



Regione Toscana
Lotto prioritario 2B - Costa della Maremma
Stralcio 1b - Comune di Scarlino
(da Via Vecchia delle Collacchie a Str Vicinale Pian d'Alma)
PROGETTO DEFINITIVO

Soggetto attuatore della progettazione

STAZIONE APPALTANTE

**Regione Toscana - Settore TPL su
ferro e marittimo - Mobilità
sostenibile**

IL DIRIGENTE

Ing. Riccardo Buffoni

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Riccardo Buffoni

IL DIRETTORE ESECUTIVO DEL CONTRATTO

Ing. Michela Di Matteo

Stazione appaltante esecuzione dei lavori

STAZIONE APPALTANTE

**Provincia di Grosseto
- Servizio Viabilità**

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro Vichi



Comune di
Follonica



Comune di
Scarlino



Comune di
Grosseto



Provincia di
Grosseto



Comune di
Magliano in Toscana



Comune di
Orbetello



Comune di
Capalbio

RTP progettisti

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Lino Pollastri



MATE Soc. Coop.



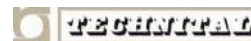
Cooprogetti Soc. Coop.



Parcianello & Partners
engineering s.r.l.



Netmobility s.r.l.



Technital S.p.a



D.R.E.A.M. Italia

DOCUMENTI GENERALI RELAZIONE IDRAULICA

Progetto	Fase	Disciplina	Elaborato	Sub	Revisione	Revisione
20066	D	1	4	0	B	Emissione
D71B17002330003		Redatto Chiostrini	Controllato Galardini	Approvato Seneci	Scala	Data Luglio 2023



Regione Toscana

Ing. Riccardo Buffoni – Dirigente Responsabile del Contratto
Ing. Riccardo Buffoni – Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Michela Di Matteo – Direttore per l'Esecuzione del Contratto
Arch. Paolo Lucattini – Direttore Operativo
Dott. Emiliano Carnieri – Supporto al RUP
Geol. Mariano Mirannalti – Supporto al RUP

PRESTAZIONI PRINCIPALI

Responsabile delle integrazioni: Ing. Lino Pollastri
Progettista viabilità sostenibile: Ing. Luigino Capponi
Progettista architettonico: Arch. Elisa A. E. Crimi

Progettista strutturale: Ing. Davide Litorri
Progettista idraulico: Ing. Chiara Chiostrini
Geologo: Geol. Andrea Bizzarri

GRUPPO DI LAVORO



Mate Soc. Coop.

Ing. Lino Pollastri, Ing. Elena Guerzoni, Ing. Franco Di Biase, Arch. Arturo Augelletta, Ing. Matteo Cella, Arch. Francesco Vazzano, Arch. Agostino Maiurano, Ing. Silvia Moretti, Ing. Elettra Lowenthal, Arch. Emanuela Barro, Dott. Urb. Valeria Polizzi, Arch. Tommaso Cesaro, Arch. Maurizio Pavani, Ing. Mauro Perini (DT), Ing. Alessandro Sanna, Arch. Livia Travaglini, Arch. Sara Greco, Arch. Eleonora Sablone, Prof. Arch. Matteo Zambon, Geom. Andrea Elbi, Arch. Michele Cavallaro, Ing. Carlo Albergo Caliman, Arch. Nicla Di Ciommo, Arch. Veronica D'Onofrio.



Coopprogetti Soc. coop.

Arch. Enrico Costa, Arch. Paolo Ghirelli, Ing. Lorena Ragnacci, Ing. Edoardo Filippetti, Ing. Moreno Panfili, Ing. Alessandro Placucci, Arch. Elisa A. E. Crimi, Arch. Francesca Uccellani, Arch. Luigi Muraca, Arch. Antonella Strati, Ing. Danilo Pelle, Arch. Sonia Alunno, Ing. Monia Angeloni, Cons. BB. AA. AA. Eleonora Gitto, Ing. Luigino Capponi, Per. Ind. Augusto Albini, Ing. Luigi Farina, Geol. Fausto Pelicci, Ing. Luca Vecchiato, Dott. Agr. Salvatore Mauro, Dott. Agr. Giampaolo Tripodi, Per. Agr. Roberto Tomassoli, Ing. Riccardo Cecchetti, Ing. Costanza Cecchetti, Arch. Debora Marchi, Arch. Maria Grazia Matarozzo, Dott. Archeo. Mariagrazia Liseno, Arch. Diego Benedetto, Arch. Alice Maria De Leo, Arch. Teresa Rita Bertino.



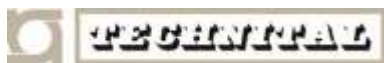
Parcianello & Partners engineering s.r.l.

Arch. Lio Parcianello, Arch. Renato Da Re, Arch. Gianluca Parcianello, Arch. Giada Saviane, dis. Romano Sommacal, p.e. Simona Cesa, Geom. Enzo Parcianello, Arch. Giulia Della Giustina, Arch. Andrea Maugeri, Ing. Tiziana Cataldo, Arch. Antonio Schizzi, Arch. Federica Vanich.



NetMobility s.r.l.

Ing. Francesco Seneci, Geol. Mirko Demozzi, Ing. Filippo Forlati, Ing. Francesco Avesani, Pian. Licia Bernini, P.I. Luca Baroni.



Technital S.p.a.

Ing. Filippo Busola, Ing. Alessio Rosin, Ing. Simone Venturini, Geol. Emanuele Fresia, Ing. Davide Litorri, Ing. Andrea Renzo, Ing. Guido Rossi, Ing. Alessandro Rizzo, Ing. Marco Rossignoli, Geom. Gianluca Follesa



D.R.E.A.M. Italia

Ing. Simone Garlandini, Ing. Chiara Chiostrini, Geol. Andrea Bizzarri, Dott. For. Lorenzo Mini, Dott. For. Katuscia Begliomini, Dr. Paola Semenzato

SOMMARIO

SOMMARIO	4
2. PREMESSA.....	5
3. RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI	5
3.1 NTC 2018.....	5
3.2 AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE	5
3.3 REGOLAMENTO 30 GENNAIO 2020 N. 5/R.....	9
3.4 LEGGE REGIONALE 41/2018	10
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	12
5. ANALISI IDROLOGICA	17
5.1 PERDITE IDROLOGICHE	19
5.2 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	23
5.3 RISULTATI ANALISI IDROLOGICA.....	24
6. MODELLAZIONE IDRAULICA.....	25
6.1 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA	26
7. SINTESI INTERSEZIONI CICLOVIA E RETICOLO DROGRAFICO	29

2. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto un inquadramento dell'opera sul territorio in termini di pericolosità idraulica nell'ambito della realizzazione di un tratto della Ciclovia Tirrenica nel Comune di Scarlino.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI

La ciclovia incontra varie zone ad elevata pericolosità idraulica, in genere, dovute a difficoltà di deflusso di vaste aree cittadine. Tali difficoltà appaiono dovute ad un insieme di cause concatenate tra loro, tra le quali, la più importante risulta la scarsa officiosità idraulica dei corsi d'acqua nel contesto insediativo urbano.

Tali problematiche non pongono particolari limiti di fruibilità della ciclovia, ma inducono limiti e prescrizioni qualora si intenda realizzare delle opere d'arte che spesso, essendo perlopiù ponti e passerelle, si collocano in aree a pericolosità idraulica massima.

Legiferano in tal senso leggi nazionali (come le **NTC 2018** e s.m.i.), i **Piani di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)**, **norme Regionali e Comunali (Piani Strutturali, Regolamenti Urbanistici e Piani Operativi)**.

3.1 NTC 2018

Relativamente alle nuove opere d'arte che interferiscono con corsi d'acqua quali ponti, passerelle o manufatti di attraversamento il capitolo 5.1.2.3 delle N.T.C. 2018 tratta la compatibilità idraulica dell'opera; come piena di riferimento viene considerato uno scenario con tempo di ritorno pari a 200 anni. Viene definito il franco idraulico come distanza tra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del progetto e l'intradosso delle strutture; detto franco è da assumersi non inferiore a 1.5 m.

La circolare esplicativa del 21.01.2019 n. 7 C.S.LL.PP. ha apportato chiarimenti circa il franco idraulico da assumere sulle nuove opere, individuando la casistica di sezioni chiuse con portata inferiore a 50 mc/s, fermo restando il franco minimo di 1.50 m sul livello Tr 200 anni per ponti, passerelle e nuovi manufatti di attraversamento a sezione aperta.

3.2 Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale è stato individuato con il decreto legislativo 152/2006, ai sensi delle indicazioni della direttiva 2000/60/CE.

Nel 2015 il territorio di riferimento del distretto è stato modificato e adesso comprende i bacini liguri, il bacino del Magra, il bacino dell'Arno, quello del Serchio e tutti i bacini toscani, con esclusione del bacino del Fiora, ricadente nel distretto dell'Appennino Centrale. Rispetto alla precedente delimitazione del distretto, anche i bacini marchigiani sono passati al distretto dell'Appennino Centrale mentre i bacini romagnoli a quello Padano.

Il territorio del distretto attuale interessa 3 regioni: Toscana, Liguria e, in piccola parte, Umbria.

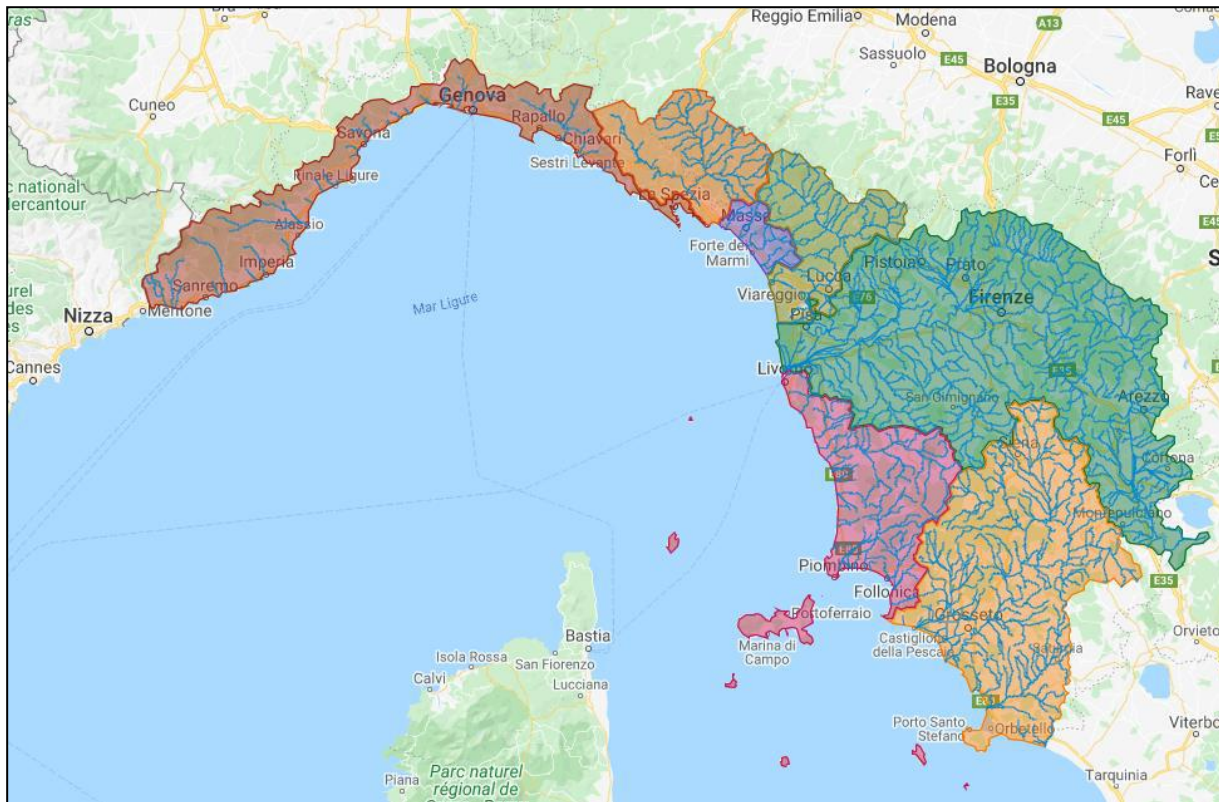


Figura 1 - Suddivisione bacini di competenza all'interno del Distretto Appennino Settentrionale

Il tracciato ricade all'interno della Provincia di Grosseto dal Puntone fino alla Strada di Pian d'Alma nel Comune di Scarlino; quindi tutto il percorso è situato all'interno del territorio di competenza del Bacino Regionale Toscana Ombrone.

Nel bacino del fiume Arno e negli ex bacini regionali toscani la parte del PAI relativa alla pericolosità idraulica è stata abrogata e sostituita integralmente dal PGRA. Il PAI si applica esclusivamente per la parte relativa alla pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica.

L'elaborazione dei PGRA è temporalmente organizzata secondo cicli di attuazione della durata di 6 anni: il primo ciclo di attuazione si è concluso nel 2016 quando sono stati approvati i PGRA relativi al periodo 2015-2021. Attualmente, con delibera n. 26 del 20 Dicembre 2021, la Conferenza Istituzionale Permanente, ai sensi degli articoli 65 e 66 del d.lgs. 152/2006, ha adottato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni 2021-2027 – secondo ciclo di gestione – del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Per la redazione delle mappe di pericolosità sono stati considerati tre scenari di probabilità, riferiti alle alluvioni di origine fluviale e marina, secondo le indicazioni della Direttiva e del Decreto Legislativo 49/2010.

Le mappe del rischio di alluvione sono state redatte, ai sensi della Direttiva, sovrapponendo la distribuzione degli elementi a rischio alla pericolosità da alluvione e, ai sensi D. Lgs. 49/2010, individuando le quattro classi di rischio tramite l'utilizzo della matrice del rischio che mette in relazione le classi di pericolosità con quelle di danno potenziale.

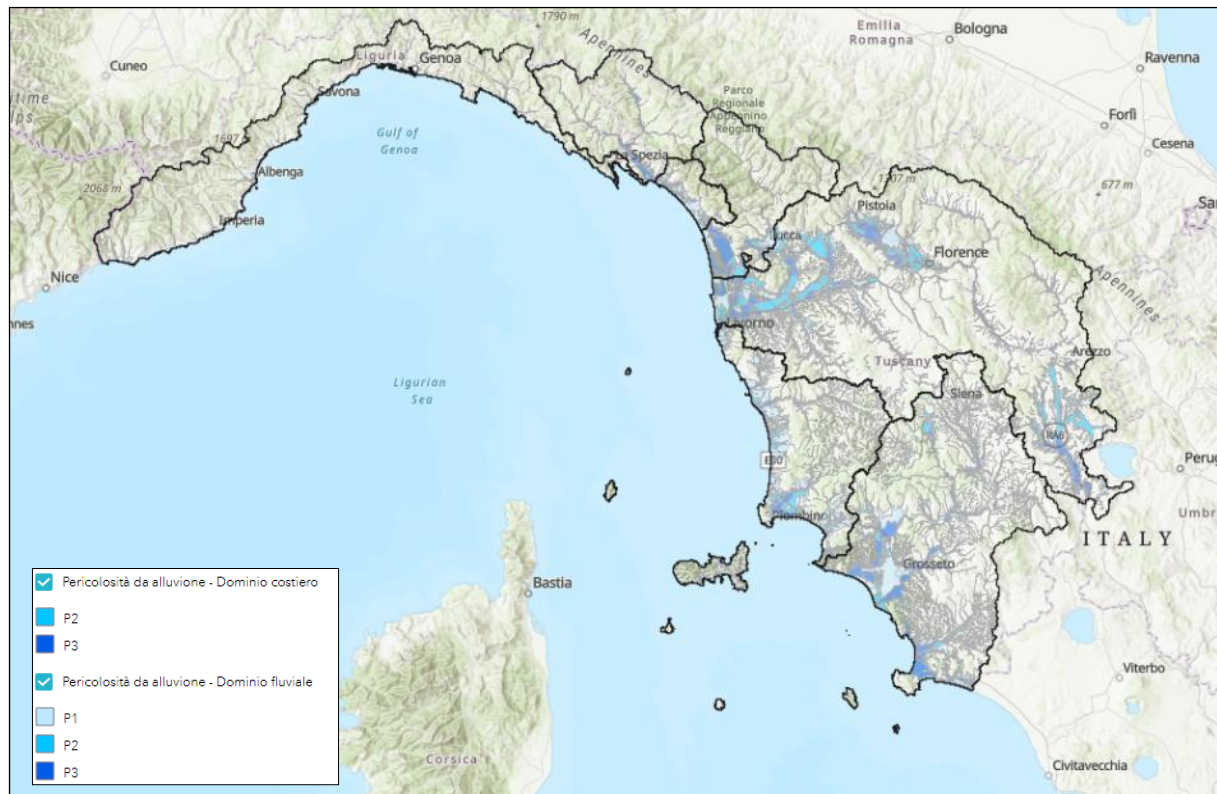


Figura 2 - Mappa rischio alluvione territorio Appennino Settentrionale

Nel Distretto Appennino Settentrionale sono considerate significative le alluvioni di origine fluviale e marina. Pertanto, la mappatura viene effettuata in relazione ad esse. Pur essendo il livello marino condizione al contorno a chiusura delle modellazioni fluviali nei tratti terminali, le alluvioni di origini diverse sono modellate separatamente per poi essere sovrapposte in fase di mappatura dei singoli scenari di pericolosità a scala di UoM (Unit of Management).

Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni variano tra 30 e 50 anni per P3, corrispondono a 200 anni per P2 e si riferiscono a 500 anni o in genere a oltre i 200 anni per P1.

I range sopra riportati derivano dalla necessità di tener conto delle caratteristiche peculiari dei bacini idrografici e più nello specifico delle caratteristiche idromorfologiche e idrodinamiche associate alla formazione dei deflussi e alla propagazione in alveo e nella piana inondabile oggetto di modellazione.

Nel caso in esame ci troviamo all'interno dell'UoM Toscana Ombrone:

UoMCode-UoMName	Scenario A (P1) Scarsa probabilità	Scenario B (P2) Media probabilità	Scenario C (P3) Elevata probabilità
ITR093 – Regionale Toscana Ombrone	TR > 200 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni

Tabella 1 - Divisione Scenari pericolosità rischio alluvione

Laddove il PGRA ha valenza normativa la **Disciplina di piano** fornisce indicazioni a scala di bacino circa gli interventi attuabili sul territorio, sia di nuova concezione sia relativi al patrimonio edilizio esistente. Le disposizioni sono relative a ciascuna classe di pericolosità idraulica P1, P2, P3. In particolare, l'art. 7 relativamente alla classe di pericolosità P3 dispone quanto segue:

Art. 7. Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) – Norme.

1. Nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 sono consentiti gli interventi che, contestualmente, non aggravino la funzionalità idraulica, siano realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico e non incrementino le condizioni di rischio per le aree contermini con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art 8.

2. Nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 sono consentiti, previo parere favorevole dell'Autorità di bacino in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA:

- a) misure di protezione previste dal PGRA e misure previste dal PGA;
- b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica;
- 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, purché siano realizzati in condizioni di gestione del rischio, da raggiungersi anche mediante sistemi di difesa alla scala locale e piani di protezione civile collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovra-comunale, senza aumento di rischio per le aree contermini, rispettando le condizioni di trasparenza idraulica; tali interventi non devono precludere la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;
- d) nuovi interventi relativi alla rete infrastrutturale primaria, se non diversamente localizzabili, purché siano realizzate in condizioni di gestione del rischio idraulico, da raggiungersi anche mediante sistemi di difesa alla scala locale e piani di protezione civile collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovra-comunale, senza aumento di rischio per le aree contermini, rispettando le condizioni di trasparenza idraulica.
- e) nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi, purché realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico senza aumento del rischio per le aree contermini, rispettando le condizioni di trasparenza idraulica e in coerenza con le previsioni di PGA.

Figura 3 - Citazione articolo 7 PGRA

L'art. 9 espone le norme relative ad un'area a pericolosità da alluvione media P2.

Art. 9 – Aree a pericolosità da alluvione media (P 2) – Norme

1. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono consentiti gli interventi che, contestualmente, non aggravino la funzionalità idraulica, siano realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico e non incrementino le condizioni di rischio per le aree contermini con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10.
2. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono consentiti, previo parere favorevole dell'Autorità di bacino in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA:
 - a) misure di protezione previste dal PGRA e misure previste dal PGA;
 - b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica;
 - 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, purché siano realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, da raggiungersi anche mediante sistemi di difesa alla scala locale e piani di protezione civile collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovra-comunale, senza aumento di rischio per le aree contermini, rispettando le condizioni di trasparenza idraulica; tali interventi non devono precludere la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;
 - d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria, purché siano realizzate in condizioni di gestione del rischio idraulico, da raggiungersi anche mediante sistemi di difesa alla scala locale e piani di protezione civile che dovranno essere collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovra-comunale, senza aumento di rischio per le aree contermini, rispettando le condizioni di

Figura 4 - Citazione articolo 9 PGRA

3.3 Regolamento 30 Gennaio 2020 n. 5/R

È stato introdotto il 5 Febbraio 2020 con lo scopo di attuare l'art. 104 della legge regionale 10 Novembre 2014, n.65 (Norme per il governo del territorio).

Nell'art. 5 vengono enunciati i criteri per l'individuazione delle classi di pericolosità:

Art. 5**Criteri per l'individuazione delle classi di pericolosità o di rischio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico**

1. Al fine di verificare la pericolosità del territorio e la fattibilità degli interventi di trasformazione previsti negli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica nel territorio sono individuate aree omogenee a pericolosità molto elevata, elevata, media e bassa con riferimento agli aspetti sismici.
2. Nelle more della redazione dei piani di bacino a scala distrettuale, al fine di verificare la pericolosità del territorio e la fattibilità degli interventi di trasformazione previsti negli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica nel territorio sono individuate le aree omogenee a pericolosità molto elevata, elevata, media e bassa con riferimento agli aspetti geologici.
3. I criteri per l'individuazione delle aree a pericolosità geologica e sismica sono indicati nelle direttive tecniche di cui all'articolo 2, con particolare riferimento ai seguenti fenomeni:
 - a) per gli aspetti geologici: fenomeni franosi attivi, fenomeni franosi potenziali, fenomeni erosivi, morfodinamica fluviale, i processi di degrado di carattere antropico, cedimenti connessi alla presenza di terreni con caratteristiche scadenti;
 - b) per gli aspetti sismici: deformazioni legate a faglie attive e capaci, liquefazione dinamica, fenomeni franosi, zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale.
4. L'individuazione delle aree a pericolosità per alluvioni è effettuata ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettere d) ed e) della legge regionale 24 luglio 2018, n.41 (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). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014).
5. Con riferimento alle aree del territorio regionale non individuate negli atti di pianificazione di bacino, nelle more dell'approvazione delle mappe di pericolosità da alluvioni delle aree in oggetto, le direttive tecniche possono indicare elementi per la loro classificazione.

Figura 5 - Citazione articolo 5 della 5/R

3.4 Legge regionale 41/2018

Particolare attenzione deve essere posta laddove sono previste opere infrastrutturali (quali ad esempio nuovi manufatti di attraversamento di corsi d'acqua), le cui disposizioni sono contenute nella **Legge regionale n.41/2018** in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua. Si introduce il concetto di "magnitudo idraulica", dove nell'art. 2 ne viene data la definizione.

- h) "magnitudo idraulica": la combinazione del battente e della velocità della corrente in una determinata area, associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti:
- h1) "magnitudo idraulica moderata": valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
 - h2) "magnitudo idraulica severa": valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
 - h3) "magnitudo idraulica molto severa": battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri;

Figura 6 - Citazione articolo 2 della L.R. 41/2018

Il CAPO III della suddetta L.R. racchiude le disposizioni relative a interventi edilizi all'interno del perimetro del territorio urbanizzato e in particolare all'art. 13 tratta le infrastrutture lineari o a rete:

Art. 13

Infrastrutture lineari o a rete

1. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).
2. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.
3. L'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.
4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite:
 - a) itinerari ciclopeditoni, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;
 - b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;
 - c) nuove infrastrutture a rete per la distribuzione della risorsa idrica, il convogliamento degli scarichi idrici, il trasporto di energia e gas naturali nonché l'adeguamento e l'ampliamento di quelle esistenti, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio;
 - d) impianti e relative opere per la produzione di energia da fonti rinnovabili, nonché l'adeguamento e l'ampliamento di quelli esistenti, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, *lettere a), b), c) o d)*; **(5)**
 - e) impianti e relative opere per il trattamento della risorsa idrica e per la depurazione, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c);
 - f) adeguamento e ampliamento degli impianti e delle relative opere di cui alla lettera e), a condizione che sia realizzata almeno una delle opere o interventi di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b), c) o d).
5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a).
6. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi, solo se non diversamente localizzabili, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Figura 7 - Citazione articolo 13 della L.R. 41/2018

Nel comma 5 si cita l'articolo 8, contenuto nel Capo II gestione del rischio alluvioni, che viene proposto di seguito:

Art. 8***Opere per la gestione del rischio di alluvioni***

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:
 - a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
 - b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
 - c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
 - d) interventi di difesa locale.
2. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree è assicurato attraverso la realizzazione delle seguenti opere:
 - a) opere o interventi che assicurino il drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque;
 - b) opere o interventi diretti a trasferire in altre aree gli effetti idraulici conseguenti alla realizzazione della trasformazione urbanistico-edilizia, a condizione che:
 - 1) nell'area di destinazione non si incrementi la classe di magnitudo idraulica;
 - 2) sia prevista dagli strumenti urbanistici la stipula di una convenzione tra il proprietario delle aree interessate e il comune prima della realizzazione dell'intervento.
3. Le opere o interventi di cui al comma 2, lettera b), sono previste negli strumenti urbanistici e sono realizzate previa verifica di compatibilità idraulica effettuata dalla struttura regionale competente in relazione al titolo abilitativo di riferimento.
4. Le opere idrauliche di cui al comma 1, lettere a) e b), sono realizzate prima o contestualmente all'attuazione della trasformazione urbanistico-edilizia. L'attestazione di agibilità degli immobili oggetto delle trasformazioni urbanistico-edilizie è subordinata al collaudo di tali opere idrauliche.

Figura 8 - Citazione articolo 8 della L.R. 41/2018

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tratto di Ciclovía oggetto di studio ha inizio nella frazione di Puntone, all'interno del territorio comunale di Scarlino, più precisamente all'incrocio tra Via della Dogana e la SP 158. Il tracciato della Ciclovía in questo tratto iniziale coincide con la Via Vecchia delle Collacchie, di conseguenza non sono previste modifiche né alla planimetria stradale né alla quota sul piano campagna, ma solo un cambio della tipologia del fondo.

La Ciclovía segue la viabilità già esistente, per un tratto di circa 860 m, fino ad incontrare nuovamente la SP 158, supera l'area di sosta e prosegue lungo il sentiero che si affianca all'infrastruttura stradale.



Figura 9 - Planimetria Ciclovía lungo via Vecchia delle Collacchie

L'area non è classificata in pericolosità idraulica, fatta eccezione per la parte iniziale del tracciato dove si ha classe P1, associata a tempi di ritorno maggiori di 500 anni, a causa della presenza del vicino Canale Allacciante che sfocia in località Puntone.



Figura 10 – Pericolosità idraulica primo tratto

Raggiunto il sentiero, la planimetria del tracciato corrisponde ad esso e costeggia la SP158 alla sua destra procedendo verso sud. L'intervento che si rende necessario riguarda l'asfaltatura del fondo. Si raggiunge poi una zona agricola in cui non sono previste modifiche alla quota del piano campagna.



Figura 11 – Planimetria pista in affiancamento alla SP158

La pericolosità idraulica della zona, visibile nella Figura 12, è rara (P1) a causa dell'incrocio di corsi d'acqua minori con la provinciale.

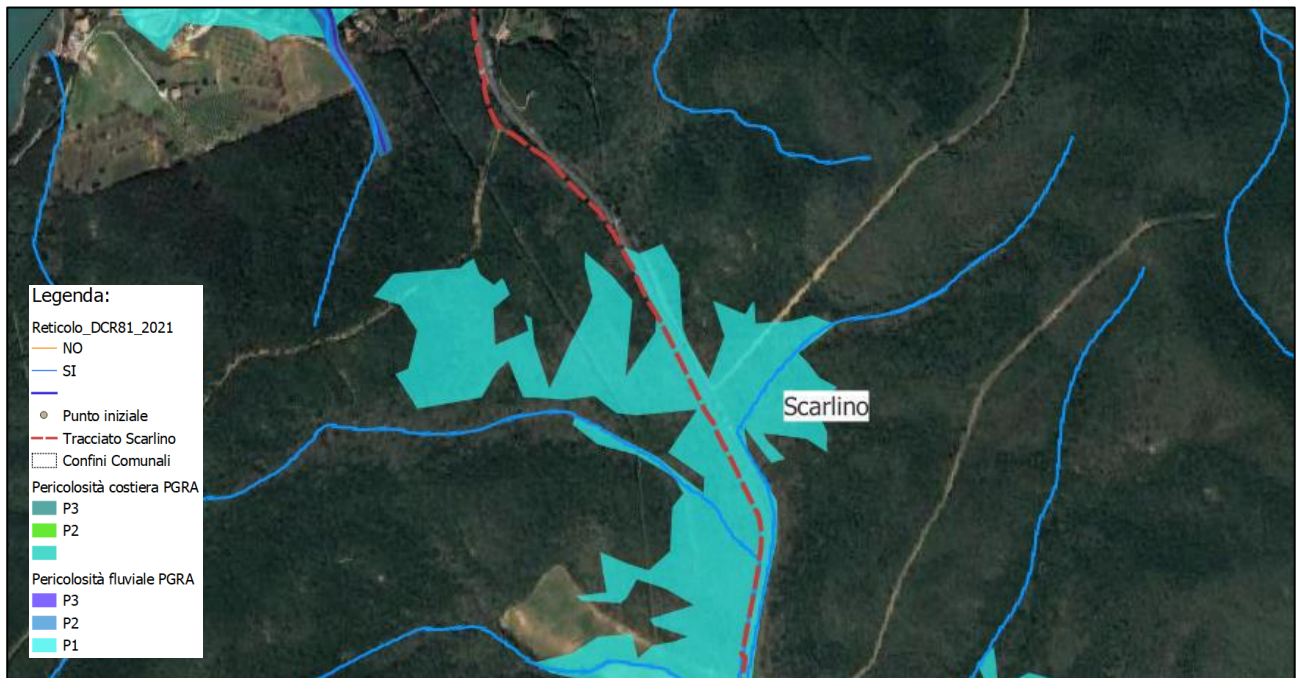


Figura 12 – Estratto area allagabile

Nell'area pianeggiante, la Ciclovia è situata alla destra della viabilità esistente procedendo verso sud; in particolare inizialmente affianca la SP158, poi devia e prosegue sulla strada per Cala Violina e infine svolta a sinistra per terminare in prossimità della strada che porta a Torre Civette. Il percorso è tutto su tracciato esistente, sul quale non saranno apportate modifiche morfologiche rilevanti se non una variazione del tipo di pavimentazione tale da consentire la circolazione delle biciclette.

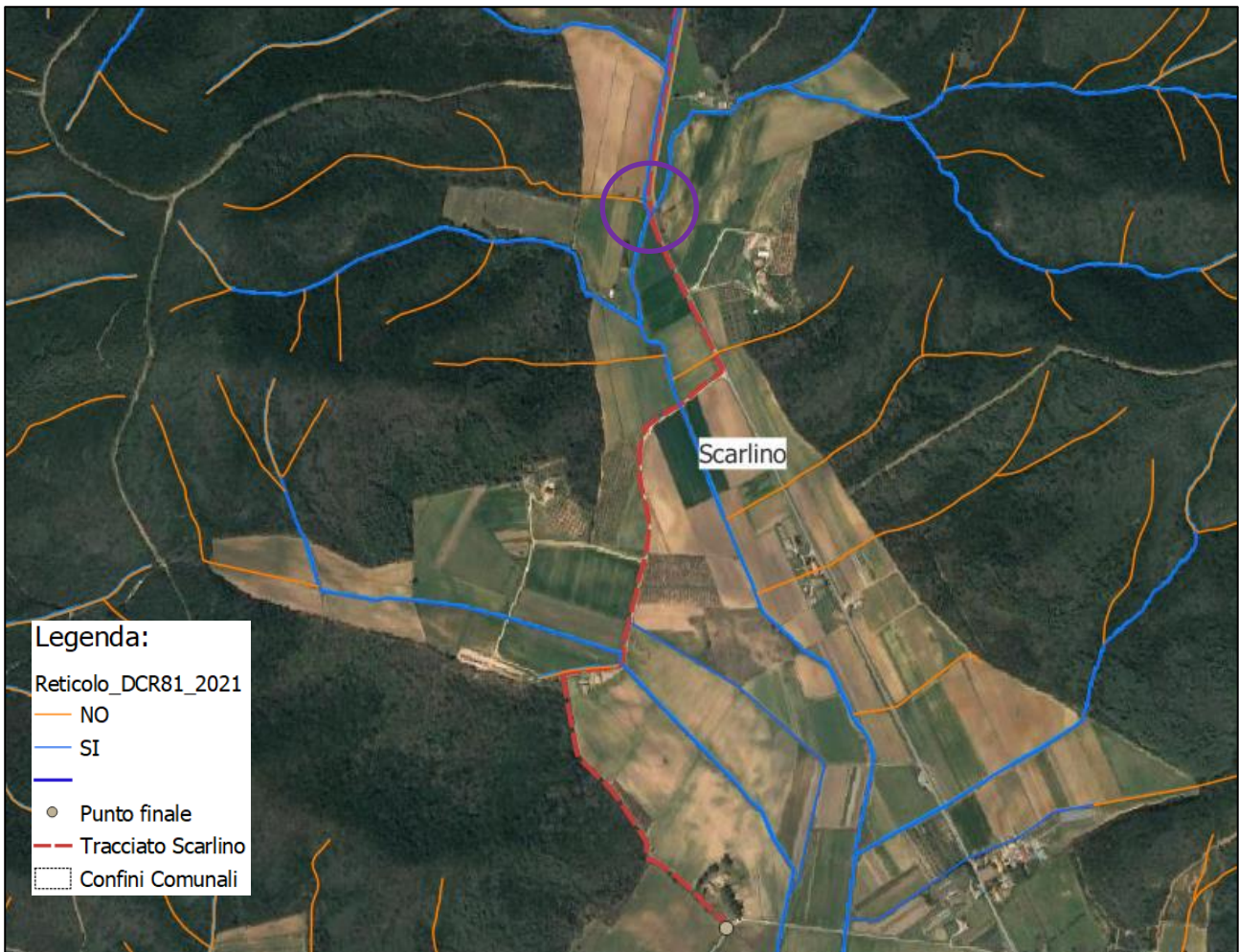


Figura 13 – Tracciato Ciclovía nel tratto dell'area pianeggiante

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica la zona, percorsa dal Fosso dei Laschi e dai suoi affluenti in destra e sinistra idrografica, è classificata interamente in P1. Il tracciato della ciclovía incontra il Fosso di Valle Lunga, il Fosso dei Laschi e il Fosso dei Laschetti su attraversamenti esistenti. In corrispondenza del cerchio viola di Figura 13, invece, è prevista la realizzazione di un nuovo attraversamento sul Fosso delle Cannucce, il cui dimensionamento sarà oggetto dei successivi paragrafi.

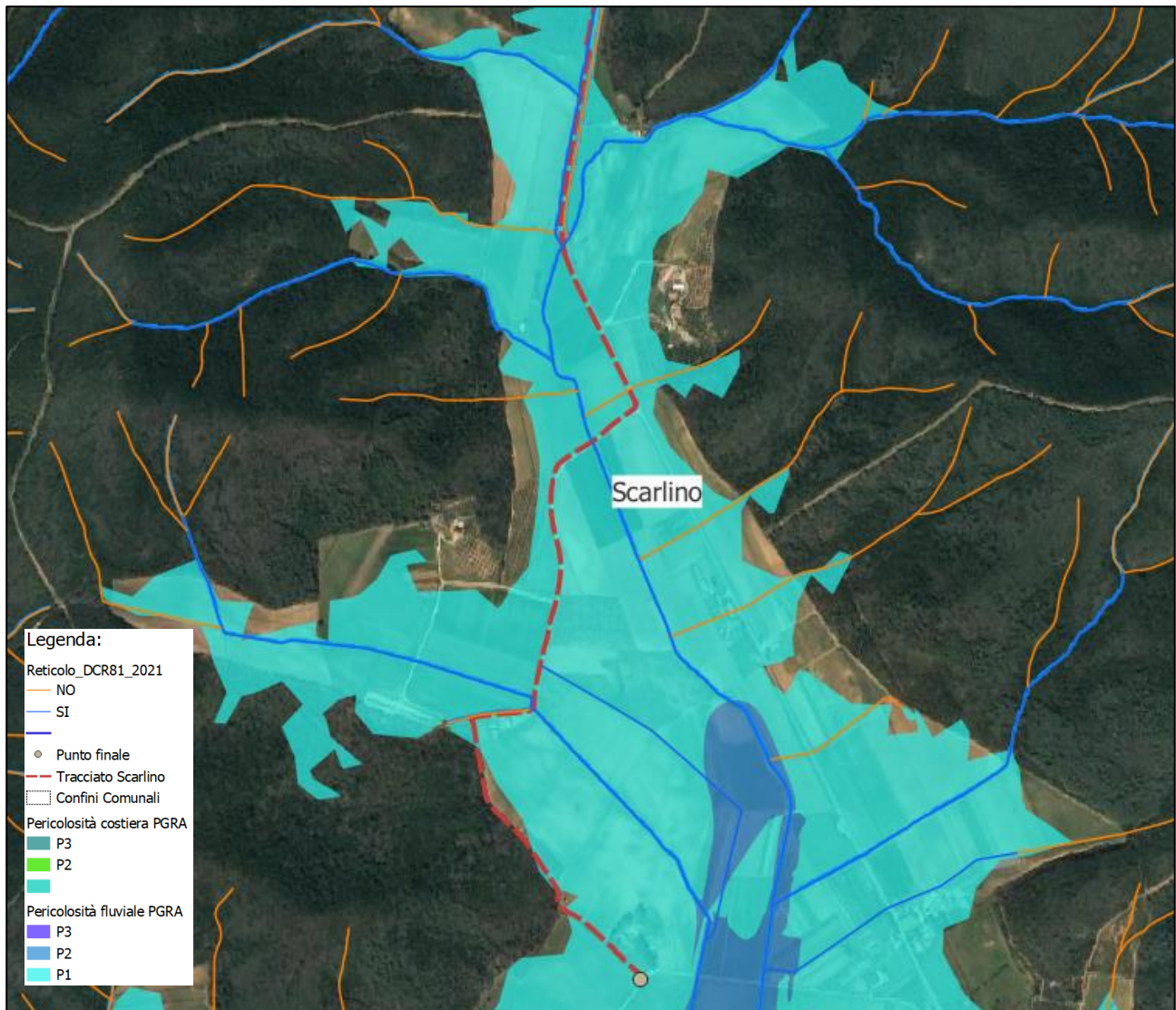


Figura 14 – Mappa pericolosità idraulica nel tratto finale

5. ANALISI IDROLOGICA

Il Fosso delle Cannucce nasce alle pendici del Poggio Scodella, un rilievo situato all'interno dell'area boschiva del Comune di Scarlino e si snoda in direzione ovest fino ad incontrare l'area pianeggiante dove è presente la provinciale delle Collacchie. Dopo il primo tratto, caratterizzato da molte ramificazioni, pendenze elevate ed alte velocità, il corso d'acqua raggiunge la piana e rallenta la sua corsa.

La direzione principale del corso d'acqua è est-ovest e il suo tracciato ricade tutto all'interno del Comune di Scarlino.

L'attraversamento di nuova realizzazione è localizzato nei pressi del Podere Bottonaio.



Figura 15 - Localizzazione nuovo attraversamento del tratto di studio della Ciclovía Tirrenica

I valori della portata che interessano per il dimensionamento della passerella sono quelli relativi ad un evento duecentennale.

Il bacino idrografico del Fosso delle Cannucce con sezione di chiusura a monte della provinciale è di circa 2.5 kmq. La tabella seguente riporta le principali caratteristiche del corso d'acqua studiato e del relativo bacino idrografico.

Bacino	A (km2)	L (km)	Hmax	Hmin	i	iB
Fosso delle Cannucce	2.56	2.49	350	35	0.119	0.127

Tabella 2 - Parametri morfologici sottobacini idraulici

I parametri morfologici del bacino sono stati ricavati dalle Carte Tecniche Regionali della Regione Toscana e dal Modello digitale del terreno ricavato da volo Lidar con celle 1x1 m. È stata seguita una modellazione idrologica, che ha previsto una schematizzazione della trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali con il metodo del Curve Number per lo studio della propagazione delle piene. L'analisi idrologica, implementata tramite il software HEC-HMS, è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 200 anni.

L'analisi idrologica è stata condotta tenendo conto delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate, fino all'anno 2012, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012. I parametri delle LSPP aggiornate sono disponibili e consultabili al link <http://www.sir.toscana.it/lsp-2012>.

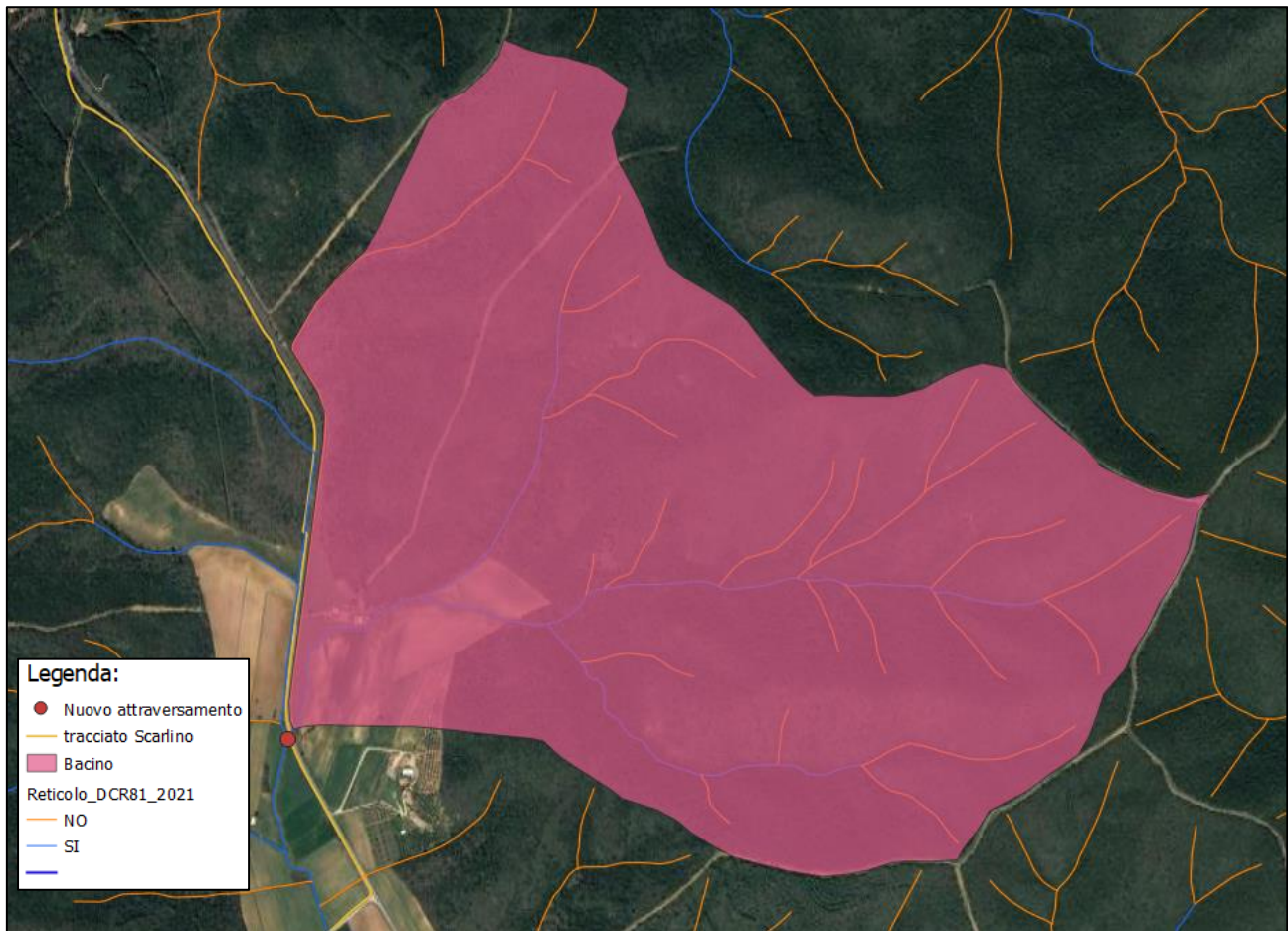


Figura 16 – Bacino Idrografico Fosso delle Cannucce

Le curve di possibilità pluviometrica definiscono i parametri dell'espressione monomia per l'altezza di precipitazione:

$$h = a t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed a e n sono i parametri caratteristici delle curve. Per la determinazione dei parametri a ed n è stata utilizzata la spazializzazione fornita dalla Regione Toscana ed è stata effettuata una media pesata, ottenendo i valori medi sotto riportati.

	a	n
Tr = 200 anni	87.07	0.337

Tabella 3 – Parametri a ed n LSPP

5.1 Perdite idrologiche

Per la determinazione dei deflussi netti corrispondente allo scorrimento superficiale dei bacini si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul

concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) [mm]$$

Il parametro adimensionale Runoff Curve Number può variare tra 0 e 100 ed è funzione del tipo di copertura vegetale, della tessitura del terreno, dell'uso del suolo e del grado di saturazione. Si è fatto quindi riferimento al gruppo idrologico USDA (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana.

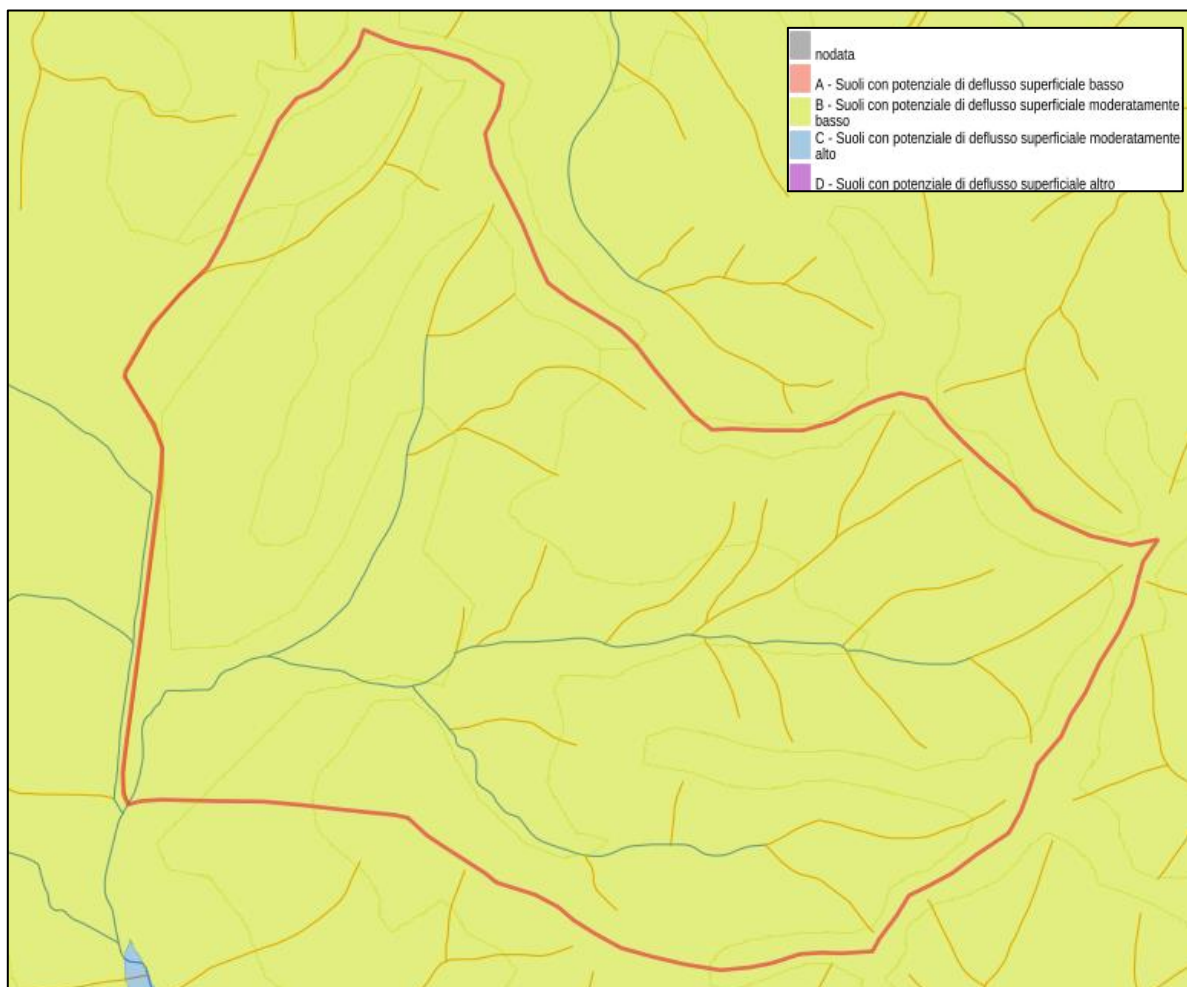


Figure 17 – Classificazione USDA area studiata

È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover.

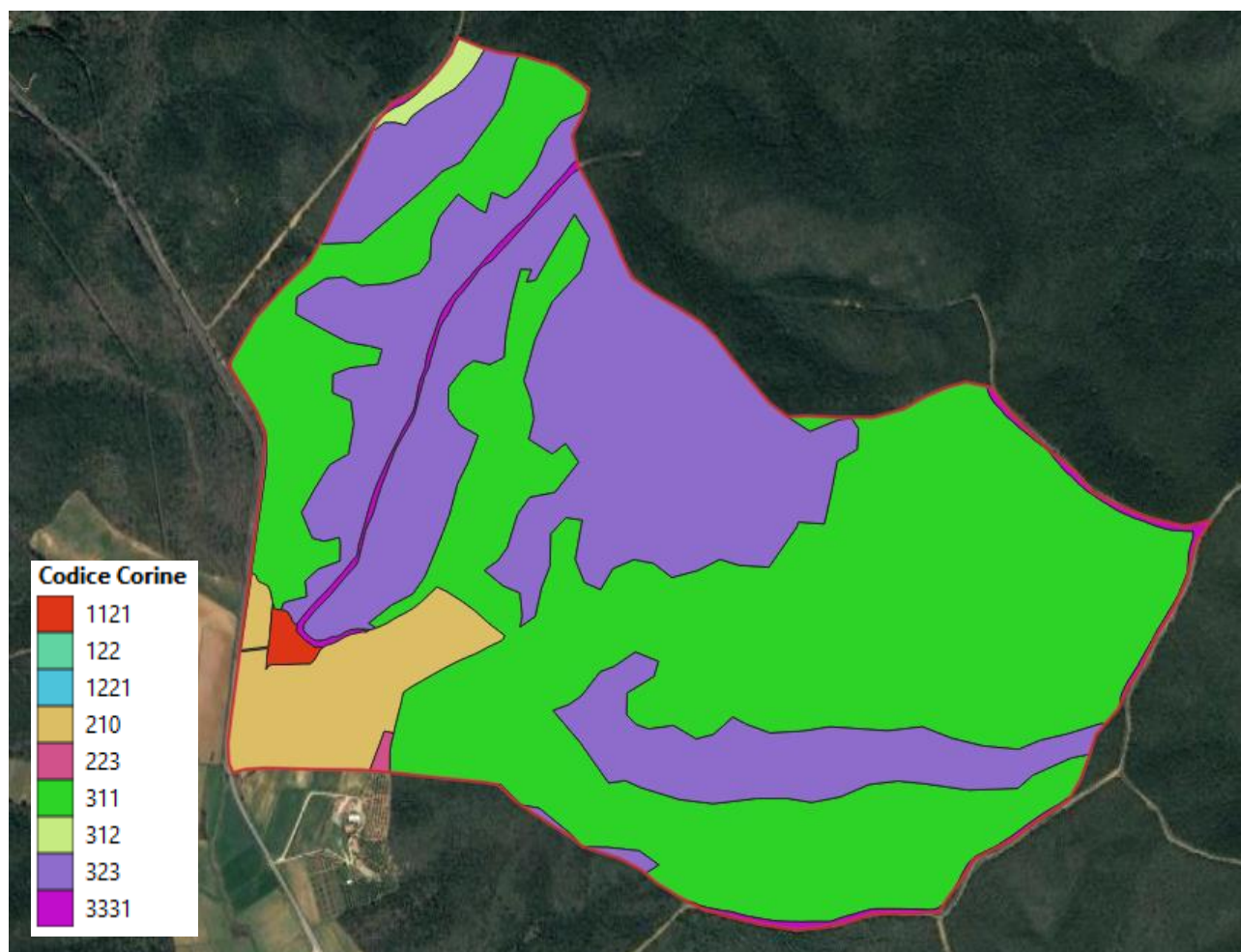


Figure 18 – Uso del Suolo bacino

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, riferito ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II). La successiva tabella è stata ricavata dal documento "Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS" del novembre 2014, predisposto nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Tabella 4 - Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

La condizione di umidità del suolo fa riferimento alla capacità di filtrazione del suolo, funzione della sua umidità. In particolare si deve fare riferimento all'ammontare delle piogge nei 5 giorni antecedenti l'evento ed assegnare la condizione AMC secondo la tabella indicata in tabella seguente, riferita alla stagione di riposo (autunno/inverno) o vegetativa (primavera estate).

CLASSE AMC	STAGIONE DI RIPOSO	STAGIONE VEGETATIVA
I	<12.7	<35.5
II	12.7- 28.0	35.5- - 53.3
III	>28	>53.3

Tabella 5 - Condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti (mm)

Fra una classe e l'altra esistono le seguenti relazioni:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}}$$

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 + 0.0138 \cdot CN_{II}}$$

Bacino	CN II	CN I	CN III
Fosso delle Cannucce	53	33	72

Tabella 6 -CN per il bacino studiato

Nell'analisi idrologica in oggetto è stato preso in considerazione lo scenario CN III per la determinazione dell'entità degli eventi estremi. La scelta è dettata da una scelta conservativa, visto che le zone circostanti coperte da molta vegetazione sono caratterizzate da coefficiente di filtrazione elevato (CN basso); adottando il CN III si ottengono pertanto valori più conservativi ed in linea con il mutevole quadro pluviometrico di riferimento.

5.2 Trasformazione afflussi-deflussi

Si è optato per l'utilizzo dell'idrogramma unitario del SCS, considerando il tempo di ritardo come 0.6 volte il tempo di corrivazione.

La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono da molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

dove A è la superficie del bacino in km², L la lunghezza dell'asta principale in km, i la pendenza media del corso d'acqua, iB la pendenza media del bacino.

Si riportano i valori dei tempi di corrivazione ottenuti dalle varie formule con i dati relativi alle caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino	Ventura	Pasini	Ferro	PIN1	PIN2	Tc (h)
Fosso delle Cannucce	0.57	1.66	0.58	0.71	0.85	0.91

Tabella 7 - Tempi di corrivazione per il bacino

5.3 Risultati analisi idrologica

Si sono quindi effettuate le modellazioni con ietogramma di forma triangolare, con trasformazione afflussi deflussi con idrogramma SCS, per la durata di precipitazione di 1, 2, 3 e 4 ore. Riportiamo i valori ottenuti a circa 30 m a monte dell'attraversamento pedonale esistente.

Portate di picco [m ³ /s]				
TR200	Tp 1h	Tp 2h	Tp 3h	Tp 4h
	22.2	26.4	25.7	24.2

Tabella 8 – Massima portata Fosso delle Cannucce per differenti durate Tp

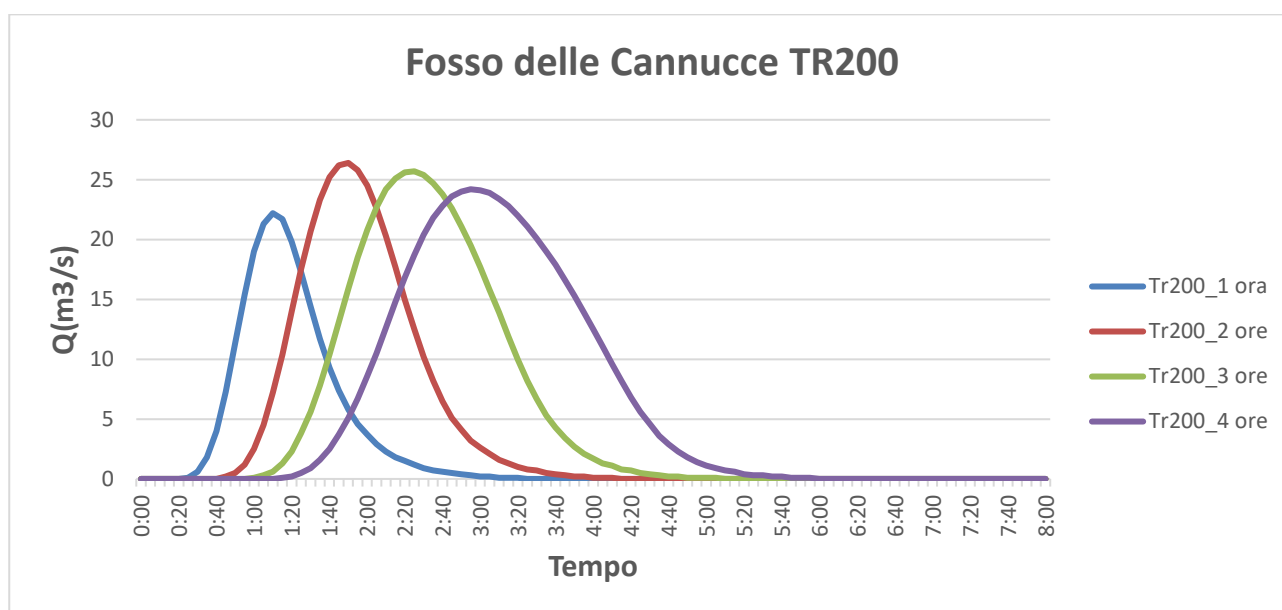


Grafico 1 – Idrogrammi di piena per differenti Tp

6. MODELLAZIONE IDRAULICA

L'opera in questione verrà realizzata nella porzione sud del territorio comunale di Scarlino, per permettere l'attraversamento ciclabile del Fosso delle Cannucce. Nella stessa area esiste già un ponte carrabile, utilizzato per il transito veicolare della SP delle Collacchie; il nuovo attraversamento sarà realizzato pochi metri a valle dell'esistente.

I valori di portata duecentennale di riferimento per le verifiche idrauliche sono stati mutuati dallo studio idrologico svolto nel paragrafo precedente.

Si procederà all'inserimento di uno scatolare rettangolare di dimensioni 4.5 m di larghezza e 2 m di altezza che garantirà il franco di sicurezza richiesto dalla norma e avrà un ingombro tale da consentire il passaggio a doppio senso delle biciclette.

Le sezioni idrauliche per la modellazione idraulica del Fosso delle Cannucce ed il rilievo dell'attuale ponte presente sono state desunte da un rilievo topografico realizzato per la progettazione definitiva del lotto della Ciclovía Tirrenica. La simulazione è stata sviluppata sia nello stato attuale sia in quello di progetto tramite software HEC-RAS in moto permanente monodimensionale.

La geometria analizzata è formata da 9 sezioni di cui 3 poste a monte del ponte carrabile e le altre a valle.

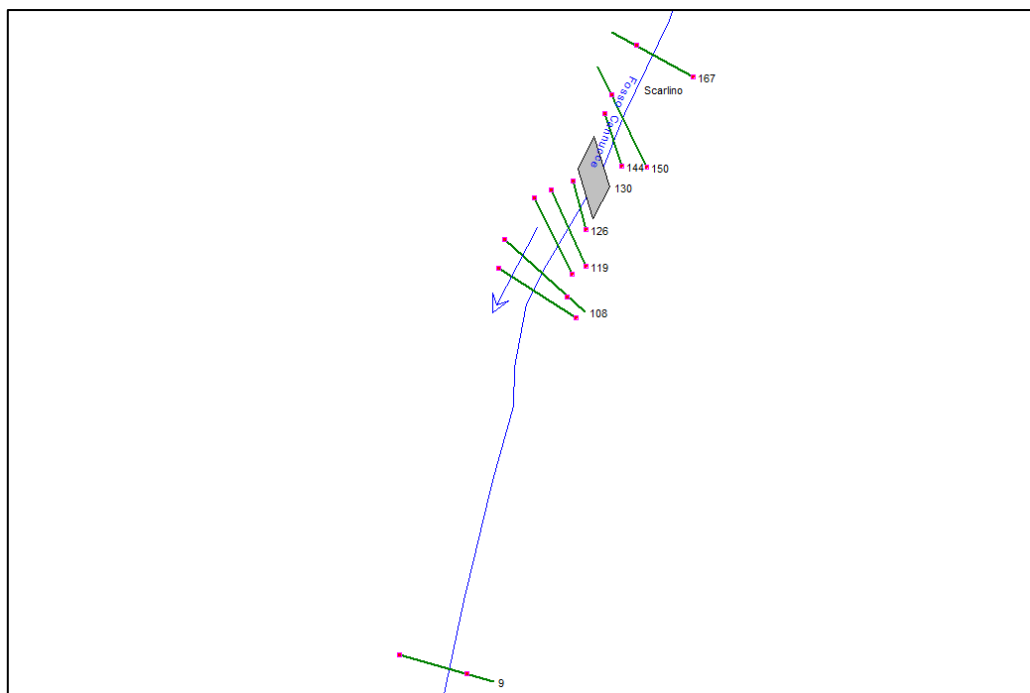


Figure 19 - Geometria HEC-RAS Fosso delle Cannucce- Stato attuale

All'interno del canale principale si sono assunti i seguenti coefficienti di contrazione/espansione:

Tipologia	Coeff. Contrazione	Coeff. Espansione
Variazioni graduali di sezione	0.1	0.3
Brusche variazioni di sezione	0.3	0.5
Ponti e attraversamenti	0.3	0.5

Tabella 9 – Coefficienti di contrazione ed espansione

Relativamente alla simulazione degli attraversamenti, oltre ai coefficienti di contrazione ed espansione precedentemente riportati, si specifica che sono state inserite le Ineffective flow areas ed i manufatti sono stati modellati tramite l'approccio pressure and/or wier, per simularne anche il comportamento in pressione.

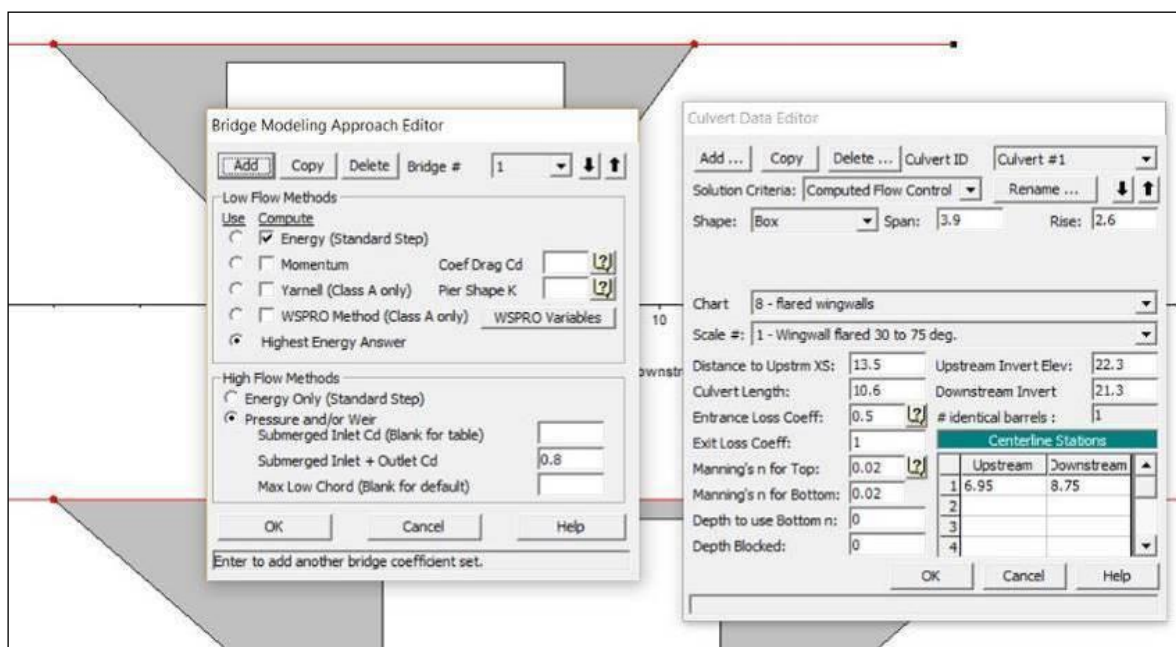


Figure 20 - Modellazione dei ponti e attraversamenti

Infine, per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte e di valle si è deciso di impostare la *Normal Depth*, che nel nostro caso ha un valore rispettivamente di 0.03 e 0.02.

6.1 Risultati modellazione idraulica

I risultati in stato attuale mostrano come le sezioni siano in grado di contenere un evento duecentennale. In particolare, nelle sezioni di monte, dove si ha maggiore pendenza e la sezione è più estesa, vi è un buon franco idraulico, così come nelle sezioni del ponte e subito a valle. Più a valle, invece, la corrente raggiunge lo stato critico e tramite un leggero aumento del tirante, diventa lenta, provocando esondazioni in sinistra idraulica.

La presenza del ponte esistente provoca un abbassamento del pelo libero, poiché si ha un restringimento della sezione dovuto alla presenza di 2 spalle (Figure 21).

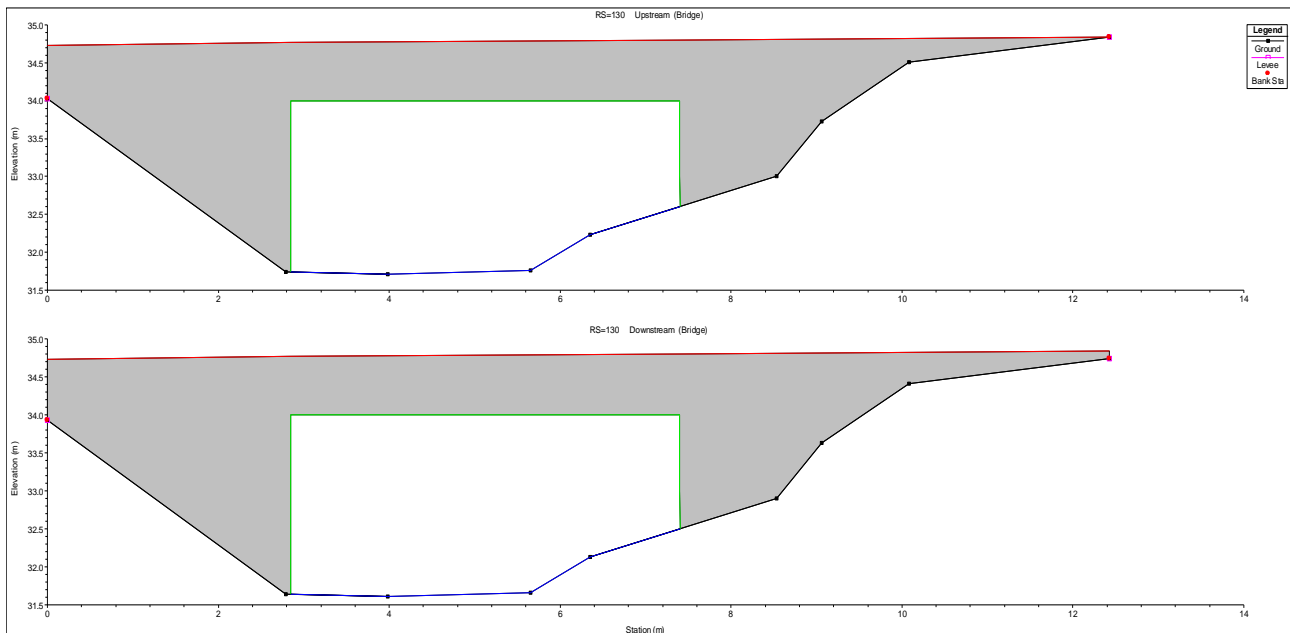


Figure 21 – Geometria del ponte carrabile sulla SP 158

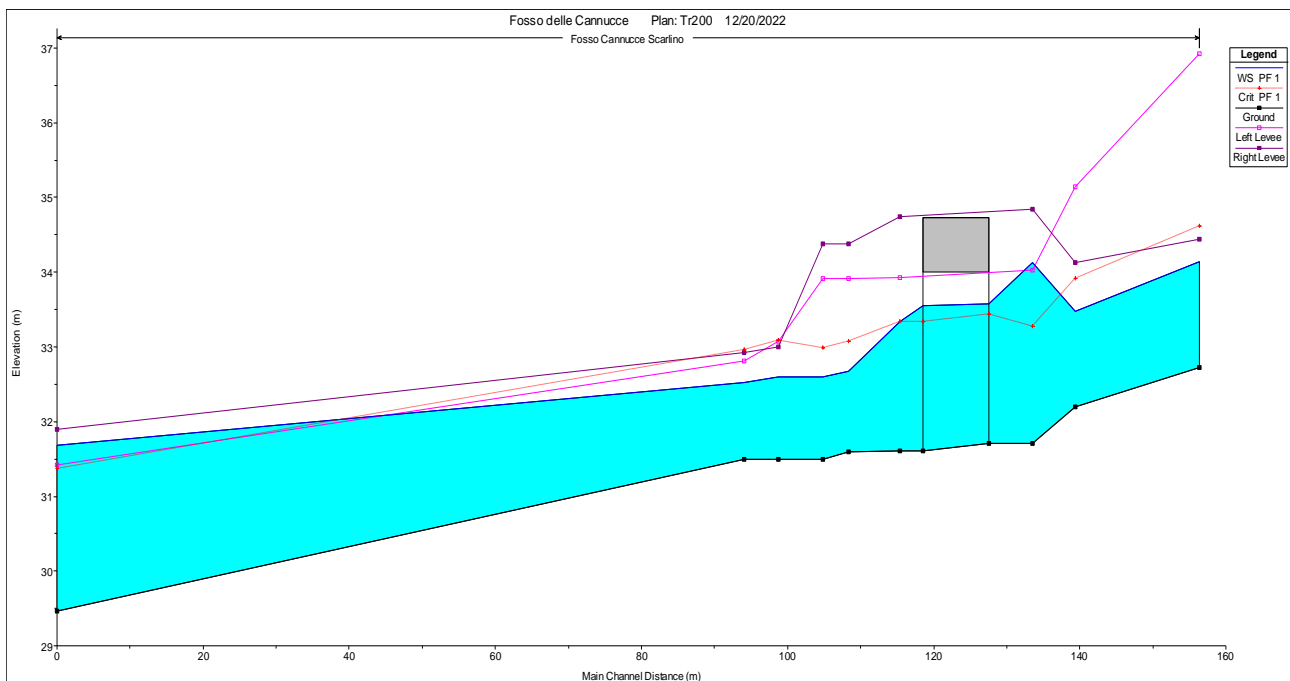


Figure 22 - Profilo longitudinale stato attuale Fosso delle Cannucce

Per lo stato di progetto si considera la stessa geometria con l'aggiunta dello scatolare di progetto tra le sezioni 119 e 114.

La presenza del restringimento provoca corrente veloce nel tratto interessato dagli attraversamenti a valle il tirante è analogo allo stato attuale.

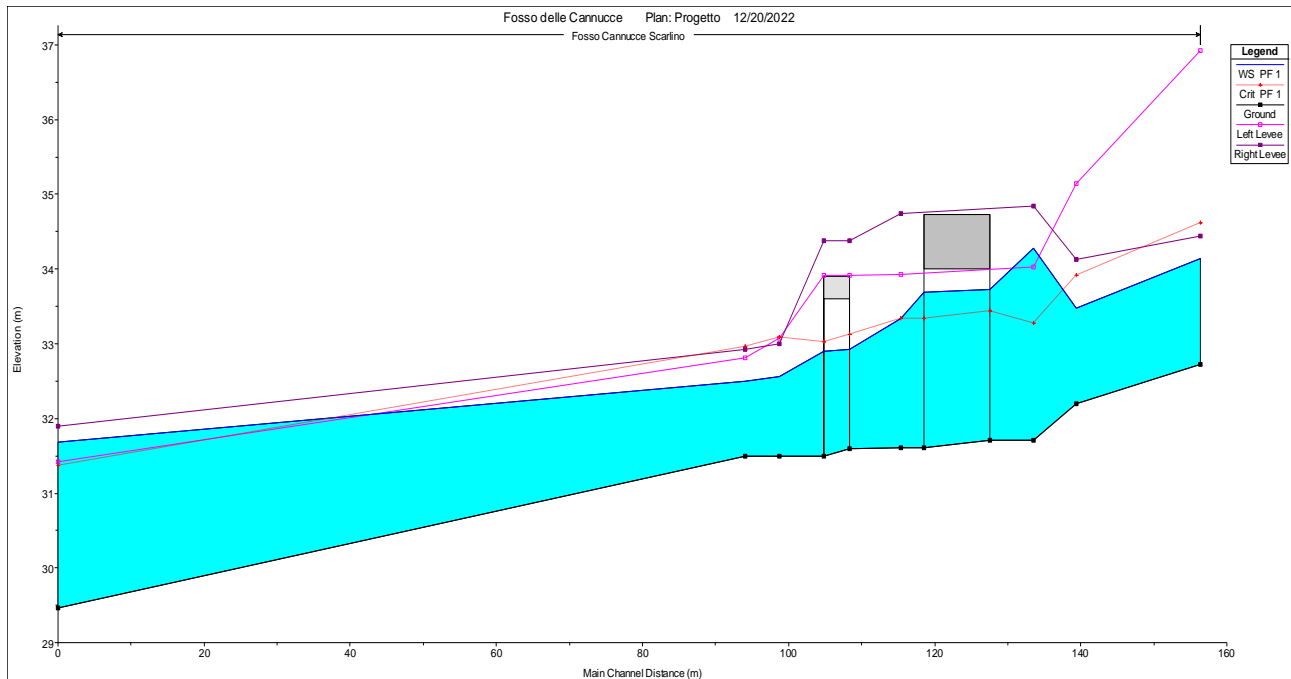


Figure 23 - Profilo longitudinale stato di progetto Fosso delle Cannucce

Per quanto riguarda il franco minimo di sicurezza deve essere almeno un terzo dell'altezza del manufatto. Dalla figura seguente si evince come la condizione sia rispettata, avendo un valore di 68 cm, a fronte di un'altezza di 2m.

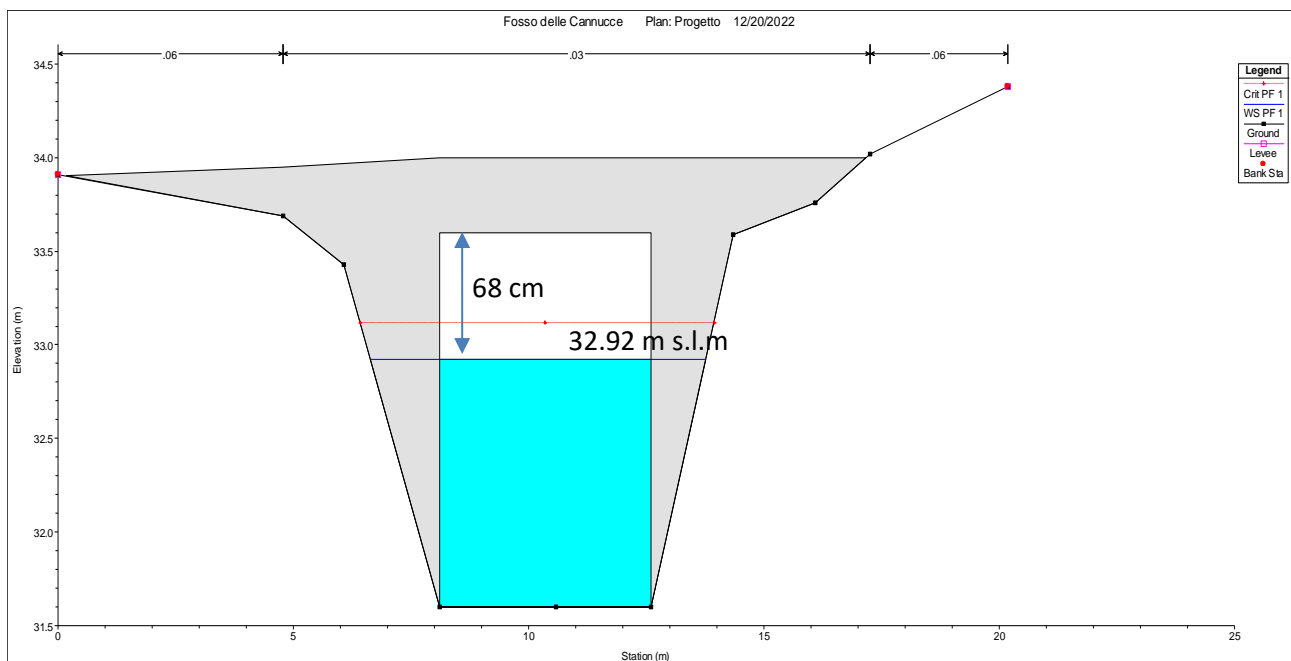
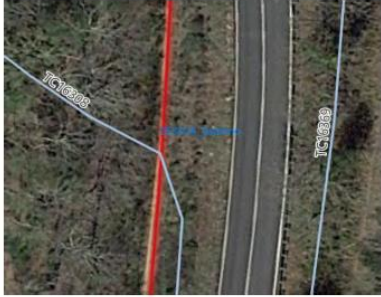








Figure 24 – Franco di sicurezza nuovo manufatto

7. SINTESI INTERSEZIONI CICLOVIA E RETICOLO DROGRAFICO

codice	mappa	tipologia	Intervento previsto sul manufatto di attraversamento
TC16308		Ciclabile di progetto su sentiero esistente	Nessuno, il sentiero presenta già opera di attraversamento
TC16364		Ciclabile di progetto	breve tratto di tombinamento per il passaggio della pista (prolungamento tubo diametro 80 cm)
TC16375		Ciclabile di progetto	Scatolare per nuovo manufatto di attraversamento (Progetto Definitivo)
TC16402		Ciclabile di progetto	Passaggio su tombinamento esistente
TC16439		Ciclabile di progetto	Passaggio su tombinamento esistente

TC16490		Strada sterrata esistente	Nessuno
TC16583		Strada sterrata esistente	Nessuno
TC16644		Strada sterrata esistente	Nessuno