

PROVINCIA DI PISA

Integrazioni al Progetto Definitivo
necessarie alla conclusione dei lavori della Conferenza dei Servizi

Relazione di fattibilità geologica
di supporto alla variante urbanistica al POC

LOTTE DA NODO 1 A NODO 3

Novembre 2021

INDICE

1	PREMESSA	3
2	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	3
3	STRATIGRAFIA E GEOTECNICA	4
4	IDROLOGIA E IDRAULICA.....	4
5	CLASSI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA	5
5.1	Pericolosità geologica e carta geomorfologica	5
5.2	Pericolosità sismica locale e carta delle MOPS	9
5.3	Pericolosità idraulica	10
5.4	Sintesi delle classi di pericolosità all'interno dell'area della variante al POC	11
6	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	12
6.1	Classe F2 - Fattibilità con normali vincoli	12
6.2	Classe F3 - Fattibilità condizionata	12
6.3	Classe F4 - Fattibilità limitata.....	14
7	INTERVENTI NECESSARI PER IL RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ	15
7.1	Interventi di mitigazione della pericolosità geologica e sismica	15
7.1.1	<i>Interventi di contenimento dei cedimenti dei terreni di fondazione dei rilevati stradali</i>	<i>15</i>
7.1.2	<i>Stabilizzazione a calce del piano di posa dei rilevati</i>	<i>15</i>
7.1.3	<i>Adozione di fondazioni profonde delle strutture (pali di grande diametro in c.a.).....</i>	<i>15</i>
7.2	Interventi di mitigazione della pericolosità idraulica.....	16
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	17
9	ALLEGATI.....	18
9.1	ALLEGATO 1: Tratto compreso tra i Nodi 1 e 5 - Relazione di compatibilità idraulica - integrazioni modellistiche bidimensionali e verifiche di rispetto della normativa vigente in materia di pericolosità idraulica L.R. 41/18	18

1 PREMESSA

Il presente documento descrive la fattibilità geologica della variante urbanistica al Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme (PI), resasi necessaria per le modifiche introdotte nella progettazione definitiva della nuova “Viabilità di raccordo a nord di Pisa tra il nuovo polo ospedaliero, la S.S.12 del Brennero, la S.S.1 Aurelia e la S.P.2 Vicarese (tratta Madonna dell’Acqua-Cisanello)”, limitatamente al tratto compreso tra i nodi 1 e 3, dato che il POC vigente ha recepito il tracciato della viabilità sviluppato nel precedente livello di progettazione (progetto di fattibilità tecnico economica).

In particolare, per l’individuazione degli ambiti a diversa pericolosità geologica, idraulica e sismica, al fine di definire la fattibilità geologica della variante al POC, si è fatto riferimento agli elaborati contenuti nelle “*Indagini geologiche di supporto alla pianificazione del territorio comunale*”, redatti ai sensi del *D.P.G.R. 25/10/2011, n. 53/R “Regolamento di attuazione dell’articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche”* e allegati al *Piano Operativo Comunale* del Comune di San Giuliano Terme (PI), adottato in data 26/7/2018 con delibera di Consiglio Comunale n° 36, approvato in data 30/10/2019 con delibera di Consiglio Comunale n° 54 e diventato efficace a partire dal 6 febbraio 2020.

Ai sensi della seguente normativa regionale:

- *D.P.G.R. 30/01/2020, n. 5/R “Regolamento di attuazione dell’articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche;*
- *D.G.R. 20/01/2020, N. 31 - Allegato A - Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche;*
- *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;*

nel seguito, dopo un inquadramento delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrologiche delle aree attraversate dal tracciato dell’infrastruttura, vengono illustrati i livelli di pericolosità geologica, sismica e idraulica di tali aree, identificando le relative classi di fattibilità geologica e descrivendo i condizionamenti necessari al fine di garantire la piena compatibilità delle opere in progetto.

2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

La zona di studio è ubicata nella pianura alluvionale pisana, compresa tra il fiume Arno a sud e il fiume Serchio a nord, con quote del terreno che digradano da est (3.5 m s.l.m.) verso ovest (1.5 m s.l.m.). Il profilo topografico sub-pianeggiante si caratterizza per modeste variazioni morfologiche dovute all’intervento antropico: ampi tratti della pianura mantengono l’originale “tessuto agricolo”, ma la fascia di terreno è attraversata da numerosi assi infrastrutturali (stradali e ferroviari) di direzione dominante nord-sud; a questi si aggiungono due elementi idraulici rilevanti (Fiume Morto e Canale Demaniale di Ripafratta) che intersecano la zona perpendicolarmente e parallelamente.

Secondo la cartografia CARG (Foglio 273 “Pisa”), la pianura pisana è costituita quasi esclusivamente da depositi continentali olocenici di natura alluvionale: si tratta di limi e limi argillosi di piana inondabile, limi e sabbie di argine e di ventaglio di rotta, sabbie da medie a fini, ben classate di cordone dunare e

intercordone. Essendo l'area urbanizzata, sono presenti anche depositi antropici costituiti da rilevati stradali, rilevati ferroviari e argini fluviali.

La zona è inquadrabile come un ambiente di sedimentazione retrodunale, caratteristico delle aree costiere toscane. In quest'area a bassa energia, protetta dal mare ad ovest da una serie di dune, negli ultimi migliaia di anni i corsi d'acqua più importanti hanno depositato limi e torbe. I profili litostratigrafici disponibili per l'area mostrano che ad uno strato metrico superficiale di limi (in prevalenza sabbiosi) legato ad episodi esondativi del fiume Arno, segue una bancata plurimetrica di argille plastiche associata ad ambiente deposizionale di tipo fluvio-lacustre. Al di sotto delle argille si rinvencono sabbie limose e limi sabbiosi, con locali intercalazioni ghiaiose, associabili ad un momento deposizionale a maggiore energia (probabilmente post-glaciale).

Il livello piezometrico della falda freatica risulta molto superficiale, attestandosi ad una profondità variabile tra 1 e 3 m da piano campagna.

3 STRATIGRAFIA E GEOTECNICA

Di seguito si descrive la stratigrafia dei terreni presenti in corrispondenza del tracciato in esame, desunta dai risultati di tutte le indagini geognostiche disponibili per l'area.

- da 0 a 8 ÷ 10 m di profondità (*complesso "A", sabbie superiori*), sono presenti depositi prevalentemente argilloso-limosi, solo debolmente sabbiosi, di piana alluvionale; all'interno di questi depositi è ospitato il livello piezometrico della falda freatica, ad una profondità variabile tra 1 e 3 m da p.c.; la resistenza penetrometrica statica risulta molto bassa ($q_c = 1 \div 4$ MPa);
- da 10 a 40 m di profondità (*complesso "B"*), sono presenti continue alternanze tra depositi sabbioso-limosi, da sciolti a moderatamente addensati, e limoso-argillosi, da teneri (normalconsolidati) a mediamente consistenti (leggermente sovraconsolidati), con bassa resistenza penetrometrica (q_c mediamente pari a 1 ÷ 3 MPa);
- tra 10 e 21÷22 m circa di profondità, non sempre sono stati riconosciuti depositi limoso-argillosi attribuibili alle *argille superiori ("pancone")*, ma spesso sono state rinvenute intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose (spessore medio 2÷3 m), talvolta ad elevato addensamento ($q_c = 5 \div 15$ MPa);
- nell'intervallo di profondità compreso tra 21÷22 m e 25 m circa, corrispondente alle *argille intermedie*, in genere di bassa resistenza, possono essere presenti anche sabbie e limi sabbiosi di elevato addensamento (q_c fino a 20 MPa), in genere prevalenti da 25 m di profondità (*sabbie intermedie*);
- per quanto riguarda il range di profondità compreso tra 25÷27 m e 40 m, attribuibile alle *argille inferiori*, e tra 40 m e 70 m (complesso "C"), attribuibile alle *sabbie inferiori*, nell'area sono state rinvenute quasi esclusivamente sabbie da mediamente addensate a molto addensate ($q_c = 5 \div 20$ MPa, N_{SPT} variabile tra 30 e rifiuto), al di là di un orizzonte argilloso di spessore variabile tra 1 e 8 m circa (tra 38 e 46 m).

4 IDROLOGIA E IDRAULICA

Il reticolo idraulico superficiale della zona è inserito nel sistema della bonifica idraulica della Piana di Pisa (zona settentrionale) in parte a scolo naturale ("acque medie") ed in parte a scolo meccanico ("acque basse").

Si tratta di un complesso sistema di fossetti che recapitano le acque ai collettori principali che confluiscono rispettivamente nel Fiume Morto (acque medie) o ai punti di sollevamento (impianti idrovori) della rete di bonifica meccanica (acque basse).

I corsi d'acqua principali (Arno, Serchio e Canale Demaniale di Ripafratta), classificati "acque alte", non ricevono invece alcun contributo dal reticolo locale. Il reticolo di riferimento fa capo al fiume Morto che drena la pianura compresa tra Serchio e Arno. Tale bacino si estende per oltre 100 km², anche se la superficie effettiva risulta pari a circa 76 km². La parte montuosa è drenata da affluenti che scendono dai monti di Calci mentre la parte pianeggiante drena la zona nord della città di Pisa e quella a sud del fiume Serchio.

Tutto il territorio comunale posto a nord dell'Arno convoglia le sue acque (meteoriche, reflue trattate e non) nel fiume Morto: tale zona fa parte della più ampia bonifica del fiume Morto, il cui comprensorio è definito dalla linea di displuvio dei Monti Pisani, dal fiume Serchio, dall'Arno e dal mare.

Il canale demaniale di Ripafratta, detto anche Fosso del Mulino, è il canale di irrigazione che deriva dalle acque del fiume Serchio. Presenta un alveo incassato da Ripafratta fino all'abitato di Orzignano, poi le acque scorrono in un alveo pensile contenuto da due arginature a terra fino all'abitato di Pisa; prosegue poi nuovamente incassato fino ad immettersi nell'Arno. Nella parte arginata per impedire l'esondazione delle acque di piena, furono costruite cateratte per scaricare le acque in esubero in altri corsi d'acqua. Dall'opera di presa nel fiume Serchio alle mura urbane di Pisa vi è un dislivello di 4 km coperto con pendenza media di 0,33 m per metro lineare.

5 CLASSI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA

Di seguito vengono illustrati i livelli di pericolosità geologica, sismica e idraulica delle aree attraversate dal tracciato dell'infrastruttura.

A questo scopo, il tracciato del progetto di fattibilità tecnico economica ed il tracciato del progetto definitivo sono stati riportati, rispettivamente in colore rosso ed in colore verde, sovrapponendoli ai seguenti elaborati cartografici contenuti nelle "Indagini geologiche di supporto alla pianificazione del territorio comunale", redatti ai sensi del D.P.G.R. 25/10/2011, n. 53/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche" e allegati al Piano Operativo Comunale del Comune di San Giuliano Terme (PI), adottato in data 26/7/2018 con delibera di Consiglio Comunale n° 36, approvato in data 30/10/2019 con delibera di Consiglio Comunale n° 54 e diventato efficace a partire dal 6 febbraio 2020:

- Carta della pericolosità geologica – tavola G3 (quadrante ovest)
- Carta geomorfologica – tavola A3 (quadrante ovest)
- Carta della pericolosità sismica – tavola I1 (quadrante nord)
- Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS e frequenze fondamentali – tavola D1 (quadrante nord)
- Pericolosità idraulica - tavola H3 (quadrante ovest)

5.1 Pericolosità geologica e carta geomorfologica

In questo caso il tracciato dell'infrastruttura interessa ambiti di:

- *pericolosità geologica media* – G.2, corrispondenti, da un punto di vista geomorfologico, a *terreni prevalentemente argillosi*

- *pericolosità geologica elevata – G.3, corrispondenti a terreni argillosi organici e ad ambiti di paleoalveo.*

Il tracciato in variante, proposto nel progetto definitivo, risulta pressoché coincidente con quello del progetto di fattibilità tecnico economica, scostandosi da esso solo localmente, in corrispondenza dei nodi di svincolo, per distanze che generalmente sono contenute in alcune decine di metri, rimanendo tuttavia, i due tracciati, sempre nello stesso ambito di pericolosità geologica.

Si deve aggiungere solamente che il Nodo 1, a inizio tracciato, non insiste più in un ambito di pericolosità media ma, spostandosi verso SE di circa 240 m, si va a collocare in un ambito di pericolosità elevata (paleoalveo nella carta geomorfologica). Tuttavia, trattandosi di una rotatoria, quindi di un'opera del tutto superficiale, dove sono previsti solamente scavi di preparazione del terreno di sottofondo di modesta entità e la realizzazione di un rilevato di altezza pari a 1 m circa, si possono escludere ricadute significative, sull'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico, della variante di tracciato proposta nella progettazione definitiva.

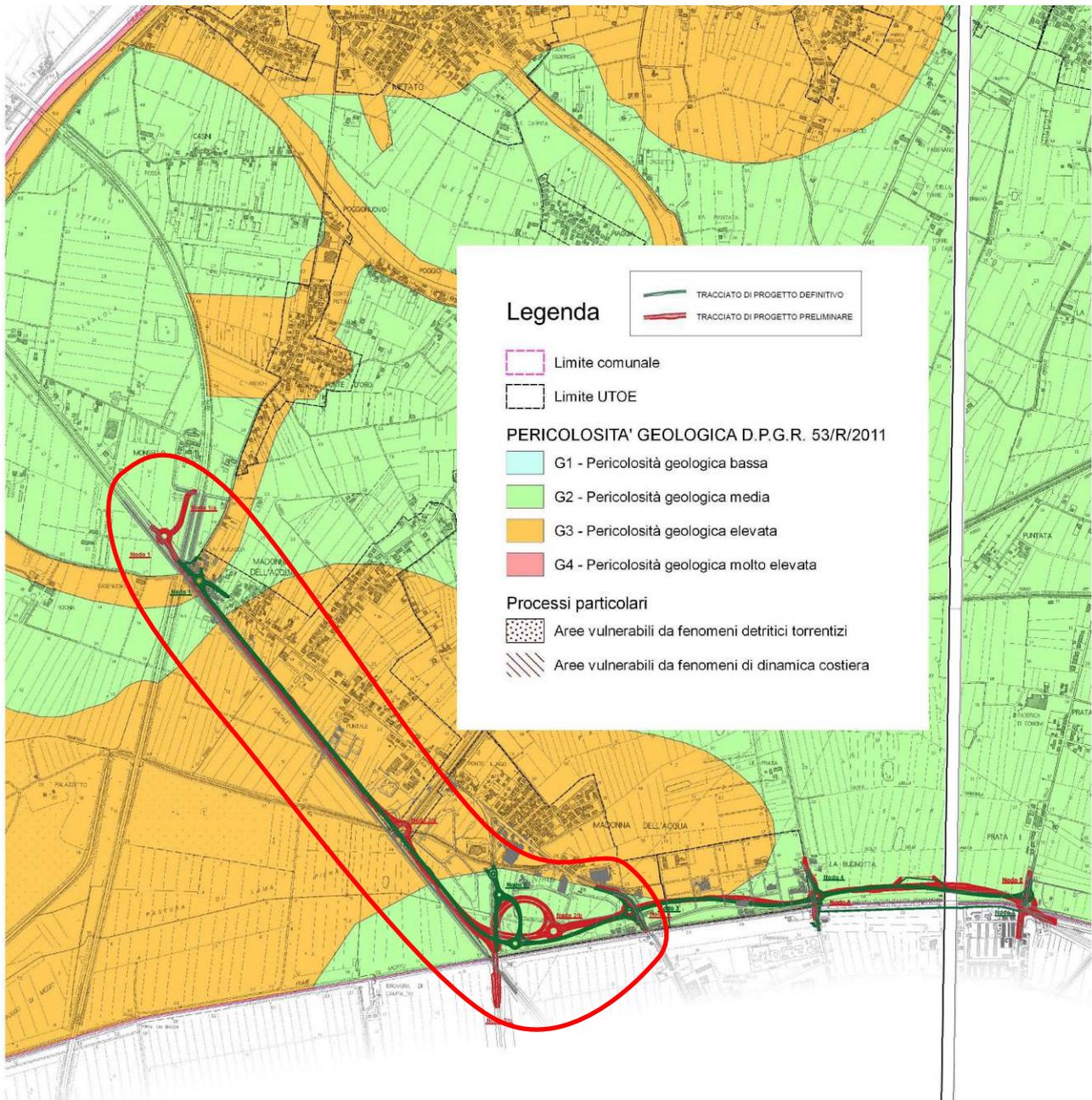


Figura 1 – Sovrapposizione alla Carta della pericolosità geologica (Nodi 1-2-3)

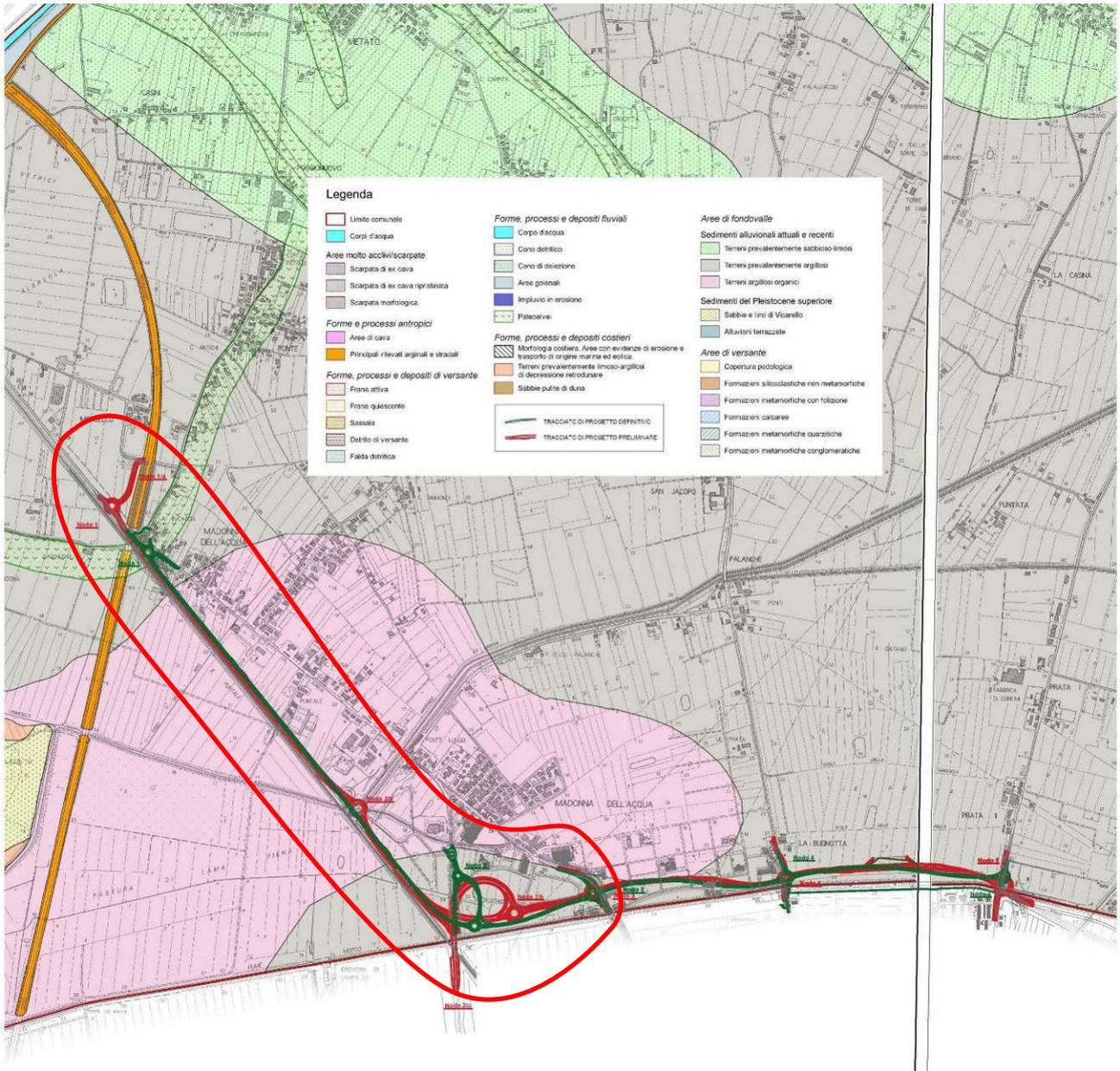


Figura 2 – Sovrapposizione alla Carta geomorfologica (Nodi 1-2-3)

5.2 Pericolosità sismica locale e carta delle MOPS

In questo caso il tracciato dell'infrastruttura interessa ambiti di:

- *pericolosità sismica locale media* – S.2, corrispondenti ad ambiti caratterizzati, nella carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), dalla presenza di *depositi alluvionali attuali e recenti*;
- *pericolosità sismica locale elevata* – S.3, corrispondenti ad ambiti caratterizzati, nella carta delle MOPS, da possibili *cedimenti differenziali (aree golenali, terreni alluvionali organici, ambiti di paleoalveo)*.

Come già detto per la pericolosità geologica, il tracciato in variante, proposto nel progetto definitivo, risulta pressoché coincidente con quello del progetto di fattibilità tecnico economica, scostandosi da esso solo localmente, in corrispondenza dei nodi di svincolo, per distanze che generalmente sono contenute in alcune decine di metri, rimanendo tuttavia, i due tracciati, sempre nello stesso ambito di pericolosità sismica locale.

Si deve aggiungere solamente che il Nodo 1, a inizio tracciato, non insiste più in un ambito di pericolosità sismica media ma, spostandosi verso SE di circa 240 m, si va a collocare in un ambito di pericolosità sismica elevata (area soggetta a cedimenti differenziali "CD", corrispondente ad un paleoalveo nella carta delle MOPS). Tuttavia, trattandosi di una rotatoria, quindi di un'opera del tutto superficiale, dove sono previsti solamente scavi di preparazione del terreno di sottofondo di modesta entità e la realizzazione di un rilevato di altezza pari a 1 m circa, si possono escludere, anche per gli aspetti sismici, ricadute significative della variante di tracciato proposta nella progettazione definitiva.

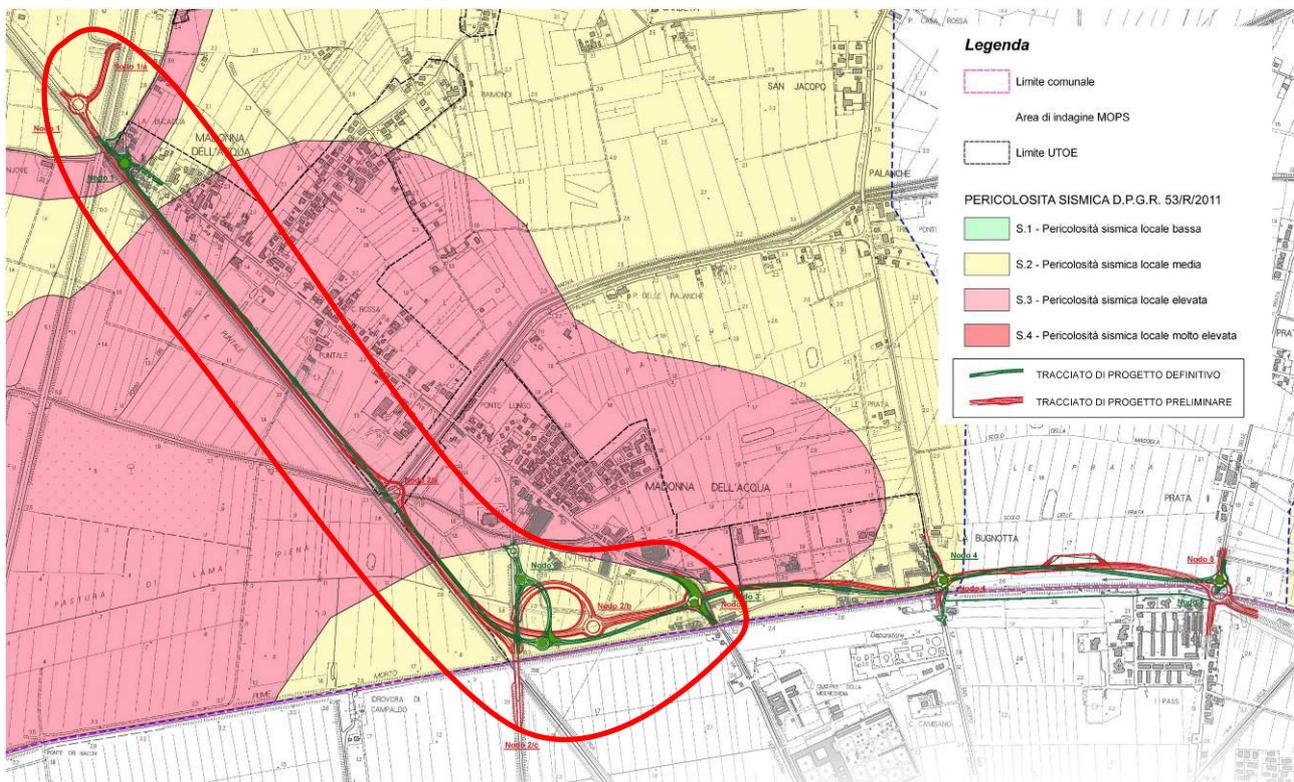


Figura 3 – Sovrapposizione alla Carta della pericolosità sismica locale (Nodi 1-2-3)

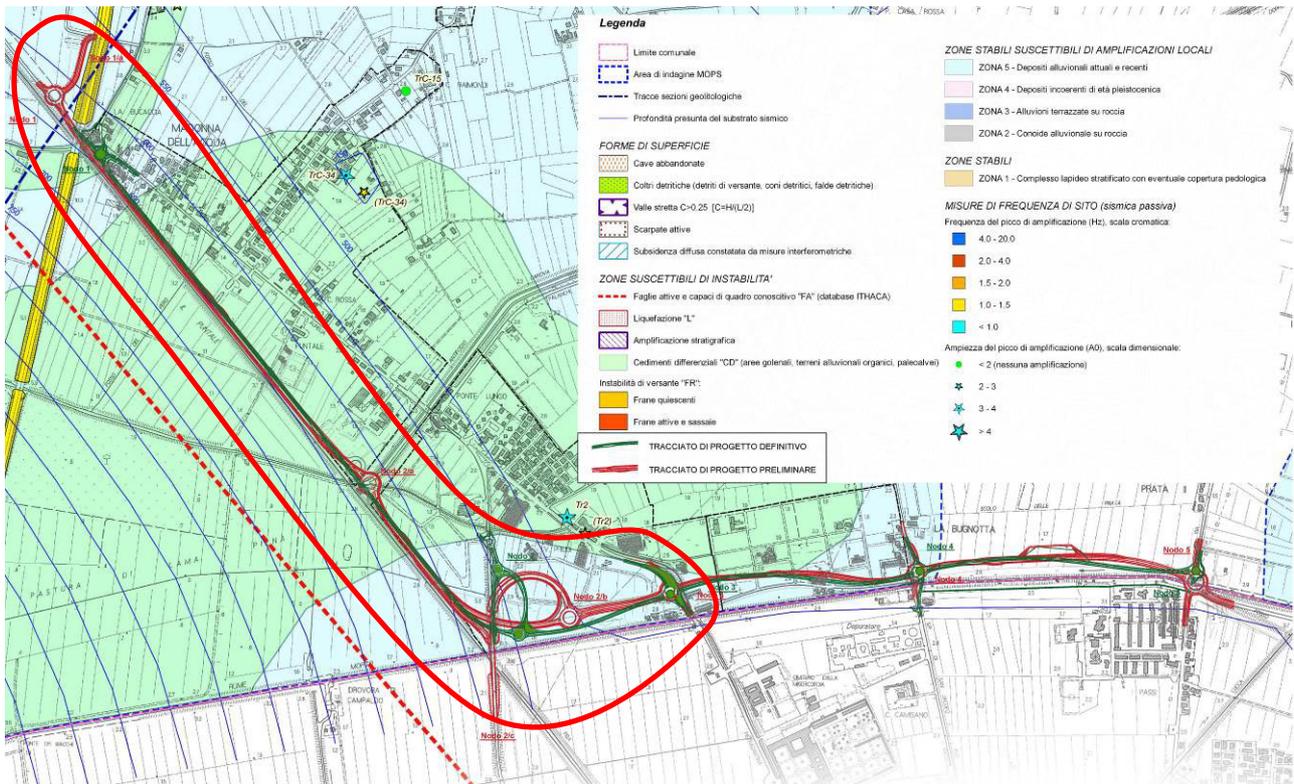


Figura 4 – Sovrapposizione alla Carta delle MOPS (Nodi 1-2-3)

5.3 Pericolosità idraulica

Relativamente a questo tema, il tracciato del progetto di fattibilità tecnico economica interessa ambiti di:

- **pericolosità idraulica elevata – I.3**, corrispondenti ad *alluvioni poco frequenti ai sensi della L.R. 41/2018* ovvero *aree interessate da allagamenti con $30 < T \leq 200$ anni*, ottenute da *strumenti sovraordinati (PGRA – PAI Serchio)*;
- **pericolosità idraulica molto elevata – I.4**, corrispondenti ad *alluvioni frequenti ai sensi della L.R. 41/2018* ovvero *aree interessate da allagamenti con $0 < T \leq 30$ anni*, ottenute da *strumenti sovraordinati (PGRA – PAI Serchio)*;

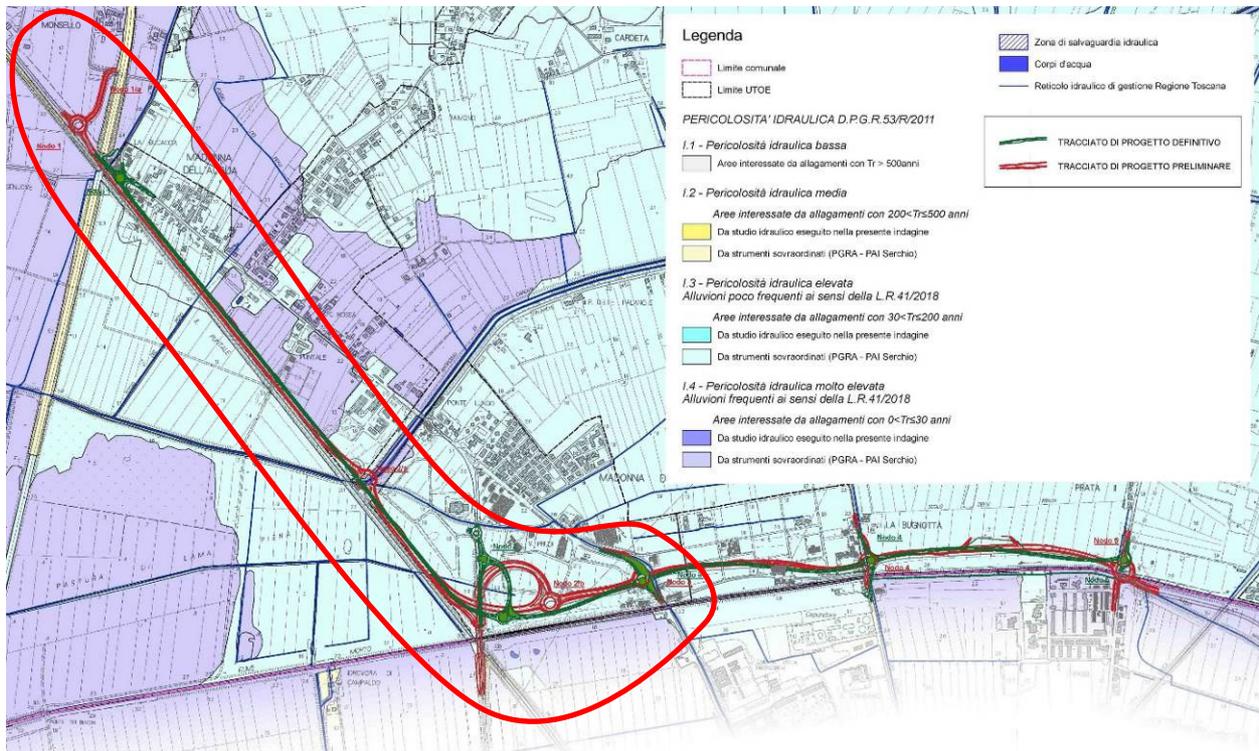


Figura 5 – Sovrapposizione alla Carta della pericolosità idraulica (Nodi 1-2-3-4-5)

5.4 Sintesi delle classi di pericolosità all'interno dell'area della variante al POC

Di seguito si riassumono le classi di pericolosità presenti nell'area della variante al POC, distribuite lungo il tracciato dell'infrastruttura:

- **G.2** - pericolosità geologica media
- **G.3** - pericolosità geologica elevata
- **S.2** - pericolosità sismica locale media
- **S.3** - pericolosità sismica locale elevata
- **I.3** - pericolosità idraulica elevata
- **I.4** - pericolosità idraulica molto elevata

6 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Sulla base di quanto riportato all' *Articolo 39 – Indirizzi generali per l'assetto geomorfologico, idrogeologico e sismico delle Norme Tecniche di attuazione del Piano operativo Comunale* di San Giuliano Terme, di seguito vengono indicate le classi di fattibilità geologica delle aree attraversate dal tracciato dell'infrastruttura, rapportandole direttamente alle relative pericolosità (geologica, sismica locale, idraulica), al fine di individuare in modo adeguato i condizionamenti e gli interventi necessari a garantire la compatibilità della variante proposta con il livello di pericolosità del territorio.

6.1 Classe F2 - Fattibilità con normali vincoli

Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia:

- il progetto deve basarsi su un'apposita indagine geognostica e/o idrologico-idraulica mirata a verificare a livello locale quanto indicato negli studi condotti a supporto dello strumento urbanistico vigente al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area nonché il funzionamento del sistema di scolo locale.

Gli interventi previsti dallo strumento urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Rientrano in tale classe di fattibilità i seguenti ambiti:

- **G.2** - *pericolosità geologica media*, corrispondenti, da un punto di vista geomorfologico, a *terreni prevalentemente argillosi*
- **S.2** - *pericolosità sismica locale media*, corrispondenti ad ambiti caratterizzati, nella carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), dalla presenza di *depositi alluvionali attuali e recenti*;

In particolare:

- nelle aree a *pericolosità geologica media (Classe G.2)* le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.
- nelle aree a *pericolosità sismica locale media (Classe S.2)* non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

6.2 Classe F3 - Fattibilità condizionata

Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di "area complessiva" sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che nel caso sia ipotizzato un intervento diretto.

L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di attenuazione del rischio idraulico, bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari devono costituire condizioni da recepire all'interno della richiesta del titolo abilitativo occorrente.

Rientrano in tale classe di fattibilità i seguenti ambiti:

- **G.3** - *pericolosità geologica elevata*, corrispondenti a *terreni argillosi organici* e ad ambiti di *paleovalve*.

- **S.3** - *pericolosità sismica locale elevata*, corrispondenti ad ambiti caratterizzati, nella carta delle MOPS, da possibili *cedimenti differenziali (aree golenali, terreni alluvionali organici, ambiti di paleovalveo)*.

In particolare:

- nelle aree a *pericolosità geologica elevata (Classe G.3)* è necessario rispettare i seguenti criteri generali:
 - a) la realizzazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture e subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;
 - b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono comunque essere tali da:
 - non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
 - non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni;
 - consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;
 - c) in presenza di interventi di messa in sicurezza sono predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
 - d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, sono certificati;
 - e) possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel titolo abilitativo all'attività edilizia.
- nelle aree a *pericolosità sismica locale elevata (Classe S.3)* in sede di predisposizione dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, sono valutati i seguenti aspetti:
 - a) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;
 - b) per i terreni soggetti a liquefazione dinamica, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;
 - c) in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse e in presenza di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, è realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica; è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette;
 - d) nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di

rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico. Nelle zone di bordo della valle, per quanto attiene alla caratterizzazione geofisica, è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo (sismica a rifrazione/riflessione) orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico.

6.3 Classe F4 - Fattibilità limitata

Rientrano in tale classe di fattibilità i seguenti ambiti:

- **I.3** - *pericolosità idraulica elevata*, corrispondenti ad *alluvioni poco frequenti ai sensi della L.R. 41/2018* ovvero *aree interessate da allagamenti con $30 < T \leq 200$ anni*, ottenute da *strumenti sovraordinati (PGRA – PAI Serchio)*;
- **I.4** - *pericolosità idraulica molto elevata*, corrispondenti ad *alluvioni frequenti ai sensi della L.R. 41/2018* ovvero *aree interessate da allagamenti con $0 < T \leq 30$ anni*, ottenute da *strumenti sovraordinati (PGRA – PAI Serchio)*.

In particolare, per le infrastrutture lineari o a rete:

nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (classe I.4), corrispondenti ad aree a pericolosità idraulica P3 del PGRA Serchio, in territorio urbanizzato si deve fare riferimento all'Art. 13 L.R. 41/2018, comma 1, ovvero:

- 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)

nelle aree a pericolosità idraulica elevata (classe I.3), corrispondenti ad aree a pericolosità idraulica P2 del PGRA Serchio, in territorio urbanizzato si deve fare riferimento all'Art. 13 L.R. 41/2018, comma 2, ovvero:

- 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.

nelle aree a pericolosità idraulica elevata (classe I.3), corrispondenti ad aree a pericolosità idraulica P2 del PGRA Serchio, al di fuori del territorio urbanizzato, si deve fare riferimento all'Art. 16 L.R. 41/2018, comma 4, ovvero:

- Nelle *aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti*, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzate nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

Nello specifico, l'Art.8 L.R. 41/2018 sopra citato, al comma 1, lettere a), b) e c).prevede che:

- 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.

7 INTERVENTI NECESSARI PER IL RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

Di seguito si descrivono gli interventi necessari per garantire le condizioni di fattibilità dell'infrastruttura in oggetto, al fine di non aggravare il livello di pericolosità geologica, sismica e idraulica delle aree attraversate.

Come già esposto precedentemente, resta inteso che il progetto dell'infrastruttura deve basarsi su apposite indagini geognostiche (geotecniche e sismiche) e/o idrologico-idrauliche, finalizzate a verificare a livello locale quanto indicato negli studi condotti a supporto dello strumento urbanistico vigente, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area nonché per garantire con un'adeguata regimazione delle acque piovane il corretto deflusso delle acque.

7.1 Interventi di mitigazione della pericolosità geologica e sismica

Dato che la pericolosità geologica e sismica locale è legata alla presenza, lungo il tracciato, di terreni argillosi, in parte organici, nella progettazione definitiva dell'infrastruttura dovranno essere previsti interventi atti a contenere i cedimenti (es. dreni a nastro) ed a fornire un'adeguata portanza ai terreni di fondazione dei rilevati (ad es. stabilizzazione a calce), nonché a trasferire i carichi strutturali delle opere in progetto sui terreni sabbiosi presenti in profondità (ad es. fondazioni su pali di adeguata lunghezza).

7.1.1 Interventi di contenimento dei cedimenti dei terreni di fondazione dei rilevati stradali

I terreni di queste aree, per effetto dei carichi indotti dai rilevati dell'infrastruttura e della natura argillosa dei terreni, potranno subire cedimenti importanti, di entità variabile in funzione dell'altezza del rilevato.

Per la quota parte di cedimento immediato, che si manifesterà durante la fase di realizzazione dell'opera, si dovrà tener conto della necessità di approvvigionare materiale per rilevato aggiuntivo necessario per ripristinare le quote di progetto.

Per la quota parte di cedimento che si verificherà invece in fase di esercizio della strada, al fine di conservare nel tempo il franco idraulico rispetto allo scenario di esondazione con TR200 anni, si dovrà considerare di incrementare in modo adeguato la quota stradale minima.

Al fine di garantire, per tutto lo sviluppo del tracciato, una quota residua di cedimento non superiore ad un valore prefissato, nei tratti dove il rilevato è più alto, si dovrà considerare di installare dreni verticali prefabbricati a nastro, che consentiranno di accelerare il cedimento durante la fase di realizzazione, previa applicazione di un precarico con un incremento del volume di terreno pari a circa il 25% rispetto al volume di terreno per la realizzazione del rilevato di progetto, calcolato in modo da compensare con una maggiore altezza del rilevato gli abbassamenti del terreno che si manifesteranno a causa dei cedimenti.

7.1.2 Stabilizzazione a calce del piano di posa dei rilevati

Sui terreni argilloso-limosi di sottofondo, appartenenti ai gruppi A7-6 e A7-5 (CNR UNI 10006) che costituiscono il piano di posa dei rilevati dell'infrastruttura in progetto, oltre alle normali operazioni di scitico per uno spessore di almeno 20 cm, si dovrà prevedere la stabilizzazione a calce del terreno di sottofondo ito per uno spessore adeguato (almeno 40 cm), in modo da ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

7.1.3 Adozione di fondazioni profonde delle strutture (pali di grande diametro in c.a.)

Nel progetto definitivo dovranno essere previsti per tutte le strutture in progetto fondazioni su pali (ad es. pali trivellati di grande diametro di adeguata lunghezza), in modo da consentire il trasferimento dei carichi di progetto al di sotto del terreno argilloso presente mediamente nei primi 20 m di sottosuolo, garantendo un sufficiente ammassamento nel sottostante terreno sabbioso addensato.

7.2 Interventi di mitigazione della pericolosità idraulica

Nell'ambito della progettazione definitiva sono state previste, a seguito della valutazione delle aree di pericolosità idraulica mappate, delle aree urbanizzate previste dal POC del Comune di San Giuliano Terme e non ultimo dalle risultanze delle modellazioni bidimensionali di moto vario (vedasi **Allegato 1**), le opere di mitigazione del rischio idraulico previste negli articoli 13 e 16 della L.R. 41/2018.

Nell'**Allegato 1** "*Relazione di compatibilità idraulica - Integrazioni modellistiche bidimensionali e Verifiche di rispetto della normativa vigente in materia di pericolosità idraulica l.r. 41/18 - Tratto compreso tra i nodi 1 e 5*" si riportano le risultanze della modellazione idraulica bidimensionale di moto vario estesa all'intera area soggetta agli interventi in progetto, con particolare dettaglio dedicato al tratto compreso tra il nodo 2 e il nodo 5.

Oltre alle integrazioni modellistiche, sono state implementate le verifiche del rispetto della normativa regionale in merito alla pericolosità idraulica LR 41/2018 "*Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua*".

Nell'ambito della progettazione definitiva, per quanto riguarda i franchi idraulici, su tutti i manufatti di attraversamento sia del reticolo maggiore che del reticolo minore stato previsto il rispetto della normativa tecnica nazionale nella sua ultima estensione (NTC 2018).

Per quanto riguarda l'idraulica di piattaforma e la ricucitura del reticolo minore, il progetto è stato condiviso con gli enti competenti e reso compatibile con le esigenze idrauliche del Consorzio di Bonifica 4 Basso Val d'Arno che ne ha avallato la prosecuzione.

Le modellazioni idrodinamiche supplementari bidimensionali di moto vario richieste dalle Autorità di Bacino del fiume Serchio e del Fiume Arno hanno dimostrato che le opere di compensazione della pericolosità idraulica e invarianza idraulica previste dalla L.R. 41/18 sono compatibili e quindi avallabili.

Nella progettazione esecutiva dovranno essere approfondite le progettazioni delle opere di mitigazione del rischio idraulico previste nelle aree urbanizzate a pericolosità P2 e P3 (necessarie ai fini del rispetto della L.R. 41/18). Tali opere prevedono l'attraversamento del rilevato ferroviario RFI (scatolari 2x2m) e l'attraversamento del rilevato stradale (Tubolari Φ 1 m) e permetteranno il rispetto della normativa vigente nel territorio del comune di San Giuliano Terme, così come le opere di trasparenza idraulica già previste in fase di progettazione definitiva lo permetteranno nei lotti successivi.

Si rimanda alla relazione idraulica di progetto e soprattutto all'Allegato 1 per quanto riguarda le verifiche del rispetto della normativa regionale vigente (L.R. 41/18), dei franchi idraulici e l'approfondimento di tutte le indagini idrodinamiche eseguite.

Qui di seguito vengono descritte con maggior dettaglio le opere di mitigazione del rischio idraulico sopra citate in maniera sintetica.

Sono state svolte le integrazioni di modellazione bidimensionale di moto vario per quanto riguarda le interazioni tra piena duecentenaria e progetto stradale tra i nodi 1 e 2, 2 e 5, nonché un approfondimento sulla zona soggetta a variante urbanistica nel comune di San Giuliano Terme.

Le simulazioni inerenti al lotto 1-2 hanno evidenziato, a differenza del parere espresso nella progettazione di fattibilità tecnico economica dagli Enti competenti, la modifica delle condizioni di deflusso a tergo del rilevato stradale, con aggravio dei tiranti per circa 15 cm nella condizione di piena duecentenaria.

Da tale evidenza è nata la necessità di integrare le soluzioni di mitigazione della pericolosità idraulica. Tali soluzioni riguardano la realizzazione di una serie di tombini idraulici attraverso i rilevati stradale e ferroviario necessari a ripristinare il valore dei tiranti a tergo delle opere.

Tali opere sono stati definiti in n. 7 tombini di diametro 1 metro attraverso il rilevato stradale, in concomitanza con n. 4 tombini scatolari 2x2 metri attraverso il rilevato ferroviario.

Con tali accorgimenti, i valori dei tiranti a tergo delle opere risultano inferiori a quelli dello stato attuale, non modificando quindi le classi di pericolosità idraulica.

Nella progettazione definitiva, come già sopra esplicitato, sono stati previsti n. 111 manufatti di trasparenza idraulica diam. 800mm, relativi alla tratta tra i nodi 2 e 5.

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente documento è stata analizzata la fattibilità geologica della variante urbanistica al Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme (PI), resasi necessaria per le modifiche introdotte nella progettazione definitiva della nuova “Viabilità di raccordo a nord di Pisa tra il nuovo polo ospedaliero, la S.S.12 del Brennero, la S.S.1 Aurelia e la S.P.2 Vicarese (tratta Madonna dell’Acqua-Cisanello)”, limitatamente al tratto compreso tra i nodi 1 e 3, dato che il POC vigente ha recepito il tracciato della viabilità sviluppato nel precedente livello di progettazione (progetto di fattibilità tecnico economica).

Ai sensi della vigente normativa regionale (*D.P.G.R. 30/01/2020, n. 5/R, D.G.R. 20/0/2020, N. 31 - Allegato , Legge regionale 24 luglio 2018, n. 41*) sulla base delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrauliche delle aree attraversate dal tracciato dell’infrastruttura, dei livelli di pericolosità geologica, sismica e idraulica e delle classi di fattibilità geologica di tali aree, sono stati descritti i condizionamenti e gli interventi necessari al fine di garantire la piena compatibilità delle opere in progetto.

Sulla base di quanto riportato ai punti precedenti, la Variante al Piano Operativo Comunale (POC) del lotto dell’infrastruttura in progetto compreso tra i nodi 1 e 3 risulta quindi fattibile sotto il profilo della pericolosità geologica, sismica e idraulica.



**PRO
ITER**
Progetto
Infrastrutture
Territorio s.r.l.



S M A R T
ENGINEERING s.r.l.



CREALINK s.r.l.
INGEGNERIA & CONSULENZA



AK CHEO
SISTEMI

Nuova viabilità nord di Pisa
Progetto Definitivo
Variante al Piano Operativo Comunale (POC)

9 ALLEGATI

- 9.1 **ALLEGATO 1: Tratto compreso tra i Nodi 1 e 5 - Relazione di compatibilità idraulica - integrazioni modellistiche bidimensionali e verifiche di rispetto della normativa vigente in materia di pericolosità idraulica L.R. 41/18**

PROVINCIA DI PISA

ALLEGATO 1

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA INTEGRAZIONI MODELLISTICHE BIDIMENSIONALI E VERIFICHE DI RISPETTO DELLA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA L.R. 41/18

TRATTO COMPRESO TRA I NODI 1 E 5

**PROGETTO DEFINITIVO VIABILITA' DI RACCORDO NORD TRA IL NUOVO POLO
OSPEDALIERO, LA S.S. N°12 DEL BRENNERO, LA S.S. N°1 AURELIA, E LA S.P. N°2.**

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DEI BACINI OGGETTO DELLO STUDIO	2
3	ESONDAZIONI DEL F. SERCHIO.....	2
4	SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO VARIO BIDIMENSIONALE	4
5	INTEGRAZIONI RICHIESTE GENIO CIVILE TOSCANA NORD	11
5.1	Rappresentazione delle simulazioni idrauliche bidimensionali di moto vario	12
5.1.1	<i>Scenario di stato di fatto per tempo di ritorno 200 anni, mappa dei tiranti</i>	12
5.1.2	<i>Scenario di stato di progetto per tempo di ritorno 200 anni, mappa dei tiranti.....</i>	13
5.1.3	<i>Mappa differenza dei tiranti tra progetto e stato di fatto per tempo di ritorno 200 anni.....</i>	13
5.1.4	<i>Scenario di stato di progetto con opere di mitigazione per tempo di ritorno 200 anni, mappa dei tiranti</i>	14
5.1.5	<i>Mappa differenza dei tiranti tra stato di fatto e stato di progetto per tempo di ritorno 200 anni</i>	14
5.1.6	<i>Mappatura di campi di moto per la valutazione della magnitudo idraulica.</i>	15
5.2	Definizione della variazione del rischio idraulico	17
5.3	Scenari di applicazione della normativa regionale sul rischio idraulico.....	18
5.3.1	<i>VERIFICA AREA 1</i>	20
5.3.2	<i>VERIFICA AREA 2</i>	21
5.3.3	<i>VERIFICA AREA 3</i>	23
5.3.4	<i>VERIFICA AREA 4</i>	24

1 PREMESSA

Il presente elaborato riporta le risultanze della modellazione idraulica bidimensionale di moto vario estesa all'intera area soggetta agli interventi in progetto, con particolare dettaglio dedicato al tratto compreso tra il nodo 2 e il nodo 5.

Oltre alle integrazioni modellistiche, sono state implementate le verifiche del rispetto della normativa regionale in merito alla pericolosità idraulica LR 41/2018 Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua.

2 DESCRIZIONE DEI BACINI OGGETTO DELLO STUDIO

Il reticolo di riferimento fa capo al fiume Morto che drena la pianura compresa fra i Fiumi Serchio e Arno.

Tale bacino si estende per oltre 100 km², anche se la superficie effettiva risulta pari a circa 76 Km². La parte montuosa è drenata da affluenti che scendono dai monti di Calci mentre la parte di pianura drena la parte a nord della città di Pisa e la parte a sud del F.Serchio.

3 ESONDAZIONI DEL F. SERCHIO

Per quanto riguarda il F.Serchio sono stati utilizzati gli idrogrammi di esondazione ottenuti dalla Autorità di distretto.

I dati principali sono riportati di seguito.

In Fig. 1 è riportata la planimetria con gli sfiori mentre in Fig. 2 è riportata la situazione peggiore per $T_r=200$ anni e durata $t=24$ ore.

Le modellazioni sono state svolte per scenari di stato di fatto e di progetto, sia per il reticolo principale sia per il solo reticolo secondario con tempo di ritorno pari a 200 anni.



Figura 1- *Posizione degli sfioratori del F.Serchio*

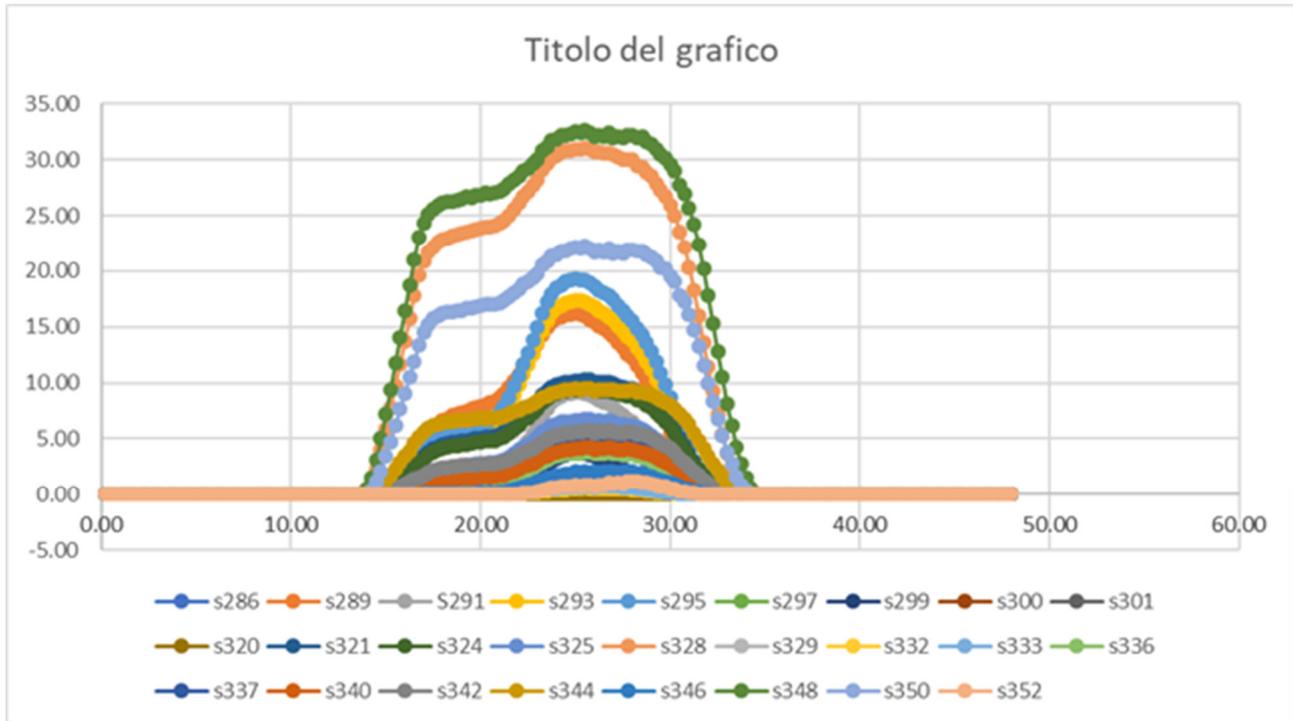


Figura 2 - Sfiori in SX F.Serchio per $Tr=200$ anni (situazione peggiore per durata pari a 24 ore)

Oltre agli idrogrammi sopra elencati sono stati inseriti, per le valutazioni delle esondazioni, gli idrogrammi di piena del reticolo minore, tra questi:

- La somma degli idrogrammi in ingresso al modello da nord est (fosso Civitonia, Rio dei Mulini, Botro della cava)
- Scolo Rigoli
- Rio della croce
- Canale Montebianco (somma degli idrogrammi del bacino completo)
- Fosso delle acque alte (somma degli idrogrammi del bacino completo)
- Torrente Zambra
- Fiume Morto con idrogramma riscaldato in testa al bacino ed idrogramma distribuito lungo il corso del canale.

Tutti gli idrogrammi sopra menzionati sono stati ricavati dalla relazione idrologica dello “Studio idraulico a supporto del POC di San Giuliano” eseguito dall’ing. Jacopo Taccini, alla quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

4 SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO VARIO BIDIMENSIONALE

Al fine di valutare l’effetto dell’opera in progetto sono state condotte delle simulazioni mediante l’uso del software HECRAS v5.07

In particolare, è stata analizzata la situazione attuale, confrontandola con la situazione di progetto nella quale sono stati inseriti i fornicci di trasparenza idraulica così come già richiesto nel parere allegato al progetto preliminare ed implementati nella progettazione definitiva.



Figura 3 Area interessata dalle opere di progetto nella configurazione di stato attuale



Figura 4 Area interessata dalle opere di progetto nella configurazione di stato di progetto

Nel dettaglio, per il modello digitale del terreno per le simulazioni di progetto come sopra esposto sono stati inseriti i fornicci di trasparenza idraulica, inserendoli in maniera da essere simulati bidimensionalmente secondo il valore della sezione equivalente.

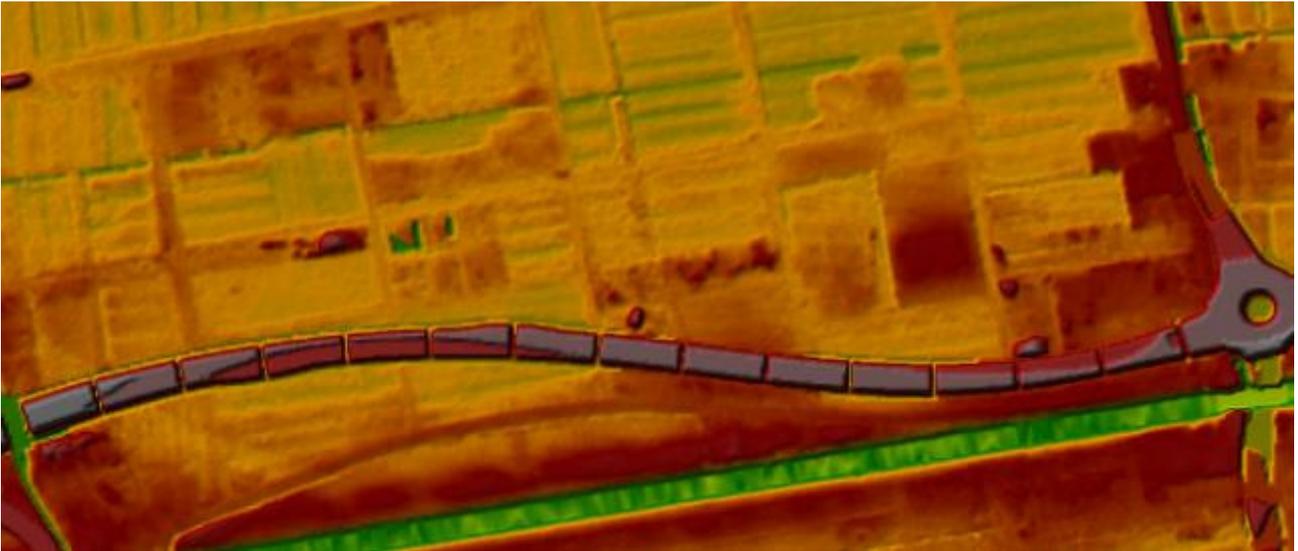


Figura 5 Dettaglio dei fornici inseriti per le simulazioni di progetto

L'estensione totale del modello idraulico risulta essere superiore ai 100 kmq, così come rappresentato nella figura seguente.

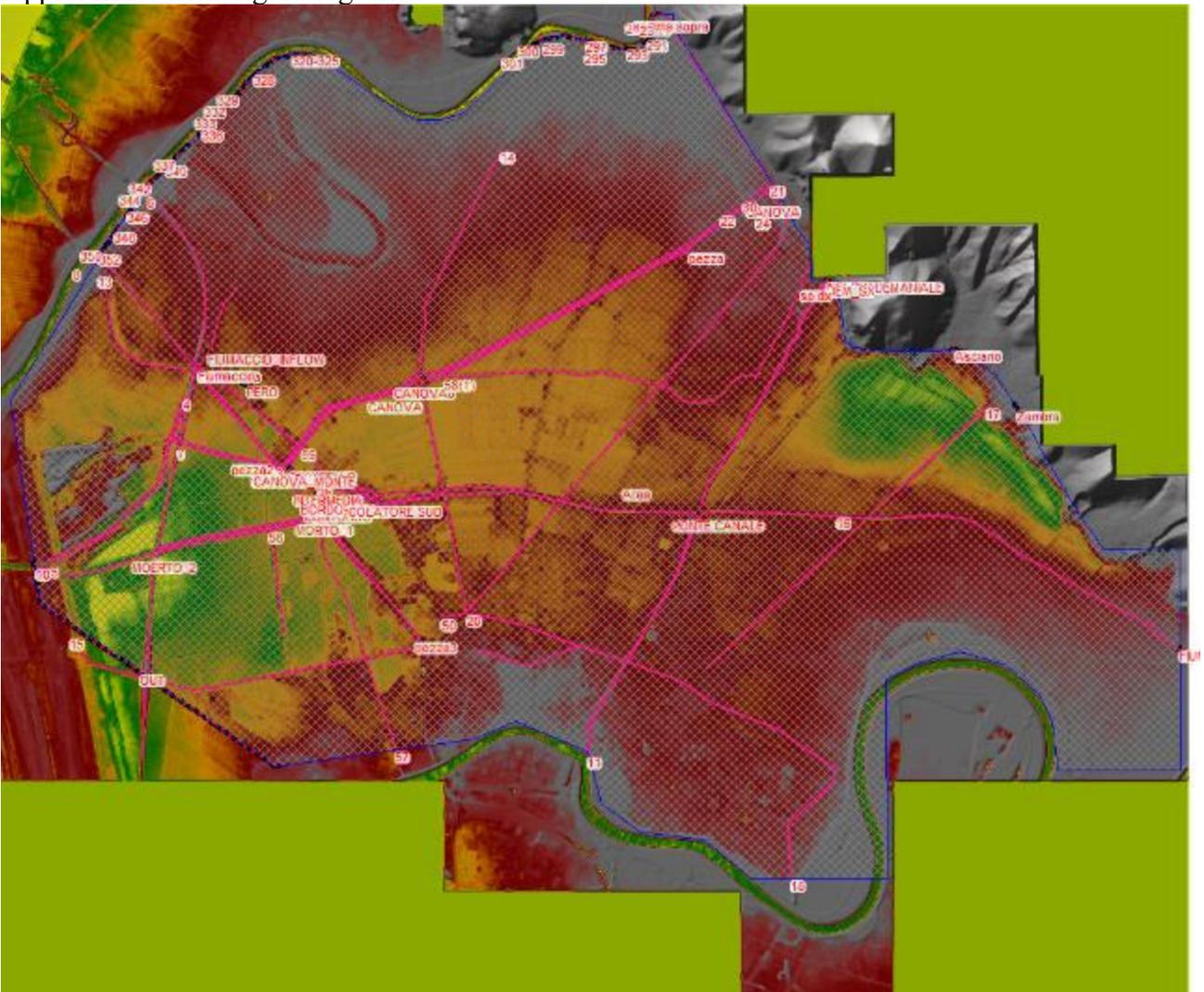


Figura 6 Estensione del modello idraulico completo

Le condizioni al contorno interne sono rappresentate dalla scabrezza imposta pari a $n = 0.03 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ su tutta la superficie bidimensionale, in analogia a quanto fatto per il modello bidimensionale utilizzato per le valutazioni dei lotti 1-2.

Le condizioni al contorno di Valle sono state fissate in maniera tale da avere una pendenza della linea dell'energia pari a 0.003 in linea con quella del terreno.

È stata valutata la congruenza della soluzione per i lotti 1-2 sia nel caso di modellazione di stato di fatto che di progetto, in modo da verificare la veridicità dei valori dichiarati nella modellazione precedente. Ne è risultata una quasi perfetta congruenza, con i valori di stato di fatto e di progetto per l'area 1-2 della superficie idrica con scostamenti massimi di 2 cm rispetto a quanto calcolato in precedenza.

Di seguito sono riportate le altezze di esondazioni massime per le varie condizioni e le mappe dei livelli dell'acqua sul livello del mare per l'area oggetto di approfondimento.

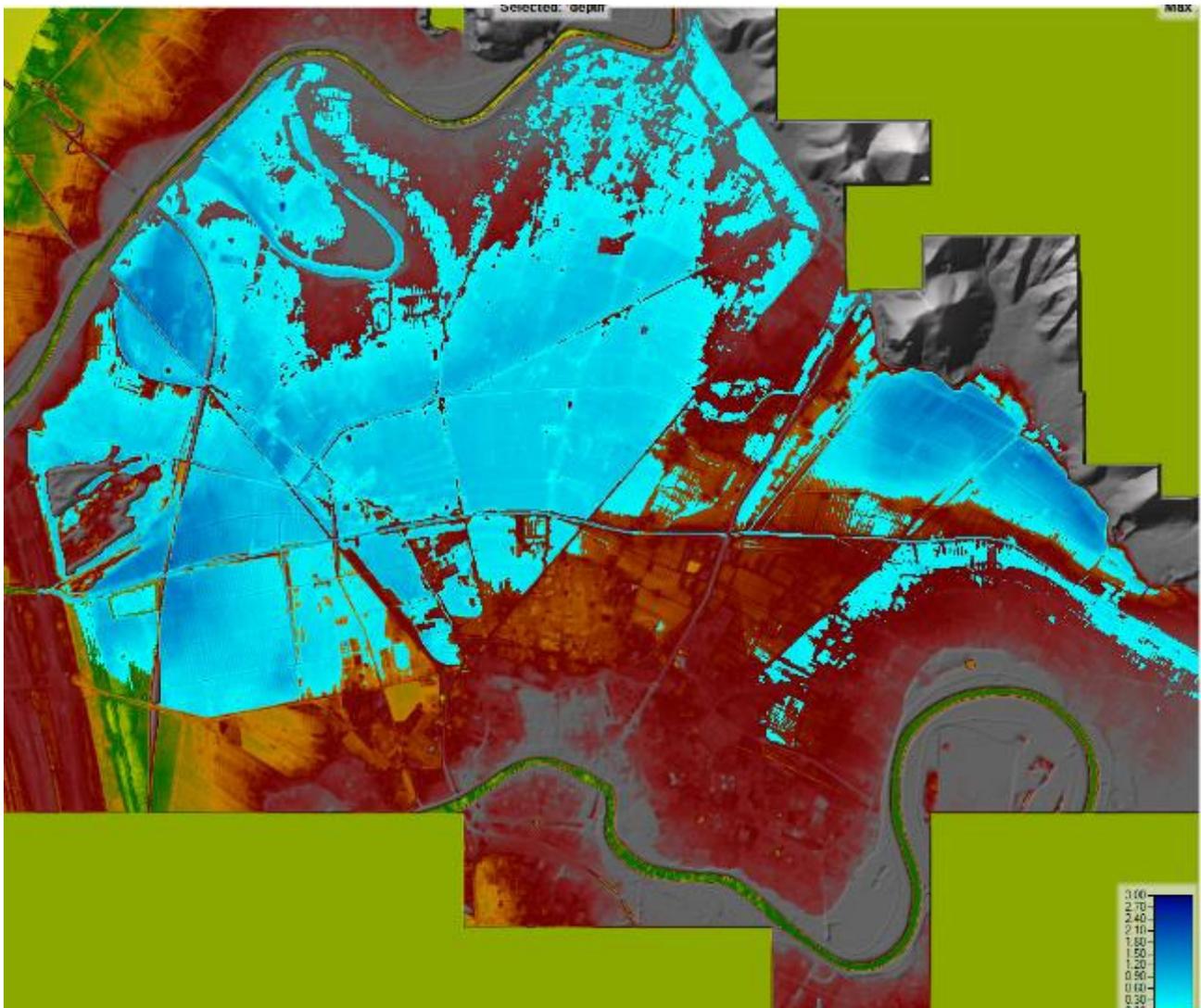


Figura 7 Tiranti massimi per simulazione Tr 200 anni di stato di fatto

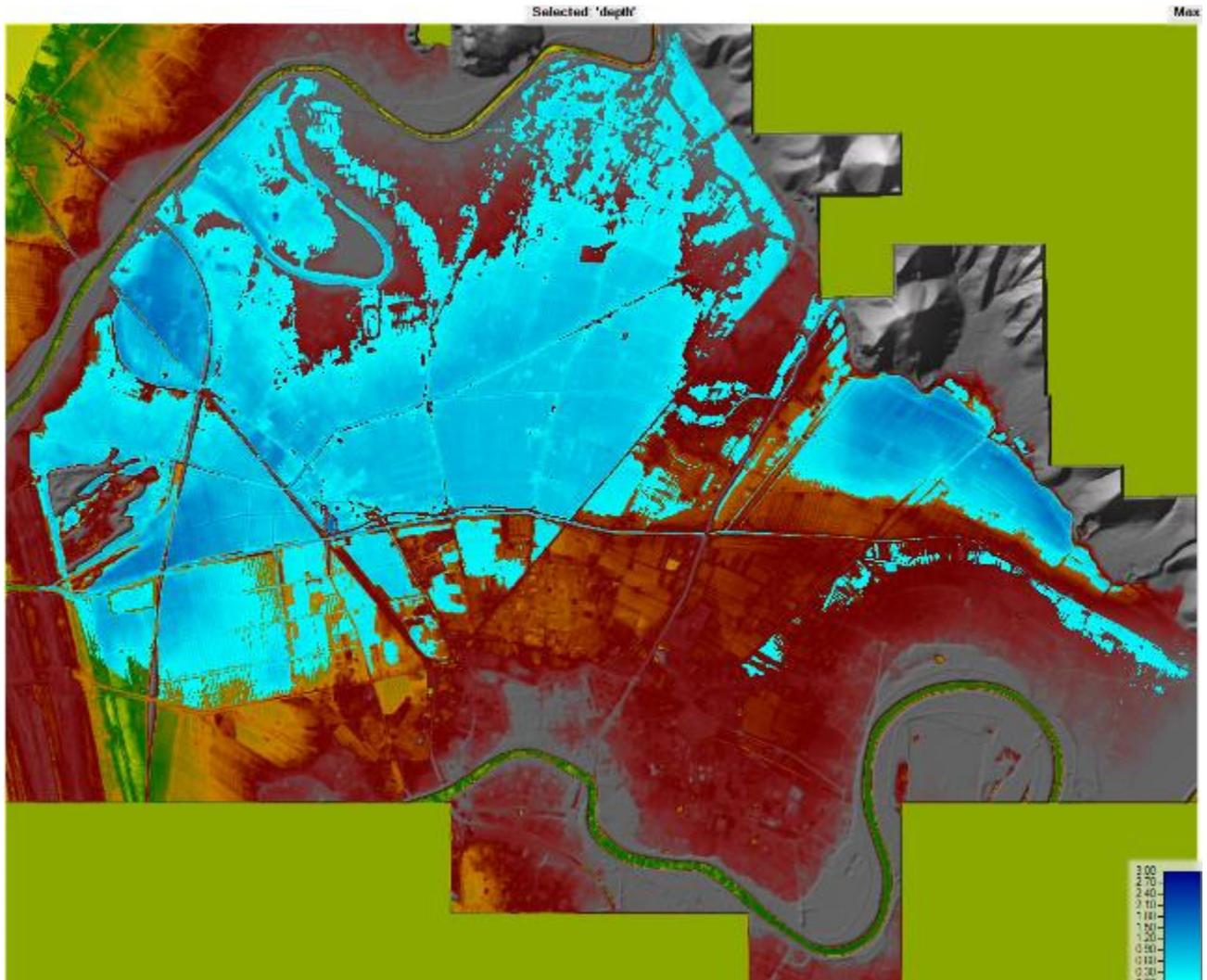


Figura 8 Simulazione di progetto per Tr 200 anni stato di progetto

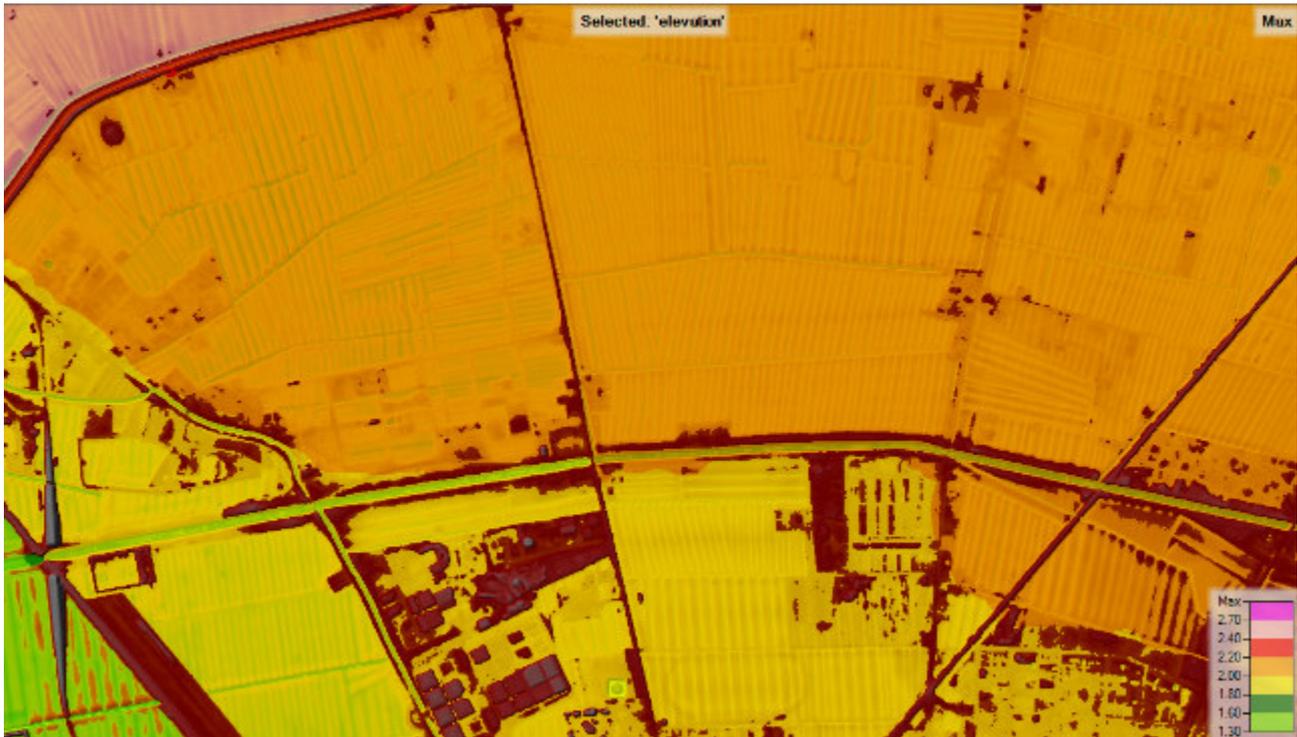


Figura 9 Involuppo dei massimi delle superfici idriche per stato attuale simulazione Tr 200 anni



Figura 10 Involuppo dei massimi delle superfici idriche per stato di progetto simulazione Tr 200 anni

Come si evince dal confronto delle figure sopra riportate, la differenza nell'involuppo dei massimi delle superfici idriche a tergo della viabilità in progetto rispetto alla condizione di stato attuale (senza viabilità) è se non coincidente molto simile; infatti i valori di superficie idrica differiscono di alcuni centimetri tra le due simulazioni.

Nell'immagine seguente, per meglio dettagliare il confronto, viene riportato il profilo a tergo della viabilità ove si genera la maggior differenza di superficie idrica, che comunque rimane contenuta tra un minimo di 1 e un massimo di 2 cm.

RASMapper Plot

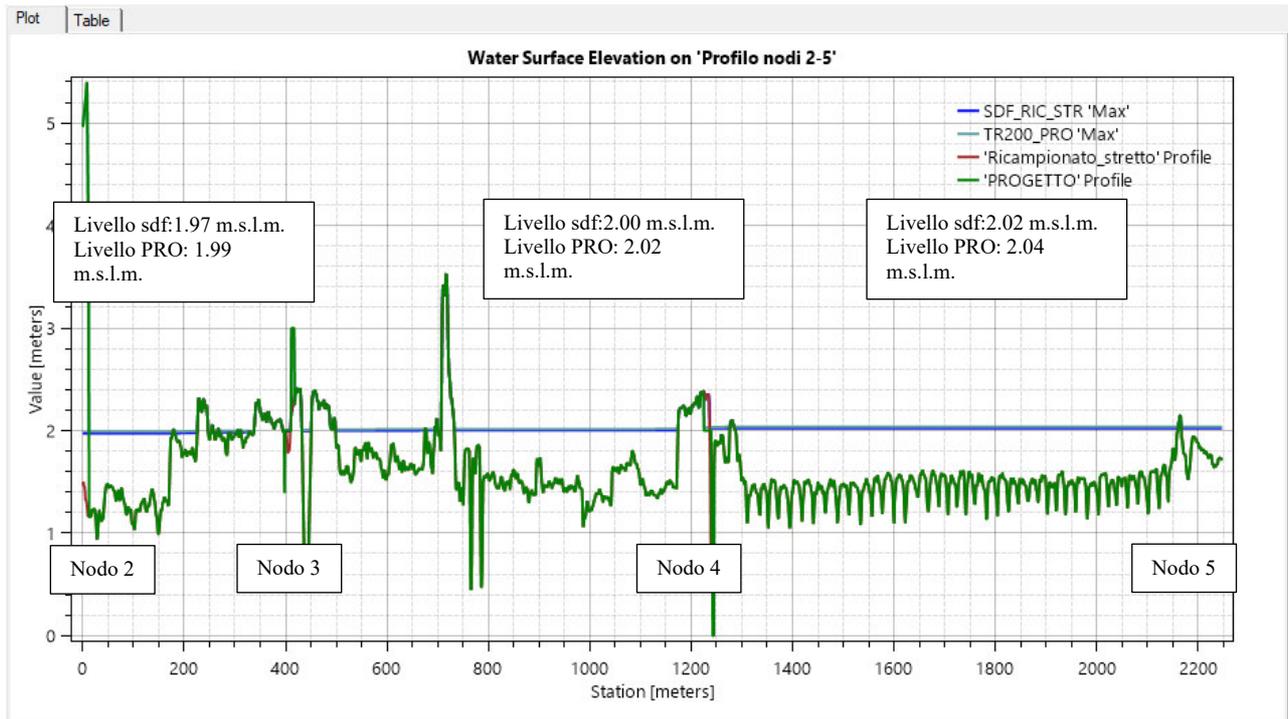


Figura 11 Confronto tra i profili degli involuipi dei massimi delle superfici idriche a tergo della viabilità in progetto e stato di fatto tra i nodi 2 e 5.

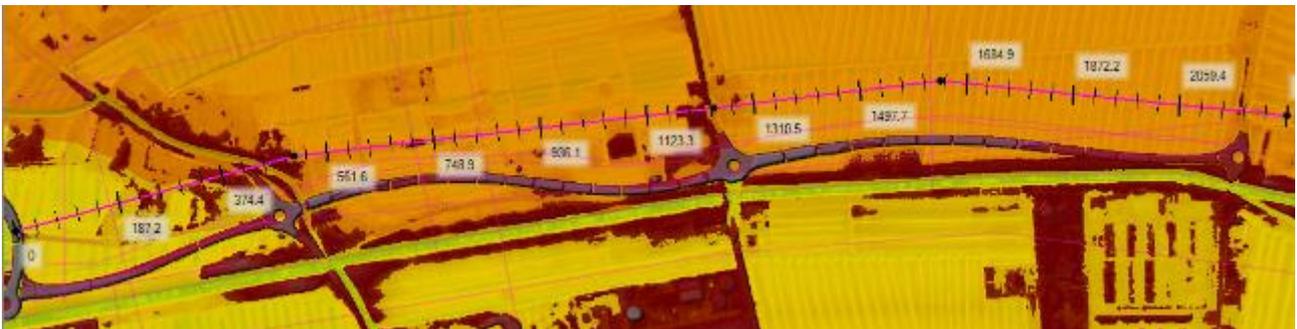


Figura 12 Posizione del profilo a tergo della viabilità tra i nodi 2 e 5 nella configurazione di stato attuale

Come si evince dai confronti sopra riportati la struttura viaria con l'implementazione dei fornicelli risulta trasparente al propagarsi della piena duecentenaria. Il confronto con la situazione attuale mostra la sostanziale equivalenza dei tiranti e delle superfici idriche, con un delta massimo contenuto in 2 cm.

5 INTEGRAZIONI RICHIESTE GENIO CIVILE TOSCANA NORD

Nel presente capitolo vengono riportate le risultanze delle simulazioni idrodinamiche di moto vario bidimensionale svolte per la verifica della compatibilità idraulica delle opere inerenti al progetto definitivo del nuovo collegamento viario “Raccordo a nord di Pisa tra il nuovo polo ospedaliero, la S.S. N.12 del Brennero, la S.S. N.1 Aurelia e la S.P. N.2 Vicarese”.

Su richiesta del Genio Civile Toscana Nord sono state rieditate le legende delle mappature dei tiranti idrici, per le simulazioni di stato di fatto, di progetto e di progetto con opere di mitigazione.

Da tali mappe sono poi state estratte le differenze dei tiranti ottenute tra gli scenari:

1. progetto meno stato di fatto
2. progetto con opere di mitigazione meno stato di fatto

Con tale operazione emergono le differenze nei tiranti idrici generate dalla presenza delle opere in progetto e la situazione attuale per la prima mappa e nella seconda, con presenza delle opere di mitigazione, si possono notare i benefici apportati da tali opere nell’abbattimento delle differenze dei tiranti, il che significa l’aver riportato i valori delle esondazioni sostanzialmente a quelli dello scenario attuale in assenza di opere.

Tali opere di mitigazione del rischio idraulico si riassumono nei seguenti interventi.

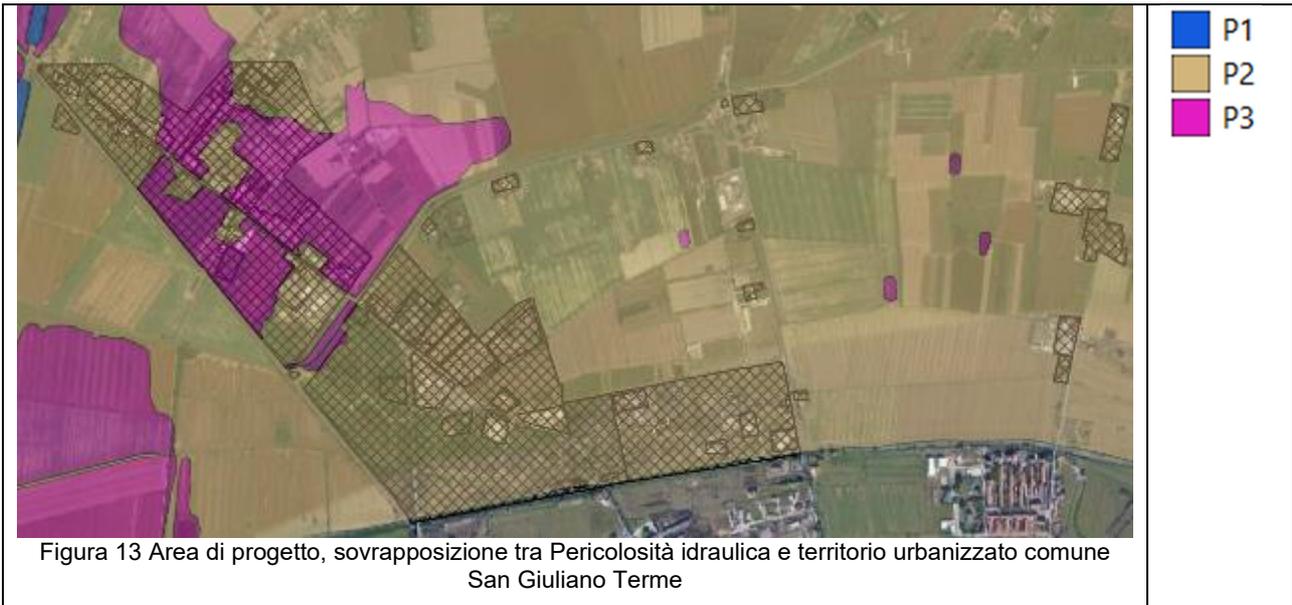
Per i lotti 1-2 l’inserimento di “culvert” ovvero tombini di trasparenza idraulica nel rilevato stradale, in numero di 7 di larghezza 1 metro; tali tombini permettono il passaggio delle acque attraverso il rilevato stradale nell’area interclusa tra codesto rilevato e quello ferroviario. Per permettere quindi il deflusso verso valle delle acque sono stati concertati e definiti, con RFI, la progettazione ed esecuzione dei 4 scatolari di misura 2x2 metri. Tali strutture sono state condivise e accettate da RFI. Tali scatolari garantiscono l’abbassamento dei tiranti a tergo delle opere ai valori equivalenti a quelli di stato di fatto.

Per i lotti 2-5 era già stata prevista, a valle della fase preliminare di progettazione e recepita nella fase definitiva, l’inserimento di un totale di 111 tombini di diametro 800 mm, al fine di garantire il corretto deflusso delle esondazioni del Serchio verso il fiume Morto.

Ad inquadramento della zona, vengono altresì riportate le mappe di pericolosità idraulica inerenti al territorio sul quale si sviluppa il progetto dei lotti 1-5 e la mappa del territorio urbanizzato del comune di San Giuliano Terme.

Qui di seguito vengono quindi mostrate le immagini delle simulazioni riorganizzate come sopra descritto.

La mappa di Figura 13 mostra la sovrapposizione del territorio urbanizzato del comune di San Giuliano Terme e le fasce di pericolosità idraulica edite per il territorio dell’Autorità di bacino del fiume Serchio.

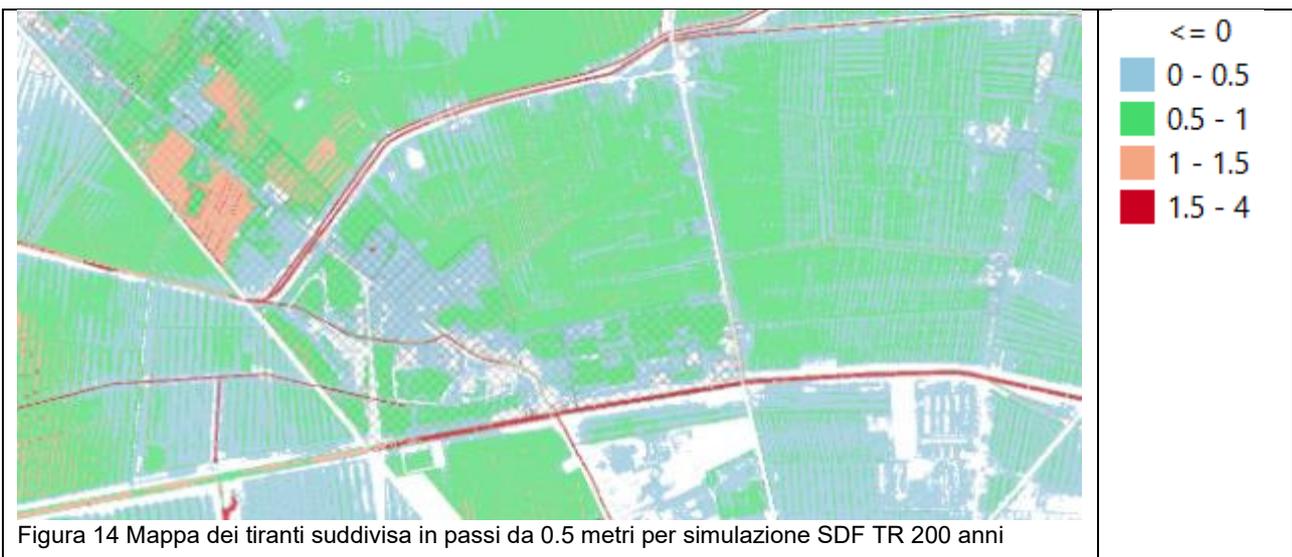


5.1 Rappresentazione delle simulazioni idrauliche bidimensionali di moto vario

Le simulazioni idrauliche per tempo di ritorno 200 anni sull'estensione totale della piana pisana a nord del fiume Arno, hanno fornito i risultati esposti nei capitoli precedenti. Qui di seguito, per una migliore comprensione, le mappe sono state ridotte per estensione alle aree interessate dal progetto, come nella Figura 13.

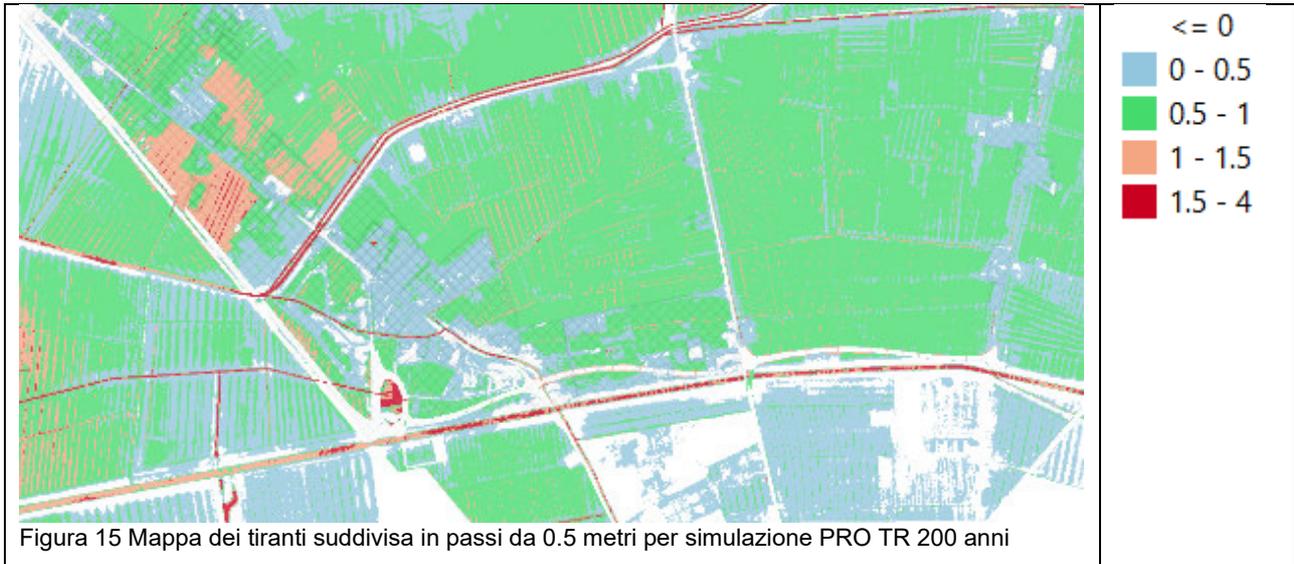
5.1.1 Scenario di stato di fatto per tempo di ritorno 200 anni, mappa dei tiranti

Qui di seguito è riportata la mappa suddetta, con in trasparenza la campitura del terreno urbanizzato



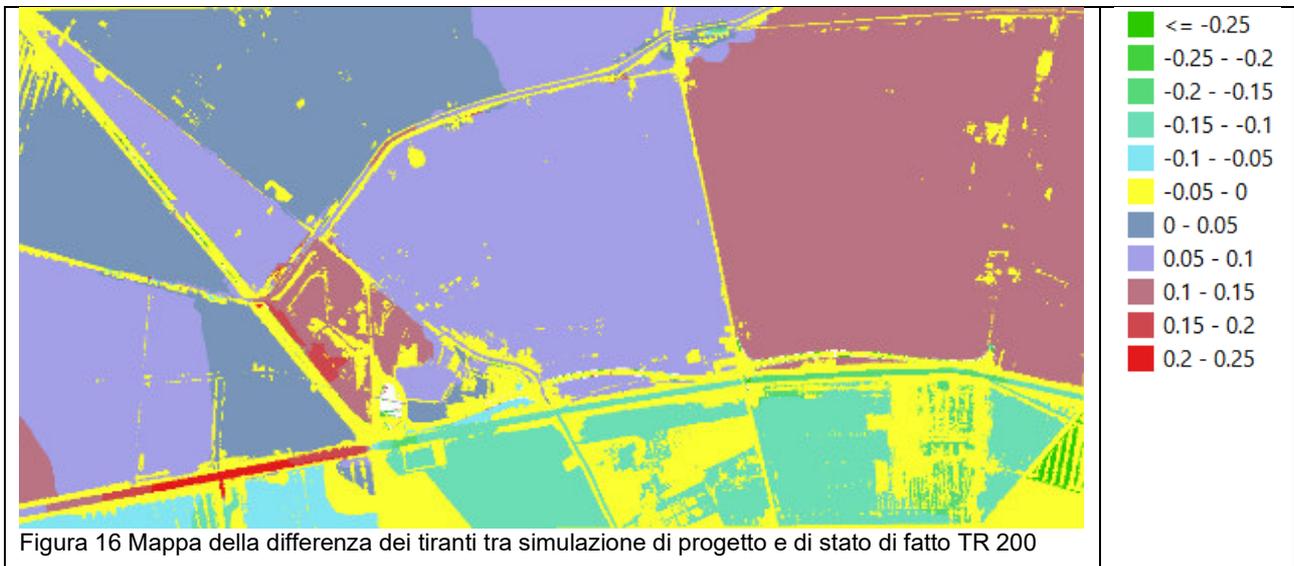
La simulazione di progetto senza la presenza di opere di mitigazione del rischio idraulico è riportata qui di seguito e rappresenta i tiranti idrici mappati secondo la stessa legenda.

5.1.2 Scenario di stato di progetto per tempo di ritorno 200 anni, mappa dei tiranti



Per ottenere un confronto tra le simulazioni che dia riscontro delle differenze dei tiranti è stata quindi costruita la mappa differenze dei tiranti tra PRO e SDF, riportata qui di seguito.

5.1.3 Mappa differenza dei tiranti tra progetto e stato di fatto per tempo di ritorno 200 anni



Come si evince dalla figura, le differenze dei tiranti tra progetto e stato di fatto mostrano un incremento a monte delle opere in progetto di circa da 5 a 15 centimetri, per contro i livelli a valle delle opere e soprattutto a valle del fiume Morto risultano essere inferiori rispetto allo scenario di stato di fatto. Tali differenze di quote sono poi riscontrabili localmente nelle figure dei profili idraulici riportati nella documentazione pregressa (Allegati VIIIa-IXa) e opportunamente verificati nei capitoli precedenti di questo documento.

Si è poi proceduto alla mappatura e al confronto tra lo scenario di stato di fatto e lo scenario di progetto con opere di mitigazione del rischio idraulico, in modo da alterare il meno possibile la magnitudo delle esondazioni e quindi non causarne un aumento in aree sensibili. Come sopra descritto, le opere

di mitigazione del rischio sono distribuite lungo tutto il percorso delle opere in progetto, ovvero tra i lotti 1 e 5.

5.1.4 **Scenario di stato di progetto con opere di mitigazione per tempo di ritorno 200 anni, mappa dei tiranti**



Per ottenere un confronto tra le simulazioni che dia riscontro delle differenze dei tiranti è stata quindi costruita la mappa differenze dei tiranti tra PRO con opere di mitigazione e SDF, riportata qui di seguito.

5.1.5 **Mappa differenza dei tiranti tra stato di fatto e stato di progetto per tempo di ritorno 200 anni**



Come si evince dalla figura sopra riportata, le differenze si attestano nel campo di valori tra 0 e + 5 cm a monte delle opere e tra -5 cm e 0 a valle delle opere.

Da tale mappatura emerge chiaramente che le opere di mitigazione distribuite lungo tutto il percorso della viabilità in progetto riportano l'andamento delle esondazioni e dei tiranti massimi a valori praticamente coincidenti a quelli dello stato di fatto.

5.1.6 Mappatura di campi di moto per la valutazione della magnitudo idraulica.

Per definire se vi sia o meno una variazione del rischio idraulico nelle aree urbanizzate con pericolosità idraulica P3 ed extraurbane con pericolosità idraulica P2 sono stati mappati i campi di moto.



Dalla figura emerge che l'andamento dei campi di moto è molto poco variabile, con un deflusso generalizzato nella direttrice nord sud, seguente l'andamento orografico.

I punti di maggior velocità sono dati dai punti nei quali vi sono dei passaggi idrici con bocche sotto battente come è il sottopasso stradale a Madonna dell'acqua e le varie superfici di sfioro.

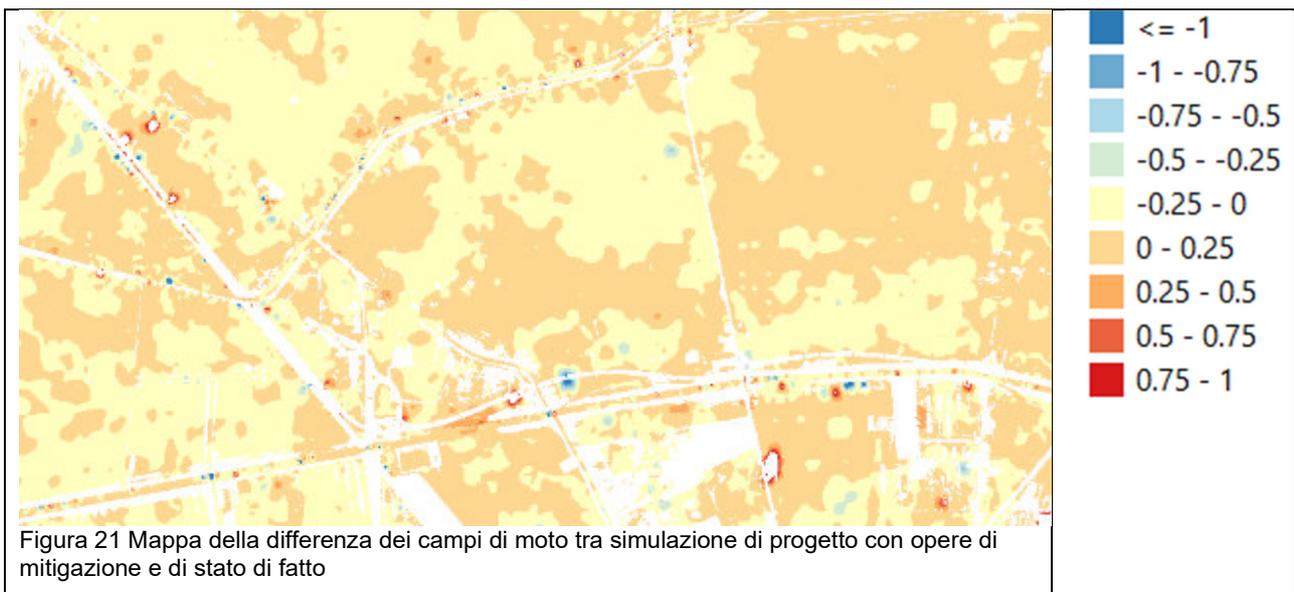
È da rimarcare che la mappatura sopra esposta deriva dal codice di calcolo Hec Ras 5.07 in modalità bidimensionale, che per la massimizzazione di tiranti, superfici idriche e velocità effettua l'involuppo di tutti i massimi di ogni singola cella o nodo, indipendentemente dal tempo nel quale venga raggiunta.

Questo significa che nella mappatura sopra esposta sono riportati tutti i massimi di velocità raggiunti nei vari nodi e non necessariamente al momento del massimo livello idrico raggiunto secondo l'andamento temporale della simulazione.

Ora, mostrando la medesima mappatura per la simulazione di stato di fatto e facendo le differenze tra progetto e stato di fatto si può apprezzare la variazione dei campi di moto



La mappa che mostra la differenza tra gli inviluppi dei campi di moto tra progetto con mitigazioni e stato di fatto è qui di seguito rappresentata.



Dalla mappa sopra riportata si capisce chiaramente che nonostante la mappatura sia effettuata sugli inviluppi dei massimi valori, i campi di moto hanno quasi ovunque delle differenze di velocità che variano tra -0.25 m/s e $+0.25$ m/s.

È da sottolineare che alcune zone mappate con alte velocità sono date da due tipologie di dato:

1. la prima riguarda accelerazioni del flusso nel passaggio sopra superfici con tiranti minimi e quindi causa di leggere instabilità di calcolo
2. il passaggio attraverso bocche tarate o punti di sfioro.

Tal incrementi dei campi di moto sono quindi da ascrivere più alle fasi iniziali delle simulazioni, ove la propagazione del deflusso causa aumenti localizzati dei campi di moto più che alla condizione di massima esondazione e massimi tiranti per le quali i campi di moto sono alquanto mitigati.

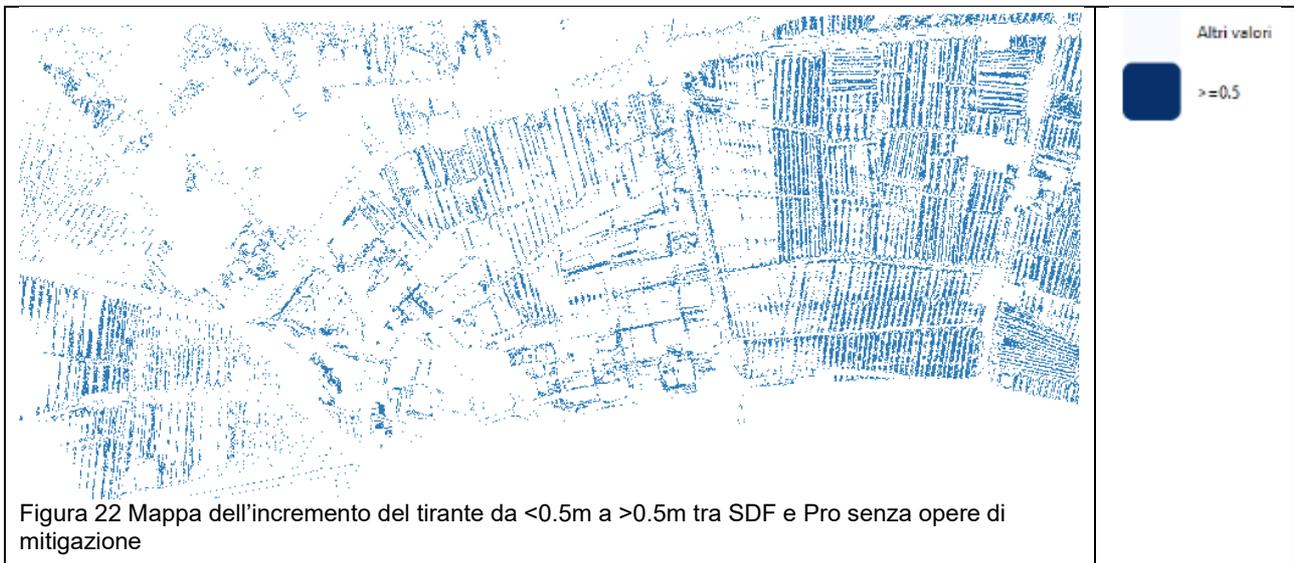
5.2 Definizione della variazione del rischio idraulico

Da tutto quanto sopra esposto ora siamo in grado di rispondere ai quesiti posti dal Genio Civile sezione Toscana Nord.

Per quanto riguarda la configurazione di progetto senza opere di mitigazione, si è visto che l'incremento del battente idrico nelle aree interessate dalle opere in progetto si limita a valori compresi tra 0 e 15 cm.

Sovrapponendo questi risultati ai campi di moto ne deriva che, essendo questi sempre inferiori di 1 m/s praticamente ovunque (la velocità è quasi ovunque inferiore a 0.25 m/s) l'incremento della magnitudo idraulica potrà essere limitata in quelle aree ove il tirante è di per sé stesso nelle simulazioni di stato di fatto molto prossimo a 0.5 metri e quindi l'incremento anche se limitato porterebbe ad una classe superiore di magnitudo.

Quindi per dare resa grafica a tali variazioni è stata costruita la mappa che somma ai tiranti di stato di fatto compresi tra zero a 0.49 cm la mappa delle differenze dei tiranti tra progetto senza opere di mitigazione e stato di fatto. Tale mappa mostra quindi le aree che, per vicinanza al limite di cambio di magnitudo per i tiranti, nella configurazione di progetto supera tale valore.

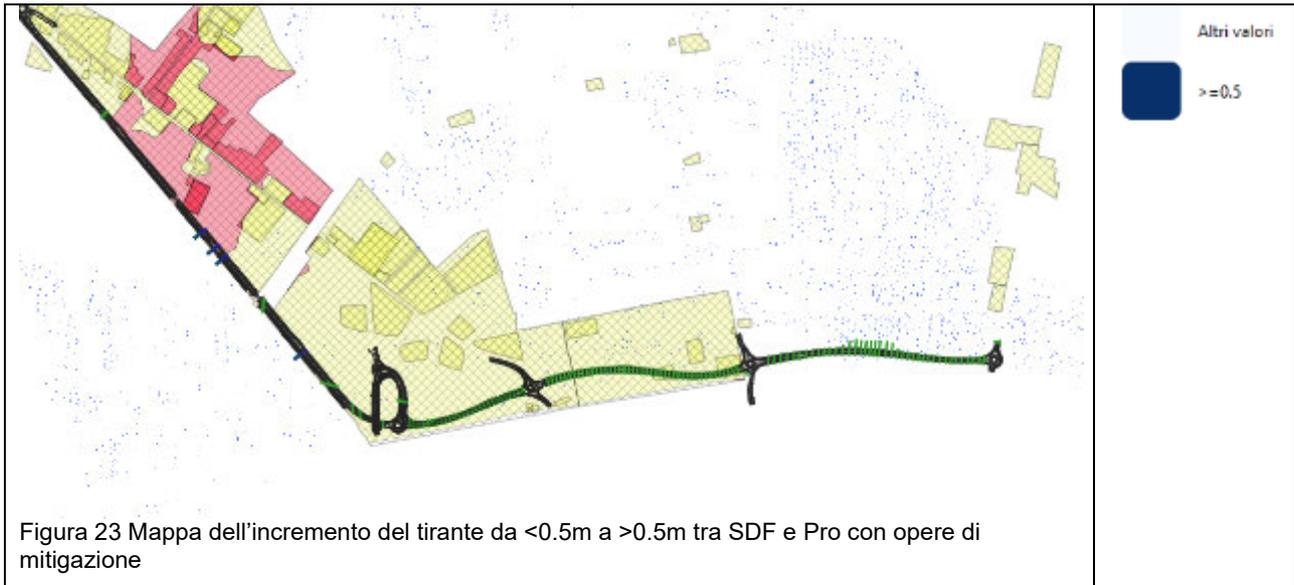


Come si nota dalla figura, l'incremento di aree che passano da $<0.5\text{ m}>$ a $>0.5\text{ m}>$ di tirante per la simulazione di progetto senza opere di mitigazione è limitata sostanzialmente ai fossi e alle scoline, ove, rispetto al piano campagna vi è di per sé un aggravio del valore del tirante causato dalla depressione di tali aree.

Ne deriva che già per la configurazione senza opere di mitigazione la variazione di magnitudo idraulica e quindi l'incremento del rischio è praticamente nullo per le aree a piano campagna essendo, come dimostrato nei paragrafi precedenti e richiamato qui sopra, il campo di moto sempre inferiore a valori di 0.25 m/s.

La medesima rappresentazione per la condizione di progetto con opere di mitigazione porta ad una mappatura praticamente formata da punti, ovvero zone ove la differenza è basata sul limite del tirante di stato di fatto a 0.49 m che, sommandovi i 2 centimetri in media di incremento del tirante per la simulazione in oggetto, con l'andamento dei campi di moto riportato nelle figure precedenti sempre inferiore a 0.25 m/s (Figura 20 e Figura 21) porta alla variazione di magnitudo idraulica a forma puntuale.

Qui di seguito è mostrata la mappa risultante.



Da quanto sopra esposto, per la definizione della variazione del rischio nelle aree interessate dalle opere in progetto secondo gli scriventi si può, con un buon grado di approssimazione, concludere che non vi siano aree soggette ad incremento del rischio idraulico nella condizione di progetto con opere di mitigazione.

5.3 Scenari di applicazione della normativa regionale sul rischio idraulico

L'applicazione della normativa vigente prevede diversi scenari derivanti dall'intersezione (o sovrapposizione sul medesimo territorio) di differenti classi di pericolosità idraulica in funzione delle aree urbanizzate o meno.

Nelle mappe di seguito riportate sono state rappresentate, per chiarezza di esposizione, le diverse configurazioni che nascono da tale intersezione, in quanto la normativa richiede requisiti prestazionali e di sicurezza diversi in funzione di tale mappatura per le nuove strutture viarie che insisteranno sul territorio.

Per chiarezza di esposizione delle varie configurazioni si riportano quindi le figure rappresentanti la sovrapposizione delle aree intersecate con presenza dell'opera in progetto.

Le varie combinazioni da verificare sono le seguenti:

- Pericolosità P2 in territorio urbanizzato
- Pericolosità P3 in territorio urbanizzato
- Pericolosità P2 al di fuori del territorio urbanizzato
- Pericolosità P3 al di fuori del territorio urbanizzato (caso non presente)

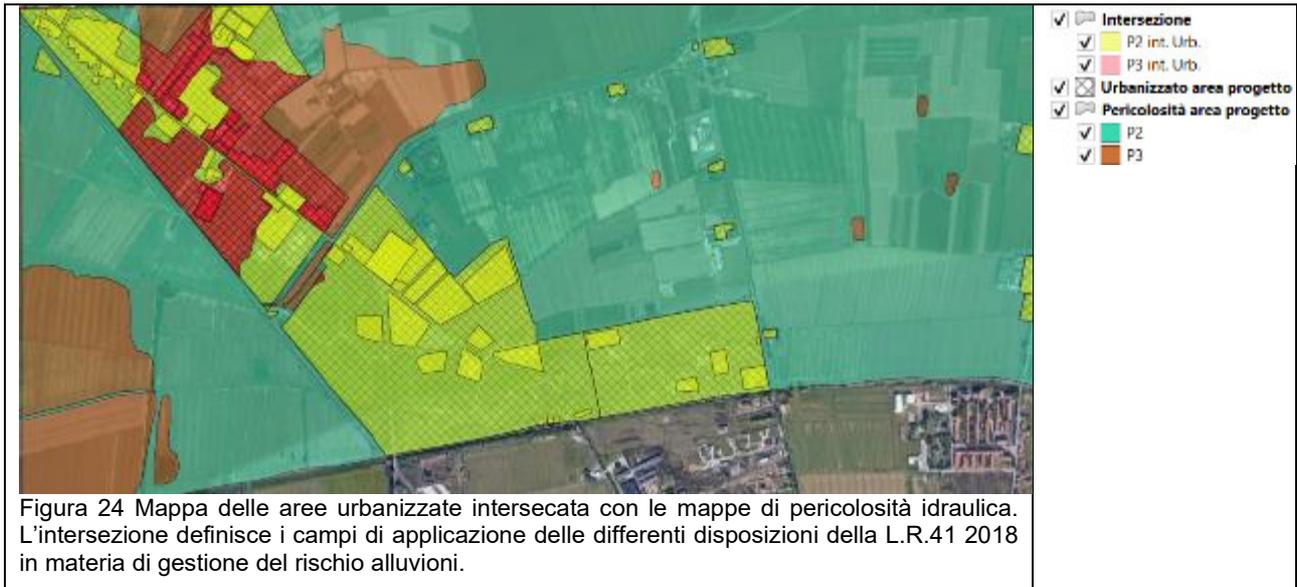
Come riassunto qui sopra, la normativa regionale individua diverse tipologie di verifica della compatibilità delle opere in progetto in funzione della pericolosità idraulica e del territorio urbanizzato o meno.

Ne derivano quindi diverse tipologie di verifica della rispondenza ai requisiti normativi.

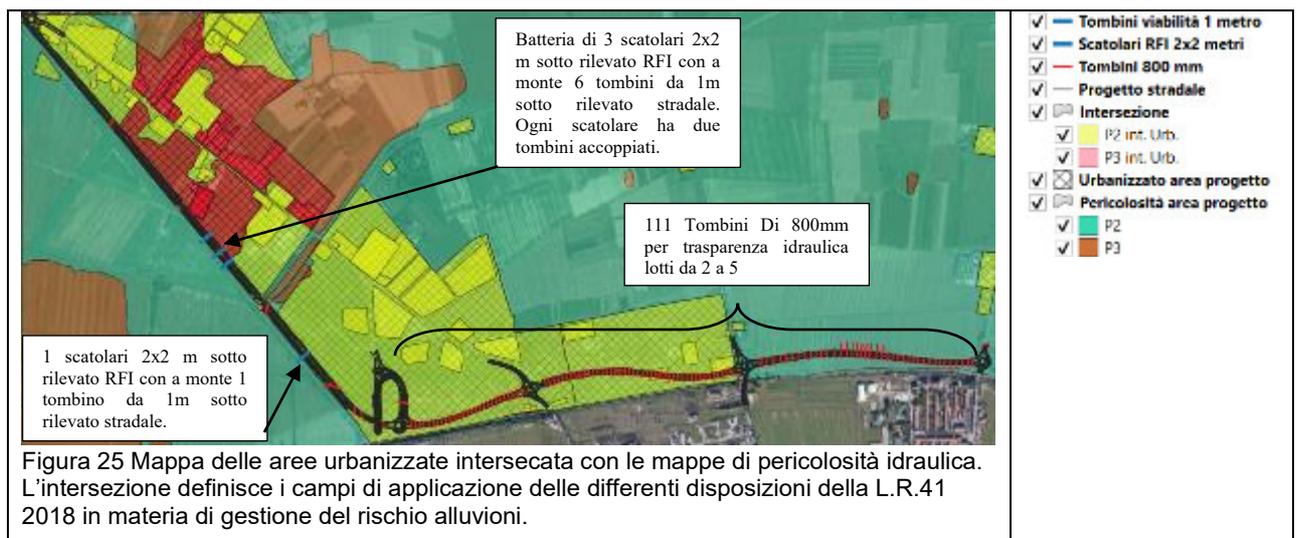
Da quanto sopra esposto risulta chiaro che nelle aree urbane del comune di San Giuliano Terme urbanizzate e in fascia P3 di pericolosità idraulica la fattibilità del progetto è anche sottoposta alla verifica del soddisfacimento della legge regionale 41/18, così come lo sono i restanti tratti di progetto in funzione della mappatura tra pericolosità e territorio urbanizzato e non.

Estraendo e sovrapponendo le mappe di pericolosità idraulica e del territorio urbanizzato, è possibile intersecarle e verificare le aree a pericolosità P3 in presenza di territorio urbanizzato.

Il risultato è qui di seguito esposto.



La medesima mappa con riportate le opere in progetto e le opere di mitigazione del rischio idraulico è rappresentata qui di seguito.



Nella figura qui sopra riportata sono rappresentate le varie combinazioni di aree a differente pericolosità idraulica (per alluvioni poco frequenti P2 in verde, per alluvioni frequenti P3 in marrone) e territorio urbanizzato, rappresentato dalla mappatura retinata in nero.

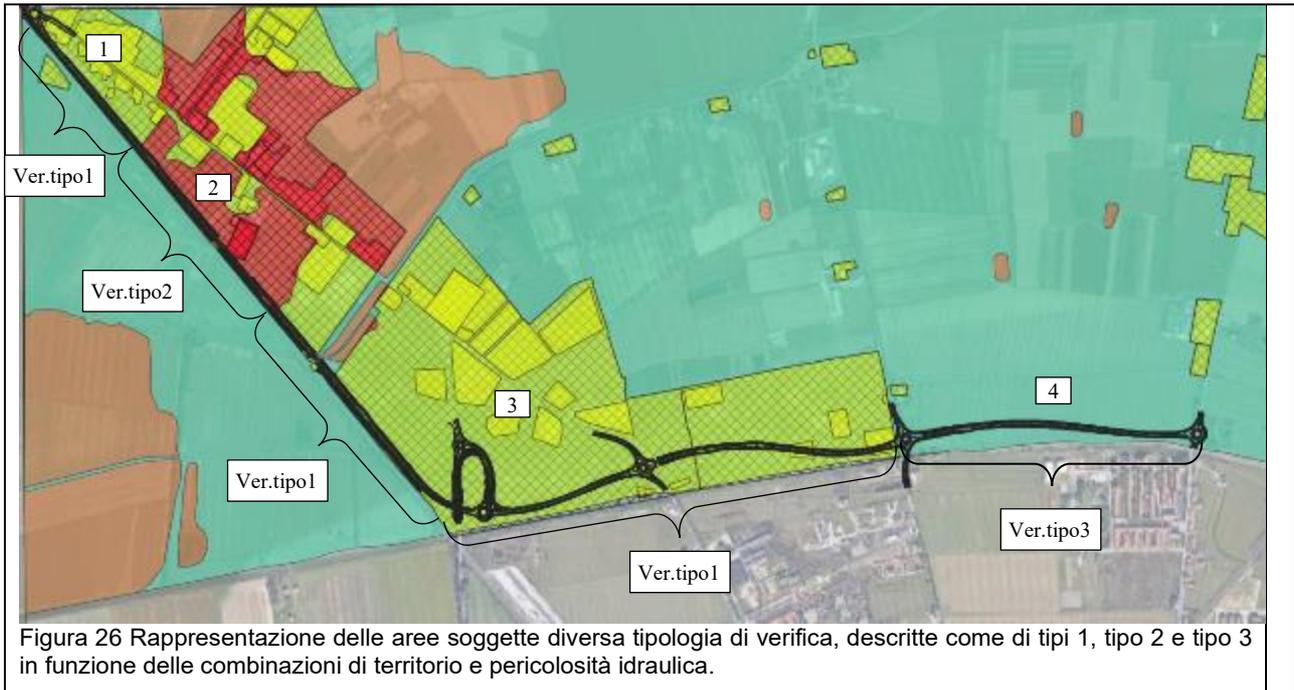
Con opportune operazioni sui vettori in ambiente GIS sono quindi state intersecate tali mappe, in modo da definire i diversi domini corrispondenti all'applicazione della normativa vigente regionale (L.R. 41-18).

Richiamando qui di seguito la classificazione tra tipologia di territorio e pericolosità idraulica:

Ver. tipo1. Pericolosità P2 in territorio urbanizzato: verifica secondo art. 13 comma 2.

Ver. tipo2. Pericolosità P3 in territorio urbanizzato: verifica secondo art. 13 comma 1.

Ver. tipo3. Pericolosità P2 al di fuori del territorio urbanizzato: verifica secondo art.16 comma 4.



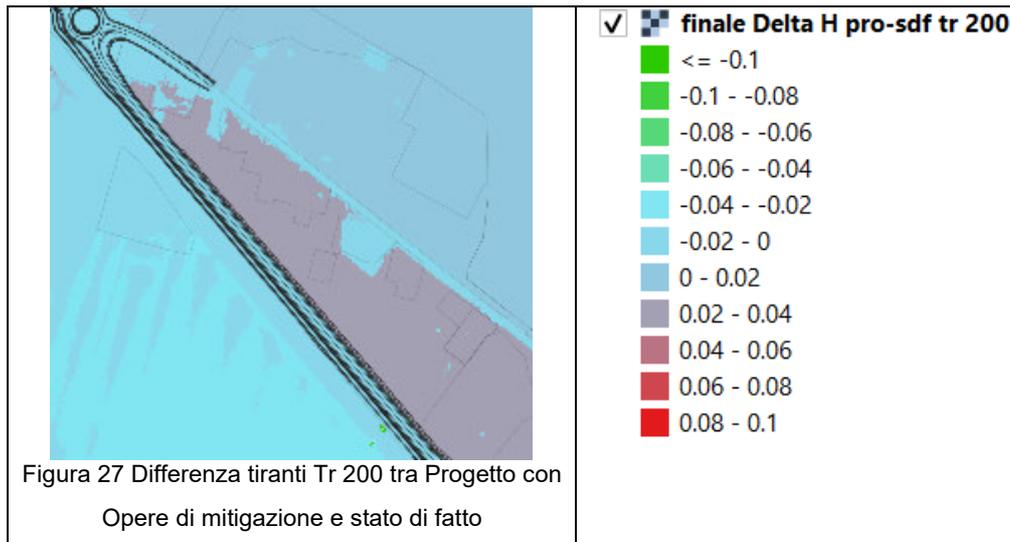
La dimostrazione del soddisfacimento di tali articoli è qui di seguito riportata.

5.3.1 VERIFICA AREA 1

Richiamando la normativa vigente quindi la verifica di tipo 1 che corrisponde all'articolo 13 comma 2 della L.R. 41-18 comporta quanto segue: *Le nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate in area di pericolosità idraulica per alluvioni poco frequenti in territorio urbanizzato indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.*

Quindi, per le aree rappresentate in giallo nelle figure precedenti ed inquadrata nella figura sottostante, la verifica passa attraverso il confronto tra la situazione di progetto con opere di mitigazione e lo stato di fatto per simulazioni con tempo di ritorno di 200 anni.

Il confronto tra la differenza dei tiranti è stato attuato cambiando la scala dal campo (-0.25 m; 1 +0.25 m) a (-0.10 m; +0.10 m) in modo da far meglio risaltare le differenze per l'area 1.



Come si evince dalla figura le massime differenze di tirante risultano essere + 3 cm a monte e tra 0 e -2 cm a valle delle opere. L'andamento dei campi di moto del deflusso, come rappresentato in Figura 19 per la simulazione di progetto con opere di mitigazione (velocità tra 0 e 0.25 m/s) e nella Figura 20 e Figura 21 per stato di fatto e confronto tra progetto con opere di mitigazione e stato di fatto (variazione delle velocità comprese tra 0 e 0.25 m/s) non sono tali da causare aggravio del rischio idraulico, né per le aree a monte del rilevato stradale né per le zone intercluse né per le aree a valle del rilevato ferroviario.

Ne deriva una sostanziale invarianza del regime di deflusso per trasparenza delle opere, senza aggravio del rischio medio e senza trasferimento del rischio in altre zone.

5.3.2 VERIFICA AREA 2

Richiamando la normativa vigente quindi la verifica di tipo 2 che corrisponde all'articolo 13 comma 1 della L.R. 41-18 comporta quanto segue: *Le nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità idraulica per alluvioni frequenti in territorio urbanizzato 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).*

- *Articolo 8, comma 1*
 - lettera a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti*
 - lettera 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;*
 - lettera c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;*

La verifica richiede che siano realizzate almeno una delle opere elencate ai punti a,b,c, dell'articolo 8.

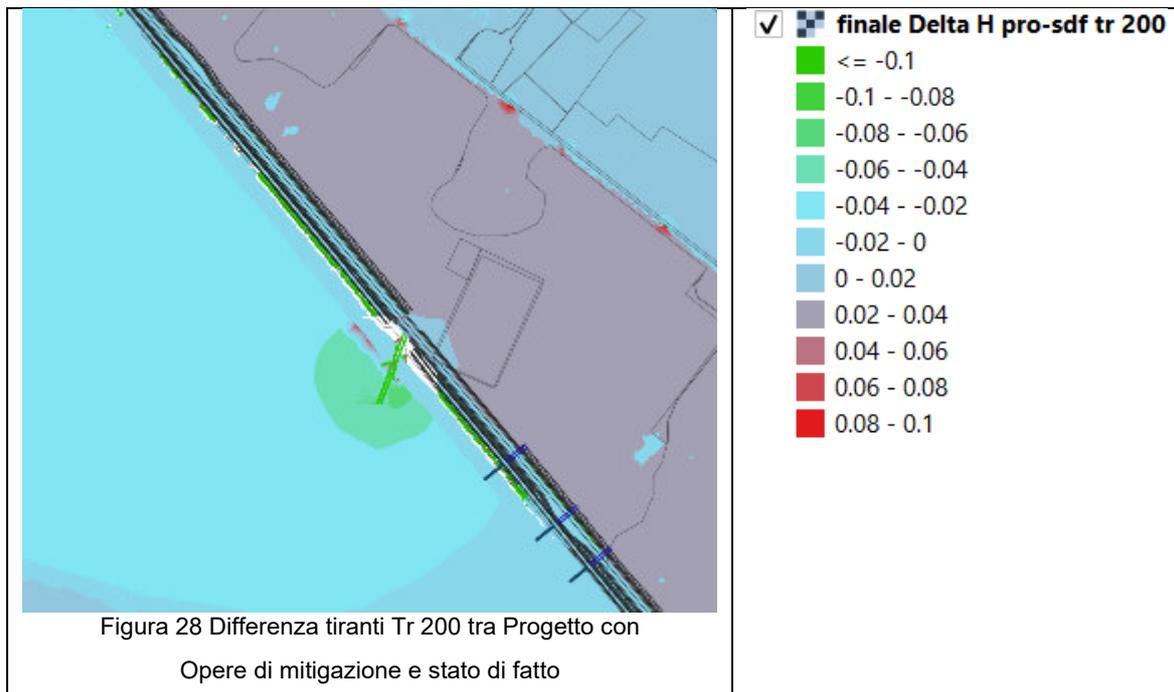
Per quanto riguarda il tratto interessato dalla verifica, soggetto a classe di pericolosità idraulica P3, sono state previste delle opere di mitigazione del rischio idraulico che riconducano le condizioni di deflusso in caso di piena con tempo di ritorno 200 anni alle condizioni di stato attuale, ovvero che le opere risultino praticamente trasparenti al passaggio della piena.

Andando più nello specifico, di concerto con RFI sono state progettate delle opere di attraversamento che permettano il deflusso sia delle acque a monte del rilevato stradale sia di quelle che risulteranno intercluse tra il rilevato stradale ed il rilevato ferroviario.

Da quanto sopra esposto ne deriva che la verifica risulta positiva per almeno la realizzazione delle opere intese nella lettera c. Infatti, la nuova viabilità sarà realizzata in rilevato in quota di sicurezza idraulica, e grazie alle opere di mitigazione del rischio idraulico progettate vengono ristabilite le condizioni attuali di deflusso, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.

Anche in questo caso, come per il precedente la variazione dei campi di moto è pressoché nella e quindi non influisce sulla variazione del rischio idraulico.

Qui di seguito sono quindi riportate le figure inerenti al tratto oggetto di verifica con riportate le opere di mitigazione previste.



Nella figura qui sopra si notino i tombini al di sotto del rilevato stradale da 1 metro in numero di 2 per ogni scatolare 2x2 metri di attraversamento della ferrovia.

Le differenze dei tiranti a monte delle opere sono pari in media a 2 cm, a valle delle stesse il valore della differenza dei tiranti è dell'ordine di -1.6 cm nell'area di fronte ai due scatolari più a sud-est e di circa -2.4 cm nell'area più chiara in corrispondenza allo sbocco del tombino scatolare più a nord-ovest.

Si noti l'influsso della presenza del sottopasso stradale che risulta essere un punto di sfogo naturale, anche se sifonato, delle portate giungenti da monte.

Quindi, per le aree in zona urbanizzata e pericolosità idraulica P3 sono state realizzate le opere sopra descritte.

Tali opere permettono l'assenza di allagamenti superiori a quelli derivanti dalla condizione di stato di fatto, non aggravano la magnitudo idraulica che rimane invariata e non causano l'aumento della magnitudo idraulica a valle delle opere in progetto, ovvero non vi è trasferimento del rischio da una zona all'altra.

Si ricorda che tutte le opere in progetto sono in sopraelevazione e poste in quota di sicurezza idraulica.

Nel tratto caratterizzato dalla miglior possibilità di deflusso individuata con RFI della area di pericolosità P3 e territorio urbanizzato lungo la ferrovia sono inseriti 3 scatolari di luce netta interna 2x2 metri e nel rilevato stradale 6 tombini di larghezza 1 metro.

La posizione finale per la realizzazione dei manufatti scatolari sarà individuata in fase esecutiva in funzione del rilievo di dettaglio delle aree in oggetto, avendo cura di massimizzare l'effetto drenante delle stesse nel rispetto dei vincoli esistenti.

Qui di seguito sono riportate una sezione tipologica del tipo di intervento di mitigazione e l'ubicazione planimetrica ipotizzata delle opere.

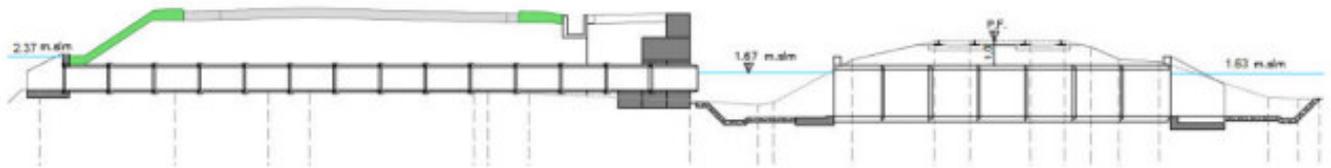


Figura 29 Esempio di sezione trasversale delle opere in progetto per la mitigazione idraulica; nel rilevato stradale vi sono i tombini di larghezza 1 metro, a valle al di sotto del rilevato RFI vi sono gli scatolari 2x2 metri. Tutte le aree intercluse di sbocco e imbocco sono protette.

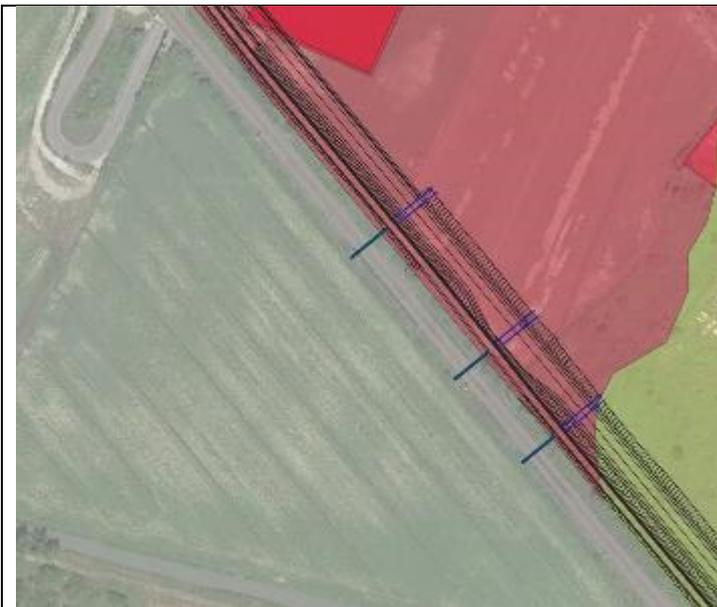


Figura 30 Mappa delle aree urbanizzate a pericolosità P3 e opere di mitigazione del rischio idraulico, composte da 4 scatolari 2x2 m sotto la ferrovia e 7 tombini da 1 metro sotto il rilevato stradale. Nella figura sono rappresentati i 3 scatolari + 6 tombini posti in area a pericolosità idraulica P3

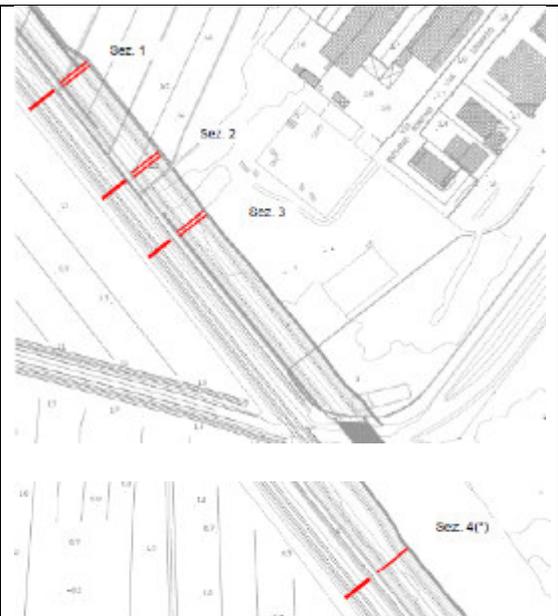


Figura 31 Stralcio planimetrico con la posizione delle opere principali, scatolari 2x2 m, in numero 3 + 1 con a monte 7 tombini da 1 metro.

Si fa notare che l'attraversamento con scatolare 2x2 m a valle del fosso Canova è stato espressamente richiesto dal comune di San Giuliano Terme per poter rendere la variante urbanistica compatibile con la normativa vigente in merito alla pericolosità idraulica. Tale manufatto ha un solo tombino da 1 metro propedeutico al deflusso delle acque.

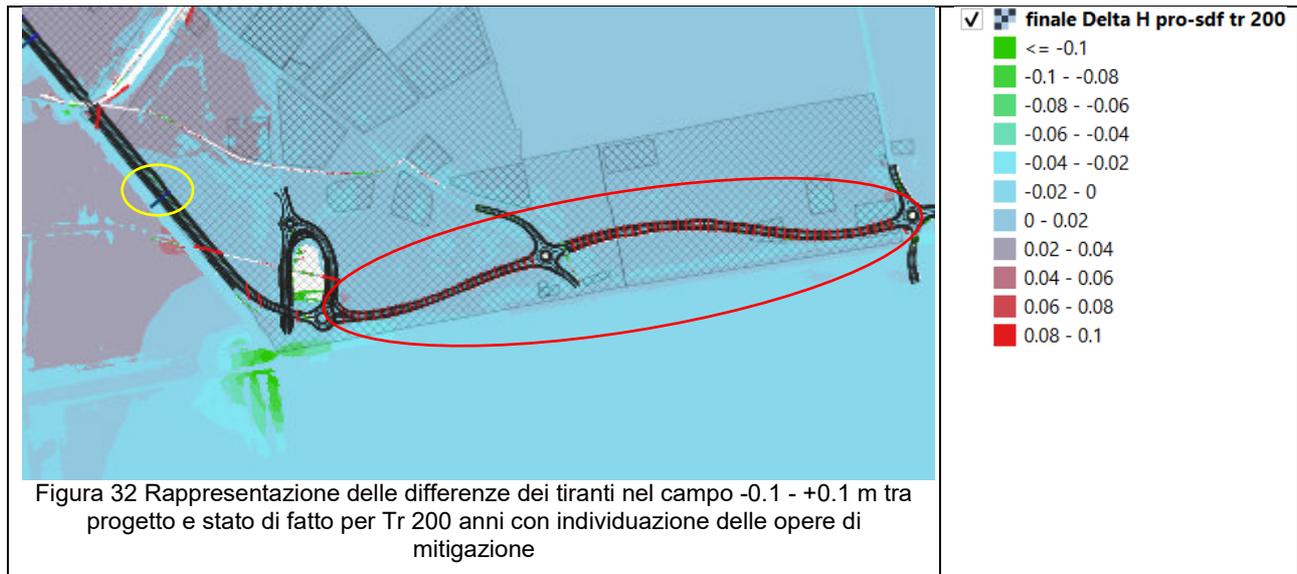
5.3.3 VERIFICA AREA 3

Richiamando la normativa vigente quindi la verifica di tipo 1 che corrisponde all'articolo 13 comma 2 della L.R. 41-18 comporta quanto segue: *Le nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate in area di pericolosità idraulica per alluvioni poco frequenti in*

territorio urbanizzato indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Per le aree rappresentate in giallo nelle figure precedenti e retinate qui sotto, la verifica passa attraverso il confronto tra la situazione di progetto con opere di mitigazione e lo stato di fatto per simulazioni con tempo di ritorno di 200 anni.

Il confronto tra la differenza dei tiranti è stato fatto cambiando la scala dal campo (-0.25 m; 1 +0.25 m) a (-0.10 m; +0.10 m) in modo da far meglio risaltare le differenze per l'area 3.



Come si evince dalla figura le massime differenze di tirante risultano essere + 2 cm a monte e tra +2 cm e -2 cm a valle delle opere. La variazione dei campi di moto, come riportata nella Figura 21, mostra che le velocità in gioco sono ampiamente inferiori al metro al secondo e variano tra 0 e 0.25 m/s.

Ne deriva una sostanziale invarianza e trasparenza delle opere, senza aggravio del rischio medio e senza trasferimento del rischio in altre zone.

Nel cerchio giallo dell'immagine sono rappresentati i rimanenti tombini di attraversamento della viabilità in progetto da 1 metro e lo scatolare da 2x2 metri al di sotto della ferrovia inseriti nel progetto per la mitigazione del rischio idraulico.

Nell'ellisse rosso sono rappresentati i tombini di trasparenza Di 800 mm idraulica per i tratti 2 -3 - 4 delle opere in progetto per ottenere la trasparenza idraulica del rilevato stradale, mitigando quindi le condizioni di rischio idraulico sino a giungere a valori di tiranti assoluti sostanzialmente invariati rispetto a quelli di stato attuale; il numero di tombini compresi in questo tratto sono 74.

5.3.4 VERIFICA AREA 4

Richiamando la normativa vigente quindi la verifica di tipo 3 che corrisponde all'articolo 16 comma 4 della L.R. 41-18 comporta quanto segue: *nelle aree a pericolosità idraulica per alluvioni poco frequenti in territorio non urbanizzato, indipendentemente dalla magnitudo idraulica possono essere realizzate nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b), o c).*

- *Articolo 8, comma 1*

lettera a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti

lettera 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;

lettera c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

La verifica richiede che siano realizzate almeno una delle opere elencate ai punti a,b,c, dell'articolo 8.

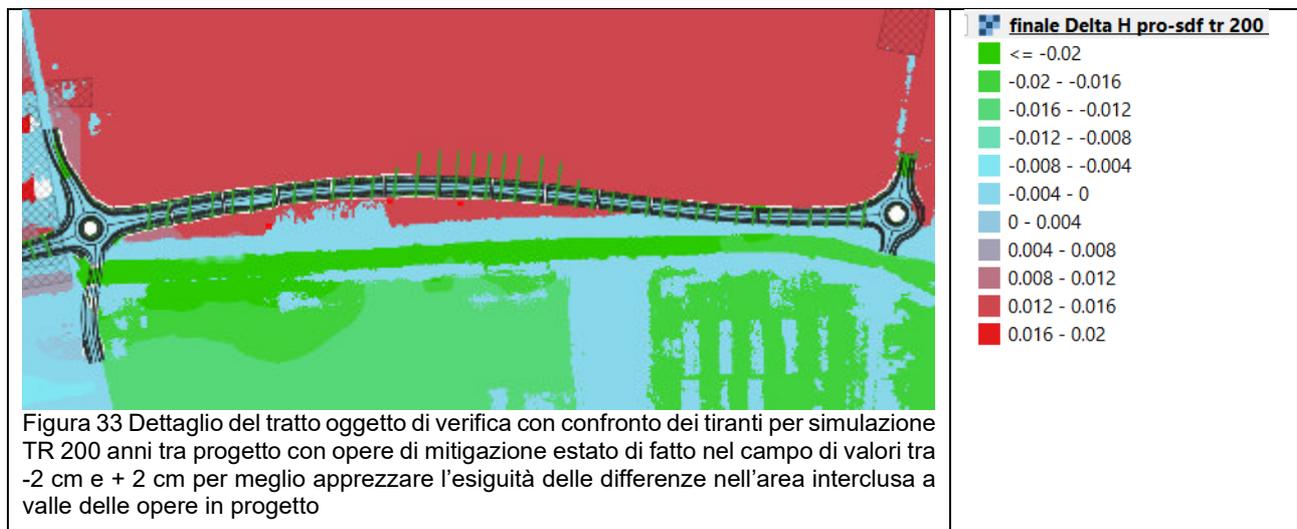
Per quanto riguarda il tratto interessato dalla verifica, soggetto a classe di pericolosità idraulica P2, sono state previste delle opere di mitigazione del rischio idraulico che riconducano le condizioni di deflusso in caso di piena con tempo di ritorno 200 anni alle condizioni di stato attuale, ovvero che le opere risultino praticamente trasparenti al passaggio della piena.

Andando più nello specifico, le opere previste in progetto per la mitigazione del rischio idraulico sono rappresentate da una serie di batterie di tombini di diametro interno 800 mm in calcestruzzo, al di sotto del rilevato stradale in grado di ricondurre le condizioni del deflusso a quelle di stato attuale.

Il numero totale di tombini è pari a 74.

Il valore del tirante massimo nell'area interclusa è qui di seguito rappresentato per la condizione di progetto, oltre alla rappresentazione della massima differenza dei tiranti tra le simulazioni di progetto con opere di mitigazione e stato attuale.

Spingendo il dettaglio della differenza dei tiranti mappata per l'area in oggetto ad un campo di valori tra - 2 cm e + 2 cm la mappatura conseguente è qui di seguito riportata.



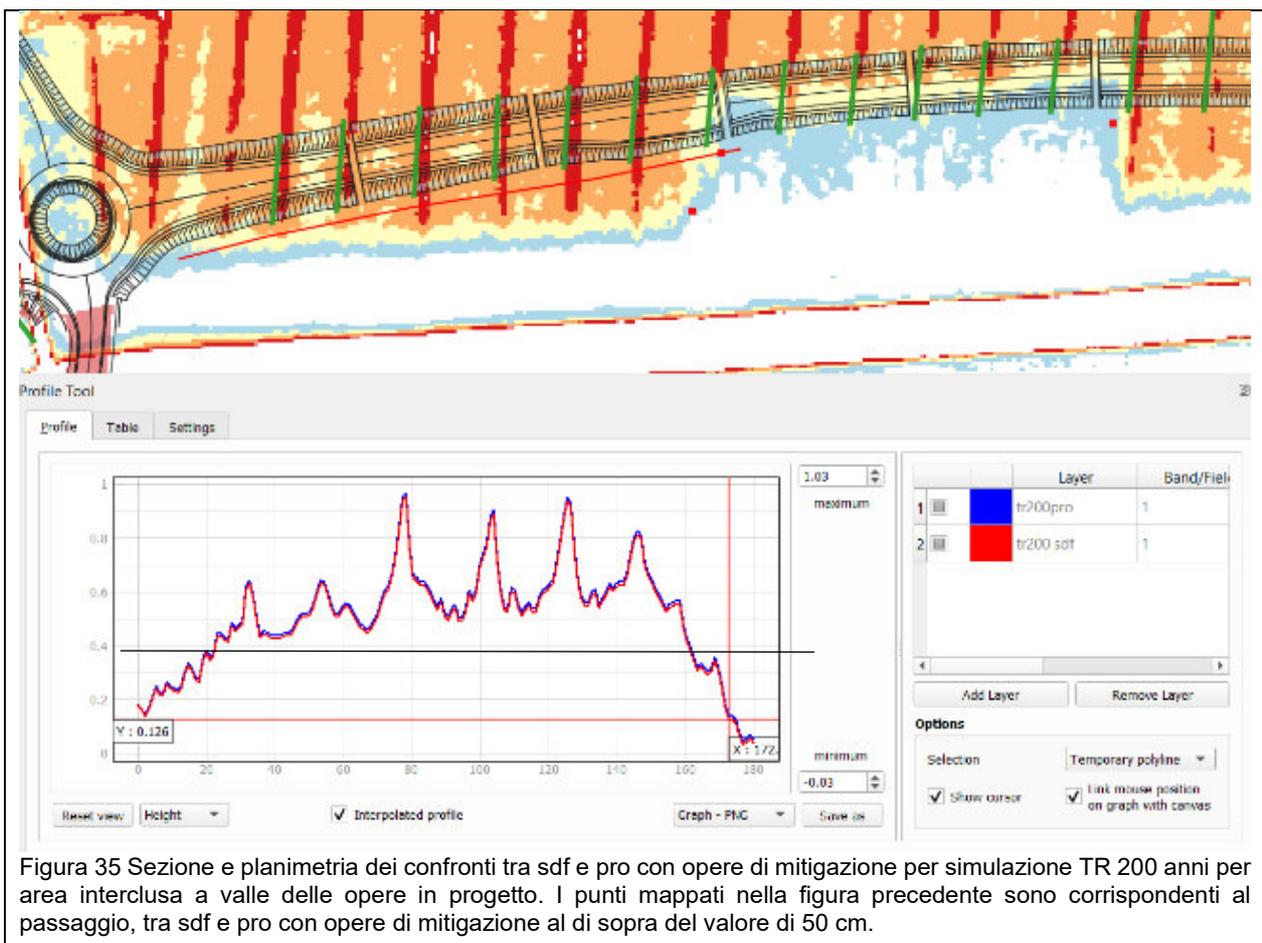
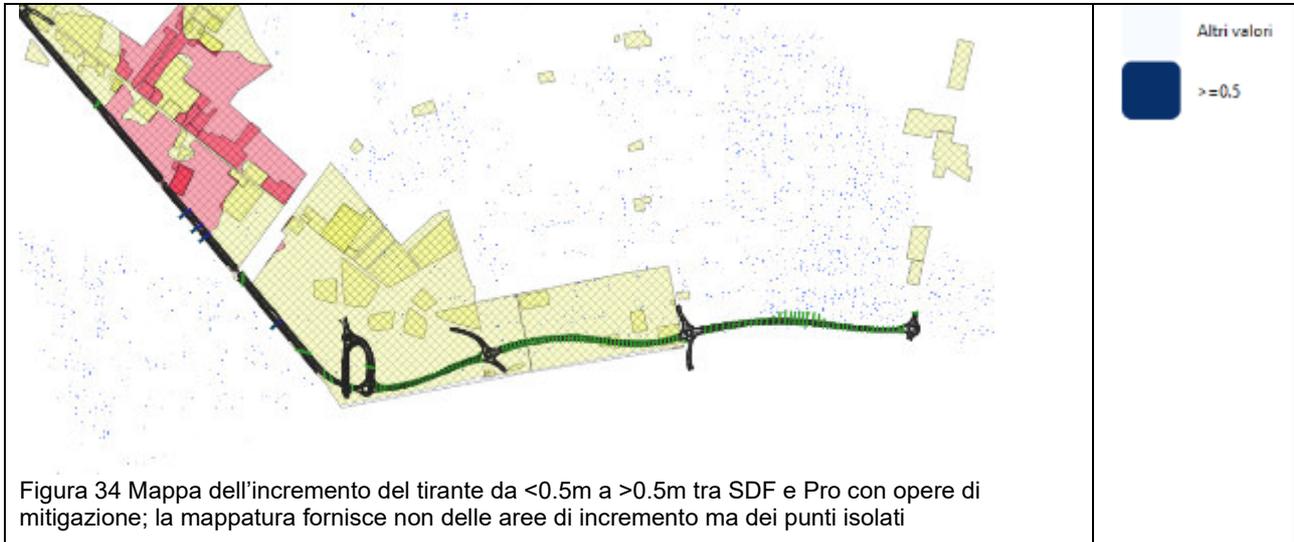
Da quanto esposto in figura e nelle seguenti per quanto riguarda la mappatura dei tiranti assoluti, emerge che la differenza degli stessi nelle aree intercluse a valle delle opere in progetto risulta essere estremamente limitata.

Nelle figure seguenti sono riportati i confronti tra stato di fatto e di progetto con opere di mitigazione, per le aree intercluse a valle delle opere in progetto, con la rappresentazione in sezione dell'andamento dei tiranti.

Come si evince dal confronto, i punti di passaggio al di sopra dei 50 cm di tirante tra la simulazione di stato di fatto e quella di progetto avviene in zone puntuali e non estese e scollegate tra loro.

Per quanto riguarda i campi di moto, nelle aree intercluse la velocità è pressoché nulla, sia nel caso della simulazione di stato di fatto che nel caso di quella di progetto con opere di mitigazione. Dalle

fig. 19-20-21 si evince che sia il campo di moto che la differenza tra progetto con opere di mitigazione e stato di fatto rimane entro un campo di valori tra 0 e 0.25 m/s. Il risultato di tale mappatura di incremento della magnitudo idraulica è stato esposto nella Figura 23 qui di seguito riproposta per una migliore comprensione.



Nella figura qui sopra riportata, sono rappresentati i tiranti assoluti per la simulazione di stato attuale con sovrapposti i posizionamenti dei tombini di trasparenza idraulica in progetto, per poter meglio

comprendere gli allineamenti degli stessi che sono stati attentamente posizionati sul fondo delle scoline o fossette, in modo da ottenere il massimo beneficio dalla presenza degli stessi.

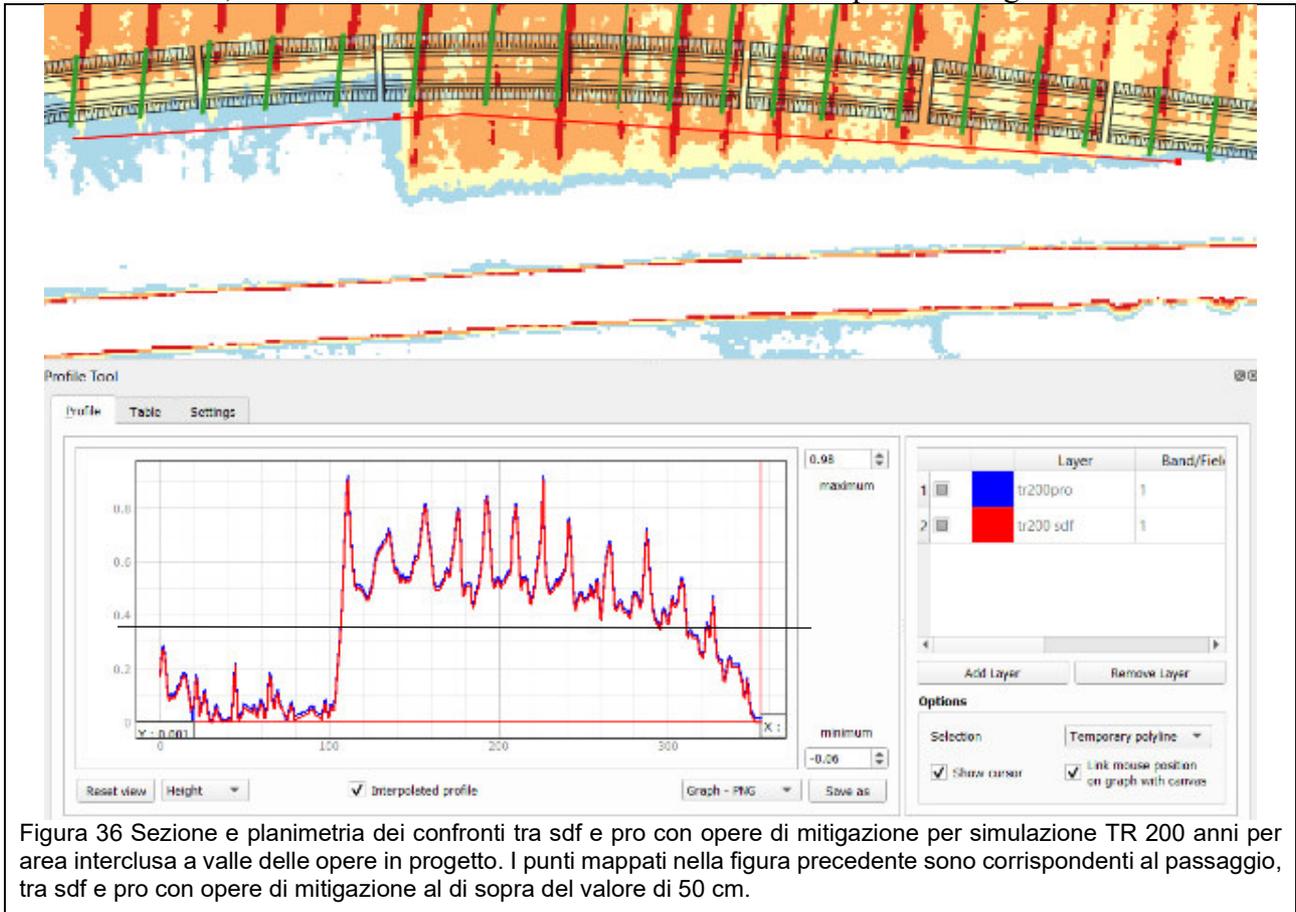


Figura 36 Sezione e planimetria dei confronti tra sdf e pro con opere di mitigazione per simulazione TR 200 anni per area interclusa a valle delle opere in progetto. I punti mappati nella figura precedente sono corrispondenti al passaggio, tra sdf e pro con opere di mitigazione al di sopra del valore di 50 cm.

Lungo i tratti urbanizzati in classe di pericolosità idraulica P2 le restanti opere, oltre allo scatolare di 2x2 m posto a valle del fosso Canova, sono presenti lungo i lotti d 2 a 5 una serie di tombini circolari con diametro interno 800 mm che permettono la trasparenza idraulica dell'opera. Tali tombini sono in totale 111, ai quali vanno aggiunte tutte le opere per la trasparenza idraulica del fosso di lama piena, del fosso Oncinetto, e il fosso delle Moggiola. Qui di seguito è riportata l'immagine dei tombini lungo i nodi 3-5.



Figura 37 Stralcio planimetrico con tombini di trasparenza idraulica previsti lungo i nodi da 3 a 5. Lungo i nodi da 2 a 5 vi è la stessa tipologia di sistemazione, per un numero totale di 111 tombini diametro interno 800 mm.



Da tutto quanto sopra esposto, secondo gli scriventi, le opere in progetto risultano conformi e rispettose della normativa vigente.