso, compatibili con le quote in uscita della vasca stessa, rispetto alla posa del fondo della condotta prevista per lo svuotamento lato ferrovia, vincolato dalla quota min. del punto di scarico previsto nel canale Lama Piena.

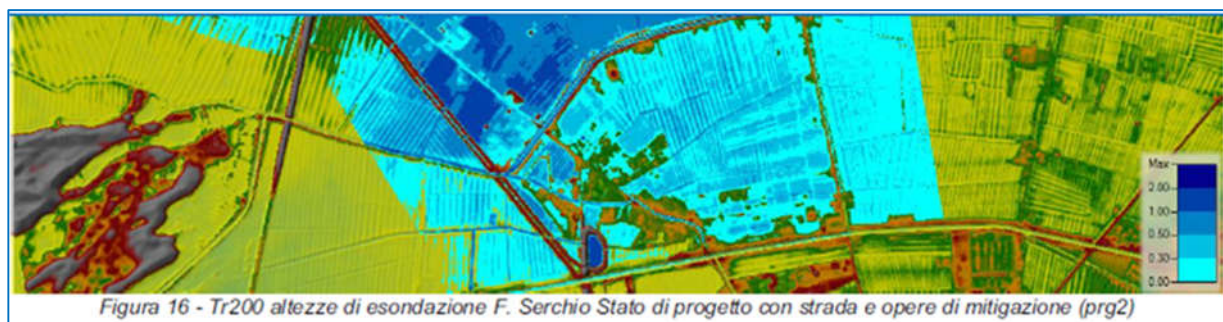


Figura 20 estratto grafico dalla Relazione di Compatibilità Idraulica Allegato I; pag 14

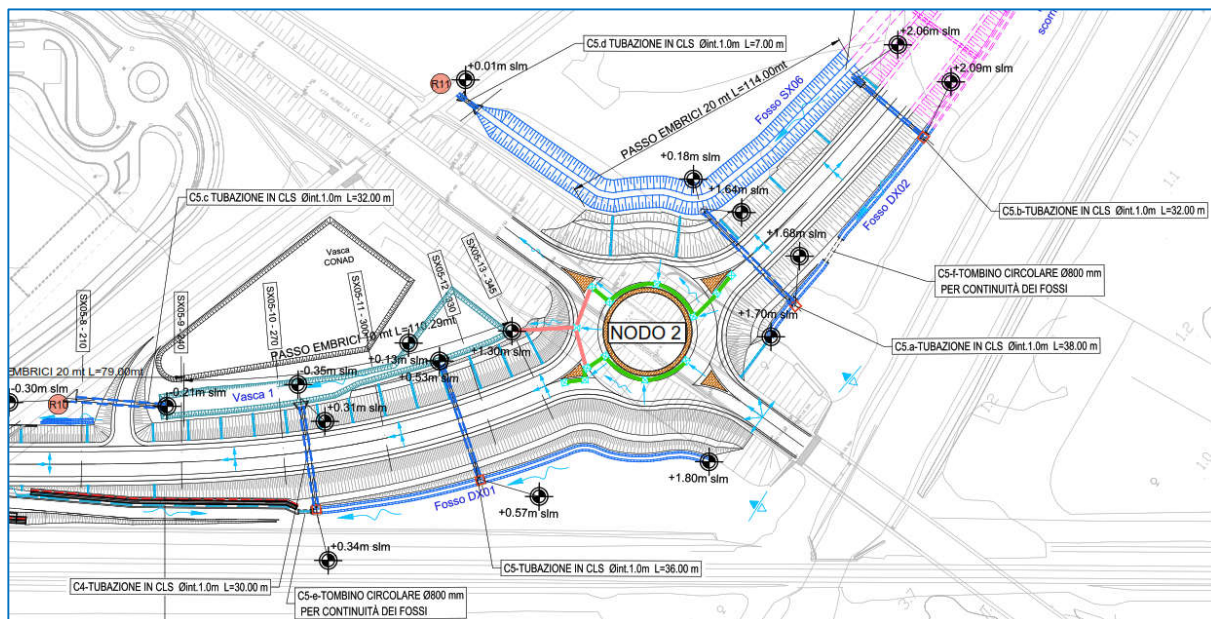


Figura 21 Stralcio planimetrico delle configurazioni dei sottobacini confluenti in R10 – Elaborato 558EIDRPIA03A

Collettori Ovest verso R 10				Area scolante			Tipologia		Ricettore	Localizzazione progetto
dimensioni	geometria	materiale	K	S	L	Delta h	N	V		
			Gauckler Stricker	mq	m	m	asfalto	verde		
50x50x50	Trapezio	Terra	40	1 977.0	165.0	4.5		X	R 10	Scarpata lato Ferrovia
De 1000	circolare	cls	80	1 977.0	165.0	4.5			R 10	Attraversamento verso nord
De 250	circolare	PVC	120	622.0	24.0	0.3	X		R 10	Porz. Rotonda Nuova
De 600	Circolare con clapet	PVC	120	1 249.0	135.0	4		X	R 10	Condotta di scarico
				1 704.0	185.0	4.5	X			
				622.0	24.0	5	X			
				6 174.0	185	5			R 10	Punto di scarico R 10

Figura 22 Tabella con i dati geometrici delle superfici studiate – Bacino R 10

Bacino R11.

Da nord il bacino R 11 comprende la rotatoria interna al NODO 2 posta sulla SS.1 ed il tratto di viabilità esistente con un piccolo tratto nuovo verso nord, che sarà oggetto di lavori relativi a lotti successivi. Le acque del bacino vengono recapitate nel Fosso Colatore di Lamapiena immediatamente a monte dell'attraversamento con la vecchia SS 1, mediante un collettore di progetto in PVC Sn 8 - De 1000 - posto in sinistra idraulica immediatamente a ridosso del sottopasso stradale. Il nuovo sistema ha un bacino di laminazione di circa 1167 mq, composto dai canali in terra a bordo strada, sia in sinistra Fosso SX 06 misura 2.00x9.50x1.40 h 1.40) che in destra. A lato Fiume Morto, è previsto un canale in terra a bordo strada di forma trapezoidale, Fosso Dx_02 delle dimensioni 0.5x0.5x0.5 h 0.5. Il punto di scarico sarà dotato di stramazzo a soglia o valvola a clapet, per regolare e limitare gli ingressi all'interno del ricettore- Il punto sarà opportunamente protetto da scogliera in massi o materassi tipo reno intasati con cls.

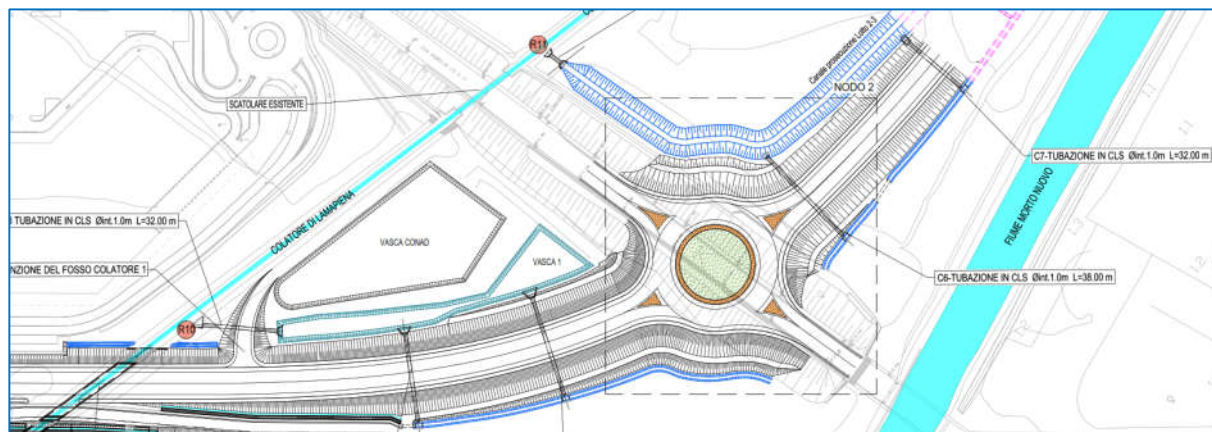


Figura 23 Particolare del bacino scolante individuato con il codice R 11. Rif Elaborato 558 EIDRPIA03A.

Collettori Est verso R 11				Area scolante			Tipologia		Ricettore	Localizzazione progetto
dimensioni	geometria	materiale	K	S	L	Delta h	N	V		
			Gauckler Strider	m ²	m	m	asfalto	verde		
50x50x50	Trapezio	Terra	40	1 062.0	82.0	4.5		X	R 11	Scarpata lato Fiume Morto
De 1000	circolare	cls	80	1 062.0	82.0	4.5		X	R 11	Attraversamento verso nord
De 250	circolare	PVC	120	538.0	24.0	0.3	X		R 11	Porz. Max Rotonda Nuova
9.5x2.0x1.4	Trapezio	Terra	40	869.0	130.0	4	X		R 11	Canale tra rilevato e scarico
				1 356.0	120.0	4.5		X		
				538.0	24.0	5	X			
De 1000	Circolare con clapet			4 363.0	167.0	1.74			R 11	Punto di scarico R 11

Figura 24 Tabella con i dati geometrici delle superfici studiate – Bacino R 11

6. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei sottobacini stradali è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi SCS - CN.

Impostato il tempo di ritorno, ricavata la curva di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed al successivo studio delle onde di piena di progetto

L'importanza di tale dato - portata di progetto - risulta essere fondamentale per scegliere e dimensionare correttamente i manufatti idraulici atti a convogliare le acque, in riferimento alle loro capacità idraulica massime. Come anticipato in precedenza, per ottenere il valore della portata di verifica si è utilizzato il modello matematico di trasformazione degli afflussi-deflussi basato sull'impiego dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (*metodo SCS*). Il metodo SCS è funzione delle curve di precipitazione cumulate che in base al tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione, ci permette di avere, istante per istante, il quantitativo di pioggia che va a produrre il deflusso. I valori CN sono compresi tra 0 e 100.

Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna" cioè viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN

uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente o quasi, in deflusso creando l'evento di piena.

L'analisi di tali valori, di cui a seguire si allegano le fonti, ha permesso di individuare così il parametro CN medio per i bacini in oggetto e di determinare - tramite l'applicazione di tale metodo - la portata di verifica per ogni punto di chiusura di ogni bacino.

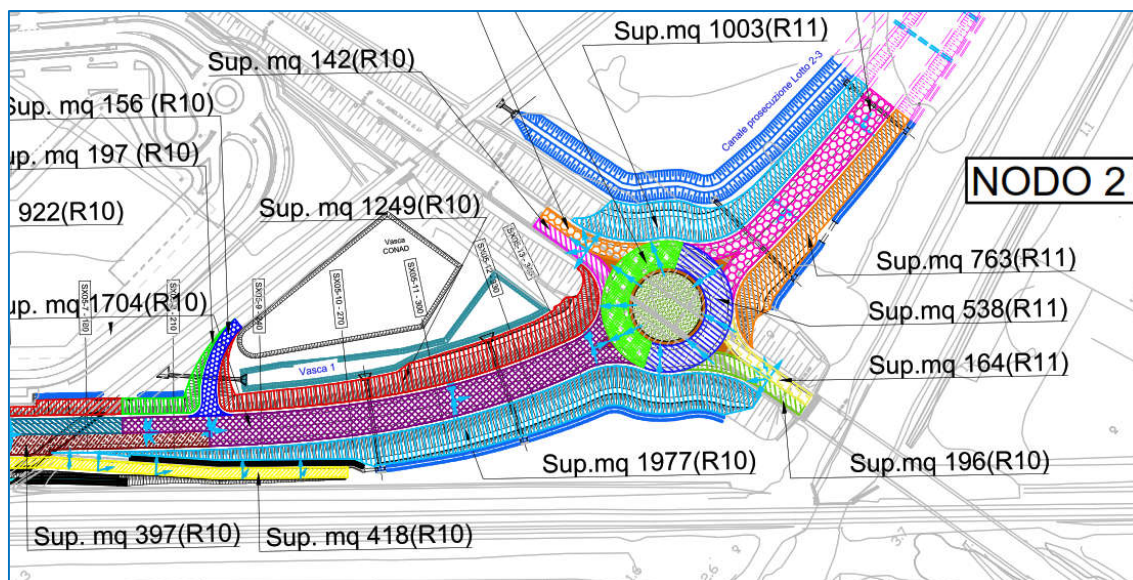


Figura 25 Suddivisione delle aree scolanti, distinte per tipologia di suolo e per punto di scarico.

Per completezza si riportano alcune tabelle che riportano i valori utilizzati all'interno dei calcoli:

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarssissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Figura 26 La tabella riporta le diverse classi dei suoli in base al loro differente grado di saturazione

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
↓ Tipologia di Uso del Territorio	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500÷2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ...	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Figura 27 Tabella degli indici CN II In rosso si è evidenziata sia la tipologia che i diversi CNII in funzione del grado di saturazione.

Trattandosi un una nuova opera viaria per le tipologie di suolo analizzate presenti, si sono utilizzati i coefficienti con il grado di saturazione D

- superfici pavimentate carrabili (CN 98 per il metodo SCS);
- aree a verde riferito a scarpate e le aiuole inserito all'interno della piattaforma (CN 80)
- porzione pavimentata in strada sterrata (CN 91).

Nel caso cui l'intera superficie scolante confluyente in un unico punto, sia composta da superfici con coefficienti differenti (es asfalto e verde), si è utilizzato il valore CN medio pesato.

$$CN2 := \frac{98 \cdot 2012 + 80 \cdot 1882}{2012 + 1882}$$

Coefficiente mediato di permeabilità su tutta l'area interessata
 CN 98 Asfalto; CN 80 Verde.

$$CN2 = 89.3$$

Figura 28 Estratto parziale del foglio di calcolo del CN pesato per la verifica della sezione trapezia in Terra 50x50x50

A seguire si riportano la tabella che riporta i valori utilizzati all'interno dei calcoli, con la descrizione delle caratteristiche delle superfici previste in esecuzione.

- N asfalto CN 98;
- V aree verdi CN 80;
- G strada sterrata CN 92

Collettori Ovest verso R 10				Area scolante			Tipologia		Ricettore	Localizzazione progetto	CN2
dimensioni	geometria	materiale	K	S	L	Delta h	N	V			metodo SCS
			Gauckler Stricker	m ²	m	m	asfalto	verde			
50x50x50	Trapezio	Terra	40	1977.0	165.0	4.5		X	R 10	Scarpata lato Ferrovia	80
De 1000	circolare	cls	80	1977.0	165.0	4.5			R 10	Attraversamento verso nord	
De 250	circolare	PVC	120	622.0	24.0	0.3	X		R 10	Porz. Rotonda Nuova	98
De 600	Circolare con clapet	PVC	120	1249.0	135.0	4		X	R 10	Condotta di scarico	80
				1704.0	185.0	4.5	X				98
				622.0	24.0	5	X				98
				6174.0	185	5			R 10	Punto di scarico R 10	88.59

Figura 29 Tabella con i dati geometrici delle superfici studiate e con il valore CN II in ultima colonna – Bacino R 10

Collettori Est verso R 11				Area scolante			Tipologia		Ricettore	Localizzazione progetto	CN2
dimensioni	geometria	materiale	K	S	L	Delta h	N	V			metodo SCS
			Gauckler Stricker	m ²	m	m	asfalto	verde			
50x50x50	Trapezio	Terra	40	1062.0	82.0	4.5		X	R 11	Scarpata lato Fiume Morto	80
De 1000	circolare	cls	80	1062.0	82.0	4.5		X	R 11	Attraversamento verso nord	80
De 250	circolare	PVC	120	538.0	24.0	0.3	X		R 11	Porz. Max Rotonda Nuova	98
9.5x2.0x1.4	Trapezio	Terra	40	869.0	130.0	4	X		R 11	Canale tra rilevato e scarico	98
				1356.0	120.0	4.5		X			80
				538.0	24.0	5	X				98
De 1000	Circolare con clapet			4363.0	167.0	1.74			R 11	Punto di scarico R 11	88.02

Figura 30 Tabella con i dati geometrici delle superfici studiate e con il valore CN II in ultima colonna – Bacino R 11

6.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Un importante punto del bacino è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica. Il tempo di corrivazione di questo punto, che è il tempo impiegato da una goccia d'acqua per percorrere l'intero compluvio principale, dall'origine sullo spartiacque topografico alla sezione di chiusura, è il maggiore tra quelli di tutti i punti del bacino e prende il nome di tempo di corrivazione del bacino. Il tempo di corrivazione si stima utilizzando formule empiriche derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze geometriche caratteristiche del bacino di facile determinazione. Nel presente elaborato, per la determinazione del tempo di corrivazione si è fatto uso della formula di Kirpic, come suggerito dai testi

tecniche di settore, risultando tra quelle maggiormente utilizzate per la tipologia dei bacini urbani, come quelli oggetto del presente studio e che ben si integra con le ipotesi del metodo SCS CN trasformazione afflussi deflussi utilizzato.

- **Formula di Kirpic,**

$$\tau_{c1} := 0.01947 \left(\frac{\frac{3}{L^2}}{\Delta h^{0.5}} \right)^{0.77} \quad \tau_{c1} = 14.994 \quad \text{min} \quad \text{Tempo di corrivazione Kirpic}$$

per la determinazione della portata di progetto, si utilizza un Tempo di Corrivazione TC pari a 15 minuti.

Figura 31 estratto parziale del foglio di calcolo per il canale trapezio in terra 50x50x50 con la determinazione del valore del tempo di corrivazione attraverso la formula di Kirpic.

A seguire, per tutti i bacini analizzati, si riportano i tempi di corrivazione– ottenuti con la formula di Kirpic

6.2. ALTEZZA DI PIOGGIA DI PROGETTO

Come valore di Tempo di Pioggia per il calcolo di verifica, si è assunto il tempo di corrivazione T_c – precedentemente calcolato - incrementato di 5 minuti, quale tempo di ruscellamento propedeutico all'inizio del reale fenomeno fisico di trasformazione afflussi deflussi; tale valore è stato utilizzato come tempo massimo di durata dell'evento pluviometrico. Compatibilmente alle opere oggetto di verifica, e rispetto alla geometria dei bacini oggetto di verifica, si prevede - per i calcoli idraulici di verifica - un unico Tempo di pioggia coincidente con il tempo di Corrivazione del bacino maggiore, pari a 15 min. Trattandosi di brevi periodi - tutti inferiori all'ora - per la stima dei valori delle singole altezze di pioggia si è adottata la formula di Formula di Bell, nella sua versione più aggiornata da **Jennis Calenda Piga**, imponendo, per l'altezza di pioggia oraria, il dato della stazione pluviometrica della stazione **Vecchiano (PI)**, - **TOS 02004686** imponendo un **Tempo di Ritorno pari a 200 anni**, sulla base delle motivazioni precedentemente esposte, ottenendo un'altezza di **pioggia di progetto pari a 52.11 mm**.

Con Tempo di Ritorno pari a 200 anni, e considerate le Curve SIR Toscana 2012 - su bacino relativo alla stazione pluviometrica di Vecchiano PISA con estrazione dati orari regionali (2012) e trasformati in piogge sotto l'ora con l'ausilio della formula Bell-Jennis-Calenda-Piga		
$t := 15$	min	Minuti di pioggia di progetto pari a TC
$h_{60T} := 93.58$	mm	Altezza di pioggia orari al Tempo di Ritorno 200 anni
$H_{fT} := h_{60T} \cdot 1.015 \left(\frac{t}{60} \right)^{0.433}$	t in minuti	Formula sperimentale di Bell -Jennins-Calenda-Piga
$H_{fT} = 52.114$	mm	Altezza pioggia di progetto (2)

Figura 32 estratto parziale del foglio di calcolo per il collettore trapezio in terra 50x50x50 con la determinazione del valore dell'altezza di pioggia di progetto, relativa al tempo di corrivazione ricavato con Kirpic, -attraverso la formula di Jennis Calenda Piga.

6.3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

Come descritto nei paragrafi precedenti, seguendo quanto suggerito da diversi testi presenti all'interno della letteratura tecnica di settore, per la stima della portata di progetto e verifica dei manufatti si è fatto uso del metodo SCS per tutti i manufatti inseriti, verificando le sezioni maggiormente sollecitate, ovvero quelle -sempre del medesimo manufatto, con un bacino di competenza maggiore. Sviluppando i calcoli attraverso le formule descritte si sono ricavati valori di portata per tutti collettori, i canali e le opere idrauliche previste nel progetto.

IPOTESI (TR 200 anni; Tp = 15 min. hP 52.11 mm) metodo CN			
CN2 := 88.02	Coefficiente mediato di permeabilità su tutta l'area interessata		
$Sp := \left(\frac{25400}{CN2} \right) - 254$	Sp = 34.571	mm	Ritenzione potenziale Bacino
Ia := 0.2 · Sp	Ia = 6.914	mm	Infiltrazione iniziale
P := 52.11	mm	Altezza di pioggia di progetto	
$Qs := \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + Sp}$	Qs = 25.608	mm	Deflusso superficiale
$A := \frac{(4363)}{1000000}$	Kmq	Area bacino collettore	
$Tp := \frac{5}{60}$	ore	Tempo di ruscellamento (5 minuti)	
$Tc := \frac{10}{60}$	ore	Tempo di corrivazione da kirpic (10 minuti)	
$Qp := \frac{0.208 \cdot A \cdot Qs}{(0.5 \cdot Tp + 0.6 \cdot Tc)}$	Qp = 0.164	$\frac{mc}{sec}$	$Qp \cdot 1000 = 164.043 \quad \frac{1}{sec}$

Figura 33 estratto del foglio di calcolo per il canale in terra lato Nord

Collettori Ovest verso R 10				ea scolari	Ricettore	Localizzazione progetto	CN2	Portata
dimensioni	geometria	materiale	K	S			metodo SCS	metodo SCS
			Gauckler Stricler	mq				TR 200
								litri/sec
50x50x50	Trapezio	Terra	40	1 977.0	R 10	Scarpata lato Ferrovia	80	43.8
De 1000	circolare	cls	80	1 977.0	R 10	Attraversamento verso nord		43.8
De 250	circolare	PVC	120	622.0	R 10	Porz. Rotonda Nuova	98	42.34
De 600	Circolare con clapet	PVC	120	1 249.0	R 10	Condotta di scarico	80	240.44
				1 704.0			98	
				622.0			98	
				6 174.0	R 10	Punto di scarico R 10	88.59	240.44

Figura 34 tabella con i valori di portata di progetto per il Bacino R 10

Collettori Est verso R 11				ea scolari	Ricettore	Localizzazione progetto	CN2	Portata
dimensioni	geometria	materiale	K	S			metodo SCS	metodo SCS
			Gauckler Strickler	m ²				TR 200
								litri/sec
50x50x50	Trapezio	Terra	40	1 062.0	R 11	Scarpata lato Fiume Morto	80	23.53
De 1000	circolare	cls	80	1 062.0	R 11	Attraversamento verso nord	80	23.53
De 250	circolare	PVC	120	538.0	R 11	Porz. Max Rotonda Nuova	98	36.62
9.5x2.0x1.4	Trapezio	Terra	40	869.0	R 11	Canale tra rilevato e scarico	98	164.04
				1 356.0			80	
				538.0			98	
De 1000	Circolare con clapet	cls	80	4 363.0	R 11	Punto di scarico R 11	88.02	164.04

Figura 35 Tabella con i valori di portata di progetto per il Bacino R 11

7. VERIFICHE IDRAULICHE DI MANUFATTI DI PROGETTO

L'ipotesi di calcolo utilizzata per la verifica idraulica dei manufatti previsti è basata sulla teoria del moto uniforme ipotizzando di mantenere costante il carico cinetico ed assumendo come pendenza motrice la pendenza di fondo del canale stesso, per i tratti in oggetto ricavati dagli elaborati di progetto.

Per la determinazione della capacità di smaltimento dei collettori interrati e delle canalette, è stata calcolata mediante l'applicazione della formula di Chézy del moto uniforme, dove per definizione la velocità media della corrente non varia nel tempo e nello spazio. Quindi la linea dei carichi totali è parallela alla superficie libera ($J=\lambda$). Considerando anche la portata costante, la sezione idrica è costante e più in generale $i=J=\lambda$.

Viste le basse pendenze dei piazzali è stata assunta una pendenza minima sia per i collettori che per le canalette che seguissero il più possibile l'opera, verificando le velocità minime superiori allo 0.2 m/s

La verifica ha comportato il rispetto delle seguenti condizioni:

- Collettori circolari: $h/D < 0,70$; il grado di riempimento delle condotte deve essere tale che il rapporto tra la sezione bagnata e la sezione sia minore di 0,8. canalette: grado di riempimento $< 70 \%$;
- $0,20 < V < 5,00$ m/s; regime di velocità

Si riportano le verifiche dei collettori previsti in progetto.

Per la determinazione della altezza liquida si è fatto uso della formula di Chezy con i coefficienti di Gauckler-Strickler, scelto per i calcoli ricavati dalle tabelle presenti all'interno dei testi scientifici di settore.

A Coefficienti di scabrezza per canali e condotte				
Tipo di canalizzazione	Bazin $\gamma (m^{1/2})$	Kutter $m (m^{1/2})$	Gauckler-Strickler $K (m^{1/3} s^{-1})$	Manning $n (m^{-1/3} s)$
Pareti di cemento perfettamente lisciate e pareti metalliche senza risalti nei giunti, ambedue con curve.	0,10	0,18	90÷85	0,012
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata.	0,23÷0,36	0,35÷0,55	70÷65	0,014÷0,015
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame).	0,46	0,55÷0,75	60	0,018
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1,30	1,50	40	0,025
Canali in abbandono con vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo.	2,0÷2,3	3,00	30	0,035

Figura 36 La Tabella indica i coefficienti di scabrezza utilizzate nei calcoli delle verifiche dei canali (fonte manuale dell'ingegnere Hoepli)

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

Figura 37 La Tabella indica i coefficienti di scabrezza utilizzate nei calcoli delle verifiche dei collettori circolari - valori di Gauckler Strickler (fonte CAP Milano)

A seguire si riportano le tabelle con i dati dei diametri interni e degli spessori delle condotte presenti in commercio - utilizzate per lo sviluppo dei calcoli di progetto e verifica.

■ Caratteristiche dimensionali

Lunghezza utile – Lu:
I tubi vengono prodotti nelle lunghezze (L) di 1,2,3 e 6 mt bicchiere compreso, pertanto la lunghezza utile (Lu) si determina con la formula:
 $Lu = L - Lb$



Tubo RESINFLUSS UNI EN 1401-1 SDR34 SN8 – Area UD					
Diametro esterno nominale De (mm)	Tolleranza sul diametro esterno - De		Lunghezza del bicchiere Lb (mm)	Tolleranza sullo spessore - S	
	min (mm)	max (mm)		S min (mm)	S max (mm)
110	110	110,3	70	3,2	3,8
125	125	125,3	70	3,7	4,3
160	160	160,4	80	4,7	5,4
200	200	200,4	90	5,9	6,7
250	250	250,5	120	7,3	8,3
315	315	315,6	140	9,2	10,4
400	400	400,7	170	11,7	13,1
500	500	500,9	200	14,6	16,3
630	630	631,1	210	18,4	20,5
710	710	711,2	245	20,8	23,2
800	800	801,3	245	23,4	26,8

Figura 38 La Tabella riporta le caratteristiche geometriche tubazioni PVC Sn 8 utilizzate nei calcoli (Fonte RPN Resinplast)

Ravenna Spa)

 Prefabbricati Lucchese s.r.l. 31031 CAERANO DI SAN MARCO (TV) - Via S. Marco, 31/A Tel. 0423.650041 (4 linee r.a.) - Telefax 0423.859182 R.E.A. TV N.145781 Reg. Imp. TV n. 13053 - C.F.P. I.V.A. 01171790262 www.prefabbricatilucchese.it E-mail: info@prefabbricatilucchese.it   									
TUBI CIRCOLARI IN CEMENTO ARMATO TURBOCENTRIFUGATI									
	DIAMETRO INTERNO Di	LUNGHEZZA UTILE Lu	LUNGHEZZA TOTALE Lt	SPESSORE TUBO St	SPESSORE BICCHIERE	DIAMETRO ESTERNO TUBO Det	DIAMETRO ESTERNO BICCHIERE Deb	PESO	
								per ml	per tubo
Armatura semplice	mm	ml	ml	mm	mm	mm	mm	Kg/ml	Kg/Cad.
	400	3,60	3,68	55	55	510	620	222	800
	500	3,60	3,69	60	60	620	740	305	1100
	600	3,60	3,69	70	70	740	882	444	1600
	700	3,60	3,70	75	75	850	1000	527	1900
	800	3,60	3,71	85	86	970	1143	666	2400
Armatura semplice o doppia	1000	3,60	3,73	100	96	1200	1385	916	3300
		3,60	3,73	120	96	1240	1385	1055	3800
	1200	3,60	3,74	120	111	1440	1644	1277	4600
		3,60	3,74	140	111	1480	1644	1583	5700
	1400	2,00	2,14	120	111	1440	1644	1350	2700
		3,60	3,75	150	146	1700	1983	2027	7300
	1500	2,00	2,15	150	146	1700	1983	2250	4500
		3,00	3,15	170	141	1840	2065	2367	7100
	1600	3,60	3,75	150	141	1900	2163	2222	8000
		3,00	3,15	170	141	1940	2163	2666	8000
		2,00	2,15	150	141	1900	2163	2500	5000
	1800	2,50	2,68	185	150	2170	2402	3160	7900
	2000	2,14	2,30	200	152	2400	2600	3645	7800

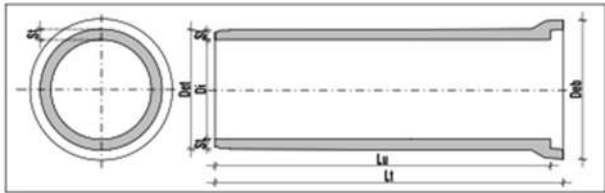


Figura 39 Tabella Caratteristiche geometriche tubazioni CLS utilizzate nei calcoli (Fonte LP prefabbricati Lucchese srl)

Si riporta una parte del foglio di calcolo - dove vengono riportate tutte le formule descritte nelle procedura -per la determinazione della verifica idraulica per il canale trapezio principale presente all'interno del nodo R10.

Verifica idraulica Canale Trapezio

SEZIONE TRAPEZIA - MOTO UNIFORME

$k := 40$		coefficiente di conduttanza Gaukler Strikler 40 canale in terra.
$i := 0.044$		pendenza di fondo del canale
$m := \frac{1}{1}$		scarpa laterale (H/L) $45^\circ=1$ da elaborato progettuale
$b := 0.5$		larghezza di fondo del canale trapezio metri
$h := 0.12$		altezza liquida in sezione trapezia metri (PROGETTO e Verifica)
$A := h \cdot \left(b + \frac{h}{m} \right)$	$A = 0.074 \text{ mq}$	area liquida legata all'altezza di progetto h
$P := b + 2 \cdot h \cdot \left(1 + \frac{1}{m^2} \right)^{0.5}$		Contorno Bagnato sez trapezia funzione della altezza h di progetto metri
$P = 0.839$	m	
$R := \frac{A}{P}$	$R = 0.089$	Raggio Idraulico metri
$Q := k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot A \cdot i^{0.5}$	$Q \cdot 1000 = 124.096$	Portata l/sec (funzione di h e di i - oltre che della sezione ipotizzata.(Chezy) somma di entrambi i contributi
$V := \frac{Q}{A}$	$V = 1.668$	Velocità di scorrimento metri/sec

La verifica risulta corretta per un canale in TERRA a sezione trapezia delle misure geometriche
 $b=0.50$; $B = 1.50$ e Scarpa $m=1$ e pendenza motrice di fondo pari al 0.4%
 con un'altezza idrica di circa 12 cm

Applicando la stessa metodologia di calcolo, si riporta la tabella con tutte le verifiche idrauliche
 dei collettori e dei canali previsti all'interno dell'opera:



Collettori Ovest verso R 10				Ricettore	Localizzazione progetto	Portata	Verifica Chezy	Verifica Chezy
dimensioni	geometria	materiale	K			metodo SCS	moto uniforme	moto uniforme
			Gauckler Stricler			TR 200	hi<0.7D	velocità
						litri/sec	hi metri	m/sec
50x50x50	Trapezio	Terra	40	R 10	Scarpata lato Ferrovia	43.8	0.13	0.586
De 1000	circolare	cls	80	R 10	Attraversamento verso nord	43.8	0.11	0.95
De 250	circolare	PVC	120	R 10	Porz. Rotonda Nuova	42.34	0.153	1.41
De 600	Circolare con clapet	PVC	120	R 10	Condotta di scarico	240.44	vasca	vasca
				R 10	Punto di scarico R 10	240.44	0.21	2.85

Figura 40 La figura riporta i valori di calcolo idraulico di verifica per tutte le sezioni idrauliche previste – Bacino R 10.

Collettori Est verso R 11				Ricettore	Localizzazione progetto	Portata	Verifica Chezy	Verifica Chezy
dimensioni	geometria	materiale	K			metodo SCS	moto uniforme	moto uniforme
			Gauckler Stricler			TR 200	hi<0.7D	velocità
						litri/sec	hi metri	m/sec
50x50x50	Trapezio	Terra	40	R 11	Scarpata lato Fiume Morto	23.53	0.12	0.56
De 1000	circolare	cls	80	R 11	Attraversamento verso nord	23.53	0.1	0.9
De 250	circolare	PVC	120	R 11	Porz. Max Rotonda Nuova	36.62	0.12	1.83
9.5x2.0x1.4	Trapezio	Terra	40	R 11	Canale tra rilevato e scarico	164.04	0.12	0.62
De 1000	Circolare con clapet	cls	80	R 11	Punto di scarico R 11	164.04	0.18	1.83

Figura 41 La figura riporta i valori di calcolo idraulico di verifica per tutte le sezioni idrauliche previste – Bacino R 11.

8. ASPETTI IDRAULICI PROGETTUALI DELL'OPERA

A seguito delle analisi della cartografia dell'attuale POC del Comune di San Giuliano Terme attualmente in vigore, all'interno dei suoi elaborati tecnici (rif elaborato Pericolosità idraulica)) si è verificato come questi siano aggiornati e conformi alle indicazioni del PRGA - PAI e la sua ultima versione - tutt'ora in vigore – in particolare si è verificata la coincidenza tra le aree di pericolosità come rappresentato nelle carte interne al paragrafi precedenti e dai contenuti degli altri elaborati grafici di corredo.

Anche la conformità urbanistica dell'opera - programmata da tempo - è stata verificata, come meglio riportato negli elaborati di progetto dove è indicato il tracciato e dove qui si riporta un o stralcio planimetrico.

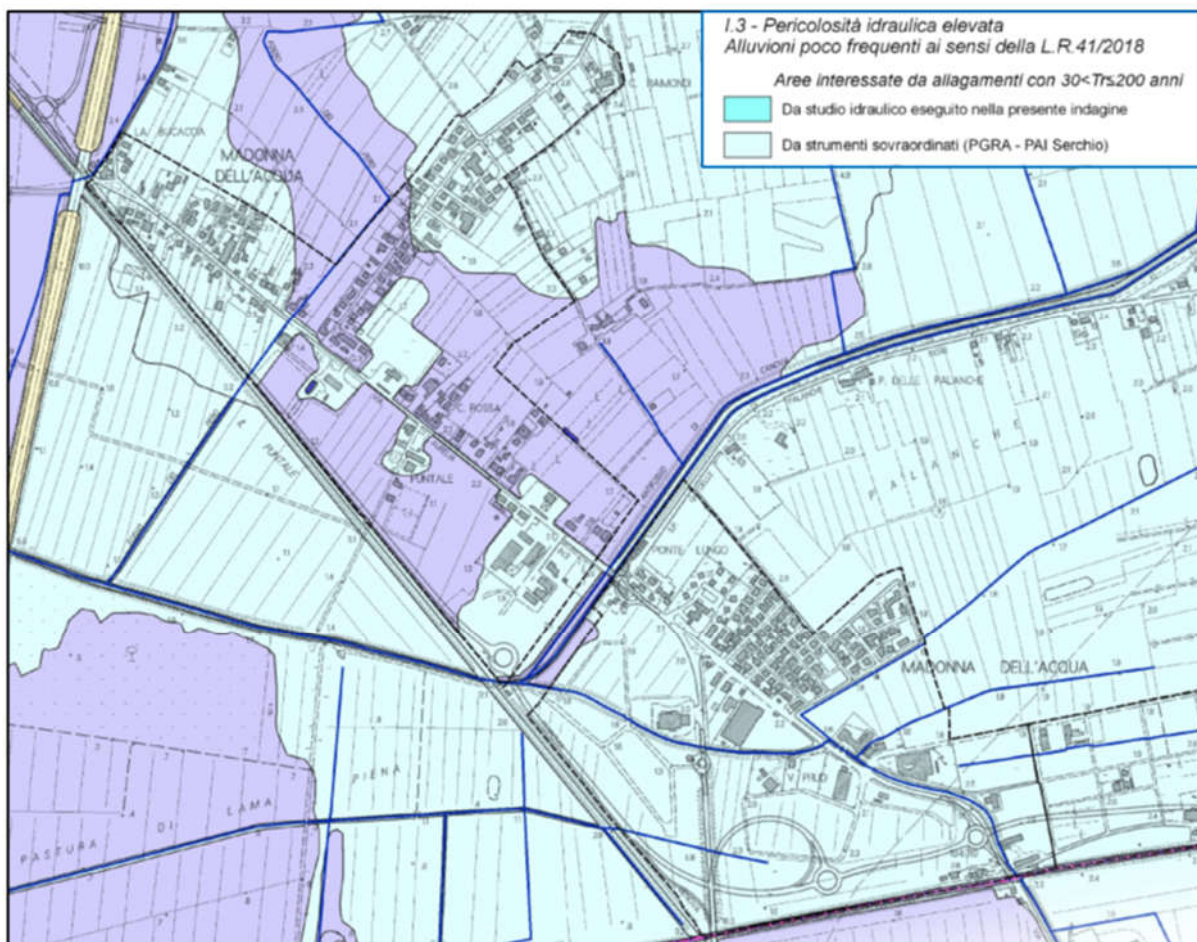


Figura 42 Stralcio planimetrico del tracciato, inserito all'interno della Carta della pericolosità idraulica, nel suo insieme tratto dalla cartografia del POC comune di San Giuliano Terme

Il tracciato di progetto è stato definito nel rispetto di quanto indicato all'interno delle norme di attuazione dei PRG/PSC/PUC e nel rispetto dei vincoli paesaggistici, ambientali, archeologici, ecc.) e della normativa tecnica relativa alla progettazione di questa tipologia di opera, applicando i seguenti criteri di buona progettazione:

- interessare il meno possibile aree di interesse naturalistico-ambientale e paesaggistico, aree boscate e zone umide;
- individuare le aree geologicamente stabili, evitando, per quanto possibile, zone propense al dissesto idrogeologico;
- evitare, le aree di rispetto delle sorgenti e dei pozzi captati ad uso idropotabile;
- transitare il più possibile in aree a destinazione agricola, evitando quelle destinate a colture pregiate, seguendo e migliorando il tracciato in base alla possibilità di ripristinare le aree attraversate, nell'ottica di recuperarne, a fine lavori, gli originari assetti morfologici e vegetazionali;

- evitare l'attraversamento di aree comprese in piani di sviluppo urbanistico e ottimizzare gli eventuali passaggi in corrispondenza di aree già interessate da sviluppo urbanistico;
- ripristinare e semmai migliorare, gli attraversamenti dei corsi d'acqua, scegliendo le sezioni che offrono maggiore sicurezza dal punto di vista idraulico;
- operare il taglio strettamente indispensabile della vegetazione ed accantonamento dello strato del terreno agrario;
- utilizzare, per quanto possibile, la viabilità esistente per l'accesso alla fascia di lavoro e l'area di passaggio per lo stoccaggio dei materiali
- adottare le tecniche dell'ingegneria naturalistica nella realizzazione degli interventi di ripristino;
- ridurre al minimo i vincoli alle proprietà private determinati dalla servitù ottimizzando l'utilizzo dei corridoi di servitù già costituiti da altre infrastrutture esistenti (canali, strade ecc.);
- ubicare gli impianti nell'ottica di garantire facilità di accesso ed adeguate condizioni di sicurezza al personale preposto all'esercizio e alla manutenzione.

8.1. SPECIFICITÀ IDRAULICHE DELL'OPERA

Nel pieno rispetto delle indicazioni contenute all'interno delle direttive in materia tutt'ora in vigore, il progetto contiene e propone una serie di opere che tendono a risolvere, in maniera ottimale, le varie interferenze del nuovo tracciato stradale con il reticolo idraulico esistente.

Infatti, dagli elaborati grafici emerge che tutte le soluzioni tecniche proposte, non restringono la sezione idrica dei canali (sia di monte che di valle) mediante rilevati e spalle, hanno un estradosso superiore dell'attuale piano campagna, mantengono la medesima pendenza del tratto indisturbato, ogni opera d'arte prevista sarà dotata - nei tratti di confluenza ed inserimento - di opere di protezione spondale che limitano l'erosione puntuale, attraverso esecuzione di opere di ingegneria naturalistica (*quali scogliere e mantellate intasate composte da massi naturali, gabbioni e materassi tipo Reno*) che ben si inseriscono nell'ambiente interessato ai lavori.

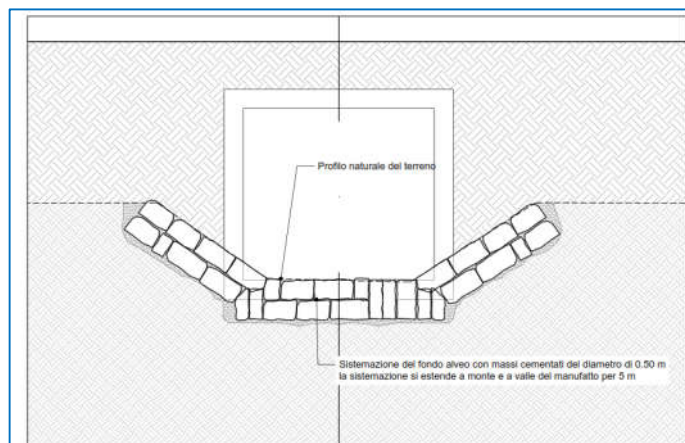


Figura 43 Sezione tipologica degli attraversamenti previsti con l'utilizzo del manufatto prefabbricato tipo Scatolare a sezione quadrata (rif elaborato grafico 558EIDRPIA04A)

Come descritto all'interno dei paragrafi precedenti, per le simulazioni e gli studi idrologici, si sono presi in considerazione tempi di ritorno pari a 200 anni per le opere maggiori (tutti gli attraversamenti del reticolo regionale e di bonifica), e per alcuni manufatti di importanza inferiore, specificamente legati alla gestione delle acque di piattaforma.

Tutte le opere previste sono state studiate per non generare alcun aggravio idraulico; tale condizione si è voluta rispettare anche per ogni attraversamento del reticolo minore (come scoline dei campi e a bordo strada) esistenti.

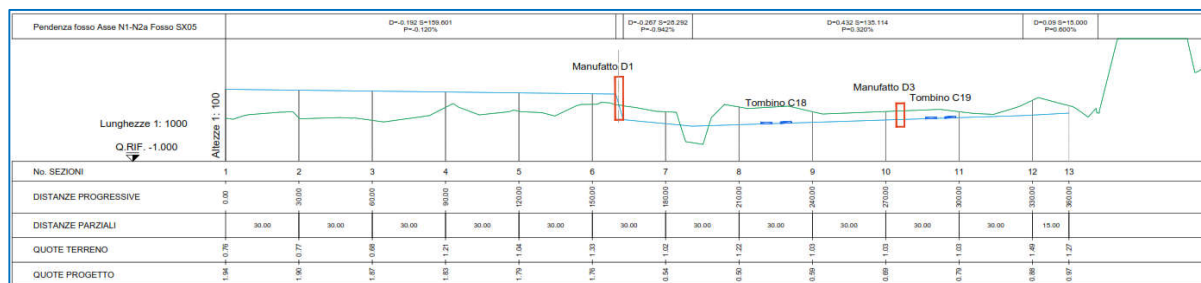


Figura 44 Particolare del profilo altimetrico del terreno e dei collettori di progetto, (Rif elaborato di progetto 558EIDRPIA03A)

Per la progettazione e le scelte tecniche adottate, oltre agli aspetti idraulici, è stata data importanza anche agli aspetti ambientali; - rispetto alle acque delle scarpate laterali – è la conferma dell'attenzione messa in atto per una corretta gestione ambientale della acque meteoriche interessate alla nuova infrastruttura, confermata dalle numerose e ampie aree verdi di compensazione previste lungo tutto il tracciato, posizionate in punti altimetricamente e geologicamente compatibili, sia con la loro primaria funzione (rispetto della invarianza idraulica), che con il reticolo idraulico di bonifica presente nelle loro vicinanze. Ogniuno di questi manufatti sarà dotato di apparecchiature di regolazione, al fine di ottimizzare la gestione per l'uso del manufatto stesso, come suggerito da alcune norme tecniche di

settore...la realizzazione di invasi di laminazione ottenibili tramite aree verdi attrezzate depresse che possano essere allagate, in modo controllato, in caso di piogge particolarmente intense.

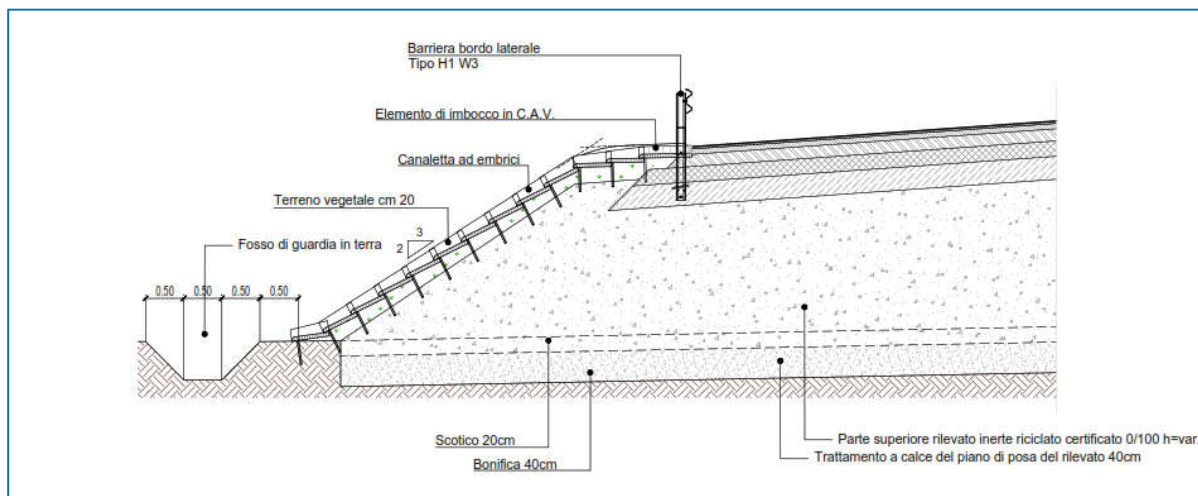


Figura 45 Sezione tipologica del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma in rilevato, in curva, con Embrice e scarico nel fosso _ (Rif elaborato grafico di progetto 558EIDRPIA04A)

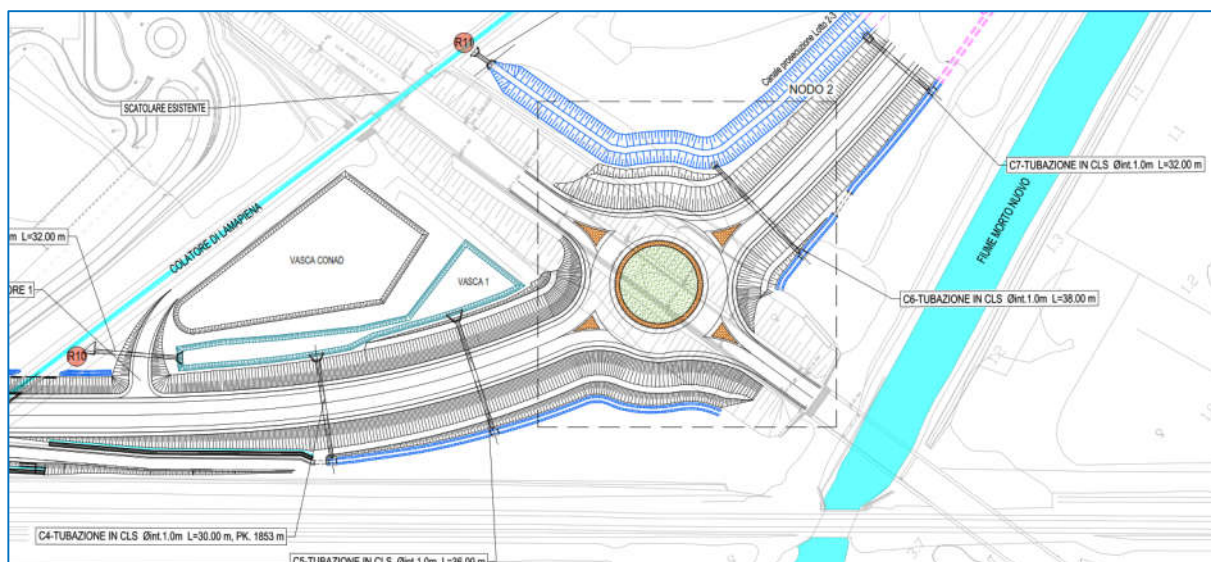


Figura 46 Particolare planimetrico del tratto di variante a ridosso della rotatoria sulla SS 1 Aurelia – con evidenziate le opere di compenso (Rif elaborato di progetto 558EIDRPIA03A)

Rispetto alla specifica mitigazione del rischio idraulico, tutte le opere – descritte e graficamente riportate all'interno degli elaborati progettuali, hanno lo specifico obbiettivo di rispettare i contenuti nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni attualmente adottato (ai sensi della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs 49/2010):

- **Invarianza della Portata.** La portata in uscita dall'area di intervento deve essere inferiore o uguale a quella generata dalla medesima area precedentemente all'intervento edilizio. Per tale motivo i nuovi interventi di urbanizzazione e d'infrastrutture dovranno prevedere sia a livello locale che eventualmente in modo accorpato, la realizzazione di adeguati accorgimenti di laminazione, tramite invasi temporanei delle precipitazioni meteoriche.
- Tale laminazione può avvenire principalmente con due modalità: a. il sovradimensionamento delle tubazioni di raccolta e scolo delle acque meteoriche; b. la realizzazione di invasi di laminazione ottenibili tramite aree verdi attrezzate depresse che possano essere allagate, in modo controllato, in caso di piogge particolarmente intense. Se possibile si consiglia di evitare la realizzazione di vasche di laminazione interrate.
- **Distanze di rispetto dai corsi d'acqua.** per consentire gli interventi di manutenzione con mezzi meccanici sul reticolo idrografico, si deve osservare una fascia di rispetto di 10 m per quanto riguarda le nuove costruzioni e di 5 m per qualsiasi opera o trasformazione che impedisca il passaggio dei mezzi di manutenzione, misurati dal ciglio della scarpata del corso d'acqua o dal piede dell'argine.
- **Opere di attraversamento e tombotti.** Tutte le nuove opere di attraversamento stradale e i tombamenti che interessano il reticolo idrografico principale e secondario devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica impartiti dagli Enti Gestori e dalle Normative vigenti.

SISTEMA DI DRENAGGIO	
Simbolo	Descrizione
Legenda planimetrie idrauliche	
	Direzione deflusso fossi e collettori
	Pendenza smaltimento acque in piattaforma
	Canaletta in cls mezzotubo testa muro
	Canaletta in cls trapezia testa gabbionate
	Canale rettangolare 70x80 in cls
	Griglia di copertura canale rettangolare 70x80
F11	Fosso in terra DIM. 0.50x0.50x0.50 m (AxBxC)
F12	Fosso in terra DIM. 0.75x0.75x0.75 m (AxBxC)
	Tombini di continuità idraulica
	Manufatto in cls con funzione idraulica
	Pozzetti dim. int. 50x50x50 cm, con caditoia CL. D 400
	Impluvio
	Colmo
	Recapito
+0.00 m s.l.m.	Quote di fondo
	Embrici

Figura 47 Legenda con indicati tutti i componenti delle reti di drenaggio previsti in progetto (Rif elaborato di progetto 558EIIDRPIA03A)

9. CONCLUSIONI

Il presente studio idraulico conferma che tutte le opere relative alla Variante proposta si inseriscono all'interno dell'attuale rete di drenaggio e scolo con positiva verifica del sistema di collettamento e gestione proposto per lo smaltimento delle acque. Pertanto, la soluzione di Variante risulta compatibile e non aumenta il grado di pericolosità idraulica della zona.