

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A13) : BOLOGNA-PADOVA

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA
TRATTO : MONSELICE – PADOVA SUD

PROGETTO DEFINITIVO

CORPO AUTOSTRADALE

IDROLOGIA E IDRAULICA
Interferenze idrografiche

Relazione idrologico idraulica

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N.1739
**RESPONSABILE IDROLOGIA
E IDRAULICA**

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE


Ing. Ilaria Lavander
Ord. Ingg. Milano N. 29830

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496
PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO					RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:								
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Appalto	Prog. Cod.	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA			Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	SCALA:					
1	1	1	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	1
																—					
																—					

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE				
	Ing. Ilaria Lavander Ord. Ingg. Milano N. 29830				n.	data			
					0	SETTEMBRE 2016			
					1	OTTOBRE 2016			
					2	—			
REDATTO:		—		VERIFICATO:		—			
						3		—	
						4		—	

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p> <p>autostrade // per l'italia</p> <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Antonio Tosi</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</p>
--	---	---

Sommario

1	Premessa	2
2	Inquadramento normativo	3
2.1	Normativa nazionale.....	3
2.2	Normativa regionale.....	5
2.3	Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione.....	5
3	Caratteristiche idrografiche ed idrologiche generali.....	6
3.1	Idrografia	6
3.2	Idrologia.....	6
3.2.1	Analisi delle piogge	7
3.2.2	Determinazione delle curve di possibilità climatica	7
3.2.3	Metodologia per il calcolo delle portate	11
3.3	Portate di piena	12
4	Verifica idraulica delle interferenze con i corsi d'acqua.....	14
4.1	Portate di progetto e metodologia idraulica	14
4.2	Dimensionamento delle protezioni	14
4.2.1	Metodo delle tensioni di trascinamento	15
4.3	Analisi delle verifiche idrauliche in moto permanente	17
4.3.1	Interferenze principali	19
4.3.2	Interferenze secondarie	21
4.3.3	Opere provvisionali interferenze secondarie	27
4.3.4	Interferenze minori.....	27
4.3.5	Sostituzione dei tombini ammalorati	29
4.3.6	Opere provvisionali interferenze minori	30

1 Premessa

La presente relazione idrologico-idraulica fa parte del progetto definitivo dell'ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada Bologna – Padova nel tratto Padova Sud – Monselice.

Il progetto definitivo sotto gli aspetti idrografici, idrologici ed idraulici é stato articolato secondo i seguenti argomenti principali:

- analisi del sistema fisico territoriale mediante la caratterizzazione dei bacini, del regime delle precipitazioni e dei deflussi, in termini statistico probabilistici;
- caratterizzazione della vulnerabilità del territorio con riferimento ai vincoli di tipo idraulico, censiti e catalogati dagli Enti preposti (Stato, Regione, Provincia, Autorità di bacino del fiume Arno, Consorzi di bonifica);
- individuazione delle interferenze idrografiche e verifica idraulica degli attraversamenti autostradali;
- progettazione degli interventi da attuarsi.

2 Inquadramento normativo

Nel presente capitolo si individuano il contesto normativo di riferimento, da applicare nella progettazione delle sistemazioni idrauliche. Di seguito si riportano le leggi di interesse nazionale e regionale relative alla gestione del rischio idraulico ed alla progettazione delle opere idrauliche.

2.1 Normativa nazionale

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. La legge introduce il vincolo idrogeologico.

DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l’Autorità di Bacino (art. 12). Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).

L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).

2.2 Normativa regionale

Legge Regionale 13 gennaio 1976 n°3

Riordino dei consorzi di bonifica e determinazione dei relativi comprensori.

2.3 Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione

L'autorità di bacino competente per territorio è l'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta - Bacchiglione, istituita, come per altri bacini idrografici di rilievo nazionale, con la legge 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", (art.12). La pubblicazione, sulla Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8 agosto 2001, del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001, ha sancito l'entrata in vigore del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - brevemente denominato PAI - adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001. In seguito con la delibera del Comitato Istituzionale n.4 del 19 giugno 2007 è entrato in vigore il "Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione. Adozione della 1° variante e delle corrispondenti misure di salvaguardia" che sancisce l'aggiornamento del precedente P.A.I.

I contenuti del PAI si articolano in interventi strutturali (opere), relativi all'assetto di progetto delle aste fluviali, dei nodi idraulici critici e dei versanti, ed interventi e misure non strutturali (norme di uso del suolo e regole di comportamento). In particolare, le misure non strutturali comprendono la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali (Fascia A di deflusso della piena, Fascia B di esondazione, Fascia C di inondazione per piena catastrofica) ai cui vincoli si fa riferimento per la progettazione delle opere autostradali in argomento.

In base al contenuto del suddetto piano di bacino si evidenzia come non si abbiano notizie di inondazioni storiche nella zona di interesse del progetto. Inoltre, non sono state definite particolari zone di rischio idraulico soggette a vincoli (assenza di fasce PAI) nella porzione di territorio attraversato dall'autostrada A13 tra Monselice e Padova - Sud. Questo conferma quanto già comunicatoci dai gestori dei corsi d'acqua interferiti.

3 Caratteristiche idrografiche ed idrologiche generali

Lo studio idrologico è stato condotto sia a livello tipologico (idrografia), descrivendo le caratteristiche morfologiche dei bacini e dei corsi d'acqua, che attraverso l'analisi delle precipitazioni e dei deflussi (idrologia).

3.1 Idrografia

Il reticolo idrografico facente capo all'area oggetto di studio è molto articolato e complesso ed è interamente contenuto all'interno del bacino del Bacchiglione, e dei suoi affluenti e derivatori posti nella zona a Sud di Padova. Il territorio è prevalentemente pianeggiante ad eccezione della zona dei colli Euganei dove si raggiunge un'altitudine di qualche centinaio di metri sul livello del mare. E' particolarmente rilevante il fenomeno della subsidenza che si manifesta soprattutto in prossimità del mare Adriatico dove il territorio raggiunge una quota di circa 4m al di sotto del livello del mare. La direzione principale di drenaggio è nord-ovest sud-est.

Il reticolo principale è costituito essenzialmente da canali artificiali arginati che derivano dal canale Battaglia, che a sua volta deriva dal canale Scaricatore del Bacchiglione. Alcuni canali risalgono addirittura ad epoca medievale quando iniziò l'opera di bonifica della pianura veneta.

Il reticolo secondario è di natura mista, sia di irrigazione che di bonifica, e si sviluppa in maniera capillare in tutto il territorio della pianura. Tale reticolo costituisce la rete di scolo principale, in quanto non è di tipo pensile come i corsi d'acqua principali precedentemente menzionati. Sono presenti inoltre parecchi manufatti di regolazione e simili, come botti sifone ed idrovore per garantire la continuità del reticolo e la gestione dello stesso, per tutto il territorio interessato.

3.2 Idrologia

La caratterizzazione della rete idrografica contenente le interferenze con l'autostrada è riportata nella Corografia Idrografica.

Il tracciato è ubicato totalmente nella provincia di Padova ed ha uno sviluppo di circa 13 km a partire dalla zona di Padova Sud fino allo svincolo di Monselice.

Vengono ad essere interessati sia corsi d'acqua naturali che artificiali facenti parte del reticolo di irrigazione e bonifica.

Data la notevole complessità del reticolo e la presenza di numerosi organi di regolazione, non è stato possibile determinare l'effettivo bacino afferente alle singole aste idrauliche, neanche per quelle di maggiore importanza. Queste ultime, infatti, sono arginate per tutta la loro lunghezza e quindi non raccolgono le acque meteoriche che cadono nei territori interessati, ma la loro portata dipende principalmente dal sistema di canali che fa riferimento al canale Battaglia.

Per la determinazione delle altre caratteristiche idrologiche è stata utilizzata la cartografia 1:10.000 oppure dove necessario una cartografia di maggior dettaglio.

La numerazione di ciascun attraversamento riportata nella presente trattazione è riferita alle corografie idrauliche sopra citate.

3.2.1 Analisi delle piogge

Di seguito viene descritta l'analisi delle piogge che viene riportata solamente per completezza, in quanto, come si vedrà nei paragrafi successivi, non viene utilizzata per il calcolo delle portate dei bacini intersecanti l'autostrada. Infatti non essendo possibile determinare il bacino scolante per nessuna delle aste idrauliche in esame, non è possibile determinare una delle caratteristiche principali presente nei metodi di trasformazione afflussi – deflussi. La metodologia con cui sono state determinate le portate verrà spiegata in seguito in un paragrafo specifico.

3.2.2 Determinazione delle curve di possibilità climatica

Per la determinazione del regime pluviometrico della zona d'interesse si è fatto riferimento alle "Linee guida per la valutazione della compatibilità idraulica".

Il Rapporto è stato realizzato dal Commissario Delegato concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto.

Si riporta un breve estratto delle linee guida nel quale viene descritta la competenza del Commissario Delegato.

"In seguito all'evento alluvionale del Settembre 2007, con O.P.C.M. n.3621 del 18.10.2007 avente per oggetto "Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni conseguenti gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto nel giorno 26 settembre 2007" è stato nominato un Commissario Delegato che ha il compito di provvedere "alla pianificazione di azioni ed interventi di mitigazione del rischio conseguente all'inadeguatezza dei sistemi preposti

all'allontanamento e allo scolo delle acque superficiali in eccesso, al fine della riduzione definitiva degli effetti dei fenomeni alluvionali ed in coerenza con gli altri progetti di regimazione delle acque, predisposti per la tutela e la salvaguardia della terraferma veneziana, nel territorio provinciale di Venezia e negli altri territori comunali del Bacino Scolante in Laguna individuati dal "Piano direttore 2000".

Il Commissario Delegato ha quindi redatto uno studio denominato "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve di possibilità pluviometrica di riferimento", esso consiste in una regionalizzazione dei dati di pioggia ottenuti da 27 stazioni ARPAV selezionate in maniera da offrire un campione significativo della zona di interesse, restituendo i parametri delle curve di possibilità pluviometriche.

In base a questo studio sono state redatte delle curve di possibilità pluviometrica a tre parametri nella forma:

$$h = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

Dove:

t = durata della precipitazione

a, b, c = parametri della curva forniti dalla elaborazione statistica in dipendenza della zona territoriale di riferimento e del tempo di ritorno assunto. Si riportano di seguito la suddivisione in zone omogenee ottenuta

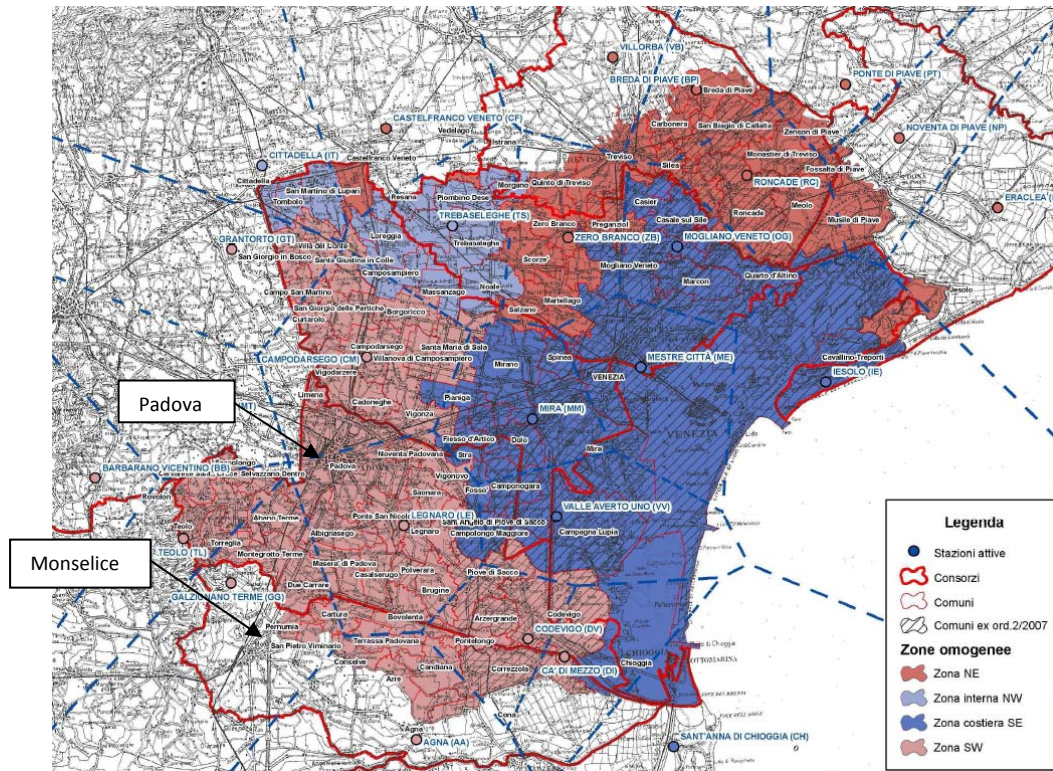


Figura 1 Suddivisione in zone statisticamente omogenee

Zona omogenea	Provincia		
	PD	TV	VE
SW	Abano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borgoricco, Bovolenta, Brugine, Cadoneghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalserugo, Cervarese Santa Croce, Codevigo, Conselve, Correzzola, Curtarolo, Due Carrare, Legnaro, Limena, Masera' di Padova, Montegrotto Terme, Noventa Padovana, Padova, Pernumia, Piove di Sacco, Polverara, Ponte San Nicolò, Pontelongo, Rovolon, Saccolongo, San Giorgio delle Pertiche, San Giorgio in Bosco, San Pietro Viminario, Santa Giustina in Colle, Sant'Angelo di Piove di Sacco, Saonara, Selvazzano Dentro, Teolo, Terrassa Padovana, Torreglia, Vigodarzere, Vigonza, Villa del Conte, Villanova di Camposampiero		Cona, Santa Maria di Sala, Vigonovo
Costiera SE		Casale sul Sile, Casier, Mogliano Veneto	Campagna Lupia, Campolongo Maggiore, Camponogara, Cavallino-Treporti, Chioggia, <i>Dolo</i> , Fiesso d'Artico, <i>Fosso</i> , Marcon, <i>Mira</i> , <i>Mirano</i> , <i>Pianiga</i> , Quarto d'Altino, <i>Spinea</i> , <i>Stra</i> , Venezia
Interna NW	Camposampiero, Cittadella, Loreggia, Massanzago, Piombino Dese, San Martino di Lupari, Tombolo, Trebaseleghe	Istrana, Morgano, Resana	Noale
NE		Breda di Piave, Carbonera, Castelfranco Veneto, Monastier di Treviso, Preganziol, Quinto di Treviso, Roncade, San Biagio di Callalta, Silea, Treviso, Veduggio, Zenson di Piave, Zero Branco	Fossalta di Piave, Jesolo, Martellago, Meolo, Musile di Piave, Salzano, Scorze'

Tabella 2.1 Comuni appartenenti alle diverse zone omogenee

La zona in cui è compresa l'era interessata dal progetto è la zona Sud Occidentale SW.

Dall'allegato 1 delle Linee Guida si sono estrapolati i seguenti grafici, da cui desumere le curve di possibilità pluviometrica relative ai vari tempi di ritorno.

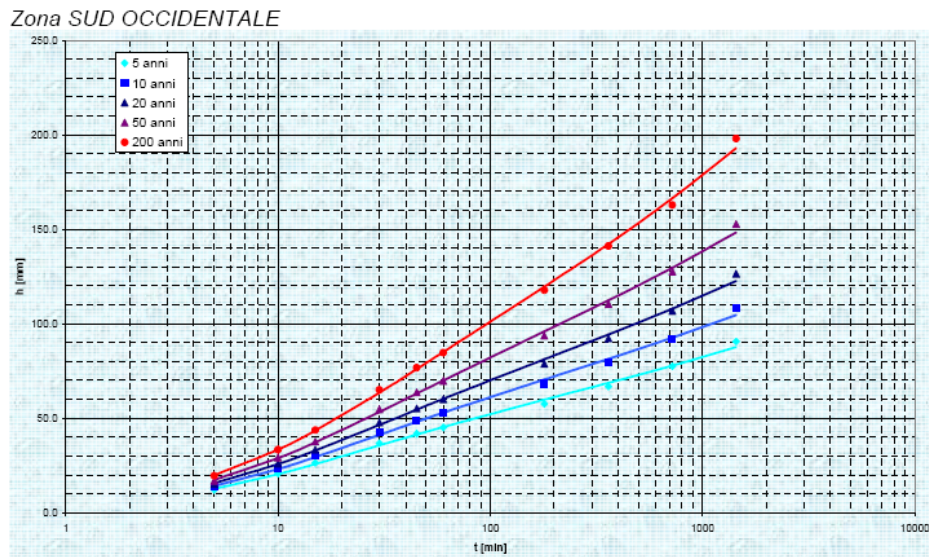


Figura 2 Curve di possibilità pluviometrica

Dalla tabella seguente in funzione del tempo di ritorno si possono desumere i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

T	a	b	c
2	20.6	10.8	0.842
5	27.4	12.1	0.839
10	31.6	12.9	0.834
20	35.2	13.6	0.827
30	37.1	14.0	0.823
50	39.5	14.5	0.817
100	42.4	15.2	0.808
200	45.0	15.9	0.799

Tabella 2.2 Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

3.2.3 Metodologia per il calcolo delle portate

Come detto in precedenza, per il calcolo delle portate di progetto, non è stata utilizzata una metodologia del tipo afflussi-deflussi poiché non è stato possibile determinare i parametri fondamentali per l'utilizzo di questo tipo di metodologie. Infatti, sentiti i gestori dei corsi d'acqua, data la complessità del reticolo stesso e dalla presenza di numerosi organi di regolazione, non è possibile associare ai corsi d'acqua interferiti un

bacino afferente univocamente definito. Essendo quindi impossibilitati a definire questo parametro fondamentale, non è stato possibile calcolare una portata di progetto associata ad uno specifico tempo di ritorno.

Si è quindi deciso di utilizzare come portata di progetto per la verifica degli attraversamenti idraulici, la portata compatibile con il corso d'acqua in esame. Tale portata è stata definita come la massima portata transitante all'interno del corso d'acqua con un franco appropriato per la tipologia d'interferenza analizzata. In particolare per le interferenze principali (Viadotti) si è scelto di utilizzare una portata che garantisca un franco medio, rispetto alla sommità spondale, sull'intera lunghezza del corso d'acqua pari a circa 50cm. Per le interferenze secondarie (Tombini scatolari o ponticelli di luce superiore a 2 m) invece, essendo tutte riconducibili a canali irrigui o di bonifica, si è considerato un franco medio, rispetto alla sommità spondale, pari a qualche decina di centimetri, ma in ogni caso non superiore a 50cm. Per le interferenze minori (Tombini circolari e scatolari fino a 2 m di luce), invece, è stata considerata la portata transitante all'interno dell'opera oggetto di verifica, che producesse un battente idraulico pari all'80% dell'altezza utile della sezione di deflusso.

3.3 Portate di piena

Nella tabella 2.3 sono riportati i valori delle portate di piena calcolati con il metodo descritto nel paragrafo precedente. Per ciascun attraversamento è riportato un numero progressivo, la codifica dell'opera esistente, la classificazione dell'interferenza, se principale o secondaria, e l'ente gestore. Gli attraversamenti sono stati individuati nelle "Corografie Idrografiche".

I dati delle portate di piena sono utilizzati in fase di progettazione per la verifica degli attraversamenti e per la progettazione delle eventuali sistemazioni idrauliche.

Num	Nome opera	Corso d'acqua	Tipologia	Progressiva	Portata [m³/s]	Tipologia interferenza	Ente gestore
1	VI001	Bagnarolo	Viadotto	90+847/90+907	68	Principale	Genio Civile di Padova
2	VI002	Rivella-Bisatto	Viadotto	91+496/91+560	18.5	Principale	Consorzio Adige Euganeo
3	VI003	Paltana	Viadotto	93+076/93+142	136	Principale	Consorzio Adige Euganeo
4	VI004	Vigenzona	Viadotto	93+403/93+502	302	Principale	Genio Civile di Padova
5	VI005	Biancolino	Viadotto	96+746/96+795	1.3	Principale	Consorzio Bacchiglione
6	T2		Tombino scatolare	88+789	1.4	Secondaria	Consorzio Adige Euganeo
7	T12		Tombino scatolare	91+255	3.5	Secondaria	Consorzio Adige Euganeo
8	T13		Tombino scatolare	91+377	2.7	Secondaria	Consorzio Adige Euganeo
9	T14		Tombino scatolare	91+980	2.8	Secondaria	Consorzio Adige Euganeo
10	T16		Tombino scatolare	92+282	2	Secondaria	Consorzio Adige Euganeo
11	T20		Tombino scatolare	93+278	2.2	Secondaria	Consorzio Adige Euganeo
12	T21		Tombino scatolare	93+815	1.8	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
13	T22		Tombino scatolare	93+939	1.8	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
14	T24		Tombino scatolare	94+528	6.8	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
15	T26		Tombino scatolare	94+793	0.8	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
16	T29		Tombino scatolare	95+551	2.1	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
17	T30		Tombino scatolare	95+684	2.8	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
18	T31		Tombino scatolare	95+950	1.7	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
19	T32		Tombino scatolare	96+045	2.4	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
20	T33		Tombino scatolare	96+182	3.4	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
21	T37		Tombino scatolare	97+179	3.7	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
22	T38		Tombino scatolare	97+255	0.7	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
23	T42		Tombino scatolare	97+927	1.3	Secondaria	Consorzio Bacchiglione
24	T56		Tombino scatolare	100+496	1.9	Secondaria	Consorzio Bacchiglione

Tabella 2.3 Portate di piena

4 Verifica idraulica delle interferenze con i corsi d'acqua

Le interferenze con la rete idrografica, sono state individuate sulle tavole in scala 1:10.000 allegate al progetto (**Corografie idrografiche**). I corsi d'acqua interessati risultano tutti compresi nel bacino idrografico del fiume Bacchiglione.

Nelle Tavole suddette sono indicati il codice dell'attraversamento, come da codifica Autostradale (es. OP. T003). In totale sono stati verificati circa 25 tra attraversamenti e deviazioni di corsi d'acqua.

4.1 Portate di progetto e metodologia idraulica

La verifica delle interferenze stradali è stata effettuata in base alle portate indicate nella Tab. 2.3 "Portate di Piena", dove sono riportati anche la rispettiva codifica e l'eventuale nome del corso d'acqua.

Lo studio idraulico effettuato sui corsi d'acqua è finalizzato a:

- dimensionare la sezione di attraversamento del corso d'acqua nel caso di nuovo intervento;
- verificare la sezione di attraversamento del corso d'acqua nel caso di prolungamento del manufatto esistente;
- individuare la necessità di eventuali deviazioni dell'alveo del corso d'acqua, anche in fase provvisoria.
- dimensionare gli interventi di sistemazione idraulica.

Le portate utilizzate per la verifica sono state ottenute come indicato in dettaglio nel paragrafo 2.2.3.

Le verifiche idrauliche, per le interferenze definite principali e secondarie, sono state effettuate in moto permanente con il software Hec-Ras 4.1. Si riportano in allegato i profili, le sezioni e i dati numerici relativi a tutte le verifiche effettuate. Le interferenze definite minori sono state verificate in moto uniforme utilizzando la formulazione di Chezy.

4.2 Dimensionamento delle protezioni

In corrispondenza degli imbocchi e degli sbocchi delle opere idrauliche prolungate, si sono previste delle sistemazioni per evitare che si instaurino fenomeni di erosione localizzata dovuti alla velocizzazione della corrente.

Tranne nei casi in cui l'imbocco o lo sbocco dell'opera avviene in un tratto di corso d'acqua già rivestito in calcestruzzo, si sono realizzate le sistemazioni idrauliche cercando di utilizzare le soluzioni meno impattanti

dal punto di vista ambientale e paesaggistico. Questo è stato possibile attraverso l'utilizzo di scogliere di massi sciolti, la cui pezzatura è stata dimensionata per resistere alla spinta della corrente. Al disotto della scogliera è prevista inoltre la stesura di un geotessile filtro per evitare che l'acqua asporti il materiale fine al disotto dei massi.

Di seguito si riporta la descrizione della metodologia adottata per il dimensionamento dei massi delle scogliere.

4.2.1 Metodo delle tensioni di trascinamento

Il calcolo della resistenza all'erosione di una sezione viene eseguita calcolando la velocità della corrente e gli sforzi tangenziali prodotti dalla corrente e controllando se il materiale che costituisce il letto del fiume può resistere senza subire danni permanenti.

Ai fini della valutazione degli effetti antierosivi è necessario che lo sforzo tangenziale effettivo prodotto dalla corrente su ciascun punto della sezione sia minore dello sforzo tangenziale massimo agente sulla superficie del canale. Il metodo delle tensioni di trascinamento asserisce che se lo sforzo tangenziale effettivo è maggiore dello sforzo tangenziale massimo tollerabile dalla superficie, avviene un trasporto dinamico delle sostanze colloidali e successivamente del materiale più grossolano. L'erosione crea instabilità su un tratto di corso d'acqua e successivamente progredisce interessando aree più estese. Gli sforzi tangenziali effettivi vengono calcolati utilizzando i criteri idraulici convenzionali. Gli sforzi tangenziali massimi tollerabili dipendono dal tipo di protezione e dalla loro resistenza alla corrente.

Lo *sforzo tangenziale effettivo agente* su ogni punto della superficie del canale viene calcolato usando la seguente formula:

$$\tau_b = k_1 k_2 \gamma_w y_i i_{fiume}$$

dove:

k_1 coefficiente di curvatura (maggiore di 1 solamente per punti situati su tratti pendenti esterni di argini curvi). In questo caso i valori suggeriti vengono riportati nella tabella 4.1;

k_2 coefficiente angolare che è pari ad 1 per punti situati su superfici orizzontali e a 0.75 per superfici inclinate;

- γ_w peso specifico dell'acqua (10 kN/m³);
- y_i livello dell'acqua nel punto considerato;
- i_{fiume} pendenza dell'alveo lungo il tratto preso in esame.

Nel coefficiente k_1 viene considerato un incremento di sforzo tangenziale sulla sponda esterna di un tratto in curva come conseguenza dell'accelerazione centrifuga. I valori del coefficiente k_1 sono riportati nella letteratura e dipendono dalla curvatura e dalla larghezza del corso d'acqua.

Tabella 4.1: coefficienti di curvatura k_1

<i>Raggio di curvatura / Larghezza superficie libera</i>	<i>k_1 (coefficiente di curvatura)</i>
8.0	1.2
6.0	1.4
4.5	1.6
3.2	1.8
2.0	2.0

La massima resistenza agli sforzi di taglio dell'opera in pietrame sciolto viene espressa in funzione del parametro di Shields:

$$\tau_c = K_s C^* (\gamma_s - \gamma_w) d_m$$

dove:

- C^* coefficiente di Shields (0.047);
- γ_s peso specifico delle rocce di riempimento (26 kN/m³);
- γ_w peso specifico dell'acqua (10 kN/m³);
- d_m diametro medio delle rocce di riempimento;
- $K_s = \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \varphi}\right)^{0.5}$ con θ angolo di inclinazione delle sponde e φ angolo di attrito dei massi posto pari a 50°.

Quando gli argini hanno una pendenza superiore ai 35° ($\theta > 35^\circ$) si ha una limitazione nell'utilizzo del coefficiente K_s . In questo caso il fattore di riduzione viene considerato costante e pari a 0.45.

Affinché sia verificata la non trascinabilità dei massi sciolti, basterebbe che la forza resistente sia maggiore di quella agente. Si è però preferito dare un coefficiente di sicurezza del 30% imponendo che il rapporto τ_c / τ_b (detto di seguito fattore di sicurezza) debba essere maggiore di 1.3.

4.3 Analisi delle verifiche idrauliche in moto permanente

Le verifiche sono state effettuate mediante analisi in moto permanente con il software Hec-Ras (versione 4.1) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Corps of Engineers.

Le condizioni al contorno utilizzate sono le seguenti:

- *Portata di progetto* calcolata con la metodologia riportata nel paragrafo 2.2.3.
- *Condizione di deflusso a valle* corrispondente all'altezza di moto uniforme calcolata sulla base dei rilievi effettuati in funzione della pendenza media dei singoli corsi d'acqua (solo nel caso di soglie e o traverse è stata utilizzata come condizione di valle l'altezza critica).
- *Condizione di deflusso a monte* corrispondente all'altezza critica; questa condizione risulta sempre cautelativa, in quanto il programma la utilizza solamente quando è in corrente veloce, mentre in corrente lenta il livello di monte è calcolato in base a quanto avviene nelle sezioni di valle; in condizione di corrente veloce, imponendo questa condizione, si è a favore di sicurezza in quanto il livello di altezza critica è maggiore di quello di corrente veloce.
- È stato utilizzato un valore di *scabrezza* (numero di Manning) per l'alveo pari a 0.03 (fondo in terra con presenza di erba, corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia), come ricavato da bibliografia. Per la zona fuori alveo, la scabrezza è stata posta pari a 0.05.

I corsi d'acqua verificati e le portate di progetto sono indicati nella tabella 2.3.

La simulazione del comportamento idraulico dei corsi d'acqua in studio, nelle vicinanze dell'attraversamento autostradale, implica la realizzazione di rilievi topografici per un tratto di lunghezza significativa, in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'alveo (dimensioni, pendenza, grado di naturalità, tortuosità, ecc...), della tipologia dell'opera viaria principale (viadotto o tombino) e della eventuale presenza di altri manufatti di attraversamento minori (tombini e sottopassi di strade secondarie o di rampe autostradali) posti a breve distanza dal manufatto dell'A13, che abbiano una qualche influenza sul deflusso idrico (passaggio in pressione con conseguente rigurgito verso monte).

Sono state quindi condotte diverse campagne di rilievi topografici finalizzate all'acquisizione dei dati necessari alla modellazione idraulica dei corsi d'acqua d'interesse.

Per ciascun corso d'acqua oggetto di verifica in moto permanente si dispone quindi di:

- uno stralcio planimetrico georeferenziato in coordinate rettilinee, dell'area di interesse, in scala 1:1.000;
- sezioni trasversali del corso d'acqua, in numero variabile da un minimo di 4 ad un massimo di 19, in funzione della lunghezza e della tortuosità del corso d'acqua;
- la traccia planimetrica georeferenziata delle sezioni rilevate;
- il rilievo, corredato da documentazione fotografica, del manufatto di attraversamento autostradale.

In particolare, oltre al rilievo della sezione dell'alveo in corrispondenza del manufatto, sono stati rilevati gli elementi planimetrici ed altimetrici necessari a consentire di schematizzare la struttura (dimensione e forma delle pile e/o delle spalle, quota dei punti significativi di intradosso ed estradosso dell'impalcato...). Laddove si è reso necessario integrare le sezioni rilevate, in particolar modo nei tratti di deviazione dei corsi d'acqua o per uno studio di maggior dettaglio delle sistemazioni, si sono aggiunte delle sezioni trasversali desunte da un modello digitale del terreno (DTM) sviluppato sulla base del rilievo celerimetrico di dettaglio. Prima dell'utilizzo di tali sezioni si è comunque verificata la congruenza tra le sezioni rilevate e quelle ottenute dal DTM.

Le verifiche idrauliche sono state effettuate per i corsi d'acqua di maggior interesse sia nelle condizioni ante che post operam.

Nel caso di tombini circolari e scatolari con unica pendenza, l'opera è stata schematizzata come culvert.

Dove necessario si sono studiate anche le fasi provvisionali. Anche in questo caso, non essendo in grado di stimare una portata associata ad un determinato tempo di ritorno da utilizzare nelle verifiche, in base alle esperienze progettuali pregresse si è scelto di verificare le fasi provvisionali con una portata pari al 60% della portata di piena riportata nella tabella 2.3.

Di seguito si riporta, per ogni interferenza, una sintetica descrizione delle verifiche effettuate. Il dettaglio delle simulazioni (profili, sezioni e dati in forma tabellare) sono riportati in allegato.

4.3.1 Interferenze principali

Opera VI001 Viadotto sul canale Bagnarolo

Il progetto prevede l'ampliamento del viadotto esistente sul canale Bagnarolo sia verso monte che verso valle in maniera simmetrica. L'opera in progetto mantiene delle quote all'intradosso sostanzialmente simili a quelle del viadotto esistente poiché l'ampliamento dello stesso risulta assai esiguo e pari a circa 6,5 m per lato. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 30 cm che si estende per 5 m oltre il limite esterno del viadotto. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 8.35 m s.l.m. con un franco di circa 2.9 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Non si rendono necessarie opere provvisionali, in quanto le lavorazioni saranno eseguite al disopra del livello idrico valutato con i criteri precedentemente esposti per le opere provvisionali. Durante le fasi provvisionali per la realizzazione delle pile dovrà essere prevista l'installazione di un misuratore di livello a monte dell'area di cantiere. Al raggiungimento di un livello idrico pari a 6.44 m slm (un metro di franco al disotto del piano di scavo) il cantiere dovrà essere abbandonato ed i lavori potranno riprendere solamente quando il livello idrico sarà sceso sotto del livello di allerta.

Opera VI002 Viadotto sul canale Rivella-Bisatto

Il progetto prevede l'ampliamento del viadotto esistente sul canale Rivella-Bisatto sia verso monte che verso valle in maniera simmetrica. L'opera in progetto mantiene delle quote all'intradosso sostanzialmente simili a quelle del viadotto esistente poiché l'ampliamento dello stesso risulta assai esiguo e pari a circa 6 m per lato. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 30 cm che si estende per 5 m oltre il limite esterno del viadotto. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 7.94 m s.l.m. con un franco di circa 2.2 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Non si rendono necessarie opere provvisionali, in quanto le lavorazioni saranno eseguite al disopra del livello idrico valutato con i criteri precedentemente esposti per le opere provvisionali. Durante le fasi provvisionali per la realizzazione delle pile dovrà essere prevista l'installazione di un misuratore di livello a monte dell'area di cantiere. Al raggiungimento di un livello idrico pari a 6.33 m slm (un metro di franco al disotto del piano di scavo) il cantiere dovrà essere abbandonato ed i lavori potranno riprendere solamente quando il livello idrico sarà sceso sotto del livello di allerta.

Opera VI003 Viadotto sul canale Fossa Paltana

Il progetto prevede l'ampliamento del viadotto esistente sul canale Fossa Paltana sia verso monte che verso valle in maniera simmetrica. L'opera in progetto mantiene delle quote all'intradosso sostanzialmente simili

a quelle del viadotto esistente poiché l'ampliamento dello stesso risulta assai esiguo e pari a circa 6 m lato monte e circa 6.5 m lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 30 cm che si estende per 10 m oltre il limite esterno del viadotto poiché in questo caso la zona di scavo per l'ampliamento delle pile risulta più ampia rispetto ai casi precedenti. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.66 m s.l.m. con un franco di circa 2.9 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Non si rendono necessarie opere provvisorie, in quanto le lavorazioni saranno eseguite al disopra del livello idrico valutato con i criteri precedentemente esposti per le opere provvisorie. Durante le fasi provvisorie per la realizzazione delle pile dovrà essere prevista l'installazione di un misuratore di livello a monte dell'area di cantiere. Al raggiungimento di un livello idrico pari a 4.30 m s.l.m. (un metro di franco al disotto del piano di scavo) il cantiere dovrà essere abbandonato ed i lavori potranno riprendere solamente quando il livello idrico sarà sceso sotto del livello di allerta.

Opera VI004 Viadotto sul canale Vigenzone

Il progetto prevede l'ampliamento del viadotto esistente sul canale Vigenzone sia verso monte che verso valle in maniera simmetrica. L'opera in progetto mantiene delle quote all'intradosso sostanzialmente simili a quelle del viadotto esistente poiché l'ampliamento dello stesso risulta assai esiguo e pari a circa 7.3 m lato monte e circa 6.5 m lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 30 cm che si estende per 10 m oltre il limite esterno del viadotto poiché in questo caso la zona di scavo per l'ampliamento delle pile risulta più ampia rispetto ai casi precedenti. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 8.20 m s.l.m. con un franco di circa 1.40 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam.

Essendo il canale Vigenzone un canale non soggetto ad asciutta stagionale nel periodo non irriguo, è stato necessario prevedere una fase provvisoria per la realizzazione dell'ampliamento delle pile. Data la necessità di proteggere la zona delle lavorazioni e non essendo possibile infiggere palancole in prossimità dell'impalcato, si è prevista una duna in terra a protezione del cantiere come indicato nella tavola IDR033. Questa si attesta alla quota di 6.88 m s.l.m. che è pari al livello di piena calcolato secondo il criterio precedentemente esposto per la verifica delle fasi provvisorie. Per non ridurre sensibilmente la sezione di deflusso durante le lavorazioni e creare rigurgiti a monte, è stato previsto di differenziare l'ampliamento delle pile in due fasi, prima ampliando le pile in sponda destra e poi ampliando le pile in sponda sinistra. Durante le fasi provvisorie per la realizzazione delle pile dovrà essere prevista l'installazione di un misuratore di livello a monte dell'area di cantiere. Al raggiungimento di un livello idrico pari a 5.88 m s.l.m.

(un metro di franco al disotto della sommità degli argini provvisionali) il cantiere dovrà essere abbandonato ed i lavori potranno riprendere solamente quando il livello idrico sarà sceso sotto del livello di allerta.

Opera VI005 Viadotto sul canale Biancolino

Il progetto prevede l'ampliamento del viadotto esistente sul canale Biancolino sia verso monte che verso valle in maniera simmetrica. L'opera in progetto mantiene delle quote all'intradosso sostanzialmente simili a quelle del viadotto esistente poiché l'ampliamento dello stesso risulta assai esiguo e pari a circa 6 m da entrambi i lati. L'ampliamento lato monte del viadotto però provoca un'interferenza notevole della nuova fondazione della pila ampliata situata in destra idraulica del canale, con l'alveo esistente. Per questo è stata prevista una deviazione d'alveo a partire da circa 35 m a monte del limite del viadotto in progetto, fino alla soglia in calcestruzzo esistente a valle del viadotto. L'intervento è esplicitato nelle tavole IDR0035-36-37 e non interferisce con la suddetta soglia e la presa irrigua situata in destra idraulica. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 30 cm che si estende per tutto il tratto soggetto a deviazione planimetrica. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 6.94 m s.l.m. con un franco di circa 4.20 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam.

Per quanto riguarda le fasi provvisionali per effettuare le lavorazioni, è stato previsto di realizzare due ture in terra a monte e a valle del cantiere e di intubare il canale Biancolino tramite un tubo in PEAD DN 1200. Il tubo verrà posizionato prima in sinistra idraulica permettendo le lavorazioni in sponda destra e in seguito viceversa. La fase provvisoria è stata verificata seguendo i criteri precedentemente esposti per le fasi provvisionali. In questo caso si instaura un livello pari a 6.79 m s.l.m. che corrisponde ad un riempimento di circa il 70% della tubazione in PEAD. Durante le fasi provvisionali per la realizzazione delle pile dovrà essere prevista l'installazione di un misuratore di livello in corrispondenza della sezione di monte del tombamento. Al raggiungimento di un livello pari al 70% del riempimento del tombino, il cantiere dovrà essere abbandonato ed i lavori potranno riprendere solamente quando il livello idrico sarà sceso sotto del livello di allerta.

4.3.2 Interferenze secondarie

Per quanto riguarda le interferenze secondarie si fa presente che gli attraversamenti sono stati prolungati considerando le quote di fondo riportate negli as-built dei tombini in esame e mantenendo la sezione esistente salvo dove specificato. Le quote da as-built differiscono di qualche decina di centimetri da quelle rilevate e utilizzate nella modellazione ante operam, ma si ritiene che questa discrepanza sia ascrivibile

principalmente a depositi di materiale sabbioso-limoso trasportato dalla corrente e depositato all'interno degli attraversamenti considerate le bassissime velocità di scorrimento.

Opera T002 Tombino scatolare 2,5X2,7 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.50X2.70 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.70 m s.l.m. con un franco di circa 1.5 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T012 Tombino scatolare 4,5X4,35 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 4.50X4.35 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.30 m s.l.m. con un franco di circa 3 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T012 Tombino scatolare 3,2X3,5 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.20X3.50 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.33 m s.l.m. con un franco di circa 2.13 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T014 Tombino scatolare 2,9X3,65 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.90X3.65 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. In questo caso, essendoci problemi di ricoprimento rispetto al pacchetto stradale e non essendo possibile effettuare un salto di fondo all'interno del tombino senza andare a influire sul funzionamento a gravità del manufatto, è stata ridotta di 20 cm la sezione di deflusso per i tratti prolungati. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo

15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.77 m s.l.m. con un franco di circa 2 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando in maniera sostanziale le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco. Essendo presenti, sia a monte che a valle due tombini scatoari al disotto delle attuali strade vicinali che si sviluppano a fianco dell'autostrada, si prevede il loro riposizionamento in accordo con la situazione di progetto.

Opera T016 Tombino scatolare 3X3,08 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.00X3.08 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. In questo caso, essendoci problemi di ricoprimento rispetto al pacchetto stradale e non essendo possibile effettuare un salto di fondo all'interno del tombino senza andare a influire sul funzionamento a gravità del manufatto, è stata ridotta di 30 cm la sezione di deflusso per il prolungamento di valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.04 m s.l.m. con un franco minimo di circa 2.16 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T020 Tombino scatolare 4X4,3 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 4.00X4.20 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.37 m s.l.m. con un franco di circa 3.19 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T021 Tombino scatolare 3X3,07 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.00X3.07 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 3.98 m s.l.m. con un franco di circa 1.36 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T022 Tombino scatolare 2X2,5 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.00X2.50 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.50 m s.l.m. con un franco di circa 1.50 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T024 Tombino scatolare 4,4X3,3 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 4.40X3.30 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.35 m s.l.m. con un franco di circa 1.15 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T026 Tombino scatolare 3X2,98 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.00X2.98 m di cui è previsto il prolungamento sia a monte che a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.00 m s.l.m. con un franco minimo di circa 1.85 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T029 Tombino scatolare 4,5X3,25 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 4.50X3.25 m di cui è previsto il prolungamento solamente a valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.52 m s.l.m. con un franco di circa 1.5 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T030 Tombino scatolare 2,5X2,5 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.50X2.50 m di cui è previsto il prolungamento solamente lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.26 m s.l.m. con un franco di circa 1.55 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T031 Tombino scatolare 2,5X2,5 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.50X2.50 m di cui è previsto il prolungamento solamente lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 4.24 m s.l.m. con un franco di circa 1.66 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T032 Tombino scatolare 3X3,36 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.00X3.36 m di cui è previsto il prolungamento solamente lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.08 m s.l.m. con un franco di circa 1.69 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T033 Tombino scatolare 3X3,06 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.00X3.06 m di cui è previsto il prolungamento sia lato monte che lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 5.08 m s.l.m. con un franco di circa 1.69 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

Opera T037 Tombino scatolare 2,5X3,51 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.50X3.51 m di cui è previsto il prolungamento sia lato monte che lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 6.26 m s.l.m. con un franco minimo di circa 1.61 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco. Essendo presente, a monte dell'opera, un tombino scatolare al disotto dell'attuale strada vicinale che si sviluppa a fianco dell'autostrada, si prevede il loro riposizionamento in accordo con la situazione di progetto.

Opera T038 Tombino scatolare 2,1X3,45 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 2.10X3.45 m di cui è previsto il prolungamento sia lato monte che lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 6.55 m s.l.m. con un franco di circa 1.39 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco. Essendo presente, a monte dell'opera, un tombino scatolare al disotto dell'attuale strada vicinale che si sviluppa a fianco dell'autostrada, si prevede il loro riposizionamento in accordo con la situazione di progetto.

Opera T042 Tombino scatolare 3X2,7 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 3.00X2.70 m di cui è previsto il prolungamento sia lato monte che lato valle. In questo caso, essendoci problemi di ricoprimento rispetto al pacchetto stradale e non essendo possibile effettuare un salto di fondo all'interno del tombino senza andare a influire sul funzionamento a gravità del manufatto, è stata ridotta di 30 cm la sezione di deflusso per i tratti prolungati. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 7.30 m s.l.m. con un franco di circa 0.90 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando in maniera sostanziale le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco. Essendo presente, a monte dell'opera, un tombino scatolare al disotto dell'attuale strada vicinale che si sviluppa a fianco dell'autostrada, si prevede il suo riposizionamento in accordo con la situazione di progetto.

Opera T056 Tombino scatolare 4,45X3,6 m

Il tombino in esame risulta essere un tombino scatolare di dimensioni 4.45X3.60 m di cui è previsto il prolungamento solamente lato valle. E' stato previsto un rivestimento del fondo in massi di cava sciolti di diametro minimo 15 cm che si estende per 5 m oltre il limite della nuova opera, sia a monte che a valle. Il livello di piena in prossimità dell'opera si attesta alla quota di 7.38 m s.l.m. con un franco di circa 1.84 m rispetto all'intradosso dell'impalcato, non variando le condizioni di deflusso ante operam. Il tombino risulta verificato con idoneo franco.

4.3.3 Opere provvisorie interferenze secondarie

Per permettere tutte le lavorazioni necessarie al prolungamento delle opere sopracitate, è stato necessario prevedere delle opere provvisorie. In particolare, come mostrato nella tavola IDR045, è stato previsto di mantenere asciutta la zona delle lavorazioni predisponendo una tura in terra a monte e valle dell'opera da prolungare e di pompare l'acqua tramite un collettore in PEAD attraverso l'opera esistente in modo da mantenere la continuità idraulica dell'asta oggetto delle lavorazioni.

4.3.4 Interferenze minori

Di seguito si riporta la tabella dei calcoli effettuati per verificare in moto uniforme gli attraversamenti autostradali classificati come minori, che verranno anch'essi prolungati mantenendo la sezione esistente. Nella tabella viene riportato l'identificativo dell'opera, la progressiva, la tipologia, le dimensioni, la portata transitabile all'interno dell'opera con 80% del riempimento e pendenza pari a 0.002, e la portata del canale attraversato. Quest'ultimo dato è stato calcolato anch'esso in moto uniforme considerando il canale su cui insiste l'opera pieno all'80% e pendenza pari a 0.002 m/m. Per quanto riguarda i valori di scabrezza è stato scelto di utilizzare cautelativamente un valore di scabrezza di Strickler pari a 45 per i tombini scatoletti e di 60 per i circolari essendo tutti i manufatti in cls. Per quanto riguarda il calcolo della portata convogliata dalle aste idrauliche è stata considerata una scabrezza di Strickler pari a 30. Confrontando le portate convogliate dalle opere oggetto di verifica, si vede come queste siano decisamente superiori a quelle che transitano nelle aste idrauliche su cui è posizionata l'opera. Si può quindi dire che le opere sono sovradimensionate rispetto alle grandezze in gioco e non creano problemi di rigurgiti e possono considerarsi in sicurezza dal punto di vista idraulico.

Opera	Progressiva [km]	Tipologia	Larghezza [m]	Altezza [m]	Portate 80% del riempimento [m³/s]	Portate canale attraversato [m³/s]
T001	88+715	Scatolare	2	1.78	6.54	Collegamento tra fossi autostradali
T003	88+993	Circolare	DN1000	DN1000	0.68	Collegamento tra fossi autostradali
T004	89+158	Scatolare	2	2.03	4.84	Collegamento tra fossi autostradali
T005	89+329	Circolare	DN1000	DN1000	1.00	0.5
T006	89+658	Circolare	DN1000	DN1000	0.37	Collegamento tra fossi autostradali
T007	89+881	Scatolare	1.5	1.61	3.74	1.18
T008	90+183	Scatolare	2	1.75	8.76	0.62
T009	90+520	Scatolare	1.5	1.58	1.69	1
T010	90+687	Scatolare	2.15	1.34	3.69	0.54
T015	92+169	Scatolare	1.3	1.3	1.65	0.15
T018	92+780	Scatolare	1.99	2.64	10.29	0.78
T023	94+183	Circolare	DN1000	DN1000	0.58	Collegamento tra fossi autostradali
T025	94+697	Scatolare	1.51	2.25	6.57	Collegamento tra fossi autostradali
T027	95+309	Scatolare	1.98	2.76	7.00	9.25
T029	95+393	Circolare	DN1000	DN1000	0.82	Collegamento tra fossi autostradali
T035	96+526	Scatolare	2.23	1.49	6.50	0.99
T036	97+020	Scatolare	1.59	2.08	2.06	1.74
T039	97+382	Scatolare	2	2.21	7.68	0.78
T040	97+501	Circolare	DN1000	DN1000	0.58	0.22
T041	97+721	Scatolare	2.41	2.74	10.00	3.83
T043	98+133	Circolare	DN1000	DN1000	0.82	Collegamento tra fossi autostradali
T044	98+451	Scatolare	2.42	2.6	10.10	3.55
T045	98+619	Circolare	DN1000	DN1000	0.58	Collegamento tra fossi autostradali
T046	98+812	Scatolare	1.5	2.54	7.24	11.59
T047	98+850	Circolare	DN1000	DN1000	1.29	0.25
T048	99+015	Scatolare	2.44	2.27	4.92	3.83
T049	99+156	Scatolare	2.02	2.19	11.70	2.58
T051	99+443	Circolare	DN1000	DN1000	0.82	1.16
T052	99+496	Scatolare	1.98	2.4	9.63	1.16
T053	99+703	Circolare	DN1000	DN1000	0.58	0.61
T054	100+037	Circolare	DN1000	DN1000	1.00	0.79
T055	100+161	Scatolare	2.1	2.1	12.80	4.97
-	100+610	43.38	DN1000	DN1000	0.82	1.68

Tabella 4.1 Verifiche delle interferenze minori

Solamente in quattro casi (T027, T046, T051, -) la portata stimata del ricevitore risulta superiore a quella calcolata come transitabile all'interno dell'attraversamento, ma dello stesso ordine di grandezza di quella convogliata dall'attraversamento. Questa discrepanza può essere imputata alle ipotesi semplificative fatte

per effettuare le verifiche. Si ritiene quindi che anche nei quattro casi sopra citati, le opere in progetto siano sufficienti al transito della portata di progetto senza conseguenze per il territorio circostante. A supporto di quest'ultima considerazione si può inoltre dire che, gli stessi gestori dei suddetti attraversamenti (Consorzio Adige Euganeo e Consorzio Bacchiglione) non hanno fino ad ora segnalato problemi di insufficienza idraulica di tali manufatti.

4.3.5 Sostituzione dei tombini ammalorati

In seguito alle segnalazioni da parte della direzione di tronco della cattiva efficienza di alcuni attraversamenti idraulici (Circolari in cls DN 1000) e del loro stato di ammaloramento, è stato deciso di sostituirli. In base alla profondità rispetto al piano viabile sono state scelte due diverse metodologie di sostituzione. Se il manufatto da sostituire si trova a meno di 3 m di profondità dal piano viabile il tombino verrà demolito e, tramite scavo, sostituito con una nuova condotta in PP (polipropilene) nella stessa sede di quella precedente. Se invece il manufatto si trova ad una profondità superiore a 3 m è stato deciso di sostituirlo tramite spingi tubo ad una distanza minima di 5 m tra gli assi dei due tombini. In questo caso il materiale del nuovo attraversamento sarà calcestruzzo. I nuovi manufatti avranno lo stesso diametro di quelli precedenti e non verrà diminuita l'area della sezione di deflusso. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva degli interventi in oggetto.

Opera	Progressiva	Scavo	Spingitubo
T006	89+658	x	
T011	90+951		x
T015	92+169	x	
T019	93+058		x
T023	94+183	x	
T028	95+393	x	
T034	96+316		x
T040	97+501	x	
T043	98+133	x	
T045	98+619	x	
T047	98+850	x	
T050	99+295		x
T051	99+443	x	
T053	99+703	x	
T054	100+037	x	

Tabella 4.2 Sostituzione tombini ammalorati

4.3.6 Opere provvisionali interferenze minori

Per permettere tutte le lavorazioni necessarie al prolungamento delle opere minori, è stato necessario prevedere delle opere provvisionali. Per quanto riguarda i tombini scatolari, è stato previsto di utilizzare la stessa tipologia di opere provvisionali utilizzate per le interferenze secondarie e descritte nel paragrafo 4.3.3. Per quanto riguarda invece i tombini che verranno rifatti tramite spingi tubo, il tombino esistente verrà utilizzato per convogliare le acque durante le lavorazioni e quindi non necessitano di particolari opere provvisionali. Per quanto concerne invece i tombini circolari che vengono prolungati o sostituiti tramite scavo, non si prevedono particolari opere provvisionali in quanto le lavorazioni richiedono un tempo decisamente limitato (fino ad una sola notte per i tombini da sostituire in scavo) per il loro svolgimento. L'eventuale acqua presente verrà allontanata tramite una pompa nei fossi adiacenti o nei fossi di guardia autostradali.