



Regione Toscana

Lotto prioritario 2B - Costa della Maremma

Stralcio 1 - dal Comune di Follonica (Confine con Piombino) al Comune di Scarlino (fino al Canale Allacciante)

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



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.



CoopProgetti Soc. Coop.



Parciannello & 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	C	Emissione
D71B17002330003	Redatto Chiostrini	Controllato Galardini	Approvato Seneci	Scala	Data Settembre 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 Liturri

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.



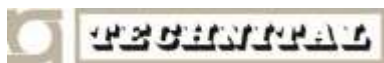
Parcianello & Partners engineering s.r.l.

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 Liturri, 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	36
5.1 PERDITE IDROLOGICHE	38
5.2 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	42
5.3 RISULTATI ANALISI IDROLOGICA.....	43
6. MODELLAZIONE IDRAULICA.....	43
6.1 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA	45
SINTESI INTERSEZIONI CICLOVIA E RETICOLO DROGRAFICO	50

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 dal Comune di Follonica al 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.

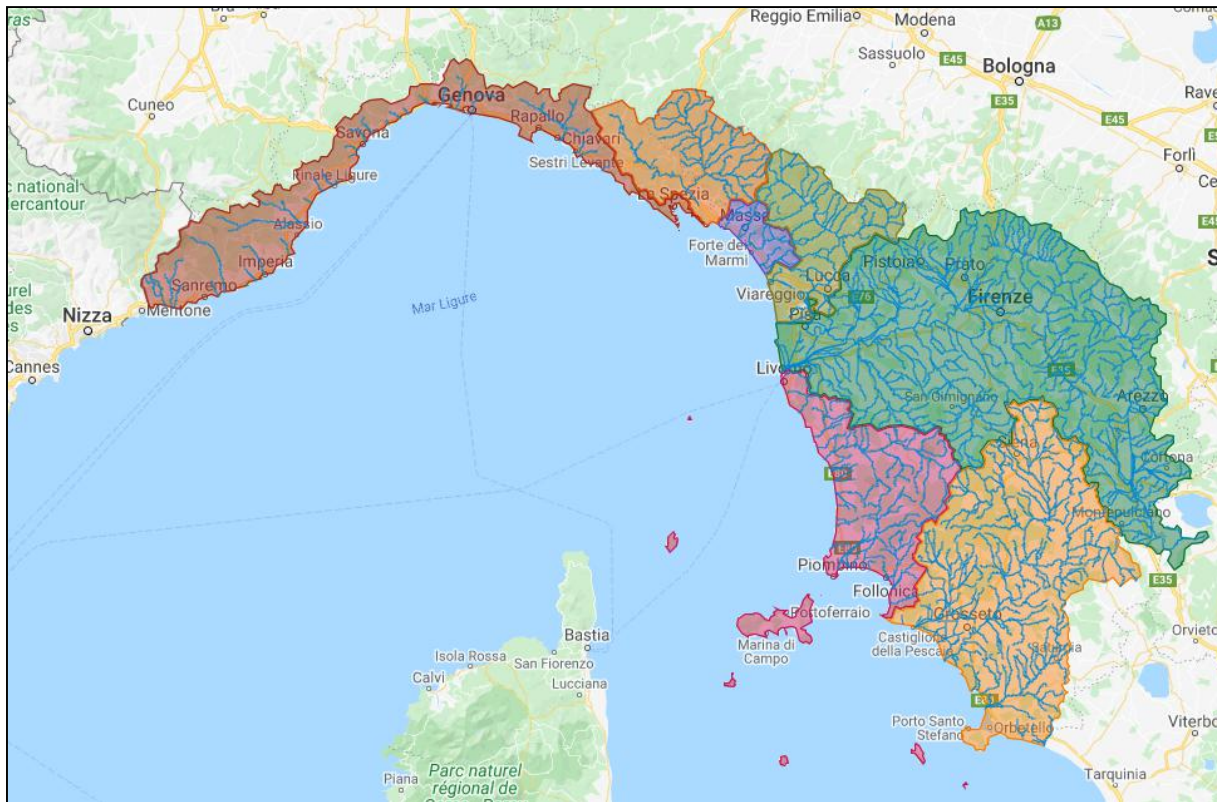


Figura 1 - Suddivisione bacini di competenza all'interno del Distretto Appennino Settentrionale

Il tracciato ricade all'interno della Provincia di Grosseto dal Comune di Follonica fino al Puntone nel Comune di Scarlino; quindi tutto il percorso è situato all'interno del territorio di competenza del Bacino Regionale Toscana Costa.

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.

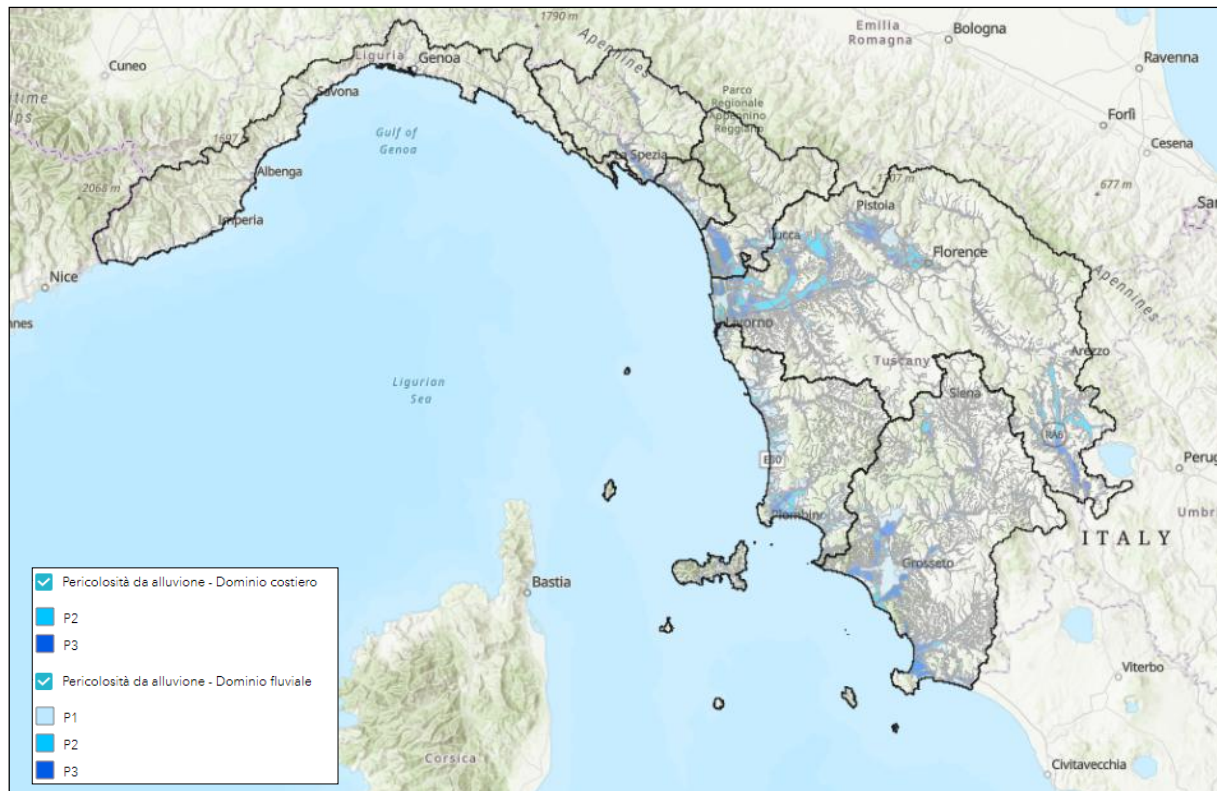


Figura 2 - Mappa rischio alluvione territorio Appennino Settentrionale

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 Costa:

UoMCode-UoMName	Scenario A (P1) Scarsa probabilità	Scenario B (P2) Media probabilità	Scenario C (P3) Elevata probabilità
ITR091 – Regionale Toscana Costa	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 al confine tra il Comune di Piombino e quello di Follonica in corrispondenza dell'attraversamento sul Fosso di Valmaggiore all'interno della frazione di Pratoranieri. Ci troviamo lungo Viale Italia e il percorso coincide con la strada stessa, quindi non sono previste modifiche né alla planimetria stradale né alla quota sul piano campagna, ma solo un cambio della tipologia del fondo.

In generale su tutto il tracciato, illustrato a tratti di seguito, la ripavimentazione prevista è rappresentata nei particolari costruttivi dell'immagine sottostante.

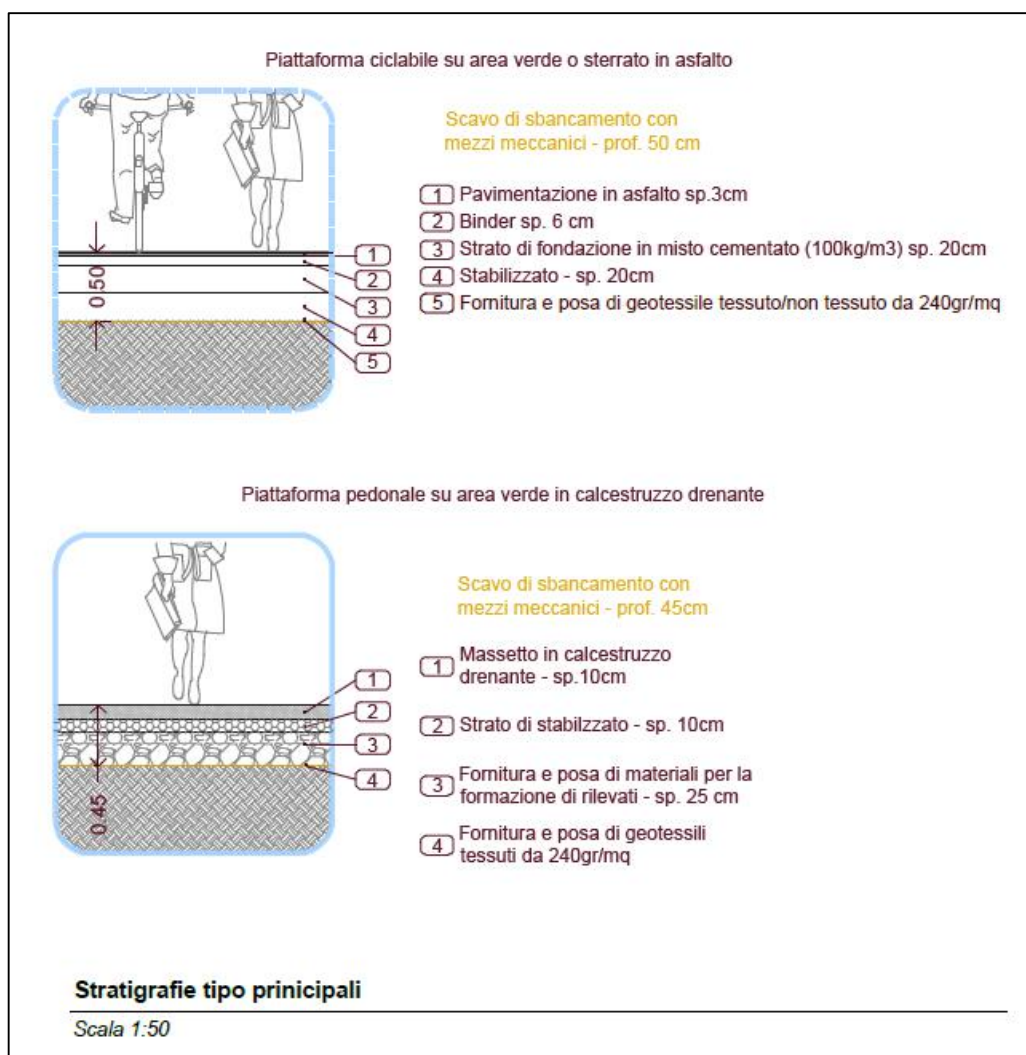


Figura 9 – Particolari costruttivi della ripavimentazione di tutto il tracciato di Ciclovía Tirrenica oggetto di studio

Dalle premesse sopra riportate si deduce che la pericolosità idraulica della zona rimane invariata e coincidente con quella già presente, ovvero P3, associata a tempi di ritorno maggiori di 30 anni a causa del Canale Allacciante Cervia e del Fosso di Valmaggiorre; nei pressi della rotonda si ha una pericolosità P2 e proseguendo P1.

Dove si hanno alluvioni frequenti (P3) è necessario rispettare alcuni criteri per consentire la realizzazione dell'intervento, come descritto nell'art 13, comma 4 lettera a) della legge regionale 41/2018.



Figura 10 - Planimetria Ciclovia nella frazione di Pratoranieri

La prima misura riguarda il **non aggravio delle condizioni di rischio che viene garantito non modificando l'assetto viario**, sia in termini planimetrici che di quota del terreno (come da sezione 1 riportata a seguire). L'intervento di progetto riguarda unicamente il cambio del fondo stradale, che non determina cambiamenti di rischio idraulico.

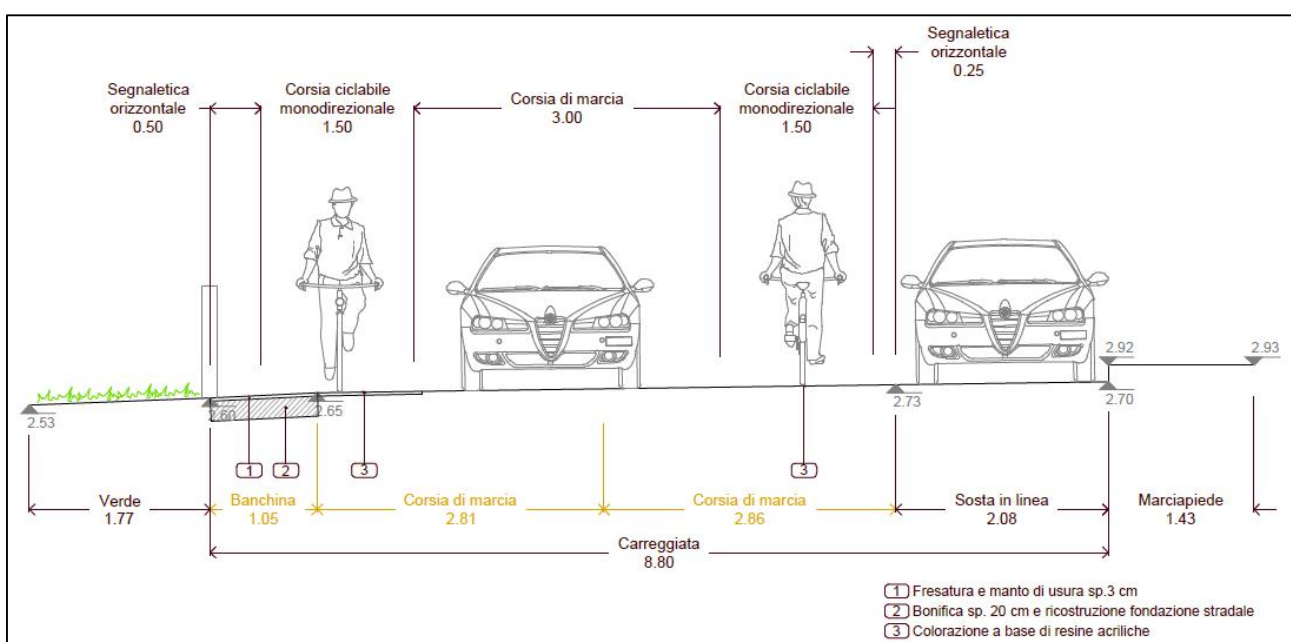


Figura 11 – Sezione 01 di progetto trasversale su Viale Italia

La seconda concerne le misure preventive atte a regolare l'uso, quali l'installazione di cartellonistica **di pericolo da alluvione**, in modo da informare i fruitori circa l'allagabilità dell'area e l'introduzione di queste zone attraversate dalla ciclovia nel Piano di Protezione Civile Comunale, in modo da valutarne la chiusura temporanea in caso di allerta meteo.



Figura 12 – Estratto pericolosità idraulica fluviale e marina

Superata la rotonda il percorso prosegue sempre lungo Viale Italia con la stessa tipologia di interventi vista in precedenza, relative unicamente all'adeguamento del fondo strada.



Figura 13 - Planimetria pista lungo Viale Italia

La pericolosità di tutto questo tratto è sempre P1, con l'eccezione della porzione di strada più vicina al mare, dove la classe è P3 a causa di inondazioni marine. Anche per quest'area si dovrà provvedere alla posa in opera di opportuna segnaletica e l'introduzione di queste zone attraversate dalla ciclovía nel Piano di Protezione Civile Comunale, in modo da valutarne la chiusura temporanea in caso di allerta meteo.

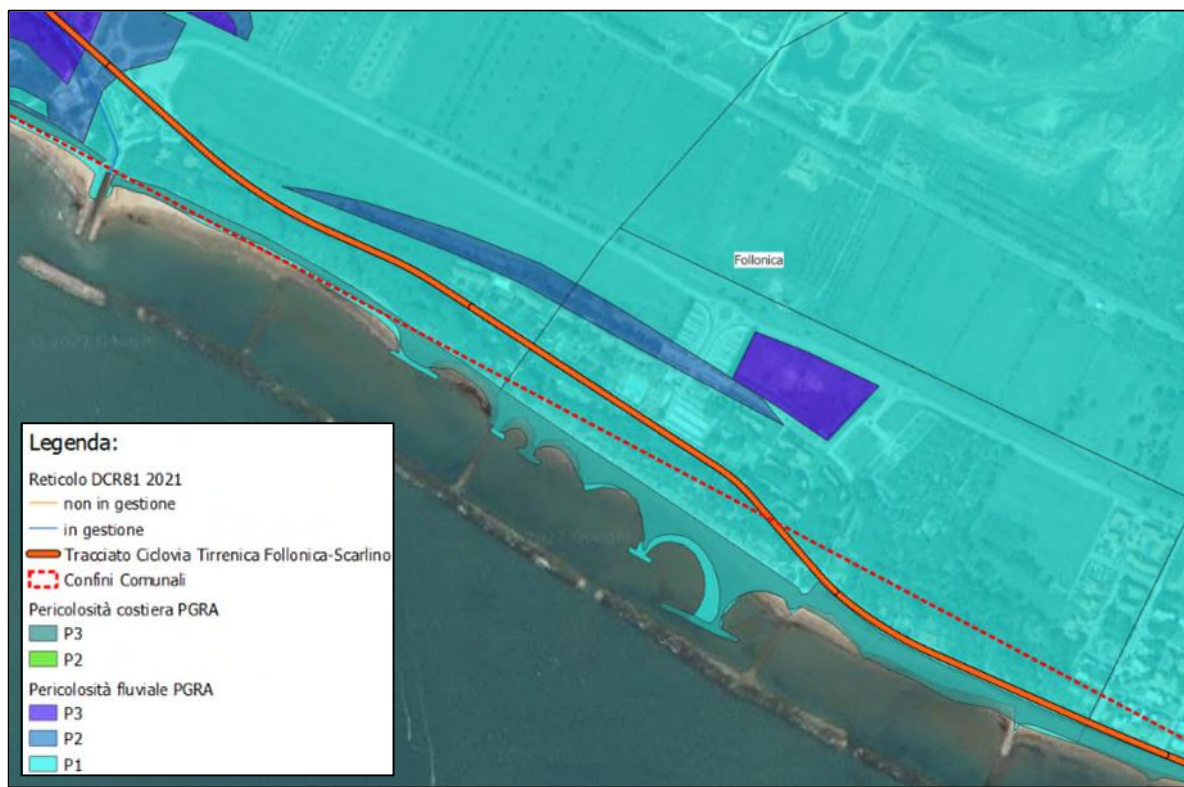


Figura 14 - Mappa pericolosità idraulica lungo Viale Italia

Giunti sul lungomare, la Ciclovía continua su Viale Italia fino a raggiungere l'abitato di Follonica in Piazza Nicola Guerrazzi e proseguire in direzione sud-ovest. Il tracciato è sempre su strada esistente, di conseguenza non sono previsti lavori ad eccezione del cambio di pavimentazione. Lungo questo percorso la pista intercetta il Fosso Val Querceta e il Valle Onesta utilizzando gli attraversamenti esistenti di Viale Italia.

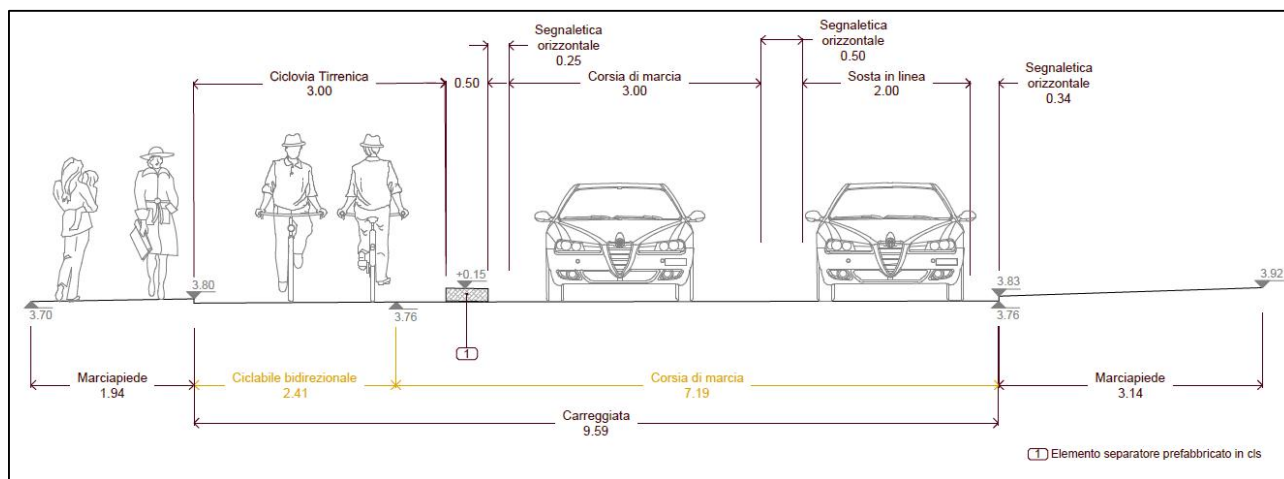


Figura 15 – Sezione 02 di progetto trasversale su Viale Italia

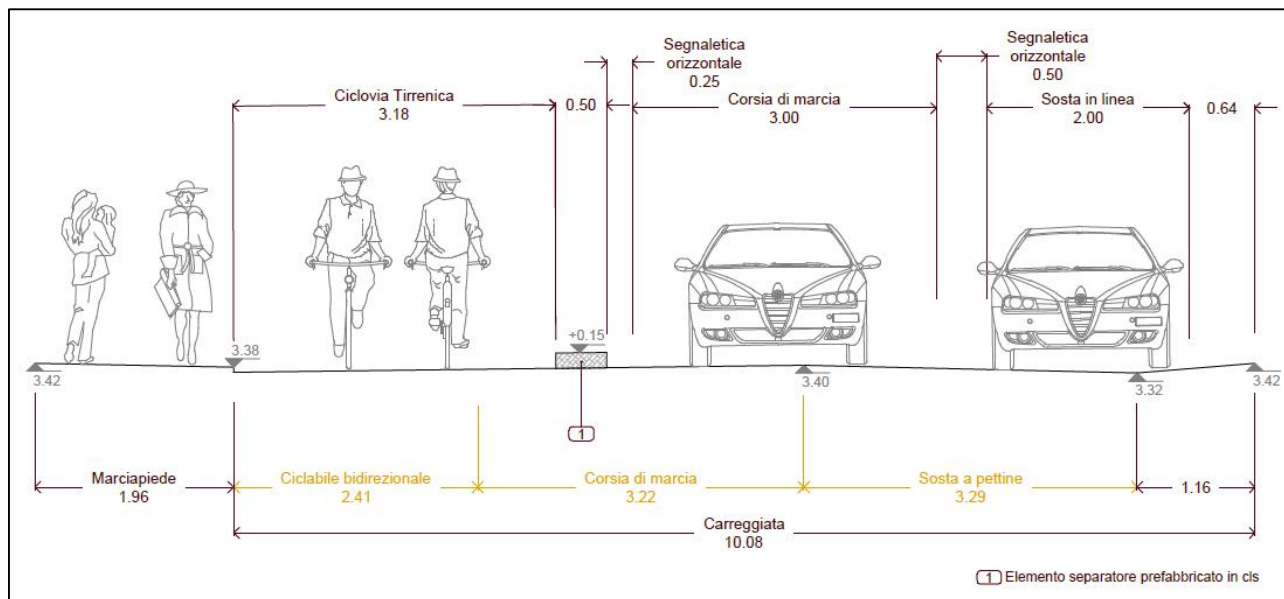


Figura 16 – Sezione 03 di progetto trasversale su Viale Italia

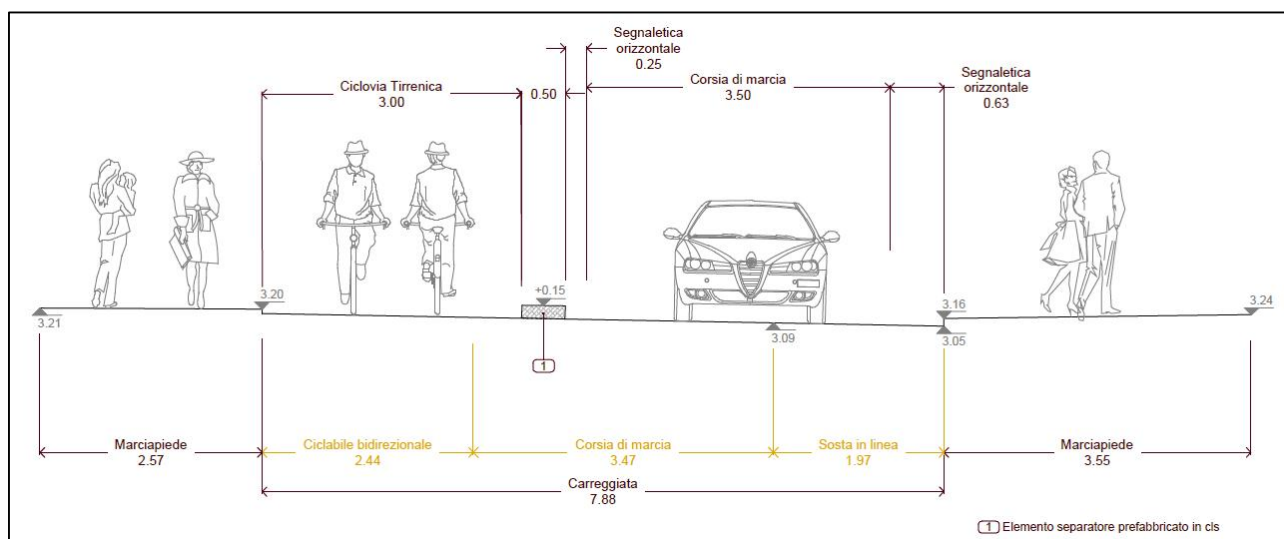


Figura 17 – Sezione 04 di progetto trasversale su Viale Italia



Figura 18 - Planimetria Ciclovía a ridosso dell'abitato di Follonica

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, a ridosso del mare si riscontra una classe P3 di pericolosità costiera mentre nelle aree dell'entroterra abbiamo P1.

Nel tratto a pericolosità di alluvioni frequenti si dovranno prevedere l'installazione di cartellonistica **di pericolo da alluvione**, in modo da informare i fruitori circa l'allagabilità dell'area e l'introduzione di queste zone attraversate dalla ciclovía nel Piano di Protezione Civile Comunale, in modo da valutarne la chiusura temporanea in caso di allerta meteo.



Figura 19 - Mappa allagabile lungomare Follonica

Proseguendo su Viale Carducci si attraversa il Fosso Petraia utilizzando l'attraversamento esistente e si percorrono Via Vespucci e Via Palermo. In corrispondenza della pineta la Ciclovía svolta su Via Lucca e subito dopo prende Via della Repubblica. Il percorso, come già per gli altri tratti analizzati, è realizzato su strada già esistente, senza aggravio della pericolosità idraulica.

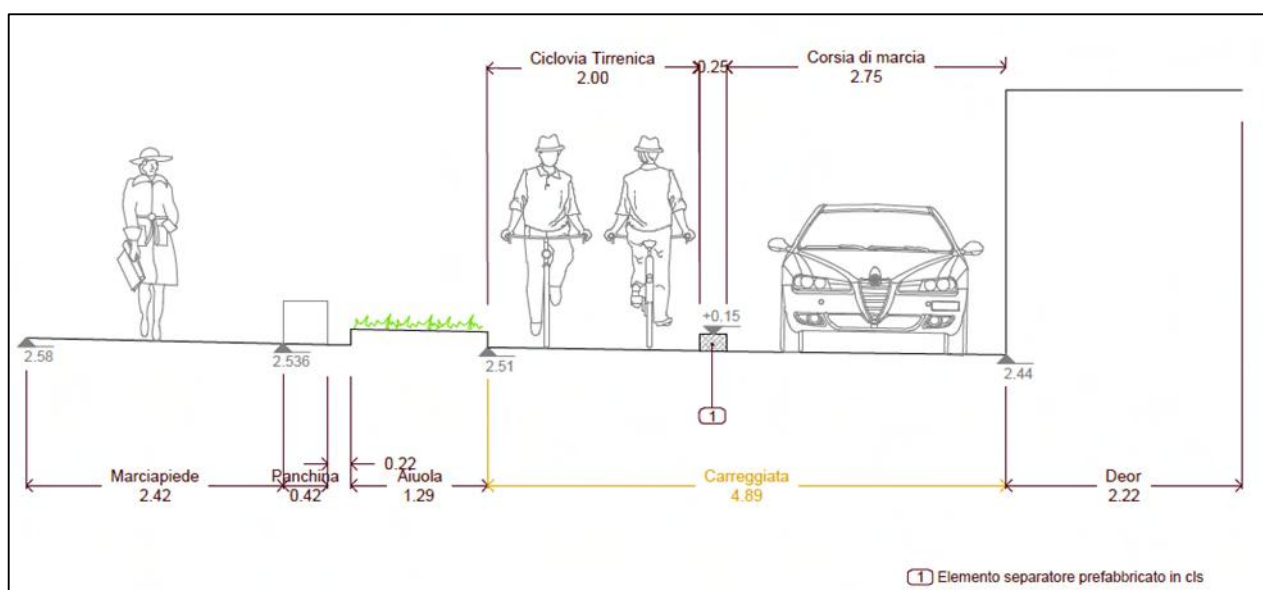


Figura 20 - Sezione 05 di progetto trasversale su Viale Carducci

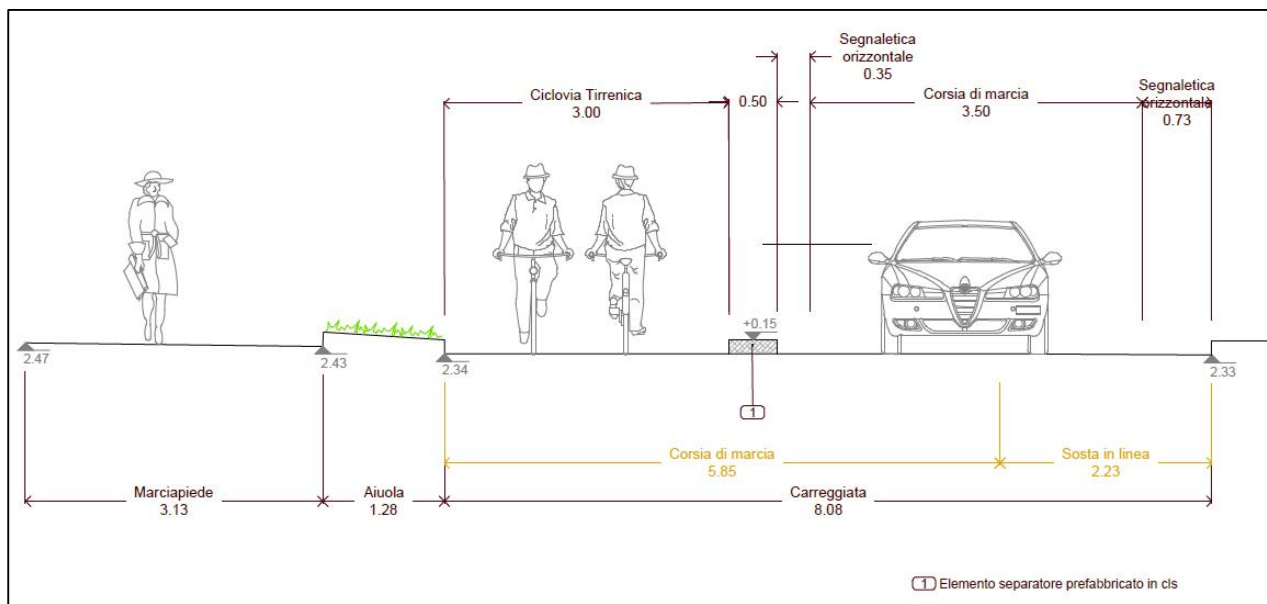


Figura 21 - Sezione 06 di progetto trasversale su Viale Carducci



Figura 22 - Fotoinserimento su Viale Carducci

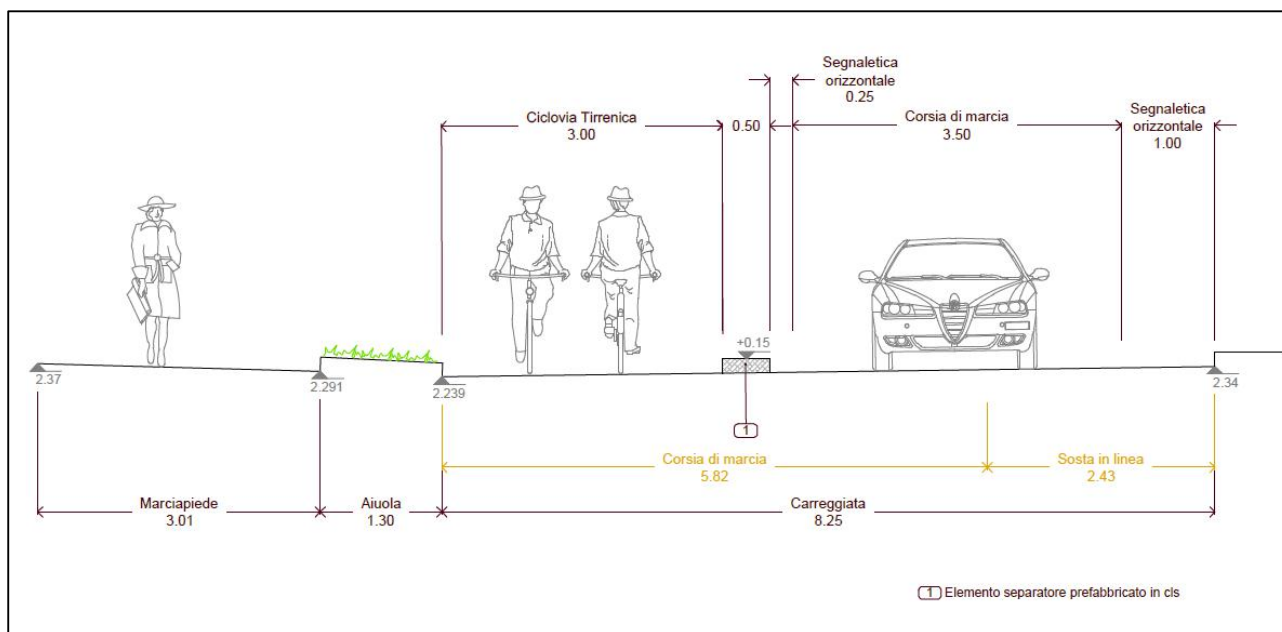


Figura 23 - Sezione 07 di progetto trasversale su Viale Carducci

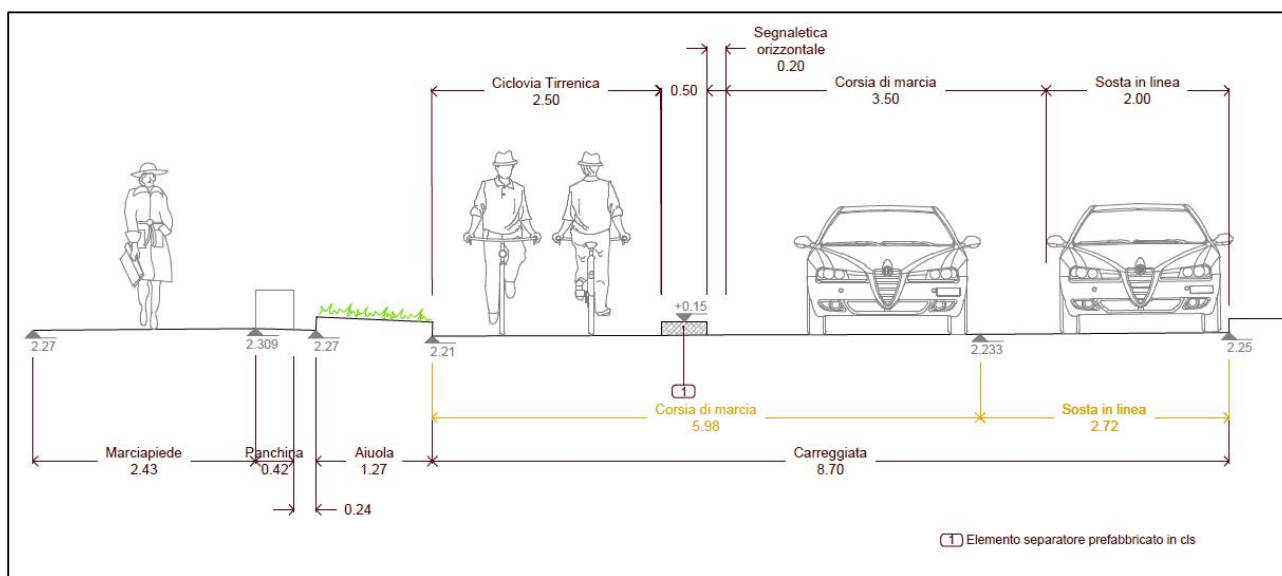


Figura 24 - Sezione 08 di progetto trasversale su Viale Carducci



Figura 25 - Percorso Ciclovía nel centro di Follonica

La classe di pericolosità corrispondente a tale area è P3 in corrispondenza dell'alveo del Fosso Petraia. Proseguendo si ha una pericolosità idraulica P1.



Figura 26 - Pericolosità idraulica nel centro di Follonica

Il percorso prosegue lungo la SP delle Collacchie fino ad uscire dal territorio comunale di Follonica ed entrare nel Comune di Scarlino. Non sono presenti opere d'arte in quest'area; la Ciclovia è realizzata direttamente su tracciato esistente e non vi sono intercettazioni col reticolo contenuto nella L.R. 79/2012 e s.m.i., si lambisce però un'area a pericolosità P3 e P2 causata presumibilmente dal Fosso Salciana. Analogamente agli altri casi, nel tratto di pista che attraversa una pericolosità idraulica elevata si dovranno prevedere l'installazione di cartellonistica **di pericolo da alluvione**, in modo da informare i fruitori circa l'allagabilità dell'area, e l'introduzione di queste zone attraversate dalla ciclovia nel Piano di Protezione Civile Comunale, in modo da valutarne la chiusura temporanea in caso di allerta meteo.



Figura 27 - Asse tracciato al confine del Comune di Follonica



Figura 28 - Mappa area allagabile confine Comune di Follonica

Nel Comune di Scarlino, la pista ciclabile si snoda su un tracciato esistente in affiancamento alla SP delle Collacchie.

In quest'area non sono presenti attraversamenti del reticolo idrografico.

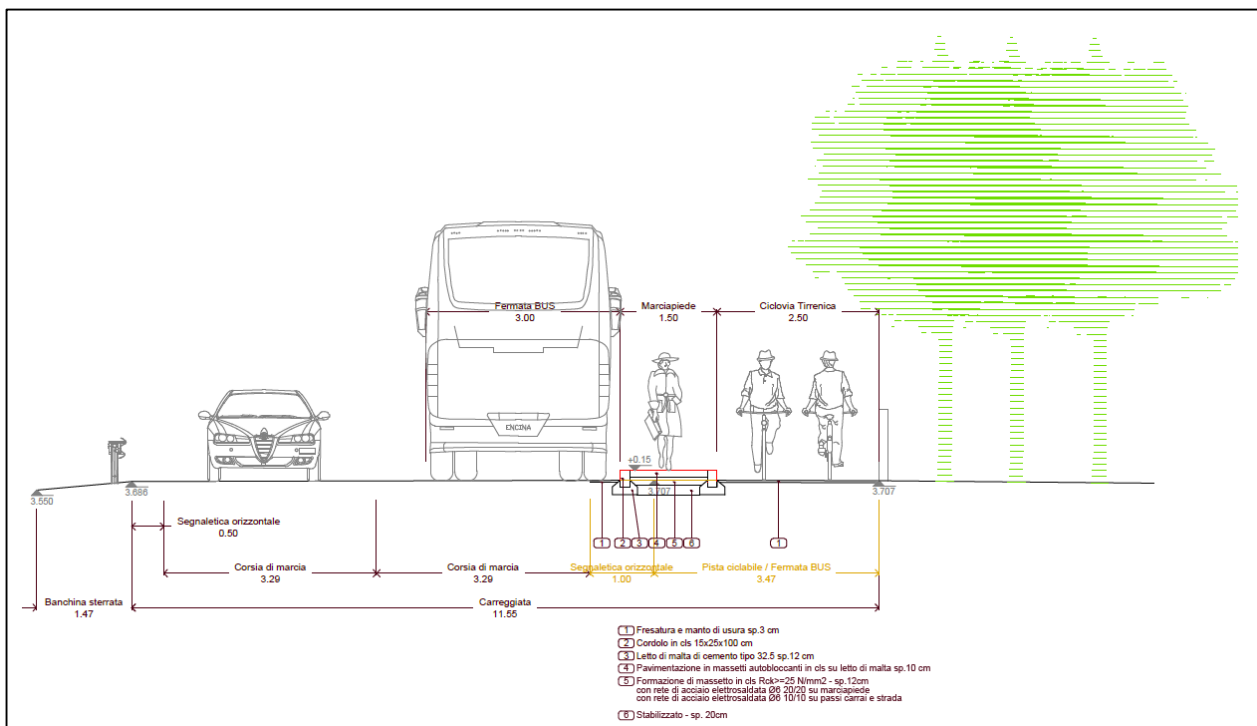


Figura 29 – Sezione 09 di progetto trasversale SP delle Collacchie



Figura 30 - Planimetria tracciato nei pressi del pontile di Follonica

Per quanto concerne la pericolosità idraulica, verso il mare l'area è classificata P1, mentre le zone agricole sono a pericolosità poco frequente (P2), corrispondente a scenari di alluvione compresi tra 30 e 200 anni.

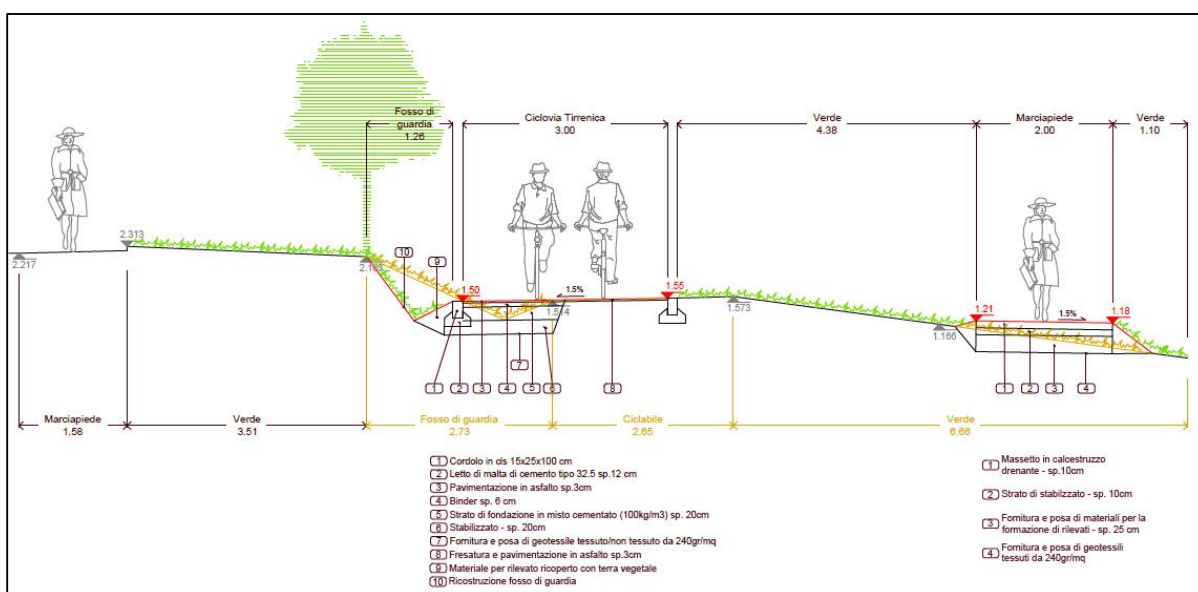


Figura 31 – Sezione 10 di progetto trasversale SP delle Collacchie

Nella sezione sopra riportata si prevede la copertura di un fosso di guardia e la sua ricostruzione con ugual sezione di deflusso lateralmente alla ciclabile.

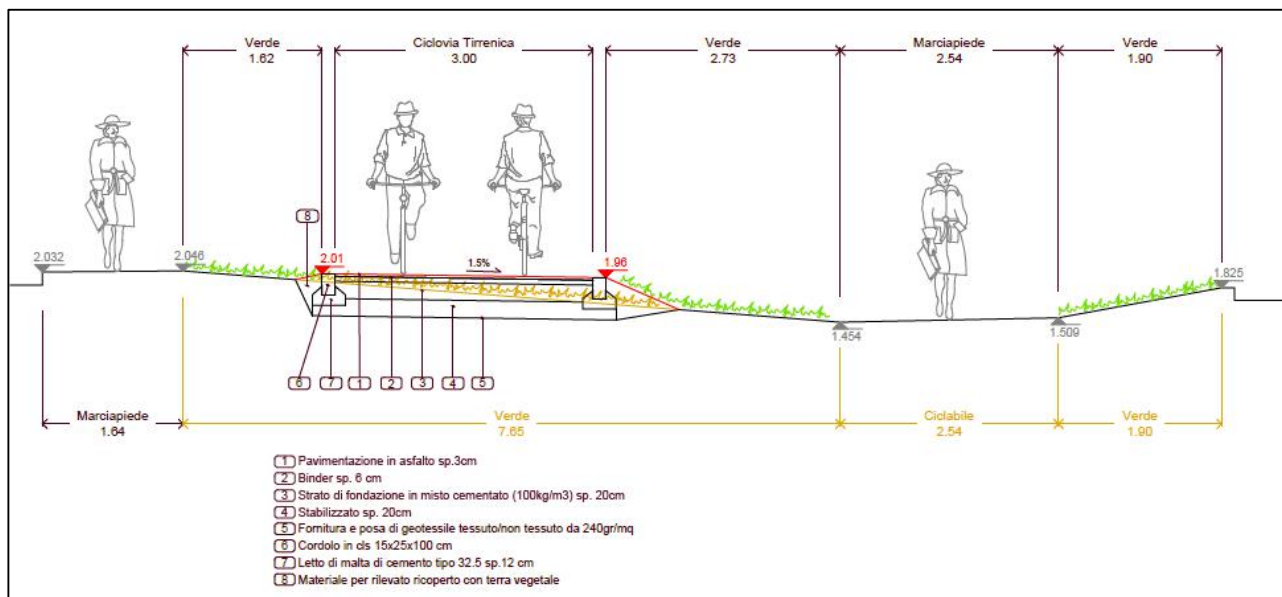


Figura 32 – Sezione 11 di progetto trasversale SP delle Collacchie

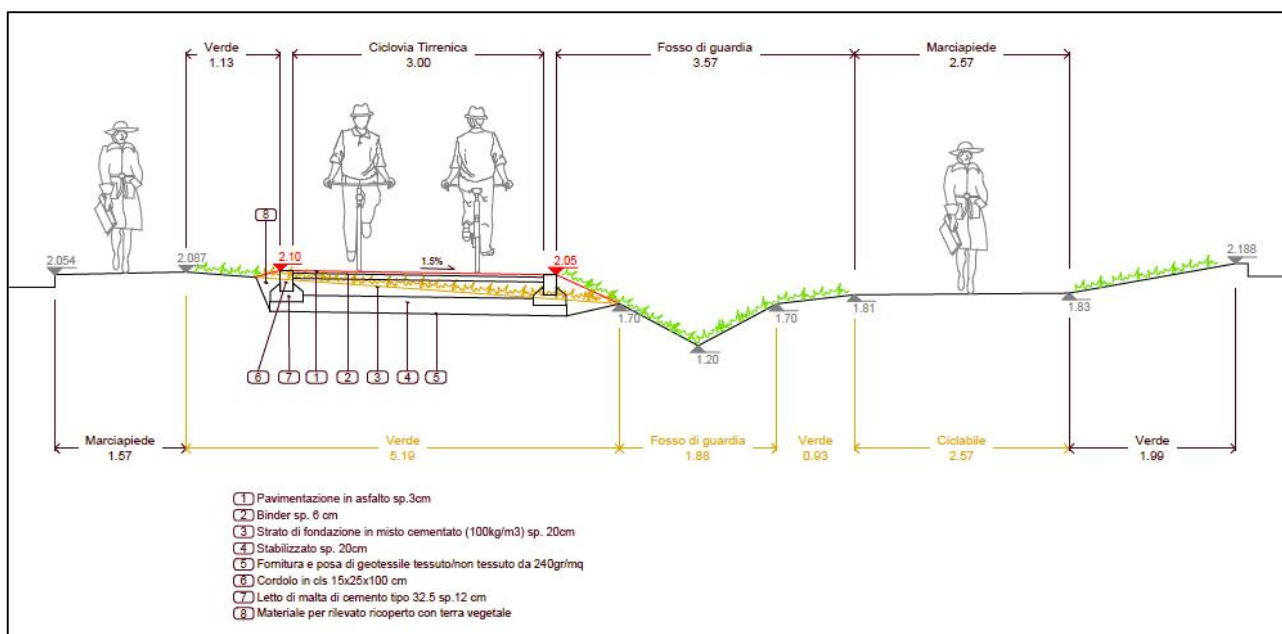


Figura 33 – Sezione 12 di progetto trasversale SP delle Collacchie

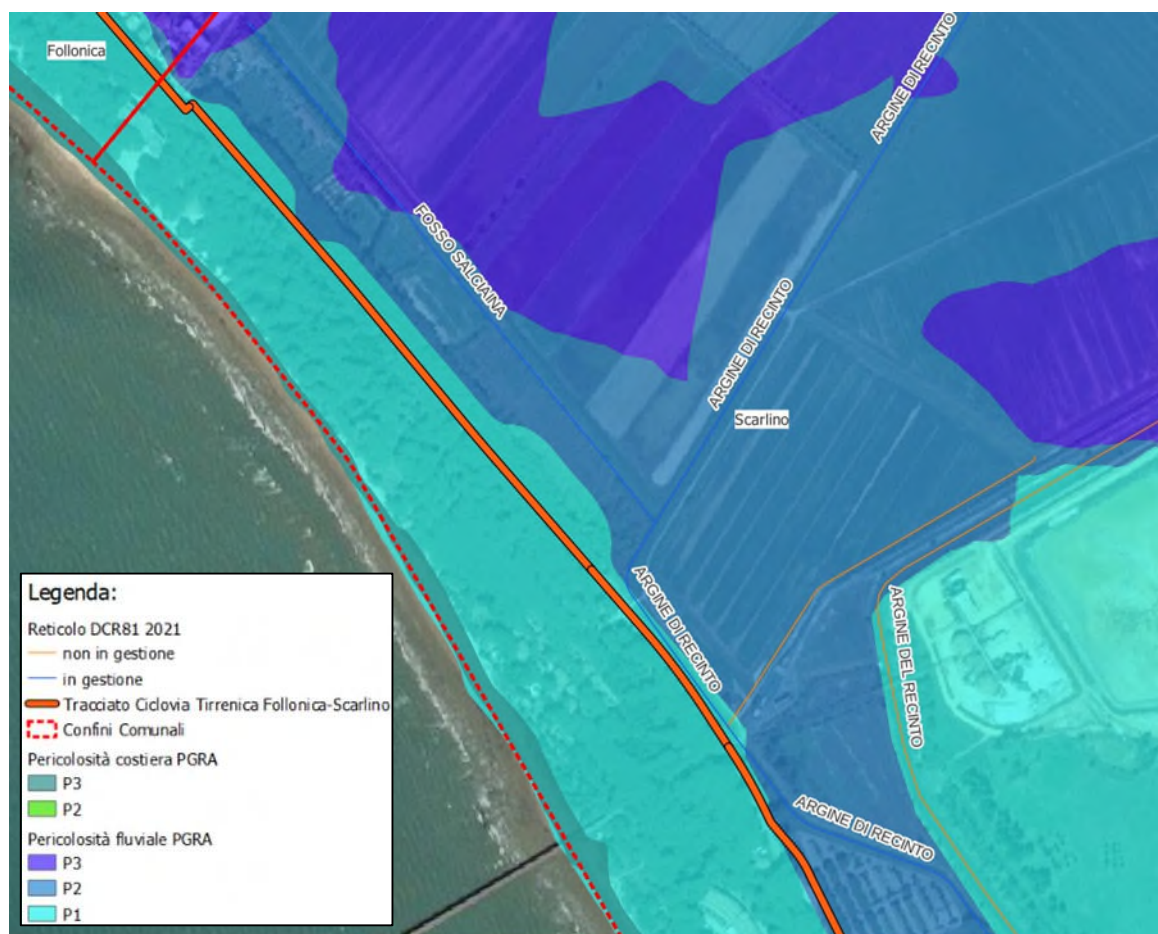


Figura 34 - Pericolosità idraulica nei pressi del Pontile di Follonica

L'ultimo tratto considerato è situato sempre in affiancamento alla SP delle Collacchie, attraversa il corso d'acqua Argine del Recinto ed arriva fino al Fiume Pecora. Anche per questo tratto l'intervento consiste in una ripavimentazione della pista, visto che si tratta di un fondo sterrato.

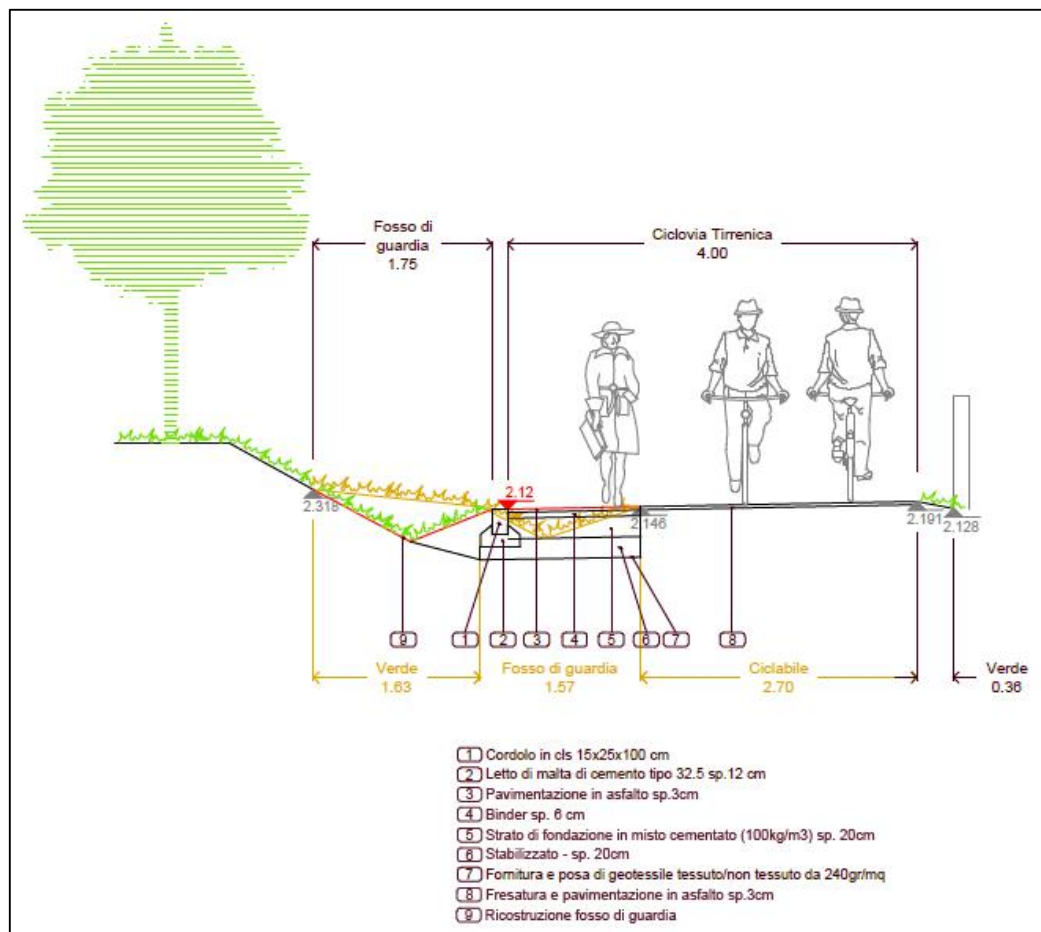


Figura 35 – Sezione 13 di progetto trasversale SP delle Collacchie

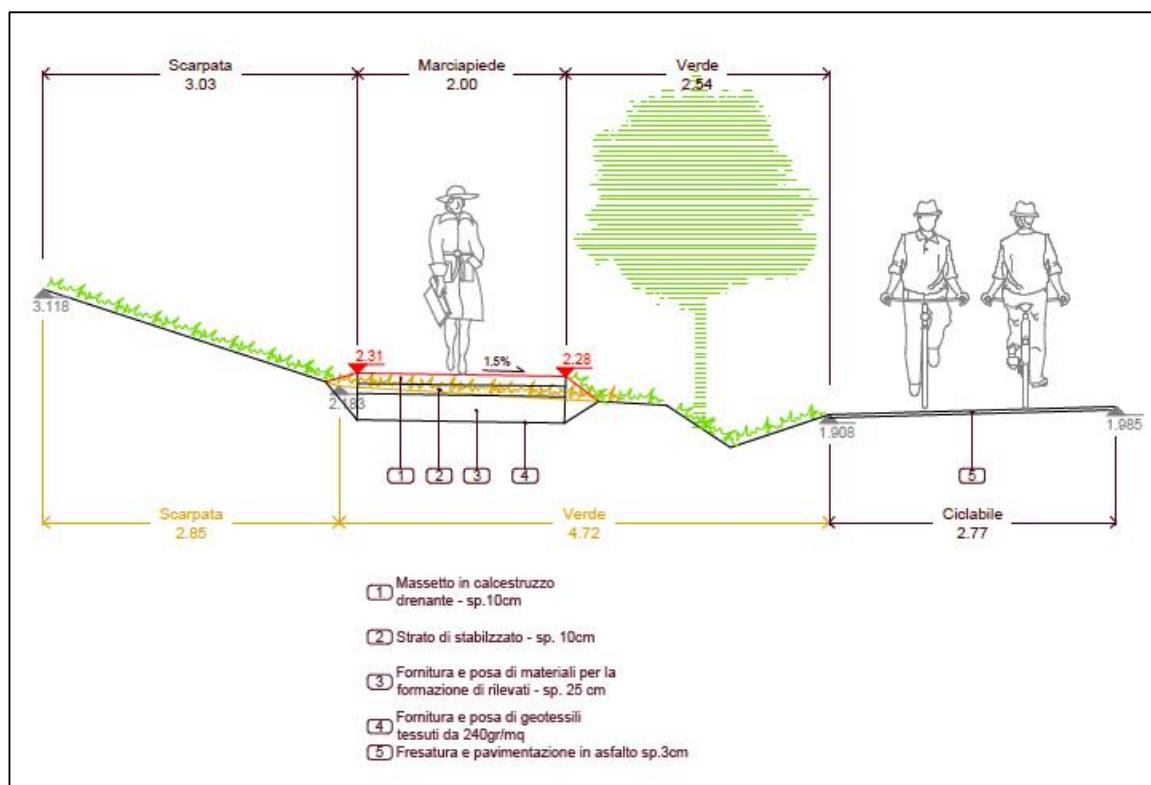


Figura 36 – Sezione 14 di progetto trasversale SP delle Collacchie

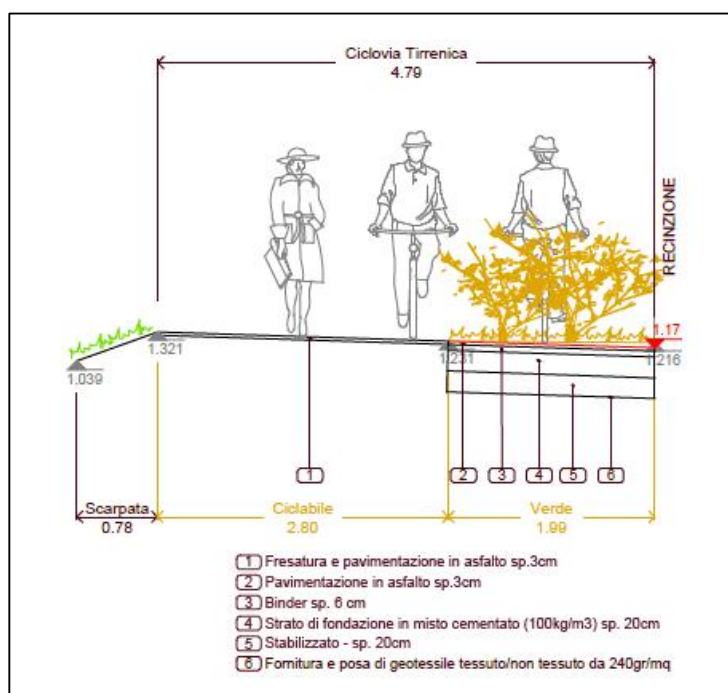


Figura 37 – Sezione 15 di progetto trasversale SP delle Collacchie

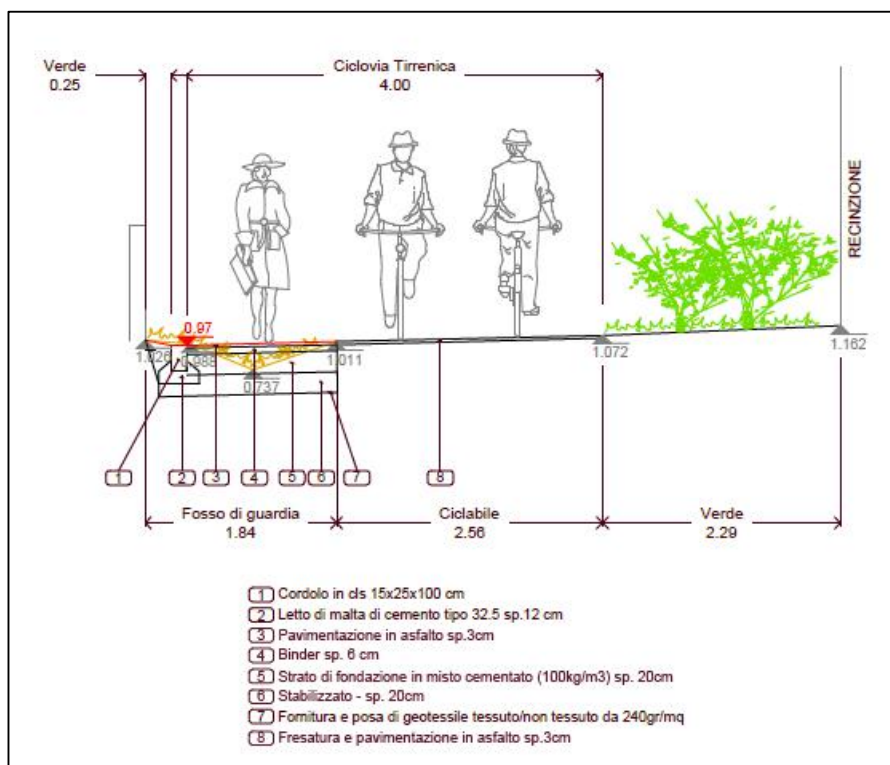


Figura 38 – Sezione 16 di progetto trasversale SP delle Collacchie

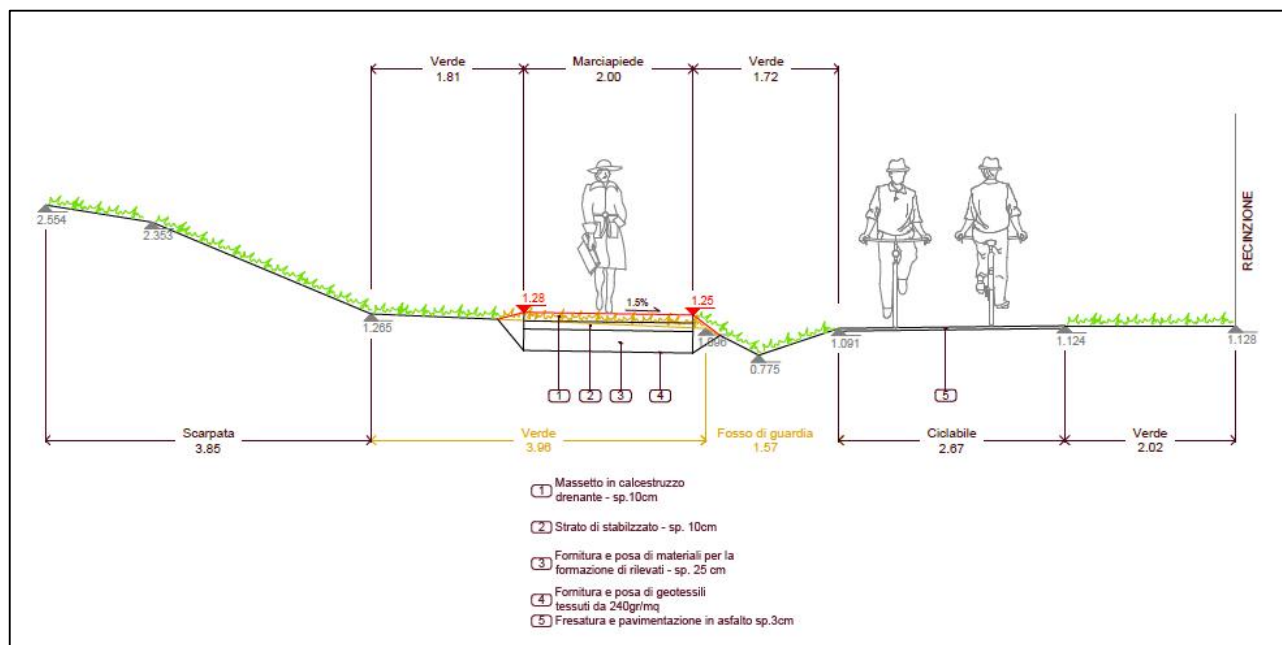


Figura 39 – Sezione 17 di progetto trasversale SP delle Collacchie

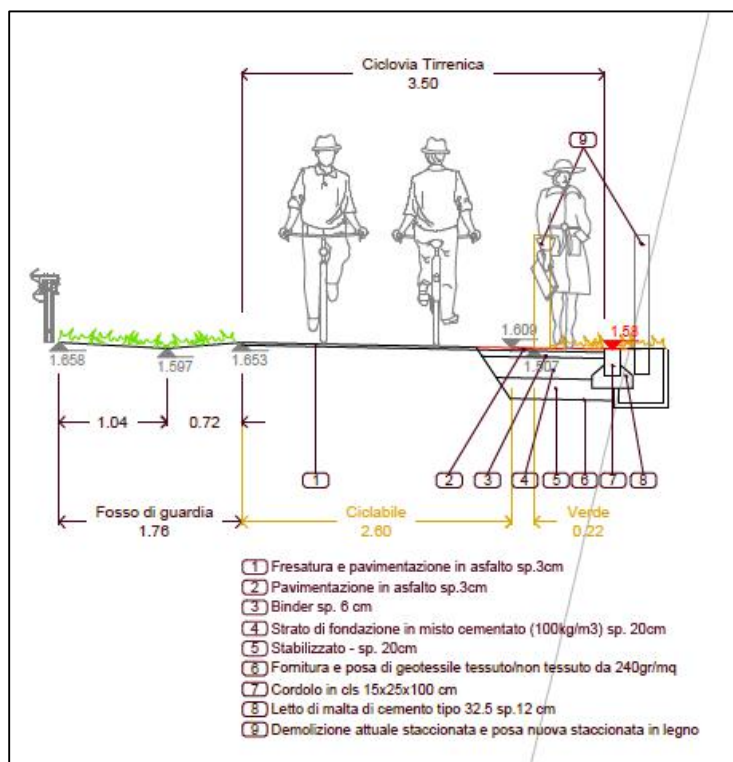


Figura 40 – Sezione 18 di progetto trasversale SP delle Collacchie

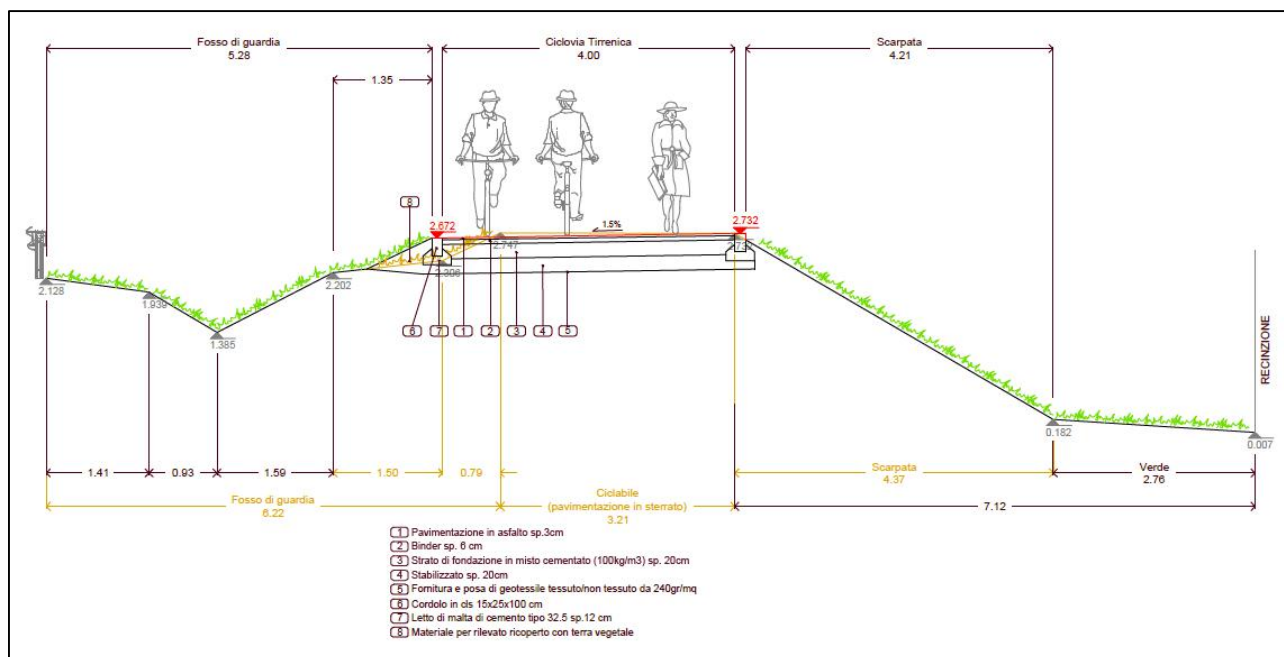


Figura 41 – Sezione 19 di progetto trasversale SP delle Collacchie

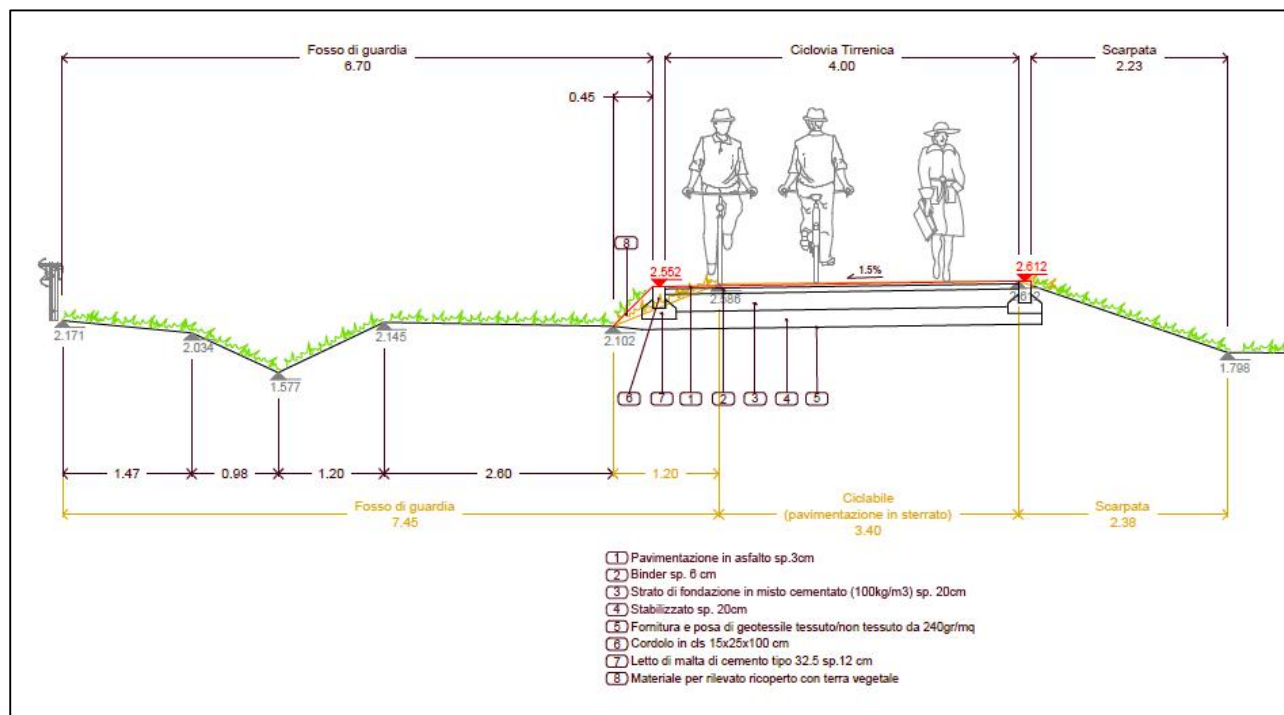


Figura 42 – Sezione 20 di progetto trasversale SP delle Collacchie

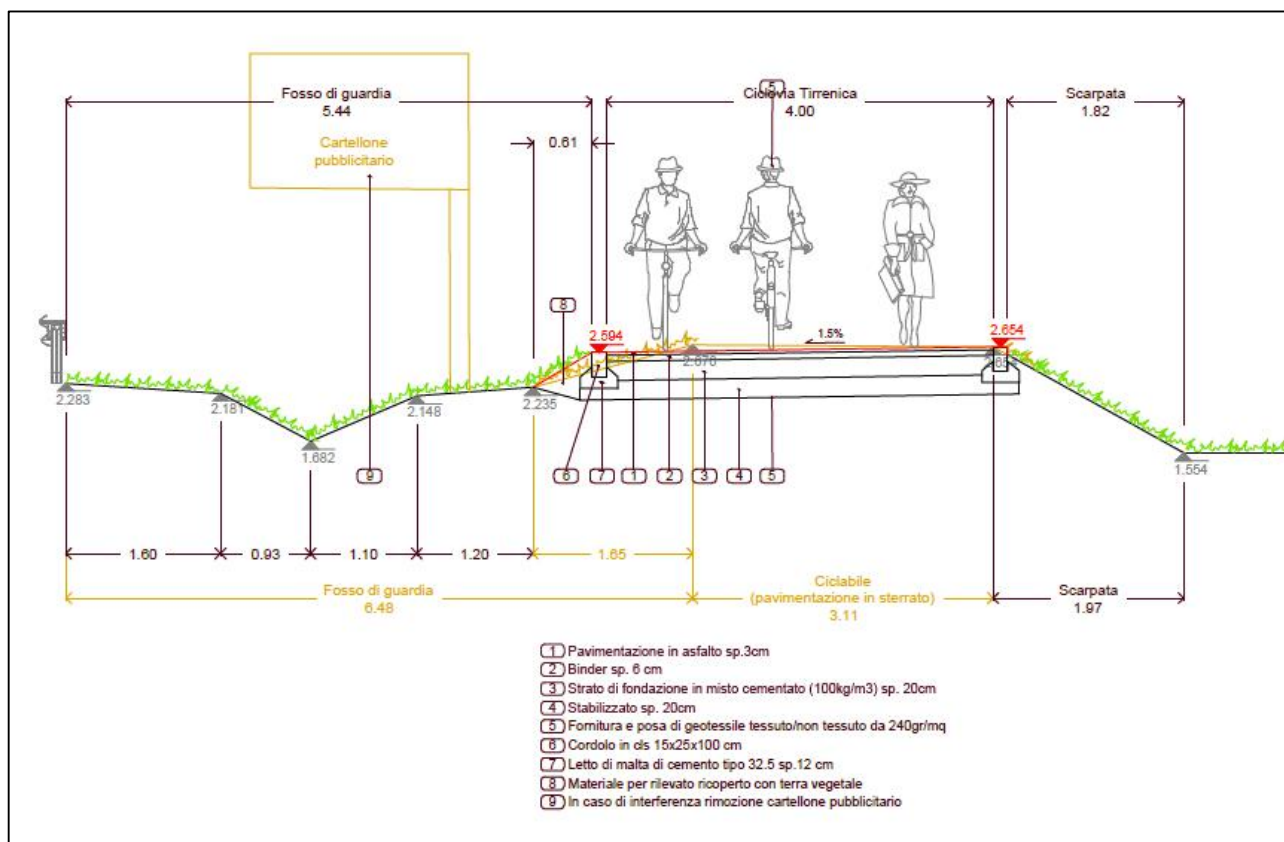


Figura 43 – Sezione 21 di progetto trasversale SP delle Collacchie

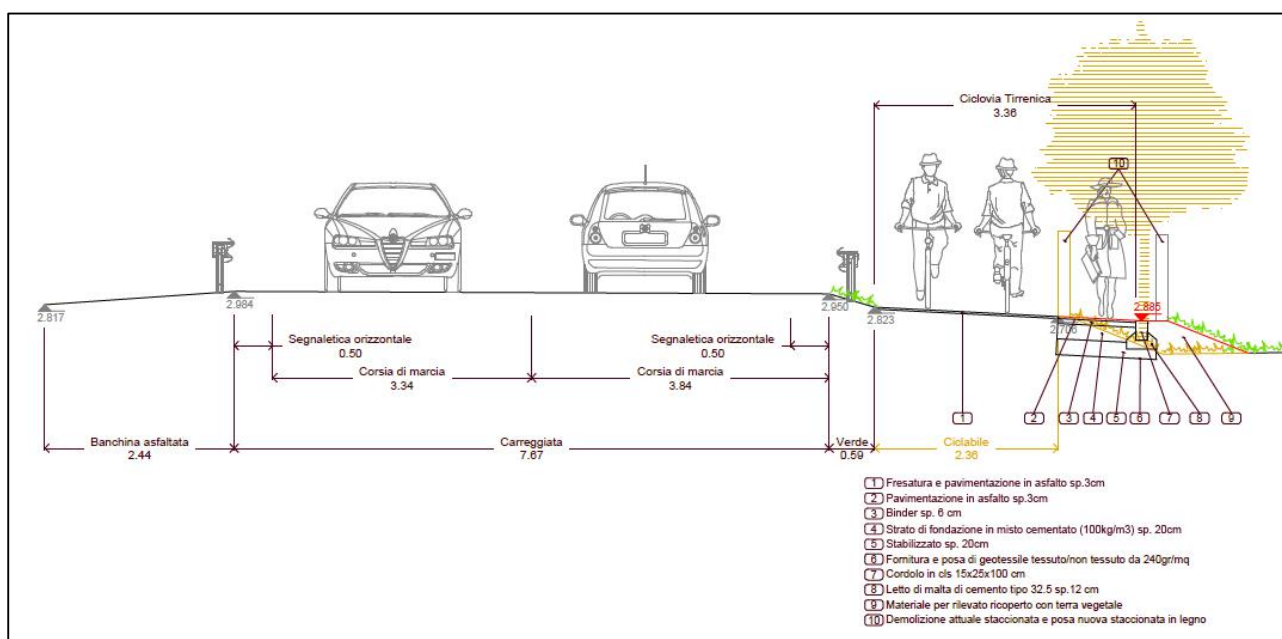


Figura 44 – Sezione 22 di progetto trasversale SP delle Collacchie

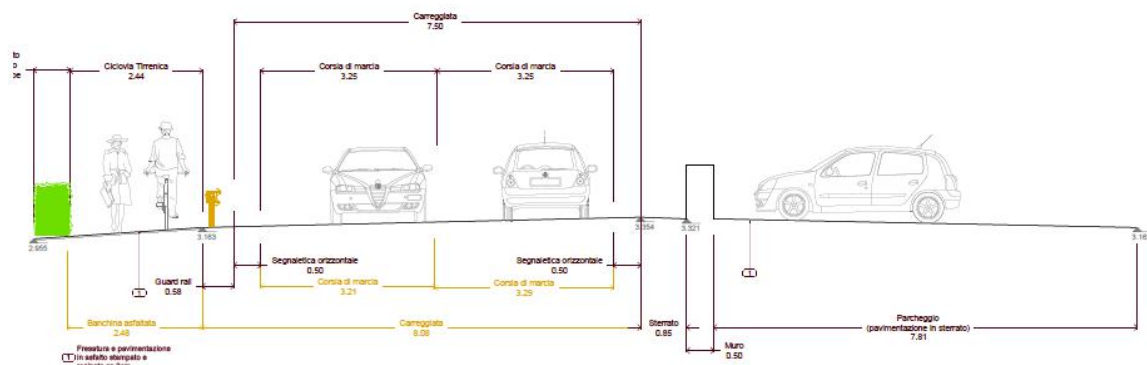


Figura 45 – Sezione 23 di progetto trasversale SP delle Collacchie

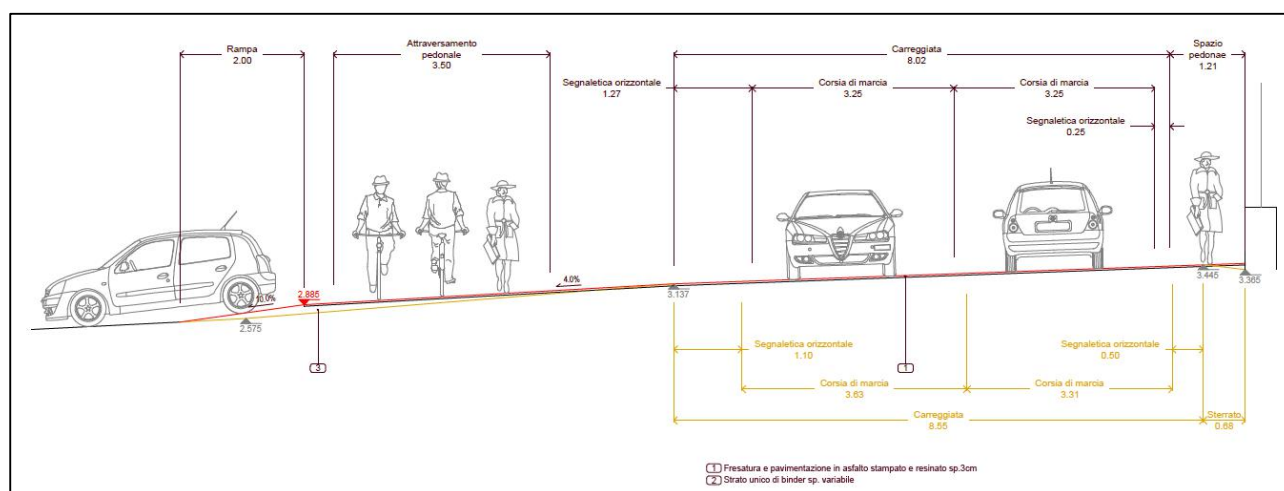


Figura 46 – Sezione 24 di progetto trasversale SP delle Collacchie

La ciclovìa attraversa 3 corsi d'acqua e un'area rilevante a pericolosità idraulica P3. Analogamente agli altri casi, nel tratto di pista che attraversa una pericolosità idraulica elevata si dovranno prevedere l'installazione di cartellonistica **di pericolo da alluvione**, in modo da informare i fruitori circa l'allagabilità dell'area, e l'introduzione di queste zone attraversate dalla ciclovìa nel Piano di Protezione Civile Comunale, in modo da valutarne la chiusura temporanea in caso di allerta meteo.



Figura 47 - Planimetria Ciclovias nelle vicinanze del porto di Scarlino

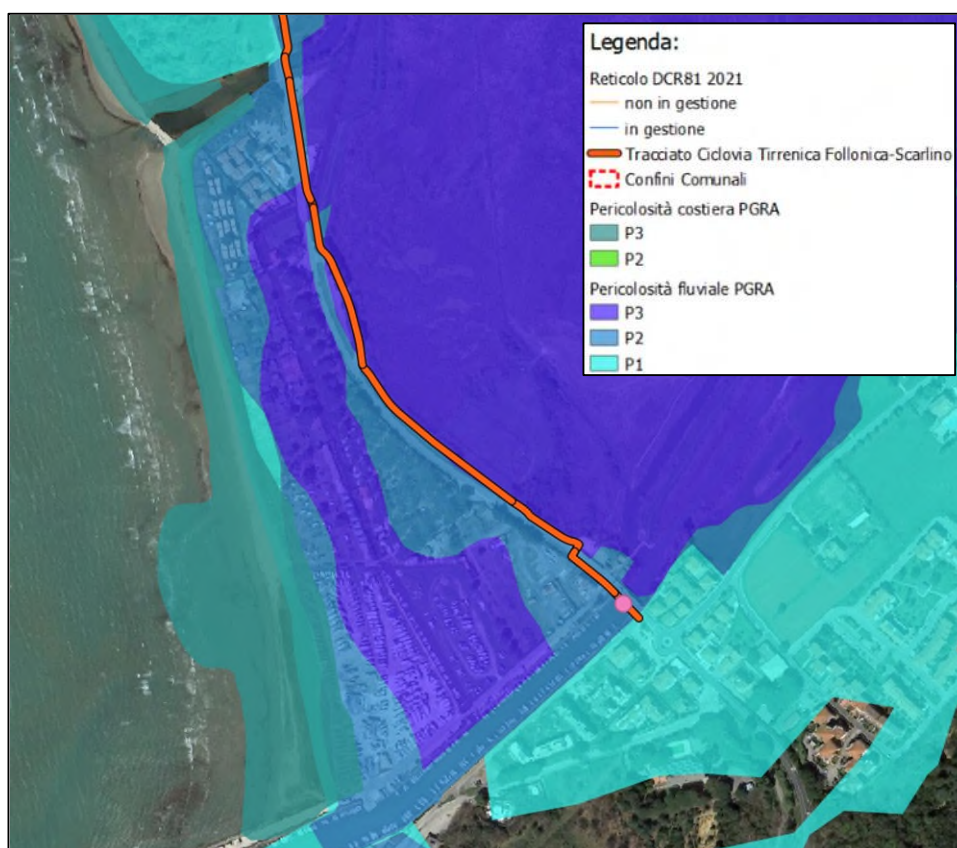


Figura 48 - Mappa allagabile nei pressi del Porto di Scarlino

In corrispondenza del termine del tracciato studiato, è prevista la realizzazione di un nuovo attraversamento sul Fiume Pecora, cd Canale Allacciante. La trattazione della nuova opera sarà oggetto dei successivi paragrafi.

5. ANALISI IDROLOGICA

Il Fiume Pecora nasce nei pressi di Pian dei Mucini, piccola frazione del Comune di Grosseto, e attraversa tutta la piana a sud di Massa Marittima, raccogliendo gli affluenti provenienti dalla Riserva Naturale Marsiliana, fino a sfociare nel Mar Tirreno. La sua direzione principale è sud-ovest e l'attraversamento di nuova realizzazione è localizzato a circa 650 m a monte dallo sbocco in mare, pochi metri a valle dell'attraversamento sulla SP delle Collacchie in località Puntone.

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



Figura 49 - Localizzazione nuovo attraversamento del tratto di studio della Ciclovía Tirrenica

Il bacino idrografico del Fiume Pecora con sezione di chiusura a monte della nuova passerella è di circa 192 kmq. La tabella seguente riporta le principali caratteristiche del corso d'acqua studiato e del relativo bacino idrografico.

Bacino	A (km ²)	L (km)	Hmax	Hmin	i	iB
Fiume Pecora	192.18	28.32	554	4	0.0172	0.0194

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>.

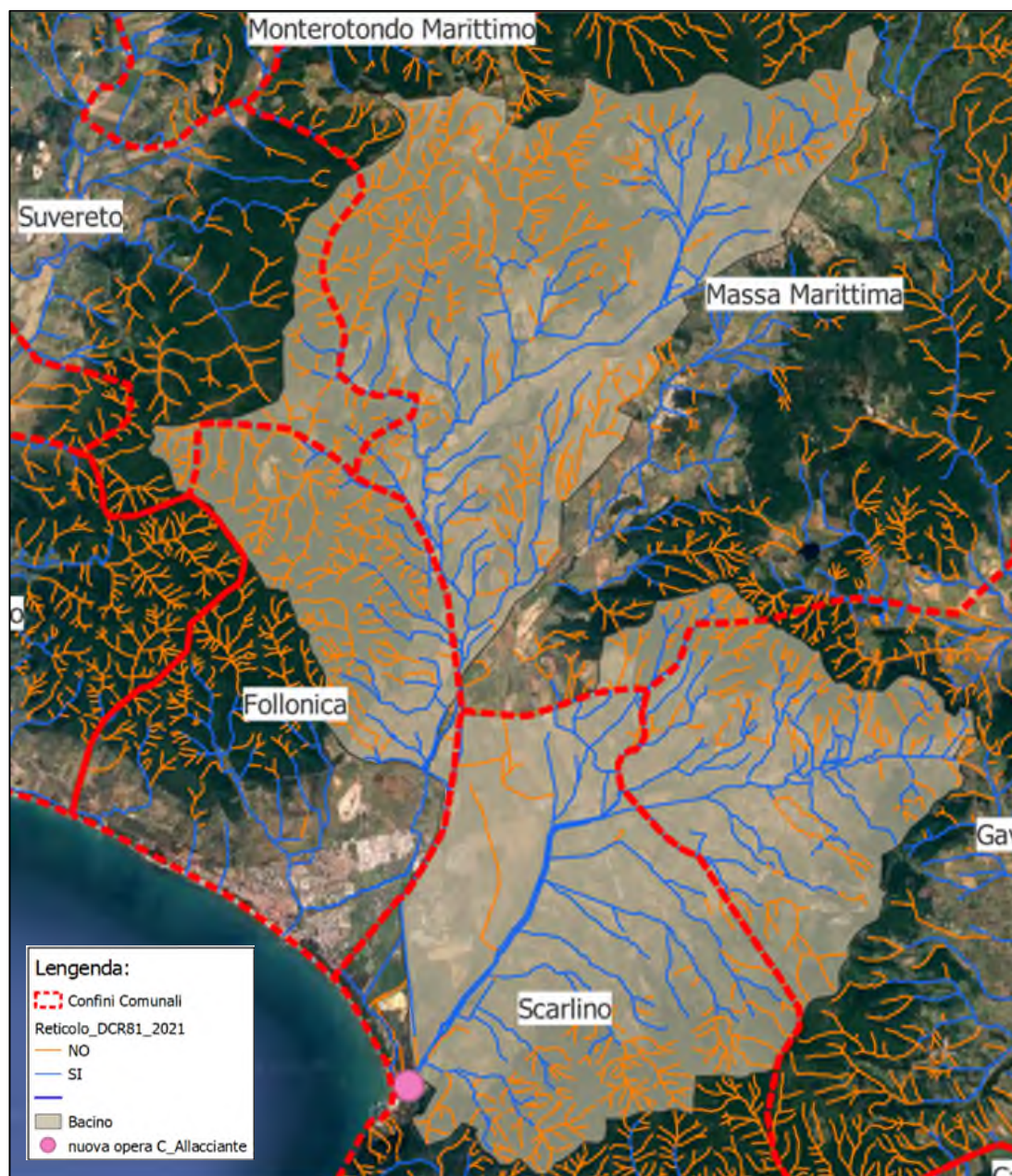


Figura 50 – Bacino Idrografico Fiume Pecora

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	87.29	0.344

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:

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

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

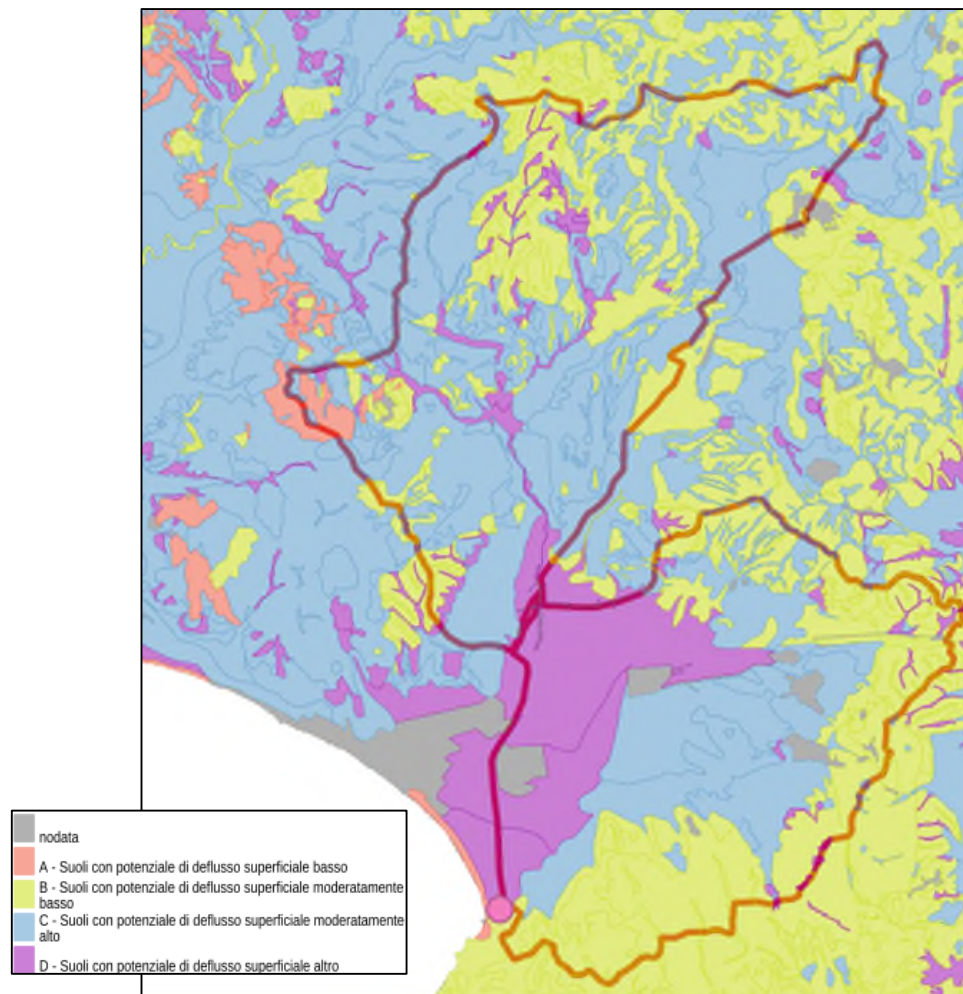


Figura 51 – Classificazione USDA area studiata

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.

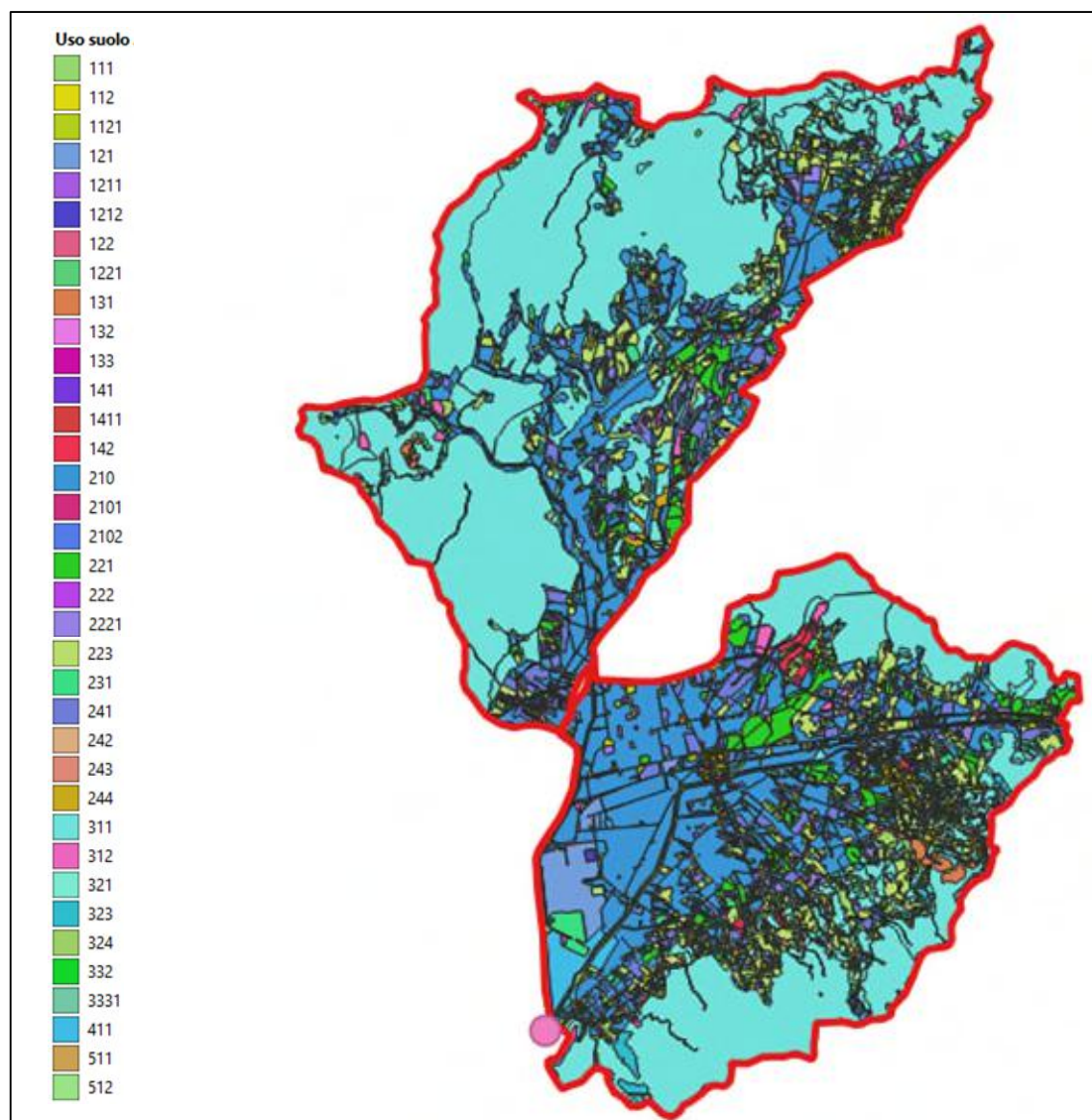


Figura 52 – Uso del Suolo bacino

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
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

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
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
Fiume Pecora	67	47	83

Tabella 6 -CN per il bacino studiato

Per la determinazione dell'entità degli eventi estremi è stato adottato il CN_{II}.

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, i_B 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)
Fiume Pecora	12.63	14.09	9.36	8.02	7.39	8.88

Tabella 7 - Tempi di corrivazione per i sottobacini

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 6, 9, 12, 15 e 24 ore. Riportiamo i valori ottenuti a circa 50 m a monte dell'attraversamento pedonale esistente.

Portate di picco [m^3/s]					
TR200	Tp 6h	Tp 9h	Tp 12h	Tp 15h	Tp 24h
	511.2	589.4	645.4	628.8	627.4

Tabella 8 – Massima portata Fiume Pecora per differenti durate Tp

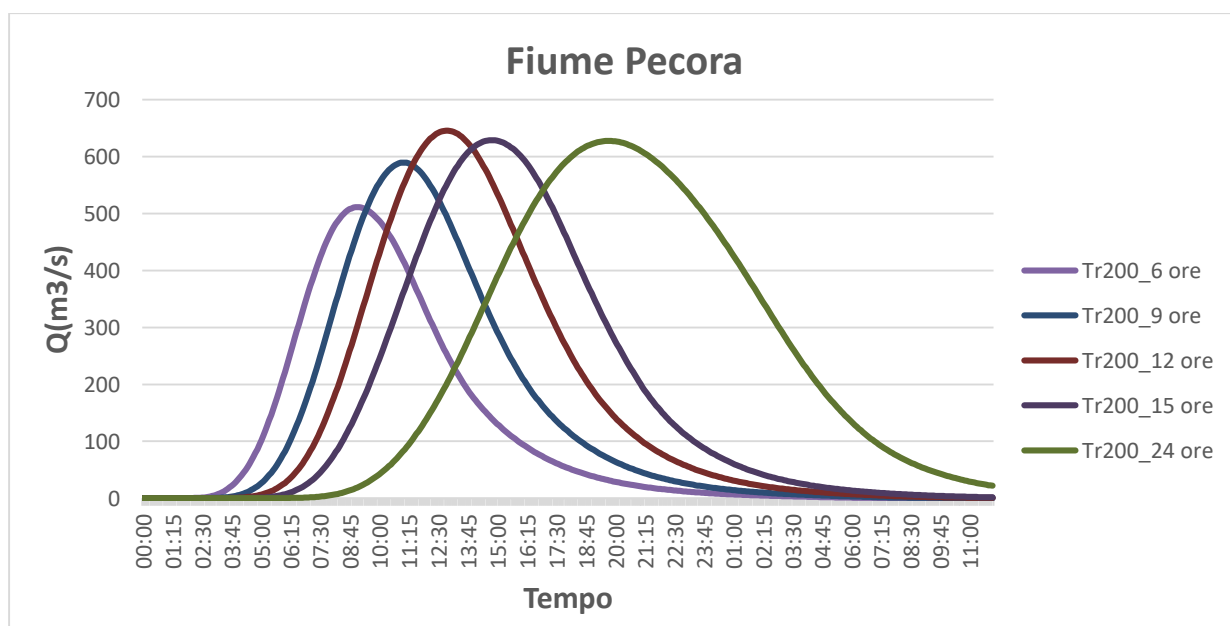


Grafico 1 – Idrogrammi di piena per differenti Tp

I risultati sono concordi con quelli derivanti dallo Studio idrologico-idraulico di supporto alla redazione del Piano Strutturale del Comune di Scarlino dell'Ing. Pagliara.

6. MODELLAZIONE IDRAULICA

L'opera in questione verrà realizzata nella frazione di Puntone, all'interno del Comune di Scarlino, per permettere l'attraversamento ciclabile del Fiume Pecora con una larghezza tale da consentire il passaggio a doppio senso. Nella stessa area esiste già un ponte carrabile, utilizzato per il transito veicolare, della SP delle Collacchie; il nuovo attraversamento sarà più a valle dell'esistente in continuità idraulica con lo stesso. I valori di portata duecentennale di riferimento per le verifiche idrauliche sono stati mutuati dallo studio idrologico svolto nel paragrafo precedente.

Le sezioni idrauliche per la modellazione idraulica del Fiume Pecora ed il rilievo dell'attuale ponte presente sono state desunte da un rilievo topografico realizzato per la progettazione definitiva del lotto della Ciclovia Tirrenica. La simulazione è stata tramite software HEC-RAS in moto permanente monodimensionale.

La geometria analizzata è formata da 6 sezioni di cui 3 poste a monte del ponte carrabile e le altre 3 a valle.

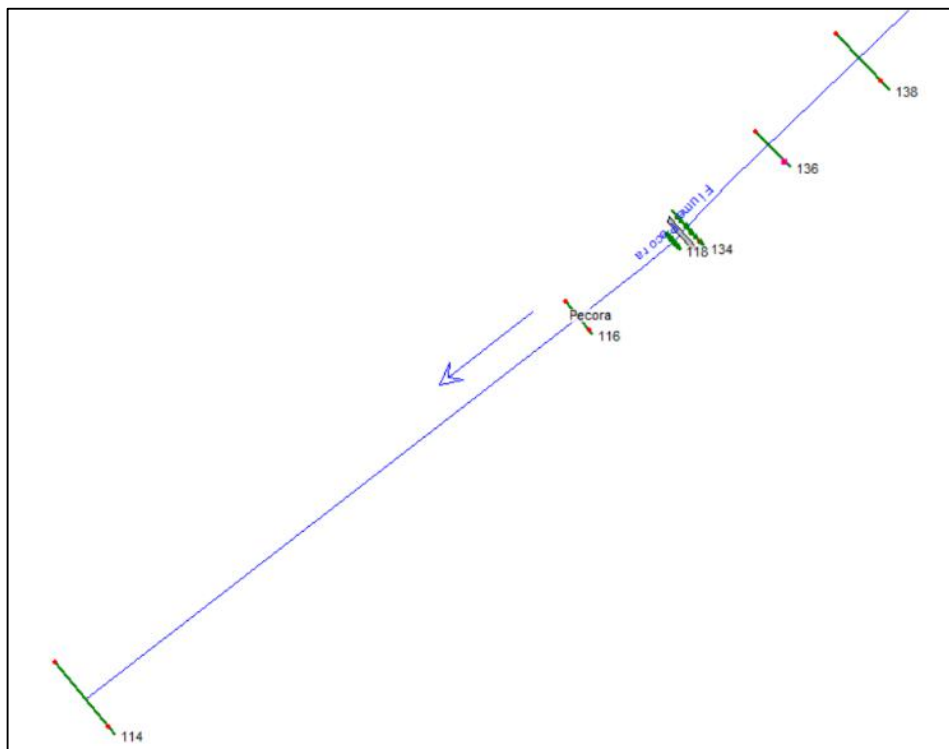


Figura 53 - Geometria HEC-RAS Fiume Pecora

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.

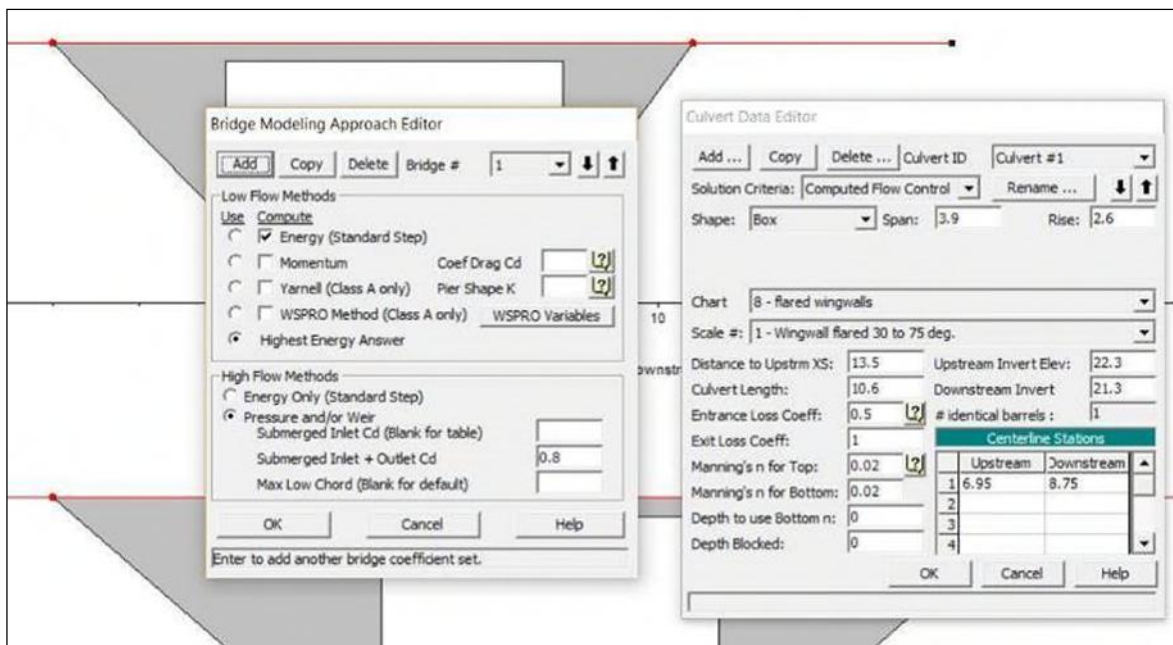


Figura 54 - Modellazione dei ponti e attraversamenti

La condizione al contorno di monte adottata è di tipo *Normal Depth*, quella di valle invece è il livello di tirante dato dallo 0 idrometrico sul livello medio del mare a cui è stato sommato un valore di *set up*, cioè l'innalzamento del livello del mare indotto dall'onda rispetto al livello medio mare, e di *run up*, cioè la massima elevazione rispetto al valore di set-up, raggiungibile dall'acqua nella sua risalita sulla spiaggia considerata impermeabile, dell'unità fisiografica della costa relativa alla foce del Pecora, desunto dallo *Studio e ricerca per l'implementazione del quadro conoscitivo della costa toscana nell'ambito del Piano Regionale di Gestione integrata della Costa*.

6.1 Risultati modellazione idraulica

I risultati in stato attuale mostrano come le sezioni non siano in grado di contenere una portata di un evento duecentennale, provocando esondazioni sia in destra che in sinistra idraulica, dato confermato anche dalle esondazioni rappresentate nelle mappe di pericolosità idraulica del PGRA.

La pendenza del corso d'acqua è molto bassa, trovandoci in prossimità del mare, e questo causa un rallentamento dell'acqua ed un aumento del tirante. La presenza del ponte esistente provoca esondazioni in destra e sinistra idraulica e un abbassamento del pelo libero della corrente a valle della provinciale, poiché si ha un restringimento della sezione dovuto alla presenza di 2 pile e 2 spalle (Figura 55).

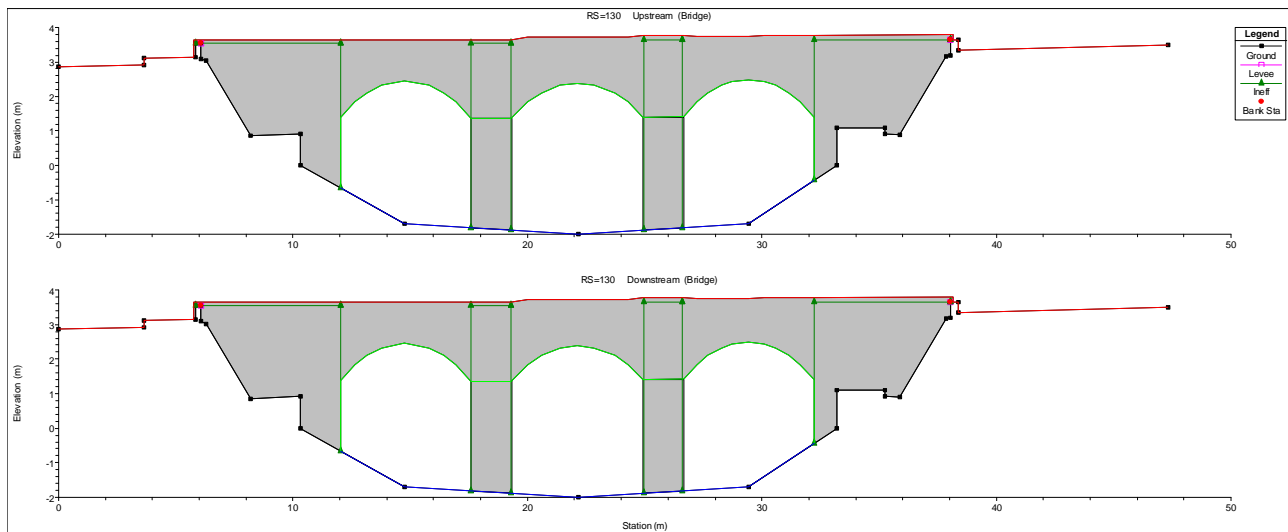


Figura 55 – Geometria del ponte carrabile sulla SP 158

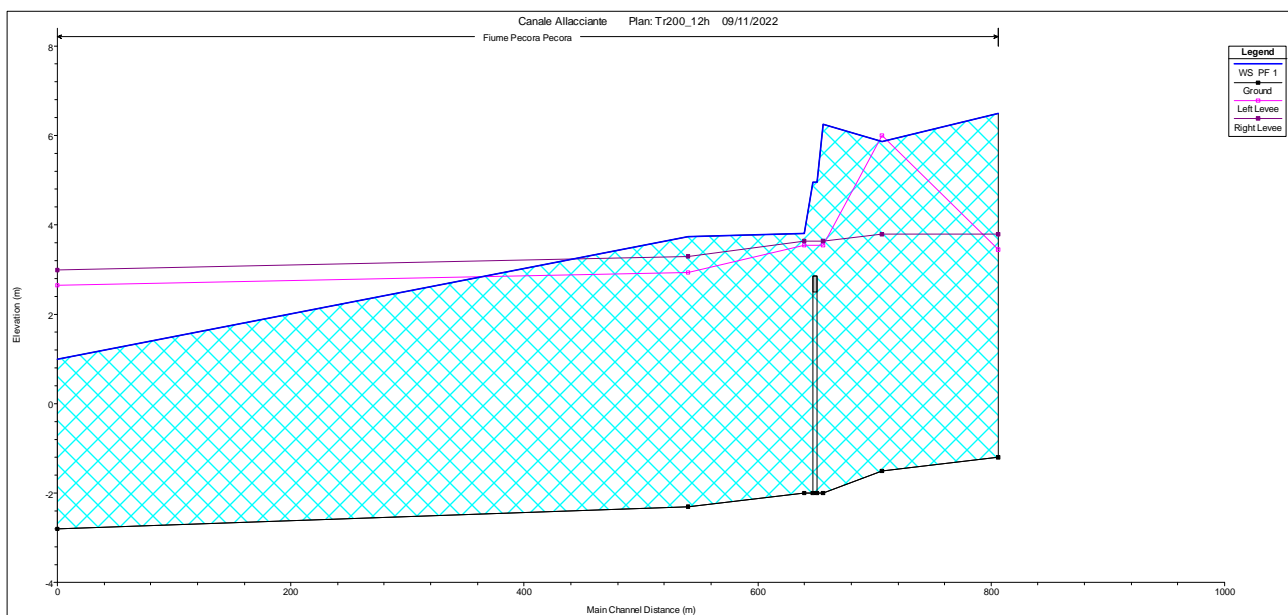


Figura 56 - Profilo longitudinale stato attuale Fiume Pecora

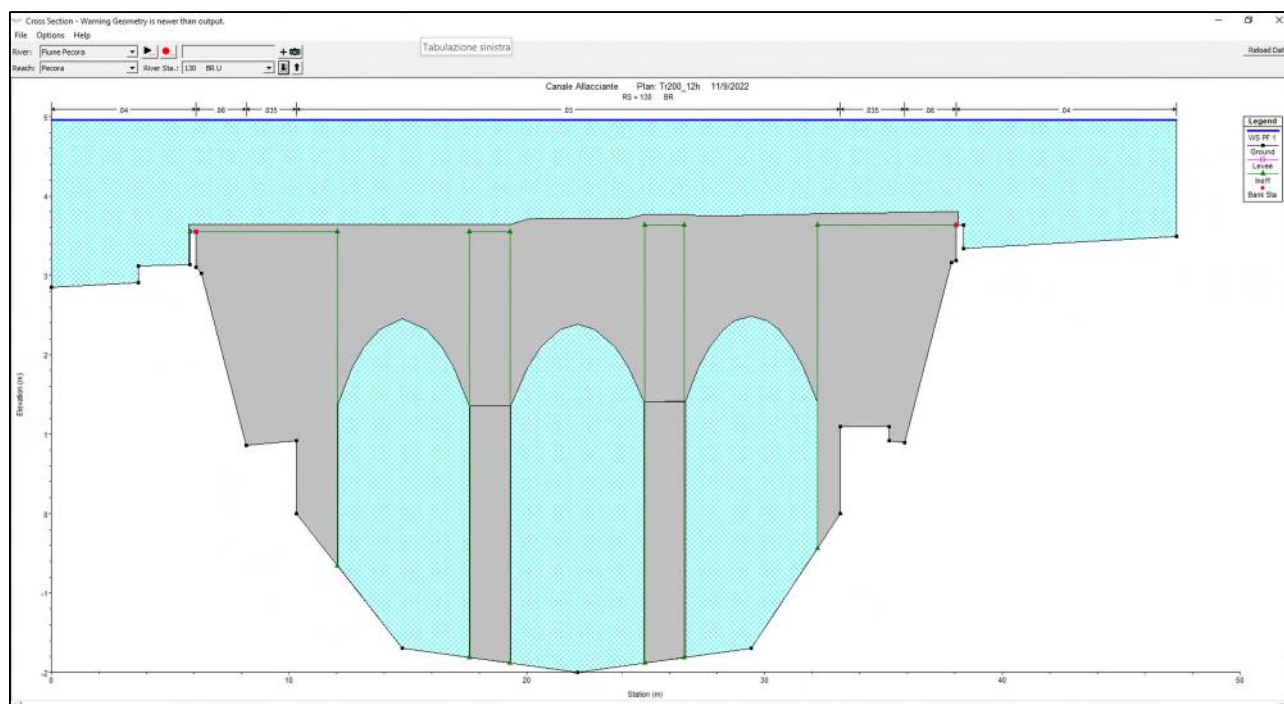


Figura 57 – Sezione stato attuale ponte della SP delle Collacchie

Il manufatto é realizzato in calcestruzzo e acciaio Cor-Ten C, materiali coerenti con il contesto e le opere già presenti lungo il percorso dello stralcio 1. Tali materiali garantiscono inoltre elevata resistenza e limitano il ricorso alla manutenzione.

I parapetti delle opere d'arte utilizzano il tipologico proposto lungo il tracciato sulle sponde del canale, con un'altezza di 1.50 m come indicato dalla normativa per i sovrappassi ciclabili.

In questo contesto, il progetto prevede la realizzazione di un ponte coperto a struttura reticolare, sostenuto da 2 travi portante in acciaio Cor-Ten C collegate ad intervalli regolari da traversi, diagonali e supporti a loro volta nello stesso materiale. La pavimentazione sarà costituita da una soletta collaborante gettata in opera con lamiera grecata.

Il ponte attraversa il Canale Allacciante, ha un luce d'intervento pari a 33m; una larghezza di pista di 3,0m e una larghezza complessiva di 3,35m.

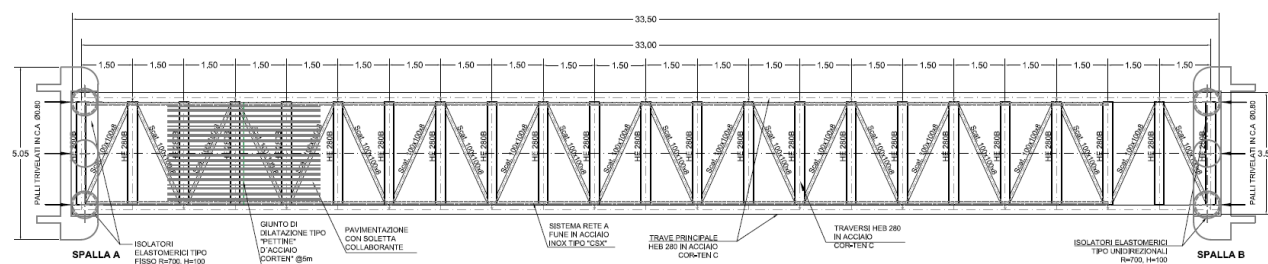


Figura 58 – Pianta del ponte

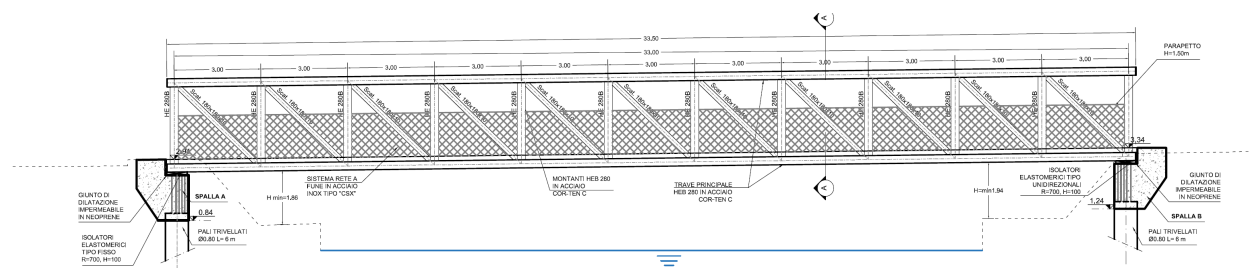


Figura 59 – Prospetto del ponte

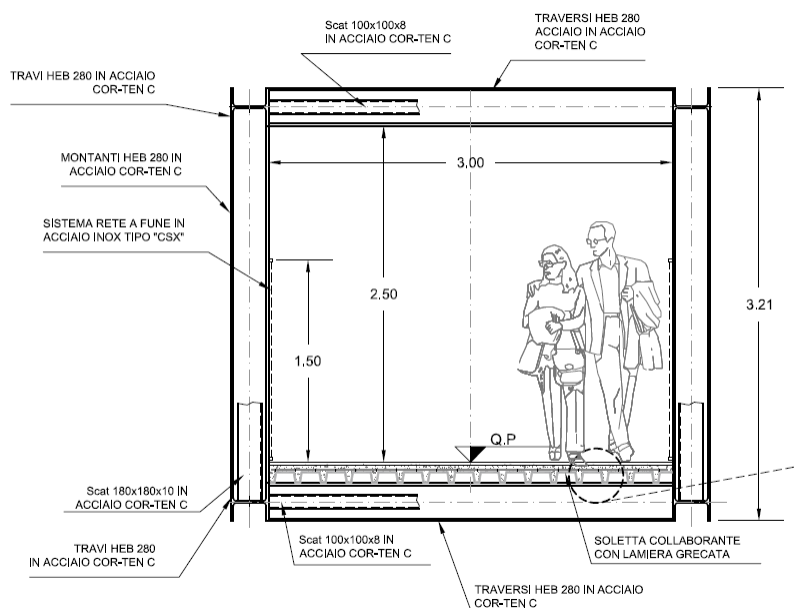


Figura 60 – Sezione trasversale tipica della passerella

La necessità di colmare la luce complessiva di più di 32 metri con tale soluzione consente di garantire la continuità idraulica con l'opera ad archi esistente subito a monte del sito.

La scelta di una struttura portante nasce per evitare restringimenti di sezione idraulica realizzando pile in alveo e dall'esigenza di assicurare la possibilità di alzare la quota di imposta della passerella per semplice sollevamento, qualora l'esistente ponte carraio fosse oggetto di opere di demolizioni e rifacimento.

Infatti, come illustrato fin qui, le sezioni del tratto finale del corso d'acqua non sono in grado di contenere una portata di un evento duecentennale, provocando esondazioni sia in destra che in sinistra idraulica, dato confermato anche dalle esondazioni rappresentate nelle mappe di pericolosità idraulica del PGRA. In particolare l'attraversamento della SP delle Collacchie genera un forte restringimento di sezione fluviale non consentendo il transito di una portata con tempo di ritorno di 200 anni.

Per tale motivo la nuova opera dovrebbe essere innalzata della quota minima richiesta dalla normativa (1.5 m) dal piano campagna della sponda più bassa, in questo caso quella in destra.

Considerato che la passerella che verrà realizzata consiste praticamente in un impalcato che collega le due sponde, priva di pile in alveo, ad una quota uguale o superiore al ponte carraio, in continuità idraulica con l'opera ad archi esistente, non alterando il deflusso idrico all'interno della sezione idraulica, si propone la realizzazione della passerella come sopra descritto, ovvero alla quota delle

sponde, prevedendo la possibilità di alzare il manufatto a quota maggiore di imposta, nel momento in cui dovesse essere demolito e rifatto il ponte carraio.

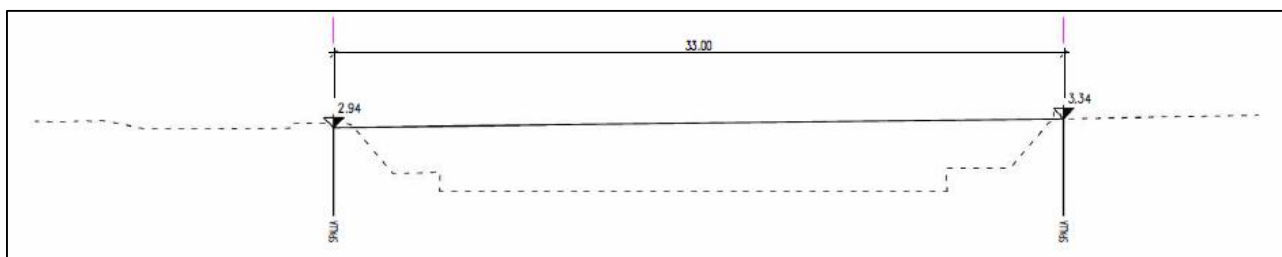


Figura 61 – Profilo longitudinale con ampiezza sezione idraulica e quota sponde

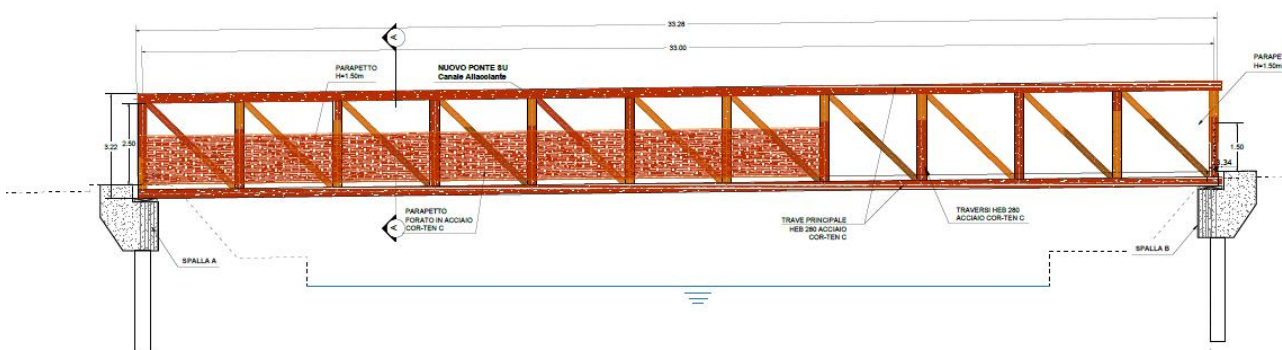

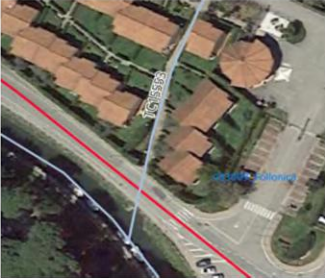








Figura 62 – Profilo longitudinale

SINTESI INTERSEZIONI CICLOVIA E RETICOLO DROGRAFICO

codice	mappa	tipologia	Intervento previsto sul manufatto di attraversamento
TC15537		Passerella esistente	Nessuno
TC15553		Strada esistente	Nessuno
TC15684		Strada esistente	Nessuno

TC15719		Strada esistente	Nessuno
TC15788		Ponte esistente	adeguamento degli spazi ciclopeditoni in carreggiata
TC15956		Passerella esistente	Nessuno
TC16033		Passerella esistente	Nessuno
TC16032		Passerella di progetto	Realizzazione nuovo manufatto di attraversamento (Progetto Definitivo)