



COMMITTENTE:

Provincia di Modena

Viale Martiri della Libertà, 34 - 41121 Modena

Tel. 059.209.111

PEC: provinciadiomodena@cert.provincia.modena.it

C.F. 01375710363 - P.IVA 01375710363

CICLOVIA DEL SOLE

VERONA - FIRENZE

TRONCHI 7 E 9

TRATTI IN PROVINCIA DI MODENA



PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Relazione idraulica

PROT. -	SCALA -	FORMATO A4
CODICE RSP 2-1	N. REV A	DATA 08/2023

Progettisti:

Arch. Irene Esposito

Arch. Enrico Guaitoli Panini

Il Responsabile Unico

del Procedimento:

Ing. Daniele Gaudio

Collaboratori:

Arch. Alberto Coppi

Arch. Michela Gessani

Dott. Paes. Sara Martignoni

Arch. Eleonora Vaccari

Supporto al Responsabile Unico del

Procedimento:

Consulenti:

Geol. Gianluca Vaccari

Ing. Marco Monaci

Ing. Michele Baratta

Enrico Guaitoli Panini e Irene Esposito architetti associati

Viale Marcello Finzi, 597 - 41122 - Modena

tel. 328/7421242 - 335/6058479

sito: www.fahreassociati.it mail: info@fahreassociati.it

P.IVA e C.F. 03224820369

FAHRE
ASSOCIATI

PROGETTO ESECUTIVO

*Ciclovia del Sole Verona-Firenze
Tronchi 7 e 9 in Provincia di Modena*

RELAZIONE IDRAULICA

Luglio 2021

A cura di:

Ing. Marco Monaci

ING. MARCO MONACI SRL

via Tintoretto, 5 - 41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CF/P.IVA: 03791470366

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO.....	3
3	INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO.....	7
3.1	Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)	7
3.2	Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)	12
3.3	Effetti idraulici.....	13
4	VERIFICA IDRAULICA DEL RISEZIONAMENTO E RIVESTIMENTO IN CLS DEL CANALE ALLACCIANTE LUNGO VIA SAN MARTINO CARANO IN COMUNE DI MIRANDOLA (MO)	14
4.1	Metodologia	14
4.2	Verifica.....	15

1 PREMESSA

La presente relazione fa riferimento al **progetto definitivo** inerente la “Ciclovia del Sole Verona-Firenze” nei Tronchi 7 e 9 in Provincia di Modena.

Oggetto specifico del documento è l’inquadramento idraulico dell’intervento dal punto di vista della pianificazione in atto e la verifica idraulica del risezionamento previsto del canale posto lungo via San Martino Carano, in località San Martino Carano nel Comune di Mirandola (MO), di competenza del Consorzio della bonifica Burana.

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

La **Ciclovia del Sole in Provincia di Modena** è costituita da un tracciato principale, o prioritario, che l'attraversa da nord a ovest nel territorio della bassa pianura e da un tracciato secondario che l'attraversa da nord a sud, dalla bassa pianura alla montagna e si ricollega al tracciato principale a Vergato, nella valle del Reno.

Il tracciato principale è costituito da parte del tronco 9, dal confine tra Emilia-Romagna e Lombardia, e parte del tronco 7, dal ponte di Concordia sul Secchia al ponte di Camposanto, sul Panaro.

Il tracciato secondario è costituito dai tronchi 8 e 5.

Una parte del tronco 7 del territorio modenese è stata realizzata nel progetto curato dalla Città Metropolitana di Bologna e inaugurato nell'aprile scorso. Questo tratto già realizzato segue la linea ferroviaria Bologna – Verona, da Camposanto a Mirandola, tranne l'attraversamento del centro urbano di San Felice sul Panaro, stralciato per motivi di acquisizione di aree private.

Restano quindi da realizzare e sono parte del progetto in studio:

- 1) il tronco 9 dal confine con la Lombardia fino al ponte di Concordia, di 4,3 km.
- 2) il tronco 7 dal ponte di Concordia alla stazione di Mirandola, di 15,6 km.
- 3) il tronco 7 nel tratto urbano di San Felice, di 1,9 km.

Per quanto riguarda le caratteristiche del tracciato, esse si compongono delle seguenti tipologie:

- 1) tracciato su argine del fiume Secchia, il tronco 9 sull'argine sinistro e il tronco 7 sull'argine destro. Lunghezza 6.238 m.
- 2) tracciato su strade extraurbane a basso traffico, via Chiavica Mari e via Molinetto a San Possidonio. Via Diversivo, via Prati e via Sabbioni a Mirandola. Via Borgo a San Felice sul Panaro. Lunghezza 5.689 m
- 3) tracciato su piste ciclopedonali esistenti in ambito urbano, via Chiavica Mari, Piazza Don Andreoli a San Possidonio. Via San Martino Carano, via Piave, via Circonvallazione, via Martiri, via Gramsci a Mirandola. Via Campi, piazza Piva, via Circondaria e via Garibaldi a San Felice sul Panaro. Lunghezza 6.930 m.
- 4) tracciato su piste ciclopedonali esistenti in ambito extraurbano: via Gramsci dall'intersezione con via Borghetto alla stazione FS a Mirandola. Lunghezza 791 m.
- 5) tracciato su piste ciclopedonali di nuova costruzione: collegamento con centro di Concordia, a Concordia. Via Chiavica Mari, Piazza Don Andreoli, via XXV Aprile, via Federzoni e via Molinetto a San Possidonio. Via Piave a Mirandola. Via Ascari, area RFI a San Felice sul Panaro. Lunghezza 1.787 m.

Complessivamente la ciclovía di progetto misura 21,8 km considerando gli attraversamenti di strade con regolazione del traffico.

Dal punto di vista idraulico il percorso non prevede modifiche all’attuale sistema di smaltimento delle acque meteoriche, ad eccezione del risezionamento del Canale Allacciante posto lungo via San Martino Carano, in località San Martino Carano nel Comune di Mirandola (MO), di competenza del Consorzio della bonifica Burana, al fine di permettere la realizzazione della pista (Figura 1 e Figura 2).



Figura 1 – In rosso, tratto di pista in progetto lungo il Canale Allacciante posto a lato di via San Marino Carano (Comune di Mirandola – MO) (Fonte: Google Earth)

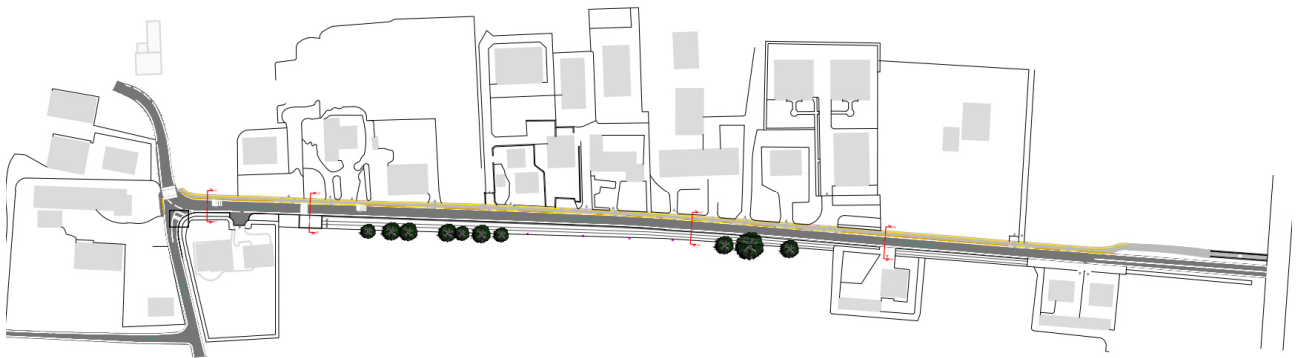


Figura 2 – Planimetria di progetto della pista a lato del Canale Allacciante posto lungo via San Martino Carano, in località San Martino Carano nel Comune di Mirandola (MO)

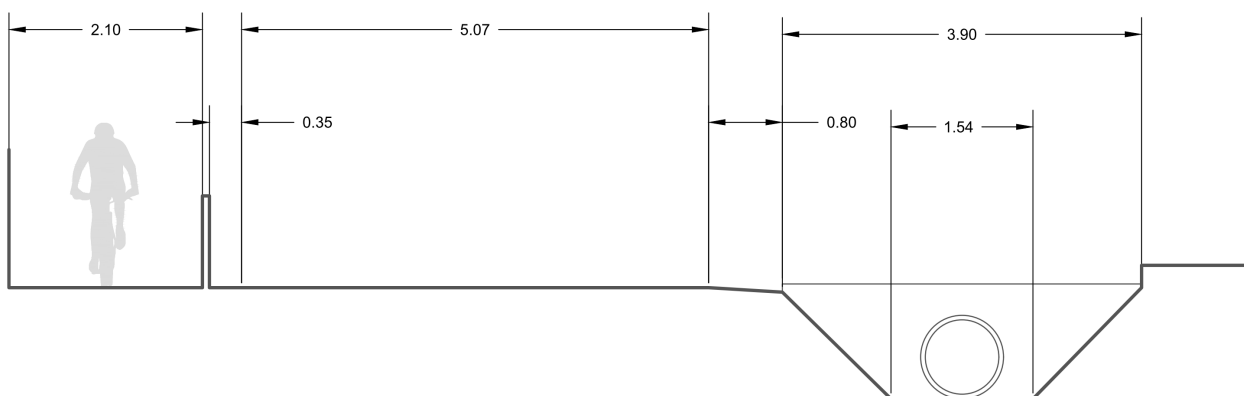


Figura 3 – Stato di fatto: Canale Allacciante posto lungo via San Martino Carano, in località San Martino Carano nel Comune di Mirandola (MO)

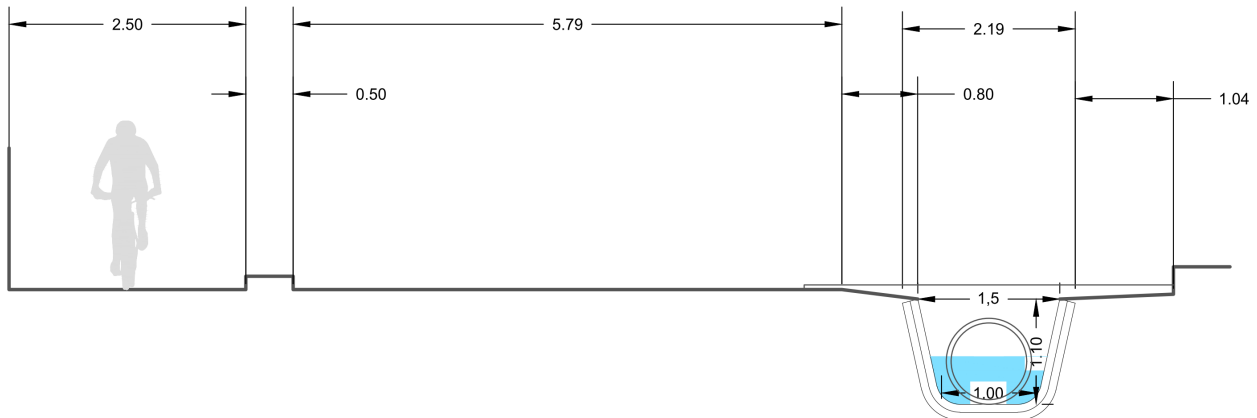


Figura 4 – Stato di progetto: risezionamento del Canale Allacciante posto lungo via San Martino Carano, in località San Martino Carano nel Comune di Mirandola (MO)

Oggetto specifico della presente relazione, oltre al tratto sopra menzionato lungo il Canale Allacciante, è la porzione di percorso ciclabile che sarà realizzata in sommità agli argini del fiume Secchia, in particolare il tronco 9, dal confine con la Lombardia fino al ponte di Concordia, di 4,3 km, e il tronco 7 dal ponte di Concordia sulla Secchia fino a via Chiavica Mari (Figura 5).

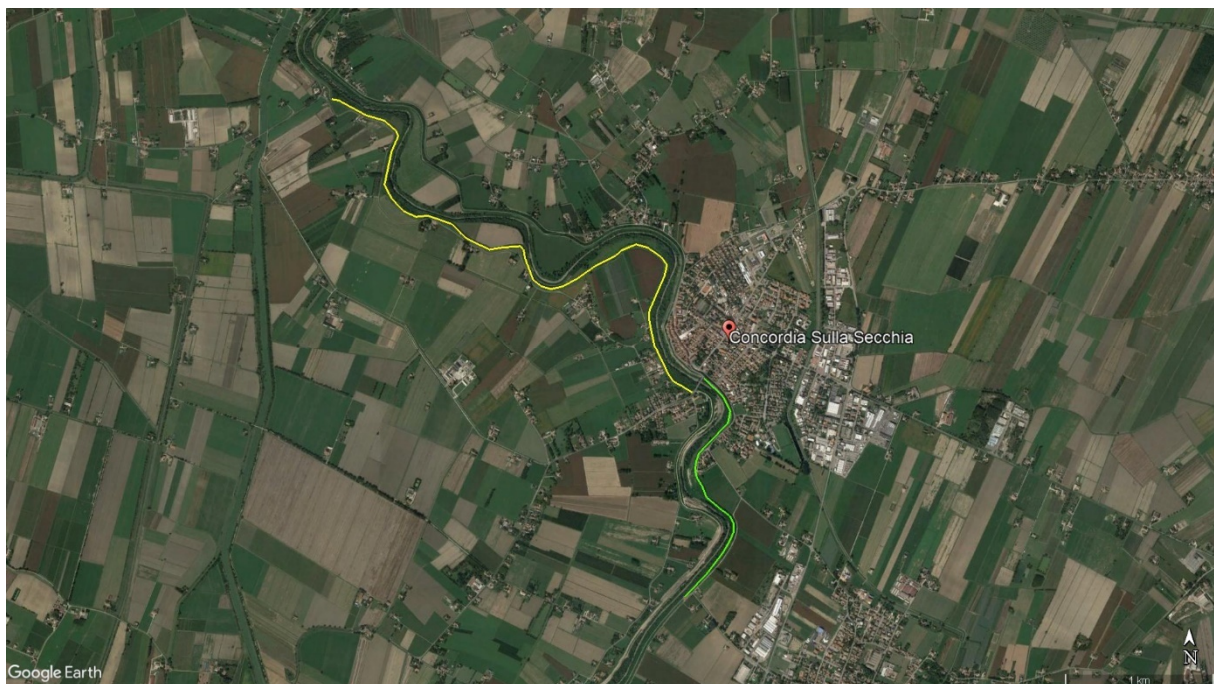


Figura 5 – Tronchi 9 (in giallo) e 7 (in verde) lungo gli argini rispettivamente sinistro e destro del fiume Secchia (Fonte: Google Earth)

3 INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

3.1 Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

La Direttiva europea 2007/60/CE, cosiddetta Direttiva Alluvioni (DA), è stata recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010 dando avvio ad una nuova fase di gestione del rischio di alluvioni avviata in Italia con la legge 183/89 e attuata dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

La DA prescrive che gli Stati Membri elaborino, per ogni distretto idrografico o Unità di Gestione, un Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), contenente una diagnosi della pericolosità e del rischio di alluvioni, obiettivi appropriati per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e misure per la mitigazione del rischio.

Il PGRA è quindi lo strumento introdotto dalla DA per ridurre gli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l'economia e l'ambiente e favorire, dopo un evento alluvionale, una tempestiva ricostruzione e valutazione post-evento.

L'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po, nella seduta di Comitato Istituzionale del 3 marzo 2016, con deliberazione n.2/2016, ha stato approvato il vigente PGRA 2015.

Nel **I ciclo di pianificazione** le **mappe di pericolosità e rischio** di cui all'art. 6 della Dir. 2007/60/CE hanno riguardato il **territorio dell'intero distretto (PGRA 2015)**, perimetrando sulla base delle conoscenze disponibili tutte le aree potenzialmente allagabili nei diversi scenari di probabilità indipendentemente dal livello di rischio ad esse associato.

Data la rilevante estensione del bacino e la peculiarità e diversità dei processi alluvionali che avvengono lungo il suo reticolo idrografico, si è reso necessario effettuare la **mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali**.

Tali ambiti sono di seguito brevemente descritti:

- **Reticolo principale (RP):** costituito dall'asta principale del fiume Po e dai suoi maggiori affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
- **Reticolo secondario collinare e montano (RSCM):** costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
- **Reticolo secondario di pianura (RSP):** costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura, naturali e artificiali, in buona parte gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.
- **Aree costiere marine (ACM):** sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.

- **Aree costiere lacuali (ACL):** sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Maggiore, Como, Garda, ecc.).

L'analisi delle mappe di pericolosità mostra come **le piene con tempo di ritorno inferiore ai 200 anni** (H-High e M-Medium probability hazard) **rimangono contenute all'interno dei rilevati arginali del fiume Secchia**. Per quanto riguarda invece le **piene con tempo di ritorno di 500 anni** (scenario L – Low probability hazard), corrispondenti ad eventi catastrofici, **le acque invadono la gran parte della pianura modenese** (Figura 6).

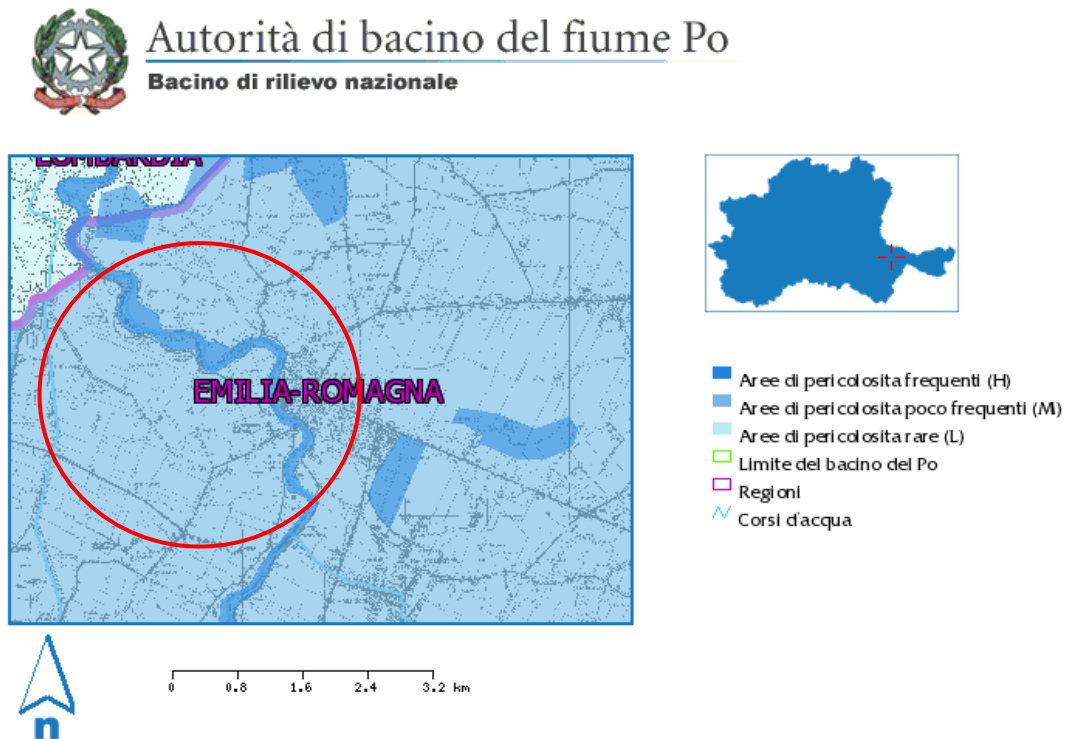


Figura 6 – Scenari di pericolosità del PGRA 2015 nell'intorno del sito in progetto (indicato in rosso) in relazione al Reticolo Principale – RP (in rosso l'area di intervento). Fonte: http://www.adbpo.it/maplab_projects/webgis/webgis_app

In data 21 dicembre 2018 l'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po ha dato avvio al **processo di aggiornamento del PGRA**, che terminerà nel corso del 2021.

In data 29 dicembre 2020, con Deliberazione n.3 la Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato il Progetto di aggiornamento del PGRA ai sensi degli art.65 e 66 del D.Lgs 152/2006.

Con la pubblicazione del Progetto di aggiornamento e revisione del Piano di gestione del rischio alluvioni ai sensi dell’art. 7 del D.Lgs. 49/2020 attuativa della Direttiva 2007/60/CE, si è aperta la fase di consultazione e osservazione, con l’obiettivo di raccogliere contributi e proposte che saranno tenute in considerazione nella stesura definitiva del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – secondo ciclo (PGRA 2021).

Nel **II ciclo di gestione**, le **mappe** di pericolosità sono state redatte non più in riferimento all’intero bacino, come nel primo ciclo di programmazione, ma con riferimento alle **Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSFR)**, sottoinsieme delle aree allagabili complessive, ove sono presenti situazioni di rischio potenziale significativo.

Le APSFR sono così suddivise:

- **APSFR distrettuali (22 aree)**: a cui corrispondono le aree di rilevanza strategica a scala di distretto che richiedono misure di mitigazione complesse per le quali è necessario il coordinamento delle politiche di più Regioni;
- **APSFR regionali (132 aree)**: a cui corrispondono situazioni di rischio elevato o molto elevato per le quali è necessario il coordinamento delle politiche regionali alla scala di sottobacino.

Le **APSFR distrettuali riguardano** le grandi città (Milano, Torino, Alessandria, Novara, Brescia, Mantova, Lodi, ecc.), i principali fondovalle alpini (Val d’Aosta, Val d’Ossola, Valtellina, ecc.), il fiume Po da Torino al mare, i suoi **affluenti emiliani nei tratti arginati**, il Reno ed infine la costa marina nell’intero territorio del distretto. Nell’Allegato 1 (Elenco APSFR) sono riportate, suddivise per UoM, tutte le 154 APSFR del distretto, con una sintetica descrizione delle principali informazioni ad esse associate (nome APSFR, origine, meccanismi, elementi esposti, ecc.).

Per tutte le APSFR è stata mappata la pericolosità (estensione delle aree allagabili per ciascuno scenario di pericolosità/probabilità) e il rischio (elementi esposti e classi di rischio), mentre non per tutte le APSFR, in particolare per quelle regionali, è stato possibile, per mancanza dei dati di base, mappare i tiranti e le velocità.

I documenti attualmente in consultazione aggiornano gli elaborati del PGRA 2015 e sono consultabili all’indirizzo <https://pianoalluvioni.adbpo.it/progetto-di-aggiornamento-e-revisione-del-pgra/>.

L’area di intervento ricade nell’ambito del bacino del fiume Secchia e in particolare nella “area a rischio potenziale significativo di alluvione” (APSFR) denominata “ITN008_ITBABD_APSFR_2019_RP_FD0019_SecchiaCassa”.

Il **PGRA 2021** individua in tale contesto territoriale le zone soggette a diversa pericolosità di esondazione (Figura 7) e conferma quanto già indicato nel PGRA 2015: le piene con tempo di ritorno inferiore a 200 anni rimangono contenute all’interno dei rilevati arginali, mentre con eventi catastrofici corrispondenti a piene con tempo di ritorno di 500 anni le acque invadono l’intera pianura modenese.

Il PGRA 2021 propone inoltre una **stima dei possibili tiranti idrici** in relazione a diversi eventi pluviometrici di riferimento: nel caso in esame, le aree allagate con tempo di ritorno di 500 anni potrebbero essere interessate da livelli d’acqua superiori ai 2 m (Figura 8).

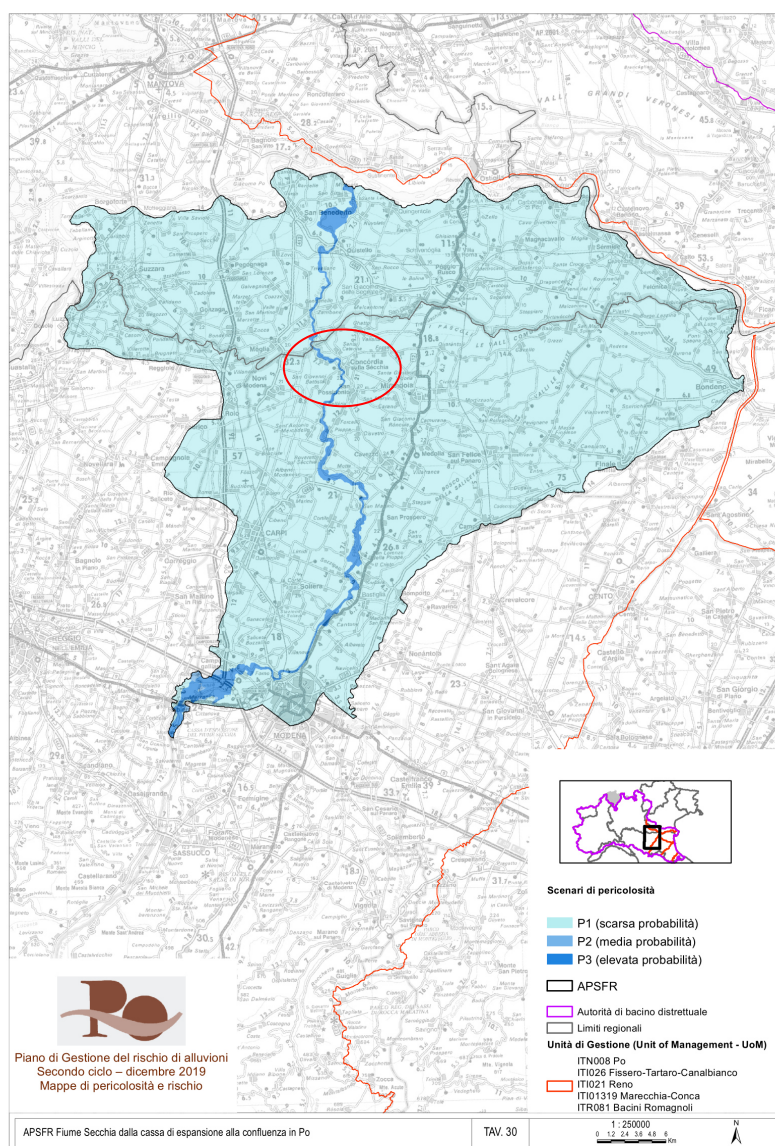


Figura 7 – Scenari di pericolosità del PGRA 2021 in relazione al bacino del fiume Secchia (in rosso l’area di intervento). Fonte: <https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>

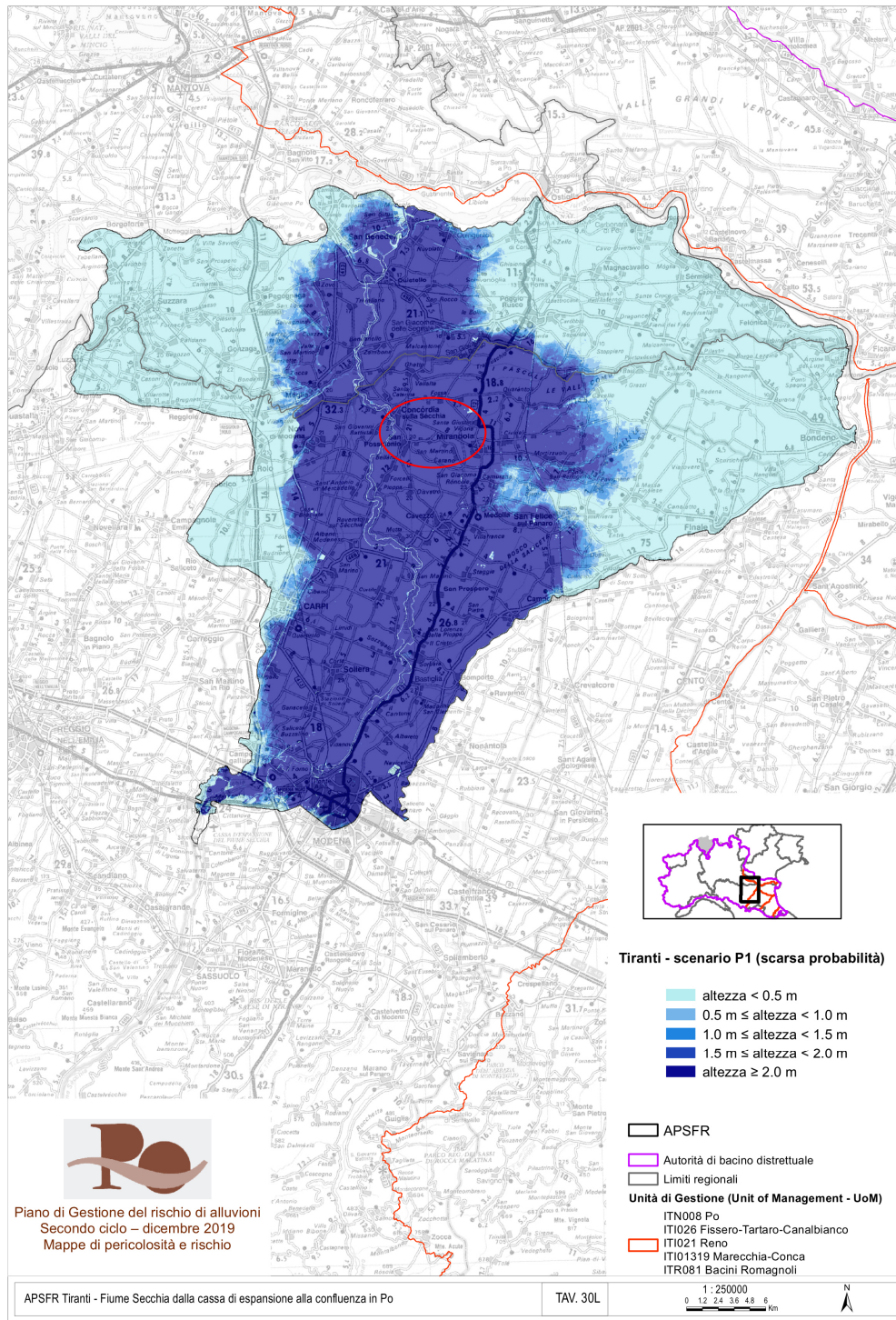


Figura 8 – Tiranti idrici nello scenario P1 (scarsa probabilità), corrispondente ad un tempo di ritorno di 500 anni individuati dal PGRA 2021 in relazione al bacino del fiume Secchia (in rosso l'area di intervento). Fonte: <https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>

3.2 Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

La Legge 18/5/1989 n. 183, “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” definiva finalità, soggetti, strumenti e modalità dell’azione della pubblica amministrazione in materia di difesa del suolo. Le finalità della legge sono quelle di “assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi”.

Ai fini dell’applicazione di tale Legge, le allora Autorità di bacino idrografico, oggi Autorità di Bacino distrettuale, hanno predisposto i “Piani di assetto idrogeologico” (PAI), stralcio dei Piani di bacino previsti dalla L 183/89.

Nell’ambito di tali Piani è stata definita la perimetrazione delle Fasce Fluviali, intese come aree di allagamento del territorio in funzione di diversi tempi di ritorno degli eventi pluviometrici.

L’area di intervento ricade nel bacino del fiume Secchia per le quali le Fasce Fluviali evidenziano, analogamente alle aree individuate dal PGRA (paragrafo precedente), una situazione di contenimento delle piene all’interno degli argini del fiume a meno di eventi catastrofici.

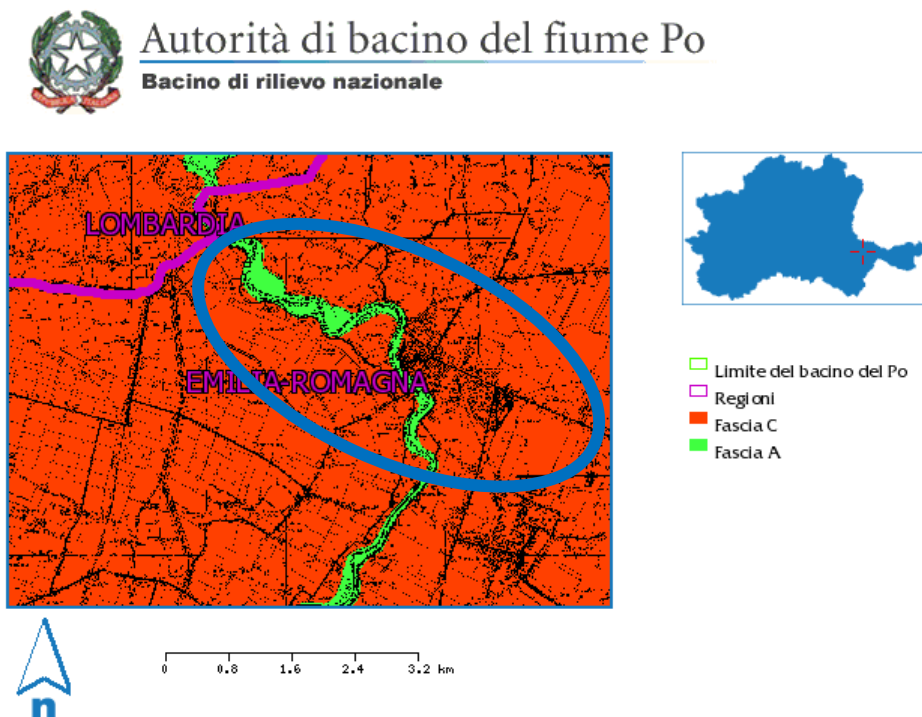


Figura 9 – Estratto del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) (Fonte <https://adbpo.gov.it/>). In blu l’area di intervento.

3.3 Effetti idraulici

Dal punto di vista idraulico, il **percorso posto in sommità arginale del fiume Secchia non viene influenzato dagli eventi di piena modellizzati dal PAI e dal PGRA** sopra menzionati, se non in relazione ad eventi catastrofici con tempo di ritorno superiore ai 200 anni, che prevedono il sormonto o la rottura arginale.

D'altra parte, **l'intervento non influisce sulla morfologia del sistema arginale esistente**, comportando la sola sistemazione con riporto in quota (con spessore massimo di 3 cm) dell'esistente pista in misto granulometrico stabilizzato.

In linea generale, per quanto riguarda i percorsi in aree classificate ad alta pericolosità da alluvione, si prevedono **piani di emergenza della Protezione Civile** finalizzati alla chiusura temporanea delle piste stesse in caso di previsioni meteorologiche con allerta meteo.

Il **percorso ciclabile posto in area urbana e di campagna**, al di fuori dei tratti arginati del fiume Secchia, sfrutterà l'attuale sistema di smaltimento delle acque meteoriche composto da caditoie stradali e condotte per lo smaltimento delle acque di piena, e non modificherà la permeabilità attualmente esistente lungo il sedime della pista; non si avranno pertanto effetti negativi dal punto di vista idraulico dalla realizzazione del percorso ciclabile.

4 VERIFICA IDRAULICA DEL RISEZIONAMENTO E RIVESTIMENTO IN CLS DEL CANALE ALLACCIANTE LUNGO VIA SAN MARTINO CARANO IN COMUNE DI MIRANDOLA (MO)

4.1 Metodologia

La **verifica idraulica del risezionamento e rivestimento in cls** del Canale Allacciante lungo via San Martino Carano in Comune di Mirandola (MO) è stata eseguita mediante l'utilizzo della **formula di Gauckler-Strickler**, relazione matematica di uso comune nel dimensionamento e nella verifica di canali a pelo libero o di condotte in pressione.

Nel caso in oggetto essa è stata utilizzata per **determinare la portata che il canale è in grado di veicolare in moto uniforme nello stato di fatto (sezione trapezia in terra) e nello stato di progetto (sezione ristretta in cls)**.

Il moto uniforme è quella condizione per cui la portata non varia nel tempo e non si ha variazione del tirante nello spazio, in senso longitudinale al canale, e le particelle fluide hanno traiettorie rettilinee e parallele tra loro.

L'equazione di Gauckler-Strickler utilizzata è la seguente:

$$V = kR_H^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$Q = kAR_H^{2/3} S_0^{1/2}$$

dove

- Q = portata (m³/s)
- V = velocità (m/s)
- k = coeffic scabrezza (m^{1/3} /s)
- A = area liquida (m²)
- R_h = raggio idraulico (m) = A/P
- S₀ = pendenza del fondo (m/m)

Figura 10 - Formula di Gauckler-Strickler

La determinazione della portata che una determinata sezione di un canale a cielo libero può smaltire (Q) è funzione, secondo la suddetta equazione, del coefficiente di scabrezza k, dell'ampiezza della sezione (A) e della pendenza del fondo S₀.

I valori di scabrezza k sono a loro volta dipendenti principalmente da:

- scabrezza del fondo, granulometria del sedimento, tipologia del rivestimento
- grado di copertura e tipologia della vegetazione
- morfologia del canale

Strickler ha proposto una tabella di correlazione tra k e il parametro d_{50} , che rappresenta il diametro del vaglio che consente il passaggio del 50% del materiale analizzato.

4.2 Verifica

Come già ricordato, nel caso in esame la formula di Gauckler-Strickler è stata utilizzata per determinare la portata che il canale è in grado di veicolare in moto uniforme nello stato di fatto (sezione trapezia in terra) e nello stato di progetto (sezione ristretta in cls).

Stato di fatto – canale a sezione trapezia in terra

Facendo riferimento a Figura 3 per l'individuazione delle dimensioni del canale, considerando un coefficiente di scabrezza k pari a $40 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad un alveo in terra rettilineo, e una pendenza del 2 per mille, l'applicazione della formula permette di verificare che con un franco di circa 40 cm la sezione studiata è in grado di smaltire una portata di circa 2 mc/s (Tabella 1).

Tabella 1 – Calcolo della portata smaltita dal Canale Allacciante lungo via San Martino Carano in Comune di Mirandola (MO) nello stato di fatto (canale a sezione trapezia in terra): parametri utilizzati per la formula di Gauckler-Strickler

scarpa	1,0000
K_s (m^3/s)	40,0000
S_0 (-)	0,0020
B	3,9000
b	1,5400
H	1,1800
franco	0,4000
h	0,7800
B franco	3,1000
A	1,8096
P	3,7462
Rh	0,4831
Q (mc/s)	1,9929

Stato di progetto – canale in cls

Facendo riferimento a Figura 4 per l'individuazione delle dimensioni del canale risezionato in cls di progetto e considerando un coefficiente di scabrezza k pari a $80 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad un alveo rivestito in cls, rettilineo e una pendenza del 2 per mille, l'applicazione della formula permette di verificare che con un franco di circa 20 cm la sezione studiata è in grado di smaltire una portata paragonabile a quella dello stato di fatto e pari a circa 2 mc/s (Tabella 1).

Tabella 2 – Calcolo della portata smaltita dal Canale Allacciante lungo via San Martino Carano in Comune di Mirandola (MO) nello stato di progetto (canale risezionato in cls): parametri utilizzati per la formula di Gauckler-Strickler

scarpa	4,4000
K_s (m^3/s)	80,0000
S_0 (-)	0,0020
B	1,5000
b	1,0000
H	1,1000
franco	0,2000
h	0,9000
B franco	1,4091
A	1,0841
P	2,8459
Rh	0,3809
Q (mc/s)	2,0381

La sezione in progetto in cls risulta pertanto in grado di smaltire la medesima portata della sezione trapezia attuale in terra.

Il franco indicato, pari a 20 cm e inferiore a quello dello stato di fatto, pari a 40 cm, è in realtà superiore, in quanto il manufatto in cls sarà posizionato, come indicato in Figura 4, con la sommità posta ad una quota inferiore di circa 10-15 cm rispetto al piano campagna: il franco reale può quindi essere individuato indicativamente pari a 30-35 cm rispetto al piano campagna, dimensione paragonabile a quello dello stato di fatto.

Nelle tabelle seguenti si riporta per completezza il **confronto tra la relazione portata Q e tirante h nello stato di fatto e nello stato di progetto**, a conferma di un funzionamento idraulico paragonabile nelle due situazioni.

Tabella 3 - Relazione portata Q e tirante h nello stato di fatto

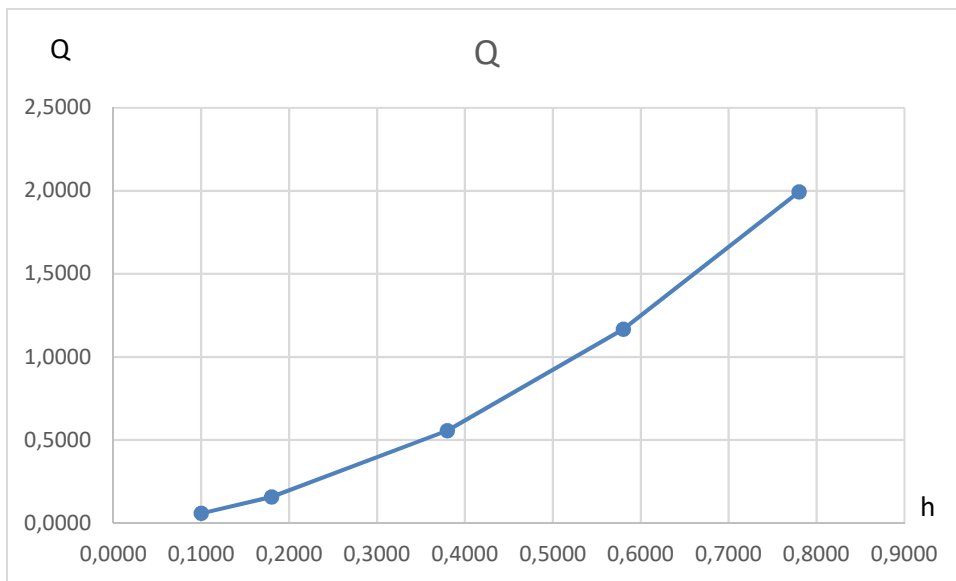


Tabella 4 - Relazione portata Q e tirante h nello stato di progetto

