

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.

CUP: J41E9100000009

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

STUDIO IDRAULICO

Relazione idrologica

SCALA:

-

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

IN1A 20 D 09 RI ID0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Definitiva	A. Cappelli	dic. 2021	F. Cabas	dic. 2021	C. Mazzocchi	dic. 2021	A. Vittozzi dic. 2021

ITALFERR S.p.A.
U.p. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dist. Ing. Alfredo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° 423783

File: IN1A20D09RIID0001001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	IL FIUME ADIGE	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE	4
3	STUDIO IDROLOGICO	5
3.1	GENERALITÀ	5
3.2	VALUTAZIONE IDROLOGICA DELLE PORTATE - PAI 2005	5
3.2.1	<i>Metodologia</i>	5
3.2.2	<i>Valori di portata del Fiume Adige</i>	6
3.3	VALUTAZIONE IDRAULICA DELLE PORTATE - PAI 2005.....	7
3.4	PORTATE DI PROGETTO.....	9
4	PORTATE PER LE SIMULAZIONI SU MODELLO FISICO.....	11
5	DOCUMENTAZIONE CONSULTATA	13

1 INTRODUZIONE

La presente relazione idrologica è parte integrante degli studi volti al dimensionamento del nuovo ponte ferroviario sull'Adige, nell'ambito del Nodo di Verona per l'inserimento della linea AV/AC Milano-Venezia.

Il progetto del ponte sull'Adige appartiene all'Ingresso EST del Nodo di Verona. Le relative verifiche idrauliche, in conformità al DM Infrastrutture 14 Gennaio 2008 ed alla Circolare 02 Febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP, costituiscono un vincolo altimetrico della futura linea AV/AC nel tratto di continuità tra Verona Porta Nuova e Padova (configurazione a regime) e si ripercuotono sull'andamento della livelletta del tracciato di quest'ultima sul lato Ovest. Infatti, l'attraversamento del fiume Adige si trova in corrispondenza dell'attuale radice est della stazione di Verona Porta Nuova e l'attuale manufatto non può quindi essere sostituito con uno caratterizzato eventualmente da luci e quote superiori.

Analogamente, per il solo attraversamento della nuova linea AV/AC Verona-Padova – prevista nella configurazione a regime – l'introduzione di un manufatto caratterizzato da luci e quote superiori a quelle dell'esistente sulla linea storica determinerebbe incompatibilità con le opere previste nell'adiacente tratto lato ovest, costituito dalla nuova stazione AV e da uno scavalco ferroviario tra linee.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

2 IL FIUME ADIGE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE

L'Adige nasce al Passo di Resia (Reschenpass), valico alpino fra l'Italia e l'Austria, in prossimità del punto in cui i confini di questi due stati si incontrano con quello della Svizzera, segnando lo spartiacque fra i corsi d'acqua italiani, con foce al mare Adriatico, ed il bacino dell'Inn e del Danubio, con foce nel Mar Nero. Tutto il limite settentrionale del bacino, ad eccezione di un tratto nel territorio della Val Pusteria, è caratterizzato dal suo correre sul confine di Stato fra l'Italia e l'Austria, in corrispondenza con il citato spartiacque.

La sorgente del fiume si trova ad una quota di 1.586 metri sul livello del mare, immediatamente a monte di un lago di origine glaciale, denominato Lago di Resia (Reschen See), su cui si specchia il centro abitato omonimo. Altri rami del fiume, che confluiranno via via nel suo corso principale, solcano le vallate alpine di tutto l'Alto Adige, convogliando le acque di tutto questo territorio nella valle principale, che è estesa con direzione Nord – Sud dalle Alpi alla Pianura Padana, e nella quale sorgono le città di Trento e Bolzano.

La lunghezza totale del corso d'acqua è di 409 km, e la sua foce è un estuario, che ne deposita le acque nel Mare Adriatico, immediatamente a Sud della Laguna di Venezia e di Chioggia. Essa è compresa tra la foce del Brenta a Nord ed il delta del Po a Sud, con il tratto terminale del fiume che segna il confine fra la provincia di Venezia e quella di Rovigo.

Complessivamente, il bacino del Fiume Adige è compreso nelle Regioni del Veneto e del Trentino – Alto Adige, ha una estensione superficiale di 12.100 km², e drena le acque che precipitano su un territorio in gran parte montuoso, compreso fra i passi alpini del Tonale, dello Stelvio, del Brennero ed il Passo Pordoi. Nel suo corso più basso, esso raccoglie invece le acque precipitate sul territorio pianeggiante della Pianura Padana.

I principali corsi d'acqua che formano il reticolo idrografico dell'Adige sono di tipo alpino, a regime prevalentemente torrentizio, quale è del resto anche l'alto corso dello stesso Adige. Man mano che essi scendono verso il fondovalle acquistano però caratteristiche fluviali. Il Passirio, l'Isarco, il Rienza, il Senales ed il Talvero sono i più settentrionali fra essi, il Noce, l'Avisio ed il Leno confluiscono nel suo medio corso, il Torrente d'Illasi e l'Alpone si immettono in esso nel suo tratto vallivo. Il bacino dell'Adige si chiude a 110 km dal mare, perché tutto il suo percorso finale è pensile e canalizzato.

Le caratteristiche orografiche del bacino, che è esteso sino a quote molto elevate, pari a 3.500 metri sul livello del mare, sono responsabili della presenza in esso di vaste aree occupate da ghiacciai perenni. L'estensione di queste zone è di circa 200 km², e la loro presenza ha effetti notevoli sul regime stesso del fiume.

Il regime pluviale sul suo territorio è di tipo misto: nella parte alta del bacino esso ha caratteristiche continentali, con un massimo estivo ed un minimo invernale, mentre nella parte media e bassa assume connotati sub-litoranei, ossia con due massimi annuali, il maggiore dei quali in autunno, ed il minore in primavera. I valori medi annui sono intorno ai 500 mm di pioggia nell'alto bacino, di 1000 mm nel suo corso medio e di 700 nella parte bassa di esso. Esistono valori di punta, pari ad oltre 1600 mm nell'alto bacino dell'Avisio.

Per quanto affermato sopra, il regime dell'Adige è determinato, oltreché dalla variabilità stagionale delle precipitazioni, anche dallo scioglimento dei ghiacciai alpini e dalle nevi perenni, che contribuiscono fortemente alla portata primaverile ed estiva del fiume. Le piene di massima intensità si verificano quindi in primavera, per la somma degli effetti dei diversi fenomeni esposti.

Gli effetti delle precipitazioni sulla portata del corso d'acqua sono naturalmente mediati dalla geologia del territorio: nella parte più alta del bacino, essa è di tipo scistoso – cristallino, con venature di granito e dioriti.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Questo tipo di conformazione rocciosa è impermeabile, allo stesso modo di quella dolomitica che sorge sopra un tavolato porfirico, e costituisce, grossomodo, la porzione mediana del bacino. La zona meridionale è invece composta da rocce calcaree, moreniche e di origine alluvionale, che sono permeabili, ma la sua estensione è limitata rispetto alle altre due, cosicché essa influenza poco il regime idrologico del fiume.

3 STUDIO IDROLOGICO

3.1 GENERALITÀ

Il presente studio idrologico è finalizzato alla determinazione delle massime portate attese nelle sezioni di interferenza del corso d'acqua con la nuova linea in progetto.

Il tratto fluviale studiato è già stato oggetto di numerosi studi ed analisi, ai quali si è attinto per una piena conoscenza delle problematiche. Il più importante di tali studi è quello compiuto dall'Autorità di Bacino del fiume Adige, che in ottemperanza alle disposizioni normative nazionali, ha redatto il "Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico". In questo documento, e nei suoi successivi aggiornamenti, sono riassunti gli studi idrologici e idraulici che hanno permesso di valutare la portata del fiume con assegnato periodo di ritorno e di effettuare la modellazione idraulica del tratto in oggetto. Si riportano le due valutazioni contenute nella Relazione Tecnica dell'Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica.

Le portate di progetto sono state dedotte da un aggiornamento del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige avvenuto a seguito dei lavori di realizzazione argini in sinistra idraulica del Fiume Adige in Comune di Verona ultimati in data 15/02/2012.

La curva di durata delle portate del Fiume Adige, utile per la definizione della portata di verifica della fase provvisoria, è stata ricavata dalla relazione "LIVELLI E PORTATE MEDIE GIORNALIERE DEL FIUME ADIGE A VERONA NEGLI ANNI 2010-13" redatta dal Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio dell'ARPAV.

3.2 VALUTAZIONE IDROLOGICA DELLE PORTATE - PAI 2005

3.2.1 Metodologia

I dati idrometrici raccolti in diverse sezioni del corso d'acqua dalle stazioni di misurazione, sono stati elaborati in modi diversi, adattando ad essi i diversi modelli statistici comunemente impiegati nella disciplina idrologica, ossia:

- La distribuzione di Gumbel (EV1).
- La distribuzione del Valore Estremo Generalizzata (GEV).
- Il modello probabilistico MG, elaborato dal Politecnico di Milano.
- Il modello di stima regionale per il Triveneto, proposto dal VAPI.

Per ognuno di questi metodi, sono stati individuati i valori di portata massima al colmo di piena per i periodi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

I valori ottenuti per le portate con i tempi di ritorno visti sono riportati in tabella all'interno della Relazione Tecnica del Piano di Bacino dell'Adige per le sezioni fluviali con dati idrometrici consolidati.

Nelle sezioni sprovviste di idrometro, o con serie storica osservata limitata oppure inaffidabile, il Piano di Bacino stima le portate a partire da quelle ricavate dalle elaborazioni statistiche in sezioni poste più a valle o più a monte sul medesimo corso d'acqua, ipotizzando una dipendenza della portata al colmo di tipo monomio con esponente a con diversi valori a seconda del punto in cui si trova la sezione. Indicando con Q_s e A_s rispettivamente la portata ottenuta dalle elaborazioni statistiche e la superficie del bacino corrispondente alla medesima sezione e con Q^* e A^* rispettivamente la portata da ricavare e la superficie del bacino corrispondente alla sezione di interesse si ottiene:

$$Q^* = Q_s \left(\frac{A_s}{A^*} \right)^a$$

Il documento “ *Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica – Relazione tecnica e quadro giuridico*” dell'Autorità di Bacino indica i valori dell'esponente a solo per l'alto bacino fino a Tel, rendendo difficile applicare la relazione precedente al caso in esame.

3.2.2 Valori di portata del Fiume Adige

Il già citato Piano di Bacino comprende una stima delle portate al colmo di piena, con diversi valori del periodo di ritorno, nelle sezioni comprendenti una stazione idrometrica ritenuta affidabile: nelle tabelle sono riportati diversi valori di massimo, ognuno stimato con una particolare metodologia statistica sulla base dei valori storici osservati.

Nelle Tabella 1 e Tabella 2 sono indicati i valori massimi di portata trentennale, duecentennale e cinquecentennale calcolati dal Piano di Bacino con i diversi metodi citati per le più vicine stazioni a monte e a valle della zona modellata, rispettivamente, Pescantina e Boara Pisani.

	Q_{30}	Q_{200}	Q_{500}
ADIGE A PESCONTINA	1923	2470	2773

Tabella 1: Valori di portata calcolati per la stazione di Pescantina.

	Q_{30}	Q_{200}	Q_{500}
ADIGE A BOARA PISANI	1737	2210	2467

Tabella 2: Valori di portata calcolati per la stazione di Boara Pisani.

Le stime del valore di portata considerano il funzionamento della galleria Adige-Garda, in quanto le serie storiche di portata massima annuale utilizzate per le analisi idrologiche comprendono i dati relativi agli eventi in cui è stato registrato il funzionamento dell'opera.

Dalle tabelle emerge che nel tratto di studio, tra Pescantina e Boara Pisani, il Fiume Adige è caratterizzato da una tendenza alla diminuzione di portata nel basso bacino, avvicinandosi alla foce.

3.3 VALUTAZIONE IDRAULICA DELLE PORTATE - PAI 2005

Per la perimetrazione delle fasce di pericolo idraulico del Fiume Adige nel tratto ricadente nella Regione Veneto, l'Autorità di Bacino ha utilizzato un modello matematico che consente di simulare il comportamento della rete idrica in condizioni di piena eccezionale e di schematizzare e rappresentare fedelmente il fenomeno del sormonto arginale con il successivo allagamento dei territori circostanti.

Il tratto di Fiume Adige da Trento alla foce è stato modellato idraulicamente per la valutazione degli effetti della propagazione degli eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno pari a 30, 100 e 200 anni. Il modello utilizzato è rappresentato dal software SOBEK, strumento mono-bidimensionale e dunque atto a descrivere la propagazione degli allagamenti sul piano campagna valutando i tiranti idrici, le velocità e i tempi di permanenza, grandezze sulle quali si basa la definizione della pericolosità idraulica.

Dalla modellazione si sono ricavati gli idrogrammi riportati di seguito.

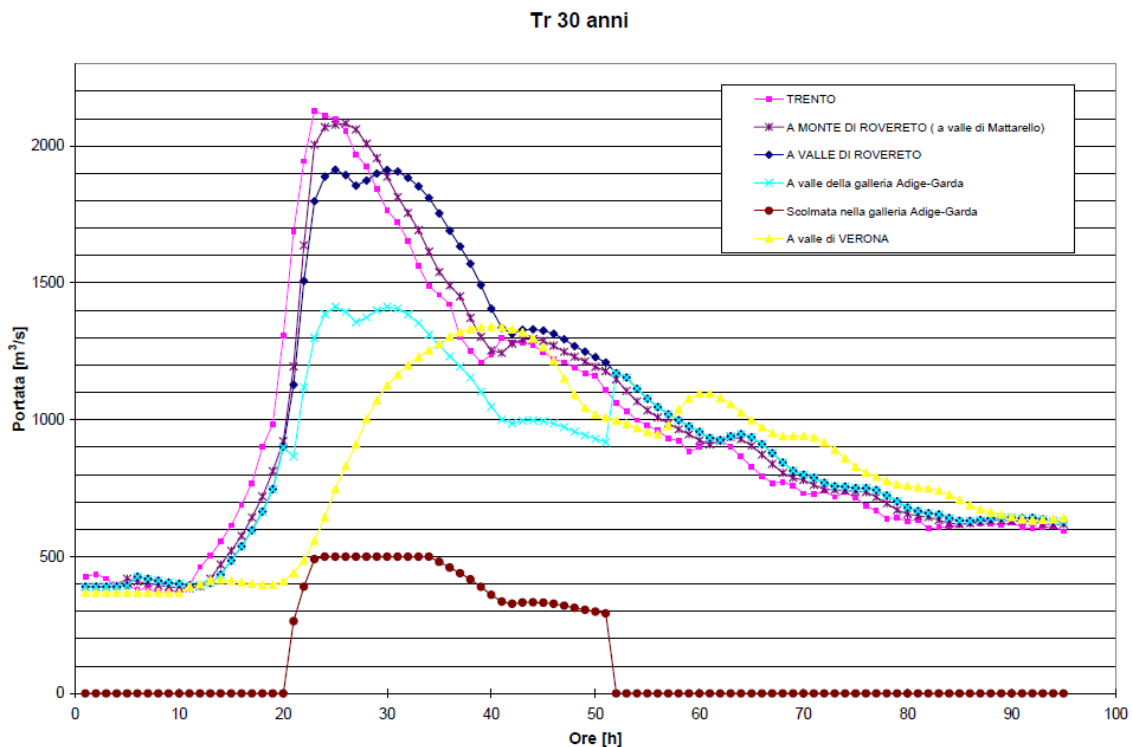


Figura 1: PAI 2005 - Idrogrammi calcolati in corrispondenza di 6 sezioni significative lungo il tratto di Fiume Adige studiato dall'AdB – Tempo di ritorno 30 anni.

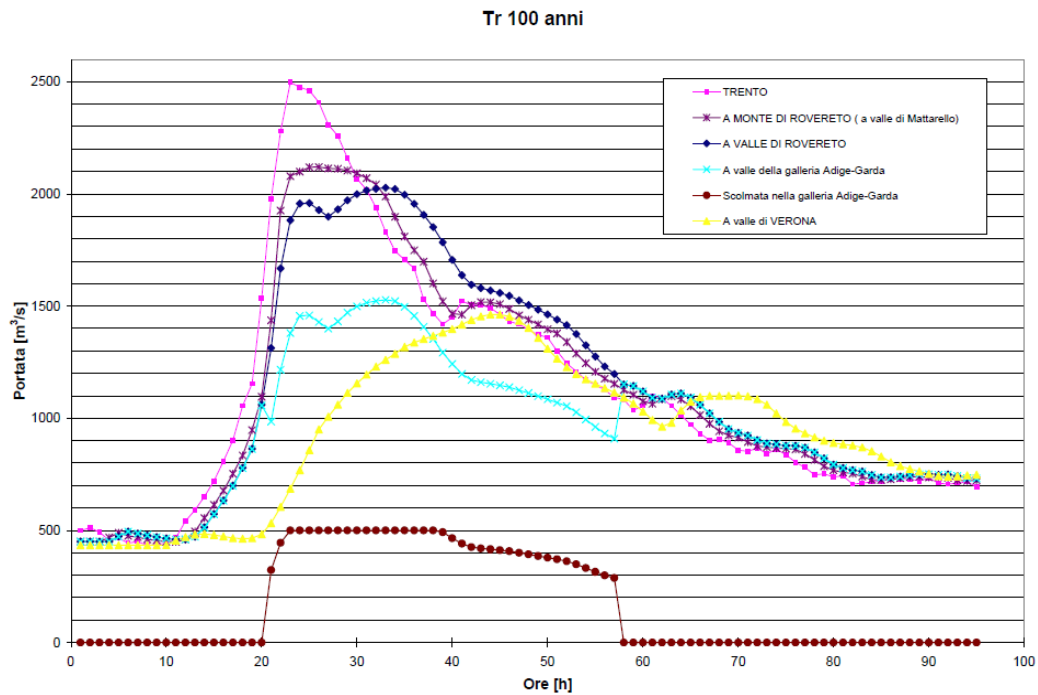


Figura 2: PAI 2005 - Idrogrammi calcolati in corrispondenza di 6 sezioni significative lungo il tratto di Fiume Adige studiato dall'AdB – Tempo di ritorno 100 anni.

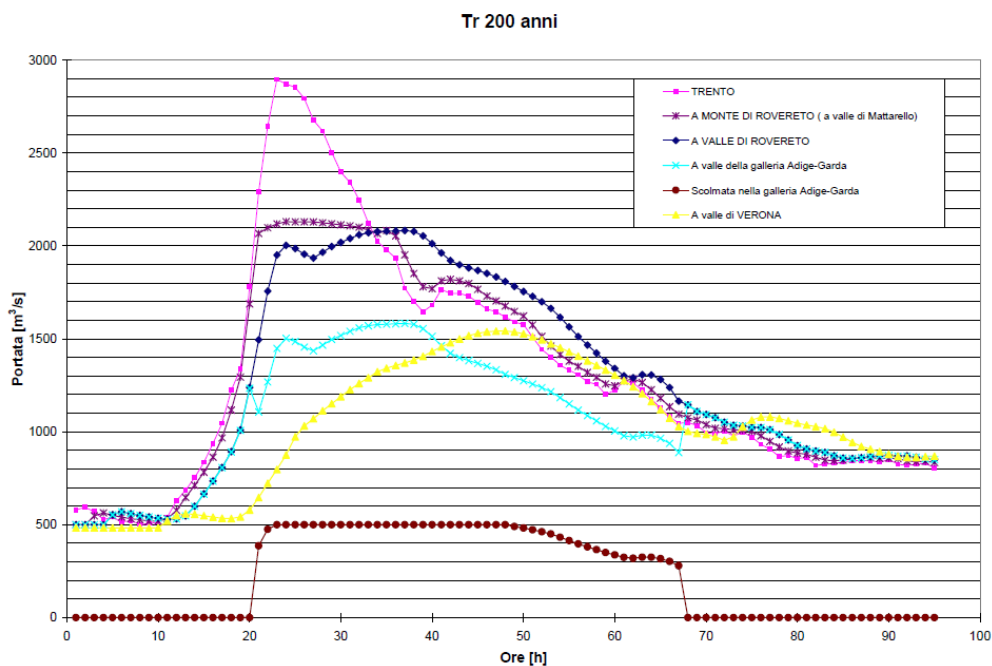


Figura 3: PAI 2005 - Idrogrammi calcolati in corrispondenza di 6 sezioni significative lungo il tratto di Fiume Adige studiato dall'AdB – Tempo di ritorno 200 anni.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Dai grafici si è potuto stimare le seguenti portate di picco per le sezioni a monte e valle di Verona:

- Portata con tempo di ritorno pari a 30 anni: a monte $Q_{30}=1420 \text{ m}^3/\text{s}$ e a valle $Q_{30}=1330 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Portata con tempo di ritorno pari a 100 anni: a monte $Q_{100}=1520 \text{ m}^3/\text{s}$ e a valle $Q_{100}=1440 \text{ m}^3/\text{s}$
- Portata con tempo di ritorno pari a 200 anni: a monte $Q_{200}=1580 \text{ m}^3/\text{s}$ e a valle $Q_{200}=1530 \text{ m}^3/\text{s}$

3.4 PORTATE DI PROGETTO

Le portate di progetto sono state dedotte da un aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige avvenuto a seguito dei lavori di realizzazione argini in sinistra idraulica del Fiume Adige in Comune di Verona ultimati in data 15/02/2012. L'aggiornamento è stato adottato con delibera della Giunta Regionale n. 1760 del 29 settembre 2014 e pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Veneto numero 98 del 14/10/2014.

L'analisi degli afflussi e deflussi, riportata nel Piano, prende in considerazione valori di portata associati ai tempi di ritorno di 30,100 e 200 anni, nell'ipotesi di massima apertura della galleria Adige-Garda. I valori di portata sono stati calcolati mediante l'adozione di un modello matematico del tratto trentino del corso d'acqua. Nella condizione di massima apertura della galleria Adige-Garda, i valori di portata calcolati sono diminuiti di 500 mc/s, cioè della massima portata scolmabile all'interno del manufatto. In questo modo sono stati ricavati i valori di portata riportati nella Figura 4.

$$Q_{30} = 1.548 \text{ mc/s};$$

$$Q_{100} = 1.621 \text{ mc/s};$$

$$Q_{200} = 1.676 \text{ mc/s}.$$

Figura 4: Portate del PAI nel tratto di corso d'acqua oggetto di studio.

Il valore di portata relativo ad un tempo di ritorno di 500 anni, non disponibile nella pubblicazione, è stato ottenuto tramite interpolazione dei valori disponibili. Il calcolo ha restituito un valore di portata con tempo di ritorno di 500 anni pari a 1733 mc/s (sempre nell'ipotesi di massima apertura della galleria Adige-Garda).

A favore di sicurezza, il calcolo dello scavo in corrispondenza delle pile e la verifica delle protezioni dell'alveo del corso d'acqua in corrispondenza del ponte ferroviario di progetto sono stati condotti utilizzando la portata con tempo di ritorno di 500 anni nell'ipotesi di chiusura completa della galleria Adige-Garda, adottando dunque una portata pari a 2233 mc/s.

Per la scelta della portata da utilizzare nella verifica della configurazione di cantiere è stata utilizzata la curva di durata delle portate del Fiume Adige ricavata dalla relazione "LIVELLI E PORTATE MEDIE GIORNALIERE DEL FIUME ADIGE A VERONA NEGLI ANNI 2010-13" redatta dal Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio dell'ARPAV (riportata in Figura 5).

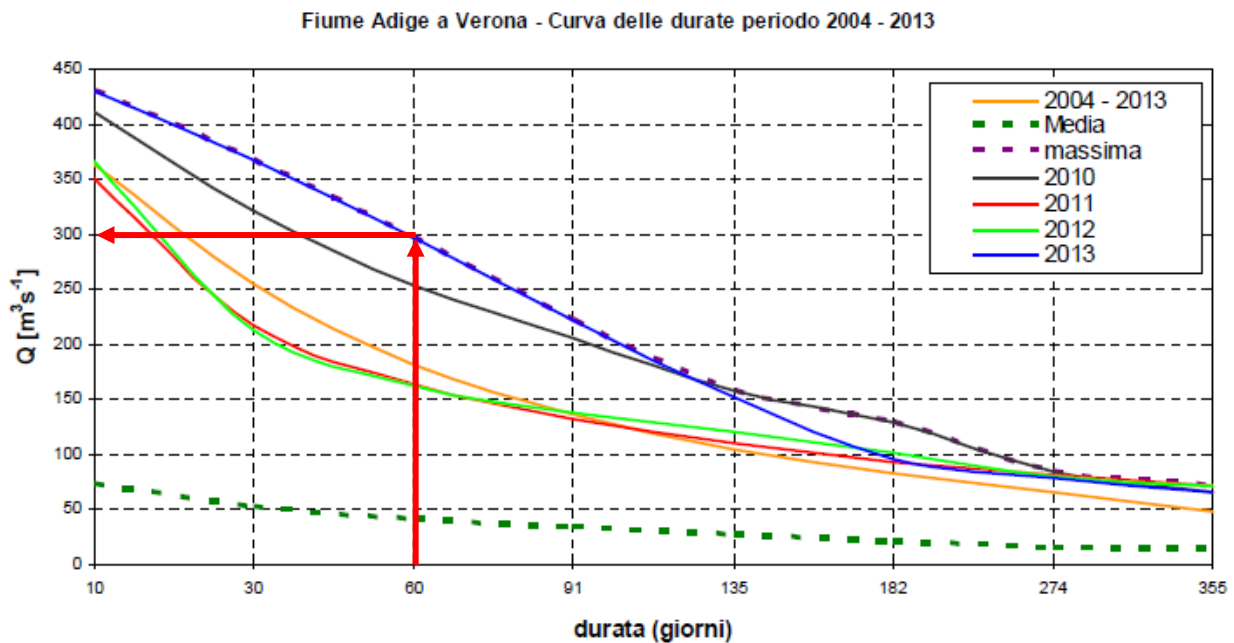


Figura 5: Curva di durata delle portate per il fiume Adige a Verona, periodo 2004-13.

Cautelativamente, si fa riferimento alla massima curva di durata per il periodo 2004-2013 (la linea viola tratteggiata nel grafico). L'eventuale durata di superamento scelta è pari a 2 mesi all'anno (60 giorni), cioè si ipotizza che la portata del corso d'acqua che transita in sicurezza nella configurazione di cantiere sia pari o superiore a quella presente per 10 mesi annui nel tratto di corso d'acqua studiato. In questo modo si accetta, implicitamente, un'eventuale sospensione temporanea del cantiere di 2 mesi annui. Il valore di portata ottenuto dal grafico corrisponde a 300 mc/s.

In Tabella 3 sono riassunti i valori delle portate di progetto utilizzate nel presente studio.

Configurazioni di studio	Tempo di ritorno	Q
	[anni]	[mc/s]
ante e post operam	30	1548
	100	1621
	200	1676
	500	1733*
post operam (protezioni alveo)	Tr 500 + 500mc/s	2233*
fase provvisoria	durata 60 gg annui	300

(* valori dedotti per interpolazione dai valori riportati negli studi del P.A.I.)

Tabella 3: Portate di progetto.

4 PORTATE PER LE SIMULAZIONI SU MODELLO FISICO

I nuovi valori da utilizzare su modello sono stati dedotti dall'elaborazione statistica dei dati registrati a Trento ridotti di 500 m³/s , portata questa divertita dalla galleria Mori-Torbole, come già precisato. La figura seguente rappresenta l'andamento della portata in funzione del tempo di ritorno, come rappresentata in "Sistemazioni dei corsi d'acqua"-Da Deppo, Datei e Salandin. Come si evince dalla figura l'analisi stataistica è stata eseguita su di un campione esteso e rappresentativo di dati di portata.

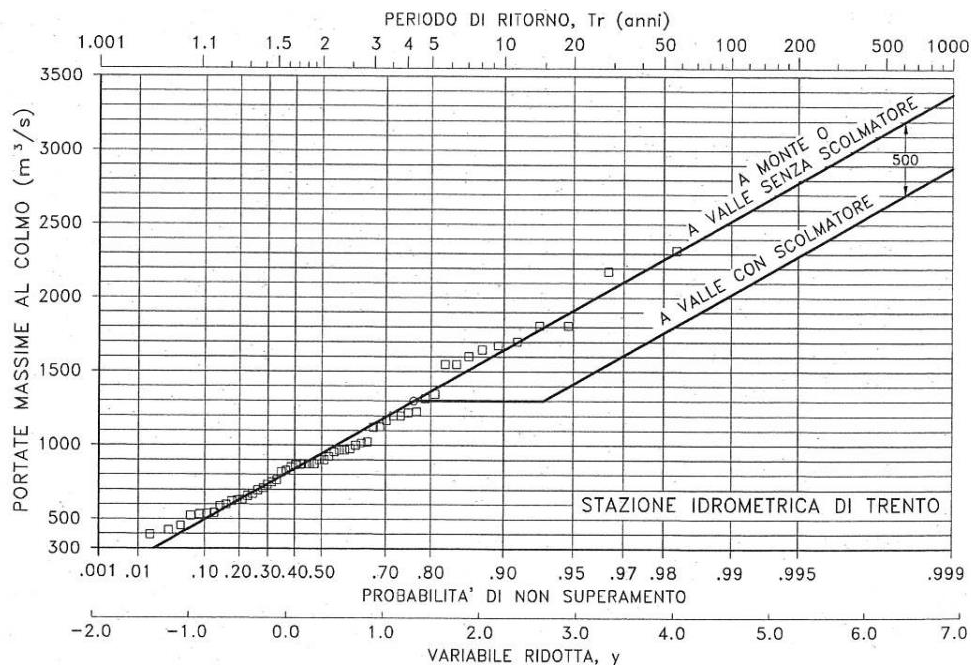


Fig. 8.50: portate di piena dell'Adige, a monte e a valle dello scolmatore Adige-Garda, in funzione del periodo di ritorno.

Figura 6 – Portate di piena Adige a monte dello scolmatore Adige -Garda

La tabella seguente riporta in sintesi i valori di portata da utilizzare su modello. Tali valori, oltre ad essere in ragione di sicurezza rispetto a quelli previsti in sede progettuale, risultano maggiormente in linea con quelli riportati nel Piano di Bacino in corrispondenza della stazione di Pescantina (a monte del ponte) e a Boara Pisani (a valle).

Configurazioni di studio	Tempo di ritorno	Q
	[anni]	[mc/s]
ante e post operam	30	1550
	100	2000
	200	2300
	500	2600
fase provvisoria	durata 60 gg annui	300

Tabella 4 – Portate di progetto Modello fisico

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

5 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

Per redigere il presente studio idrologico è stata presa come riferimento la seguente documentazione:

- Autorità di Bacino del Fiume Adige “*Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico*”
- Regione Veneto: “CTR – “*Carta Tecnica Regionale*” – scala 1:10.000;
- AA.VV. “*Le piene dell’Adige*” – Allegato al quotidiano L’Arena – Dicembre 2002 – Soc. Ed. Athesis SpA.
- Autorità di Bacino del Fiume Adige “*Norme di attuazione in salvaguardia del progetto di 2^ variante del PAI del Fiume Adige. Art. 6 – comma 3 – lettera b2. Lavori di realizzazione argini in sinistra idraulica del Fiume Adige in Comune di Verona. Aggiornamento della cartografia.*”