

COMMITTENTE:



SOGGETTO TECNICO: RFI - DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE FIRENZE
S.O. INGEGNERIA

PROGETTAZIONE: RFI - DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE FIRENZE
S.O. INGEGNERIA - U.O. CIVILE

PROGETTO ESECUTIVO

**Sostituzione delle travate metalliche
Ponte T. Acquerta al km 284+732
Linea Cecina - Volterra**

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

SCALA

Foglio

di

PROGETTO/ANNO SOTTOPR. LIVELLO NOME DOC. Progr.OP. FASE FUNZ. NUMERAZ.

182717 001 PE TSPN 00 00 E007

Revis.	Descrizione	Progettato	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima emissione	P.Serafini		L.Castellari		M.Lepri		M.Lepri	
		LE.GE.CO S.p.A.		LE.GE.CO S.p.A.		LE.GE.CO S.p.A.		LE.GE.CO S.p.A.	
B	Revisione dopo proposta di modifica da imp. appaltatrice	G.Tomatora		V.E.D'Adamo L.Marcucci		F. Ciolfi		G. Tici	
		R.F.I. S.p.A.		R.F.I. S.p.A.		R.F.I. S.p.A.		R.F.I. S.p.A.	

POSIZIONE
ARCHIVIO

LINEA

L463

SEDE TECN.

TR4542

NOME DOC.

NUMERAZ.

Verificato e trasmesso

Data

Convalidato

Data

Archiviato

Data

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 1 di 14

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 2 di 14

SOMMARIO

1	Premessa	3
2	Inquadramento dell'intervento	4
3	Dati disponibili e da acquisire.....	7
3.1	Caratteristiche planoaltimetriche	7
3.2	Rilievo topografico.....	7
3.3	Dati del PAI.....	7
3.4	Studio Idrologico a supporto del progetto autorizzato	8
3.5	Informazioni idrologiche disponibili e studio idrologico.....	8
4	Studio idraulico	13
5	Conclusioni.....	14

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 3 di 14

1 Premessa

Nell'ambito dell'intervento di adeguamento del ponte sito lungo la linea ferroviaria Cecina-Volterra alla chilometrica 284+732, ricadente nel comune di Cecina (LI), è necessario valutare la compatibilità idraulica dell'attraversamento sul torrente Acquerta.

L'intervento deve mantenere un adeguato franco idraulico dalla campata. Questo deve essere valutato tramite uno studio che escluda la ***vulnerabilità idraulica nei confronti dell'assetto idraulico del corso d'acqua*** attraversato.

Ai fini dell'applicazione del criterio di vulnerabilità sopra enunciato si dovrà verificare che le sezioni di progetto consentono un deflusso della portata di piena al di sotto dell'impalcato del ponte ovvero mettere in sicurezza il ponte da eventi di piena.

Nei capitoli che seguono saranno descritti gli interventi ipotizzati e i dati progettuali disponibili.

La compatibilità idraulica dell'intervento è stata già giudicata positivamente da tutti gli enti preposti nell'ambito dell'iter approvativo di un altro progetto (Conferenza dei Servizi del 8/9/2015), mai stato seguito dai lavori di realizzazione. Pertanto in questa relazione si richiameranno i principali parametri contenuti negli atti di autorizzazione, assumendo che gli interventi da attuare, dal punto di vista idraulico, siano coincidenti.

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 4 di 14

2 Inquadramento dell'intervento

Nella foto satellitare tratta da Google Earth (Figura 1) è rappresentato il ponte ferroviario ed il corso del fosso Acquerta.



Figura 1 – foto satellitare del ponte ferroviario

L'area di intervento è segnalata nella Carta di Tutela del Territorio (tavola 8) del Piano d'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino Toscana Costa nel Novembre 2012. Uno stralcio della carta è riportato in Figura 2.

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	
		FOGLIO 5 di 14

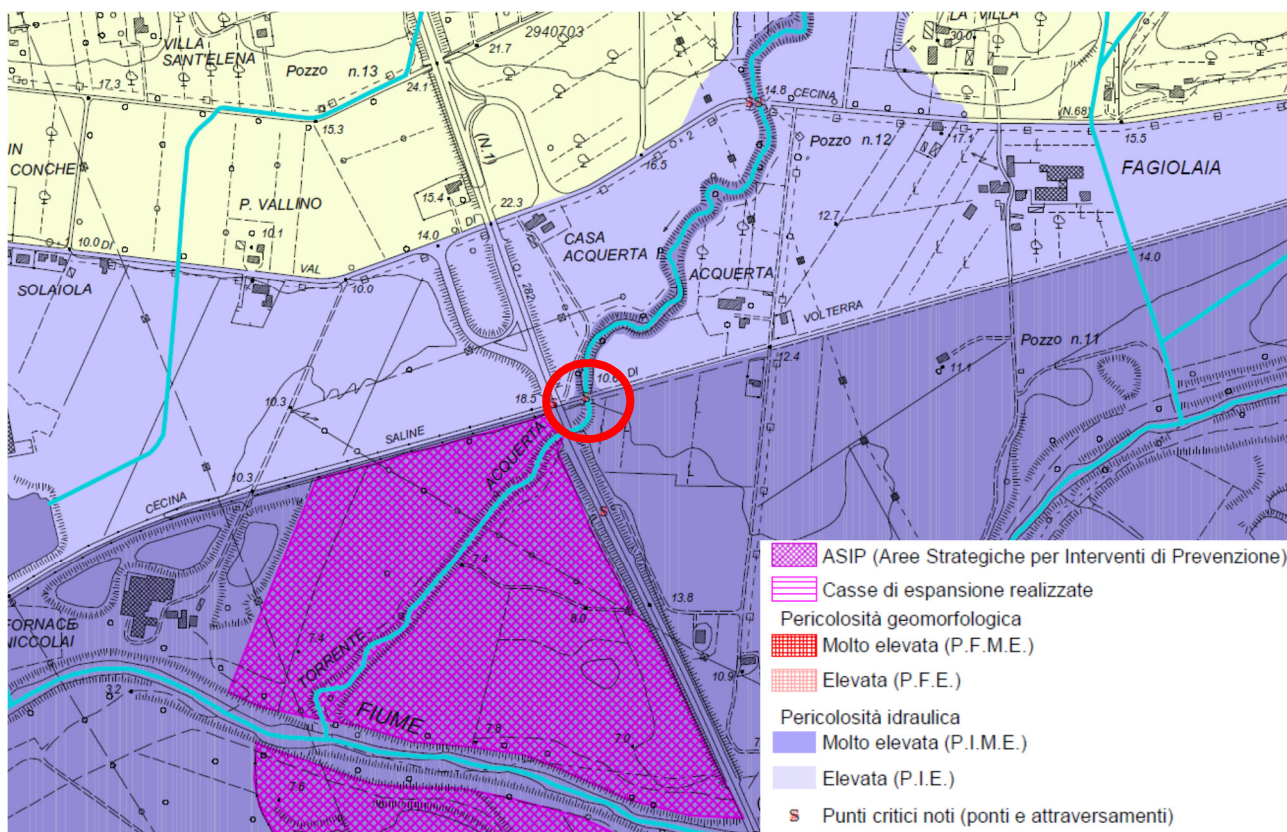


Figura 2 – Stralcio del PAI

Come si evince dalla carta il ponte è all'interno di un'area con pericolosità idraulica molto elevata (P.I.M.E.). Secondo quanto contenuto nell'art. 5 delle Norme di Piano nelle "aree P.I.M.E. sono consentiti interventi idraulici atti a ridurre il rischio idraulico, autorizzati dalla autorità idraulica competente, tali da migliorare le condizioni di funzionalità idraulica, da non aumentare il rischio di inondazione a valle, da non pregiudicare l'attuazione della sistemazione idraulica definitiva e tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico. I progetti preliminari degli interventi sono sottoposti al parere del competente Bacino che si esprime in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area".

Gli interventi, definiti sulla base di idonei studi idrologici e idraulici, tenendo anche conto del reticolo di acque superficiali di riferimento del presente P.A.I., non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle.

La realizzazione di nuovi interventi pubblici o privati, previsti dai vigenti strumenti di governo del territorio alla data di entrata in vigore del presente Piano, fatto salvo quanto previsto al

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 6 di 14

successivo comma 8, è subordinata alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni.

Il comma 11 dello stesso art. 5 recita inoltre che nelle aree P.I.M.E. sono inoltre consentiti:

- a. gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere pubbliche e delle infrastrutture pubbliche, di interesse pubblico e private;*
- b. gli interventi di ampliamento e di adeguamento delle opere pubbliche e delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, purché siano realizzate in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento ed al contesto territoriale e, previo parere del Bacino, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e non concorrano ad aumentare il rischio in altre aree;*

L'intervento in oggetto rientra tra quelli consentiti dal comma 11 configurandosi come intervento di manutenzione straordinaria di un'opera pubblica che ha l'obiettivo di adeguamento alle condizioni di sicurezza idraulica e, di certo, non aumenta il rischio in altre aree ma, semmai, lo riduce.

Gli interventi sul ponte ferroviario consisteranno in modifiche delle strutture che consentiranno un allargamento della sezione adeguandola al deflusso della portata duecentennale con un adeguato franco. Ciò contribuirà ad aumentare la capacità di portata dell'alveo e a ridurre l'azione erosiva della corrente in corrispondenza delle opere di attraversamento.

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 7 di 14

3 Dati disponibili e da acquisire

Come precedentemente enunciato, essendo già stato emesso il parere positivo sull'intervento, non si ritiene necessario riproporre uno studio idrologico idraulico.

Tuttavia, ai fini della completezza del progetto esecutivo, si ritiene utile predisporre questa relazione con i calcoli condotti anche nella precedente fase di elaborazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica, e confrontarli con quelli contenuti nel progetto autorizzato.

3.1 Caratteristiche planoaltimetriche

Il sito istituzionale “Cartoteca” della Regione Toscana rende disponibili i modelli digitali del terreno (DTM).

I modelli digitali sono espressi nel sistema cartografico di riferimento Gauss-Boaga e in quote ortometriche e pertanto sono congruenti con la Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana, anche questa disponibile sul sito internet.

L'accuratezza sul dato altimetrico, funzione del tipo di sensore usato e delle quote di volo tenute, può essere stimata in +/- 20cm.

3.2 Rilievo topografico

I modelli digitali riportano - cella per cella - un valore mediato delle quote rilevate in diversi punti all'interno della cella stessa: ciò impone di considerare con particolare cautela le quote fornite dal modello in corrispondenza di fasce di discontinuità (scarpate) o di singoli manufatti (in particolare di quelli a sviluppo lineare come ad esempio, muri di sponda o simili). Per questo motivo è stato eseguito un rilievo plano altimetrico di un tratto significativo del corso d'acqua e un rilievo geometrico dei manufatti esistenti. Ciò consente di ottenere un piano quotato rappresentativo della situazione dei luoghi e di estrarre le sezioni trasversali del corso d'acqua utilizzate nelle verifiche idrauliche nel progetto esecutivo.

3.3 Dati del PAI

Tra gli elaborati allegati al PAI c'è anche un documento denominato “Piano degli Interventi Strutturali”. Tra le informazioni contenute si è posta l'attenzione sulla tabella che riporta gli “Elementi di quadro conoscitivo relativi alla portata di riferimento alla sezione di chiusura” per un Tempo di ritorno di 200 anni.

Il tratto oggetto dell'intervento è a qualche centinaio di metri dallo sbocco nel Fiume Cecina e dato che, dal ponte ferroviario in poi, il fosso Acquerta non raccoglie ulteriori contributi significativi, si può ritenere coincidente con l'intero bacino dell'Acquerta.

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 8 di 14

Per questo bacino idrografico il documento del PAI stima una portata duecentennale pari a 102,37 m³/s.

3.4 Studio Idrologico a supporto del progetto autorizzato

La valutazione delle portate liquide è stata condotta con il modello Alto.

Codice	Nome	Tr [anni]	Durata [h]	Afflusso [mm]	Intensità [mm/h]	Kr	Afflusso ridotto [mm]	Suolo Libero medio [mm]	Infiltrazione [mm]	Deflusso [mm]	Q colmo [m ³ /s]
40	Acquerta	30	2.27	73.61	32.38	0.97	71.02	0.68	1.05	54.52	85.19
40	Acquerta	100	2.09	91.39	43.66	0.96	88.09	0.60	1.05	71.60	112.94
40	Acquerta	200	2.03	104.08	51.19	0.96	100.29	0.57	1.05	83.81	132.27
40	Acquerta	500	1.97	123.91	62.79	0.96	119.36	0.53	1.05	102.88	162.33

Il calcolo ha stimato, per un evento con tempo di ritorno 200 anni, una portata di 132,27 m³/s che è più elevata di quella riportata nel documento del PAI (102,37 m³/s).

3.5 Informazioni idrologiche disponibili e studio idrologico

A seguito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze finalizzato ad "attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana" è stato pubblicato lo studio di "*Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme*" (E. Caporali, V. Chiarello, G. Rossi, marzo 2014).

Lo studio ha affrontato il problema della stima di eventi estremi di precipitazione, come l'altezza massima di pioggia caratterizzata da un assegnato tempo di ritorno, in bacini idrografici non strumentati o non provvisti di una serie temporale affidabile di dati, mediante l'analisi di frequenza regionale. Tale approccio consente di utilizzare contemporaneamente l'intera informazione pluviometrica disponibile per le diverse stazioni pluviometriche presenti sul territorio di una regione riducendo così l'incertezza associata alla disomogeneità delle serie storiche osservate nei diversi siti di misura.

Nella regionalizzazione sono state individuate 4 regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni: Nord-Tirrenica, Nord-Ovest, Appennino-Amiata, Centro-Sud (Figura 3). Per ogni regione è stata determinata una curva di crescita per le precipitazioni giornaliere e, quando questa non sia risultata indicativa dell'andamento della distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle piogge a livello orario, si è proceduto ad una stima diretta della curva di crescita per ciascun valore di durata. Per la determinazione della pioggia indice per ogni regione omogenea e per ogni durata di

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	
		FOGLIO 9 di 14

pioggia è stato utilizzato un modello multivariato, funzione di caratteristiche climatiche e geomorfologiche.

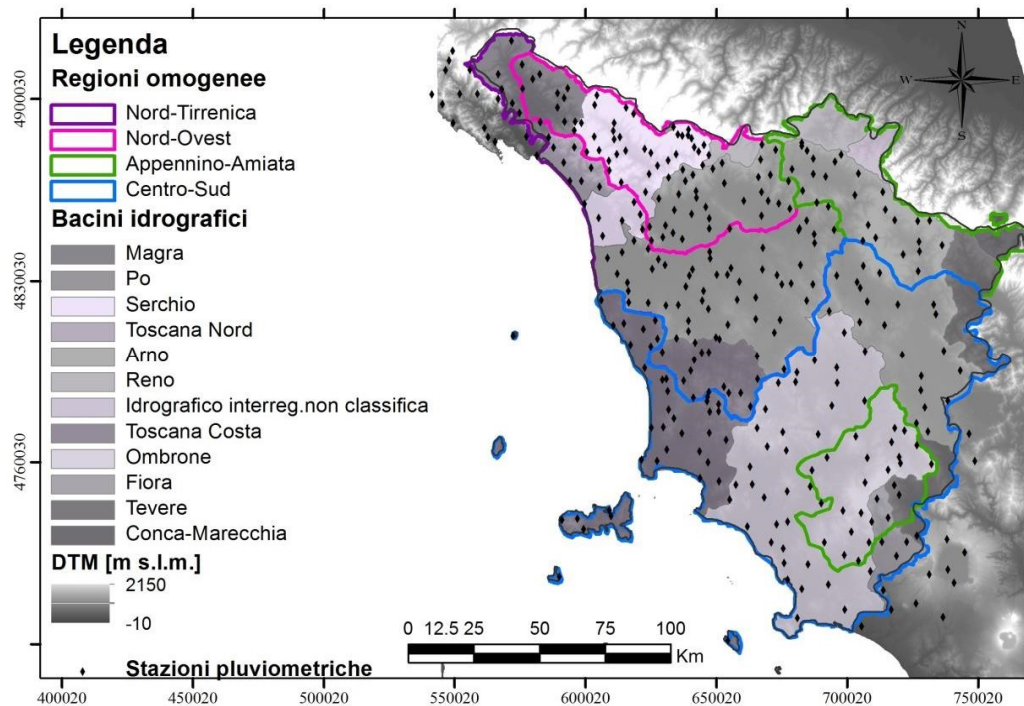


Figura 3 - Regioni Omogenee

Le stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore e giornaliera) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come prodotto dei valori della pioggia indice μ per le diverse durate e i fattore di crescita adimensionale K_T per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni rappresentate in Figura 3.

I risultati sono disponibili e consentono di determinare la curva o Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica (LSPP), cioè la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno:

$$h(t) = a t^n$$

con:

h = altezza di pioggia [mm],

t = durata [ore],

a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

In Figura 4 è riportata la griglia dei parametri a e n per il tempo di ritorno di 200 anni.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	
		FOGLIO 10 di 14

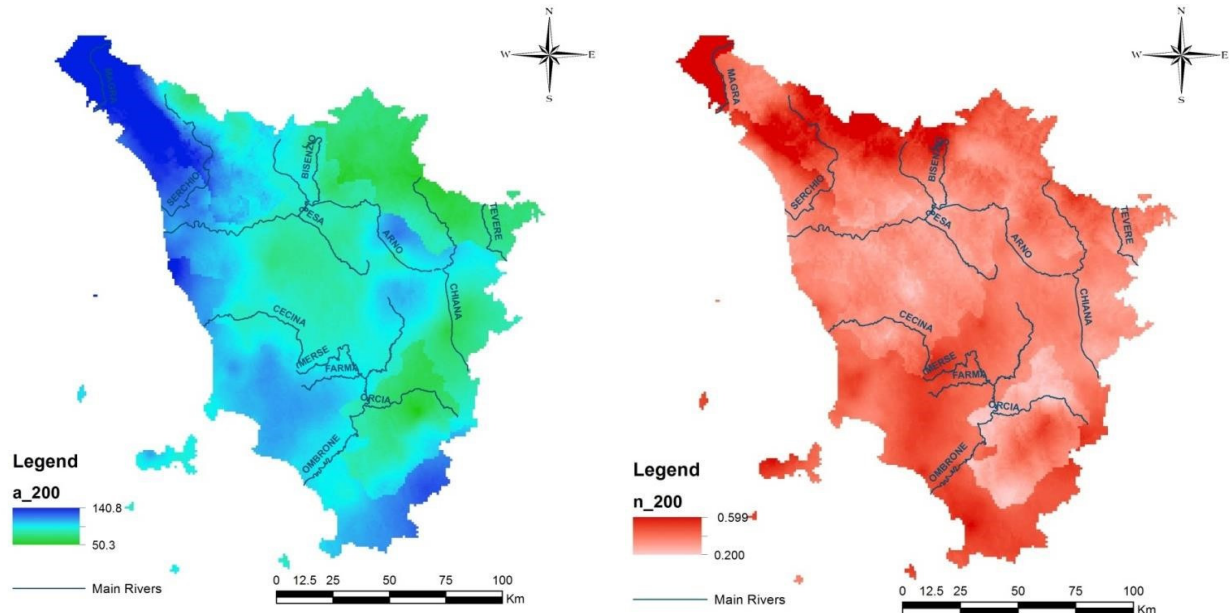


Figura 4 Spazializzazione sull'intera regione dei parametri “a” e “n” della LSPP per Tempo di ritorno 200 anni

Per calcolare l'altezza di pioggia su un bacino idrografico, una volta scelto il tempo di ritorno (200 anni), è possibile utilizzare la procedura, descritta nel suddetto studio, che qui si riporta.

Dopo avere individuato lo spartiacque del bacino imbrifero si stima il tempo di corrivazione t_c . Dalla griglia dei parametri a e n della LSPP si calcola l'altezza di pioggia in ogni cella tramite la relazione

$$h(t) = a t_c^n$$

assumendo come t_c (tempo critico) il tempo di corrivazione.

La stima dell'altezza di pioggia nell'intero bacino può essere effettuata tramite software GIS con un *tool* tipo *Raster Calculator*. Una volta trovata l'altezza di pioggia h in ogni cella, per la durata e il tempo di ritorno stabilito, è sufficiente calcolare il valore medio sul bacino idrografico.

I modelli di formazione del deflusso superficiale permettono di depurare lo ietogramma delle piogge lorde $i(t)$ dagli effetti dell'intercettazione da parte della copertura vegetale, della detenzione superficiale nei piccoli invasi naturali, dell'infiltrazione del terreno e dell'effetto di saturazione dello stesso, per valutare l'intensità di pioggia netta $p(t)$ che contribuisce al deflusso di piena.

La scelta è caduta su di un modello empirico a base fisica che si presta ad un utilizzo con dati spazialmente distribuiti: il metodo Curve Number (CN-SCS) del Soil Conservation Center (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972). Tale metodo assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale P , sia proporzionale a quello precipitato I , depurato dall'assorbimento iniziale I_a , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato F , e un volume specifico S , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

$$P = (I - I_a) F / S$$

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 11 di 14

Sostituendo ad F l'espressione ottenuta dall'equazione di continuità:

$$F = I - I_a - P$$

Si ottiene la relazione che fornisce il deflusso superficiale P

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

Il parametro S dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geopedologica del terreno e l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN ($0 < CN < 100$), legato a S dalla relazione:

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

La stima del parametro CN può essere effettuata utilizzando lo shapefile disponibile sul sito internet istituzionale della Regione Toscana (<http://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano>) in cui sono stati fissati, per l'intero territorio regionale i valori Curve Number a partire dalla pedologia e dall'uso del suolo.

L'altro parametro da stimare è I_a che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto, a priori, al bilancio idrico. Dati sperimentali (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972) indicano che questo parametro è sempre proporzionale a S, per cui si è stabilito di porlo pari a cS con c pari a 0,2.

Considerata la piccola estensione del bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura (8,7 km²) non si è ritenuto necessario utilizzare il modello HEC-HMS ma si è utilizzato un tradizionale metodo cinematico.

Le formule cinematiche consentono di valutare la portata di piena esplicitando il tempo che impiegano i deflussi meteorici a raggiungere la sezione di chiusura dal punto idraulicamente più lontano del bacino (tempo di corrivazione).

Per ogni sezione si ha una pioggia critica la cui durata e intensità sono dipendenti dal tempo di corrivazione che provoca la piena massima. In genere si assume che la durata della pioggia critica sia uguale al tempo di corrivazione.

La formula cinematica applicata è quella di Turazza:

$$Q_{\max} = c i A / 3,6 = c h A / 3,6 t_c = P A / 3,6 t_c$$

in cui:

c: coefficiente di deflusso;

i: intensità della pioggia (supposta costante nel tempo e nello spazio);

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 12 di 14

- A: superficie del bacino (in km²);
h: altezza di pioggia (in mm);
t_c: tempo di corrivazione (in ore)
P: deflusso superficiale efficace (in mm)

Per la determinazione del tempo di corrivazione sono state proposte diverse espressioni.

Formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H - H_0}}$$

dove:

- A : superficie del bacino
L : lunghezza dell'asta fluviale;
H: altitudine media del bacino
H₀: altitudine della sezione di chiusura

Formula di Kirpick (consigliata per piccoli bacini)

$$t_c = 0.066 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove:

- L : lunghezza dell'asta fluviale;
i: pendenza media del bacino

In funzione delle metodologie di calcolo utilizzate per la stima del tempo di corrivazione si sono calcolate **portate duecentennali che variano tra 59 e 79 m³/s che risultano sensibilmente inferiori a quella indicata nel PAI (102,37 m³/s) e nello studio del progetto approvato (132,27 m³/s).**

Pertanto si può condividere, assumendo parametro di calcolo maggiore, la portata di piena utilizzata nel progetto approvato.

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 13 di 14

4 Studio idraulico

L'intervento si pone l'obiettivo di realizzare una sezione sufficiente a evitare che il ponte e le strutture collegate possono essere danneggiate nel corso di una piena che defluisce in pressione sotto l'impalcato o tracima al di sopra per l'insufficiente capacità di deflusso. Lo studio idraulico è pertanto essenzialmente finalizzato a verificare la capacità di convogliamento dell'alveo in corrispondenza del ponte nella configurazione di progetto.

Il modello idraulico applicato nel progetto autorizzato si basa sulle classiche equazioni del moto e di continuità per una corrente unidimensionale, associate a un'opportuna equazione per la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito.

Le equazioni, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua, velocità) in funzione del tempo e dello spazio. La risoluzione dello schema di moto vario è stata ottenuta per via numerica, discretizzando le equazioni nel dominio spazio-temporale mediante opportuni schemi numerici.

Le aree di potenziale esondazione sono state modellate come oggetto bidimensionale. La risoluzione dello schema di inondazione bidimensionale è ottenuta mediante la risoluzione di un sistema alle derivate parziali, di tipo iperbolico, non lineare, costituito dalle equazioni complete di De Saint Venant scritte in forma bidimensionale.

Con la sezione di progetto indicata in Figura 5 (larghezza di 13.6 m e una altezza di 3.4 m), quando verranno realizzati gli interventi complessivi previsti nella modellazione del progetto già approvato in Conferenza di Servizi del 8/9/2015, il ponte ferroviario sarà in grado di smaltire la portata duecentennale di progetto ($Q_p = 132,27 \text{ mc/s}$) con circa 1.10 m di franco e la portata cinquecentennale con 0.80 m di franco. Le sezioni a monte e a valle hanno una larghezza al fondo di 10.0 m, una pendenza delle sponde di 3:2 e un'altezza di 3.4 m.

Considerando invece il solo intervento sul ponte in oggetto, è possibile osservare un netto miglioramento delle condizioni nell'intorno dell'attraversamento. In particolare non si ha più il sormonto della linea ferroviaria, riuscendo ad ottenere un franco di circa 15÷20 cm relativamente alla portata duecentennale.

	Progetto esecutivo per la sostituzione della travata metallica al km 284+732 (ponte T. Acquerta) linea Cecina – Volterra	
1827/17-001-PE-RSPN-00-00-E007	Ponte a travata metallica Fosso Acquerta Km. 284+732 della linea Cecina-Volterra RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (art. 19 DPR 207/2010)	FOGLIO 14 di 14

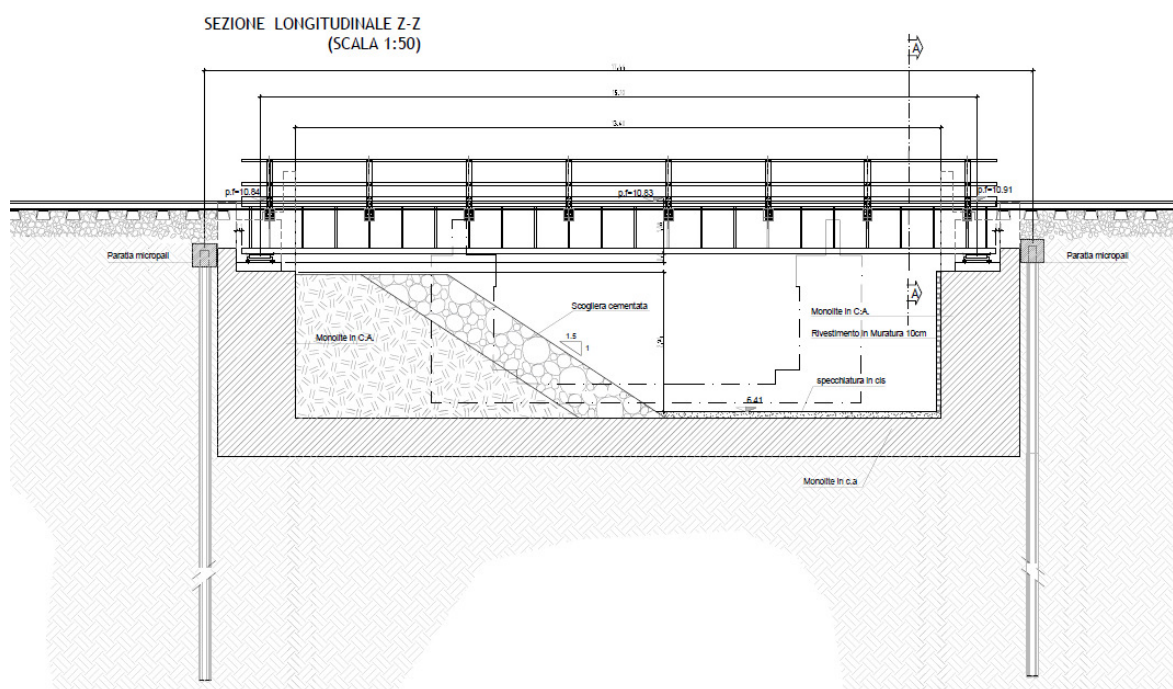


Figura 5 Sezione longitudinale di progetto.

5 Conclusioni

In questo documento si sono richiamati i principali elementi contenuti nel progetto autorizzato dalla Conferenza dei Servizi del 8/9/2015, considerando il contributo collaborativo del Genio Civile di Bacino Toscana Sud e Opere Marittime.

Considerato che le opere del presente progetto, dal punto di vista idraulico, sono le medesime rispetto a quelle autorizzate, la compatibilità dell'intervento può ritenersi ancora valida.