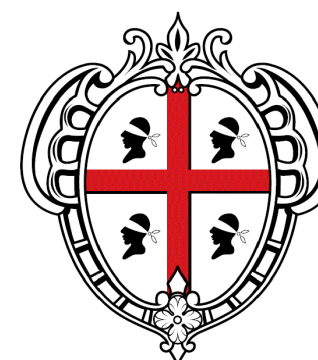




COMMISSARIO STRAORDINARIO
DELEGATO PER L'ATTUAZIONE DEGLI
INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL
DISSESTO IDROGEOLOGICO NELLA
REGIONE SARDEGNA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI

COMUNE DI TULA

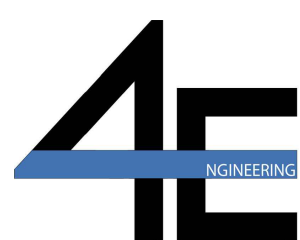
PROVINCIA DI SASSARI

Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto 20IR139/G1- " Rio Tula"

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

ALLEGATO : RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA				
REVISIONI				ALLEGATO
n°	MODIFICA	DATA	CTRL	C
01	Consegna	Dic. 2021		
				SCALA
				CODICE
				NOTE

Il Progettista:



Studio Associato
4E-INGEGNERIA
Dott. Ing. Fabio Cambula

Il Responsabile del Procedimento:

Dott. Agr. Marco Spano

Il Sindaco:

Dott. Andrea Becca

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra gli aspetti idrologici e idraulici dell'intervento denominato *“Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto 20IR139G1 – Rio Tula”*, che integra e sviluppa l'analogo denominato *“Interventi di messa in sicurezza idraulica del centro abitato”* inizialmente avviato dal Comune di Tula per la fase del progetto di fattibilità tecnico - economica. La presente stesura tiene conto delle richieste di integrazioni e chiarimento proposte dall'ufficio di Supporto del Commissario Straordinario per il Dissesto Idrogeologico sulla precedente versione del Progetto di fattibilità tecnico economica (anno 2020) e dell'Agenzia del Distretto Idrografico per quanto riguarda lo Studio di Compatibilità Idraulica; nel paragrafo seguente sono illustrati in sintesi i riscontri forniti alle richieste formulate dai suddetti Enti.

La finalità dell'intervento è di mettere in sicurezza il centro abitato rispetto al rischio idraulico connesso alle piene del Rio Tula, che lo raggiunge con alveo inciso e adeguatamente sistemato ma che, proseguendo verso valle, lo attraversa in direzione nord - Ovest e Sud - Est con un canale artificiale interrato la cui capacità di trasporto risulta essere inferiore a quella necessaria in base ai criteri previsti dal P.A.I, con la conseguenza che in caso di eventi di piena con tempi di ritorno di 50 anni o superiori si verificherebbero allagamenti e pericolosi funzionamenti in pressione. Si osservi che alla fine degli anni '70 persero la vita due donne in concomitanza ad una piena improvvisa dovuta ad un evento meteorico intenso che provocò l'esplosione del canale nella zona centrale del paese.

Per porre rimedio a tale criticità si prevede di intercettare le portate di piena eccezionale del Rio Tula, a monte dell'edificato, e di convogliarle verso il bacino idrografico del corso d'acqua noto con il nome di “Asta 120905”, situato a Est del centro abitato, anch'esso appartenente al sub - bacino idrografico del Coghinas. L'obiettivo sarà raggiunto mediante la realizzazione di **un tratto in galleria** e tramite il **reticolo idrografico naturale** di cui si prevede l'adeguamento della sezione nei tratti coinvolti dalle nuove portate, inclusi gli attraversamenti della viabilità interferente.

Si specifica che tale soluzione progettuale è stata adottata, in accordo con gli Enti Regionali preposti al controllo ed al rilascio delle autorizzazioni e con il Comune di Tula, a seguito della redazione di apposito **Studio di Fattibilità** per la mitigazione del rischio idraulico a carico dell'abitato di Tula, la cui necessità è emersa nell'ambito dell'istruttoria del primo progetto preliminare generale. Lo Studio prese in considerazione sia l'ipotesi di **riqualificazione del canale artificiale**, attualmente tombato, interno all'edificato abbinando al sistema **aree di laminazione** sia la possibilità di realizzare **opere esterne** all'edificato, con lo scopo di trasferire i deflussi provenienti da monte, o parte di essi, verso altri corpi idrici e al contempo mantenere in esercizio le opere esistenti per le portate residue. Si è preferito quindi indirizzare la soluzione

che prevede la diversione verso Ovest delle portate provenienti dal bacino a monte dell'abitato e smaltite le portate residue con il canale esistente.

Il quadro vigente della pericolosità idraulica associato al corso d'acqua, deriva dall'adozione definitiva (anno 2015) della Variante del PAI redatta in concomitanza del Piano particolareggiato del centro di Prima e Antica Formazione; la figura seguente ne illustra le caratteristiche. Il tronco critico è identificato con il codice B3CHTC040.

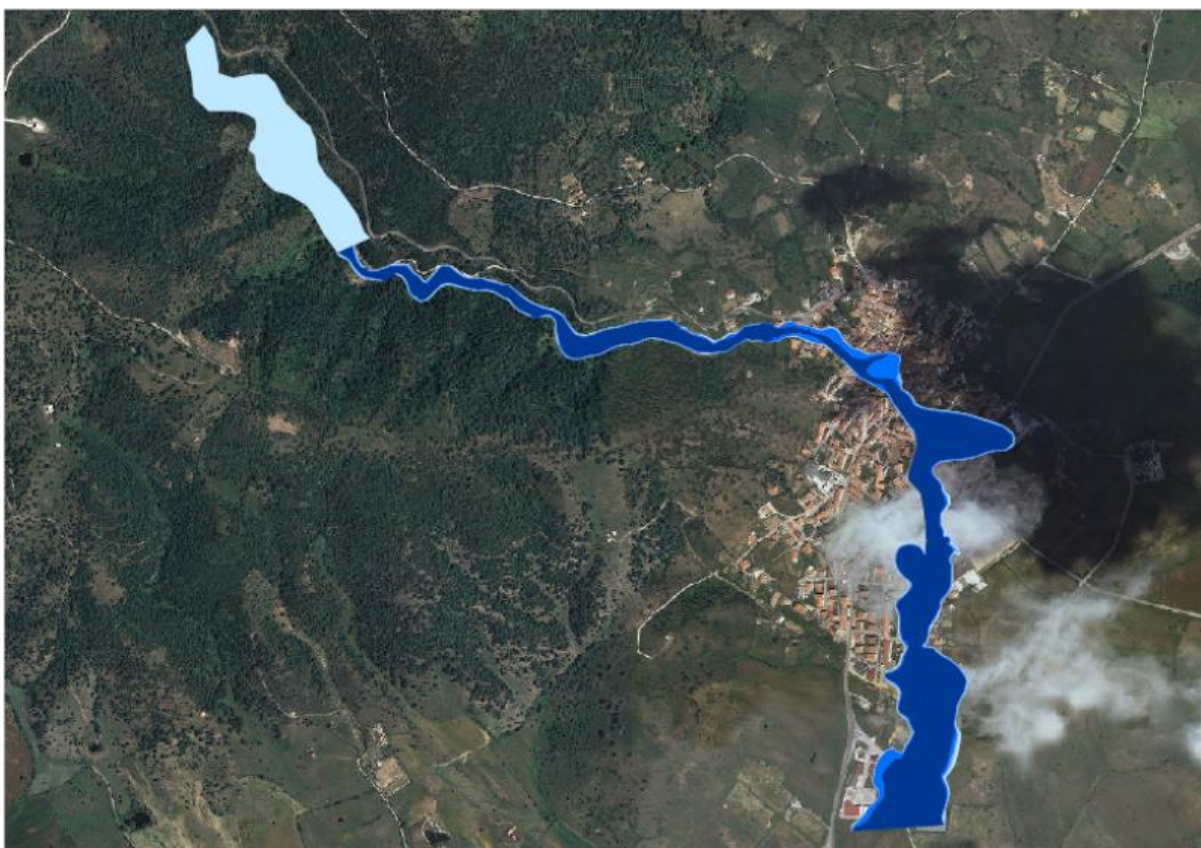


Figura 1 - aree a pericolosità idraulica aggiornata a seguito della Variante del PAI (art. 37 comma 3)

La tematica progettuale è stata affrontata tenendo presenti le Direttive emanate dall'Agenzia del Distretto Idrografico in materia di gestione dei canali tombati, con particolare riferimento all'attuazione degli interventi strutturali di mitigazione e/o messa in sicurezza in casi come quello in esame.

Il lavoro è stato sviluppato seguendo la metodologia di calcolo idrologico e idraulico prevista nelle Linee Guida del PAI, valutando le portate di progetto per i tempi di ritorno di 50-100-200 e 500 anni, e in generale nel rispetto delle Norme di Attuazione del PAI, con particolare riferimento agli aspetti di compatibilità idraulica (art. 24) e alla "*Disciplina delle aree a pericolosità idraulica molto elevata*" (art. 27).

2 RICHIESTE DI INTEGRAZIONI E RISCONTRI

2.1 Riscontri a Nota del Commissario Straordinario Delegato

L'ufficio di Supporto al Commissario Straordinario delegato ha formulato alcune richieste di integrazioni e chiarimento con nota n. 1800 del 11/11/2020. I quesiti e relativi riscontri sono riportati di seguito, raggruppando per semplicità quelli afferenti i medesimi temi o elaborati:

- assenza di alcuni elaborati quali: relazione idrologica e idraulica, simulazioni in moto permanente, piano delle indagini geognostiche, particolari costruttivi di imbocco e sbocco galleria;

RISCONTRO: gli elaborati di testo erano già presenti nelle precedenti consegne; con specifico incarico sono stati predisposti i particolari costruttivi richiesti.

- necessità di adeguamento di alcuni elaborati grafici: Tav. 4 (planimetria stato di fatto), Tav. 5 (Planimetria catastale), Tav. 6 (Planimetria interventi), Tav. 9 (particolari attraversamenti);

RISCONTRO: sono stati prodotti tutti gli adeguamenti richiesti.

- aggiornamento del Piano particellare di Esproprio con l'inclusione di alcune particelle interessate dal tracciato delle opere e miglioramento della leggibilità delle indicazioni numeriche.

RISCONTRO: è stato effettuato l'aggiornamento dell'elaborato.

- integrazione ed aggiornamento degli elaborati di testo: Relazione generale (All. A), Studio di prefattibilità Ambientale (All. B), Prime indicazioni sicurezza (All. F).

RISCONTRO: è stato effettuato l'aggiornamento degli elaborati.

- Aggiornamento del Computo metrico Estimativo con i prezzi del Prezzario Regionale della Sardegna 2019. Le verifiche dei franchi di sicurezza idraulica alle NTC 2018 e alle N.A. del PAI, hanno comportato l'incremento dimensionale delle luci di attraversamento con conseguente aumento di costo.

RISCONTRO: è stato effettuato l'aggiornamento e rivedute le misure inerenti le lavorazioni di realizzazione della galleria e quelle di imbocco e sbocco, utilizzando i nuovi grafici di dettaglio dei particolari costruttivi. La predisposizione dei dettagli costruttivi relativi alle opere di imbocco e sbocco della galleria e alle opere di attraversamento stradale, unitamente all'impiego del Prezzario regionale della Sardegna hanno comportato un incremento dei costi di costruzione dell'opera e un importo finale per l'attuazione dell'intervento pari a **€ 6.700.000,00**.

2.2 Riscontri a Nota del Commissario Straordinario Delegato

L'Agenzia del Distretto Idrografico, esaminando lo Studio di Compatibilità Idraulica ha evidenziato la necessità dei seguenti approfondimenti formalizzati con nota del **22/12/2020 n. prot. 12634**:

- valutazione dei franchi idraulici e visualizzazione dei tiranti idrici duecentennali in corrispondenza degli attraversamenti stradali oggetto di adeguamento;
- valutazione delle velocità ed eventuale riduzione della pendenza dei tratti di sistemazione oggetto di intervento;
- predisposizione dei particolari costruttivi dei manufatti di imbocco e sbocco della galleria;
- controllo del grado di riempimento e dei franchi della galleria.

Sono stati forniti i seguenti **riscontri**:

- progettazione delle opere di imbocco e sbocco con livello di definizione definitivo; redazione degli elaborati grafici di dettaglio e aggiornamento del computo metrico estimativo;
- rivisitazione delle dimensioni delle luci degli attraversamenti stradali oggetto di adeguamento alla portata trasferita dalla galleria;
- rivisitazione delle pendenze del corpo idrico ricevente a valle della galleria, con riduzione utile a diminuire le velocità della corrente;
- controllo del grado di riempimento della galleria e scelta della configurazione proposta nella presente revisione che comporta un riempimento di circa il 50% della sezione disponibile.

3 CENNI GEOMORFOLOGICI

La zona in studio è rappresentata dalla porzione urbanizzata del territorio Comune di Tula, situato nella Sardegna settentrionale all'interno della provincia di Sassari al confine con la provincia di Olbia – Tempio. 66,46 km²; è popolato da 1625 abitanti con una densità di 24.8 ab/Kmq (fonte istat 2010). La maggior parte dei residenti vive nel capoluogo comunale, il resto della popolazione si divide tra gli aggregati urbani minori di Sa Sia, Sos Saliceddos, Su Montiju e un piccolo numero di case sparse.

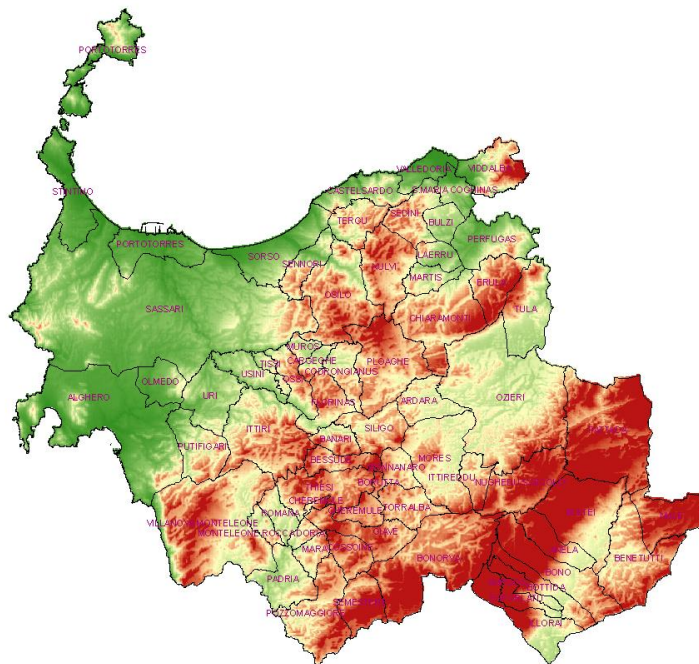


Figura 2 - Inquadramento Geografico

Il territorio comunale, con andamento prevalentemente collinare, comprende una parte dell'area speciale del Lago del Coghinas, parte di bacino artificiale diviso tra più comuni. I confini comunali hanno un profilo geometrico irregolare, con variazioni altimetriche molto accentuate, che vanno da un minimo di 62 a un massimo di 701 metri sul livello del mare.

L'area in esame ricade nella cartografia ufficiale I.G.M. in scala 1:25.000 nel Foglio 460 sez. I "Tula", mentre nella cartografia Tecnica regionale in scala 1: 10.000 nella tavola n. 460080.



Figura 3 - stralcio foglio I.G.M. in scala 1:25.000

4 STUDIO IDROLOGICO: ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

4.1 Premessa

Per ciascun bacino o sottobacino studiato, è stato elaborato uno studio idrologico finalizzato alla valutazione delle portate di piena per i tempi di ritorno previsti dal PAI, ovvero: 50-100-200-500 anni.

Il lavoro è stato sviluppato in conformità alle prescrizioni delle Linee Guida del PAI e con l'utilizzo di elaborazioni numeriche in ambiente GIS per la descrizione ed interazione delle diverse componenti territoriali coinvolte nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

Per ciascun elemento studiato, sono state elaborate le seguenti fasi di lavoro:

- Predisposizione della cartografica numerica e redazione del Modello Digitale delle quote (DEM);
- Individuazione dei bacini idrografici e del reticolo superficiale;
- Implementazione delle componenti geolitologiche, pedologiche e di uso del suolo; redazione della carte tematiche;

- Attribuzione dei coefficienti CN (Curve Number) necessari per determinare il grado di permeabilità delle superfici contribuenti;
- Calcolo dell'altezza di pioggia che dà origine alle portate superficiali;
- Valutazione del tempo di corrivazione e calcolo delle portate di piena.

4.2 Calcolo dell'altezza di Pioggia

L'intensità di precipitazione $i(t, T)$, che determina la massima portata di piena (intensità critica) è stata valutata in funzione della curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione t , per un assegnato tempo di ritorno T .

Tale curva ha come espressione matematica:

$$h = i \cdot t = a \cdot t^n$$

Per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica è stato adottato il modello probabilistico TCEV, che ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche per la Sardegna¹.

La procedura richiede di individuare:

- la sottozona omogenea, per tutti i bacini in esame risulta essere la SZO 1;
- la pioggia indice giornaliera μ_g nel territorio studiato non presenta variabilità marcata; si è assunto come valore di calcolo 50 mm, considerando l'isoieta prevalente per il bacino in esame;
- i tempi di ritorno sono minori di un ora per i bacini più piccoli ($\tau < 1$)
- per tutti gli altri bacini i tempi di ritorno sono maggiori di un ora ($\tau > 1$)

L'altezza di pioggia h di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene dalla formula:

$$h(t) = (a_1 a_2) t^{(n_1 + n_2)}$$

dove i coefficienti a_1 , a_2 , n_1 e n_2 si determinano con le relazioni differenti, indicate nella metodologia ufficiale del P.A.I. della Regione Sardegna, con differenti parametri dipendenti dalla sottozona in cui ricade il particolare bacino analizzato (SZO 1).

¹ Deidda R., Piga E., Sechi G., *Confronto tra alcuni modelli regionali per la valutazione della pioggia indice*. D.I.T., Quaderni di ricerca, n. 13, Cagliari, 1997.

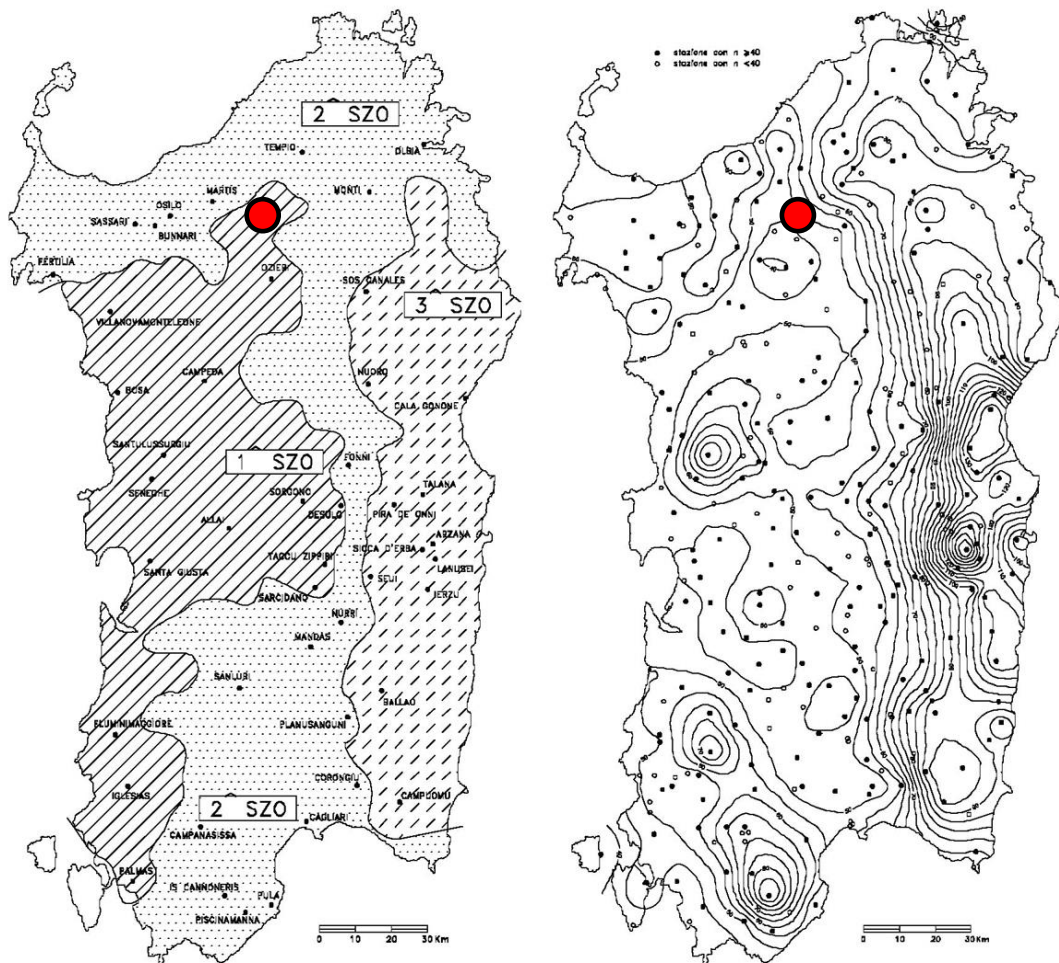


Figura 4 - carta delle sottozone (a sinistra) e delle isoiete (a destra); in rosso la zona di interesse

4.3 Calcolo delle portate di piena

Le portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei differenti sottobacini sono state valutate sulla base di quanto indicato nelle “Linee guida per l’attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” del PAI. Data la mancanza di valori di portata osservati, la stima della portata di piena è stata determinata attraverso la metodologia indiretta (Formula Razionale) per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Col metodo indiretto noto come Formula Razionale la portata di piena è espressa dal prodotto tra l’intensità di precipitazione, i , di assegnata durata t e periodo di ritorno T , il coefficiente di assorbimento Φ , la superficie del bacino A e il coefficiente di laminazione ε :

$$Q = \varepsilon \Phi i A$$

In accordo con le suddette linee guida è stato calcolato il coefficiente di ragguaglio della precipitazione all’area del bacino secondo le formule:

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.003832 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

Il metodo prevede il calcolo dell'intensità di precipitazione i per una durata pari al tempo di corrivazione t_c . Il **tempo di corrivazione** è stato valutato attraverso un confronto critico tra i risultati delle formulazioni riportate nella Tabella seguente.

Tabella 1 - Formule per il calcolo dei tempi di corrivazione

SCS	$t_c = 1.67 \cdot \frac{100L^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 \cdot \sqrt{i_b}}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, i_b = pendenza media del bacino in %, CN = curve number</p>	[minuti]
GIANDOTTI	$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 15 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$ <p>H_0 = quota sez. chiusura in m, H_m = quota media del bacino in m A = area del bacino in Km², L = lunghezza asta principale in Km</p>	[Ore]
PASINI	$t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$ <p>A = area del bacino in Km², L = lunghezza asta principale in Km, J_m = pendenza media del reticolo idrografico</p>	[Ore]
VAPI	$t_c = 0.212 \cdot A^{0.231} \cdot \left(\frac{H_m - H_0}{J_m} \right)^{0.289}$ <p>A = area del bac. in Km², J_m = pend. media del reticolo idrografico H_0 = quota sezione chiusura, H_m = quota media del bacino</p>	[Ore]
KIRPICH	$t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, i_b = pendenza media del bacino in %,</p>	[Ore]
VIPARELLI	$t_c = \frac{L}{3600 \cdot v_m}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, v_m = velocità media della corrente (imposta 1.5 m/s)</p>	[Ore]

La formula SCS richiede la valutazione del parametro di assorbimento CN (curve number). I valori di questo parametro sono stati determinati per le sezioni idrologiche d'interesse facendo riferimento alla metodologia SCS-CN in funzione della tipologia pedologica e di uso del suolo

del bacino in esame. Operando a favore di sicurezza, si è scelta la classe di uso del suolo "D" con il più alto potenziale di scorrimento e una bassissima capacità di infiltrazione.

Al fine di ricavare il Curve Number medio di ciascun sottobacino si è effettuata l'analisi della carta dell'uso del suolo della regione Sardegna pubblicata nell'anno 2008 e reperita presso il sito comprendete la cartografia ufficiale della regione Sardegna <http://sardegna.territorio.it>.

La vegetazione, o l'uso del suolo in senso lato, esercita una grande influenza sui processi idrologici analizzati alla scala di bacino: da essa dipendono i volumi di precipitazione intercettati e quelli evapotraspirati, ed essa stessa è un fattore primario nella determinazione del comportamento idrologico e idraulico degli strati di suolo più superficiali, soprattutto in relazione alla conducibilità idrica o permeabilità. La disponibilità di una carta dell'uso del suolo che sia la più accurata possibile si rivela, quindi, fondamentale ai fini di fornire adeguati input ai modelli di previsione idrologica.

La stesura della carta d'uso del suolo è avvenuta principalmente attraverso due fasi: l'individuazione delle classi di vegetazione secondo la classificazione CORINE (*COOrdination of INformation on Environment*) e la verifica della perimetrazione delle stesse su cartografia digitale. All'interno delle classi d'uso del suolo sono state incluse le tipologie di vegetazione che potessero avere caratteristiche il più possibile omogenee: occorre comunque considerare che, nella definizione di classe, si è tenuto conto solo parzialmente dei criteri botanici, mentre si è data maggior enfasi alle influenze della vegetazione sul ciclo idrologico, sia in termini di volume di pioggia intercettati, sia in termini di indici di scabrezza.

Nell'ambito del progetto CORINE Land Cover, è stata realizzata una cartografia della copertura del suolo, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, riferita ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate. Il primo dei livelli gerarchici comprende 5 voci generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta, ovvero territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone umide e corpi idrici. Il secondo livello contiene 15 voci ed il terzo 44 voci. Questi ultimi sono rappresentabili in scala di dettaglio. La conoscenza dettagliata degli utilizzi del suolo è impiegata nel presente studio per diversi scopi. La discriminazione in zone con diverso utilizzo del suolo è utile nella stima degli indici di scabrezza e nella determinazione delle caratteristiche idrologiche di infiltrazione superficiale.

I valori di CN(II) per la categoria di suolo D adottati per ogni classe presente all'interno della carta dell'uso del suolo sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 2 - Valori del CNII associati alle diverse categorie di uso del suolo

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie	83
Aree a pascolo naturale	89
Aree a ricolonizzazione artificiale	89
Aree a ricolonizzazione naturale	89
Aree aeroportuali ed eliporti	98
Aree agroforestali	83
Aree archeologiche	93
Aree con vegetazione rada	89
Aree estrattive	85
Aree portuali	98
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	89
Aree verdi urbane	84
Bacini artificiali	100
Boschi di conifere	83
Boschi di latifoglie	83
Boschi misti di conifere e latifoglie	83
Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento	84
Cantieri	93
Cimiteri	84
Colture in serra	86
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti (pascoli e seminativi arborati con copertura d	89
Colture temporanee associate al vigneto	89
Colture temporanee associate all'olivo	89
Discariche	93
Fiumi, torrenti e fossi	100
Formazioni di ripa non arboree	86
Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba	86
Frutteti e frutti minori	89
Gariga	89
Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)	98
Insedamenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi	98
Insedamento di grandi impianti di servizi	98
Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	100
Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	100
Macchia mediterranea	83

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Oliveti	89
Paludi interne	100
Paludi salmastre	100
Pareti rocciose e falesie	98
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste	83
Prati artificiali	78
Prati stabili	78
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)	98
Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)	98
Seminativi in aree non irrigue	89
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	91
Sistemi colturali e particellari complessi	89
Spiagge di ampiezza superiore a 25 m	98
Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali)	83
Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale	85
Tessuto discontinuo (extraurbano)	85
Tessuto residenziale compatto e denso	92
Tessuto residenziale rado	85
Vigneti	89
Vivai	86

Estrapolate le diverse tipologie di aree all'interno di ogni sottobacino, è stata effettuata una media pesata (con peso il valore in mq dell'area di uso del suolo omogeneo) al fine di definire il CN(II) medio con la seguente formula:

$$CN(II)_{medio} = \frac{\sum CN(II)_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

nella quale $CN(II)_i$ è il valore del CN(II) riguardante l'iesima area a cui è associato uno specifico uso del suolo, mentre A_i è il valore dell'area stessa in mq.

Tali valori sono stati poi cautelativamente incrementati relazionandoli allo stato di imbibizione del terreno prima dell'evento di piena. Si è considerata infatti la presenza di una pioggia superiore a 50 mm nei 5 giorni antecedenti l'evento di piena (classe A.M.C. III – pioggia totale nei cinque giorni precedenti l'evento). Il nuovo valore di CN, che tiene conto di tale considerazioni, è denominato CN(III). La formula che lega il CN(II) al CN(III) è la seguente (formulazione di Chow - Applied Hydrology):

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Sono stati così ottenuti i valori del CN effettivamente utilizzati per il calcolo dei tempi di corrivazione per i diversi bacini analizzati, ovvero quelli che prevedono il terreno in condizioni di massima saturazione². Le altre grandezze geometriche necessarie a definire il tempo di corrivazione per le quattro formulazioni utilizzate, sono state ricavate attraverso l'elaborazione cartografica con GIS open source del modello digitale del terreno (*D.E.M. Digital Elevation Model*) con celle di passo 10 m o inferiore realizzato a partire dalle curve di livello e i punti quotati della Carta Tecnica Regionale e del DTM della Regione Sardegna.

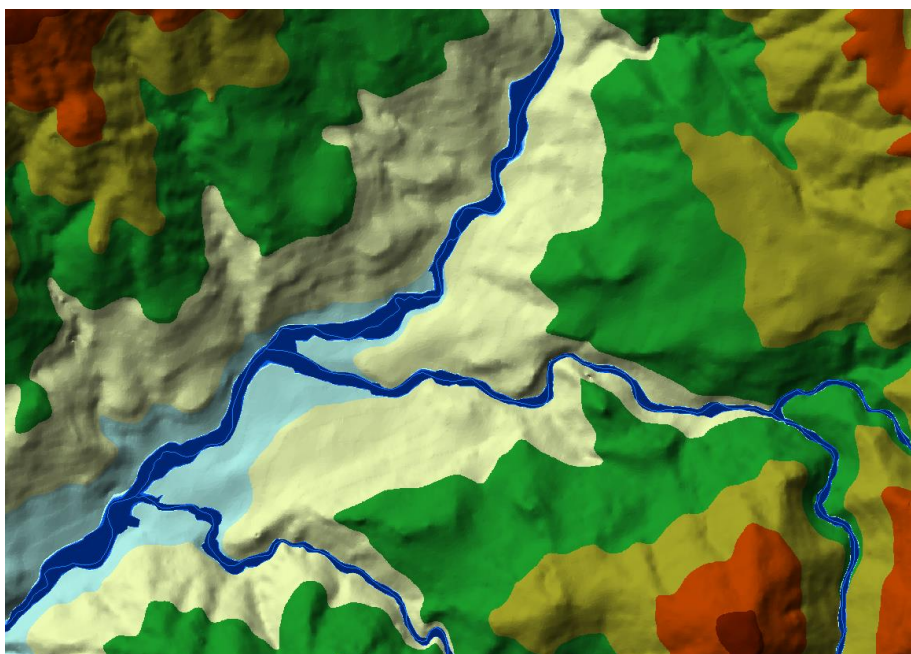


Figura 5 – esempio di Modello Digitale del Terreno con i campi di quota

In particolare sono state ricavate le seguenti grandezze geometriche:

- superficie del bacino: espressa in Km² valutata come area del poligono chiuso che definisce ciascun bacino idrografico;
- altitudine massima, media e minima: espresse in metri sono state valutate sulla base dell'analisi del DEM
- lunghezza dell'asta: espressa in m, è stata valutata con l'ausilio dello strato rappresentante l'idrografia della regione Sardegna presente sul database multi precisione consultabile nel sito www.sardegna.territorio.it

Da un'ulteriore elaborazione del D.E.M. è stata ottenuta la carta delle pendenze.

² Il valore del CN III è stato altresì calcolato anche con le Formulazioni di Arnold, Hawkins e Sobhani, riscontrando valori molto simili.

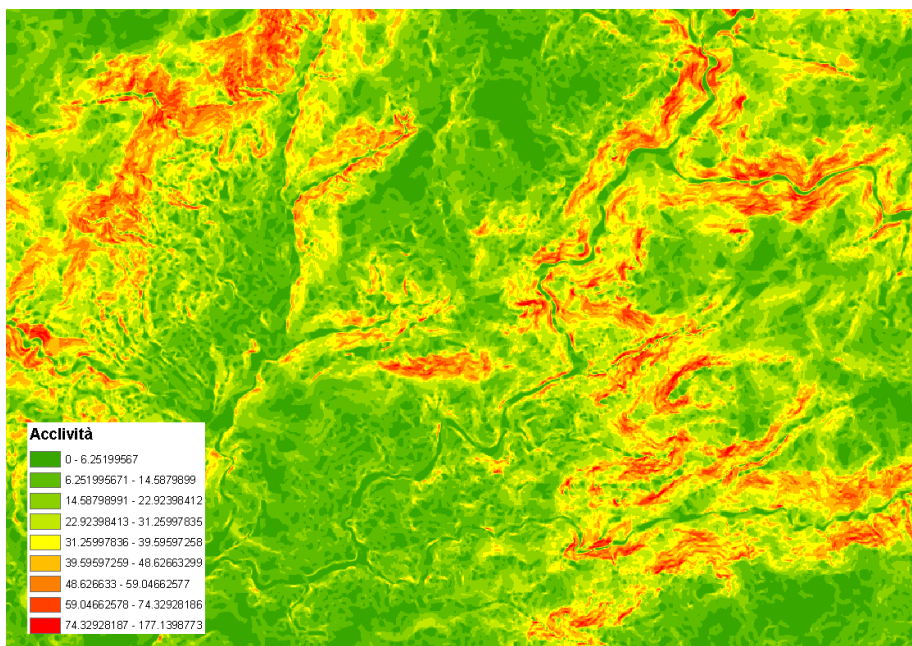


Figura 6 – Esempio di Carta delle pendenze

Con l'ausilio di tale carta digitale è stato possibile ricavare le seguenti grandezze geometriche:

- pendenza media del bacino: espressa in % è stata ottenuta come media matematica delle pendenze delle differenti celle contenute all'interno dei poligoni rappresentanti ciascun bacino;
- pendenza media dell'asta: espressa in m/m ottenuta dall'intersezione tra lo *shape* contenente le aste fluviali e la carta delle pendenze.

Dall'analisi dei risultati ottenuti per il calcolo del **tempo di corrivazione** con le formule utilizzate e illustrate nella tabella sono stati adottati i valori ottenuti con la **Formula di Kirpich** (bacini di estensione minore) e **SCS** (bacino di estensione maggiore), che hanno mostrato i valori inferiori e al contempo le condizioni di applicabilità in relazione ai diversi parametri morfometrici e dimensionali. Il valore del coefficiente di assorbimento o di deflusso Φ è stato calcolato con il metodo del SCS- Curve Number³ che permette di ricavare la pioggia netta:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)}$$

dove h_{lorda} è la pioggia stimata dalle curve di possibilità pluviometrica, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

e I_a è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 S.$$

³ U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, pp. 10.1÷24, Washington, D.C., U.S.A., 1972.

La soluzione proposta prevede di intercettare le portate del bacino del Rio Tula chiuso all'imbocco del canale tombato e deviarle verso il bacino idrografico dell'asta n. 120905 situata ad Ovest del centro edificato e confluyente nel Rio Tula a valle di esso. Il deflusso nel centro abitato invece è originato da un bacino residuo di cui sono state calcolate le portate di piena e effettuate le simulazioni in moto permanente per determinare le aree di allagamento residue.

Gli aspetti idrologici hanno quindi riguardato la valutazione delle portate prodotte dai sub-bacini idrografici chiusi lungo il tracciato in corrispondenza delle sezioni più significative, ovvero:

- l'imbocco della galleria in prossimità dell'abitato;
- la sezione terminale dell'alveo naturale dell'asta 120905 in corrispondenza della confluenza nel Rio Tula a valle dell'edificato, utile anche per il dimensionamento degli attraversamenti della viabilità provinciale e comunale interferenti;
- il bacino residuo dell'area urbana.

Le figure seguenti riportano le delimitazioni dei bacini considerati.

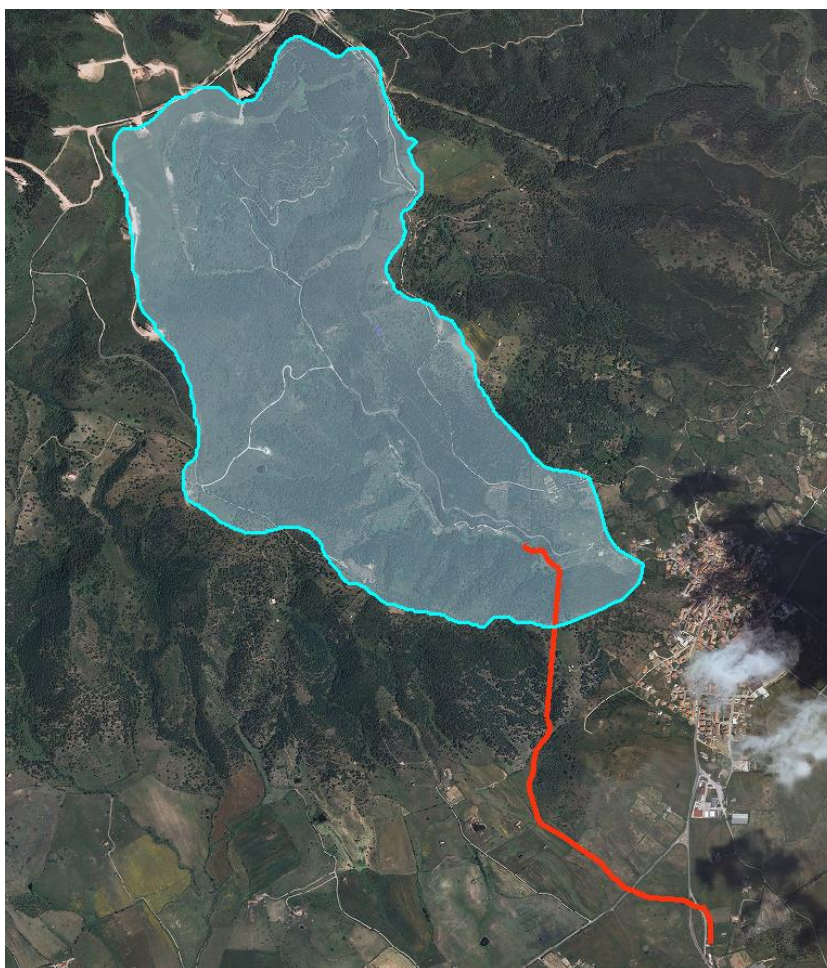


Figura 7 – Bacino idrografico imbocco canale tombato, utilizzato per il dimensionamento della galleria



Figura 8 – Bacino idrografico asta 120905

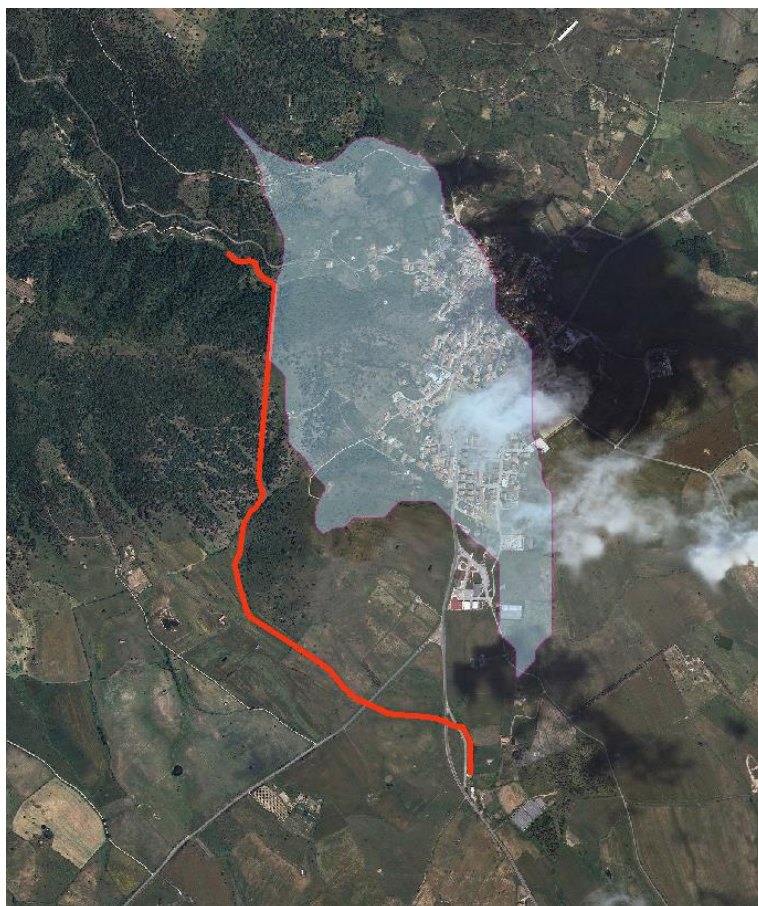


Figura 9 – Bacino idrografico residuo area urbana

Applicando la metodologia descritta sono state determinate le portate di piena per i quattro tempi di ritorno canonici, utilizzate nelle simulazioni in moto permanente.

Sono riportate di seguito le tabelle riepilogative che illustrano il riepilogo dei calcoli idrologici.

Tabella 3 – riepilogo calcoli idrologici - bacino imbocco galleria

IMBOCCO GALLERIA	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	3611	3611	3611	3611
Curve Number	CN	-	91,94	91,94	91,94	91,94
Pend.za media bac.	i _{bac}	-	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400
Area bacino	A	kmq	2,49	2,49	2,49	2,49
Altitudine massima	Hmax	m slm	620	620	620	620
Altitudine media	Hmed	m slm	453	453	453	453
Altitudine minima	Hmin	m slm	257	257	257	257
Pend.za media asta	iret	m/m	0,1005	0,1005	0,1005	0,1005
	SCS	(ore)	0,424	0,424	0,424	0,424
	GIANDOTTI	(ore)	1,047	1,047	1,047	1,047
	PASINI	(ore)	0,708	0,708	0,708	0,708
	VAPI	(ore)	2,977	2,977	2,977	2,977
	KIRPICH	(ore)	0,270	0,540	0,540	0,540
	VIPARELLI	(ore)	0,669	0,669	0,669	0,669
	tc adott.		SCS			
		(ore)	0,424	0,424	0,424	0,424
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		1	1	1	1
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,3157097	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,691414	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,11060976	0,142830	0,1690096	0,1943464
	a2 (ADOTTATO)	-	2,22833025	2,54098	2,8536298	3,2669302
	n (ADOTTATO)	-	0,42631948	0,45853972	0,4847193	0,5100561
	a (ADOTTATO)	-	46,1073042	52,5764697	59,045635	67,597407
	h (ADOTTATO)	(mm)	31,990	35,484	38,966	43,651
	Coef.f.Ragg (ADOTTATO)	-	0,925	0,925	0,925	0,925
	h r (ADOTTATO)	(mm)	29,593	32,826	36,047	40,381
	S	(mm)	22,267	22,267	22,267	22,267
	la	(mm)	4,453	4,453	4,453	4,453
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	13,332	15,897	18,532	22,180
	Coef.defl. (SCS)		0,417	0,448	0,476	0,508
	Coef.defl. (GIANDOTTI)		0,546	0,581	0,611	0,644
	Coef.defl. (PASINI)		0,493	0,527	0,557	0,590
	Coef.defl. (VAPI)		0,641	0,672	0,697	0,724
	Coef.defl. (KIRPICH)		0,348	0,486	0,515	0,548
	Coef.defl. (VIPARELLI)		0,484	0,519	0,548	0,581
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,417	0,448	0,476	0,508
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	21,735	25,917	30,213	36,162
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	16,845	20,460	24,155	29,131
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	19,148	23,105	27,156	32,661
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	9,444	11,253	13,077	15,500
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	23,488	24,665	28,866	34,627
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	19,457	23,448	27,534	33,097
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	21,735	25,917	30,213	36,162

Tabella 4 – riepilogo calcoli idrologici - bacino Asta 120905

BACINO ASTA 120905	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	1787	1787	1787	1787
Curve Number	CN	-	94,71	94,71	94,71	94,71
Pend.za media bac.	i_{bac}	-	0,2067	0,2067	0,2067	0,2067
Area bacino	A	kmq	0,53	0,53	0,53	0,53
Altitudine massima	Hmax	m slm	428	428	428	428
Altitudine media	Hmed	m slm	283	283	283	283
Altitudine minima	Hmin	m slm	208	208	208	208
Pend.za media asta	iret	m/m	0,2166	0,2166	0,2166	0,2166
	SCS	(ore)	0,272	0,272	0,272	0,272
	GIANDOTTI	(ore)	0,807	0,807	0,807	0,807
	PASINI	(ore)	0,228	0,228	0,228	0,228
	VAPI	(ore)	1,456	1,456	1,456	1,456
	KIRPICH	(ore)	0,190	0,381	0,381	0,381
	VIPARELLI	(ore)	0,331	0,331	0,331	0,331
	tc adott.	KIRPICH				
		(ore)	0,190	0,190	0,190	0,190
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		1	1	1	1
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,3157097	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,691414	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,11060976	0,142830	0,1690096	0,1943464
	a2 (ADOTTATO)	-	2,22833025	2,54098	2,8536298	3,2669302
	n (ADOTTATO)	-	0,42631948	0,45853972	0,4847193	0,5100561
	a (ADOTTATO)	-	46,1073042	52,5764697	59,045635	67,597407
	h (ADOTTATO)	(mm)	22,733	24,573	26,424	29,006
	Coef.f.Ragg (ADOTTATO)	-	0,942	0,942	0,942	0,942
	h r (ADOTTATO)	(mm)	21,421	23,155	24,899	27,332
	S	(mm)	14,187	14,187	14,187	14,187
	la	(mm)	2,837	2,837	2,837	2,837
	Phetta (ADOTTATO)	(mm)	10,538	11,964	13,427	15,511
	Coef.defl. (SCS)		0,515	0,540	0,563	0,590
	Coef.defl. (GIANDOTTI)		0,653	0,682	0,706	0,733
	Coef.defl. (PASINI)		0,490	0,514	0,536	0,563
	Coef.defl. (VAPI)		0,705	0,732	0,754	0,778
	Coef.defl. (KIRPICH)		0,464	0,588	0,611	0,639
	Coef.defl. (VIPARELLI)		0,542	0,568	0,592	0,619
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,464	0,487	0,508	0,535
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	7,371	8,461	9,571	11,118
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	5,015	5,931	6,857	8,097
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	7,763	8,863	9,988	11,570
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	3,669	4,340	5,016	5,915
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	8,150	7,674	8,742	10,206
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	6,934	8,005	9,093	10,594
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	8,150	9,252	10,384	11,995

Tabella 5 – riepilogo calcoli idrologici - bacino residuo area urbana

BACINO RESIDUO URBANO	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	2248	2248	2248	2248
Curve Number	CN	-	94,70	94,70	94,70	94,70
Pend.za media bac.	i_{bac}	-	0,2887	0,2887	0,2887	0,2887
Area bacino	A	kmq	0,799	0,799	0,799	0,799
Altitudine massima	Hmax	m slm	456	456	456	456
Altitudine media	Hmed	m slm	286	286	286	286
Altitudine minima	Hmin	m slm	211	211	211	211
Pend.za media asta	iret	m/m	0,2814	0,2814	0,2814	0,2814
	SCS	(ore)	0,277	0,277	0,277	0,277
	GIANDOTTI	(ore)	1,003	1,003	1,003	1,003
	PASINI	(ore)	0,247	0,247	0,247	0,247
	VAPI	(ore)	1,489	1,489	1,489	1,489
	KIRPICH	(ore)	0,200	0,200	0,200	0,200
	VIPARELLI	(ore)	0,416	0,416	0,416	0,416
	tc adott.	PASINI				
		(ore)	0,247	0,247	0,247	0,247
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		1	1	1	1
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,3157097	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,691414	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,11060976	0,142830	0,1690096	0,1943464
	a2 (ADOTTATO)	-	2,22833025	2,54098	2,8536298	3,2669302
	n (ADOTTATO)	-	0,42631948	0,45853972	0,4847193	0,5100561
	a (ADOTTATO)	-	46,1073042	52,5764697	59,045635	67,597407
	h (ADOTTATO)	(mm)	25,423	27,715	30,008	33,160
	Coef.f. Ragg (ADOTTATO)	-	0,939	0,939	0,939	0,939
	h r (ADOTTATO)	(mm)	23,878	26,030	28,184	31,144
	S	(mm)	14,215	14,215	14,215	14,215
	la	(mm)	2,843	2,843	2,843	2,843
	Phetta (ADOTTATO)	(mm)	12,552	14,375	16,234	18,839
	Coef.defl. (SCS)		0,510	0,535	0,558	0,585
	Coef.defl. (GIANDOTTI)		0,672	0,701	0,725	0,751
	Coef.defl. (PASINI)		0,494	0,519	0,541	0,568
	Coef.defl. (VAPI)		0,703	0,729	0,751	0,775
	Coef.defl. (KIRPICH)		0,463	0,486	0,507	0,534
	Coef.defl. (VIPARELLI)		0,566	0,593	0,617	0,644
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,494	0,519	0,541	0,568
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	10,897	12,521	14,174	16,476
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	6,867	8,168	9,483	11,237
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	11,257	12,891	14,559	16,894
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	5,423	6,414	7,413	8,740
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	11,926	13,567	15,250	17,639
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	9,570	11,124	12,699	14,852
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	11,257	12,891	14,559	16,894

Con le portate calcolate per i bacini suindicati, sono state effettuate le simulazioni in moto permanente per i tempi di ritorno canonici.

5 STUDIO IDRAULICO: METODOLOGIA DI ANALISI E SIMULAZIONI IN MOTO VARIO O PERMANENTE

Il lavoro di modellazione idraulica è stato effettuato con l'ausilio dei Sistemi Informativi Territoriali e mediante il software di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System del U.S. Army) che consente di costruire il modello matematico delle aste fluviali in esame, rappresentandone anche gli elementi singolari, quali manufatti di attraversamento (ponti e tombinature), pile ed altre ostruzioni presenti in alveo, arginature, soglie, sfioratori e ricavare i profili della corrente **in moto permanente** determinati dalle portate di progetto. Tra gli output ricavati, i livelli della superficie libera nelle sezioni trasversali consentono di individuare le aree occupate dalla corrente idraulica durante l'evento di piena.

Il modello digitale del terreno assunto come base su cui costruire il modello idraulico, è stato realizzato con celle quadrate di passo 3 metri, a partire dalla cartografia aerofotogrammetrica in scala 1:4.000 disponibile per il centro abitato e dai rilievi in campo effettuati con strumentazione GPS.

La modellazione avviene attraverso l'inserimento di sezioni trasversali alla direzione di scorrimento dell'asta fluviale, rappresentanti la morfologia del terreno ed estese lungo le sponde in misura sufficiente da contenere i tiranti idrici, suddivise in più tratti anche in funzione di differenti valori del parametro "n" di scabrezza associato a ciascun tratto ritenuto omogeneo. Oltre a tale ripartizione, vengono delimitate per ogni sezione trasversale tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e le due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

La geometria dei corsi d'acqua definita dal profilo planimetrico dell'alveo, dalle sezioni trasversali e dai manufatti di attraversamento è stata definita sulla base della cartografia numerica a disposizione integrata da rilievi di dettaglio effettuati appositamente in prossimità delle singolarità del tracciato.

Lungo ciascuna sezione trasversale sono individuati i tratti con scabrezza omogenea, in funzione dei differenti tipi di copertura del suolo; i valori di scabrezza relativi sono stati assegnati sulla base della cartografia dell'uso del suolo disponibile nel sito della regione Sardegna <http://www.sardegna.territorio.it>. In particolare a ciascuna categoria di uso del suolo presente nella cartografia utilizzata sono stati attribuiti, con riferimento a dati presenti in letteratura tecnica⁴, specifici valori di scabrezza variabili da 0.01 a 0.35.

In tabella 4 sono stati elencati nello specifico i valori di scabrezza utilizzati ai fini del calcolo idraulico.

⁴ Ven Te Chow, Applied Hydrology, Mc-Graw Hill, 1988 .

Tabella 6 - Valori di scabrezza per le differenti classi di uso del suolo

CLASSI DELL'USO DEL SUOLO	SCABREZZA
Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie	0.1
Aree a pascolo naturale	0.035
Aree a ricolonizzazione artificiale	0.035
Aree a ricolonizzazione naturale	0.035
Aree aeroportuali ed eliporti	0.016
Aree agroforestali	0.1
Aree archeologiche	0.025
Aree con vegetazione rada	0.07
Aree estrattive	0.025
Aree portuali	0.016
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	0.035
Aree verdi urbane	0.035
Bacini artificiali	0.03
Bacini naturali	0.03
Boschi di conifere	0.15
Boschi di latifoglie	0.15
Boschi misti di conifere e latifoglie	0.15
Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento	0.035
Cantieri	0.025
Cimiteri	0.035
Colture in serra	0.035
Colture temporanee associate a colture permanenti	0.035
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti	0.035
Colture temporanee associate al vigneto	0.35
Colture temporanee associate all'olivo	0.035
Discariche	0.025
Fiumi, torrenti e fossi	0.03
Formazioni di ripa non arboree	0.05
Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba	0.05
Frutteti e frutti minori	0.035
Gariga	0.05
Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)	0.016
Insedamenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi	0.016
Insedamento di grandi impianti di servizi	0.016
Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	0.03
Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	0.03
Macchia mediterranea	0.1
Oliveti	0.035
Paludi interne	0.03
Paludi salmastre	0.03
Pareti rocciose e falesie	0.015
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste	0.15

CLASSI DELL'USO DEL SUOLO	SCABREZZA
Prati artificiali	0.035
Prati stabili	0.035
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)	0.04
Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)	0.016
Seminativi in aree non irrigue	0.04
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	0.04
Sistemi colturali e particellari complessi	0.035
Spiagge di ampiezza superiore a 25 m	0.03
Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali)	0.15
Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale	0.016
Tessuto discontinuo (extraurbano)	0.016
Tessuto residenziale compatto e denso	0.016
Tessuto residenziale rado	0.016
Vigneti	0.035
Vivai	0.04

I profili di moto permanente sono stati determinati numericamente per differenze finite risolvendo le equazioni dell'idraulica con condizioni al contorno e condizioni iniziali specifiche per i tratti studiati.

Per la definizione delle singolarità sono state utilizzate le **funzioni specifiche** denominate "*Bridge*" e "*Culvert*" per rappresentare i ponti e viadotti stradali nonché i sottopassi stradali e ferroviari trasversali alla corrente, la funzione "*Leeve*" per rappresentare le arginature, la funzione "*Ineffective flow area*" per rappresentare le zone laterali al canale principale occupate dall'acqua con velocità molto basse, sostanzialmente non contribuenti alla corrente monodimensionale e situate a ridosso dei manufatti o terrapieni. In corrispondenza delle confluenze tra aste differenti è stata utilizzata la funzione "*Junction*", che funge da condizione al contorno "interna" ai gruppi di aste appartenenti ad un unico modello di calcolo.

Per quanto riguarda la delimitazione delle **aree a pericolosità idraulica** per i tempi di ritorno considerati, il lavoro è stato sviluppato a partire dai risultati delle simulazioni su modello matematico, effettuando la trasposizione sulla cartografia alla scala dello strumento urbanistico, ove disponibile, della traccia planimetrica corrispondente alle aree bagnate dai tiranti idrici originati dal deflusso a cielo aperto; le superfici interessate dalle piene risultano determinate dalle aree per le quali la relativa quota altimetrica è inferiore al battente d'acqua risultante dai calcoli.

Per ciascuna asta fluviale sono state tracciate le **sezioni trasversali** lungo l'asta principale, la cui numerazione procede in ordine crescente da valle verso monte in conformità alle regole

del programma. Gli **attraversamenti delle aste fluviali** dovuti a viadotti, ponti e sottopassi sono stati identificati con specifiche sigle e classificati in ordine crescente da valle verso monte.

Le simulazioni in moto permanente per ciascuna asta o sistema di aste fluviali studiate contengono i seguenti elementi grafici e numerici:

- portate di calcolo e condizioni al contorno;
- schemi planimetrici delle aste principali con indicazione delle sezioni trasversali;
- profili longitudinali dell'alveo con i profili della superficie libera per le portate con i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni;
- sezioni trasversali con le indicazioni delle singolarità (ostruzioni, argini, ponti e tombature), della scabrezza e dei livelli dei battenti idrici per le portate studiate;
- tabelle riepilogative delle grandezze fisiche e idrauliche.

Le caratteristiche geometriche e costitutive delle opere in progetto sono state definite sulla base delle simulazioni su modello matematico delle correnti in moto permanente originate dalle portate di piena per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Sono stati valutati i tiranti idrici e verificato il rispetto dei franchi idraulici di sicurezza su quelli relativi alle portate duecentenarie ai sensi dell'art. 21 delle N.A. del PAI.

I risultati dello studio idraulico sono raccolti nel fascicolo apposito, dove è possibile riscontrare per ciascuna sezione trasversale le tracce dei livelli idrici, nonché i profili longitudinali e i valori numerici delle grandezze d'interesse.

La galleria avrà diametro 3.50 m e sviluppo complessivo di 580 m con pendenza del 1.8% circa; l'imbocco sarà situato a quota 276 m slm a circa 430 m a monte dell'attuale imbocco del canale tombato e sarà regolato da una soglia di sfioro laterale in grado di lasciar transitare le portate di piena con tempi di ritorno inferiori a quelli delle piene eccezionali. Lo sbocco dalla galleria avverrà nel compluvio denominato "asta 120905" del quale si prevede l'adeguamento della sezione trasversale al fine di contenere le piene di progetto con idonei franchi di sicurezza sino all'intersezione con la S.P. 2, per uno sviluppo di circa 1200 m. La sezione trasversale dell'alveo sistemato dell'asta 120905 (a monte della confluenza con il Rio Tula) sarà di forma trapezoidale, con base di 3.00 m, altezza di 2.00 m e sponde inclinate a 45 gradi. Successivamente, a valle dell'attraversamento della S.P. n. 2, sarà necessario realizzare un tratto di connessione a cielo aperto con sezione rettangolare in calcestruzzo con termine in corrispondenza dell'intersezione con una strada comunale; a valle di essa avverrà la confluenza nel Rio Tula di cui si prevede la sistemazione con adeguamento della sezione trasversale per un tratto di circa 200 m; la sezione prevista avrà forma trapezoidale, con base di larghezza 3.00 m, altezza di 3.00 m e sponde inclinate a 45 gradi.

Tutti gli attraversamenti della viabilità sui corsi d'acqua oggetto di intervento (S.P. 103, S.P. 2 e strada comunale) saranno adeguati mediante la demolizione dei manufatti esistenti e la ricostruzione dei nuovi con dimensioni idonee al contenimento delle portate con tempo di ritorno di 200 anni con il rispetto del franco idraulico di sicurezza previsto dalle N.A. del PAI. Le sezioni ipotizzate sono di forma rettangolare e dimensioni nette 5.00x3.70 m (strade provinciali sull'asta 120905 e strada comunale sul Rio Tula).

Con le opere suddette sarà possibile evitare che le portate di piena per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni attraversino il centro abitato; il franco di sicurezza idraulica sarà garantito lungo i nuovi tracciati in progetto sino alla portata con tempo di ritorno di 200 anni in quasi tutte le sezioni; gli attraversamenti saranno realizzati con il rispetto del franco previsto dalle NTC 2018 e dalle N.A. del PAI.

L'edificato quindi sarà gravato da pericolosità idrauliche derivanti dalle portate residue ma le estensioni delle aree saranno notevolmente minori rispetto a quelle attuali.

L'attuale canale artificiale potrà mantenere la funzionalità per le portate ordinarie con tempi di ritorno inferiori a 50 anni; in ogni caso, in altri interventi funzionali, sarebbe importante effettuarne la riqualificazione mediante interventi strutturali che abbiano lo scopo di realizzare aperture eliminando la copertura in calcestruzzo o sostituendola con griglie metalliche permeabili al passaggio dell'acqua; contestualmente sarebbe indispensabile eliminare gli scarichi delle acque reflue ed i passaggi dei relativi collettori all'interno della sezione destinata alle sole acque meteoriche. Gli interventi sul canale non sono inclusi nella presente soluzione in quanto da ritenersi secondari ai fini della sicurezza idraulica, per quanto auspicabili per il completamento e la razionalizzazione dell'assetto idraulico nel centro abitato.

Si riportano nelle figure seguenti alcuni elementi significativi del modello e dei risultati nelle sezioni maggiormente rilevanti.

Comune di TULA (SS)
Interventi di messa in sicurezza idraulica del centro abitato
Progetto di fattibilità tecnico-economica – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

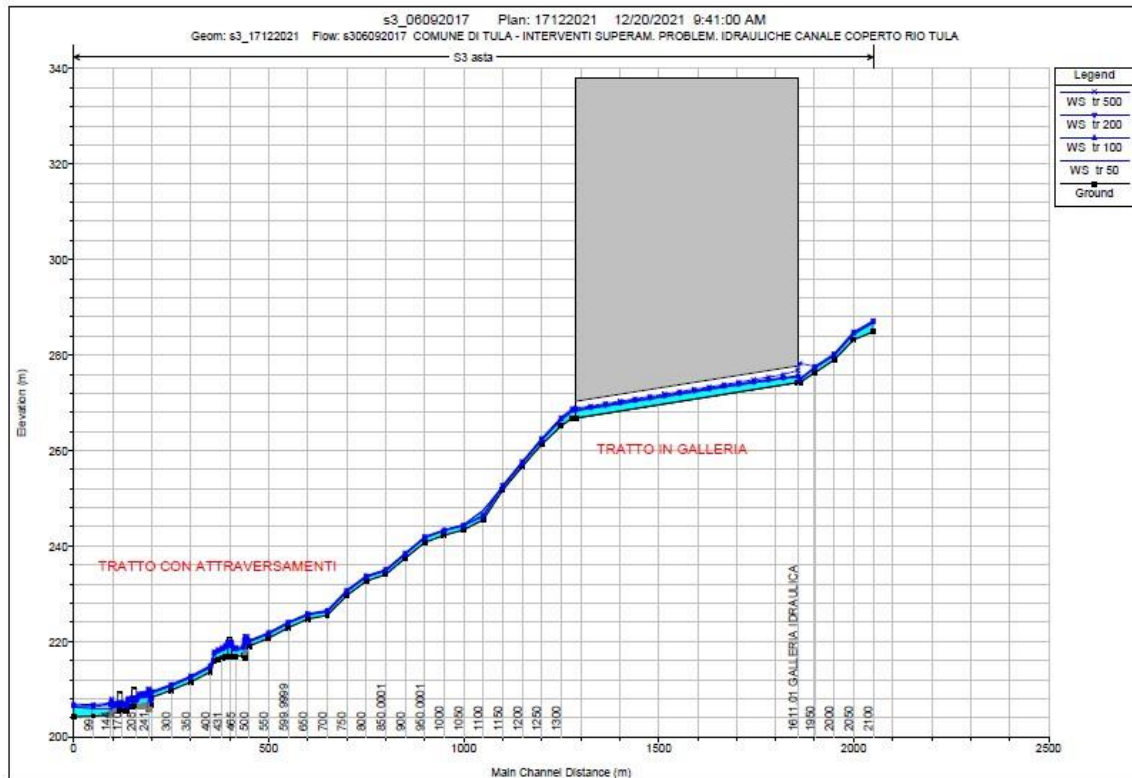


Figura 10 – Soluzione di progetto – profilo longitudinale tiranti idrici

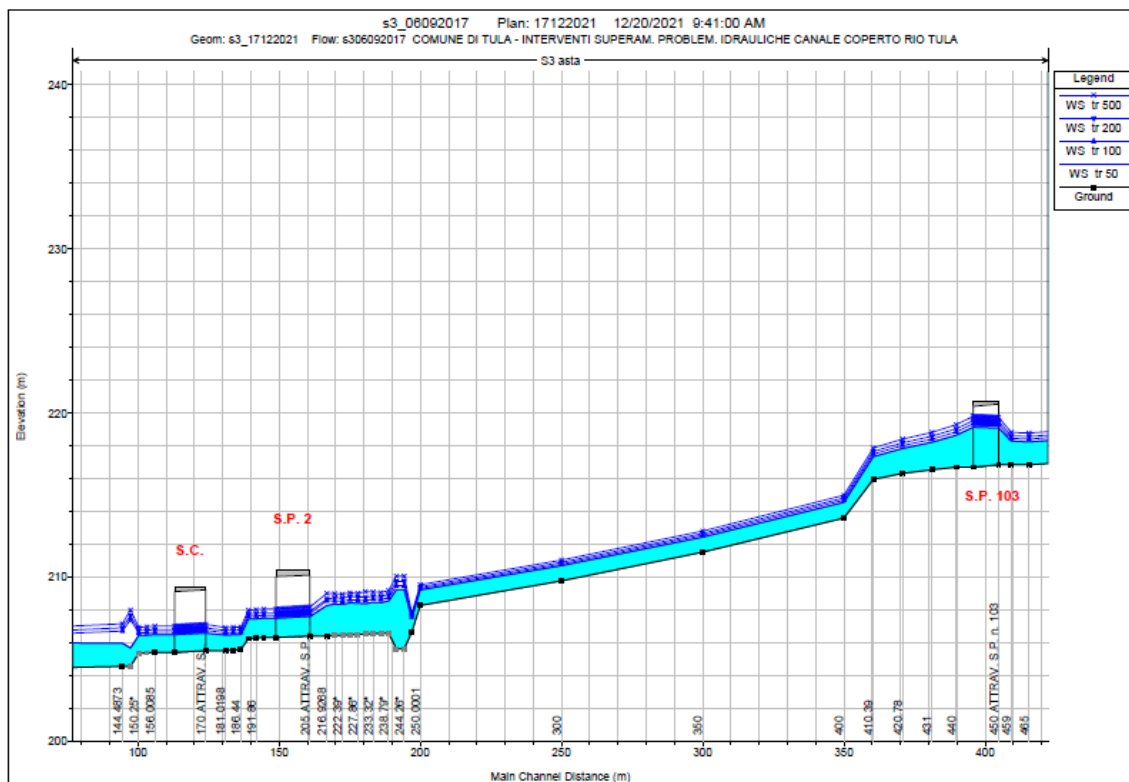


Figura 11 – Soluzione di progetto – profilo longitudinale tiranti idrici

Comune di TULA (SS)
Interventi di messa in sicurezza idraulica del centro abitato
Progetto di fattibilità tecnico-economica – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

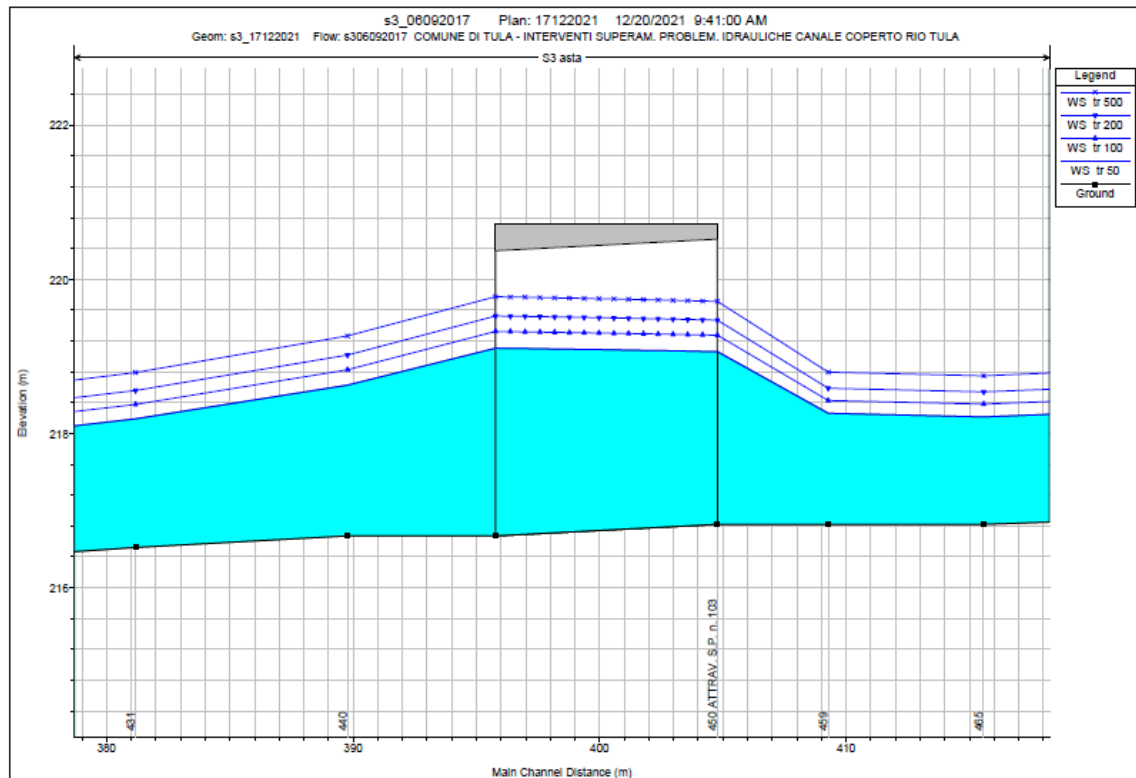


Figura 12 – Soluzione di progetto – profilo longitudinale tiranti idrici attraversamento **S.P. 103**

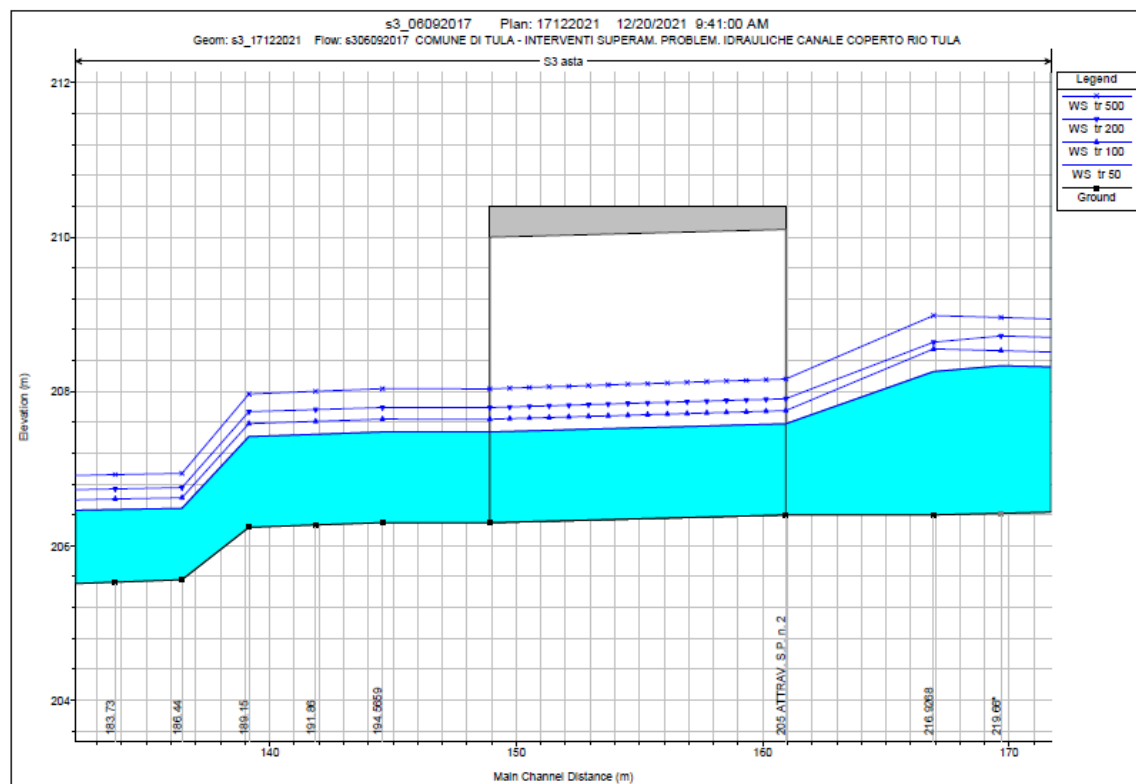


Figura 13 – Soluzione di progetto – profilo longitudinale tiranti idrici attraversamento **S.P. 2**

Comune di TULA (SS)
Interventi di messa in sicurezza idraulica del centro abitato
Progetto di fattibilità tecnico-economica – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

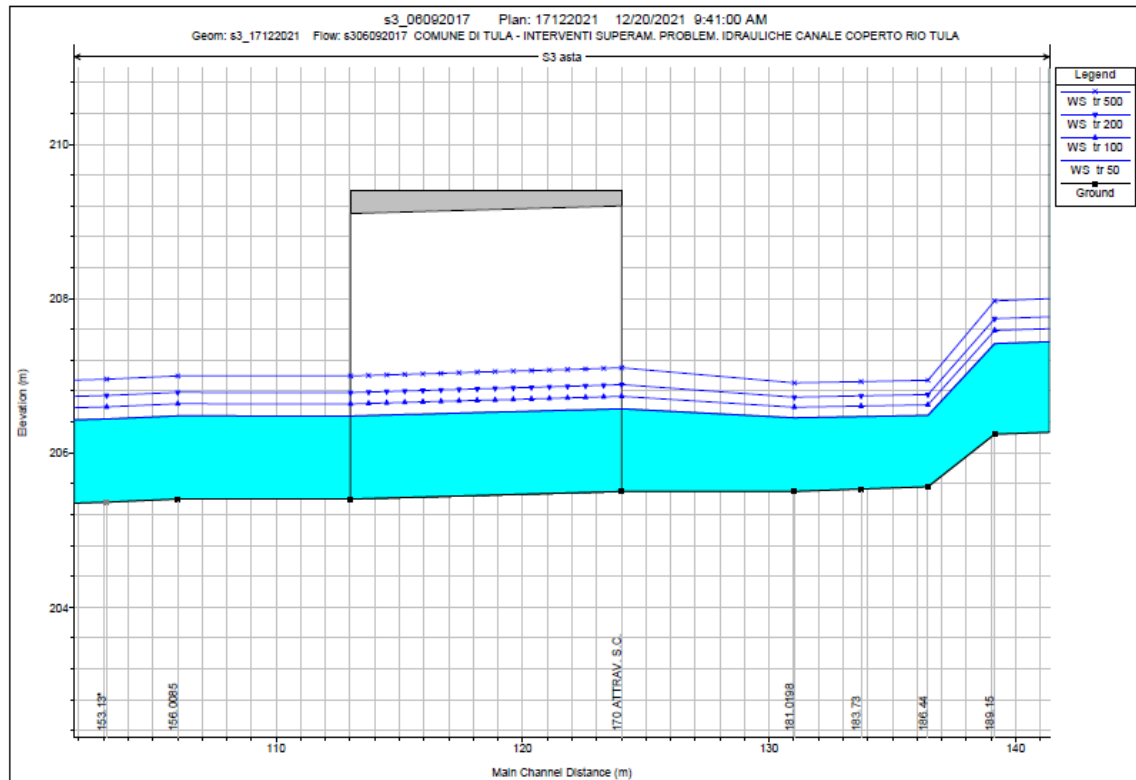


Figura 14 – Soluzione di progetto – profilo longitudinale tiranti idrici attraversamento S.C. (ex. S.P. 2)

Si allega di seguito la possibile carta della pericolosità nella condizione post-operam derivante dall'attuazione della soluzione 3.

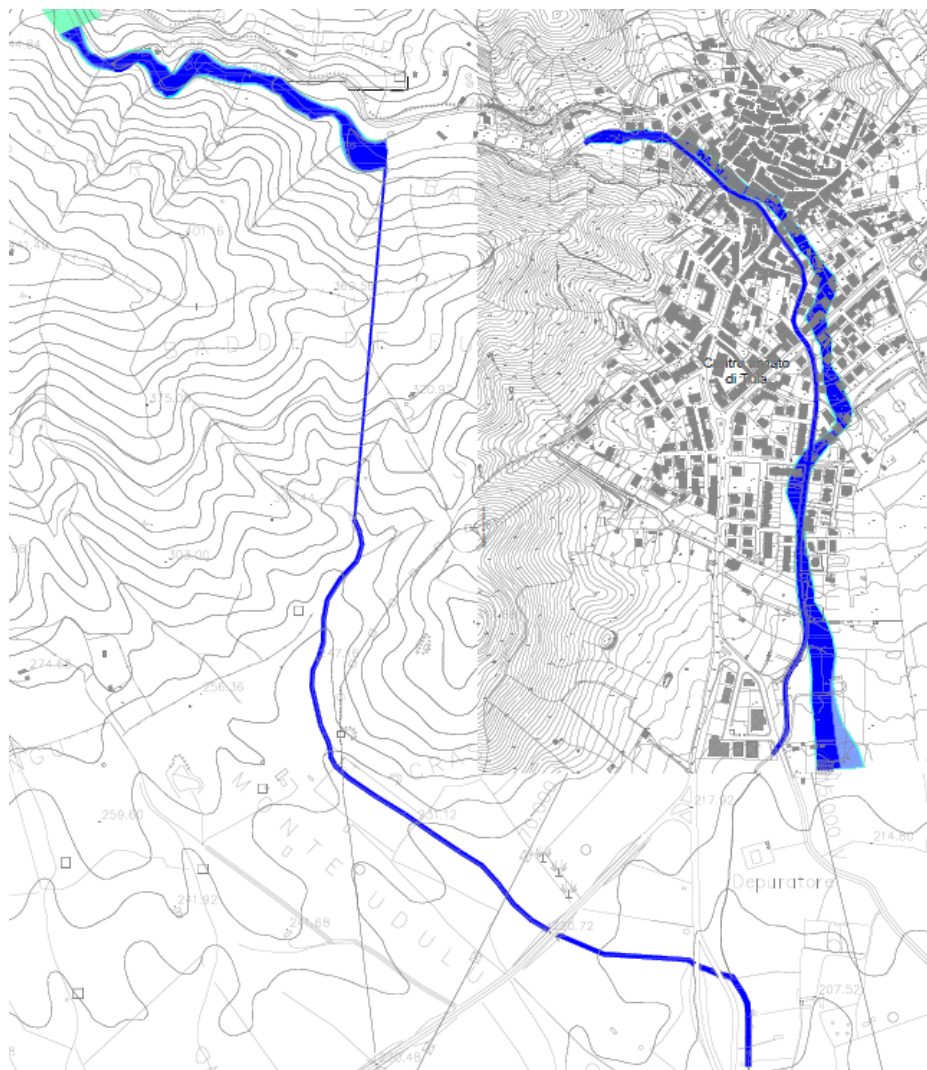


Figura 15 – carta della pericolosità idraulica Post-Operam

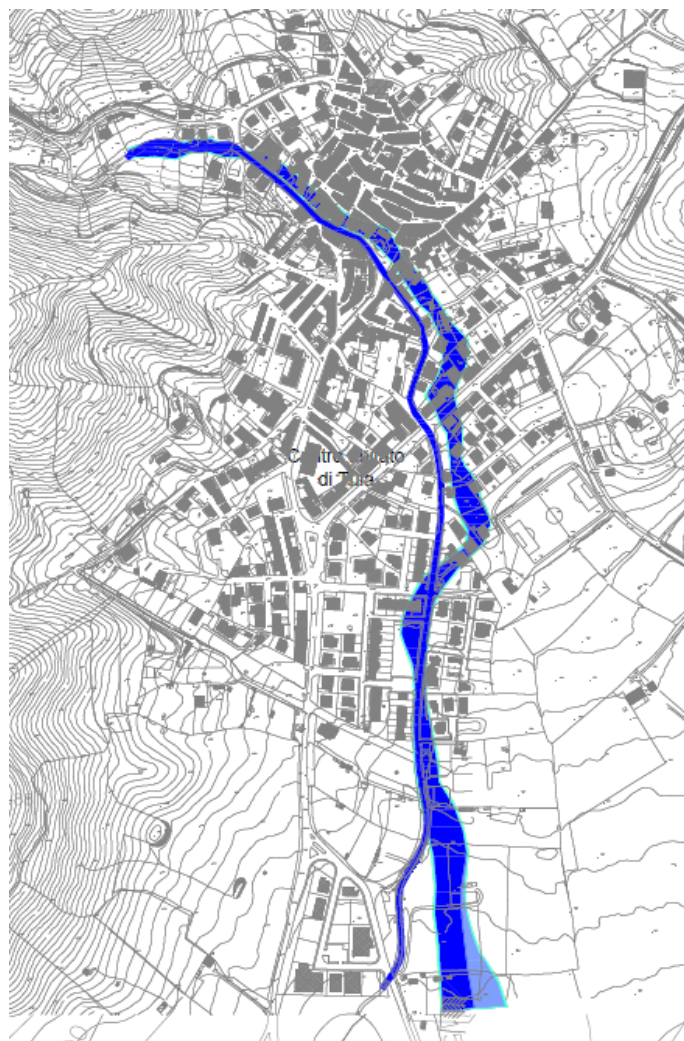


Figura 16 - aree di pericolosità idraulica - dettaglio centro abitato Post Operam

Ing. Fabio Cambula

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	1
2	RICHIESTE DI INTEGRAZIONI E RISCONTRI	3
2.1	Riscontri a Nota del Commissario Straordinario Delegato.....	3
2.2	Riscontri a Nota del Commissario Straordinario Delegato.....	4
3	CENNI GEOMORFOLOGICI.....	5
4	STUDIO IDROLOGICO: ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA.....	6
4.1	Premessa	6
4.2	Calcolo dell'altezza di Pioggia	7
4.3	Calcolo delle portate di piena	8
5	STUDIO IDRAULICO: METODOLOGIA DI ANALISI E SIMULAZIONI IN MOTO VARIO O PERMANENTE.....	20