

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NODO DI CATANIA**

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL
TRATTO DI LINEA INTERESSATO**

IDROLOGIA E IDRAULICA

Studio idraulico del Fiume Simeto – Relazione idraulica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3H 00 D 09 RI ID0002 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	feb. 2020	F. Cabas	feb. 2020	S. Vanfiori	feb. 2020	A. Vittorzi	feb. 2020

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti
Dott. Ing. Angelo Vittorio
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20773

File: RS3H00D09RIID0002001A.docx

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	OBIETTIVI E METODOLOGIA DI STUDIO	4
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE	6
2.1	AMBITO DI STUDIO	6
2.2	ASSETTO IDRAULICO ATTUALE	6
2.3	PERICOLOSITÀ IDRAULICA NELL'AREA DI INTERVENTO	7
3	STUDIO IDRAULICO BIDIMENSIONALE	9
3.1	IMPOSTAZIONE GENERALE	9
3.2	DATI DI BASE	9
3.3	IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME SIMETO	9
3.4	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	11
	3.4.1 <i>Modello numerico</i>	11
	3.4.2 <i>Geometria di calcolo</i>	11
	3.4.3 <i>Scabrezze</i>	13
	3.4.4 <i>Condizioni al contorno</i>	13
3.5	SCENARI SIMULATI	15
	3.5.1 <i>Stato di fatto</i>	15
	3.5.2 <i>Stato di progetto</i>	15
	3.5.3 <i>Stato di cantiere</i>	16
3.6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	17
	3.6.1 <i>Stato di fatto</i>	17
	3.6.2 <i>Stato di progetto</i>	18
	3.6.3 <i>Stato di cantiere</i>	19
4	ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	22

4.1	CRITERI DI VERIFICA	22
4.2	VERIFICA DELLA SICUREZZA IDRAULICA	22
4.3	VERIFICA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	22
5	CALCOLO DELLE EROSIONI LOCALIZZATE.....	23
5.1	METODOLOGIA DI ANALISI.....	23
5.1.1	<i>Scelta della formula di calcolo.....</i>	23
5.1.2	<i>Metodologia di applicazione della formula scelta.....</i>	23
5.1.3	<i>Equazione S/M di Sheppard-Melville</i>	24
5.1.4	<i>Equazione di Froehlich per le spalle</i>	26
5.2	SCALZAMENTI CALCOLATI.....	27
6	SISTEMAZIONI IDRAULICHE	29
6.1	PROTEZIONI DELLE FONDAZIONI DEI VIADOTTI.....	29
6.1.1	<i>Tipologia di intervento</i>	29
6.1.2	<i>Metodologia di riferimento.....</i>	29
6.1.3	<i>Dimensionamento delle protezioni in massi.....</i>	30
6.2	PROTEZIONE DELLA SCARPATA FERROVIARIA	31
7	BIBLIOGRAFIA	32

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 3 di 34

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.	6
Figura 2-2: Aree a Pericolosità idraulica (fonte SITR Regione Sicilia, 2019)	8
Figura 3-1: Schema idraulico dei corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Simeto	10
Figura 3-2: Idrogrammi di piena del Fiume Simeto per l'ambito di studio	10
Figura 3-3 – dominio di calcolo del modello 2D del Fiume Simeto per l'ambito di studio	12
Figura 3-4: modello bidimensionale del Fiume Simeto – condizioni al contorno.....	14
Figura 3-5: confronto tra la geometria dello stato di fatto (a sinistra) e quella dello stato di progetto (a destra)	16
Figura 3-6: Risultato della simulazione per Tr300 anni – stato di fatto, altezze d'acqua	18
Figura 3-7: Risultato della simulazione per Tr300 anni – stato di progetto, altezze d'acqua	19
Figura 3-8: Risultato della simulazione per Tr10 anni – stato di cantiere Lotto 2, altezze d'acqua.....	20
Figura 3-9: Particolare del risultato della simulazione per Tr10 anni – stato di cantiere Lotto 2	21
Figura 3-10: Livello idrico per Tr10 anni - stato di cantiere Lotto 2 in corrispondenza della sezione di controllo	21
Figura 4-1: Lotto 3 fascio A/P, Profilo del piano ferro e livelli idrici post-operam	22
Figura 5-1 – Abaco di confronto.....	23
Figura 5-2 – Differenti tipologie di pile e delle corrispondenti fondazioni.	24
Figura 5-3: Calcolo dello scalzamento in corrispondenza delle spalle	26

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Valori dei coefficienti di scabrezza per diverse coperture del suolo	13
Tabella 5-1: scalzamenti per le spalle delle Opere d'arte in progetto.....	27
Tabella 5-2: scalzamenti per le pile	28
Tabella 6-1: dimensioni minime delle protezioni in massi.....	30

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO												
STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3H</td> <td>00 D 09</td> <td>RI</td> <td>ID0002 001</td> <td>A</td> <td>4 di 34</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	4 di 34
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	4 di 34								

1 INTRODUZIONE

1.1 OBIETTIVI E METODOLOGIA DI STUDIO

Il presente documento è parte della progettazione definitiva dell'Interramento linea per il prolungamento della pista dell'Aeroporto di Fontanarossa e per la messa a STI del tratto di linea interessato, nell'ambito del progetto della "Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nodo di Catania". Tale intervento è necessario per la realizzazione della nuova pista di volo dell'aeroporto Fontanarossa, la cui lunghezza totale sarà pari a 3.200m e potrà accogliere aeromobili di codice "E" ICAO capaci di servire destinazioni di lungo raggio, la quale consentirà di intercettare e soddisfare la domanda di traffico descritta dalla pianificazione strategica nazionale.

La presente relazione descrive lo studio idraulico eseguito al fine di verificare l'estensione delle aree allagabili dovute alle piene del Fiume Simeto, nella cui bassa valle si sviluppa il progetto in questione. La mappatura delle aree allagabili consente di individuare le possibili criticità dovute all'interferenza delle opere in progetto con l'assetto idraulico dell'area di studio e conseguentemente definire gli eventuali interventi di mitigazione, ovvero di verificare che la presenza delle nuove opere sul territorio sia compatibile con i livelli idrici di piena e che non peggiori la situazione attuale, né ostacoli la possibilità di realizzare interventi di mitigazione del rischio idraulico.

Nel dettaglio l'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- Inquadramento dell'ambito di studio e definizione dell'assetto idraulico attuale
- Raccolta dei dati cartografici e topografici per la definizione delle caratteristiche fisiche dell'ambito di studio
- Implementazione di un modello di calcolo idraulico per la determinazione delle aree allagabili nell'ambito di studio
- Verifica della compatibilità idraulica degli interventi in progetto con l'assetto idraulico

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito, la normativa nazionale e regionale di riferimento:

- Regio Decreto (R.D.) n. 3918/1877
- **R.D. 27 luglio 1904, n. 523**
- R.D. 27 luglio 1904, n. 368
- R.D. n. 3267/1923
- R.D. 17 maggio 1926, n. 1126
- R.D. n. 215/1933
- **Legge n. 183/1989, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"**
- **D.M. del 14 febbraio 1997 "Direttive tecniche per l'individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico"**
- D.L. n. 180/1998 (Decreto Sarno)

STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO

RELAZIONE IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	5 di 34

- **Legge n. 365/2000 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile” (legge Soverato)**
- **Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Siciliana (2004) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA)**
- **D.Lgs. n. 152/2006 “Norma in materia ambientale”**
- **Direttiva n. 2007/60/CE**
- **D.Lgs. n. 49/2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni”**
- **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Siciliana (2015) e relative Norme di Attuazione**
- **Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) – D.M. 17 gennaio 2018**
- **Circolare esplicativa delle NTC 2018 n. 7 del 21 gennaio 2019**

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 AMBITO DI STUDIO

L'intervento progettuale in oggetto ricade in parte all'interno del bacino del Fiume Simeto, nel versante orientale dell'Isola, sviluppandosi nel territorio della provincia di Catania, nel comprensorio dei bacini idrografici interclusi tra il bacino del Fiume Simeto e quello del Fiume Alcantara.

L'intervento in progetto è articolato in tre lotti che interessano rispettivamente tra macrozone territoriali; in Figura 2-1 è rappresentato l'inquadramento geografico della linea ferroviaria di progetto.

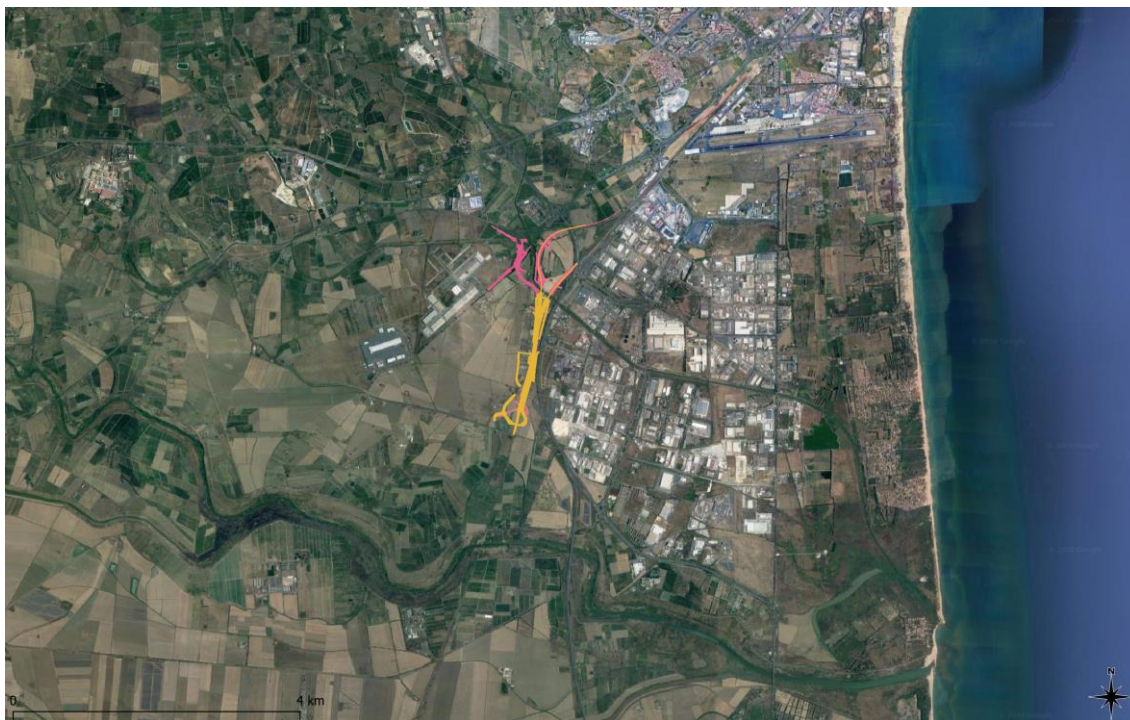


Figura 2-1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.

2.2 ASSETTO IDRAULICO ATTUALE

L'assetto idraulico dell'ambito di studio può essere definito sia dalla ricostruzione del regime idraulico del Fiume Simeto, sia dall'esame delle aree a pericolosità idraulica riportate nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, come discusso nel successivo paragrafo 2.3.

L'area di studio ricade nel comprensorio dei bacini idrografici interclusi tra il bacino del Fiume Simeto e quello del Fiume Alcantara nella parte orientale della Sicilia. In quest'area sono presenti rilievi collinari diffusamente incisi, costituiti dai depositi alluvionali dei Sieli e dalle colline delle Terreforti, e un lembo orientale della Piana di Catania. La Piana, ormai drenata da canali e fossi di scolo, è il risultato delle alluvioni del Simeto e dei suoi affluenti che hanno colmato gradualmente l'ampio golfo formatosi con il sollevamento dei rilievi

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 7 di 34

circostanti; questo accumulo è stato agevolato dalla presenza di una estesa duna costiera, rafforzata nel tempo dal moto ondoso e dalle correnti marine che lambiscono la costa.

2.3 PERICOLOSITÀ IDRAULICA NELL'AREA DI INTERVENTO

La definizione delle aree di pericolosità idraulica è attualmente riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I., 2004) e nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., 2015) della Regione Siciliana.

In particolare, sono individuate 3 classi di pericolosità idraulica (P3 - alta, P2 - moderata, P1 - bassa).

La classe di pericolosità **alta (P3)** fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento $Tr \leq 50$ anni e/o all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna superiore ad 1 metro.

La classe di pericolosità **moderata (P2)** fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento $Tr = 100 - 200$ anni e all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 30 cm ed 1m.

La classe di pericolosità **bassa (P1)** fa riferimento ad un evento di piena raro, caratterizzato da un tempo di ritorno $Tr = 300 - 500$ anni e/o all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua inferiori a 0.30 m.

Come illustrato nella figura seguente e riportato nell'elaborato RS3H00D09P4ID0002001A il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa prevalentemente all'esterno delle aree classificate a pericolosità idraulica del Fiume Simeto, definite nell'ambito del P.A.I./P.G.R.A.; solamente il fascio A/P ricade in area definita a pericolosità moderata P2 dal PAI del Fiume Simeto. Tale criticità viene risolta innalzando la livelletta ferroviaria, tuttavia nel tratto terminale il tracciato in progetto è vincolato dal doversi raccordare con i binari esistenti.

Lo studio idraulico bidimensionale descritto nel seguito ha verificato che la presenza delle nuove opere non peggiori le condizioni attuali.

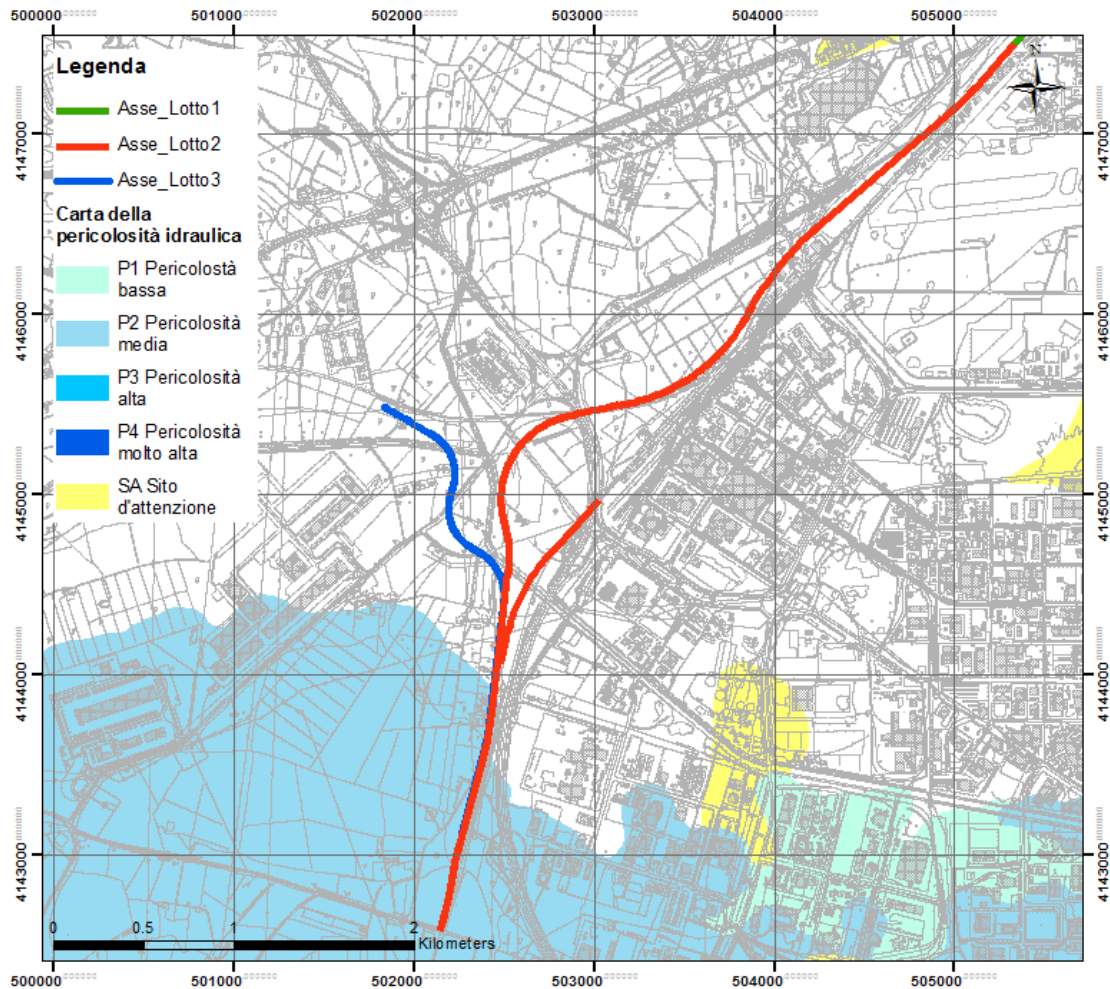


Figura 2-2: Aree a Pericolosità idraulica (fonte SITR Regione Sicilia, 2019)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 9 di 34

3 STUDIO IDRAULICO BIDIMENSIONALE

3.1 IMPOSTAZIONE GENERALE

Lo studio idraulico del Fiume Simeto sviluppato in questa sede riguarda il suo tratto terminale, da poco a valle della confluenza del Fiume Dittaino fino a poco a monte della confluenza del Torrente Gornalunga.

Al fine di verificare l'effettiva estensione delle aree di esondazione che interessano la valle del F. Simeto, è stato messo a punto un modello di calcolo idraulico bidimensionale, impiegando il noto codice Infoworks ICM, che consente di simulare la propagazione delle acque di piena sulla piana allagabile, determinando nel dominio di calcolo la superficie idrica e le relative grandezze idrodinamiche.

L'area di simulazione bidimensionale include l'alveo di magra e le aree golenali allagabili, come mostrato nel seguito.

3.2 DATI DI BASE

I dati cartografici e topografici a disposizione per l'implementazione del modello numerico bidimensionale sono:

- rilievo laseraltimetrico (LiDAR) ad alta risoluzione eseguito dalla Società Italferr SPA;
- rilievo laseraltimetrico (LiDAR), risoluzione 2x2 m, fornito dalla Regione Sicilia;
- rilievo laseraltimetrico (LiDAR), risoluzione 1x1 m, fornito dal Ministero dell'Ambiente;

Il confronto tra le diverse informazioni, ed in particolare tra le sezioni trasversali dell'alveo rilevate durante apposite campagne topografiche ed i rilievi LiDAR, ha permesso, nell'implementazione del modello numerico sviluppato, di utilizzare i dati più aggiornati, che riproducessero maggiormente le attuali condizioni in alveo e nelle aree golenali, potenzialmente inondabili.

3.3 IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME SIMETO

Il Fiume Simeto, come detto in precedenza, viene studiato per la ricostruzione delle aree allagabili che interessano in parte gli interventi in progetto. Gli idrogrammi di piena di riferimento sono ricavati dagli studi del PAI. Le figure seguenti riportano lo schema idraulico e gli idrogrammi di riferimento per l'ambito di studio: è stata scelta la sezione "b", in quanto essa tiene conto del contributo del Fiume Dittaino.

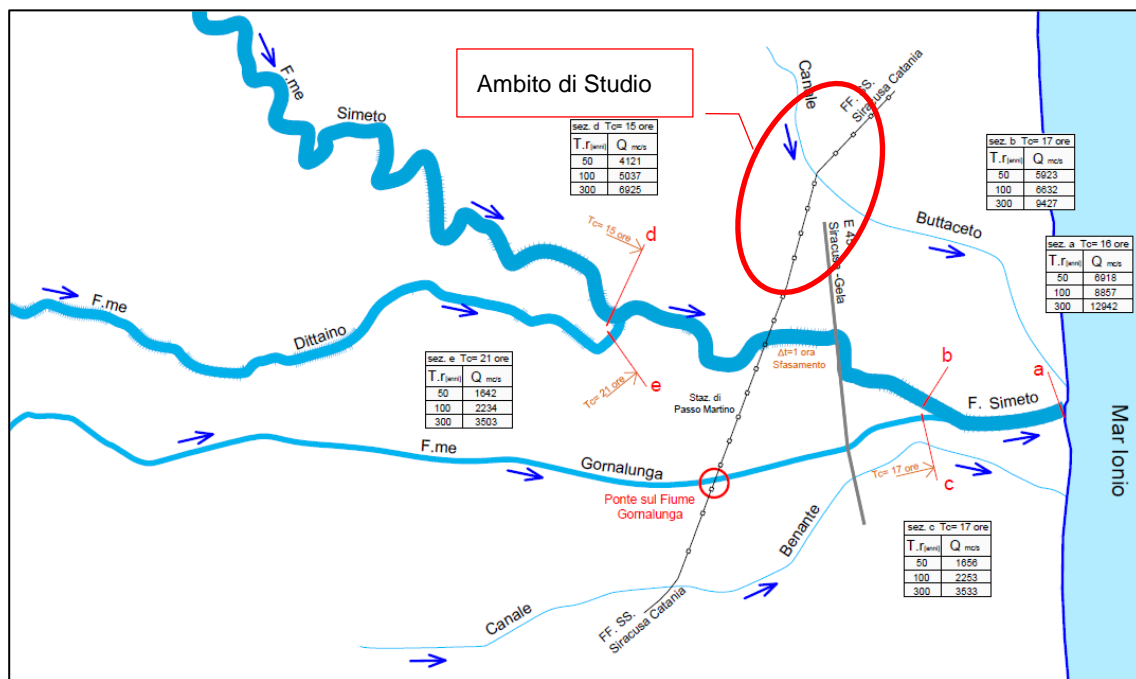


Figura 3-1: Schema idraulico dei corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Simeto

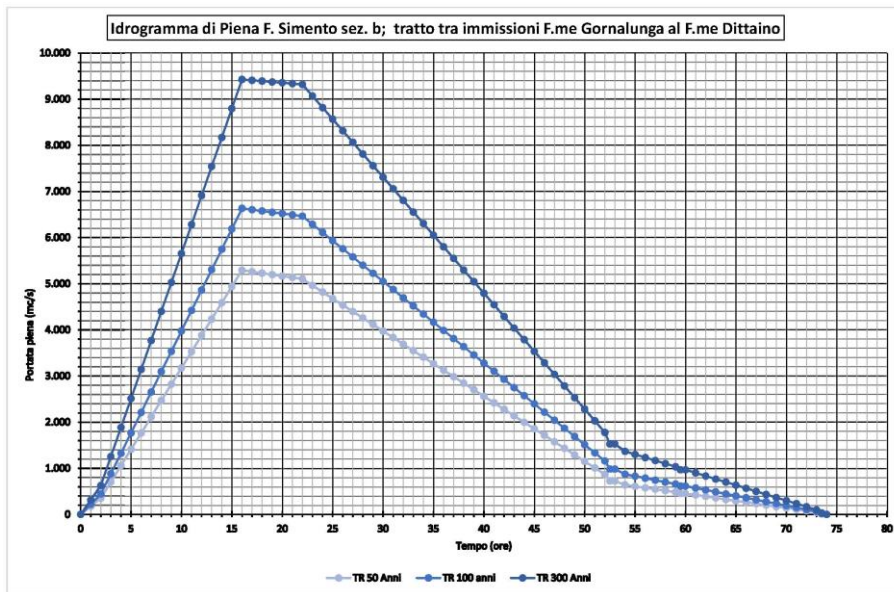


Figura 3-2: Idrogrammi di piena del Fiume Simeto per l'ambito di studio

3.4 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

3.4.1 Modello numerico

L'analisi idraulica è stata svolta implementando il modello matematico InfoWorks ICM sviluppato dall'azienda inglese Innowyze (ex HR Wallingford software) (Figura 14).

InfoWorks ICM è un recente e completo applicativo di simulazione idraulica, nato per consentire la modellazione numerica integrata di reti di drenaggio costituite da alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane. All'interno di un'unica interfaccia utente, si possono rappresentare sezioni fluviali aperte con approccio monodimensionale, ambiti in cui il moto avviene con andamento bidimensionale, reti di drenaggio chiuse e un numero elevato di tipologie di manufatti presenti in ambito fluviale o fognario (ponti, soglie, sollevamenti, scaricatori di piena, ecc.).

Le aste fluviali possono essere liberamente rappresentate, secondo le preferenze dell'utente, con un dominio interamente 2D (comprendente sia l'alveo inciso che le golene) o con uno schema misto (generalmente 1D per l'alveo inciso e 2D per le zone di espansione golenali).

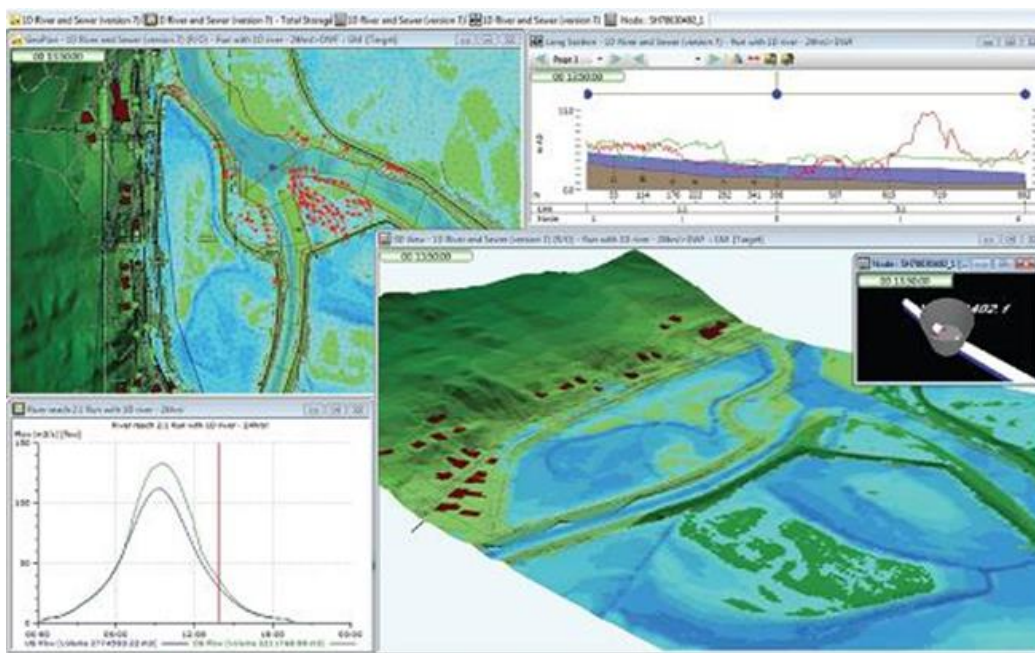


Figura 14 - Schermata del software di simulazione idraulica InfoWorks ICM

Vista la conformazione dell'area di studio e del corso d'acqua da analizzare, caratterizzato da un alveo inciso con un andamento meandriforme, si è scelto di implementare un modello in configurazione geometrica completamente bidimensionale.

3.4.2 Geometria di calcolo

Le caratteristiche geometriche della zona di interesse (in seguito definita dominio di calcolo) sono riportate all'interno del modello idraulico numerico tramite una discretizzazione del territorio attraverso elementi

generalmente poligonali, nota come *mesh*. La *mesh* di calcolo possiede una risoluzione variabile spazialmente tale per cui l'andamento plano altimetrico del territorio è riprodotto con un livello di accuratezza adeguato a rappresentare il corso d'acqua, alvei e golene, sia i canali secondari e le aree ripariali potenzialmente allagabili.

Nel caso in esame, il modello idraulico relativo al tratto terminale del Fiume Simeto ha una estensione di circa 10,5 km.

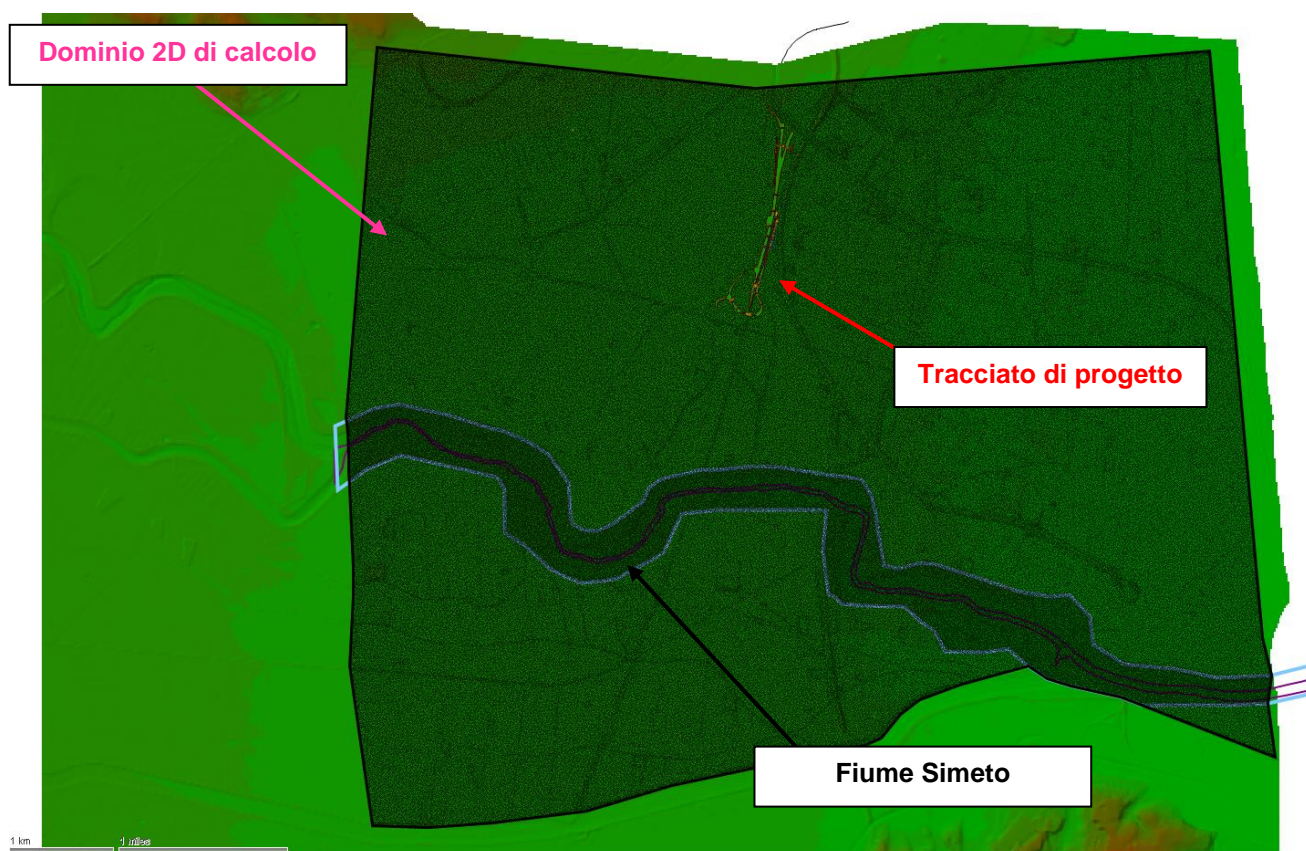


Figura 3-3 – dominio di calcolo del modello 2D del Fiume Simeto per l'ambito di studio

In particolare, il dominio di calcolo ha una superficie di circa 55 ha. La geometria del modello è stata implementata utilizzando i dati topografici disponibili per l'area di studio, precedentemente descritti. La rete di calcolo bidimensionale interessa sia l'alveo inciso sia le aree golenali di espansione esterne ed è stata definita utilizzando le opzioni di discretizzazione automatica del dominio di calcolo presenti in Infoworks, definendo opportune aree di infittimento della maglia in corrispondenza di elementi morfologicamente ed idraulicamente significativi, quali strade, corsi d'acqua, rilevati, etc. La creazione della *mesh* è stata sviluppata in modo tale che le dimensioni massime degli elementi non fossero superiori a valori di 100 m². Gli infittimenti della *mesh* (alveo e opere esistenti in alveo) sono stati sviluppati imponendo una dimensione minima degli elementi pari a 15 m².

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

3.4.3 Scabrezze

Le caratteristiche di scabrezza del dominio 2D sono state definite assegnando un valore del coefficiente di Manning (n) adeguato rispetto ai diversi usi del suolo, come riportato in Tabella 3-1. In particolare, il tipo di copertura del suolo individuata per il dominio 2D è quella di tipo *seminativo e insediamenti residenziali isolati*, per cui è stato scelto un valore di $n = 0.050 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$, analogamente a quanto fatto negli studi idraulici condotti per la Progettazione Esecutiva della tratta Bicocca-Catenanuova, attualmente in costruzione.

Tabella 3-1: Valori dei coefficienti di scabrezza per diverse coperture del suolo

Copertura del suolo	Manning n [$\text{m}^{-1/3}\text{s}$]
Aree boscate	0.06
Tessuto residenziale sparso o isolato	0.07
Insedimenti industriali, artigianali, commerciali e tessuto residenziale continuo	0.10
Prati, parchi giardini e seminativi	0.04
Reti stradali	0.02

3.4.4 Condizioni al contorno

Gli idrogrammi di riferimento, riportati nel precedente paragrafo 3.3, sono imposti come condizione al contorno di monte. Poiché è noto che le piene del Fiume Simeto esondano già dai tratti di monte, rispetto a quello studiato in questa sede, si è imposto l'ingresso della portata nella mesh di calcolo su tutto il confine di monte, come mostrato nella seguente Figura 3-4, per tenere quindi in conto della propagazione della portata di piena fuori alveo.

Come condizione di valle è stata imposta l'altezza idrica corrispondente al moto uniforme su tutto il perimetro del dominio 2D per lasciarlo appunto "aperto", in modo cioè che l'esondazione possa propagarsi anche al di fuori del dominio.

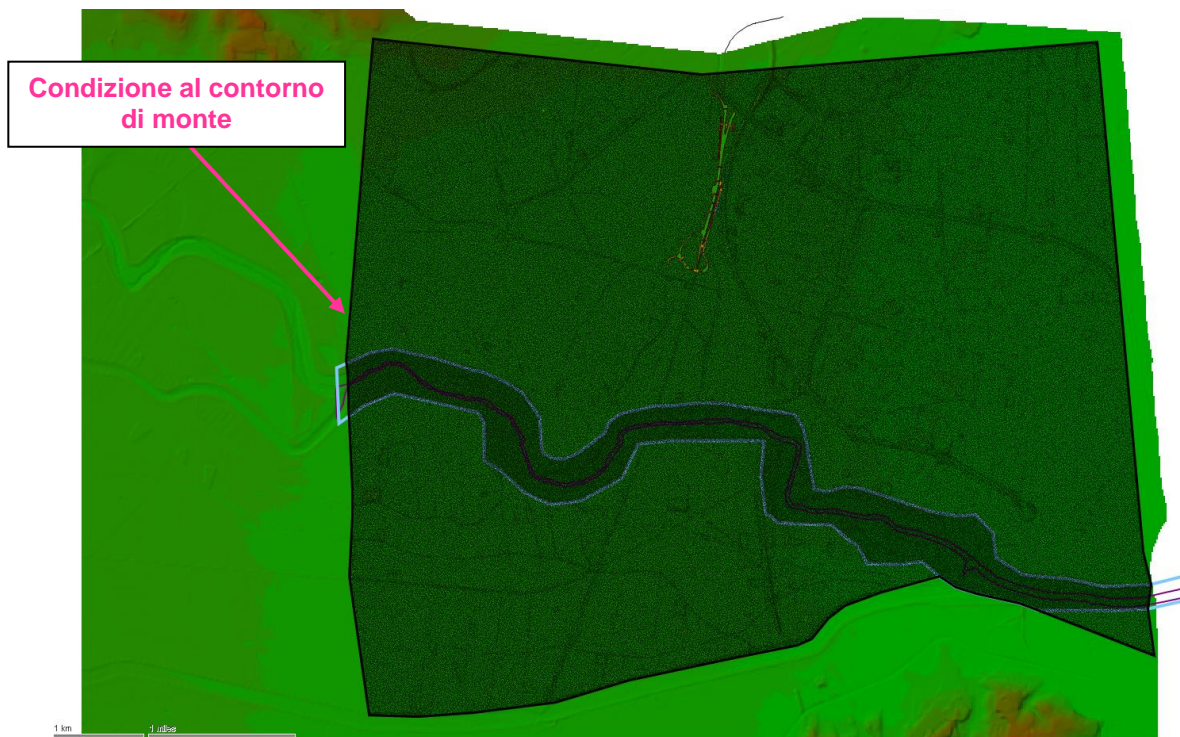


Figura 3-4: modello bidimensionale del Fiume Simeto – condizioni al contorno

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 15 di 34

3.5 SCENARI SIMULATI

3.5.1 Stato di fatto

Lo stato di fatto è rappresentato dalla geometria di calcolo nelle condizioni attuali, così come rappresentate dal modello digitale del terreno utilizzato.

Gli idrogrammi di piena simulati sono quelli con tempo di ritorno corrispondente agli scenari di pericolosità idraulica del PAI.

L'analisi delle possibili criticità è relativa al tempo di ritorno $T = 300$ anni, in quanto tale tempo di ritorno è quello corrispondente alla piena di progetto per le opere ferroviarie.

3.5.2 Stato di progetto

L'articolazione del progetto in esame si sviluppa su due lotti funzionali, così composti per l'ambito di interesse del presente documento:

- Lotto 2
 - o fascio A/P 1° fase (2 binari di corsa + 3 binari fascio)
 - o Collegamento dal fascio A/P al Terminal Merci
- Lotto 3
 - o Fascio A/P 2° fase (ampliamento binario 4° e 5°)

Lo stato di progetto per ciascun lotto considera la presenza degli interventi sul territorio, che sono rappresentati nel modello di calcolo modificando la mesh di calcolo mediante l'inserimento di "isole" non sormontabili, per tenere conto di:

- o costruzione della nuova sede ferroviaria in rilevato
- o presenza di piazzali
- o presenza delle nuove viabilità di collegamento agli impianti ferroviari in progetto

La demolizione della sede ferroviaria storica che sarà dismessa viene rappresentata modificando la mesh di calcolo in modo da abbassarne opportunamente la quota in corrispondenza del vecchio rilevato.

Il rilevato del nuovo fascio A/P è reso idraulicamente trasparente mediante la realizzazione di tombini/fornici, che nella mesh di calcolo sono rappresentati come poligoni di adattamento altimetrico della mesh stessa.

Tutte le altre condizioni di calcolo restano invariate rispetto allo stato di fatto. La seguente figura mostra il confronto tra la geometria dello stato di fatto (a sinistra) e quella dello stato di progetto (a destra), in cui si possono notare i nuovi rilevati.

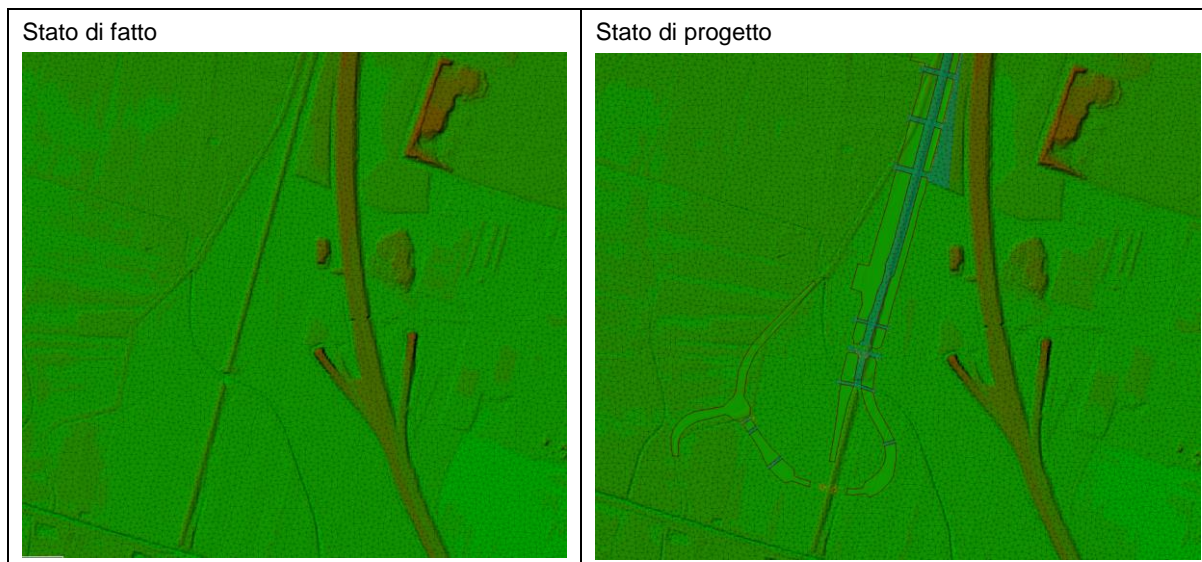


Figura 3-5: confronto tra la geometria dello stato di fatto (a sinistra) e quella dello stato di progetto (a destra)

3.5.3 Stato di cantiere

Il fascio A/P di prima fase (Lotto 2) è in affiancamento alla linea ferroviaria “storica” Catania-Siracusa, la quale, durante la realizzazione del fascio stesso, sarà ancora in esercizio. Di conseguenza è stato studiato anche lo scenario “intermedio” che vede la compresenza del nuovo fascio A/P e della linea storica. In questo scenario i tombini di trasparenza previsti al di sotto del fascio A/P non potranno funzionare, in quanto il loro sbocco è ostruito dal rilevato della linea storica, di conseguenza nel dominio 2D essi sono stati rappresentati sempre inserendo poligoni di adattamento altimetrico della mesh, ma con i vertici posti alla quota del terreno attuale.

Il tempo di ritorno scelto per l’evento di piena da studiare nello stato di cantiere è ovviamente commisurato alla durata di questo scenario intermedio. L’approccio metodologico scelto si basa sul concetto di “uguaglianza del rischio”, cioè che la probabilità che la piena di progetto venga raggiunta o superata nel periodo di realizzazione dell’opera, non sia superiore alla probabilità che tale portata venga raggiunta o superata durante l’intera vita utile dell’opera.

Tale definizione richiama il concetto di “rischio idraulico”. Pertanto l’espressione del rischio idraulico all’interno dell’orizzonte temporale stabilito, risulta:

$$R_i = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^N$$

nella quale

- R_i rischio idraulico inteso come probabilità di non superamento;
- T_R tempo di ritorno dell’evento di riferimento (anni);
- N orizzonte temporale di riferimento (anni).

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3H</td> <td>00 D 09</td> <td>RI</td> <td>ID0002 001</td> <td>A</td> <td>17 di 34</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	17 di 34
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	17 di 34								

La progettazione definitiva ha considerato l'infrastruttura strategica, pertanto, con riferimento alla classificazione contenuta nelle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018), "la vita utile nominale dell'opera strutturale, intesa come numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata", è stata imposta pari a 75 anni; tale valore viene poi moltiplicato per il coefficiente d'uso pari a 1,5, ottenendo quindi una vita utile di 112,5 anni.

Le prescrizioni ferroviarie prevedono che la verifica idraulica venga condotta per un tempo di ritorno pari a 300 anni,

In conclusione, il rischio idraulico risulta essere pari a $R_i=0,313$.

Imponendo per le opere provvisorie lo stesso rischio idraulico definito per l'opera finita, è possibile determinare il tempo di ritorno dell'evento di piena di riferimento per la fase transitoria di cantiere tramite la seguente formula:

$$T_{pr} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^{\frac{N}{c}}}$$

nella quale:

- c durata di costruzione (anni);
- N durata dell'opera (anni);
- T_R tempo di ritorno di progetto (anni).

Il periodo in cui i tombini di trasparenza risulteranno non funzionanti è stato stimato pari a 3 anni; si quantifica, dunque, un tempo di ritorno dell'evento di piena di cantiere pari a $T_R \cong 10$ anni. L'interpolazione dei valori di portata al colmo per i tempi di ritorno di riferimento del PAI fornisce un valore pari a $1448 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

3.6.1 Stato di fatto

I risultati delle simulazioni per lo stato di fatto mostrano l'estensione delle aree allagate per gli eventi di piena simulati e sono riportati negli elaborati RS3H02D09P6ID0002001A, RS3H02D09P6ID0002002A, RS3H02D09P6ID0002003A, con l'indicazione delle classi di altezze d'acqua (tiranti) calcolate.

Le seguenti figure mostrano uno stralcio dei risultati forniti dal codice di calcolo e degli elaborati suindicati, da cui è possibile notare che tutta la valle del Fiume Simeto è interessata da diffusi allagamenti, che interessano la linea ferroviaria esistente, con altezze d'acqua sul piano campagna mediamente pari a 1,5 m.

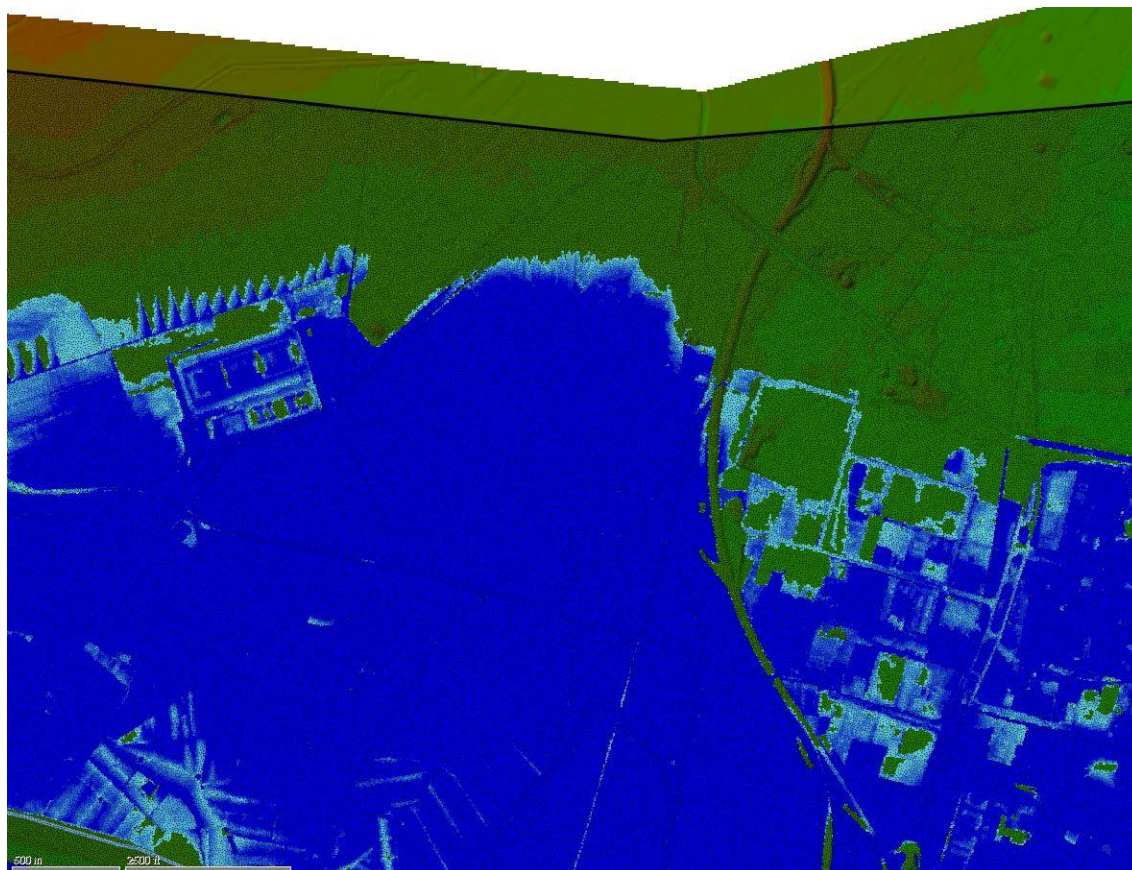


Figura 3-6: Risultato della simulazione per $T_r=300$ anni – stato di fatto, altezze d'acqua

3.6.2 Stato di progetto

I risultati delle simulazioni per lo stato di progetto mostrano l'estensione delle aree allagate per gli eventi di piena simulati e sono riportati, per il Lotto 2 negli elaborati RS3H02D09P6ID0002001A, RS3H02D09P6ID0002002A, RS3H02D09P6ID0002003A e per il Lotto 3 negli elaborati RS3H03D09P6ID0002001A, RS3H03D09P6ID0002002A, RS3H03D09P6ID0002003A.

La seguente figura mostra uno stralcio dei risultati forniti dal codice di calcolo e degli elaborati suindicati, da cui è possibile notare che gli interventi in progetto, essendo realizzati a quota superiore al livello idrico della piena con tempo di ritorno $T = 300$ anni, non vengono sormontati e non determinano variazioni significative delle aree d'esondazione, come meglio discusso nel successivo Capitolo 4.

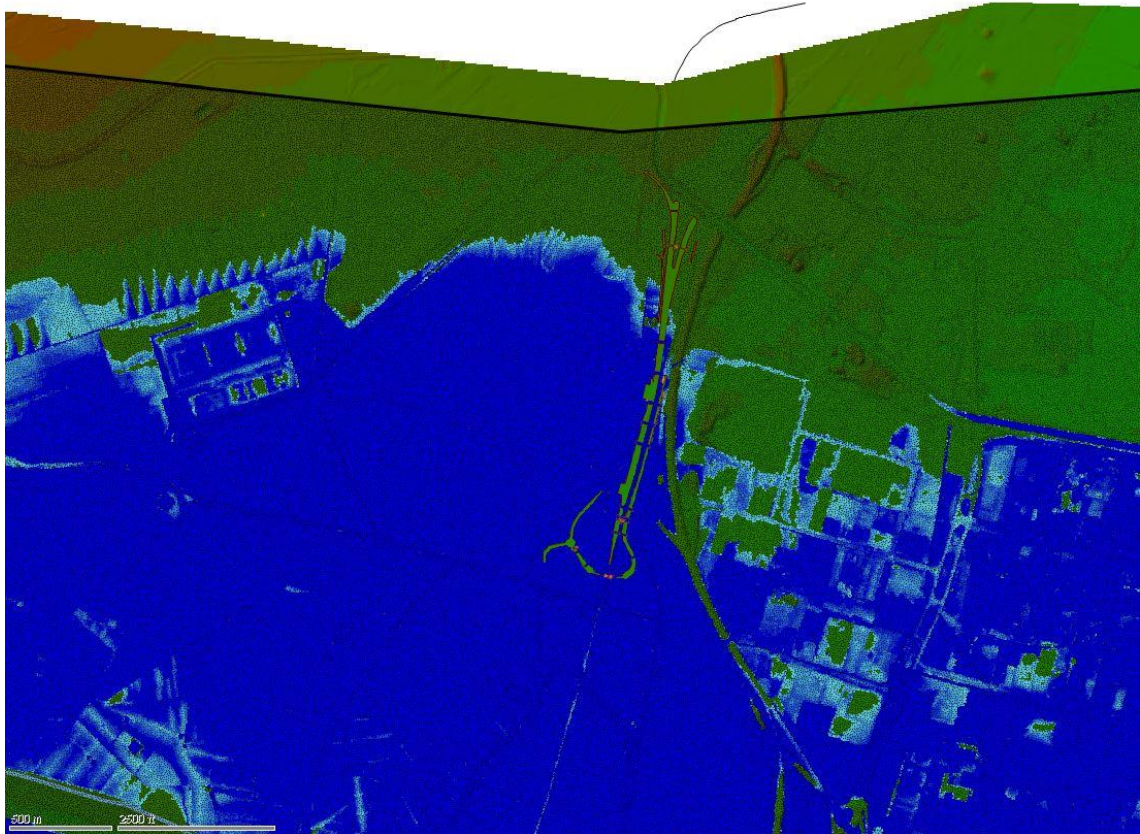


Figura 3-7: Risultato della simulazione per Tr300 anni – stato di progetto, altezze d'acqua

3.6.3 Stato di cantiere

La seguente figura mostra l'estensione delle aree d'esondazione corrispondente all'evento di piena con tempo di ritorno $T = 10$ anni, che è stato scelto come tempo di ritorno da assumere per la verifica della configurazione transitoria tra la fine della realizzazione del Lotto 2 e la dismissione della linea storica.

Come si può vedere, l'estensione dell'esondazione è leggermente ridotta rispetto allo scenario di progetto con Tr 300 anni, a conferma del fatto che i livelli idrici sono determinati principalmente dalla morfologia della piana allagabile. In particolare, la Figura 3-10 mostra il livello idrico lungo la sezione di controllo indicata nella Figura 3-9: tale livello risulta pari a circa 9,8 m s.l.m., quindi inferiore al piano ferro di progetto.

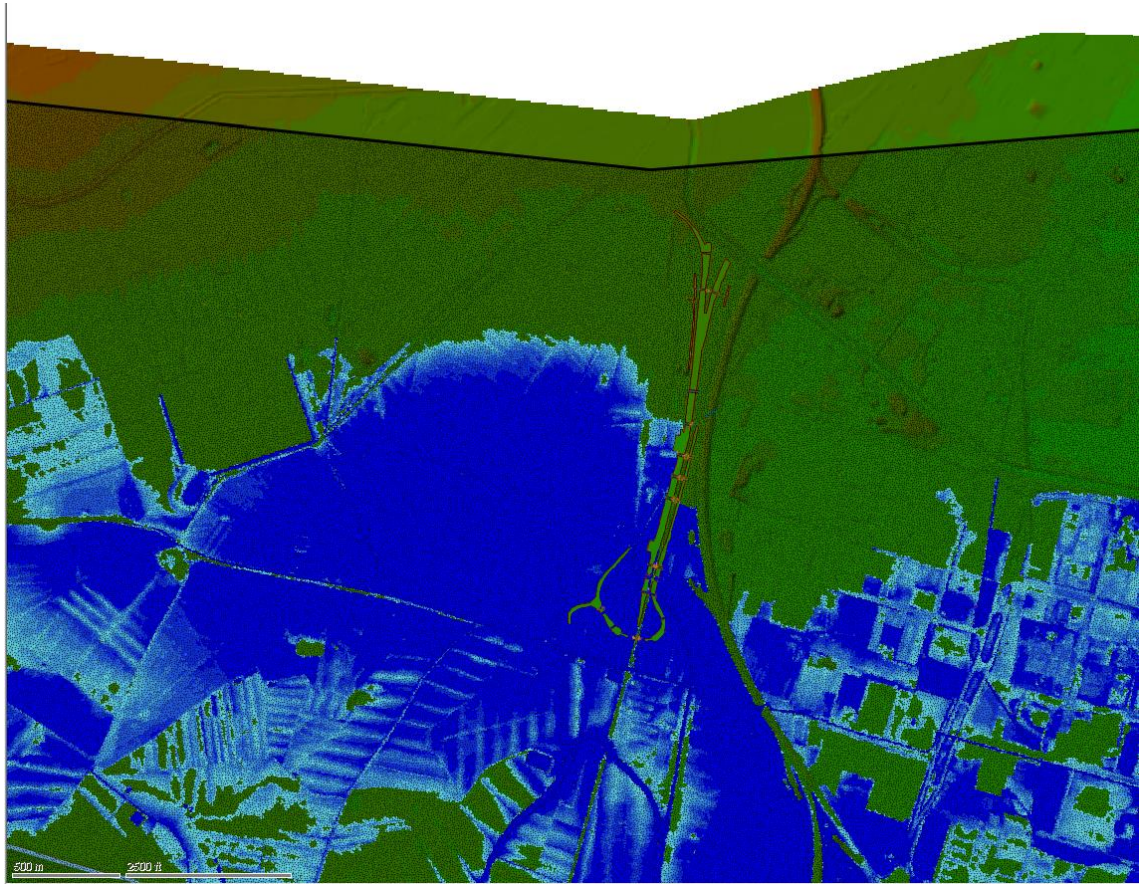


Figura 3-8: Risultato della simulazione per Tr10 anni – stato di cantiere Lotto 2, altezze d'acqua

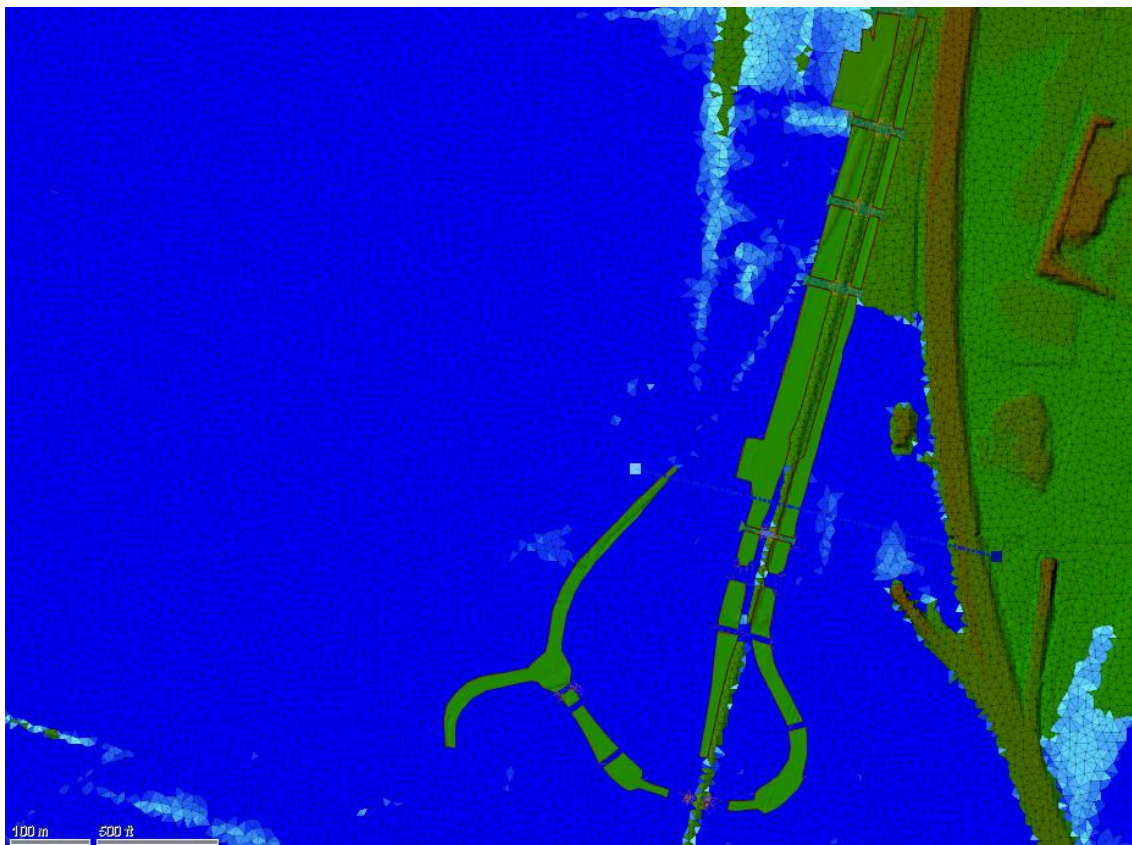


Figura 3-9: Particolare del risultato della simulazione per Tr10 anni – stato di cantiere Lotto 2

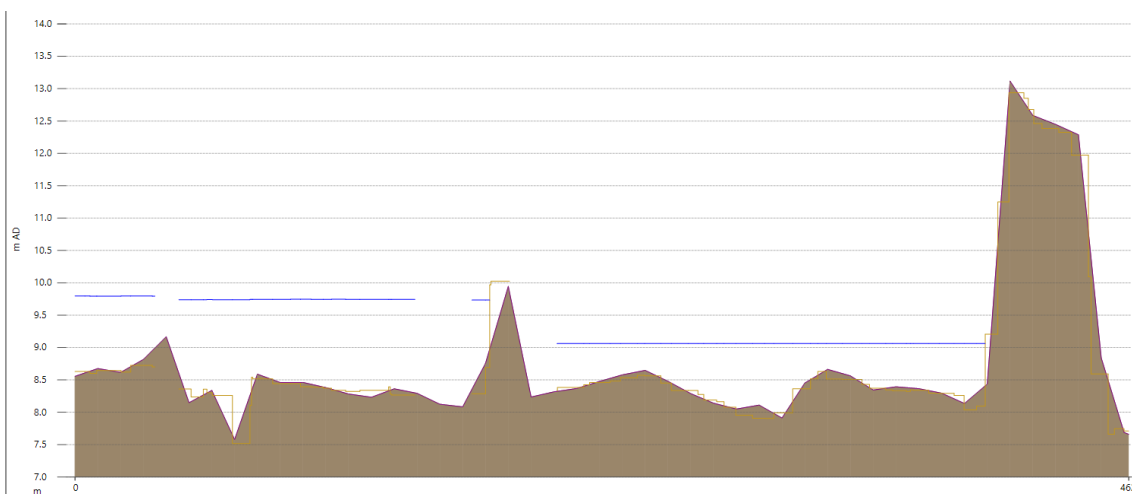


Figura 3-10: Livello idrico per Tr10 anni - stato di cantiere Lotto 2 in corrispondenza della sezione di controllo

4 ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

4.1 CRITERI DI VERIFICA

La verifica di compatibilità idraulica condotta in questa sede ha l'obiettivo principale di mostrare che gli interventi in progetto siano in sicurezza idraulica, rispetto ai livelli idrici corrispondenti alle esondazioni del Fiume Simeto, nonché al contempo essi stessi non determinino un aumento della pericolosità idraulica dell'ambito di studio.

4.2 VERIFICA DELLA SICUREZZA IDRAULICA

Gli interventi in progetto sono posti a quota superiore a quella del livello idrico più gravoso, corrispondente all'evento di piena con tempo di ritorno $T = 300$ anni, come riportato negli elaborati RS3H02D09F7ID0002001A e RS3H03D09F7ID0002001A, di cui la seguente Figura 4-1 mostra uno stralcio. Come si può vedere i tombini di trasparenza garantiscono il non aumento del livello idrico a causa della presenza del nuovo rilevato del fascio A/P.

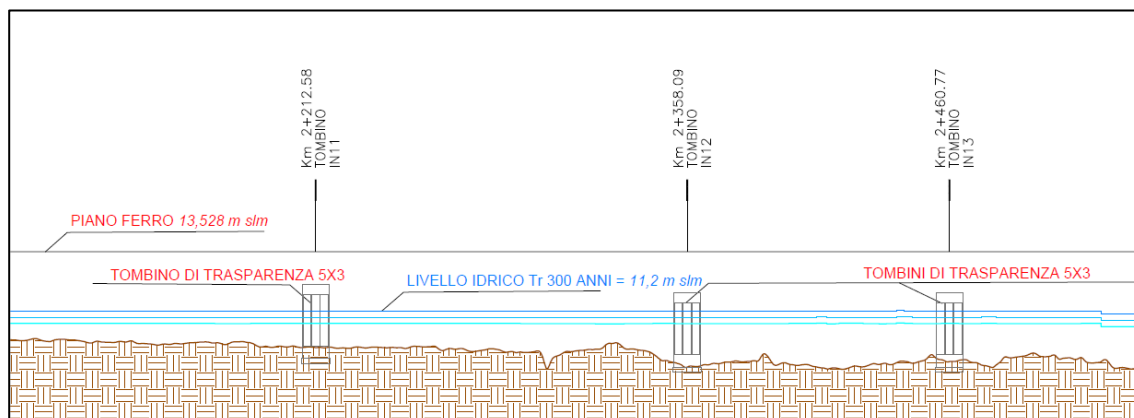


Figura 4-1: Lotta 3 fascio A/P, Profilo del piano ferro e livelli idrici post-operam

4.3 VERIFICA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Gli interventi in progetto non determinano un aumento della pericolosità idraulica dell'ambito di studio, come si può vedere dal confronto dei risultati delle simulazioni tra lo stato di fatto e lo stato di progetto. Ciò è principalmente dovuto al fatto che le esondazioni del Fiume Simeto investono l'area in cui insistono gli interventi in progetto dopo aver già occupato gran parte della piana allagabile, di conseguenza il modesto incremento locale di livello idrico, peraltro attenuato dai tombini di trasparenza, non genera un aumento dell'estensione delle aree d'esondazione.

5 CALCOLO DELLE EROSIONI LOCALIZZATE

5.1 METODOLOGIA DI ANALISI

5.1.1 Scelta della formula di calcolo

Per la valutazione dello scalzamento prodotto dalla corrente in prossimità delle pile dei ponti, al fine di definire la quota d'imposta delle fondazioni, non esiste una teoria univoca che consenta di interpretare il fenomeno nella sua complessità. Nel presente studio è stata utilizzata l'equazione S/M di Sheppard-Melville trattata nel successivo paragrafo 5.1.3.

Si riporta in seguito un abaco in cui vengono messi a confronto, per un fissato valore del numero di Froude, diversi metodi per il calcolo dello scavo localizzato cui sono interessate le pile in alveo. In ascissa è indicato il rapporto tra tirante e larghezza della pila mentre sull'asse delle ordinate è rappresentato il rapporto tra la profondità di scavo e la larghezza della pila.

Per questo studio la teoria di Bruesers è stata scartata dal momento che, come si evince dal grafico sotto riportato, fornisce valori di scavo poco variabili rispetto a diverse condizioni in input. Inoltre, studi sperimentali confermano la maggiore attendibilità dei risultati che si ottengono applicando la teoria di Melville rispetto alle altre.

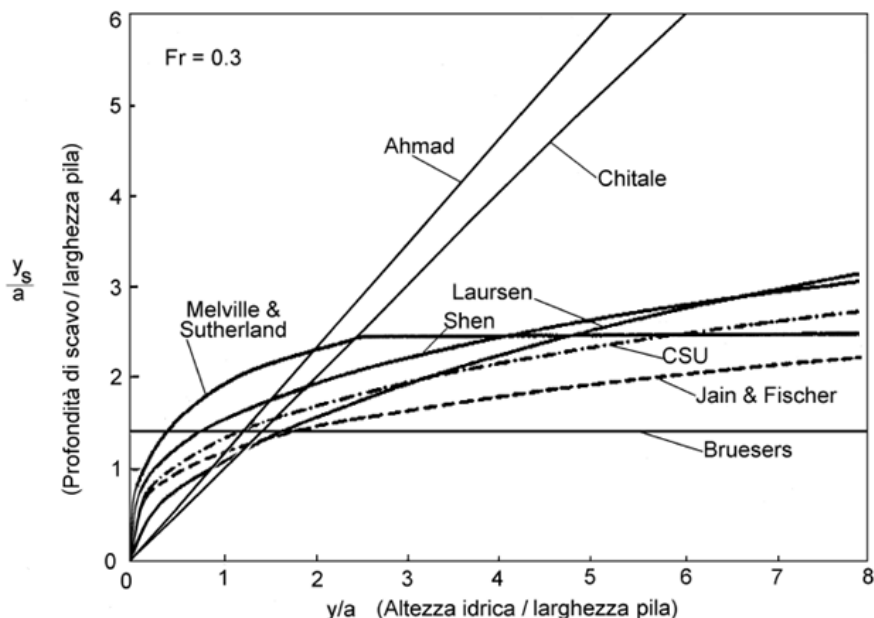


Figura 5-1 – Abaco di confronto.

5.1.2 Metodologia di applicazione della formula scelta

In generale, è possibile riscontrare quattro differenti scenari di erosione localizzata:

- CASO I: la fondazione della pila rimane al di sotto della buca erosiva;
- CASO II: la sommità della fondazione è esposta al flusso della corrente all'interno della buca erosiva;
- CASO III: la sommità della fondazione giace al di sopra del fondo alveo;

- CASO IV: la sommità della fondazione si trova al di sotto o in prossimità del pelo libero.

Nel CASO I l'erosione localizzata viene calcolata facendo riferimento alla larghezza della pila b in quanto la presenza della fondazione risulta essere ininfluente nel processo erosivo.

Nei CASI II e III invece occorre fare riferimento alla procedura di calcolo proposta da *Melville e Raudkivi (1996)* che utilizza una larghezza della pila equivalente ben definita come:

$$b_e = b \cdot \frac{h_0 + Y}{h_0 + b^*} + b^* \frac{b^* - Y}{h_0 + b^*}$$

in cui h_0 è la profondità media della corrente rispetto al fondo alveo; Y , l'altezza massima della buca erosiva; b^* , la larghezza della fondazione.

Per quanto riguarda il CASO IV, infine, l'erosione localizzata è calcolata utilizzando come larghezza equivalente della pila la larghezza della fondazione b^* dal momento che il fenomeno interessa maggiormente la fondazione stessa.

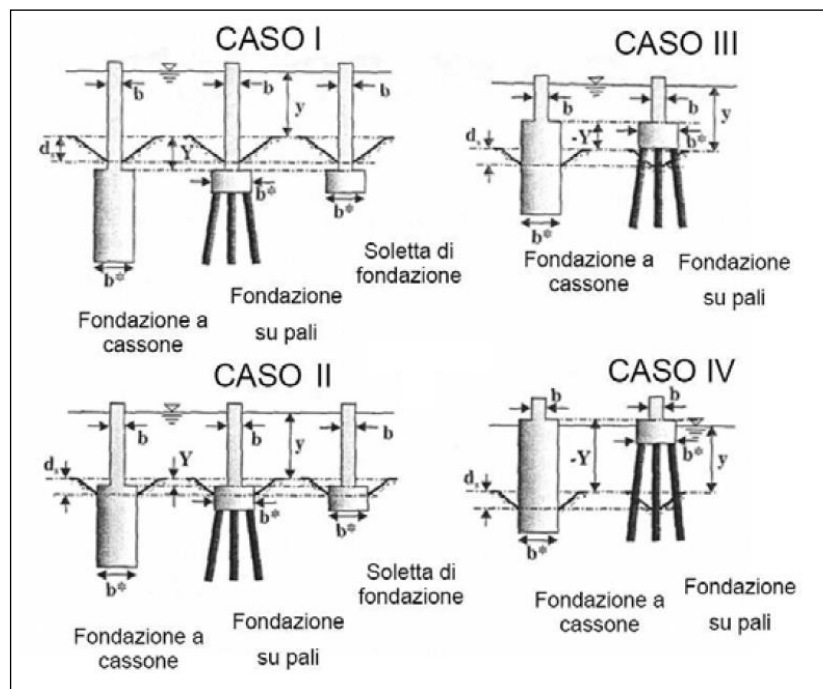


Figura 5-2 – Differenti tipologie di pile e delle corrispondenti fondazioni.

5.1.3 Equazione S/M di Sheppard-Melville

L'equazione di Sheppard-Melville è il risultato di diversi studi effettuati da vari ricercatori.

Nel seguente gruppo di equazioni sono riportate le relazioni per il calcolo dello scavo y_s :

$$\frac{y_s}{a^*} = 2.5f_1f_2f_3 \quad \text{per } 0.4 < \frac{V_1}{V_c} < 1.0$$

$$\frac{y_s}{a^*} = f_1 \left[2.2 \left(\frac{\frac{V_1}{V_c} - 1}{\frac{V_{1p}}{V_c} - 1} \right) + 2.5f_3 \left(\frac{\frac{V_{1p}}{V_c} - \frac{V_1}{V_c}}{\frac{V_{1p}}{V_c} - 1} \right) \right] \quad \text{per } 1 < \frac{V_1}{V_c} < \frac{V_{1p}}{V_c}$$

$$\frac{y_s}{a^*} = 2.2f_1 \quad \text{per } \frac{V_1}{V_c} > \frac{V_{1p}}{V_c}$$

Le grandezze coinvolte direttamente e indirettamente sono:

$$f_1 = \tanh \left[\left(\frac{y_1}{a^*} \right)^{0.4} \right]$$

$$f_2 = \left\{ 1 - 1.2 \left[\ln \left(\frac{V_1}{V_c} \right) \right]^2 \right\}$$

$$f_3 = \left[\frac{\left(\frac{a^*}{d_{50}} \right)}{0.4 \left(\frac{a^*}{d_{50}} \right)^{1.2} + 10.6 \left(\frac{a^*}{d_{50}} \right)^{-0.13}} \right]$$

$$V_{1p} = \max (V_{1p1}; V_{1p2})$$

$$V_{1p1} = 5V_c$$

$$V_{1p2} = 0.6\sqrt{gy_1}$$

$$a^* = K_s a_p$$

$$a_p = a \cdot \cos\theta + L \cdot \sin\theta$$

$$K_s = \begin{cases} 1 & \text{(pila circolare)} \\ 0.86 + 0.97 \left(\left| \frac{\pi\theta}{180} - \frac{\pi}{4} \right| \right)^4 & \text{(pila rettangolare)} \end{cases}$$

in cui:

- a è la larghezza della pila
- L è la lunghezza della pila
- θ è l'angolo di attacco della corrente espresso in gradi.

$$V_c = \begin{cases} 2.5 \cdot u^* \ln \left(\frac{73.5y_1}{d_{50} \left[Re(2.85 - 0.58 \ln(Re) + 0.002Re) + \frac{111}{Re} - 6 \right]} \right) & \text{per } 5 \leq Re \leq 70 \\ 2.5 \cdot u^* \ln \left(\frac{2.21y_1}{d_{50}} \right) & \text{per } Re > 70 \end{cases}$$

$$Re = \frac{u^* d_{50}}{2.32 \cdot 10^{-7}}$$

$$u^* = \left[16.2 \cdot d_{50} \left(\frac{9.09 \cdot 10^{-6}}{d_{50}} - d_{50} (38.76 + 9.6 \ln(d_{50})) - 0.005 \right) \right]^{0.5}$$

Si precisa, inoltre, che y_1 è il tirante della corrente in arrivo, V_1 è la velocità della corrente, V_c è la velocità critica e d_{50} è il diametro medio dei sedimenti.

Questa formulazione è stata ottenuta sia da risultati in laboratorio sia sul campo e, confrontata con altri metodi, è quella raccomandata per situazioni di progetto in quanto fornisce risultati più precisi.

5.1.4 Equazione di Froehlich per le spalle

La metodologia della FHWA considera lo schema riportato in figura, per il quale si definiscono le seguenti variabili:

- θ = angolo compreso tra la direzione principale della corrente e l'asse dell'opera di attraversamento
- L = lunghezza di influenza della spalla/rilevato di approccio (cioè quella porzione del rilevato di approccio che ostruisce il deflusso rispetto alla condizione indisturbata)

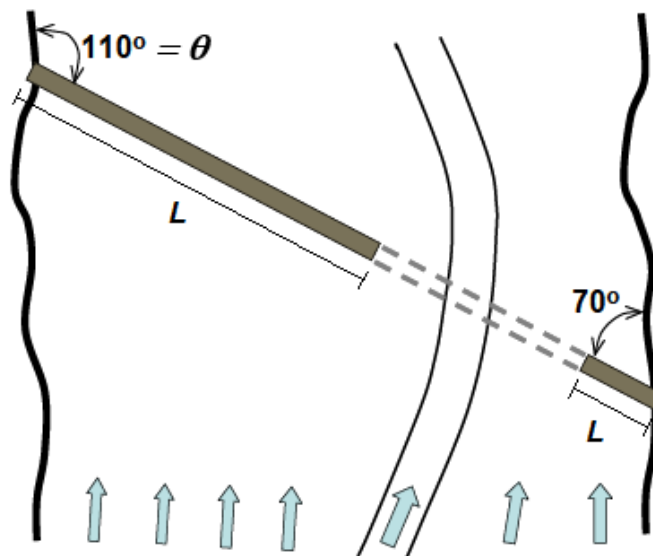


Figura 5-3: Calcolo dello scalzamento in corrispondenza delle spalle

Determinate tali variabili, in relazione al valore della quantità L'/Y_1 (dove $L' = L \cdot \cos(90-\theta)$, con Y_1 = altezza della corrente in corrispondenza della spalla), si procede al calcolo dello scalzamento mediante le formulazioni di Froehlich e di Hire, in accordo alle seguenti indicazioni:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{L'}{Y_1} \leq 25 \rightarrow \text{Froehlich} \\ \frac{L'}{Y_1} > 25 \rightarrow \text{Hire} \end{array} \right.$$

Formulazione di Froehlich

$$\frac{Y_s}{Y_1} = 2.27 K_1 K_2 \left(\frac{L'}{Y_1} \right)^{0.43} FR^{0.61} + 1$$

con $K_1 = 0.82$, $K_2 = (\square/90)^{0.13}$, FR = numero di Froude.

Formulazione di Hire

$$\frac{Y_s}{Y_1} = 4FR^{0.33} \frac{K_1}{0.55} K_2$$

K_1 e K_2 , come prima definiti.

5.2 SCALZAMENTI CALCOLATI

Gli scalzamenti sono stati calcolati in corrispondenza delle spalle e delle pile interessate dalle acque di esondazione per la portata di progetto.

I risultati per le spalle delle opere d'arte sono riportati nella seguente Tabella 5-1, in cui la lunghezza della spalla è misurata in funzione dell'effettiva lunghezza che ostruisce il deflusso rispetto alla condizione indisturbata.

La seguente Tabella 5-2 riporta lo scalzamento calcolato per le pile del cavalcaferrovia IV01.

Tabella 5-1: scalzamenti per le spalle delle Opere d'arte in progetto

WBS	Tirante [m]	Velocità della corrente [m/s]	Angolo di attacco [°]	Lunghezza spalla [m]	Scalzamento [m]
IV01	2,8	0,6	30	3	4,31
VI02	2,8	1	30	2	4,54
NW01 (SL05)	1	0,7	90	3,5	2,56

Tabella 5-2: scalzamenti per le pile

WBS	Tirante sulla pila [m]	Velocità della corrente [m/s]	Angolo di attacco [°]	Larghezza pila [m]	Lunghezza pila [m]	Larghezza plinto [m]	Lunghezza plinto [m]	Scalzamento [m]
IV01	2,6	0,6	0	3,2	10,5	9,4	13	3,6

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 29 di 34

6 SISTEMAZIONI IDRAULICHE

6.1 PROTEZIONI DELLE FONDAZIONI DEI VIADOTTI

6.1.1 Tipologia di intervento

Le protezioni delle fondazioni dei viadotti dagli effetti delle possibili erosioni localizzate intorno alle pile vengono realizzate con materiali naturali e con modalità che le rendano quanto più adattabili alla morfologia del terreno di posa. Sono state scelte per questi scopi sistemazioni con massi naturali di idonea pezzatura, in grado appunto di contrastare i fenomeni erosivi causati dalla corrente idrica.

L'elaborato RS3H02D09PZID0002001A mostra le soluzioni adottate.

6.1.2 Metodologia di riferimento

Per il dimensionamento delle opere di protezione idraulica attorno alle pile si può impiegare la recente formulazione proposta nel Rapporto *HEC-23 "Bridge Scour and stream instability countermeasures - Third Edition"* del FHWA (2009), che consente di tenere conto (tramite opportuni coefficienti correttivi) anche di eventuali vortici che possono generarsi, localmente, attorno agli "ostacoli" (rappresentati dalle pile stesse) presenti in alveo:

$$d_{50} = \frac{0.692 \cdot (V_{des})^2}{(S_g - 1)2g}$$

in cui

- d_{50} = diametro medio dei massi (m);
- V_{des} = velocità di progetto locale intorno alla pila (m/s);
- S_g = peso specifico dei massi (t/m^3).

La velocità di progetto deve rappresentare le condizioni nelle immediate vicinanze delle pile. Qualora si dovesse adottare un valore medio di velocità, questo deve essere opportunamente moltiplicato per i fattori che sono funzione della forma della pila e della sua posizione rispetto all'alveo:

$$V_{des} = K_1 K_2 V_{avg}$$

Se si dispone di una distribuzione di velocità risultante da modello fisico o da calcolo idraulico 1D o 2D, allora si può utilizzare solamente il coefficiente della forma della pila. Sarebbe opportuno considerare il valore massimo della velocità nell'alveo attivo V_{max} , dal momento che l'alveo stesso può spostarsi nel tempo e la massima velocità impatterebbe le pile:

$$V_{des} = K_1 V_{max}$$

in cui

- V_{des} = velocità di progetto locale intorno alla pila (m/s);
- K_1 = fattore di forma pari a 1,5 per pile circolari "round-nose" o 1,7 per pile a spigoli vivi;

- K_2 = fattore di correzione della velocità per l'ubicazione nell'alveo (varia da 0,9 per pile vicino alle sponde in alveo rettilineo, fino a 1,7 per pile immerse nel filone principale della corrente);
- V_{avg} = velocità media nell'alveo in corrispondenza del ponte (m/s);
- V_{max} = velocità massima nell'alveo attivo (m/s).

6.1.3 Dimensionamento delle protezioni in massi

L'applicazione della formula proposta dal FHWA (2009) ha fornito i risultati riportati nella seguente tabella, che rappresentano un valore minimo, per cui negli elaborati progettuali è indicata una dimensione maggiore, pari a 0,80 m, idonea a garantire una corretta modalità di posa affinché la sistemazione sia duratura.

Tabella 6-1: dimensioni minime delle protezioni in massi

WBS	Velocità della corrente [m/s]	d_{50} minimo [m]
IV01	0,6	0,04
VI02	1	0,10
NW01	0,7	0,05

6.2 PROTEZIONE DELLA SCARPATA FERROVIARIA

I risultati del modello idraulico bidimensionale mostrano che nello scenario dello stato di progetto il nuovo rilevato ferroviario è esposto alle acque di esondazione, per cui si prevede di proteggere la scarpata ferroviaria dall'erosione, mediante rivestimenti in materassi tipo Reno® estesi fino a 1 m sopra il livello idrico. Anche tutti i piazzali esposti alle acque di esondazione avranno la stessa protezione. Negli altri casi in cui la sede ferroviaria è lambita dalle acque di esondazione, il progetto già prevede, per motivi costruttivi, la realizzazione di un muro di sottoscarpa.

Protezione rilevato - LOTTO 2				
WBS	lunghezza m	livello idrico [m slm]	lunghezza sulla scarpata m	estensione m ²
NV08	1088.647	11,20	4.0	4397
RI06	781.9165	11,20	4.0	3158
RI05	1308.418	11,20	4.0	5285

Protezione rilevato - LOTTO 3				
WBS	lunghezza m	livello idrico [m slm]	lunghezza sulla scarpata m	estensione m ²
RI05	389,18	11,20	4	1572

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>STUDIO IDRAULICO DEL FIUME SIMETO RELAZIONE IDRAULICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3H</td> <td>00 D 09</td> <td>RI</td> <td>ID0002 001</td> <td>A</td> <td>32 di 34</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	32 di 34
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00 D 09	RI	ID0002 001	A	32 di 34								

7 BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V., *Valutazione delle piene in Sicilia*, Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo e GNDCI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Palermo, 1993.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Escarameria M. (1995). Channel protection: gabion mattresses and concrete blocks. HR Wallingford, Report SR427, July, 1995.
- Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- FHWA, "Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance- Third Edition - Volume 2", Publication No. FHWA-NHI-09-112 (Hydraulic Engineering Circular No. 23, September 2009).
- Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.
- Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977
- Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.
- Manuale di progettazione RFI.
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018 (circolare applicativa n.7, 21 gennaio 2019),
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino idrografico del Fiume Simeto – Relazione*, 2005.
- Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Annali Idrologici*, disponibili presso www.osservatorioacque.it.
- Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.
- Surendra, K. M., Vijay., P. S. [Soil Conservation Service Curve Number \(SCS-CN\) Methodology](#). Springer, pp. 84-146, 2003.
- VenTe Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.