

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA AV/AC VERONA - PADOVA
SUB TRATTA VERONA – VICENZA
1° SUB LOTTO VERONA - MONTEBELLO VICENTINO
2° SUB LOTTO MONTEBELLO VICENTINO-VICENZA**

PARTE GENERALE

STUDI IDROLOGICI ED IDRAULICI CON MODELLO IDRAULICO 2D - 1D.

NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore		-
Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 - Sez. A settore Civile ed Ambientale			

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

I	N	0	D	0	1	D	I	2	R	I	I	D	0	0	0	1	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	P. Martini	Marzo 2016	P. Martini	Marzo 2016	P. Martini	Marzo 2016	F. P. Bocchetto Marzo 2016
		S. Cocco		S. Cocco		S. Cocco		

File: IN0D01DI2RIID0001002A	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small> <small>IN0D 01 D I2 RI ID0001 002 A</small>	<small>2 di 186</small>

INDICE

1	PREMESSE	4
2	CONTENUTI ED OBIETTIVI.....	7
3	PIANIFICAZIONE TERRITORIALE	9
3.1	Il P.A.I. dell'Autorità di Bacino dell'Adige.....	11
3.2	La Direttiva Alluvioni	14
3.3	Il P.G.B.T.T. del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta	22
3.4	Eventi eccezionali	24
3.4.1	Novembre 2010 e Maggio 2013.....	24
3.4.2	Settembre 1882.....	27
3.5	Il "Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico" della Regione Veneto	28
4	CONSIDERAZIONI SULLA TRATTA VERONA – MONTEBELLO VICENTINO.....	30
4.1	Il modello idraulico uni-bidimensionale.....	30
4.1.1	Dati cartografici e rilievi topografici	31
4.1.2	Schematizzazione reticolo idrografico.....	39
4.1.3	Condizioni al contorno – stima delle portate	41
4.1.4	Taratura del modello – Coefficiente di scabrezza.....	50
4.1.5	Valutazioni preliminari	51
4.2	Verifica idraulica per la configurazione attuale dei luoghi	53
4.2.1	Ante operam.....	54
4.2.1.1	Ante operam con assenza di rotte (scenario 0)	54
4.2.1.1.1	Scenario 0 – verifica con Tr=300 anni per la rete maggiore e Tr=30 anni per la rete consortile ...	54
4.2.1.1.2	Scenario 0 – verifica con Tr=100 anni per la rete maggiore e Tr=30 anni per la rete consortile ...	62
4.2.1.1.3	Scenario 0 – verifica con Tr=100 anni per la rete maggiore e Tr=100 anni per la rete consortile .	65
4.2.1.2	Ante operam con presenza di rotte (scenario 1,2 e 3).....	68
4.2.1.2.1	Scenario 1 – Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine sinistro del Chiampo	69
4.2.1.2.2	Scenario 2 - Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine destro dell'Alpone	71

4.2.1.2.3	Scenario 3 – Presenza di rotte nell'argine destro dell'Ilasi.....	73
4.3	Verifica idraulica per la configurazione di progetto.....	86
4.3.1	Post operam	86
4.3.1.1	Post operam in assenza di rotte (scenario 0)	90
4.3.1.1.1	Scenario 0 – Verifica con Tr=300 anni per la rete maggiore e Tr=30 anni per la rete consortile ..	90
4.3.1.1.2	Scenario 0 – verifica con Tr=100 anni per la rete maggiore e Tr=30 anni per la rete consortile	97
4.3.1.1.3	Scenario 0 – Verifica con Tr=100 anni per la rete maggiore e Tr=100 anni per la rete consortile 100	
4.3.1.2	Post operam con presenza di rotte (Scenario 1, 2 e 3)	103
4.3.1.2.1	Scenario 1 – Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Ilasi e anche nell'argine sinistro del Chiampo	103
4.3.1.2.2	Scenario 2 – Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Ilasi e anche nell'argine destro dell'Alpone	104
4.3.1.2.3	Scenario 3 - Presenza di rotte nell'argine destro dell'Ilasi.....	105
4.4	Valutazioni comparative sugli effetti della nuova linea ferroviaria sulla base dei risultati del modello bidimensionale.....	107
4.5	Verifica idraulica della configurazione di progetto in previsione della realizzazione del piano di interventi della regione veneto previsti per il 2018	114
4.5.1	Gli interventi previsti e la loro schematizzazione nel modello uni-bidimensionale	114
4.5.2	L'evento con tempo di ritorno di 100 anni	116
4.5.3	L'evento con tempo di ritorno di 300 anni	118
5	CONSIDERAZIONI SULLA TRATTA MONTEBELLO VICENTINO – BIVIO VICENZA.....	121
5.1	Tratta fra la pk 32+690 e la pk 39+630.....	121
5.2	Tratta fra la pk 39+630 e pk la 44+2502.....	129
6	CONCLUSIONI	133
APPENDICE A – MODELLO MATEMATICO UNI-BIDIMENSIONALI		147
A.1	Premessa	147
A.2	Il modello 2D-1D della Ipros Ingegneria Ambientale srl.....	147
A.2.1	Le equazioni del moto	148
A.2.2	Lo schema numerico	150
A.2.3	Elementi 2D speciali.....	151
A.2.4	Elementi unidimensionali.....	151
A.3	Elementi 1D speciali.....	154
A.3.1	Riferimenti bibliografici del modello	156
A.3	Il modello 2D-1D FemTool dell'ing. Martini.....	157
A.3.1	Caratteristiche dello schema numerico bidimensionale	162
A.3.1	Riferimenti bibliografici del modello	181

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>
<small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	4 di 186	

1 PREMESSE

In riferimento alle richieste sia dall'Autorità di Bacino del fiume Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione che dall'Autorità di Bacino del Fiume Adige, in merito alla necessità di approfondimenti progettuali per la valutazione degli effetti che l'opera in progetto può indurre sul territorio, è stata redatta la presente nota tecnica integrativa mirata a fornire tutti gli elementi conoscitivi tali a verificare che l'opera in progetto sia effettivamente compatibile idraulicamente con i territori attraversati.

Obiettivo della presente nota è quello di verificare che la progettazione della linea AV/AC Verona Padova, che costituisce un'infrastruttura di interesse pubblico, sia stata eseguita garantendo tutti gli standard qualitativi e di sicurezza per il territorio attraversato senza modificare in maniera gravosa la condizione di pericolosità idraulica.

Al fine di perseguire l'obiettivo dello studio è stata redatta una modellazione della configurazione ante e post operam utilizzando come strumento un software uni-bidimensionale.

Si precisa che:

- nello stato di fatto sono stati considerati tutti gli interventi di difesa spondale in fase di realizzazione o già realizzati nel sistema Chiampo – Alpone - Aldega –Tramigna eseguiti dalla Regione Veneto;
- la modellazione ha considerato anche la rete idrografica consortile.

Dal punto di vista idrografico, procedendo da ovest verso est, il sublotto analizzato attraversa i bacini dei fiumi Fibbio, Antanello, Illasi, il bacino "Zerpano" del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, il torrente Alpone, il bacino Togna-Fratta del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta. Alcuni corsi d'acqua sono arginati, altri sono incisi e altri ancora sono pensili.

Il sublotto analizzato è costituito da 4 macrobacini:

- il sistema Antanello-Fibbio-Illasi che scarica unitariamente nel canale S.A.V.A. subito a valle della Centrale Enel Green Power di Zevio;
- il sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna che scarica unitariamente in Adige al confine tra i comuni di Arcole e Belfiore;
- i canali di bonifica del bacino “Zerpano” che scaricano nel torrente Alpone, in destra idrografica, attraverso l'idrovora Zerpa (comune di Arcole), o che possono sotto-passare il fiume mediante la botte Zerpana, sullo scolo Masera Sud, e la botte palladiana, sullo scolo Sarega;
- i canali di bonifica del bacino “Togna-Fratta” che scaricano direttamente o tramite il condotto Zerpano nel fiume Fratta-Gorzone (affluente del Bacchiglione).

Le acque dei 4 sistemi idrografici restano distinte durante il periodo irriguo o durante le normali piene. Durante le piene maggiori, le esondazioni prodotte per tracimazione o rottura arginale dai sistemi idrografici principali si riversano nei territori sottiacenti e qui si propagano e si distribuiscono in funzione della morfologia presente (rilevati, varchi, canali, depressioni, pendenze naturali, etc...).

Volendo verificare che l'infrastruttura non rechi un'esondazione diffusa sul piano campagna assente o parziale rispetto alla configurazione attuale, sono state considerate le condizioni più cautelative, ovvero il caso in cui tutti e 4 i sistemi idrografici risultano modellati contemporaneamente in condizioni di evento meteorico critico. Tale scelta, che ripetiamo essere più cautelativa, è stata dettata dal fatto che il tracciato ricade in un'area che nel corso degli anni è stata soggetta ad importanti episodi di criticità idraulica della rete maggiore.

In particolare, sono ben documentati gli allagamenti verificatisi nel sistema idrografico Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna e nel bacino del fiume Fibbio. I primi corsi d'acqua sono arginati e appartengono alla rete idrografica principale della Regione del Veneto, vale a dire sono gestiti direttamente dalla Sezione Bacino idrografico Adige Po - Sezione di Verona (l'ex Genio Civile) che rappresenta l'organo tecnico periferico della Regione stessa. Il Fibbio, invece, è un corso d'acqua non arginato, se non nel tratto terminale, e appartiene alla rete

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>
<small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	6 di 186	

secondaria della Regione del Veneto, cioè è gestito dal locale Consorzio di Bonifica “Alta Pianura Veneta”.

La Pianificazione per la difesa idrogeologica, per la mappatura della pericolosità e del rischio idraulico, per la tutela delle acque e degli ambienti acquatici è di competenza dell’Autorità di Bacino dell’Adige, per i primi tre sistemi idrografici sopra elencati, e dell’Autorità di Bacino dell’Alto Adriatico, per il sistema Tognaf Fratta. Le due Autorità costituiscono l’Autorità di Distretto delle Alpi Orientali.

Dopo gli eventi alluvionali del 2010÷2013 che hanno interessato soprattutto i territori del veronese, del vicentino e del padovano, la Regione del Veneto ha dato avvio ad una imponente campagna di interventi per la messa in sicurezza idraulica dei principali corsi d’acqua, sia rinforzando/manutenendo le sezioni, sia trattenendo nei bacini le portate di piena maggiori mediante casse di espansione. Molti lavori sono completati, altri sono in esecuzione, alcuni sono in fase di appalto o finanziati, molti sono da finanziare. Nel sito internet della Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto lo stato di avanzamento del Piano e dei Finanziamenti viene aggiornato a cadenza trimestrale.

Per completezza nello studio di compatibilità dell’opera ulteriori indagini sono state condotte anche nel tratto tra Montebello Vicentino e il nodo di Vicenza, ubicato in destra Retrone a circa 400 m dal ponte di Creazzo (Altavilla). La seconda parte del presente studio evidenzia la non necessità di procedere anche per questa subtratta ad una complessa e forse inutile modellazione idraulica 2d-1d della rete principale in quanto disponibili dati e studi pregressi significativi, relativi alla sicurezza idraulica delle macroaree attraversate, a maggior ragione in quanto l’infrastruttura si posiziona in affiancamento a sud degli attuali binari.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small> <small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	7 di 186

2 CONTENUTI ED OBIETTIVI

Essendo l'obiettivo quello di verificare gli effetti nella configurazione di progetto delle esondazioni/rotte dalla rete principale sul territorio attraversato fondamentale è stata la campagna di rilievi condotta e le informazioni fornite dagli enti sull'idrografia superficiale.

La presente nota si articola con:

- Un inquadramento della pianificazione territoriale vigente. In tale ottica, la presente, prende in esame e descrive la pianificazione territoriale esistente, in particolare il P.A.I. e la Direttiva Alluvioni rispetto alle quali viene descritta l'inserimento dell'opera in progetto;
- Un'analisi idrologica ed idraulica del 1° sublotto Verona – Montebello Vicentino;
- Un'analisi idrologica ed idraulica del 2° sublotto Montebello Vicentino-Bivio Vicenza.

Sono state analizzate tre configurazioni diverse:

- “ante-operam”, novembre 2015, situazione attuale in cui sono stati inseriti tutti gli interventi strutturali di difesa idraulica (elencati al paragrafo 3.5) in corso di realizzazione e/o già realizzati da parte della Regione Veneto, nel sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna..
- “post-operam”, novembre 2015, configurazione di progetto;
- “post-operam”, anno 2018, configurazione futura con le casse di espansione nel sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna e con l'inserimento della nuova linea ferroviaria.

Per le configurazioni ante e post operam sono stati ipotizzati scenari con e senza possibili rotte arginali, secondo le logiche meglio specificate nel paragrafo 4.1.

 <p>Consorzio IricAV Due</p> <p>ATI bonifica</p>	<p>Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA</p>
<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p>	
<p>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</p>	<p>8 di 186</p>

Le verifiche hanno considerato come eventi critici:

- $Tr=100$ anni, in analogia ai Piani di Assetto Idrogeologico delle Autorità di Bacino;
- $Tr=300$ anni, in analogia come al Piano di gestione dei Rischi di Alluvione del Distretto Alpi Orientali, novembre 2013.

Si evidenzia che la Direttiva Alluvioni rappresenta uno scenario in condizioni limite; il documento non ha alcun valore urbanistico o pianificatorio alternativo o sostitutivo del PAI vigente. Le mappe del Distretto rappresentano la condizione più gravosa prevedendo l'inviluppo di n scenari con la presenza "libera" di rotte arginali (cautelative e non sempre totalmente realistiche), sono infatti redatte con finalità di Protezione Civile.

Quindi, si sottolinea, che le verifiche con $Tr=300$ anni sono state redatte per verificare il sistema in condizioni limite.

Per le descrizioni dei bacini idrografici e delle caratteristiche dei corsi d'acqua attraversati dalla linea AV-AC, si rimanda, infine, ai contenuti di dettaglio della Relazione Idrologica-Idraulica del Progetto Definitivo (elaborato n. IN0D00DI2RIID0000001).

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>
<small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	9 di 186	

3 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

La pianificazione territoriale fa frequente uso delle mappe di criticità idraulica prodotte dalle Autorità Idrauliche competenti, assemblandole a seconda delle necessità. Molte di queste mappe derivano dal censimento degli allagamenti storici cui evidentemente si succedono interventi di manutenzione/rinforzo o addirittura interventi strutturali (casse di espansione) che impediscono il ripetersi di quel fenomeno o ne riducono la frequenza di accadimento. L'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico tiene conto dei principali allagamenti storici generati dalla rete principale come aree a pericolosità P1, a memoria storica della pericolosità del territorio in quanto spesso "le criticità restano nella zona". L'Autorità di Bacino dell'Adige invece le mantiene come aree di attenzione. Entrambe le Autorità fanno riferimento alla modellazione matematica della rete principale o maggiore, per la definizione della pericolosità idraulica del territorio, in funzione del tirante d'acqua atteso e della velocità.

Gli allagamenti dalla rete secondaria nella tratta di studio sono memorizzati dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta. Prima del 2010 la competenza era invece del Consorzio Zerpano-Adige-Guà. Le mappe delle criticità idrauliche prodotte dal Consorzio di Bonifica (PGBTT del 2011; aggiornamento del 2013) riflettono la pericolosità idraulica del periodo senza alcun riferimento al tempo di ritorno. Le criticità della rete di competenza del Consorzio sono spesso di più facile soluzione e meno importanti/pericolose rispetto a quelle della rete nella rete principale. Ovviamente vi sono le eccezioni come per esempio il Fibbio-Squaranto e il Mezzane (affluente dell'Illassi), andati in crisi nel maggio 2013, rispettivamente, con tracimazioni diffuse e rotta.

Il problema principale legato all'utilizzo di mappe storiche/datate di pericolosità/allagamento come rappresentazione della attuale situazione di pericolosità è quello che, purtroppo, così facendo non si tiene conto dei lavori di manutenzione e strutturali che via via (spesso velocemente) si susseguono nei corsi d'acqua, magari anche proprio per annullare le criticità storiche evidenziate nel passato.

In Veneto, dopo gli eventi alluvionali a scala regionale del 2010 e 2013, la difesa idraulica del territorio è diventato obiettivo prioritario della Giunta Regionale attraverso l'attuazione del Piano degli Interventi ex OPCM 3906/2010 a seguito dell'alluvione del novembre 2010. Attualmente la Regione sta intervenendo sul Piano sia per attribuire ai vari interventi gradi di priorità diversificati in funzione delle risorse finanziarie disponibili che per inserire gli interventi necessari agli altri bacini idrografici del veneto che non sono stati messi in crisi dall'evento 2010.

L'utilizzo ingegneristico delle mappe di pericolosità idraulica (storiche/datate, sia prodotte tramite modelli matematici sia derivanti dal censimento di allagamenti storici) è quindi un'applicazione utile e necessaria per conoscere l'evoluzione storica della pericolosità idraulica ma da utilizzare con attenzione e buon senso, in quanto si deve tener conto:

- dell'assenza di indicazioni , che può essere confusa con un'assenza di pericolosità, quando invece può essere dovuta ad una carenza conoscitiva o ad una dimenticanza storica o ad una scala dimensionale non compatibile
- delle modifiche intervenute, nel frattempo, alle geometrie e/o al quadro conoscitivo a cui la Pianificazione ufficiale non si è ancora adeguata.

Un'altra informazione da cercare nelle elaborazioni numeriche è quella della velocità. Le rotte arginali sono sempre associate, per definizione, ad aumenti della velocità. Il parametro velocità viene utilizzato dalle due Autorità di Bacino per passare dal concetto di pericolosità idraulica a quello di rischio idraulico. Le aree prossime ad una rotta arginale sono forse associate ad un battente maggiore ma certamente sono soggette a velocità maggiori e quindi ad un rischio idraulico maggiore. Quanto sopra viene utilizzato nel seguito per leggere criticamente le mappe prodotte dal Distretto Alto Adriatico.

3.1 Il P.A.I. dell'Autorità di Bacino dell'Adige

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino dell'Adige (stralcio Regione Veneto) è del 2005 ed è stato ad oggi soggetto ad una variante idraulica nel 2014, nonché a vari Decreti Segretariali nel 2014-2015 per l'aggiornamento delle "aree di attenzione". I corsi d'acqua oggetto di studio sono stati il Fibbio-Squaranto, l'Illasi e il sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna.

Le portate centenarie di riferimento del PAI-2005, riportate in Tab. 3.1, sono state calcolate assumendo precipitazioni di durata pari a 1.5 volte il tempo di corrivazione e coefficienti di deflusso da letteratura.

Corso d'acqua	Sezione	A	a	n	L	Hm	H0	Tc	Tp	ϕ medio	Q ₅₀
		[km ²]	[mm]		[km]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[h]	[h]		[m ³ /s]
Progno di Fumane	Fumane	39,51	56,02	0,221	11,7	629	175	2,50	3,76	0,13	43
Progno di Marano	Valgatarà	9,15	56,02	0,221	5,8	384	174	1,79	2,69	0,17	17
Progno di Mezzane	V. Crocevia Fontana	54,58	56,02	0,221	17,4	438	53	3,55	5,32	0,15	52
Progno di Negrar	Carpene	24,95	56,02	0,221	7,8	383	149	2,59	3,88	0,16	31
Progno di Valpantena	Valle di Quinto	137,73	53,65	0,3	25,4	865	101	3,85	5,77	0,15	136
T. Fibbio	V. confl. Squaranto	97,34	53,65	0,3	27,7	877	53	3,53	5,29	0,13	90
T. Illasi	Ponte Asse	133,88	53,65	0,3	11,4	771	48	2,95	4,42	0,14	143
T. Illasi	Tregnago	95,58	53,65	0,3	9,6	962	337	2,68	4,01	0,12	99
T. Illasi	S. Andrea	63,4	51,32	0,38	8,3	1133	516	2,23	3,34	0,12	74
Vaio Squaranto	Cerro Veronese	58,87	51,32	0,38	14,3	1185	503	2,50	3,74	0,13	69

t. Alpone a valle confluenza t. Tramigna, (280 km²), circa 380 m³/s con Tr=100 anni

Tab. 3.1 – Portate con tempo di ritorno di 100 anni riportate nel PAI 2005.

Si osservano, come già detto, tempi di pioggia bassi e coefficienti di deflusso altrettanto bassi. Gli eventi del 2010 e 2013 hanno in realtà dimostrato che si raggiungono condizioni di estrema o maggiore criticità, sia in termini di portate al colmo sia in termini di volumi defluiti, durante eventi meteorici di durata maggiore (24÷36 ore, preceduti da periodi piovosi) e con coefficienti di deflusso ben maggiori raggiungendosi a) condizioni di saturazione/imbibizione dei suoli e b) concomitanza di falde profonde cariche e deflussi subsuperficiali attivi.

L'Autorità di Bacino dell'Adige estrapola il valore al colmo calcolato per Tr=50 anni a Tr=100 anni e Tr=200 anni moltiplicandolo per 110% e 120%.

Con la variante del 2014, a seguito dell'evento del maggio 2013 nel Fibbio che ha provocato gravi danni in comune di Verona a Montorio e in comune di San

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>

Martino Buon Albergo, l'Autorità di Bacino ha proceduto ad un'estensione dell'area perimetrata, confermando la portata idrologica complessiva del sistema Fibbio-Squaranto e non producendo studi ulteriori rispetto a quelli del 2005 ma ricordando in realtà che tale valore era il risultato di una riduzione del valore al colmo precedentemente ottenuto.

In questo contesto, la cartografia del PAI è riportata nella pagina che segue con sovrapposto il tracciato della linea AV/AC.

Si osserva che praticamente tutto il tracciato è esterno ad aree pericolose/allagate classificate. Fa eccezione un tratto di circa 2'300m tra le progressive 7.7km e 10.0km che è però previsto in viadotto. E' da evidenziare che il PAI non tiene conto delle rotte e tracimazioni storiche dalla rete idrografica principale e maggiore se non quelle del 2010 e 2013, forse anche correttamente in quanto a) le criticità sono state superate da interventi successivi e b) evidentemente non sono più segnalate dai modelli matematici messi a punto.

Per esempio il tratto terminale del torrente Illasi (in comune di Caldiero, dalla SP37 alla confluenza nel canale S.A.V.A.), soprattutto dopo la piena dell'Ottobre 1992, è stato rivestito nelle sponde con lastre in calcestruzzo a) per evitare lo scalzamento e l'erosione del piede; b) per ridurre le filtrazioni arginali e quindi il rischio di sifonamento; c) per abbattere il rischio di rotte arginali.

Il PAI dell'Autorità di Bacino non ha analizzato la rete secondaria della Regione Veneto.

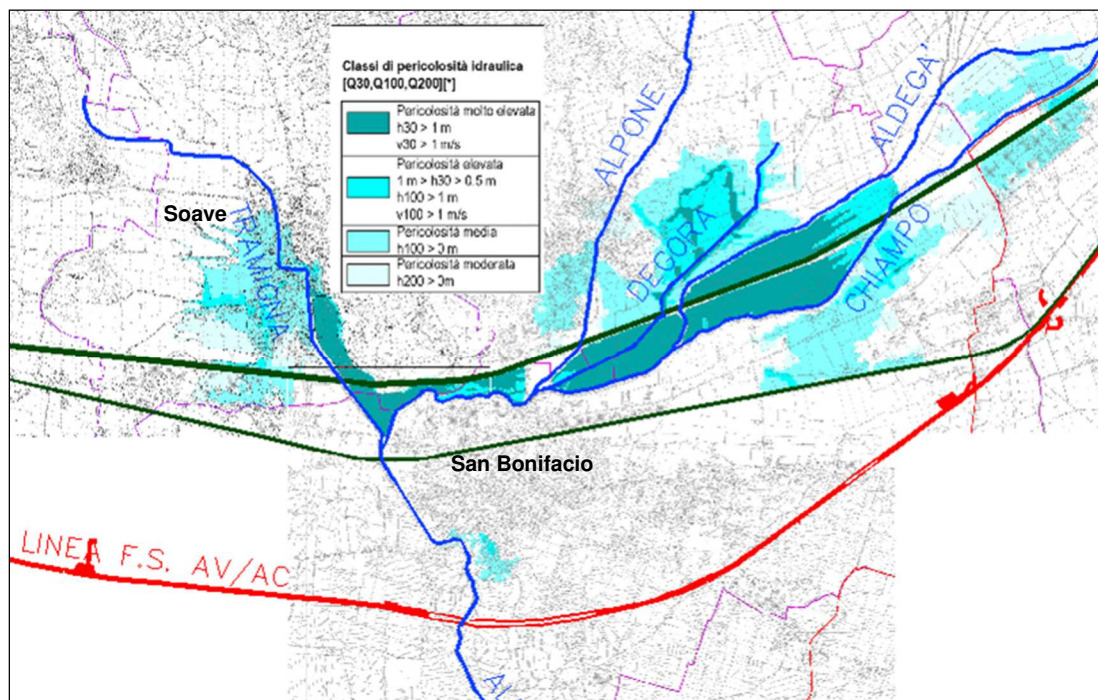
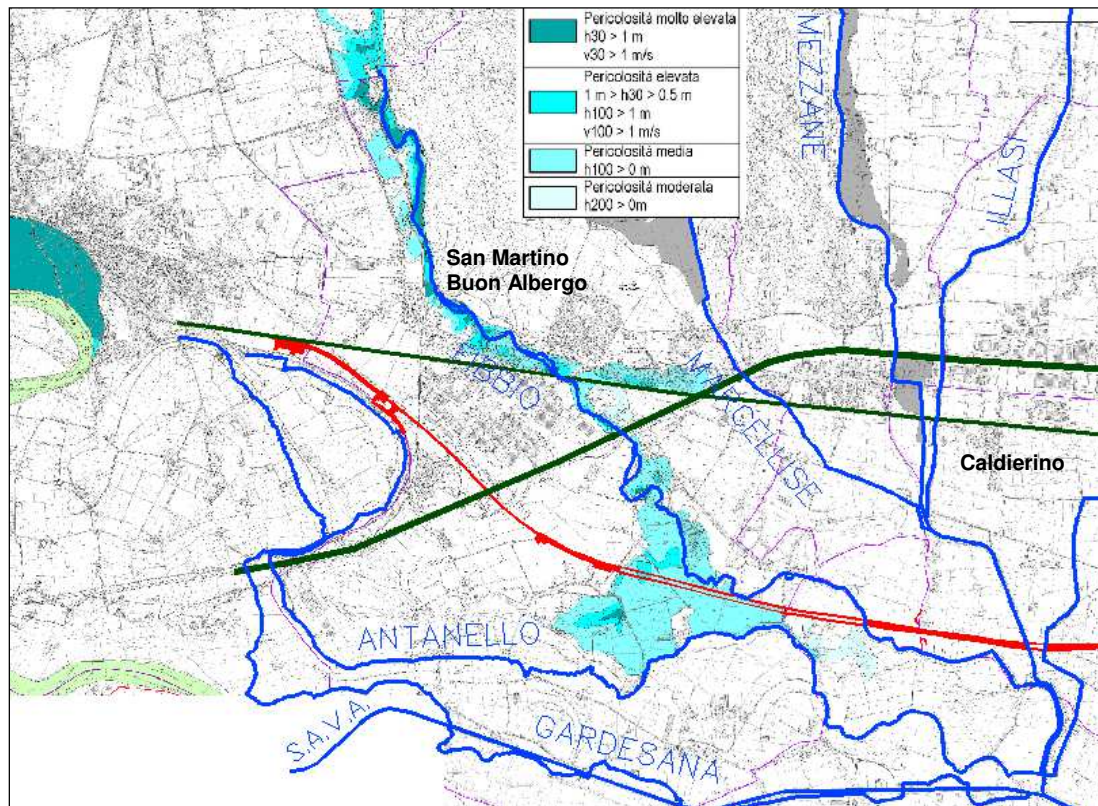


Fig. 3.1- Particolari del PAI dell'Adige con sovrapposto il tracciato della linea AV/AC.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>

3.2 La Direttiva Alluvioni

In attuazione alla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE il Distretto Alto Adriatico ha prodotto nel novembre 2013 una mappatura delle aree allagabili con riferimento a 3 scenari di probabilità: bassa ($Tr=300$ anni), media ($Tr=100$ anni) e alta ($Tr=30$ anni). Ogni mappa rappresenta però l'involuppo di n scenari di simulazione idraulica ognuno dei quali caratterizzato, per esempio, da rotte in posizione, istanti e caratteristiche differenti. Nei bacini della Lessinia e del sistema Chiampo-Alpone, oggetto di studio, lo scenario idrologico simulato è caratterizzato da piogge di durata pari a 24 ore e di intensità lineare crescente (M2).

Vi sono due tipologie di mappe per le aree allagabili: quella in cui sono rappresentati i tiranti idrici e quella in cui sono rappresentate le classi di rischio. Le prime risultano le più note e più utilizzate come riferimento per le considerazioni ingegneristiche. Le seconde, tuttavia, risultano altrettanto importanti dal momento che la definizione di rischio tiene conto anche della classe di velocità della corrente. Le due tipologie di mappe, affiancate, consentono di individuare sia dove i modelli idrologici-idraulici del Distretto hanno ipotizzato si possano verificare rotte arginali (ciò avviene quando il franco idraulico si annulla) che, in qualche misura, anche l'entità quantomeno relativa dei volumi/portate fuoriuscite dalle rotte lungo la medesima tratta fluviale.

Pur utilizzando il DEM Lidar del Ministero dell'Ambiente del 2008, la modellistica condotta dal Distretto era finalizzata ad un dettaglio alla scala del 1:25'000 e quindi la rete secondaria del Consorzio di Bonifica e quella minore non è stata rappresentata nei modelli idraulici se non quella presente nel DEM 5x5, botti a sifone e sostegni compresi. Le sezioni utilizzate erano quelle allora disponibili in parte di tipo tradizionale e in parte ricavate dal DEM LIDAR. Per il torrente Fibbio e f.i.ume Antanello non vi erano sezioni tradizionali disponibili.

Le mappe del Distretto sono state utilizzate come elemento di riferimento per la definizione del profilo altimetrico del tracciato ferroviario e per la definizione delle opere di trasparenza nei rilevati del progetto definitivo della linea AV/AC.

L'idrologia è stata generata ex novo mediante complessi modelli idrologici messi a punto direttamente dal Distretto tramite le sue due Autorità di Bacino.

Le portate idrologiche al colmo del t. Fibbio a valle della confluenza con il Vaio Squaranto per $t_p=24$ ore e $T_r=100$ anni sono pari a circa $170 \text{ m}^3/\text{s}$, a fronte di una massima portata convogliabile nel tratto cunettato di Montorio pari a circa $90 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le portate idrologiche al colmo del torrente Illasi all'attraversamento dell'A4 sono invece valutate in circa $300 \text{ m}^3/\text{s}$ per $t_p=24$ ore e $T_r=100$ anni, a fronte di una massima portata convogliabile in quel tratto di circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$. A tal proposito si rileva che il valore della portata al colmo e il tempo di pioggia critico calcolati dal Distretto sono in linea con la portata di $230 \text{ m}^3/\text{s}$, dato riportato nel Project Financing "Sistemazione del Torrente Illasi, 2009" (cfr. DGRV 1010 del 23-03-2010) e ottenuta a partire dai dati misurati (al netto, cioè, delle esondazioni avvenute a monte) ad un idrometro del Genio Civile situato nei pressi della SP38 Porcilana.

Il progetto citato rientra nel piano finanziato dalla Regione Veneto per la difesa del suolo con oggetto "Sistemazione idraulica del Torrente Illasi dalla confluenza dei torrenti Covolo e Frighi in località S. Andrea fino alla sua immissione nel fiume Adige – Comuni: Selva di Progno, Badia Calavena, Tregnano, Illasi, Colognola ai Colli, Caldiero, Zevio, Lavagno (VR)"

Le portate idrologiche al colmo del torrente Alpone, registrate a valle di San Bonifacio sono invece valutate in circa $400 \text{ m}^3/\text{s}$ per $t_p=24$ ore e $T_r=100$ anni, a fronte di una massima portata convogliabile in quel tratto di circa $220 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le portate idrologiche nelle sezioni di chiusura dei bacini principali risultano decisamente superiori a quelle massime convogliabili dalle sezioni (a franco nullo) per questo è del tutto naturale che i modelli idraulici del Distretto evidenzino diffuse tracimazioni in tutta la rete principale modellata. E' da evidenziare che gran parte delle aree mappate sono allagate da rotte arginali che durante gli eventi modellati rimanevano sempre aperte, cioè senza

interventi di chiusura delle brecce. Non ci sono note le geometrie delle brecce simulate (altezza e larghezza).

Si osserva che tutto il tracciato in rilevato è localizzato in aree a rischio minore R1, cioè in aree dove i rischi a persone nullo e a cose è praticamente nullo. Idraulicamente parlando, in aree a velocità nulla o modesta. Nelle aree a rischio medio ed elevato (R2 e R3) il tracciato è in viadotto.

L'unico punto dove il tracciato è in rilevato in un'area a rischio medio R2 è tra il t. Fibbio e l'Illasi, tra le progressive 10.0km e 11.5km, dove però in questi 1.5km il progetto prevede n. 3 fornici da 5x2.5m e 3 tombini $\Phi 150$ cm per la normale continuità della rete minore. Una verifica speditiva delle opere prevede che, in caso di battenti idrici dell'ordine di 2m, i 3 fornici da 5x2.5m siano in grado di consentire il deflusso di circa 30m³/s. Tale dimensionamento risulta adeguato con il fatto che, a causa dei sormonti o delle rotte arginali, non tutta la portata idrologica può essere convogliata nella sezione di chiusura coincidente con l'interferenza del tracciato.

A tal proposito non è possibile fare alcuna considerazione se non quella che l'allagamento nell'area in questione e il suo grado di rischio "medio" può essere stato generato da uno scenario del Distretto in cui una rotta si è prodotta nell'argine destro dell'Illasi circa 1km a nord della progressiva 10.8km. Sulla base della mappatura delle aree redatte dal Distretto, questa rotta in destra Illasi è chiaramente di inferiore gravità rispetto alle altre rotte e tracimazioni che si possono verificare nel tratto a monte. Le portate fuoriuscite in destra Illasi si uniscono a quelle fuoriuscite dal t. Fibbio e dal f. Antanello e si accumulano, laminandosi, a ridosso dell'argine del canale S.A.V.A.

Osservando le mappe prodotte dal Distretto si osserva che i volumi fuoriusciti dal t. Illasi in sinistra si accumulano a monte degli attuali rilevati autostradali e ferroviari, li attraversano/superano e andandosi a distribuire prevalentemente in direzione sud-est. nei comuni di Caldiero e Zevio. È importante sottolineare che come ipotesi alla base del modello del Distretto è stato considerato che le acque non venissero convogliate nel Torrente Prognolo e nel Fosso Ducale pertanto la capacità di drenaggio naturale dell'area risulterebbe probabilmente sottostimata.

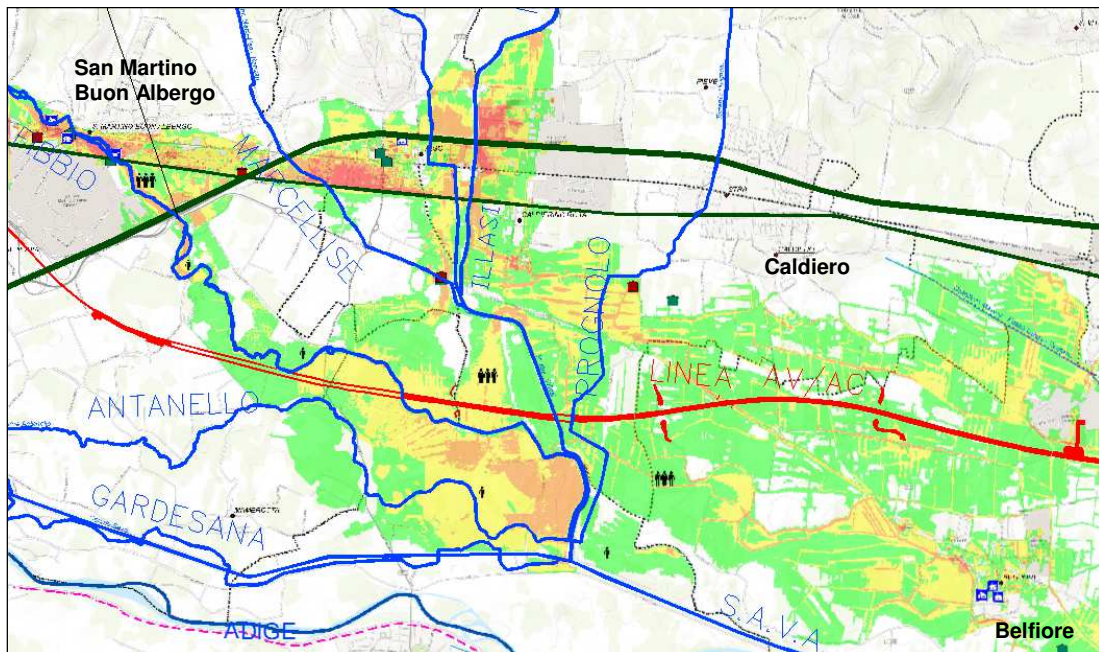
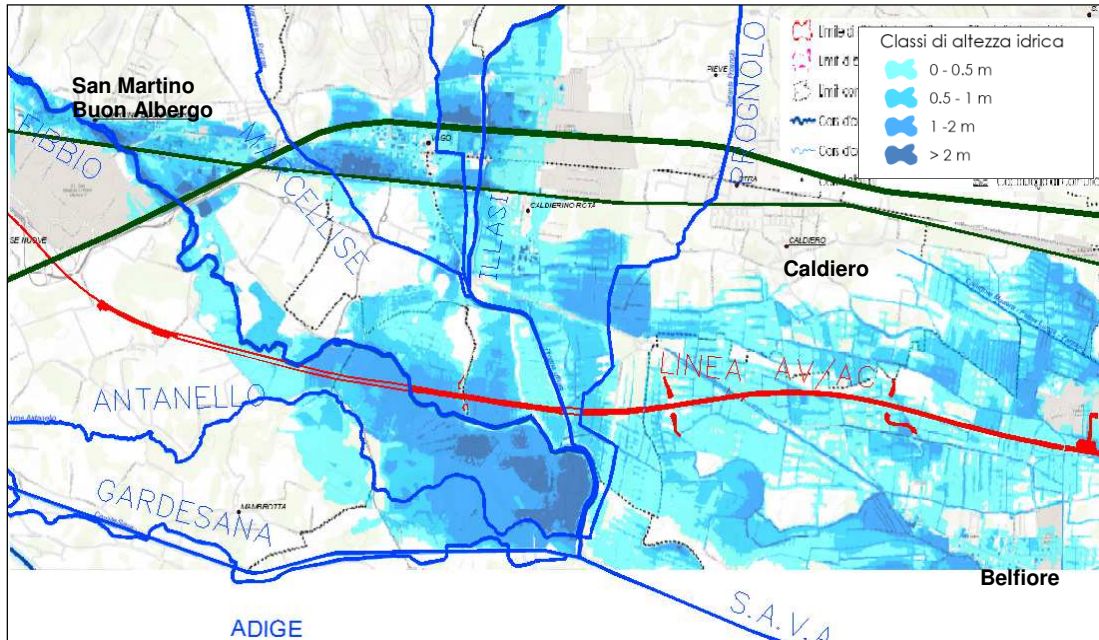
Propagandosi nei territori e lungo la rete dei canali del bacino Zerpano le acque di esondazione si laminano e arrivano, seguendo la pendenza naturale del terreno e della rete di scolo, a ridosso dell'argine destro del torrente Alpone in località Zerpa dove trovano un importante impianto idrovoro del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta in grado di sollevare in Alpone fino a 7 m³/s (PGBBT, 2011).

Tra il torrente Illasi e il torrente Alpone la linea AV/AC è posizionata in aree a classe di rischio prevalentemente R1 e tirante 0÷0.5m, per questo motivo nell'ottica di non aumentare il rischio idraulico sul territorio, il tracciato si sviluppa in viadotto. Inoltre, al fine di garantire la trasparenza idraulica lungo il tracciato il progetto prevede numerosi tombini Φ 150cm e scatolari rettangolare 3x2 o 5x3m a servizio degli scoli consortili e privati .

Circa 800m a nord dell'intersezione della linea AV/AC con il t. Alpone le carte del Distretto segnalano importanti allagamenti con possibile/simulata formazione di rotte, sia in destra che in sinistra Alpone, in particolare nei pressi del ponte della Motta nel comune di San Bonifacio; si precisa, tuttavia, che Il ponte della Motta, che causava tracimazioni e rotte, non costituisce più un ostacolo alla corrente essendo stato eliminato nel 2015. Al fine comunque di non interferire negativamente con il fronte di esondazione generato dalle citate tracimazioni/rotture il tracciato dell'AV/AC si sviluppa in viadotto.

Rispetto alla configurazione del 2010 e del 2013, le sezioni del torrente Alpone a valle di San Bonifacio e, in generale, le sezioni del sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna, sono state oggetto di rialzi e ringrossi arginali, già conclusi e collaudati. Inoltre, nei tratti a monte del nodo idraulico sono in realizzazione n. 2 casse di espansione e altre 2 sono finanziate e in fase di appalto. Per questi motivi nel tratto a sud di San Bonifacio le rappresentazioni della Direttiva Alluvioni del 2013 sono da considerare profondamente superate dai lavori effettuati e/o in corso di realizzazione (le casse) da parte della Regione Veneto. Si sottolinea che l'argine sinistro del t. Chiampo sembrerebbe più alto di quello destro per scongiurare assolutamente le tracimazioni verso sud e piuttosto contenerle nella regione di confluenza.

Si ribadisce, come già segnalato nel capitolo 2, che le rappresentazioni della Direttiva Alluvioni non hanno alcun valore urbanistico o pianificatorio alternativo o sostitutivo del PAI vigente, e che le rappresentazioni del Distretto sono pesantemente influenzate dagli scenari di simulazioni che vedono la presenza “libera” di rotte arginali (cautelative e non sempre totalmente realistiche) con finalità di Protezione Civile, a prescindere forse dalla attuale configurazione delle difese di sponda delle sezioni. Tuttavia l’aver fatto riferimento a quelle mappature per definire sia l’altimetria del tracciato che le opere di trasparenza necessarie per la continuità idraulica ha di sicuro consentito di redigere la progettazione definitiva a vantaggio di sicurezza.



CLASSI DI RISCHIO	Descrizione
Moderato (R1)	i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli
Medio (R2)	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'...
Elevato (R3)	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con ca...
Molto elevato (R4)	sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutt...

Fig. 3.2 - Particolari delle mappe della Direttiva Alluvioni (Tr=300 anni) del Distretto Alto Adriatico con sovrapposto il tracciato della linea AV/AC. In alto la rappresentazione dei possibili tiranti idrici. In basso la rappresentazione del possibile rischio.

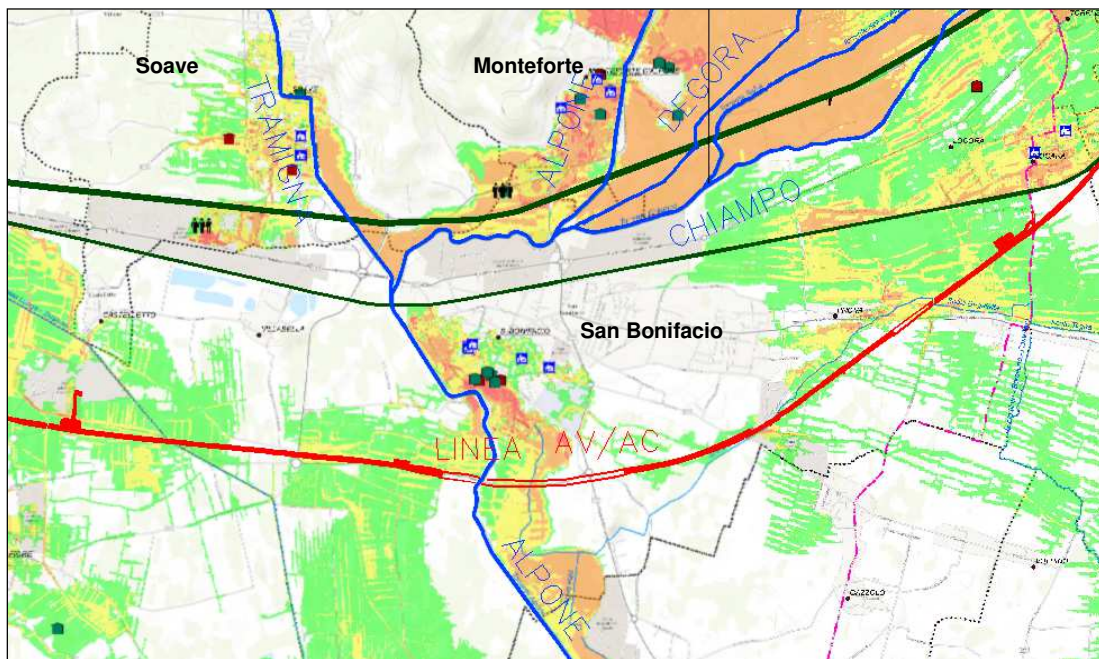
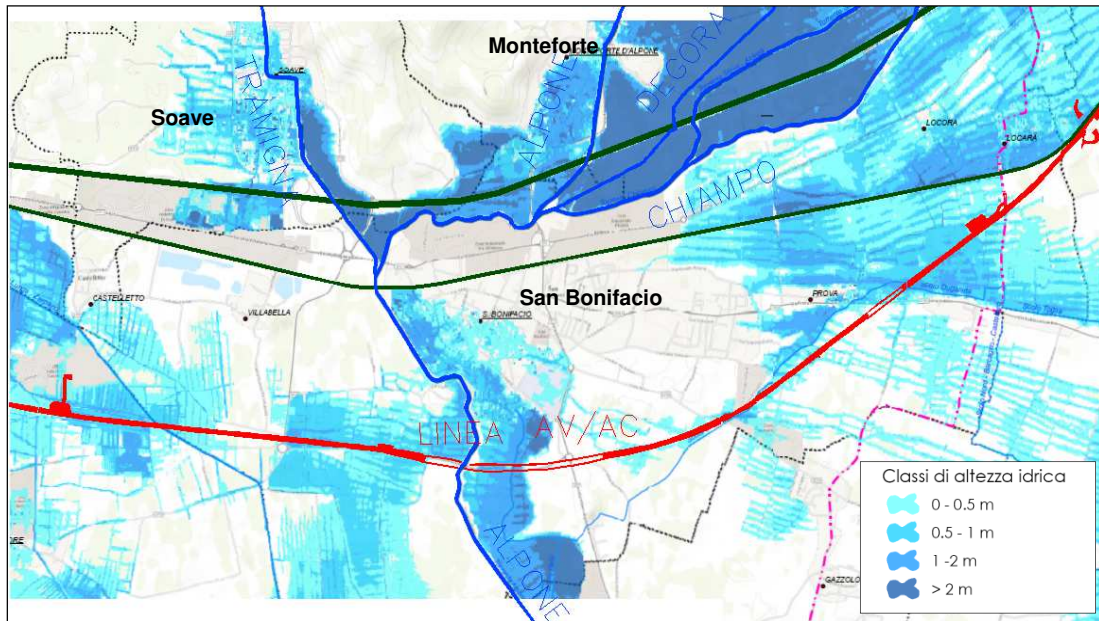


Fig. 3.3 - Particolari delle mappe della Direttiva Alluvioni (Tr=300 anni) del Distretto Alto Adriatico con sovrapposto il tracciato della linea AV/AC. In alto la rappresentazione dei possibili tiranti idrici. In basso la rappresentazione del possibile rischio.

Gambellara

Montebello

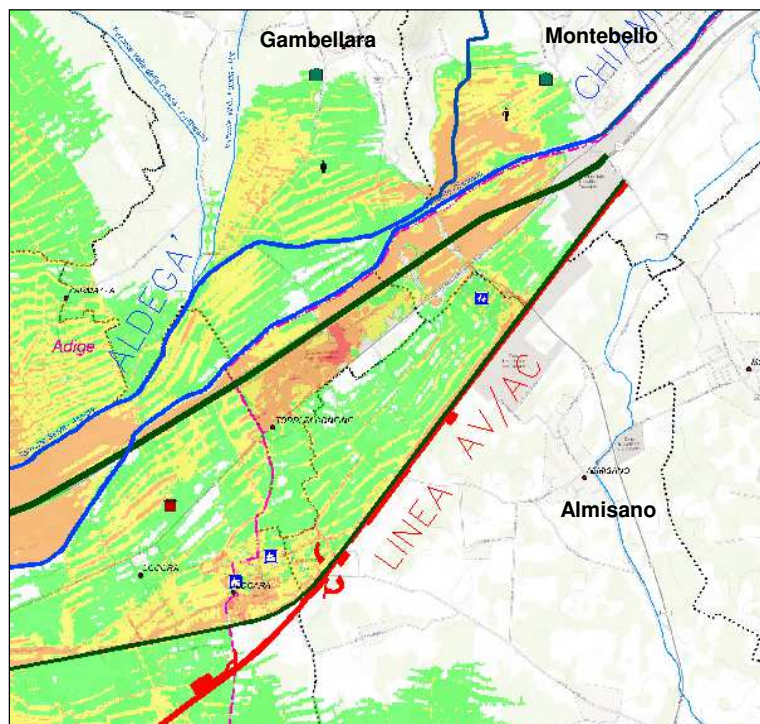
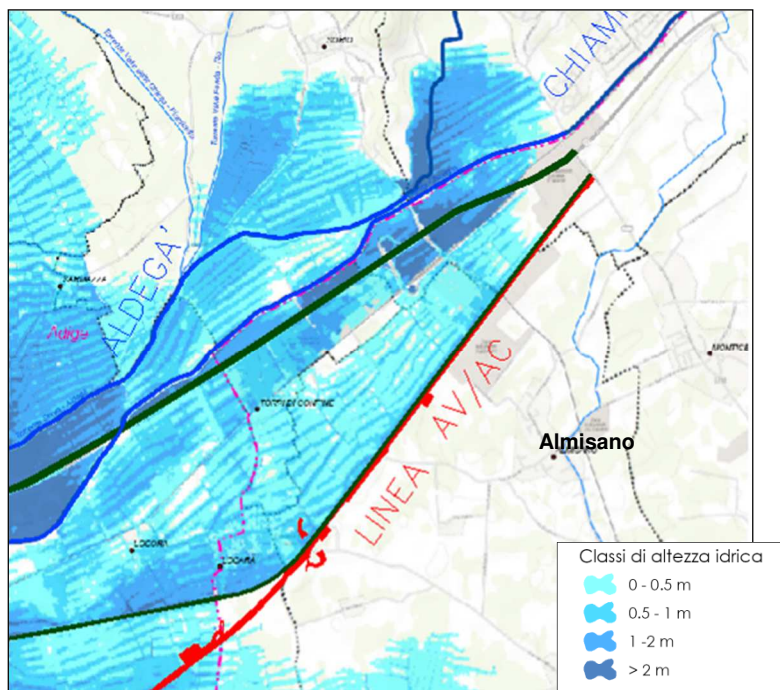


Fig. 3.4 - Particolari delle mappe della Direttiva Alluvioni (Tr=300 anni) del Distretto Alto Adriatico con sovrapposto il tracciato della linea AV/AC. In alto la rappresentazione dei possibili tiranti idrici. In basso la rappresentazione del possibile rischio.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX		

3.3 Il P.G.B.T.T. del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta

Il Consorzio di Bonifica ha completato nel luglio 2011 il Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio e lo ha adottato poi nell'ottobre dello stesso anno.

Un estratto della "carta delle criticità idrauliche" è riportato nella figura seguente: il documento non specifica il tempo di ritorno a cui la tavola si riferisce, ma è probabile che non sia superiore a 30 anni.

Nel t. Fibbio sono riportate criticità a Montorio e Ferrazze (area Z2), assai minori in realtà di quelle prodottesi nell'evento del maggio 2013. Nel f. Antanello in località Centore e Casetta (area Z1, bassura in paleo alveo Adige). Nei t. Illasi e t. Prognolo a nord della Sp38 Porcilana in Comune di Caldiero (area Z3) e attorno al centro abitato omonimo (area Z4). Nel bacino Zerpano, in Comune di Belfiore, tutt'attorno all'idrovora Zerpa (aree Z6, Z7 e Z8) e in un'area prossima agli scoli Dugale-Sereghetta-Ponte Rotto.

Nel sistema del Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna sono evidenziate criticità nei comuni di Soave, Monteforte e Gambellara nei pressi della confluenza Tramigna-Alpone e in aree afferenti alle idrovore Degora, Gambellara e Costalunga (aree Z11, Z12, Z13 e Z14). Al confine tra il Comune di San Bonifacio e Arcole sono segnalate criticità nella rete minore che afferisce al f. Togna (aree Z16 e Z19).

Per tutte queste criticità il Consorzio di Bonifica nel PGBTT ha individuato gli interventi necessari. Molti sono stati realizzati: per esempio, con riferimento alle problematiche qui di interesse, a) quello di sistemazione del fiume Fibbio nel 2012-2013 con l'eliminazione di alcune strozzature e la realizzazione di bypass e l'automatizzazione dei sostegni idraulici e b) quello di potenziamento dell'idrovora Zerpa a difesa dei territori del Comune di Belfiore.

L'evento del Maggio 2013 nel bacino Zerpano ha messo in evidenza l'esistenza di criticità nei corsi d'acqua consortili Fibbio e Mezzane, affluente dell'Illasi.

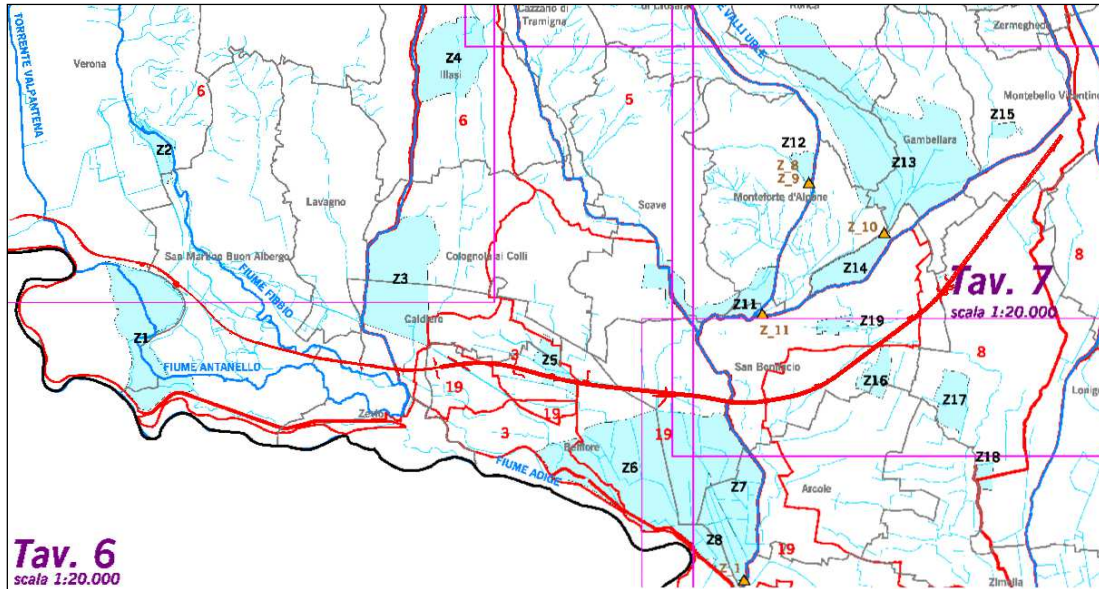


Fig. 3.5 – Particolare della Carta delle Criticità Idrauliche del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta con sovrapposto il tracciato della linea AV/AC.

3.4 Eventi eccezionali

3.4.1 Novembre 2010 e Maggio 2013

Significativo evidenziare le aree allagate durante gli eventi 2010 e 2013 in quanto sono stati dei significativi stress test sia per il sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna sia per i corsi d'acqua della Lessinia (Fibbio e Illasi).

Un'analisi sulle piogge cadute in 24 ore ha evidenziato che nella Lessinia e nel sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna l'evento del 15÷17 maggio 2013 (con circa 210 mm di pioggia in 24 ore) è stato gravoso come quello del 3-6 Ottobre 1992 e più gravoso di quello del novembre 2010.

Risulta interessante evidenziare che l'unico corso d'acqua maggiore che non è stato messo in crisi negli eventi del 2010 e/o 2013 è il t. Illasi.

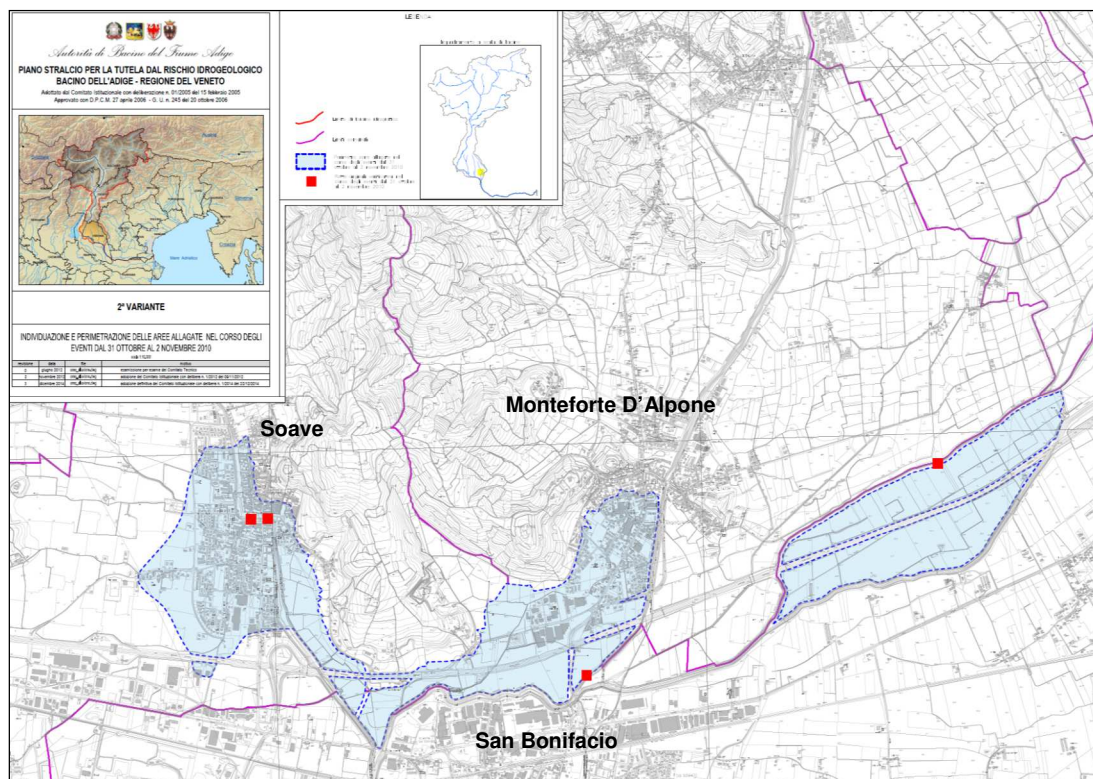


Fig. 3.6 – Aree allagate dal sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna durante la piena del 2010 a monte del nodo di San Bonifacio. In rosso le posizioni delle rotte arginali.

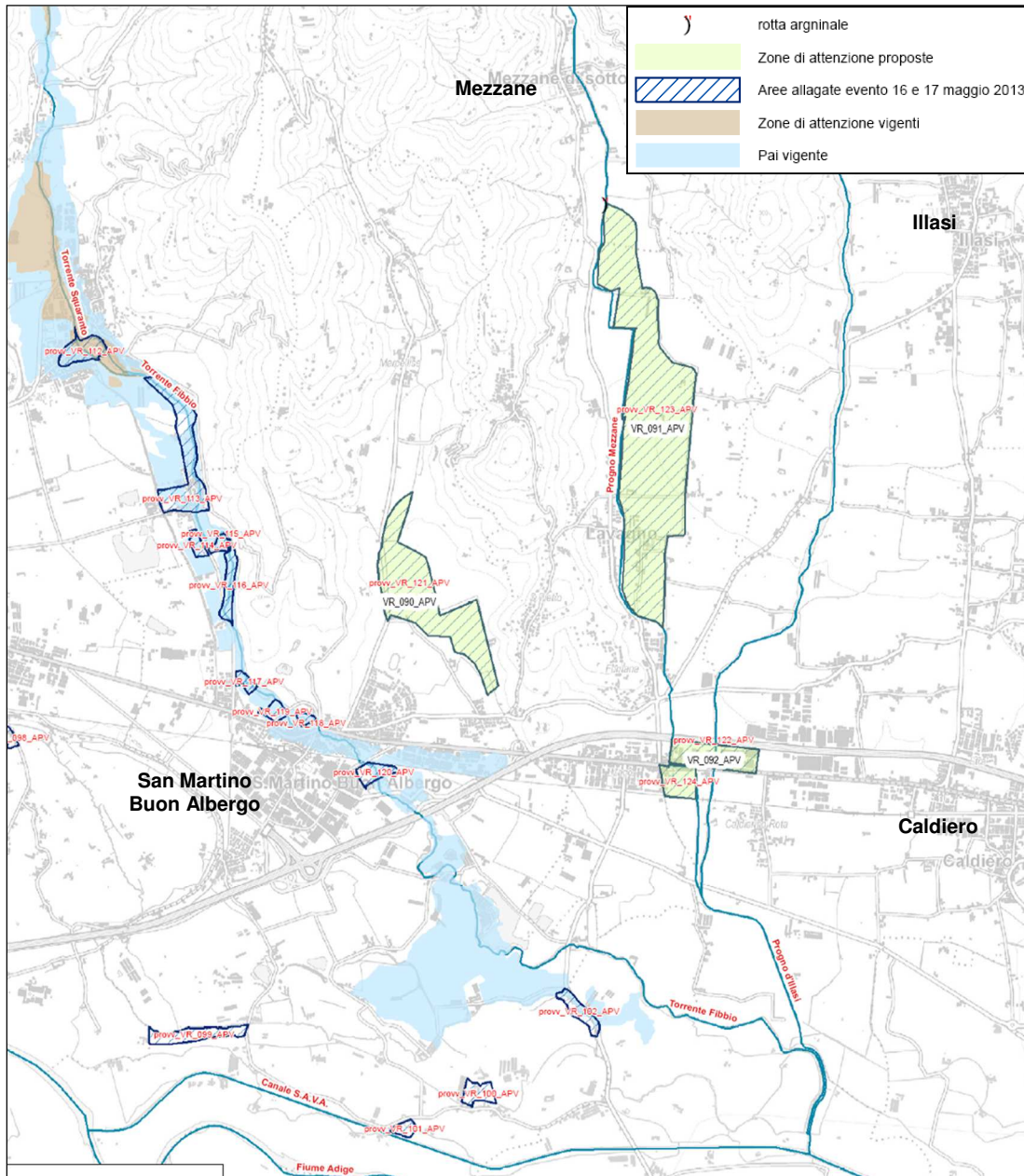


Fig. 3.7 – Aree allagate (in retino blu) nel bacino del Figgio e del Mezzane durante la piena del maggio 2013. In azzurro il PAI (fonte: Autorità di Bacino, Giugno 2013).

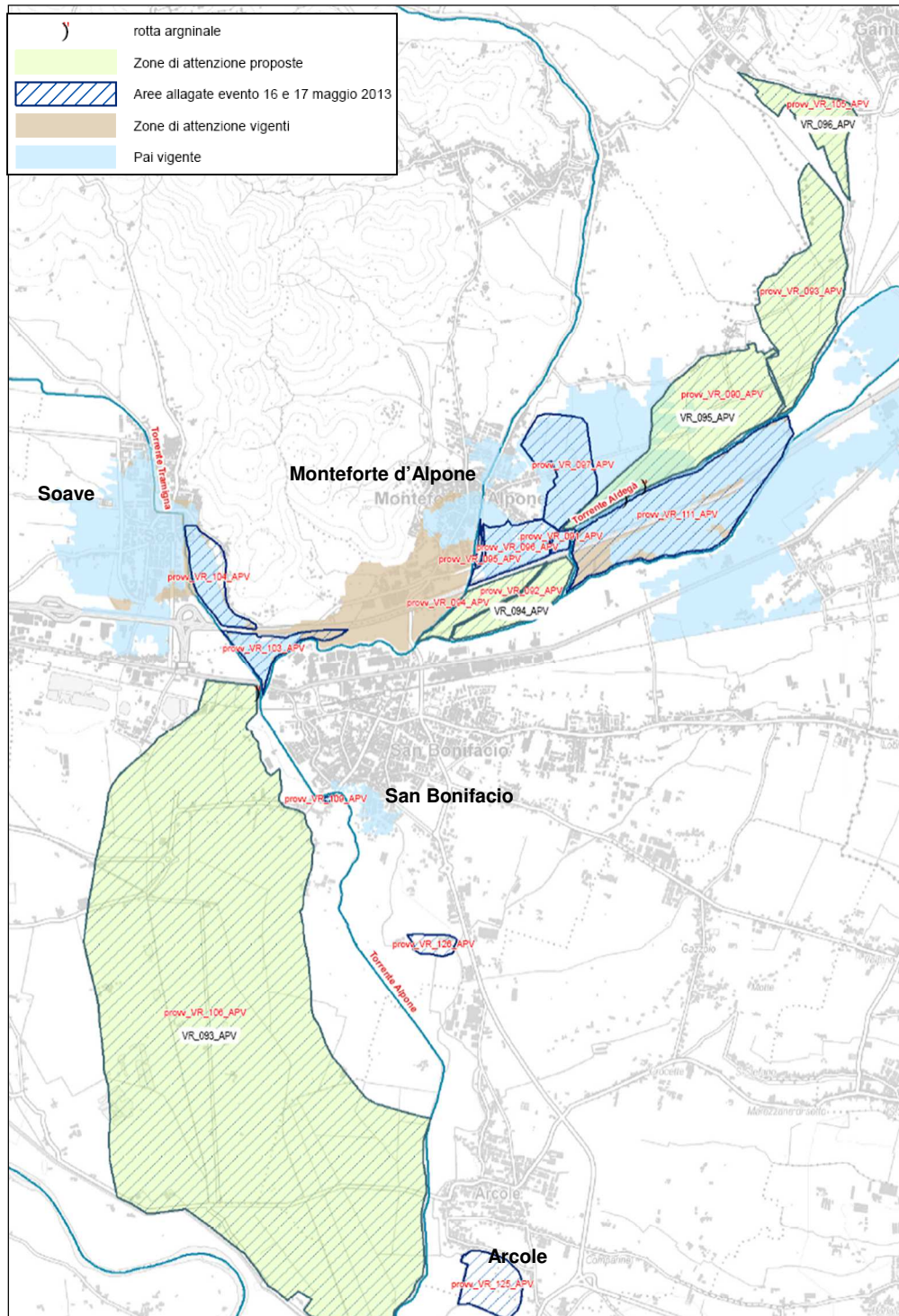


Fig. 3.8 – Aree allagate (in retino blu) dal sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna durante la piena del maggio 2013. In azzurro il PAI (fonte: Autorità di Bacino, Giugno 2013).

3.4.2 Settembre 1882

Si segnala, per completezza, la carta delle aree allagate durante la catastrofica piena del settembre 1882, anche se un collegamento diretto con la situazione attuale non è assolutamente possibile a causa delle geometrie delle sezioni e della morfologia del territorio profondamente differenti. E' di interesse notare solamente a) la posizione della rotta dell'Illasi e la direzione sud-est del fronte di allagamento, come la cartografia della Direttiva Alluvioni lascia intravedere e b) le precipitazioni generanti non superiori a 200mm-300mm nella settimana dal 11 al 18 settembre 1882.

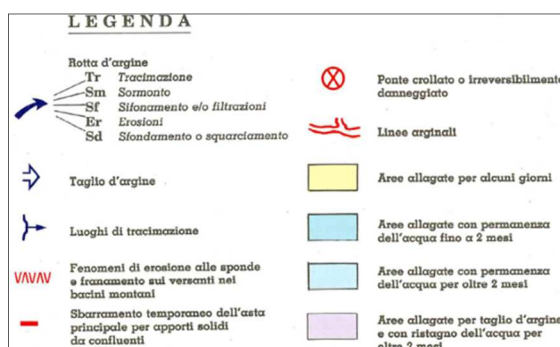
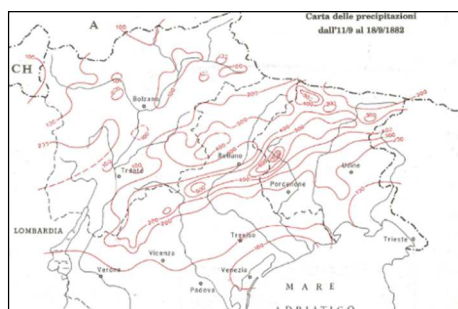
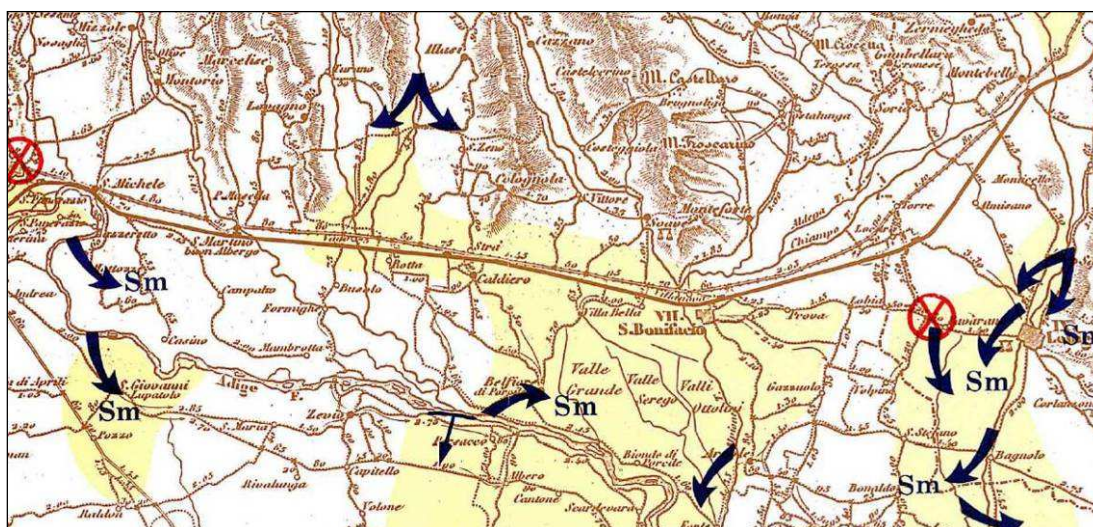


Fig. 3.9 – Aree allagate (in giallo chiaro) durante la piena del settembre 1882.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX		

3.5 Il “Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico” della Regione Veneto

Con DGRV 1643 del 11-10-2011 la Regione del Veneto ha preso atto del Piano degli Interventi redatto dal Commissario Delegato ex OPCM 3906/2010, a seguito dell'evento alluvionale del 31 ottobre - 2 novembre 2010 che ha colpito il bacino del Bacchiglione, dell'Agno-Guà e del Chiampo-Alpone.

Nel Piano sono previsti nel sistema Chiampo-Alpone-Aldegà-Tramigna alcuni interventi non strutturali:

- la disconnessione idraulica del t. Tramigna dal t. Alpone
- il rifacimento e la sistemazione dei muri di contenimento nell'abitato di Soave

e quattro interventi strutturali per la riduzione delle portate della rete principale:

- la destinazione del bacino di San Lorenzo quale cassa di espansione del t. Tramigna (0.8 milioni di m³) – ID PIANO 991
- la destinazione di un settore del bacino di Montebello, opportunamente ampliato, alla laminazione del t. Chiampo (4.5 milioni di m³) – ID PIANO 454
- la realizzazione del bacino della Colombaretta (0.9 milioni di m³) per la laminazione delle piene del t. Alpone – ID PIANO 999
- destinazione del bacino naturale di San Vito alla laminazione delle piene dell'Aldegà e del Chiampo (2.0 milioni di m³) – ID PIANO 992

Gli interventi non strutturali di Piano sono stati da tempo completati assieme, come già detto, ad un sistematico rinforzo/ringrosso/rialzo degli argini dei corsi d'acqua sulla base dei livelli registrati nelle piene 2010 e 2013 e di un adeguato franco. Per quanto riguarda gli interventi strutturali di Piano al 31-12-2015 (tabelle della Dir. Difesa del Suolo) la situazione è la seguente:

- Bacino di San Lorenzo: 5'500'000 € finanziati con fondi OPCM 3906/2010, OC14/2012, aggiudicato. Inizio Lavori: Maggio 2016. Fine lavori prevista: maggio 2017.
- Bacino della Colombaretta: 12'700'000 € finanziati con OPCM 3906/2010, OC15/2012, in esecuzione. Fine lavori prevista: novembre 2017.
- Ampliamento bacino di Montebello: 51'000'000 € finanziati con AdP MATTM "Aree Metropolitane". Conclusione VIA prevista: febbraio 2016.
- Bacino naturale di San Vito in esercizio senza argine est di chiusura.

Il Piano non prevede gli interventi necessari alla messa in sicurezza del sistema Fibbio-Illasi, in quanto il sistema non è stato messo in crisi dall'evento del Novembre 2010. Di seguito si riportano, per completezza di esposizione, alcune proposte avanzate sul territorio ai fini del miglioramento della sicurezza idraulica del sistema.

Dopo l'evento del maggio 2013 il Comune di San Martino Buon Albergo e il Consorzio di Bonifica hanno proposto di realizzare nel Fibbio-Squaranto due casse di espansione: una nel Vaio Squaranto a monte di Montorio in loc. Pigozzo avente volume di circa 600'000 m³ e una nel Fibbio in località Ferrazze, di volume non ancora definito, invasando presso la cava di ghiaia esistente.

L'unico intervento suggerito recentemente sul t. Illasi è costituito dall'abbassamento del profilo del fondo di 1÷2m dall'immissione in S.A.V.A. fino al ponte di Tregnago (6 km a nord di Illasi) per una lunghezza di circa 15 km con contestuale rivestimento delle sponde nel tratto approfondito, la ristrutturazione delle briglie, qualche pennello di regimazione, un ponte e la chiusura/protezione di alcuni guadi. L'intervento è stato proposto nel 2009 come intervento in Proget Financing ed ha ottenuto parere favorevole di compatibilità ambientale con DGRV 1010 del 23-03-2010.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>

4 CONSIDERAZIONI SULLA TRATTA VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

4.1 Il modello idraulico uni-bidimensionale

La nuova linea ferroviaria nel tratto Verona-Montebello attraversa corsi d'acqua e territori che fanno parte di quattro differenti sistemi idrografici, vale a dire il Fibbio-Illasi-Sava, nella parte ovest della tratta, il Biniega-Sarega e lo Zerpano, nella parte centrale, il Chiampo-Alpone e il Togna-Fratta, nella parte est. Per valutare le condizioni di deflusso delle massime portate in questi sistemi idrografici è stato inizialmente messo a punto per ciascuno di essi un modello idrodinamico uni-bidimensionale costituito dagli alvei dei corsi d'acqua principali e secondari e dai terreni ad essi adiacenti. Una volta eseguite le simulazioni di calcolo preliminari, si è tuttavia deciso di fondere i reticoli di calcolo in uno solo, comprensivo dell'intero territorio indagato con tutti i relativi corsi d'acqua considerati, computazionalmente molto più oneroso, ma alla fine più opportuno dal momento che le acque che esondano dagli alvei dei corsi d'acqua passano, in grandi quantità, da un bacino ad un altro attraverso la rete idrografica secondaria.

Il territorio modellato si estende per circa 250 km².

Le indagini modellistiche condotte sia per la situazione ante-operam, sia per quella di progetto, inserendo nel reticolo di calcolo le opere previste opportunamente schematizzate, hanno consentito di valutare, per confronto dei risultati ottenuti, gli effetti degli interventi stessi sul territorio attraversato dalla nuova linea ferroviaria, con tratte prevalentemente in rilevato, ma anche in trincea, in galleria e in viadotto, e in particolare le interferenze opera-acque di allagamento nel caso di esondazione dagli alvei dei corsi d'acqua, come generalmente richiesto in questi casi dagli Enti territoriali competenti e dalle Autorità di Bacino.

A tal riguardo, sono state eseguite simulazioni di calcolo considerando eventi di piena particolarmente gravosi per i sistemi idrografici di interesse, conseguenti a precipitazioni con tempo di ritorno di 100 e 300 anni. In aggiunta, in

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX		

considerazione, dei contenuti della Direttiva Alluvioni che tiene conto di configurazioni di rotte arginali, sono state ipotizzati ulteriori scenari per valutare anche gli effetti di rotte arginali che si dovessero verificare lungo i tratti dei corsi d'acqua arginati e/o pensili a seguito di episodi di tracimazione.

.Le simulazioni di calcolo sono state, infine, ripetute per gli stessi eventi di piena tenendo anche conto degli interventi in corso di realizzazione da parte della Regione Veneto nel territorio in esame ha programmato nel territorio in esame, in particolare nel bacino del Chiampo-Alpone, per ridurre, mediante invaso temporaneo delle acque in eccesso entro appositi bacini di laminazione, le portate in arrivo nei tratti di valle dei corsi d'acqua principali.

4.1.1 Dati cartografici e rilievi topografici

Per l'implementazione del modello idraulico dell'insieme dei sistemi idrografici attraversati dalla linea ferroviaria AV-AC nella tratta Verona-Montebello si sono utilizzati i dati di carattere cartografico e topografico forniti dai diversi Enti territoriali competenti e, in particolare, quelli di interesse riportati nei seguenti documenti:

- “elementi” della Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione Veneto rappresentati nella scala 1:5000 (elementi 124092, 124102, 124103, 124112, 124113, 124122, 124123, 124131, 124132, 124141, 124142, 124143, 124144, 124151, 124152, 124153, 124154, 124161, 124162, 124163, 124164, 125092, 125093, 125131, 125132, 125133, 125134, 145011, 145021, 145024, 145031, 145032, 145033, 145034, 145041, 145042, 145043, 145044, 145081, 145083, 145084, 146011, 146012, 146013, 146014);
- “ortofotocarte” del fotopiano IT2006 della Regione Veneto in scala 1:10000 (n. 124130, 124140, 124150, 124160, 125130, 145010, 145020, 145030, 145040, 145080, 146010, 146050);
- “ortofotocarte” del fotopiano AGEA2012 in scala 1:10000 (n. 124090, 124100, 124110, 124120, 124130, 124140, 124150, 124160, 125090, 125130,

145010, 145020, 145030, 145040, 145050, 145060, 145070, 145080, 145090, 145100, 145110, 145120, 146010, 146050, 146090);

- foto satellitare del marzo-aprile 2015 acquisita dai servizi Google (Google Maps zoom 18), opportunamente centrata e georeferenziata sull'area di studio;
- rilievo eseguito con tecnica laser scanner (LIDAR) acquisito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A) e della sua Estensione (PST-A Estensione 2008) sotto forma di quadri con risoluzione 1 x 1 m di tipo DTM (Digital Terrain Model), che consentono di descrivere con notevole dettaglio l'altimetria dell'area di indagine, essendo chiaramente distinguibili i corsi d'acqua, gli scoli e i fossati con i relativi attraversamenti stradali e ferroviari, i rilevati, le strade, ecc.;
- modello digitale del terreno DTM con risoluzione 5 x 5 m della Regione Veneto (quadri n. 124130, 142140, 145010, 145020, 145030, 145040, 145080), limitatamente all'area non coperta dal rilievo LIDAR;
- planimetria con il piano quotato del rilievo eseguito a cura di ATI Bonifica come supporto alla progettazione su una fascia di circa 600 m a cavallo della nuova infrastruttura ferroviaria, a risoluzione variabile;
- “Campagna di rilievi dell'asta del torrente Alpone dal capoluogo del comune di Montecchia di Crosara fino alla confluenza in Adige” eseguiti nel corso del 2004 per conto del Genio Civile di Verona. Si tratta di n. 246 sezioni, numerate dal n. 01 al n. 198, e di n. 18 sezioni dei manufatti che attraversano il corso d'acqua nel tratto compreso tra Montecchia di Crosara (sezione n. 198), a nord, e la confluenza con l'Adige (sezione n. 01), a sud. Il Genio Civile di Verona ha inoltre provveduto nel corso del 2011 alla realizzazione di un aggiornamento plano-altimetrico del rilievo originale, seguito nel corso del 2015, da un secondo aggiornamento a seguito degli interventi di sistemazione idraulica già eseguiti lungo l'asta del torrente;

- sezioni topografiche dell'Alpone, rilevate nel corso del 2011 per conto del Genio Civile di Verona nel tratto compreso tra il ponte della Circonvallazione e il ponte della Rezzina (sez.-C1 – sez.-C39), a cavallo della confluenza con il Chiampo (sezione01-sezione08) e nel tratto tra il ponte della Rezzina e il ponte della S.R. n. 11 (SEZ 1-SEZ 95). Il Genio Civile di Verona ha provveduto più recentemente ad un aggiornamento del rilievo topografico originale a seguito degli interventi di sistemazione idraulica già eseguiti lungo l'asta del torrente;
- sezioni topografiche trasversali del Chiampo, rilevate nel corso del 2011 per conto del Genio Civile di Verona nel tratto compreso tra località San Vito, circa 1200 m a monte dell'attraversamento dell'autostrada A4, e la confluenza con l'Alpone (sezioni n. 1-269). Le sezioni sono state di recente aggiornate a cura del Genio Civile di Verona, a seguito degli interventi di sistemazione idraulica già eseguiti lungo questo tratto del fiume;
- restituzione planimetrica a curve di livello e n. 152 sezioni trasversali del rilievo topografico dell'Aldegà, nel tratto compreso tra la confluenza con il colatore Arzarino in località San Vito e la confluenza con il Chiampo, effettuato per conto del Genio Civile di Verona nel corso del 2011. Le sezioni trasversali sono state di recente aggiornate a seguito degli interventi di sistemazione idraulica già eseguiti a cura del Genio Civile di Verona;
- restituzione planimetrica a curve di livello e n. 66 sezioni trasversali del rilievo topografico del Tramigna, nel tratto compreso tra il ponte di via Ca' del Bosco a nord dell'abitato di Soave e la confluenza con l'Alpone, eseguito per conto del Genio Civile di Verona nel corso del 2011;
- sezioni trasversali del Progno Mezzane (325 sezioni) e del torrente Illasi (60 sezioni) estratte da modello Mike Flood, relativamente alla sola componente monodimensionale, a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige nell'ambito delle attività previste dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- rilievo topografico dell'argine sinistro del tratto terminale del torrente Illasi (75 punti) eseguito a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige nel corso del

2013, a seguito degli interventi di rialzo arginale eseguiti dal Genio Civile di Verona;

- sezioni topografiche trasversali e profilo longitudinale del fiume Fibbio, rilevate per conto del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta nel tratto compreso tra località Ferrazze e lo sbocco nel canale SAVA (sezioni 1–122), nell'ambito dello studio "Lavori di adeguamento dell'alveo e regimazione delle piene del fiume Fibbio – Progetto esecutivo 1° stralcio";
- sezioni topografiche trasversali e profilo longitudinale del torrente Rosella, rilevate per conto del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta nel tratto compreso tra località Ferrazze e lo sbocco nel torrente Antanello (sezioni 1-32), nell'ambito dello studio "Lavori di adeguamento dell'alveo e regimazione delle piene del fiume Fibbio – Progetto esecutivo 1° stralcio";
- schema idraulico generale del sistema Fibbio-Squaranto redatto nell'ambito dello studio geologico del PAT del Comune di San Martino Buon Albergo a cura di Studio Tecnico Zangheri & Basso;
- sezioni topografiche trasversali e profilo longitudinale del fiume Fibbio in corrispondenza dello sbocco nel canale SAVA (sezioni 1-14), rilevate nel corso del 2013 nell'ambito della "Domanda di concessione per un nuovo impianto idroelettrico alla confluenza dei torrenti Fibbio, Antanello e Illasi – Progetto definitivo" a cura di Technital S.p.A.;
- profilo longitudinale del canale SAVA dalla presa alla restituzione in Adige eseguito a cura di Enel Green Power nel corso del 2013 nell'ambito del progetto di "Adeguamento delle opere di presa della centrale idroelettrica Enel Green Power di Zevio per il rilascio del deflusso minimo vitale con recupero energetico";
- rilievi topografici integrativi, appositamente eseguiti nell'ambito del presente studio, al fine di rilevare manufatti e sezioni di particolare interesse idraulico. Sono state portate a termine 4 campagne di misura nelle giornate del 2, 4, 9 e 11 dicembre 2015 durante le quali sono stati eseguiti 45 rilievi classificati in

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>
<small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	35 di 186	

3 tipologie: rilievo schematico di un manufatto, rilievo schematico di una sezione e rilievo completo di una sezione.

In Fig. 4.1 è illustrata la mappa del territorio indagato secondo una rappresentazione a luci e ombre e a scala di colori dei dati altimetrici rilevati in volo con la tecnica laser-scanner (LIDAR) ed elaborati, operando una filtrazione dei dati raccolti per escludere nella restituzione gli elementi che si sviluppano in elevazione (edifici, alberi, ecc.), in modo da rappresentare al meglio la superficie tridimensionale del terreno da utilizzare nella costruzione del reticolo di calcolo. In tale rappresentazione della superficie tridimensionale del terreno sono riconoscibili, tra l'altro, le zone collinari, le incisioni sul terreno costituite dagli alvei dei corsi d'acqua e lo sviluppo in elevazione dei rilevati arginali, stradali e ferroviari.

Nella Fig. 4.2 sono riportati, a titolo esemplificativo, alcuni particolari della mappa del territorio, secondo la rappresentazione a luci e ombre e a scala di colori dei dati elaborati, da cui si evince il notevole dettaglio con cui il rilievo LIDAR consente di descrivere l'altimetria dell'area di indagine, essendo chiaramente distinguibili gli alvei e le arginature dei corsi d'acqua, i rilievi collinari, le infrastrutture viarie con i punti di attraversamento della rete idrografica. In particolare, nella parte superiore della figura si riesce a cogliere nella mappa del rilievo la confluenza Tramigna-Alpone, mentre nella parte inferiore della figura stessa sono riportate la zona dell'abitato di Soave e la confluenza Chiampo-Alpone.

Per la schematizzazione dei corsi d'acqua si è fatto dapprima riferimento ai dati geometrici delle sezioni d'alveo estratte dal rilievo LIDAR. Tuttavia, poiché la tecnica laser scanner non consente di rilevare le quote in alveo al di sotto del livello dell'acqua, per definire le quote di fondo degli alvei stessi e per un successivo controllo delle quote arginali e di sponda, si è fatto riferimento, per i corsi d'acqua principali, Fibbio, Marcellise, Mezzane, Illasi, Prognolo, canale S.A.V.A., Alpone, Chiampo, Aldegà e Tramigna, ai dati geometrici delle sezioni d'alveo rilevati con operazioni a terra, resi disponibili dagli Enti territoriali

 <p>Consorzio IricAV Due</p> <p>ATI bonifica</p>	<p>Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA</p>
<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p>	<p>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. 36 di 186 IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</p>

competenti e dall'Autorità di Bacino del fiume Adige e a quelli riportati nei documenti e negli elaborati dei progetti consultati.

Per rappresentare le quote di talweg del fondo dei canali e fossati inseriti nello schema di calcolo, facenti parte della rete idrografica secondaria, non essendo disponibili i dati sulla geometria degli alvei, si sono apportate correzioni variabili da 40 cm a 80 cm alle quote del rilievo LIDAR, poiché si è riscontrato che il rilievo LIDAR stesso è stato probabilmente eseguito in concomitanza di un periodo di magra dei deflussi e quindi con tiranti d'acqua ridotti nei canali stessi.

Ad ogni buon conto, con i rilievi integrativi eseguiti a supporto del presente studio, mediante opportune operazioni a terra, si sono sia verificate le quote di sponda e di fondo di molti canali secondari, sia misurate le dimensioni di molti manufatti idraulici presenti lungo i corsi d'acqua, in particolare quelli lungo il Fibbio, operando in quasi 50 tra nodi idraulici, sezioni e manufatti

Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta ha consegnato, ai fini della redazione della presente nota, le geometrie delle sezioni dei corsi d'acqua consortili nel territorio indagato solo in corrispondenza dell'infrastruttura ferroviaria. Le sezioni dei maggiori canali consortili sono stati, pertanto, inseriti nel modello sulla base dei dati Lidar 1x1, dei rilievi disponibili nel progetto definitivo dell'infrastruttura (fascia di 600m), dei circa 50 nodi idraulici rilevati per il presente studio, di ulteriori sopralluoghi e rilievi speditivi condotti dagli scriventi e, infine, di alcuni rilievi e opere relativi a lavori del Consorzio recentemente appaltati e conclusi (il t. Fibbio con i manufatti di sostegno e le Fosse scolmatrici).

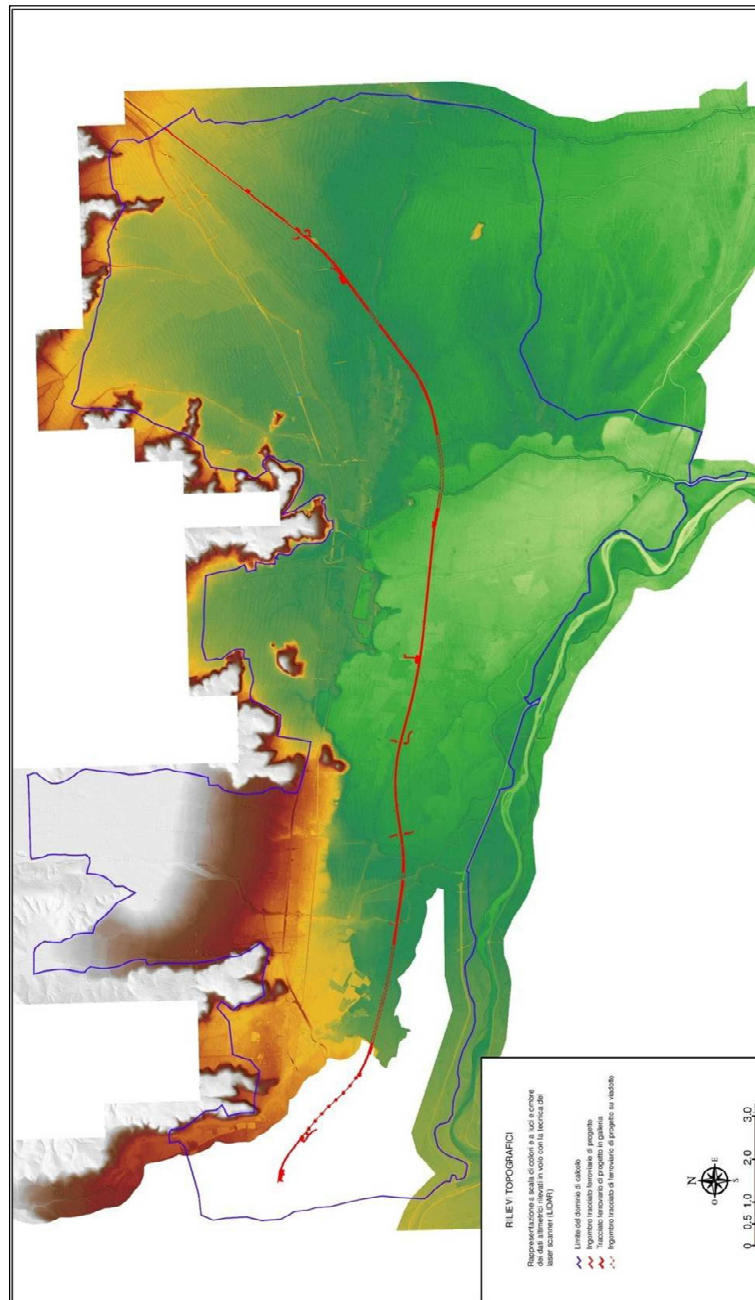


Fig. 4.1 - Corografia del territorio in esame indagato con il modello uni-bidimensionale (delimitato con una linea di colore blu) nella rappresentazione a scala di colori ed a luci e ombre dei dati altimetrici originali rilevati in volo con la tecnica laser-scanner (LIDAR).

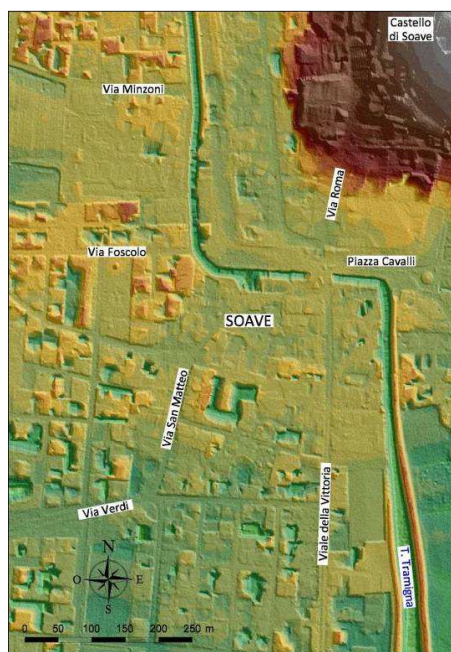


Fig. 4.2 - Particolari della rappresentazione a scala di colori ed a luci e ombre dei dati altimetrici originali rilevati in volo con la tecnica laser-scanner (LIDAR) nella zona della confluenza Tramigna-Alpone, nell'abitato di Soave e nella zona della confluenza Chiampo-Alpone.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>
<small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>		

4.1.2 Schematizzazione reticolo idrografico

Sulla base dei dati raccolti, si è proceduto alla schematizzazione del reticolo idrografico dell'area di studio, in base alle mappe della Direttiva Alluvioni che riportano le superfici ipoteticamente allagabili per eventi con tempo di ritorno di 300 anni, redatte per conto del Distretto delle Alpi Orientali dall'Autorità di Bacino del fiume Adige. Complessivamente, l'area considerata nello schema di calcolo, evidenziato in Fig. 4.3, ha una superficie di poco superiore a 205 km². Il territorio modellato è stato schematizzato mediante elementi unidimensionali, per quanto riguarda i corsi d'acqua, ed elementi bidimensionali, per tutte le aree adiacenti potenzialmente allagabili.

Gli elementi bidimensionali, di forma triangolare, hanno dimensioni variabili, in modo tale da poter descrivere al meglio le variazioni altimetriche del terreno. Elementi di dimensioni maggiori sono stati utilizzati per le zone di territorio aperto, mentre elementi di dimensioni minori sono stati utilizzati per descrivere le zone caratterizzate da variazioni altimetriche più sensibili e per schematizzare la linea ferroviaria e le principali vie e strade che attraversano il territorio considerato. In Fig. 4.3 è, invece, rappresentata, con una scala di colori, l'altimetria del reticolo di calcolo messo a punto utilizzando le quote altimetriche del rilievo LIDAR e, per la parte mancante, del DTM 5x5 della Regione Veneto, che permette di cogliere in modo significativo i caratteri generali dell'altimetria stessa.

Complessivamente lo schema è composto da 52387 nodi, 94953 elementi bidimensionali, 7779 elementi unidimensionali di tipo "canale" e 2514 tronchi speciali unidimensionali che consentono di simulare il funzionamento della rete e dei manufatti in alcuni punti singolari. Molti elementi speciali sono stati infine inseriti per rappresentare eventuali fenomeni di tracimazione delle arginature dei corsi d'acqua principali in esame che, nei tratti in attraversamento al territorio indagato, sono in buona parte sopraelevate rispetto al piano di campagna.

Per quanto riguarda il parametro Ylim, che, come illustrato in Appendice, quantifica, nel modello, il ruolo delle asperità e irregolarità locali del terreno nel

fenomeno di allagamento, è stato assunto un valore uniforme in tutto il dominio di calcolo pari a 0.30 m, che corrisponde al valore adottato in precedenti analoghe esperienze. Va comunque osservato che, con riferimento ai risultati forniti dal modello, il valore di questo parametro controlla essenzialmente la velocità di propagazione del fronte di allagamento sulle zone di terreno asciutte. Nel caso in esame, pur non ritenendo necessario condurre un'analisi specifica per valutare accuratamente tale parametro, si sono condotte alcune simulazioni di prova facendo variare il valore di Y_{lim} . I risultati ottenuti nelle diverse situazioni hanno confermato la validità della scelta effettuata, mettendo in evidenza che, per effetto delle variazioni considerate, da una parte l'estensione delle aree allagate non mutava e, dall'altra parte, la velocità con cui esse vengono raggiunte dalle acque variava in modo appena significativo.

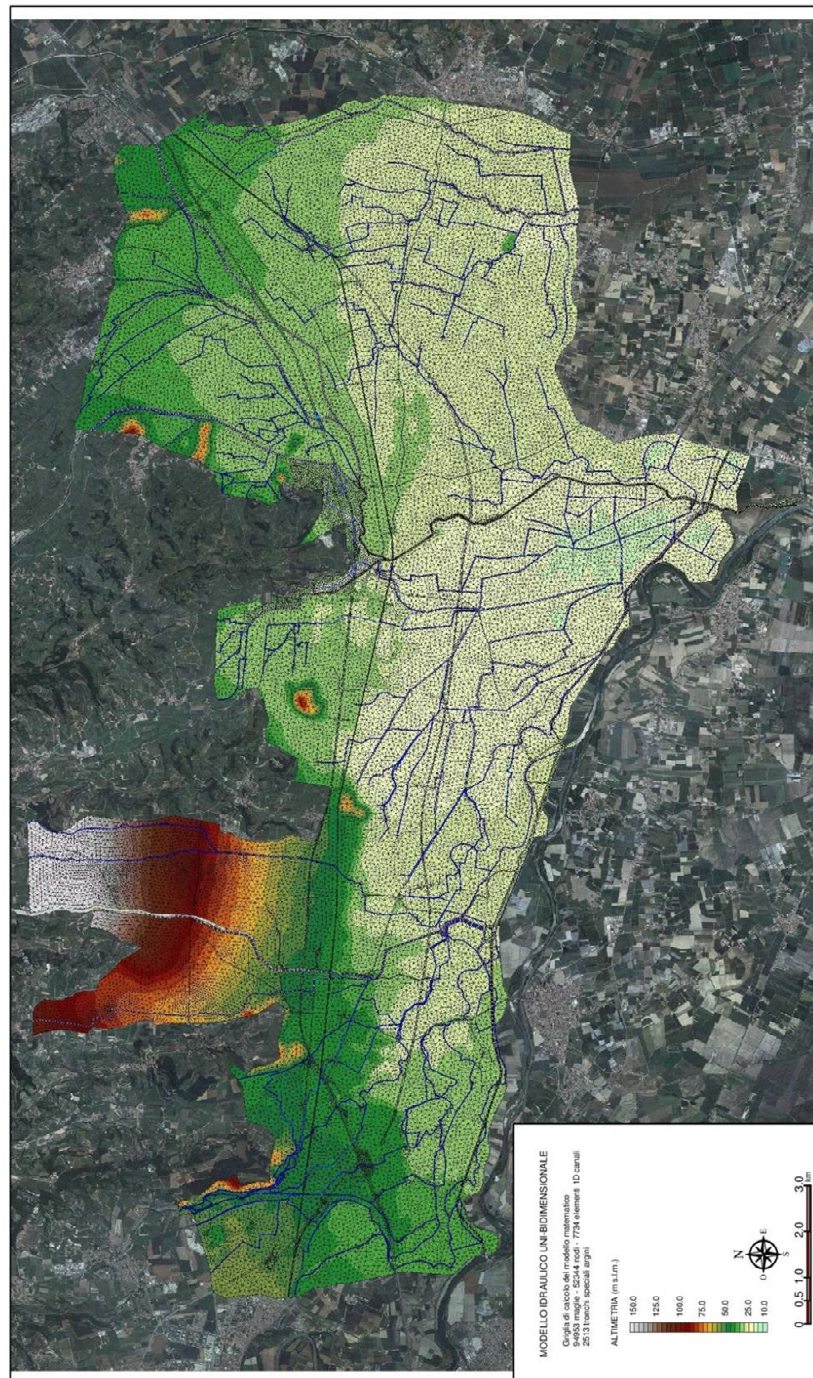


Fig. 4.3 - Corografia, sul rilievo LIDAR, della schematizzazione del territorio indagato con il modello uni-bidimensionale: altimetria realizzata con i dati cartografici e topografici (rilievo LIDAR) disponibili.

4.1.3 Condizioni al contorno – stima delle portate

Le portate utilizzate per la verifica della rete idrografica schematizzata nel modello sono quelle messe a disposizione dall'Autorità di bacino dell'Adige e

sono riferite agli eventi $Tr=100$ anni e $Tr=300$ anni (Fig. 4.4 e Fig. 4.5), con cui sono state generate anche le note cartografie del Distretto Alto Adriatico. Il tempo di pioggia è pari a 24 ore e l'andamento della precipitazione nel tempo è lineare crescente (scenario M2)

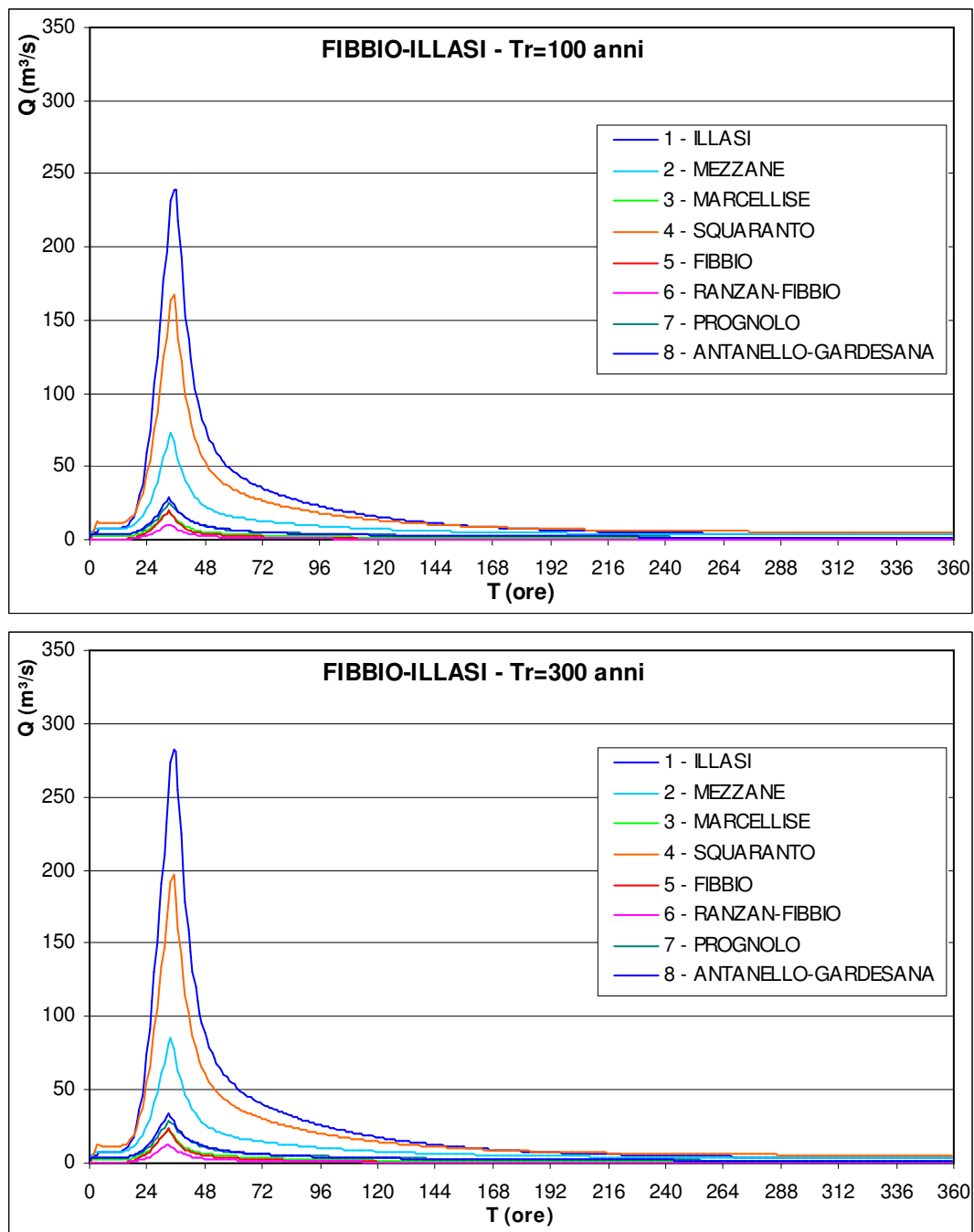


Fig. 4.4 - Idrogrammi di portata calcolati per il sistema del Figgio-Illasi, a partire da precipitazioni con tempo di ritorno di 100 e 300 anni e durata di 24 ore, nei nodi di immissione nella rete idrografica schematizzata con il modello uni-bidimensionale [fonte: Autorità di Bacino].

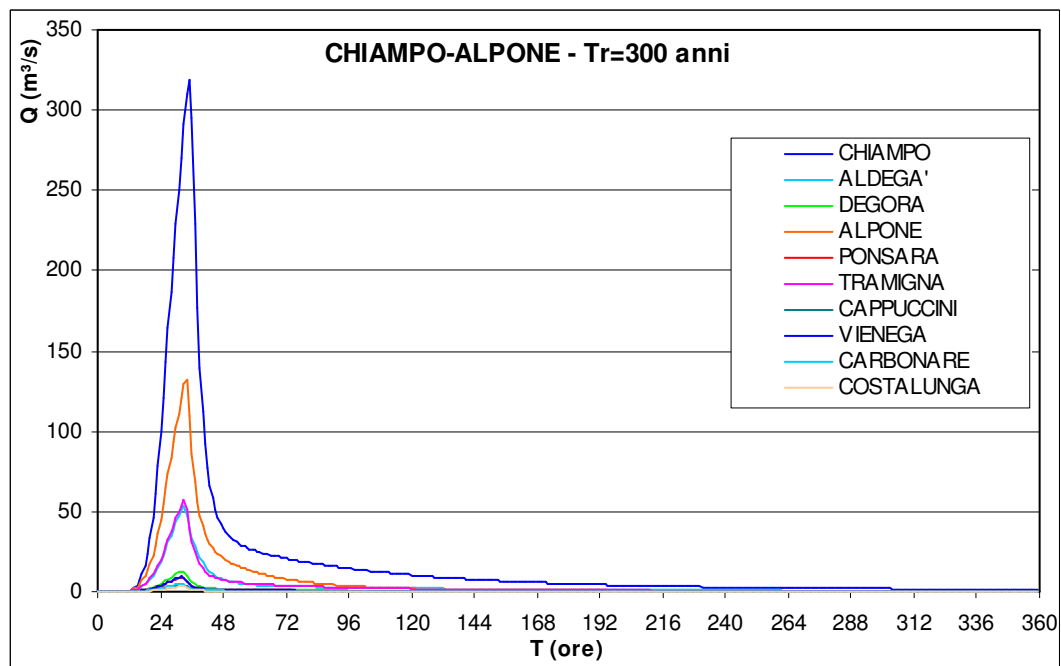
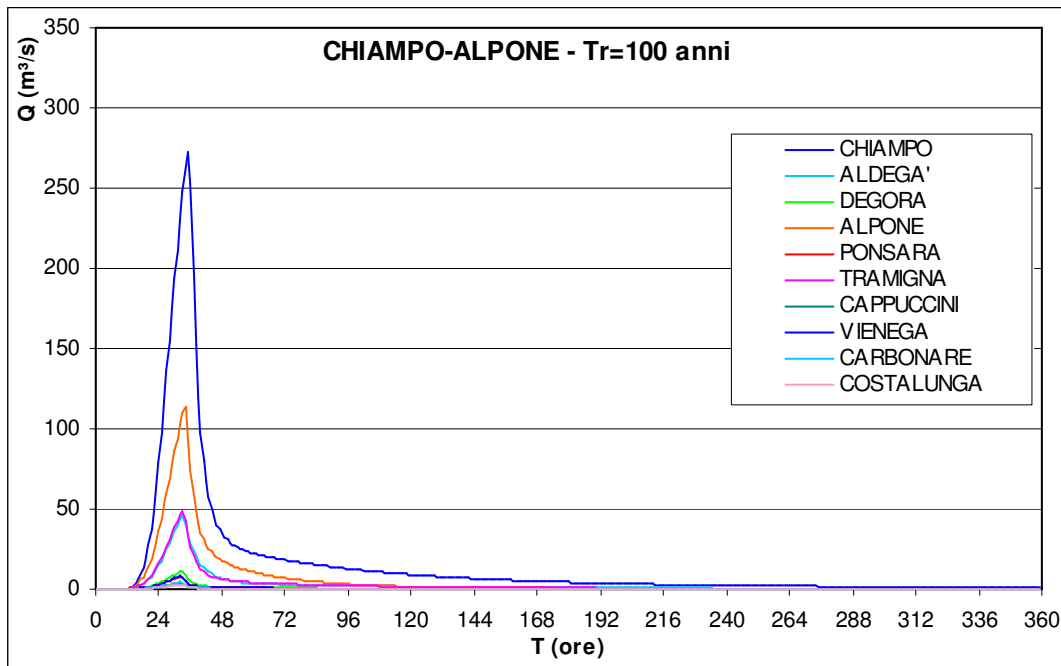


Fig. 4.5 - Idrogrammi di portata calcolati per il sistema del Chiampo-Alpone, a partire da precipitazioni con tempo di ritorno di 100 e 300 anni e durata di 24 ore, nei nodi di immissione nella rete idrografica schematizzata con il modello uni-bidimensionale [fonte: Autorità di Bacino].

Il tempo di pioggia pari a 24 ore è stato assunto come rappresentativo della durata critica degli eventi meteorici che possono mettere in crisi i sistemi idrografici in esame, come fatto dallo stesso Distretto, verificando gli idrogrammi per differenti durate di precipitazione in alcuni dei principali bacini.

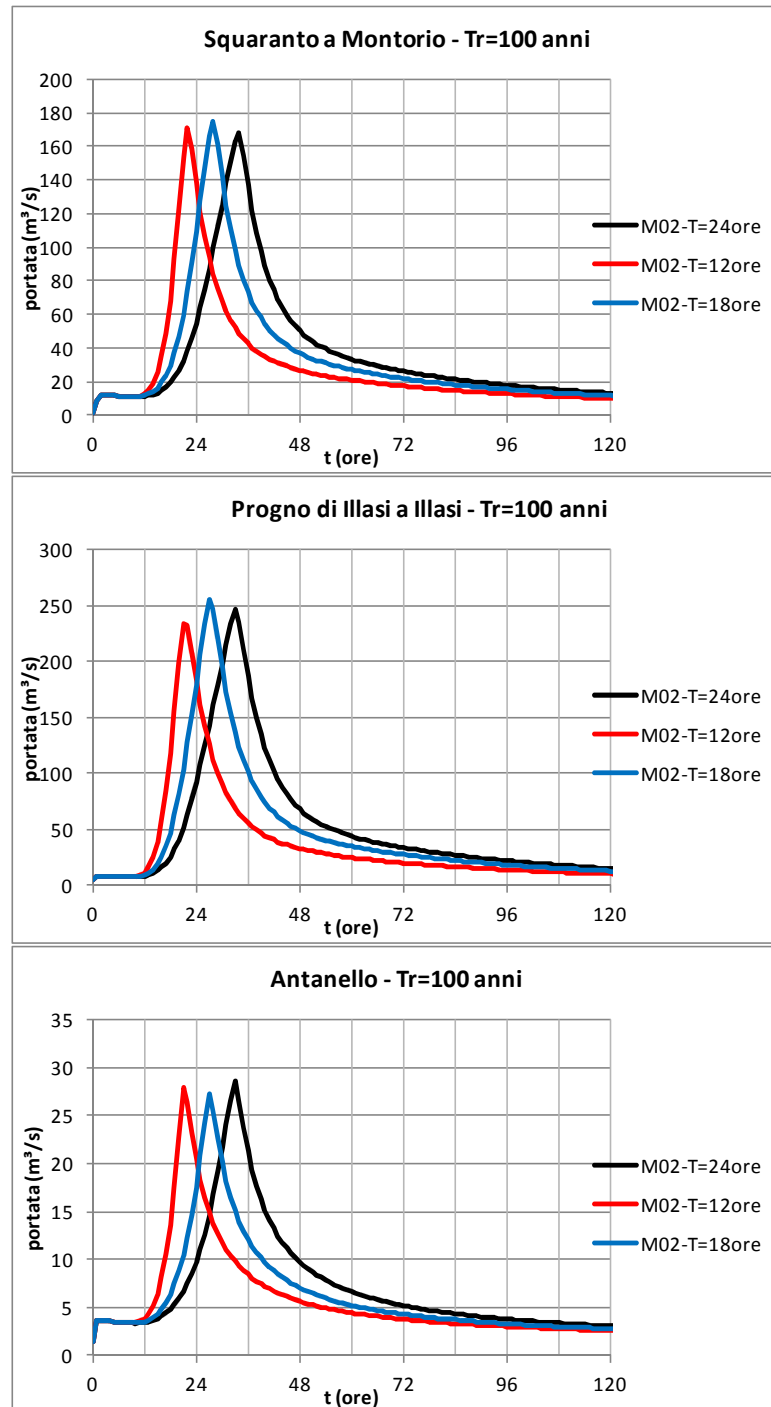


Fig. 4.6 - Idrogrammi di portata Tr=100 anni del Distretto Alpi Orientali in alcuni dei principali bacini al variare del tempo di precipitazione.

Rispetto agli idrogrammi utilizzati nel PAI, le portate al colmo e i volumi per $T_p=24$ ore sono decisamente superiori. Per l'evento Tr=100 anni del Distretto la portata idrologica al colmo del Fibbio-Squaranto a Montorio (area di circa 100 km²) è pari a circa 170 m³/s contro i circa 100 m³/s del PAI, mentre la portata al

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small> <small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>	<small>46 di 186</small>

colmo dell'Illasi a Tregnago-Illasi (area ancora di circa 100 km²) è di circa 240 m³/s contro i circa 110 m³/s del PAI.

Gli idrogrammi del Distretto messi a disposizione dall'Autorità di Bacino dell'Adige coprono, peraltro, solo i bacini maggiori e non i bacini di pianura dello Zerpano (dx Alpone, 51 km²) e del Fratta (sx Alpone, 66 km²). Le simulazioni svolte dal Distretto, come peraltro anche quelle del PAI, non considerano il contributo dei bacini di pianura.

Nell'ambito del presente studio il modello ha rappresentato anche la rete consortile di pianura in considerazione del fatto che

- a) storicamente l'evento meteorico eccezionale è concentrato nella parte montana-collinare del bacino (Squaranto, Illasi e sistema Chiampo-Alpone).
- b) i canali di pianura sono invece sollecitati dalle acque di esondazione della rete maggiore, in misura anche maggiore visto che le portate e i volumi di esondazione che si riversano nella rete di pianura sono nel complesso superiori a quelli naturali.
- c) la rete della bonifica è dimensionata storicamente per Tr=30 anni.

La rete minore è stata verificata per Tr=30 anni . Per la stima delle portate dei bacini dello Zerpano e del Fratta si è fatto riferimento, per una similitudine idrologica (Fig. 4.7), al sistema Antanello-Gardesana (l'unico bacino di pianura modellato dal Distretto). Il coefficiente udometrico Tr=30 anni risulta pari a circa 8 l/s/ha, cioè 0.8m³/s/km².

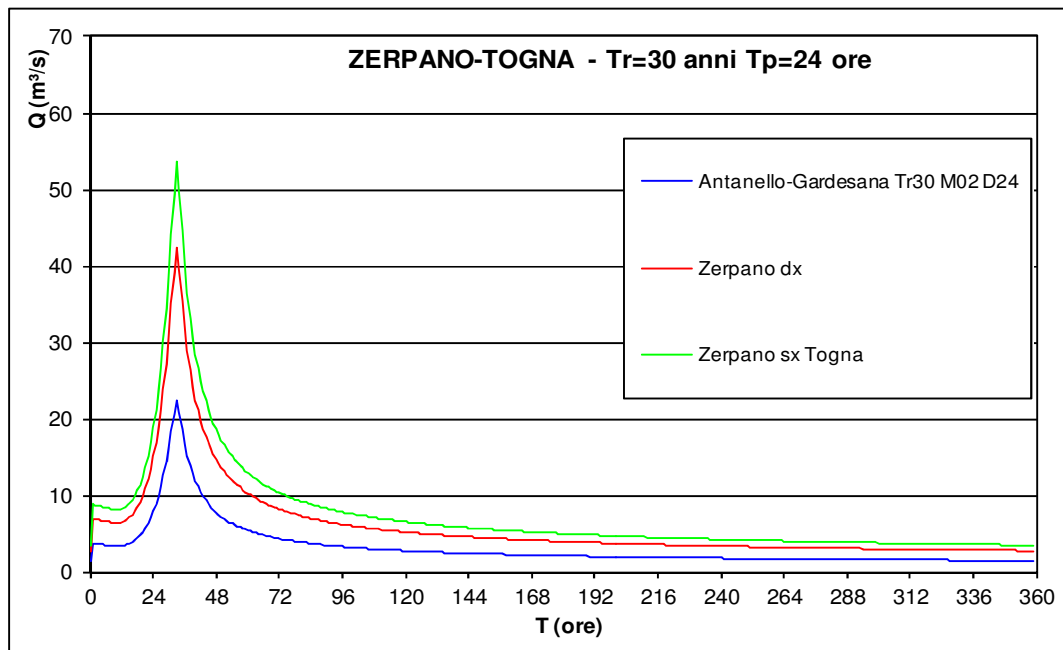


Fig. 4.7 - Idrogrammi di portata per il bacino dello Zerpano e del Fratta-Togna con tempo di ritorno di 30 anni e durata di 24 ore, nei nodi di immissione nella rete idrografica schematizzata con il modello uni-bidimensionale, elaborati a partire da quelli valutati per il sistema Antanello-Gardesana [fonte: Autorità di Bacino].

Il tempo di ritorno, tuttavia, definito critico e sulla base del quale le Autorità competenti basano le loro considerazioni risulta essere $Tr=100$ anni, per questo motivo nonostante la rete minore venga dimensionata per un $Tr=30$ anni l'intero reticolo è stato verificato anche nel caso di un evento meteorico con $Tr=100$ anni. Si precisa che per canali consortili questa scelta può essere una "forzatura", tuttavia risulta utile ai fini delle valutazioni progettuali e di compatibilità idraulica.

Fissando quindi $Tr=100$ anni e $Tp = 24$ ore in riferimento ad uno istogramma M2 si determina un coefficiente udometrico pari a circa 10.5 l/s/ha , cioè $1.05 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ che rappresenta la condizione di piena (Fig. 4.8) in concomitanza ad una piena dei sistemi montani e collinari.

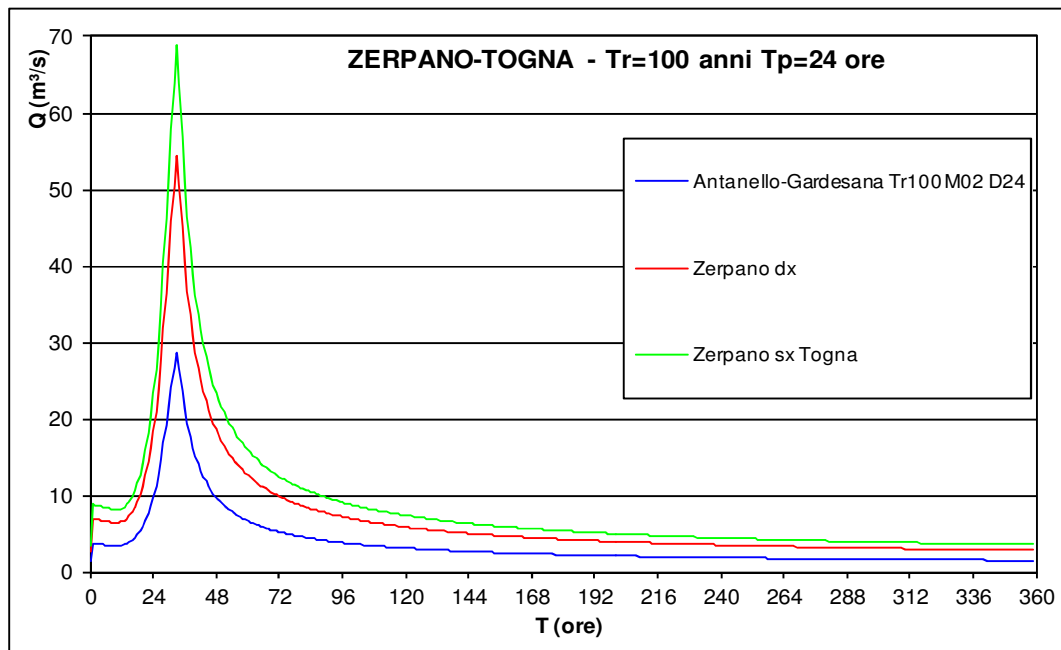


Fig. 4.8 - Idrogrammi di portata per il bacino dello Zerpano e del Fratta-Togna con tempo di ritorno di 100 anni e durata di 24 ore, nei nodi di immissione nella rete idrografica schematizzata con il modello uni-bidimensionale, elaborati a partire da quelli valutati per il sistema Antanello-Gardesana [fonte: Autorità di Bacino].

La derivazione del Canale S.A.V.A. è stata cautelativamente considerata attiva durante gli eventi eccezionali simulati ma a portata ridotta pari a 50 m³/s. Gli effetti di tale scelta sulla infrastruttura AV/AC in destra Illasi (allagata da acque di Fibbio e Illasi) sono comunque influenti in quanto i salti di fondo su Illasi e Fibbio alla confluenza con l'Antanello agiscono come disconnessioni idrauliche.

Le condizioni al contorno per le simulazioni della propagazione della piena sono completate dai dati sull'andamento del livello nei nodi terminali della rete. In questo caso, si sono assegnati:

- in corrispondenza della sezione di confluenza del canale SAVA con l'Adige, un andamento del livello idrometrico variabile da una quota di 20 m s.m., fino ai valori di massima piena forniti dall'Autorità di Bacino dell'Adige, o dedotti per interpolazione, pari a 24.66 m s.m., per l'evento centenario, ed a 24.93 m s.m. per l'evento tricentenario;
- in corrispondenza della sezione di confluenza dell'Alpone con l'Adige ad Albaredo d'Adige, un andamento del livello idrometrico variabile da una quota di 17 m s.m., fino ai valori di massima piena forniti dall'Autorità di

Bacino dell'Adige, o dedotti per interpolazione, pari a 21.19 m s.m., per l'evento centenario, ed a 21.57 m s.m. per l'evento tricentenario;

- in corrispondenza della sezione terminale del rio Acquetta, un andamento del livello idrometrico variabile da una quota di 22.5 m s.m., fino ad un valore di piena stimato pari a 24.0 m s.m.;
- in corrispondenza delle sezioni terminali di alcuni scoli minori nel bacino del Togna, in sinistra Alpone, valori di livello costanti, corrispondenti a stati idrometrici di piena a franco idraulico ridotto e/o di incipiente esondazione.

Alcune simulazioni preliminari hanno peraltro consentito di valutare l'effetto di eventuali variazioni di livello imposte nelle sezioni a valle del reticolo di calcolo sulla propagazione della piena e quindi sui risultati ottenuti con il modello nelle diverse sezioni dei sistemi idrografici indagati. Si tratta di effetti contenuti che si esauriscono sostanzialmente, per le massime portate, nei tratti terminali dei corsi d'acqua considerati.

Tutte le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto vario, assumendo come ipotesi che le portate affluenti alla rete idrografica dai rispettivi sottobacini fossero quelle corrispondenti agli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino dell'Adige. In questa ipotesi, per gli eventi di piena considerati, si sono determinati i livelli idrometrici in tutti i nodi del reticolo di calcolo e la portata fluente in tutti gli elementi unidimensionali e bidimensionali del reticolo stesso, seguendo quindi l'evoluzione dello stato idrometrico e del campo di moto sia negli alvei dei corsi d'acqua, sia nelle aree esterne eventualmente allagate dalle acque.

Per gli scopi dell'indagine, i risultati più importanti delle simulazioni modellistiche sono stati sintetizzati in idrogrammi di portata fluente calcolati in corrispondenza delle sezioni significative dei sistemi idrografici principali considerati (Fibbio-Illasi e Chiampo-Alpone) e in mappe di allagamento del territorio, rappresentando queste ultime a scala di colori per le quote idrometriche massime e per le quote idrometriche riscontrate in istanti successivi dell'evento.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small> <small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	50 di 186

4.1.4 Taratura del modello – Coefficiente di scabrezza

Per quanto riguarda i parametri che nel modello descrivono i fenomeni di resistenza al moto, è stato necessario specificare i valori da attribuire al coefficiente di resistenza secondo Gauckler-Strickler, con riferimento sia ai tronchi unidimensionali (corsi d'acqua), sia agli elementi bidimensionali che descrivono le diverse parti degli alvei di alcuni corsi d'acqua, le zone abitate, le strade e il territorio agricolo.

Sulla base dei risultati di alcune simulazioni preliminari, dei dati riportati nella letteratura tecnica e di precedenti esperienze maturate analizzando il comportamento di alcuni dei corsi d'acqua qui in esame e di altri fiumi e torrenti con caratteristiche geometriche ed idrauliche simili a quelle qui considerate, agli elementi bidimensionali che nel modello sono stati utilizzati per schematizzare le parti più larghe del reticolo idrografico sono stati attribuiti valori del coefficiente di resistenza differenziati a seconda che rappresentino l'alveo centrale o, invece, le zone di golena e di sponda adiacenti. Per i corsi d'acqua indagati, ai parametri che esprimono le resistenze al moto della corrente si sono attribuiti i seguenti valori:

- per l'Alpone, valori di $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per l'alveo centrale e di $15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le zone golenali e di sponda, nel tratto compreso tra la confluenza con il Chiampo e l'immissione in Adige, differenziando tuttavia opportunamente tali valori, sulla base di riscontri di taratura eseguiti in precedenti studi, nel tratto rettilineo compreso tra la confluenza con il Tramigna e la posizione dell'ora rimosso ponte della Motta a San Bonifacio ($30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ in alveo e $60 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ sulle sponde) e nel tratto a valle della posizione del ponte stesso, della lunghezza di circa 1800 m, caratterizzato dalla presenza di numerose curve ($15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ in alveo e $15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ sulle sponde);
- per il Tramigna, valori di $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per l'alveo centrale e di $15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le zone golenali e di sponda, nel tratto terminale della lunghezza di circa 1800 m, a monte della confluenza con l'Alpone.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small> <small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	51 di 186

- Agli elementi unidimensionali utilizzati per schematizzare la rimanente parte del reticolo idrografico si è assegnata una scabrezza secondo Strickler pari, invece, ai seguenti valori:
- per l'Alpone, valori di $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, nel tratto a monte della confluenza con il Chiampo;
- per il Tramigna, valori di $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, nel tratto a monte di Soave con fondo e sponde in terra, e di $30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, nel tratto in attraversamento del centro abitato dove le sponde sono costituite da muri in materiale lapideo e laterizio e/o calcestruzzo, con o senza rivestimento in malta cementizia;
- per il Chiampo, valori di $22 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, nel tratto a monte della confluenza con l'Alpone;
- per l'Aldegà, valori di $22 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, nel tratto terminale, a monte della confluenza con il Chiampo;
- per il Degora e tutta la rete di canali secondari a superficie libera, valori di $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$;
- per i tratti tombinati della rete di canali secondari, generalmente costituiti da scatolari in calcestruzzo, valori di $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (prudenziali quindi)
- per il Fibbio, l'Illasi (tratto vallivo), il Mezzane, il Prognolo, l'Antanello, la fossa Gardesana e il Rio Acquetta, valori di $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ e per l'Illasi nel tratto montano, valori di $10\text{-}15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$;
- per i canali SAVA e LEB, rivestiti in calcestruzzo, valori di $40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.

Agli elementi bidimensionali dello schema di calcolo che descrivono le zone edificate, le aree agricole o a verde e le infrastrutture viarie sono stati infine attribuiti valori del coefficiente di scabrezza di Strickler pari rispettivamente a $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, $15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ e $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.

4.1.5 Valutazioni preliminari

Come in parte accennato ai paragrafi precedenti, prima di valutare le condizioni di deflusso delle massime portate nei sistemi idrografici interessati dalla nuova linea AV-AC nel tratto Verona-Montebello, per la messa a punto del modello

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small> <small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>	52 di 186

bidimensionale agli elementi finiti si sono condotte alcune simulazioni di calcolo preliminari i cui risultati sono di seguito sinteticamente illustrati.

Analisi di sensibilità del modello alle variazioni dei coefficienti di scabrezza.

Si sono considerate variazioni dei coefficienti di scabrezza attribuiti ai diversi elementi bidimensionali e uni-dimensionali che costituiscono lo schema di calcolo del territorio indagato con il modello matematico. In particolare, per i corsi d'acqua si sono adottati valori compresi tra $10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ e $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, secondo Strickler. I risultati ottenuti, evidenziano, ovviamente, variazioni delle quote idrometriche lungo gli alvei. Valori più scabri ($10\text{-}15 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$) determinano livelli più elevati, mentre i valori più lisci ($25\text{-}30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$) forniscono livelli più bassi, determinando quindi, in caso di esondazione, anche le estensioni delle aree di allagamento sul territorio adiacente ai corsi d'acqua in esame. Alla luce di tali risultati e di precedenti studi eseguiti dagli scriventi nell'ambito territoriale qui indagato, si sono quindi adottati per il fondo e le sponde degli alvei i valori del coefficiente di scabrezza sostanzialmente variabili da $15 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ a $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ a seconda del tratto considerato.

Variazioni di livello imposte nei nodi di valle del sistema.

Si sono valutate variazioni di livello imposte nei nodi di valle del reticolo di calcolo, in corrispondenza delle sezioni terminali del canale SAVA, del fiume Alpone e del rio Acquetta. Nella situazione esaminata, considerando diversi valori per i livelli adottati in tali sezioni terminali, si è riscontrato che le variazioni di livello non interferiscono sostanzialmente con le condizioni di deflusso nei tratti dei corsi d'acqua di interesse, in particolare in corrispondenza delle sezioni di attraversamento della nuova linea ferroviaria. Gli effetti di tali variazioni di livello nelle sezioni terminali di valle sono, invece, sostanzialmente nulli sulle altezze d'acqua di allagamento sul terreno che si producono, per esondazione dagli alvei, in corrispondenza del tracciato previsto per la realizzazione della nuova linea AV-AC.

Deflusso in condizioni di minima portata.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>
<small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	53 di 186	

Si sono eseguite anche simulazioni di calcolo considerando immissioni di portata ridotte in corrispondenza dei nodi di monte dello schema, per individuare le cosiddette condizioni “di regime” che rappresentano lo stato iniziale del sistema a cui si sovrappongono gli effetti delle successive propagazioni in moto vario delle piene considerate.

4.2 Verifica idraulica per la configurazione attuale dei luoghi

Per valutare le condizioni di deflusso delle massime portate nei sistemi idrografici interessati dalla nuova linea AV nel tratto Verona-Montebello si è utilizzato il modello uni-bidimensionale messo a punto come descritto precedentemente, considerando gli eventi di piena generati da precipitazioni con tempo di ritorno di 100 anni e 300 anni e durata di 24 ore.

Per i sistemi idrografici principali Fibbio-Illasi e Chiampo-Alpone, con tutti i rispettivi affluenti, si sono considerati eventi di piena centenari e tricentenari, mentre per i sistemi idrografici di bassa pianura, con ricettori finali gli scoli Sarega, Zerpano e Togna, si sono inizialmente considerati eventi di piena con tempo di ritorno pari a 30 anni significativo per i bacini di bonifica e $Tr=100$ anni per congruenza con il sistema idrografico oggetto di verifica idraulica..

Gli incrementi di portata passando da $Tr=30$ a $Tr=100$ anni non superano i 13 m^3/s nella totalità del bacino di pianura dello Zerpano in destra Alpone (51 km^2 , la parte modellata) e i 16 m^3/s nella totalità del bacino di pianura del Fratta-Togna in sinistra Alpone (66 km^2 , la parte modellata). Rispetto alla situazione $Tr=30$ anni l'incremento percentuale della portata al colmo è dell'ordine del 30%.

Circa il 50% della superficie del bacino Zerpano è ubicata a valle dell'infrastruttura AV/AC e quindi l'incremento di portata generata a monte della linea AV/AC (su una lunghezza di circa 9 km) è dell'ordine di $6\div 7 m^3/s$.

Circa $2/3$ della superficie del bacino Fratta-Togna è infine ubicata a valle dell'infrastruttura AV/AC e quindi l'incremento di portata generata a monte della linea AV/AC (su una lunghezza di circa 12 km) è dell'ordine di $5\div 6 m^3/s$.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>

Tali valori sono poco significativi, e tanto più è vero nel bacino Zerpano, in quanto le portate fuoriuscite in sinistra dal torrente Illasi, senza rotte arginali, sono superiori a 100 m³/s.

4.2.1 Ante operam

4.2.1.1 Ante operam con assenza di rotte (scenario 0)

4.2.1.1.1 Scenario 0 – verifica con Tr=300 anni per la rete maggiore e Tr=30 anni per la rete consortile

Tenuto conto delle osservazioni sopra riportate, come condizioni al contorno nei nodi di monte ed intermedi dello schema di calcolo, sono stati utilizzati, per l'evento sintetico con tempo di ritorno di 300 anni, gli idrogrammi di portata valutati per i sistemi Fibbio, Alpone e Zerpano-Togna riportati rispettivamente in Fig. 4.4, in Fig. 4.5 e in Fig. 4.7.

La simulazione di calcolo, della durata complessiva di 360 ore, è stata condotta con il modello uni-bidimensionale, ipotizzando l'assenza di fenomeni di rotta e/o di cedimento arginale (scenario 0) e quindi anche delle conseguenti fuoriuscite d'acqua dai varchi. In questo modo, i risultati del calcolo, fatta salva la consistenza e la tenuta delle difese di sponda, consentono di evidenziare le parti della rete idrografica in esame che, nella situazione attuale, sono da ritenere idraulicamente più critiche, essendo prima e più frequentemente soggette a fenomeni di tracimazione arginale e di esondazione.

I risultati più significativi della simulazione modellistica eseguita, costituiti, per gli scopi della presente indagine, dalle mappe delle aree allagate in cui sono rappresentate, a scala di colori, sia la progressiva estensione nel tempo delle altezze della lama d'acqua sul terreno, sia la massima altezza di tale lama d'acqua raggiunta nel corso della simulazione stessa in tutti i punti del dominio di calcolo (involuppo delle altezze massime), sono riportati per l'evento considerato nell'allegato 5.1 e 5.2 e, in scala grafica ridotta, anche in Fig. 4.9. Per considerare le velocità con cui si muovono sul territorio allagato le acque fuoriuscite dagli alvei dei corsi d'acqua, nell'allegato 5.3 è invece riportata la distribuzione delle velocità massime delle onde di sommersione,

rappresentandone il modulo con una scala di colori e la direzione mediante frecce orientate.

Relativamente agli effetti dell'evento di piena tricentenario sui sistemi idrografici in esame, sulla base dei risultati della simulazione eseguita con il modello unidimensionale sopra citati, si possono formulare le osservazioni di seguito riportate.

- Secondo i risultati del calcolo, le fuoriuscite d'acqua dagli alvei superando le sponde dei corsi d'acqua non arginati e le tracimazioni arginali in quelli invece arginati e/o pensili sul territorio adiacente, sia nel sistema Fibbio-Illasi, sia nel sistema Chiampo-Alpone, hanno origine tra la 25^a e la 30^a ora della simulazione. Nell'allegato 5.1 sono riportate le aree di allagamento sul territorio in alcuni istanti successivi, vale a dire al tempo T=35, 50, 70, 150 ore della stessa simulazione.
- Lungo il Fibbio, le prime esondazioni si verificano già nel territorio di San Martino Buon Albergo a valle di località Ferrazze. Procedendo verso valle, le acque di allagamento restano in buona parte contenute nella porzione del territorio compreso tra il Fibbio stesso e le rogge che si diramano dal corso d'acqua o che vi confluiscono lungo il suo percorso e sono rallentate dalla presenza del rilevato della ferrovia esistente, prima, e da quello dell'autostrada A4, poi, con ristagni d'acqua che si accumulano nelle zone più depresse del territorio. Le acque esondate defluiscono lentamente verso valle attraverso i tombini dei fossati esistenti e anche attraverso i sottopassi pedonali e/o stradali o, rientrando in alveo, lungo i corsi d'acqua principali. Acque del Fibbio, che nel calcolo si è ipotizzato possano fuoriuscire dall'alveo a Montorio, in una posizione posta ancora più a nord del limite settentrionale dello schema di calcolo, allagano anche i terreni compresi tra San Michele Extra e San Martino stessa. Anche nel territorio attraversato dall'Antanello e dalla fossa Gardesana si verificano allagamenti, sia a nord, sia a sud del tracciato autostradale, interessando via via le località Campalto, Giaroni, Centegnano e Mambrotta. Tutte le acque di allagamento fuoriuscite dai corsi d'acqua principali e secondari del

sistema Fibbio, Antanello e fossa Gardesana si dirigono negli istanti successivi, secondo le linee di pendenza dei terreni e rimanendo confinate entro i rilevati esistenti, in direzione sud-est, verso la comune confluenza dei citati corsi d'acqua nel canale SAVA in comune di Zevio, dove arrivano peraltro anche gli apporti dell'Illasi e del Prognolo. Le acque si accumulano tra il canale SAVA stesso e l'arginatura del tratto terminale del Fibbio. In tale zona arriva anche una parte delle acque esondate dagli alvei degli affluenti di destra dell'Illasi, vale a dire il Marcellise e il Progno Mezzane, che sono a loro volta inadeguati a convogliare portate con tempo di ritorno di 300 anni.

- Lungo l'Illasi, le prime tracimazioni dell'argine sinistro si verificano sia a nord dell'attraversamento autostradale, dove l'alveo del torrente si restringe in corrispondenza di una curva verso ovest, sia a sud dello stesso attraversamento, all'altezza della confluenza con il Progno Mezzane. Le acque di esondazione si dirigono in direzione sud-est ed allagano il territorio della bonifica nei bacini Biniega-Sarega e Zerpano. Le acque sono solo in parte raccolte dagli alvei della rete locale di bonifica, poiché i canali sono di per sé sollecitati dalle portate che si originano nel territorio della bassa pianura, e quindi, in gran parte scorrono sui terreni coinvolgendo abbastanza pesantemente l'abitato di Belfiore e più a valle, sempre in direzione sud-est, le campagne comprese tra l'argine destro dell'Alpone e il canale LEB. In buona sostanza, tutte le acque esondate dai corsi d'acqua compresi tra l'Illasi, ad ovest, e l'Alpone, ad est, quindi quelle dei canali della bonifica zerpana e anche quelle del Prognolo e del Tramigna, defluiscono, come sopra accennato, verso i terreni compresi tra l'Alpone stesso e il LEB. Qui, prima si accumulano, raggiungendo altezze massime sul terreno di quasi 2 m, e successivamente defluiscono progressivamente attraverso le due botti sottopassanti l'Alpone, la botte Zerpana sullo scolo Masera Sud e la botte palladiana sullo scolo Sarega, e mediante il sollevamento nell'Alpone stesso, poco a monte della confluenza in Adige, di una portata pari a circa 7 m³/s con l'idrovora Zerpa.

- Il Tramigna esonda, inizialmente, a monte dell'abitato di Soave. Le acque allagano il territorio in destra del corso d'acqua e successivamente fuoriescono dall'alveo tracimando anche sui muretti di sponda che costituiscono le difese in attraversamento al centro storico, allagando l'abitato in sinistra idrografica. Negli istanti successivi le acque defluiscono verso sud arrivando ad invasare parzialmente i laghetti di pesca sportiva presenti in località Villabella di San Bonifacio, poco a sud della linea ferroviaria esistente. Con il passare delle ore, le acque arrivano nella zona di accumulo compresa tra l'Alpone e il LEB, nella parte meridionale del territorio indagato, e defluiscono quindi in sinistra Alpone attraverso le botti a sifone e/o sono sollevate nell'Alpone stesso mediante l'idrovora Zerpa.
- Nel bacino del Chiampo-Alpone, a monte della comune confluenza, nella parte est del territorio indagato, importanti fuoriuscite d'acqua dagli alvei con i relativi allagamenti si verificano sia in destra Alpone, sia tra l'Alpone e l'Aldegà e tra l'Aldegà e il Chiampo. Si tratta, tuttavia, di fenomeni di esondazione e di allagamento del territorio che non interessano il tracciato ferroviario esistente e quindi anche quello in progetto, restando confinati a nord dell'alveo arginato del torrente Chiampo. Tracimazioni potenzialmente pericolose per il tracciato ferroviario si verificano invece lungo l'argine sinistro del Chiampo stesso, a monte dell'attraversamento autostradale, e alla confluenza Tramigna-Alpone, in destra. Le acque tracimate in sinistra del Chiampo sono rallentate nel deflusso verso sud sia dal rilevato autostradale, sia da quello della strada regionale n. 11 e arrivano al rilevato ferroviario esistente, più a sud, quasi interamente convogliate nella rete idrografica di bonifica del bacino Togna, in sinistra Alpone. Le acque del Tramigna-Alpone sono invece raccolte dagli scoli Ca' Muzzoni e Dugaletta di San Bonifacio che confluiscono più a valle nel canale Masera Sud, facente parte del sistema di bonifica dello Zerpano.
- Nell'allegato 5.1, si osserva, al tempo T=150 ore della simulazione di calcolo, che le aree di allagamento sono sostanzialmente prosciugate. Le acque di sommersione del territorio rientrano, infatti, progressivamente

negli alvei principali, sia attraverso la rete idrografica secondaria non arginata, sia mediante gli impianti di sollevamento esistenti (idrovora Zerpa, idrovora Cappuccini, idrovora Degora Capri e idrovora Costalunga), e defluiscono verso i punti di immissione del canale SAVA e dell'Alpone in Adige e verso i nodi terminali considerati per gli scoli Sarega, Zerpano e Togna, nel territorio in sinistra dell'Alpone stesso.

- Una rappresentazione sintetica dei risultati del calcolo è riportata nell'allegato 5.2 e, in scala grafica ridotta, anche in Fig. 4.9. Nelle immagini sono riportate le altezze massime della lama d'acqua sul terreno raggiunte nel corso della simulazione in tutti i punti del dominio di calcolo (iniluppo delle altezze massime). In aggiunta a quanto illustrato ai punti precedenti, si osserva, in particolare, che lungo il tracciato previsto per la nuova linea ferroviaria le altezze di allagamento raggiungono valori massimi superiori a 1.5 m solo in alcuni punti nella zona attraversata dal Fibbio, tra le chilometriche km 8+500 e km 10+500. Lungo la restante parte del tracciato i valori massimi di allagamento arrivano a circa 1 m, in particolare nel territorio del Biniega-Sarega e dello Zerpano, compreso tra l'Illasi e l'Alpone, tra le chilometriche km 11+500 e km 19+000.
- Nell'allegato 5.3 è riportata la distribuzione delle velocità massime della corrente in alveo e delle onde di sommersione sul territorio soggetto ad allagamento, rappresentandone il modulo con una scala di colori, variabile tra 0 m/s e 1 m/s, e la direzione mediante frecce orientate. Ovviamente le velocità massime si sviluppano negli alvei dei corsi d'acqua, in particolare nell'alveo dell'Illasi, che ha una pendenza media nel tratto a monte dell'attraversamento autostradale pari a circa 20 m/km, in cui le velocità massime arrivano ad oltre 4 m/s. Le velocità con cui le acque di allagamento si propagano sul territorio risultano invece mediamente ben inferiori al valore di 1 m/s. Le velocità massime si verificano in corrispondenza dei punti in cui le acque fuoriescono dagli alvei dei corsi d'acqua, come lungo il Fibbio a San Martino Buon Albergo ed a sud dell'attraversamento autostradale, oppure lungo l'Illasi, sui terreni che lo affiancano in sinistra nel tratto compreso tra una sezione a

nord dell'attraversamento dell'autostrada A4 e una sezione posta all'altezza del tracciato previsto per la nuova linea ferroviaria, oppure infine lungo il Chiampo, nei punti di tracimazione arginale a monte dell'attraversamento autostradale.

- In Fig. 4.10, Fig. 4.11 e Fig. 4.12 sono riportati gli andamenti della portata in alveo calcolati in alcune sezioni significative rispettivamente del Fibbio, dell'Illasi e del Chiampo-Alpone. Si tratta di idrogrammi che evidenziano come le portate in ingresso nelle sezioni di monte si riducano via via, procedendo verso quelle di valle, in modo modesto per gli effetti della propagazione e in misura consistente per gli effetti delle esondazioni che si verificano lungo questi corsi d'acqua, di cui si è accennato ai punti precedenti. In particolare, la portata massima nel Fibbio (Fig. 4.10) si riduce dai 200 m³/s della sezione di Montorio ai poco più di 100 m³/s in ingresso a San Martino Buon Albergo. A valle dell'abitato, per effetto delle esondazioni e delle diversioni di portata attraverso le diramazioni delle rogge e delle fosse di diversione, la portata residua in alveo si riduce a poco meno di 50 m³/s e a 30-40 m³/s nel tratto terminale. Nell'Illasi (Fig. 4.11), la portata massima nella sezione di monte, superiore ai 250 m³/s, si riduce progressivamente verso valle per effetto delle tracimazioni arginali, segnalando quindi una capacità di portata del tratto terminale del corso d'acqua sostanzialmente pari a circa 100 m³/s. Nel Chiampo (Fig. 4.12), la portata massima considerata nella sezione iniziale, pari a oltre 300 m³/s, si riduce a circa 150 m³/s, a monte della confluenza con l'Alpone, per effetto delle tracimazioni arginali che si verificano in sinistra e soprattutto in destra idrografica. Qui, la portata si incrementa a circa 240 m³/s per l'apporto dell'Alpone e si mantiene su tali valori fino all'immissione in Adige, essendo questa sostanzialmente la capacità di portata del tratto terminale.

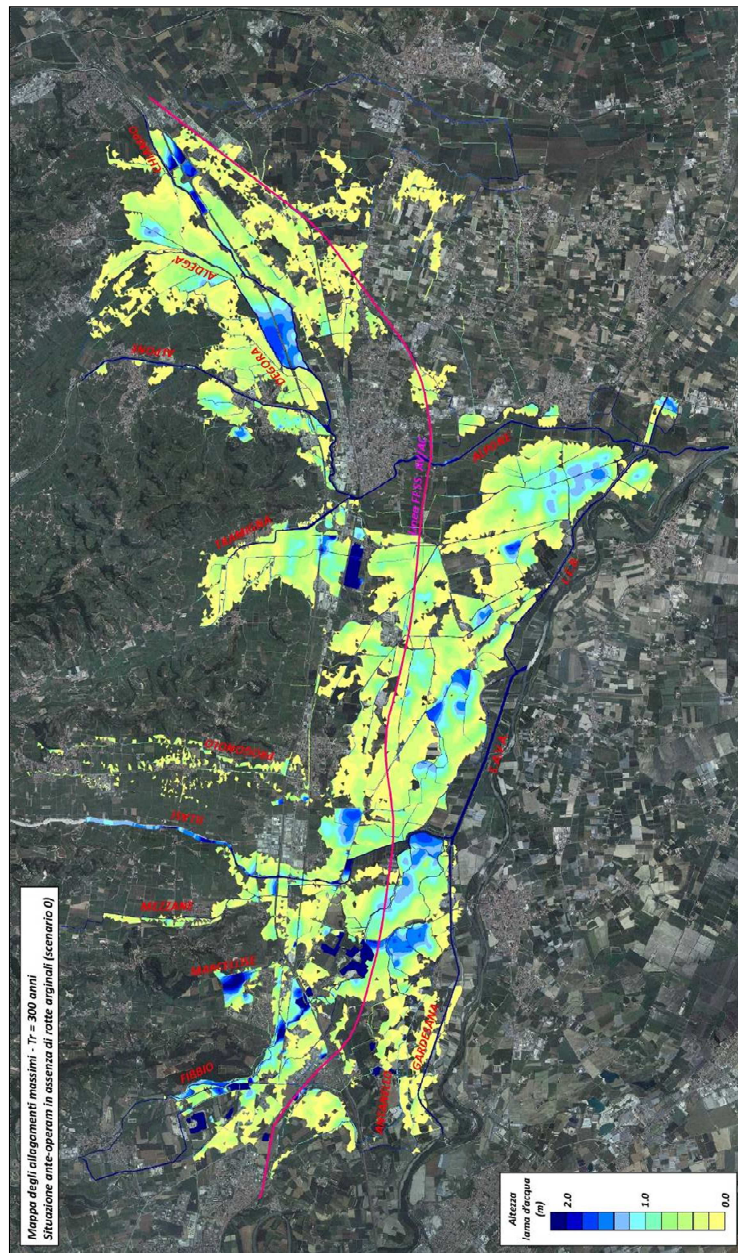


Fig. 4.9 - Evento con $Tr=300$ anni: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'involuppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello unidimensionale, nell'ipotesi di assenza di rote arginali (scenario 0), lungo i corsi d'acqua delle reti idrografiche in esame, come conseguenza delle esondazioni sulle difese di sponda dei corsi d'acqua stessi.

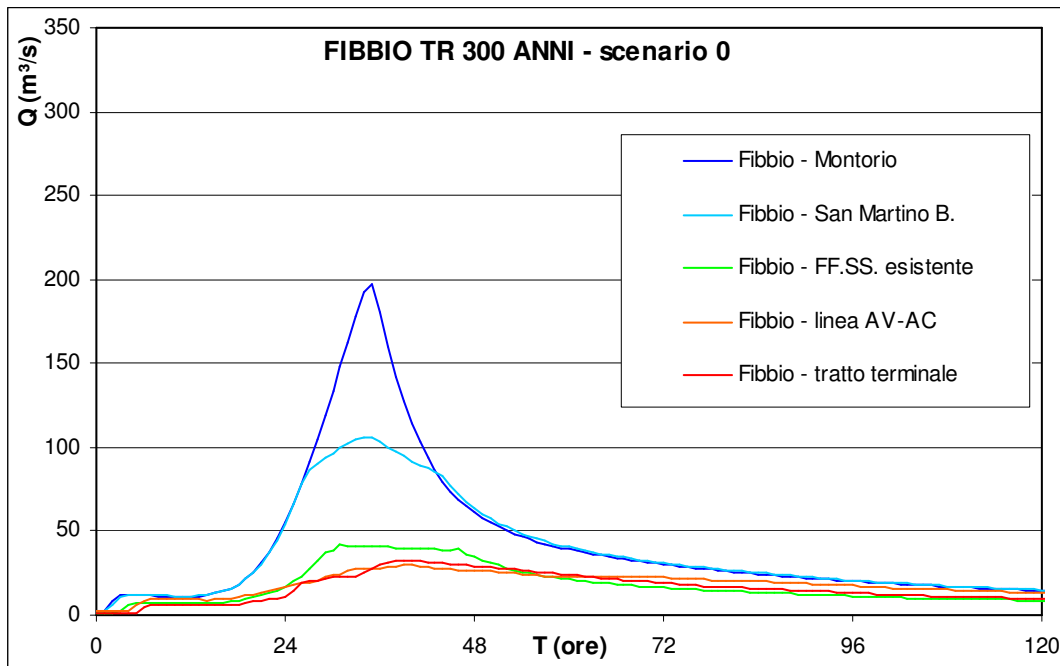


Fig. 4.10 -Evento con $T_r=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), in alcune sezioni significative del Figgio.

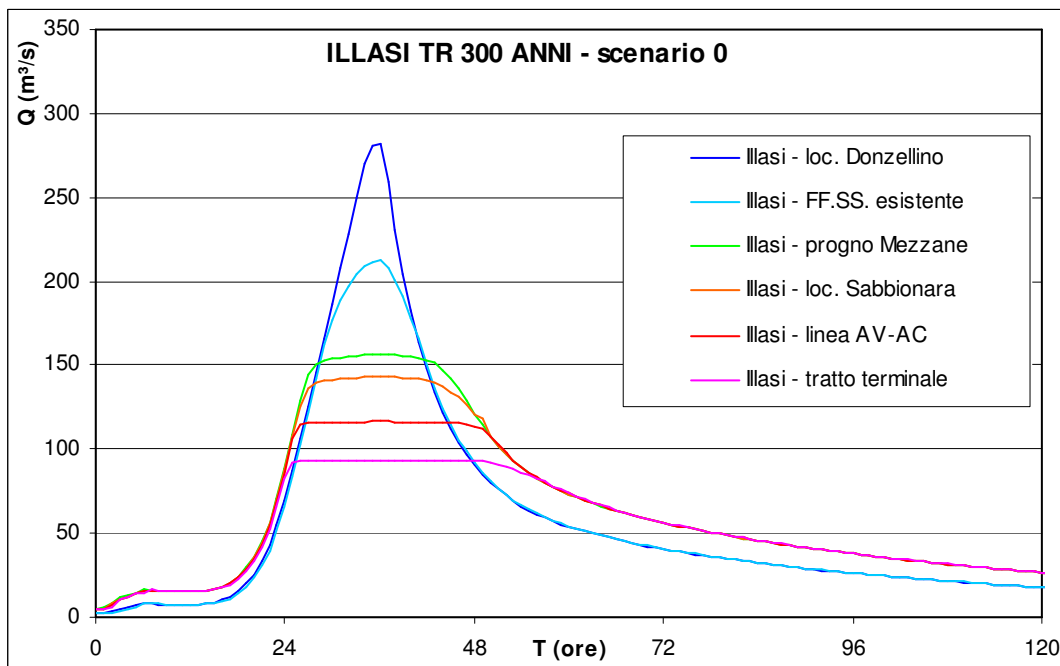


Fig. 4.11 -Evento con $T_r=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), in alcune sezioni significative dell'Illasi.

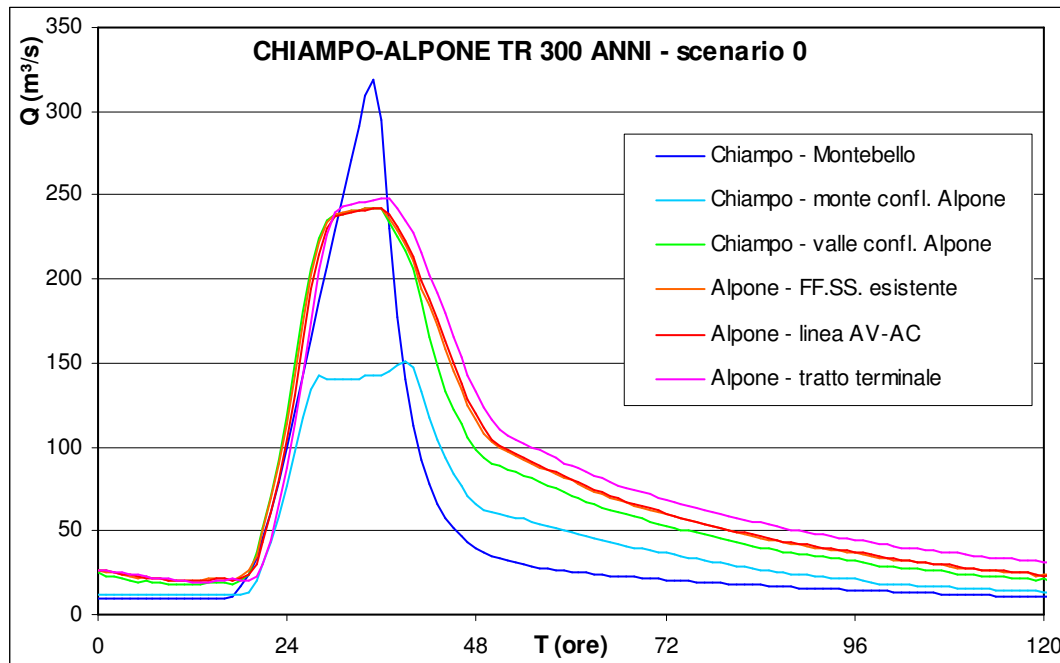


Fig. 4.12 -Evento con $Tr=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), in alcune sezioni significative del Chiampo-Alpone.

4.2.1.1.2 Scenario 0 – verifica con $Tr=100$ anni per la rete maggiore e $Tr=30$ anni per la rete consortile

La simulazione di calcolo eseguita per la situazione ante-operam studiando gli effetti di un evento di piena con tempo di ritorno di 300 anni è stata ripetuta considerando anche un evento caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 100 anni. Si tratta del valore del tempo di ritorno con cui, ad esempio, si prevede di dimensionare o si sono già dimensionati tutti gli interventi di mitigazione del rischio idraulico nel territorio del Chiampo-Alpone da parte della Regione Veneto. Tale intervallo temporale risulta assolutamente cautelativo.

In assenza di fenomeni di rotta e/o di cedimento arginale (scenario 0), i risultati della simulazione modellistica eseguita, costituiti dalla mappa delle aree allagate in cui sono rappresentate, a scala di colori, le altezze massime della lama d'acqua sul terreno raggiunte nel corso della simulazione stessa in tutti i punti

 <p>Consorzio IricAV Due</p> <p>ATI bonifica</p>	<p>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</p> <p>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V.</p> <p>2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA</p>	
	<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p>	
	<p>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</p> <p>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</p>	<p>63 di 186</p>

del dominio di calcolo (involuppo delle altezze massime), sono riportati per l'evento considerato in forma grafica ridotta, Fig. 4.13.

Con riferimento all'evoluzione dei fenomeni di propagazione delle portate di piena in alveo, delle esondazioni e tracimazioni sulle arginature e della successiva propagazione sul territorio delle acque esondate, si osserva che lo sviluppo di tali fenomeni non cambia sostanzialmente rispetto all'evento con tempo di ritorno di 300 anni. Nel caso in esame, per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni, le differenze sui risultati rispetto al caso precedente consistono in una riduzione dell'estensione complessiva delle aree allagate e dei volumi di allagamento. In particolare, le aree di allagamento si riducono da circa 66 km², per Tr=300 anni, a circa 54 km², per Tr=100 anni, mentre i corrispondenti volumi di allagamento decrescono da circa 42×10⁶ m³, per Tr=300 anni, a circa 32×10⁶ m³, per Tr=100 anni.

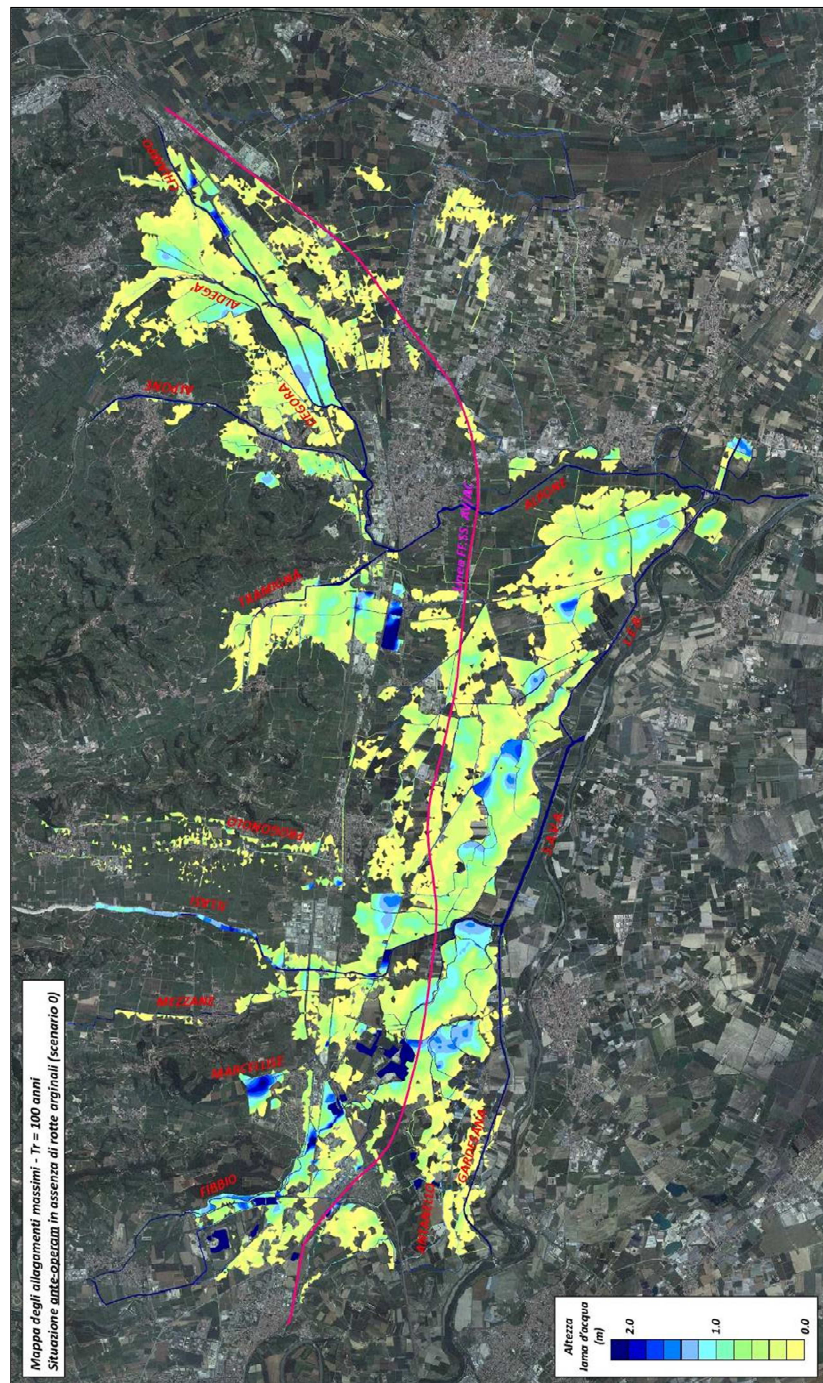


Fig. 4.13 - Evento con $Tr=100$ anni: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'involuppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello unidimensionale, nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), lungo i corsi d'acqua delle reti idrografiche in esame, come conseguenza delle esondazioni sulle difese di sponda dei corsi d'acqua stessi

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA
<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small> 65 di 186 <small>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>

4.2.1.1.3 Scenario 0 – verifica con $Tr=100$ anni per la rete maggiore e $Tr=100$ anni per la rete consortile

Come anticipato precedentemente ulteriore verifica idraulica è stata condotta nel caso di un tempo di ritorno centennale anche per la rete minore. Tale configurazione, che risulta essere apparentemente una “forzatura”, è stata comunque oggetto di attenzione sia per la congruenza del tempo di ritorno applicato all'intero sistema idrografico sia perché tale intervallo temporale risulta elemento di progettazione e valutazione degli interventi da parte delle Autorità competenti.

La verifica centennale sia della rete maggiore che della rete minore è stata condotta solo per il caso dello scenario 0, ovvero quello in assenza di rotte, dal momento che tale analisi risulta mirata alla valutazione delle possibili variazioni del PAI; quest'ultimo documento, nella mappatura, non prevede, infatti, né la verifica della rete consortile né l'ipotesi di possibili rotte.

Per la rete secondaria si sono pertanto considerati, apporti riferibili a un tempo di ritorno di 100 anni (Fig. 4.8), invece che ad eventi con tempo di ritorno di 30 anni (Fig. 4.7).

In assenza di fenomeni di rotta e/o di cedimento arginale (scenario 0), i risultati della simulazione modellistica eseguita, costituiti dalla mappa delle aree allagate in cui sono rappresentate, a scala di colori, le altezze massime della lama d'acqua sul terreno raggiunte nel corso della simulazione stessa in tutti i punti del dominio di calcolo (involuppo delle altezze massime), sono riportati per l'evento considerato in forma grafica ridotta in figura 5.6

L'evoluzione dei fenomeni di propagazione delle portate di piena in alveo, delle esondazioni e tracimazioni sulle arginature e della successiva propagazione sul territorio delle acque esondate non cambia sostanzialmente rispetto a quanto illustrato al paragrafo 5.1.1.2 per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni e apporti trentennali nella rete della bonifica. Nel caso in esame, per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni in tutto il territorio indagato, le differenze sui risultati rispetto al caso precedente consistono in un incremento dell'estensione

complessiva delle aree allagate e dei volumi di allagamento, concentrati nei bacini dello Zerpano, in destra Alpone, e del Togna Fratta, in sinistra Alpone. In particolare, le aree di allagamento si incrementano da circa 53.5 km² a circa 55.5 km², mentre i corrispondenti volumi di allagamento aumentano da circa 32.5×10⁶ m³ a circa 33.5×10⁶ m³, come illustrato nella tabella sottostante

Simulazione		Sup. allagata (10 ⁶ m ²)	Vol. allagamento (10 ⁶ m ³)
Ante-operam	scenario 0	Tr100	53.7
		Tr100-Tr100	55.5

Tab. 4.1 – Valori calcolati delle superfici allagate e dei volumi di allagamento massimi, nelle diverse situazioni e condizioni idrologiche indagate con il modello unidimensionale.

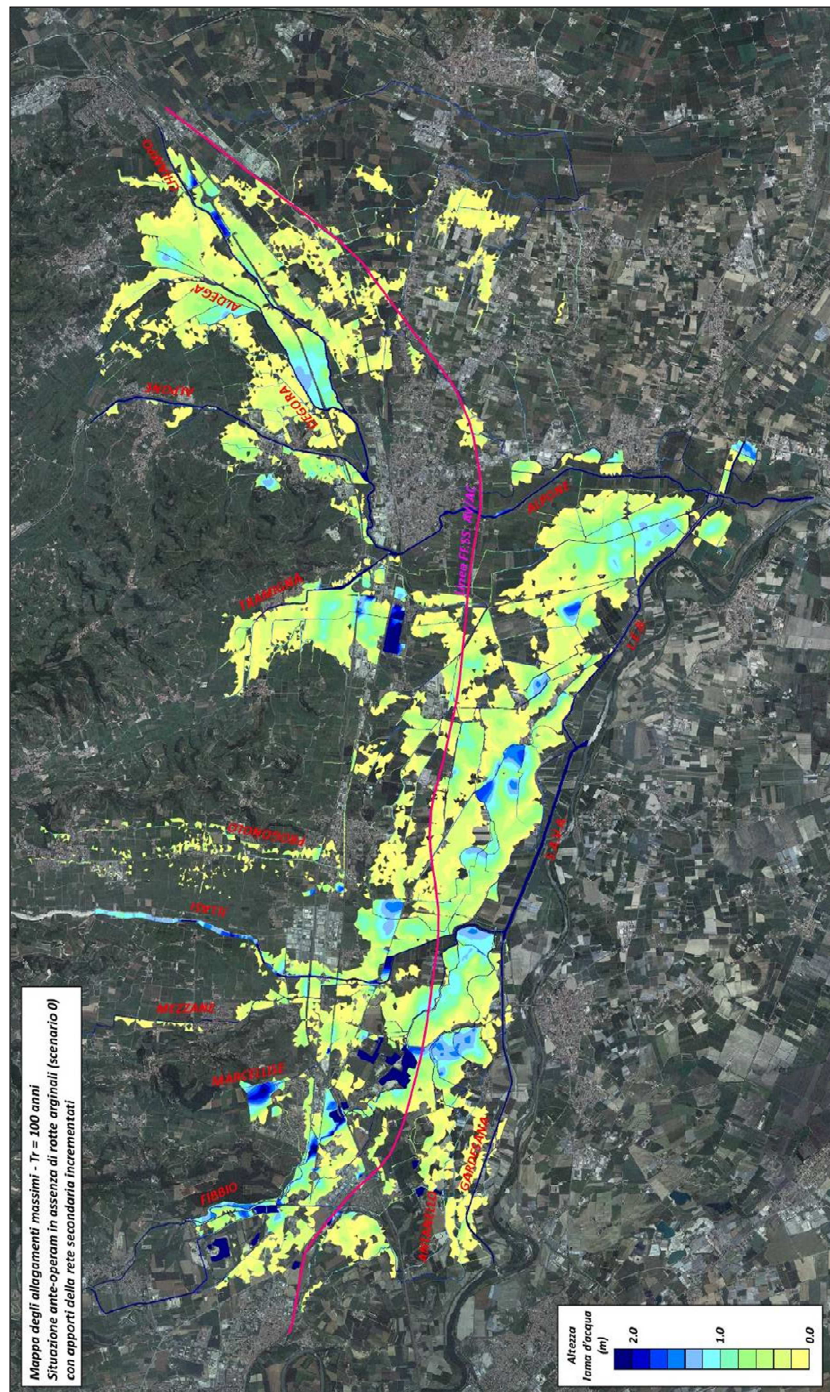


Fig. 4.14 -Evento con $T_r=100$ anni e apporti della rete secondaria incrementati: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'involuppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello uni-bidimensionale, nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), lungo i corsi d'acqua delle reti idrografiche in esame, come conseguenza delle esondazioni sulle difese di sponda dei corsi d'acqua stessi.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>

4.2.1.2 Ante operam con presenza di rotte (scenario 1,2 e 3)

I risultati ottenuti con le simulazioni condotte con il modello uni-bidimensionale, illustrati ai precedenti paragrafi 4.2.1.1.1. e 4.2.1.1.2, hanno consentito di constatare che tracimazioni arginali si verificano lungo alcuni corsi d'acqua principali che attraversano il territorio in esame con arginature che si elevano di alcuni metri sui terreni adiacenti, come ad esempio l'Illasi e il Chiampo-Alpone.

In tali casi, in condizioni di incipiente sormonto e/o di tracimazione delle arginature, fa seguito molto spesso un cedimento iniziale dell'argine stesso con successiva rotta e apertura di un varco nella difesa, attraverso la quale generalmente fuoriesce una gran parte della portata in arrivo da monte.

Per valutare condizioni di allagamento ancor più gravose per il territorio attraversato dalla nuova linea ferroviaria, si sono considerati allora ulteriori scenari di calcolo, relativi al verificarsi di possibili rotte arginali che si potrebbero innescare in corrispondenza delle prime zone di sormonto delle arginature di difesa dell'Illasi e del Chiampo-Alpone, nelle posizioni più prossime al tracciato della nuova linea ferroviaria stessa. In particolare:

- nello scenario 1 si è considerata la formazione di una rotta nell'argine sinistro dell'Illasi, a monte dell'attraversamento della ferrovia esistente, in corrispondenza di una curva verso ovest del corso d'acqua, e di una rotta anche lungo l'argine sinistro del Chiampo, a monte dell'attraversamento dell'autostrada A4, all'altezza del casello autostradale di Montebello;
- nello scenario 2 si è considerata la formazione di una rotta nell'argine sinistro dell'Illasi, a valle della confluenza del Progno Mezzane e del Marcellise, in corrispondenza di una curva verso sud del corso d'acqua, e di una rotta anche lungo l'argine destro della confluenza Alpone-Tramigna, nella posizione in cui si è verificato un cedimento/rotta dell'argine, per sormonto, durante l'evento del maggio 2013.
- nello scenario 3 si è considerata la formazione di una rotta nell'argine destro dell'Illasi, poco a valle della confluenza del Progno Mezzane e del Marcellise.

 <p>Consorzio IricAV Due</p> <p>ATI bonifica</p>	<p>Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA</p>					
<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="692 259 1161 286">PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO</td> <td data-bbox="1161 259 1321 286">REV.</td> <td data-bbox="1321 259 1511 286">69 di 186</td> </tr> <tr> <td colspan="3" data-bbox="692 286 1511 315">IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</td> </tr> </table>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO	REV.	69 di 186	IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO	REV.	69 di 186				
IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX						

Tali scenari, caratterizzati da ipotetiche rotte arginali la cui posizione è riportata in Fig. 4.15, sono stati indagati considerando gli eventi di piena con tempo di ritorno di 100 anni e di 300 anni e, per valutare le condizioni di allagamento più gravose per il territorio adiacente alla rete idrografica in esame, simulando la formazione della rotta attraverso gli effetti di un cedimento che apra sul corpo arginale una breccia che si vada progressivamente e rapidamente ampliando per l'azione erosiva della corrente effluente, senza tenere conto di un intervento di emergenza per tamponare il varco così formatosi.

I risultati ottenuti sono di seguito illustrati.

4.2.1.2.1 Scenario 1 – Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine sinistro del Chiampo

Nelle simulazioni eseguite per lo scenario 1 si è ipotizzata la formazione di una rotta nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine sinistro del Chiampo, nelle posizioni 1 segnalate in Fig. 4.15, dopo che si siano verificati proprio in quelle posizioni i sormonti sulle difese interessate.

Le simulazioni hanno una durata di 360 ore e, nelle ipotesi assunte, l'apertura della breccia nell'argine dell'Illasi ha origine circa all'istante $T=30.5$ ore, per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni, e all'istante $T=29$ ore, per quello tricentenario, con portata fluente in alveo di circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$, come si rileva osservando gli andamenti della portata calcolati con il modello unidimensionale in corrispondenza della rotta stessa (Fig. 4.16).

Il varco sulla difesa sinistra del Chiampo si verificherebbe in un istante poco diverso della piena, verso la 30^a ora della simulazione di calcolo, per l'evento centenario, e poco dopo della 28^a ora, per l'evento con $T_r=300$ anni, con portata in arrivo da monte di circa $170 \text{ m}^3/\text{s}$ (Fig. 4.17).

Considerando il cedimento completo delle difese, fino quasi alla quota del terreno esterno agli alvei, con altezze del varco pari a 2.2 m per l'Illasi ed a 4 m per il Chiampo, e il rapido allargamento di ciascuna breccia fino ad una larghezza finale di circa 50 m, la portata in uscita dagli alvei stessi aumenterebbe nel tempo fino a raggiungere il valore massimo di circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$

e di 175 m³/s nell'Illasi, rispettivamente per Tr=100 anni e per Tr=300 anni, e di poco più di 180 m³/s nel Chiampo.

I volumi d'acqua complessivamente fuoriusciti nelle ore successive all'inizio dei fenomeni, fino alla 96^a ora di ciascuna simulazione, sono riportati con altri elementi caratteristici delle rotte nel prospetto riassuntivo di Tab. 4.2 e ammonterebbero, per gli eventi con tempo di ritorno di 100 anni e di 300 anni, a circa $(11.5\div 14.0)\times 10^6$ m³ nell'Illasi ed a circa $(7.2\div 8.8)\times 10^6$ m³ nel Chiampo.

Rispetto alla situazione attuale precedentemente indagata con lo scenario 0, senza rotte, le acque fuoriuscite dalle brecce ipotizzate determinerebbero, ovviamente, un aggravio delle condizioni di allagamento nella zona ad est dell'argine sinistro dell'Illasi ed a sud dell'argine sinistro del Chiampo, coinvolgendo, nel caso del Chiampo, anche superfici molto estese non soggette ad allagamento nella situazione senza rotte (scenario 0). In particolare, le acque in uscita dall'Illasi a monte del ponte dell'autostrada resterebbero sostanzialmente addossate all'argine sinistro del corso d'acqua. Più a valle, superato il rilevato autostradale e quello della ferrovia esistente, allagherebbero in parte l'abitato di Caldierino e si spaglierebbero verso sud-est, verso i terreni della bonifica drenati dai sistemi idrografici Biniega-Sarega e Zerpano, restando in buona parte a nord del tracciato della strada Porcilana. Le acque del Chiampo, invece, defluendo verso sud secondo la pendenza del terreno, si addosserebbero ai rilevati dell'autostrada, della strada regionale 11 e della ferrovia esistente determinando, in qualche caso, ristagni d'acqua con tiranti superiori ai 2 m, prima di defluire attraverso i passaggi esistenti (tombini, sottovia, ponti, ecc.).

Se si considerano l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento massimi, riportati nel prospetto di sintesi in Tab. 4.3, si rileva, ad esempio per il tempo di ritorno di 300 anni, che le aree allagate aumentano da 65.5 km², per lo scenario 0 senza rotte, a poco meno di 77 km², per lo scenario 1 con rotte, mentre i corrispondenti volumi di allagamento si incrementano da circa 42×10^6 m³ a circa 49×10^6 m³.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX		

In Fig. 4.18 e in Fig. 4.19 sono riportati gli andamenti della portata in alveo calcolati in alcune sezioni significative dell'Illasi e del Chiampo-Alpone. Se si confrontano le portate dell'Illasi (Fig. 4.18) con quelle calcolate per lo stesso scorso d'acqua in assenza di rotte (Fig. 4.11) si evidenzia ancora una volta l'importante fuoriuscita d'acqua attraverso la rotta ipotizzata. Si segnala, peraltro, che la portata residua in alveo resta comunque su valori elevati, quasi 150 m³/s alla confluenza con il Progno Mezzane, che si riducono, per ulteriori esondazioni, ai circa 100 m³/s fluenti nel tratto terminale.

Nel caso del Chiampo-Alpone (Fig. 4.19), la portata residua nell'alveo del Chiampo alla confluenza con l'Alpone (circa 80 m³/s) si incrementa prima a circa 180 m³/s e più a valle, per l'apporto del Tramigna, a poco meno di 200 m³/s. Nel tratto terminale, la portata massima resta quindi al di sotto del valore della capacità di portata che è di circa 240 m³/s (Fig. 4.12).

4.2.1.2.2 Scenario 2 - Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine destro dell'Alpone

Nelle simulazioni eseguite per lo scenario 2 si è ipotizzata la formazione di una rotta nell'argine sinistro dell'Illasi, all'altezza della confluenza con il Progno Mezzane, e anche nell'argine destro dell'Alpone, alla confluenza con il Tramigna, nelle posizioni 2 segnalate in Fig. 4.15, dopo che si siano verificati proprio in quelle posizioni i sormonti sulle difese.

Nelle ipotesi assunte, l'apertura della breccia nell'argine dell'Illasi ha origine circa alla 27^a ora della simulazione, per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni, e all'istante T=25.5 ore, per quello tricenario, con portata fluente in alveo di poco inferiore ai 110 m³/s, come si rileva osservando gli andamenti della portata calcolati con il modello in corrispondenza della rotta stessa (Fig. 4.20).

Il varco sulla difesa destra dell'Alpone, alla confluenza con il Tramigna, si verificherebbe in un istante successivo della piena, verso la 33^a ora della simulazione di calcolo, per l'evento centenario, e poco prima della 30^a ora, per l'evento con Tr=300 anni, con portata in arrivo da monte di circa 240 m³/s (Fig.

4.21), essendo nulla la portata del Tramigna al momento del crollo, per effetto della chiusura della paratoia di interclusione presente al ponte della S.R. n. 11.

Considerando il cedimento completo delle difese, fino quasi alla quota del terreno esterno agli alvei, con altezze del varco pari a 2.6 m per l'Illasi ed a 3.4 m per l'Alpone, e il rapido allargamento di ciascuna breccia fino ad una larghezza finale di circa 50 m, la portata in uscita dagli alvei stessi aumenterebbe nel tempo fino a raggiungere il valore massimo di circa 115 m³/s nell'Illasi e di poco più di 60 m³/s nell'Alpone.

I volumi d'acqua complessivamente fuoriusciti nelle ore successive all'inizio dei fenomeni, fino alla 96^a ora di ciascuna simulazione, sono riportati con altri elementi caratteristici delle rotte stesse nel prospetto riassuntivo di Tab. 4.2 e ammonterebbero, per gli eventi con tempo di ritorno di 100 anni e di 300 anni, a circa (14.2-15.9)×10⁶ m³ nell'Illasi ed a circa (1.8-2.7)×10⁶ m³ nell'Alpone.

Rispetto alla situazione ante-operam indagata in precedenza senza considerare le rotte arginali (scenario 0), le acque fuoriuscite dalle breccie ipotizzate determinerebbero, come per il caso dello scenario 1, un aggravamento delle condizioni di allagamento pre-esistenti e/o il coinvolgimento di nuove superfici nelle zone direttamente investite dalle acque di esondazione.

Le acque in uscita dall'Illasi, a valle del ponte sulla strada Porcilana, determinerebbero nell'area direttamente interessata dalla rotta un incremento medio di circa 40 cm delle altezze di allagamento. Le acque fuoriuscite sarebbero quindi convogliate, in parte negli alvei della rete di bonifica Biniega-Sarega e Zerpano e in parte scorrendo sul terreno, verso sud-est, andando ad interessare il territorio e l'abitato di Belfiore, prima di andare ad accumularsi nell'ampia zona di campagna delimitata dall'argine destro dell'Alpone, ad est, e dal canale LEB verso sud-ovest, nella parte meridionale del territorio indagato nell'ambito della presente indagine. Qui, le acque di allagamento si accumulerebbero e un'ampia superficie sarebbe interessata da altezze d'acqua superiori ai 2 m per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni. Ad incrementare tale invaso d'acqua temporaneo contribuirebbe anche la portata in uscita dall'argine destro dell'Alpone all'altezza della confluenza con il Tramigna. La

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small> <small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>	73 di 186

portata esondata, infatti, prima interesserebbe località Villabella di San Bonifacio, come accaduto durante la piena del 16 maggio 2013, e quindi defluirebbe lungo i canali esistenti e sul terreno verso sud, fino alla posizione dell'idrovora Zerpa, con sollevamento nell'Alpone, e delle due botti a sifone che sotto-passano l'Alpone stesso.

Se si considerano l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento massimi, riportati nel prospetto di sintesi in Tab. 4.3, si rileva, ad esempio per il tempo di ritorno di 300 anni, che le aree allagate aumentano da 65.5 km², per lo scenario 0 senza rotte, a poco meno di 72 km², per lo scenario 2 con rotte, mentre i corrispondenti volumi di allagamento si incrementano da circa 42×10⁶ m³ a circa 53×10⁶ m³.

In Fig. 4.22 e in Fig. 4.23 sono riportati gli andamenti della portata in alveo calcolati in alcune sezioni significative dell'Illasi e del Chiampo-Alpone. Nell'Illasi (Fig. 4.22), per effetto della rotta in sinistra ipotizzata in loc. Sabbionara, la portata residua in alveo nel tratto terminale del corso d'acqua si riduce a circa 50 m³/s, valore inferiore rispetto alla capacità di portata del tratto terminale (Fig. 4.11). Nel caso del Chiampo-Alpone (Fig. 4.23), la portata in arrivo nell'Alpone al punto della rotta (circa 240 m³/s) si riduce a valle di essa e per tutto il tratto terminale ad un valore di circa 200 m³/s, inferiore alla capacità di portata del tratto stesso (240 m³/s in Fig. 4.12).

4.2.1.2.3 Scenario 3 – Presenza di rotte nell'argine destro dell'Illasi

Nella simulazione eseguita per lo scenario 3, si è ipotizzata la formazione di una rotta nel solo argine destro dell'Illasi, poco a valle della confluenza con il Progno Mezzane, nella posizione 3 segnalata in Fig. 4.15, in condizioni di incipiente sormonto, vale a dire con un livello idrometrico in alveo inferiore di soli 20 cm sotto la quota dell'argine destro.

Nelle ipotesi assunte, per l'evento di piena indagato, quello con tempo di ritorno di 300 anni, l'apertura della breccia ha origine poco dopo la 27^a ora della simulazione, con portata fluente in alveo di poco inferiore ai 150 m³/s, come si

rileva osservando gli andamenti della portata calcolati con il modello in corrispondenza della rotta stessa (Fig. 4.24).

Considerando il cedimento completo dell'argine, fino quasi alla quota del terreno esterno all'alveo, con altezze del varco pari a 3.0 m, e il rapido allargamento della breccia fino ad una larghezza finale di circa 50 m, la portata in uscita dall'alveo aumenterebbe nel tempo fino a raggiungere il valore massimo di circa 115 m³/s.

Il volume d'acqua complessivo fuoriuscito nelle ore successive all'inizio del fenomeno, fino alla 96^a ora della simulazione, è riportato con gli altri elementi caratteristici della rotta stessa nel prospetto riassuntivo di Tab. 4.2 e ammonterebbe, per l'evento indagato con tempo di ritorno di 300 anni, a circa 14×10⁶ m³.

Rispetto alla situazione ante-operam, indagata in precedenza senza considerare le rotte arginali (scenario 0), le acque fuoriuscite dalla breccia ipotizzata in destra dell'Illasi determinerebbero il coinvolgimento di nuove superfici nella zona direttamente investita dalle acque di esondazione, compresa tra via Maccagnina a ovest, l'Illasi stesso a est e l'alveo del Fibbio a sud. In tale zona, come si osserva in Fig. 4.26, in cui sono riportate le altezze di allagamento in alcuni istanti successivi al verificarsi della rotta, nonché le altezze di allagamento massime, le acque in uscita dall'Illasi determinerebbero estesi allagamenti con altezze d'acqua che arriverebbero a superare i 2 m nella parte meridionale, a ridosso della sponda sinistra del Fibbio. Le acque di esondazione dell'Illasi sormonterebbero anche le arginature del Fibbio e contribuirebbero ad allagare le aree a sud del Fibbio stesso.

Se si considerano l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento massimi, riportati nel prospetto di sintesi in Tab. 4.3, si rileva che le aree allagate non aumentano rispetto a quelle valutate per lo scenario 0 senza rotte (65.5 km²), anzi si riducono, di poco (62 km²), così come i volumi di allagamento. La rotta ipotizzata in destra Illasi determina, infatti, allagamenti concentrati sui terreni in prossimità del varco e, inoltre, le acque di allagamento di quella parte del territorio sono più rapidamente smaltite al di fuori del dominio

di calcolo attraverso il canale SAVA. In sinistra Illasi, invece, per effetto della riduzione dei fenomeni di tracimazione arginale da quella parte del corso d'acqua, le aree di allagamento massime, e anche i volumi massimi, si riducono in modo significativo.

In Fig. 4.25 sono riportati gli andamenti della portata in alveo calcolati in alcune sezioni significative dell'Illasi. Per effetto della rotta in destra, la portata residua in alveo nel tratto terminale del corso d'acqua si riduce a circa 50 m³/s, valore inferiore rispetto alla capacità di portata del tratto terminale stesso (Fig. 4.11).

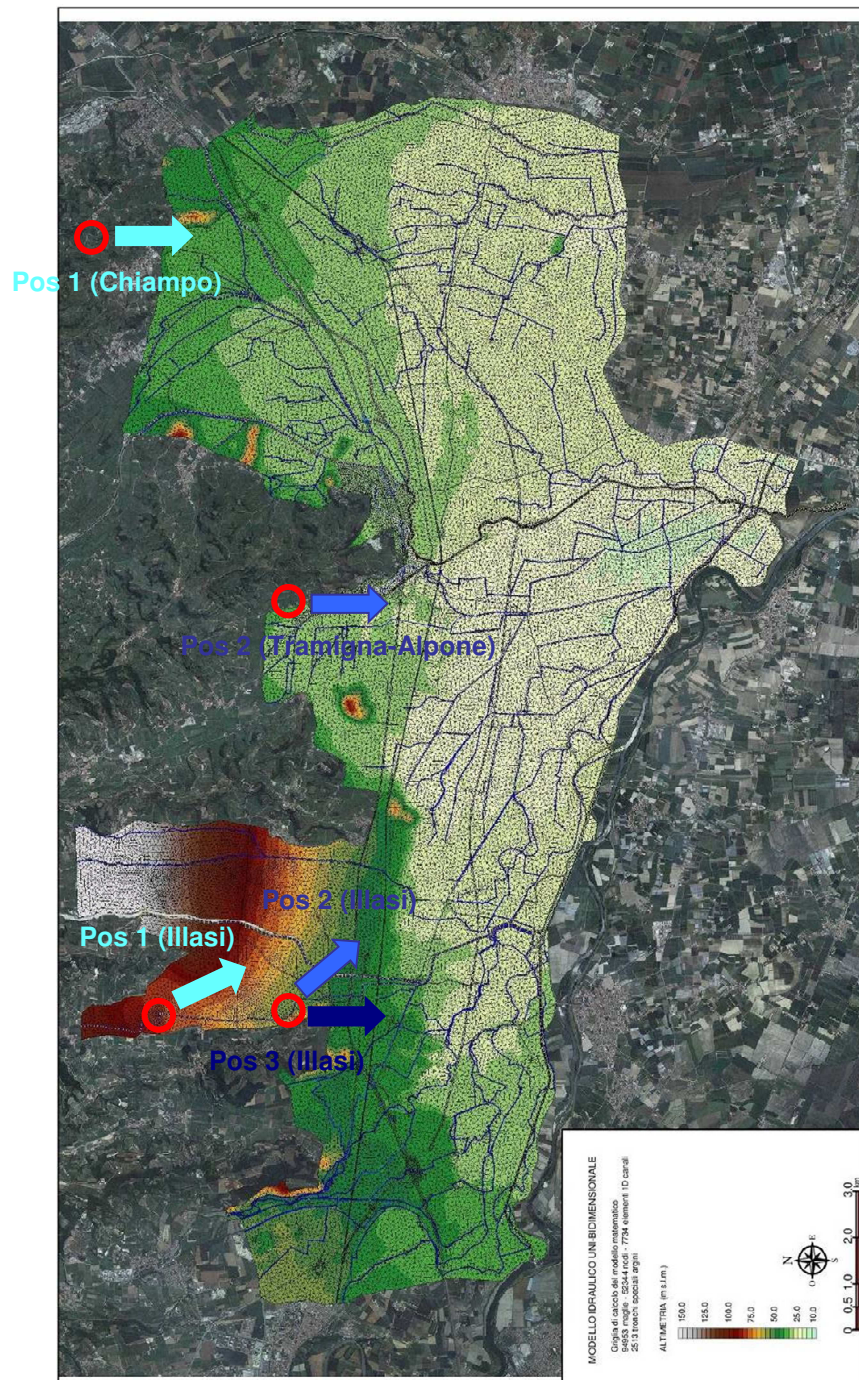


Fig. 4.15 - Rappresentazione, sull'ortofoto regionale e sul reticolo di calcolo, delle posizioni considerate per le rotte ipotizzate come conseguenza delle tracimazioni lungo gli argini sinistro e destro dell'Illasi, lungo l'argine sinistro del Chiampo e lungo l'argine destro alla confluenza Alpone-Tramigna per lo scenario 1 (pos. 1), per lo scenario 2 (pos. 2) e per lo scenario 3 (pos. 3).

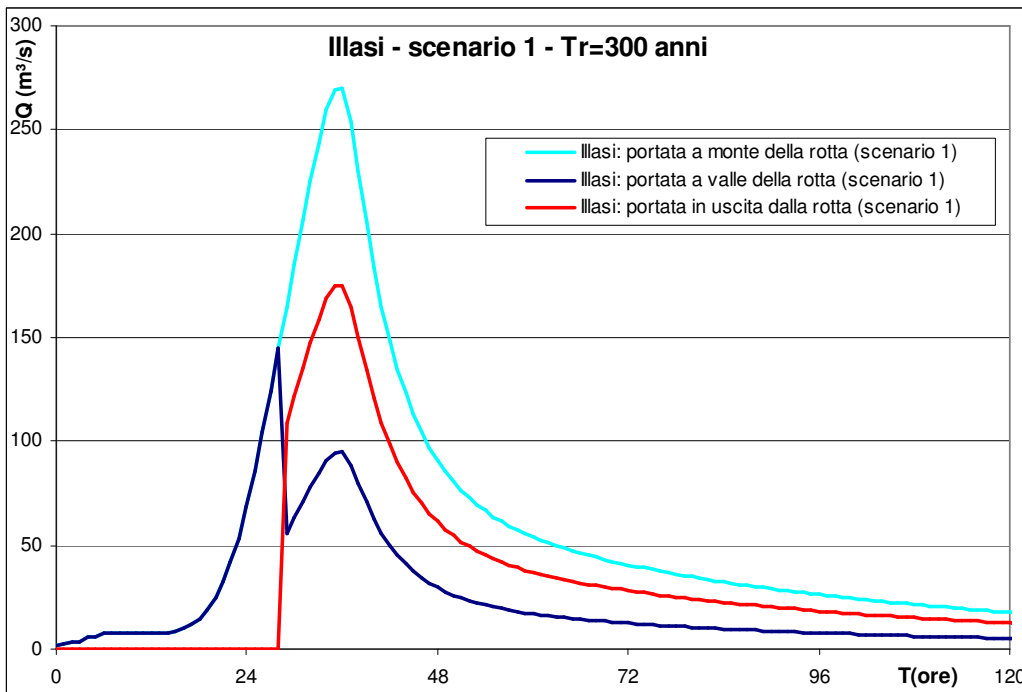
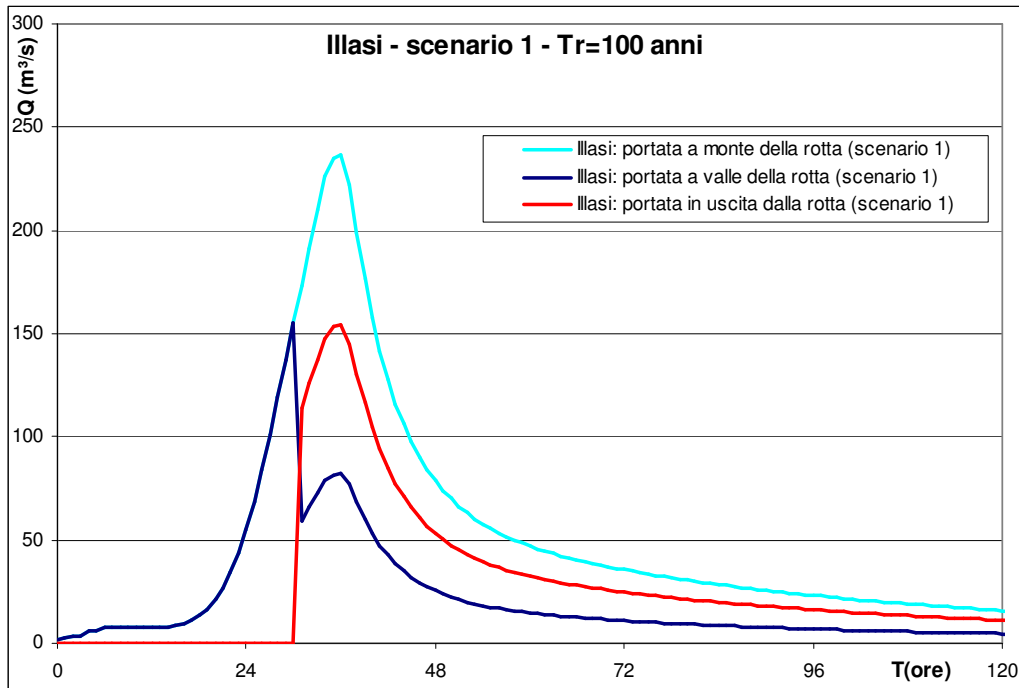


Fig. 4.16 -Scenario 1. Andamenti della portata calcolati con il modello uni-bidimensionale in corrispondenza della rotta dell'Illasi per eventi di piena con tempo di ritorno di 100 anni (sopra) e di 300 anni (sotto).

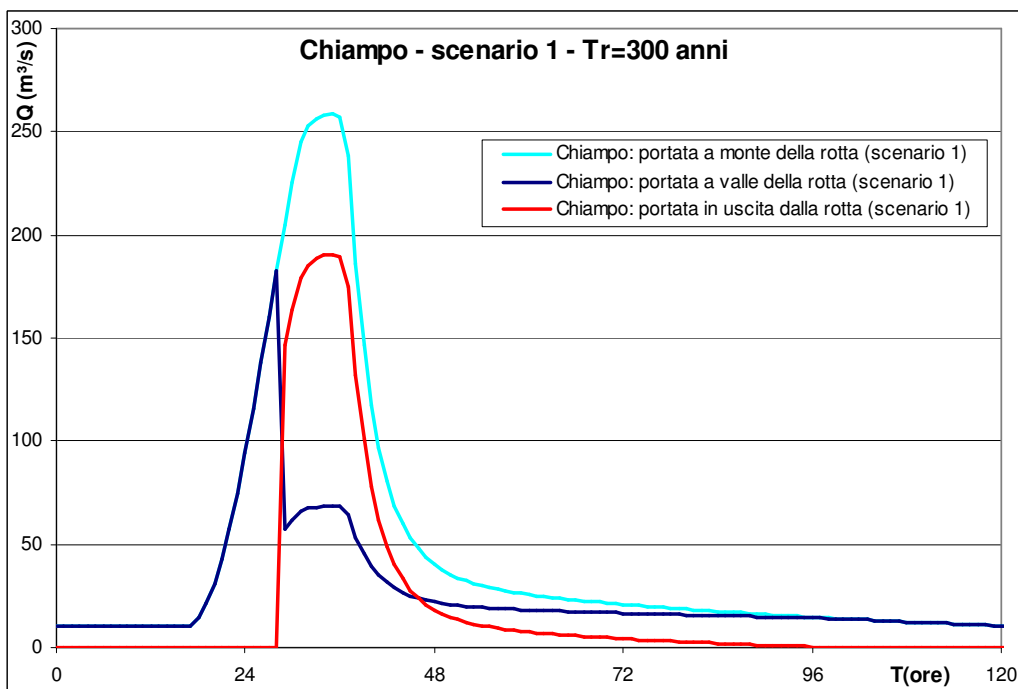
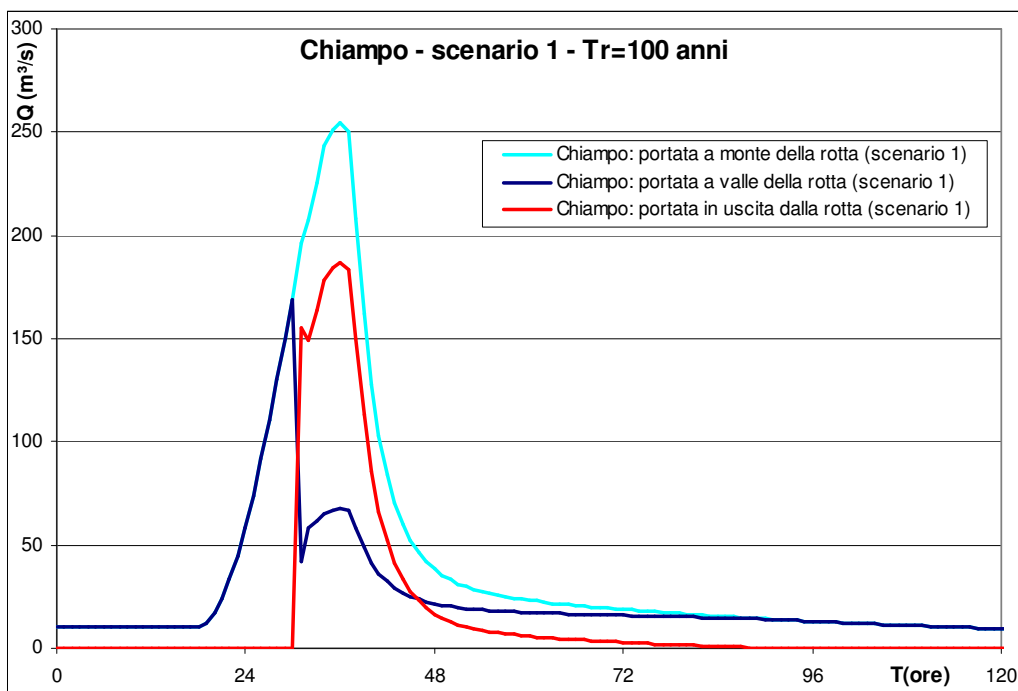


Fig. 4.17 -Scenario 1. Andamenti della portata calcolati con il modello uni-bidimensionale in corrispondenza della rotta del Chiampo per eventi di piena con tempo di ritorno di 100 anni (sopra) e di 300 anni (sotto).

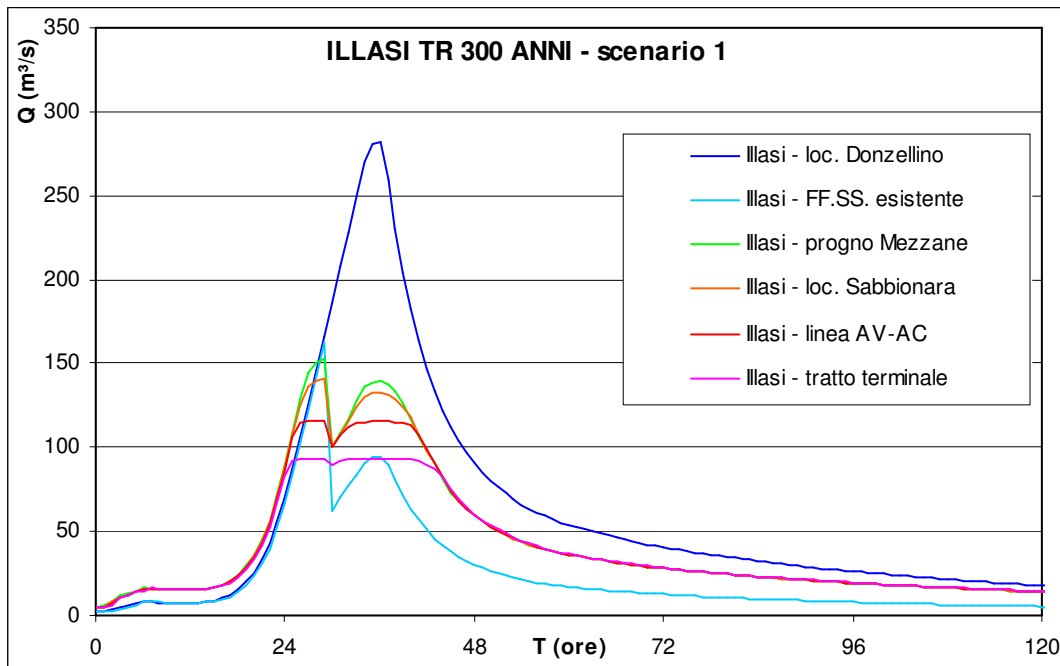


Fig. 4.18 -Evento con $Tr=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di presenza di rotte arginali (scenario 1), in alcune sezioni significative dell'Illasi.

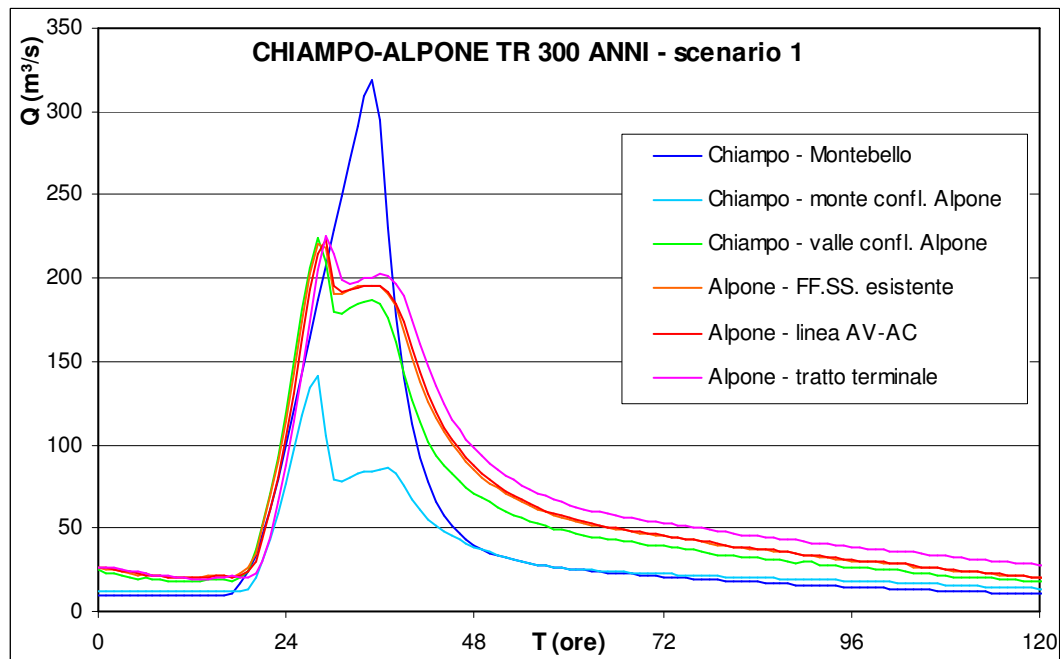


Fig. 4.19 -Evento con $Tr=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di presenza di rotte arginali (scenario 1), in alcune sezioni significative del Chiampo-Alpone.

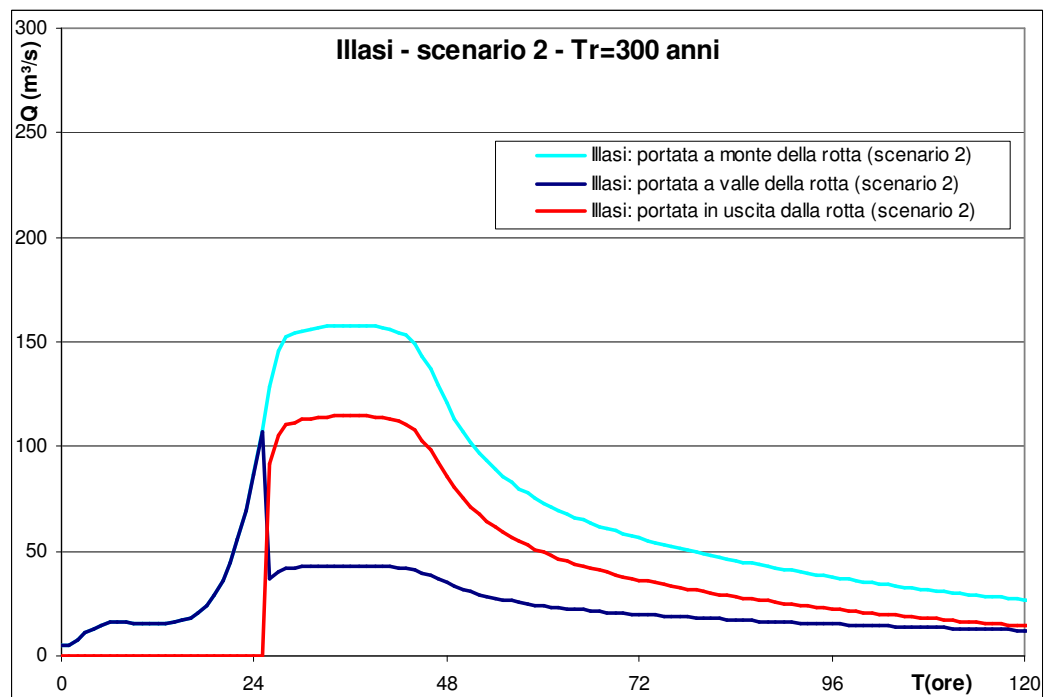
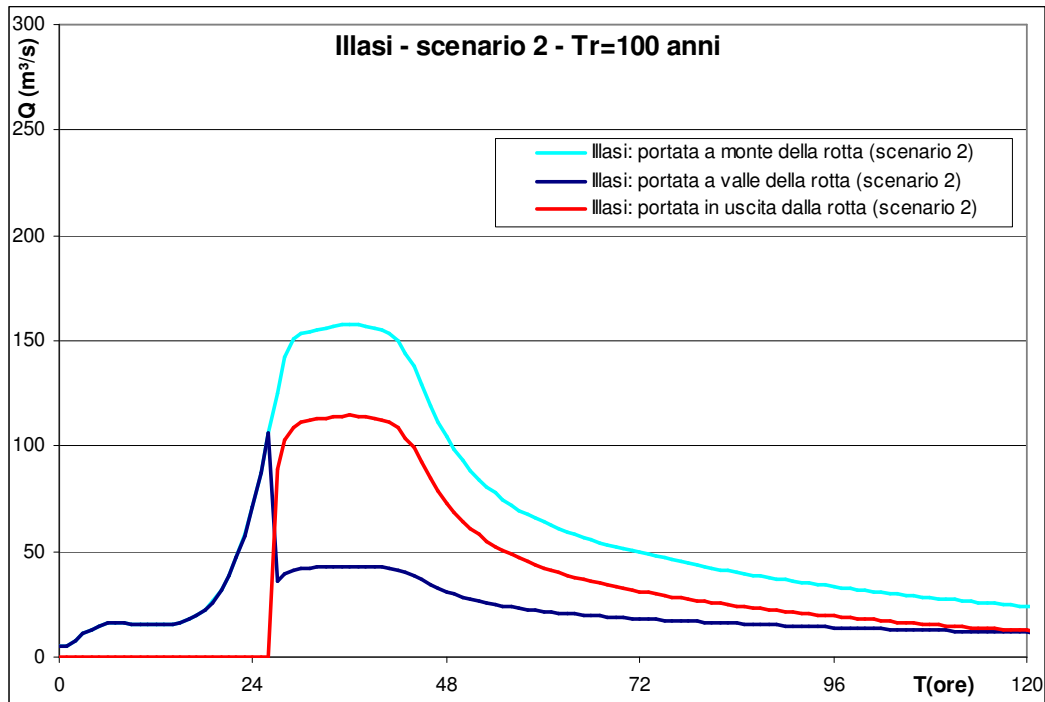


Fig. 4.20 -Scenario 2. Andamenti della portata calcolati con il modello uni-bidimensionale in corrispondenza della rotta dell'Illasi per eventi di piena con tempo di ritorno di 100 anni (sopra) e di 300 anni (sotto).

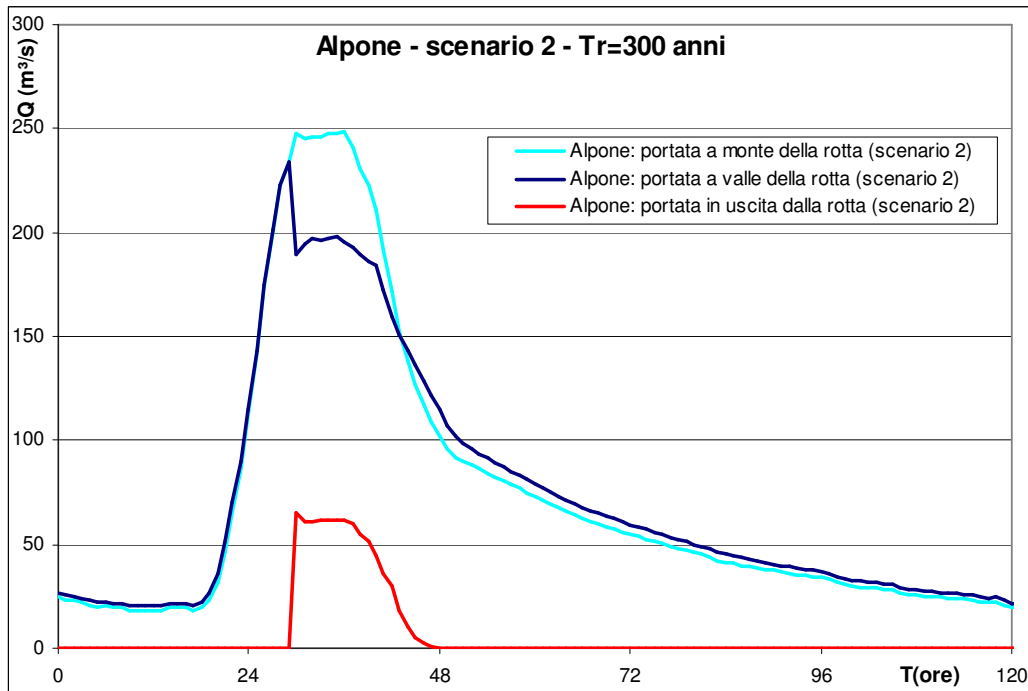
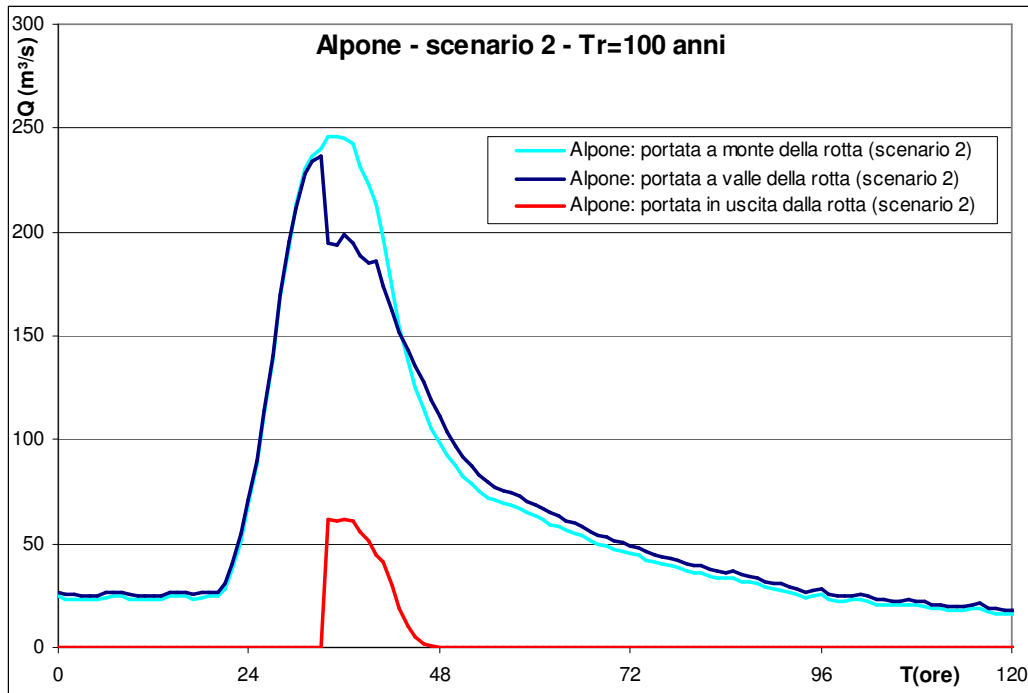


Fig. 4.21 -Scenario 2. Andamenti della portata calcolati con il modello uni-bidimensionale in corrispondenza della rotta dell'Alpone per eventi di piena con tempo di ritorno di 100 anni (sopra) e di 300 anni (sotto).

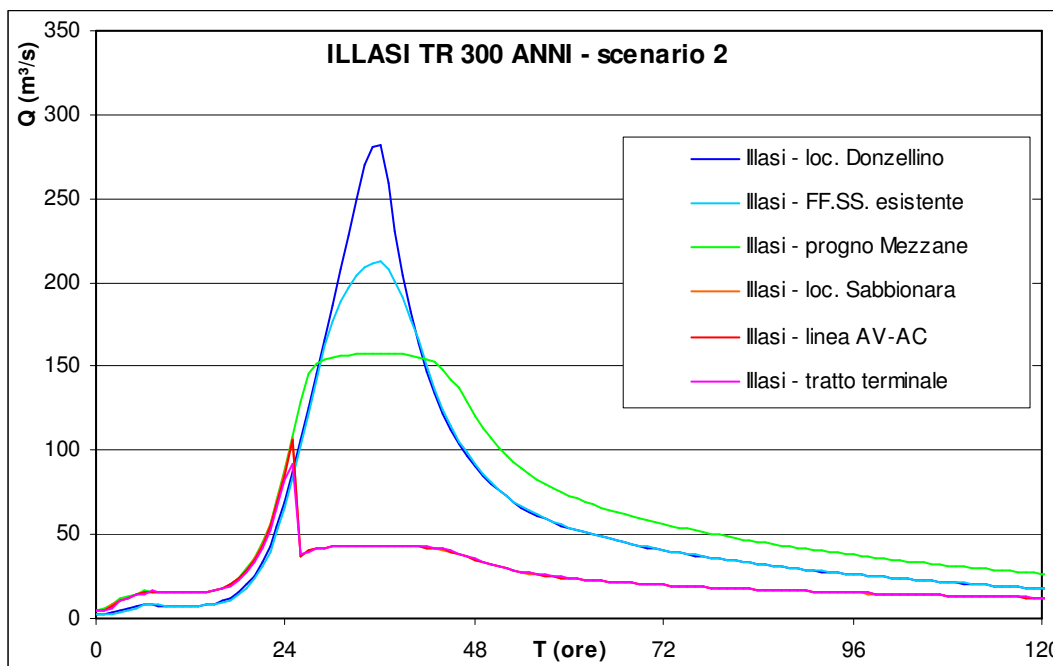


Fig. 4.22 -Evento con $Tr=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di presenza di rotte arginali (scenario 2), in alcune sezioni significative dell'Illasi.

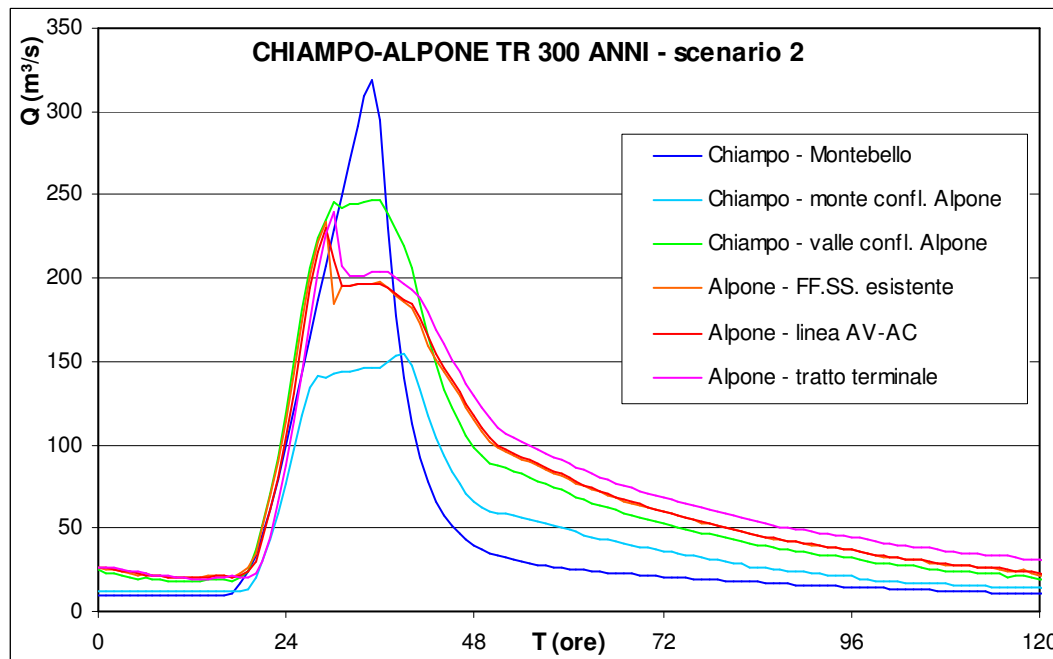


Fig. 4.23 -Evento con $Tr=300$ anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di presenza di rotte arginali (scenario 2), in alcune sezioni significative del Chiampo-Alpone.

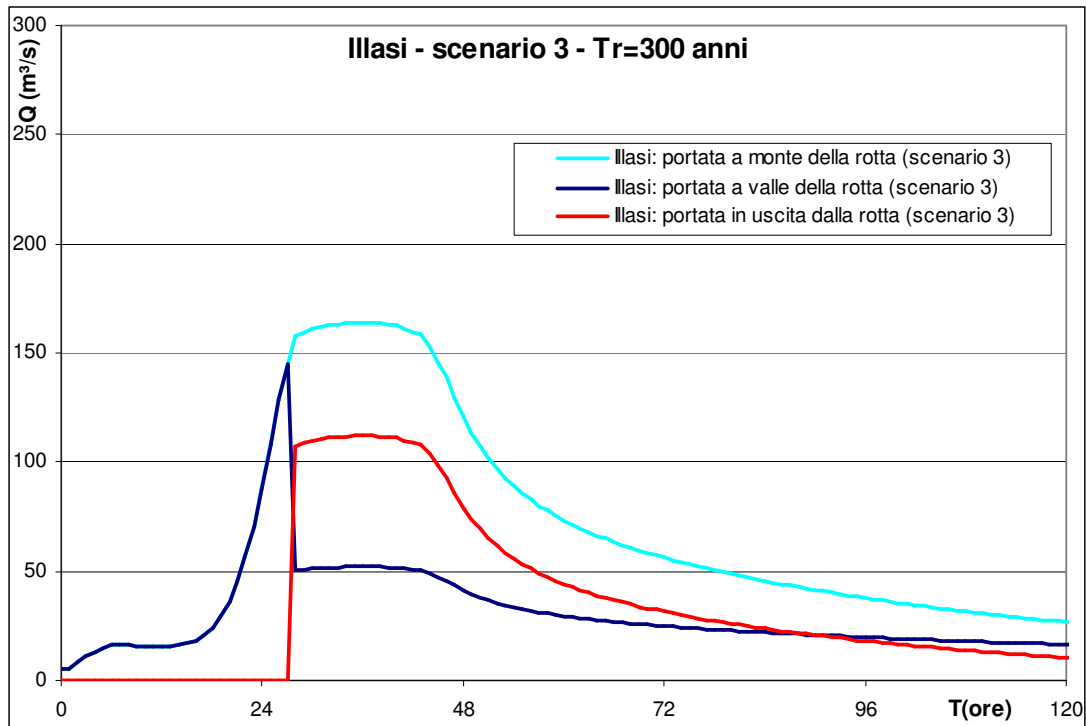


Fig. 4.24 -Scenario 3. Andamenti della portata calcolati con il modello uni-bidimensionale in corrispondenza della rotta dell'Illasi, in destra, per un evento di piena con tempo di ritorno di 300 anni.

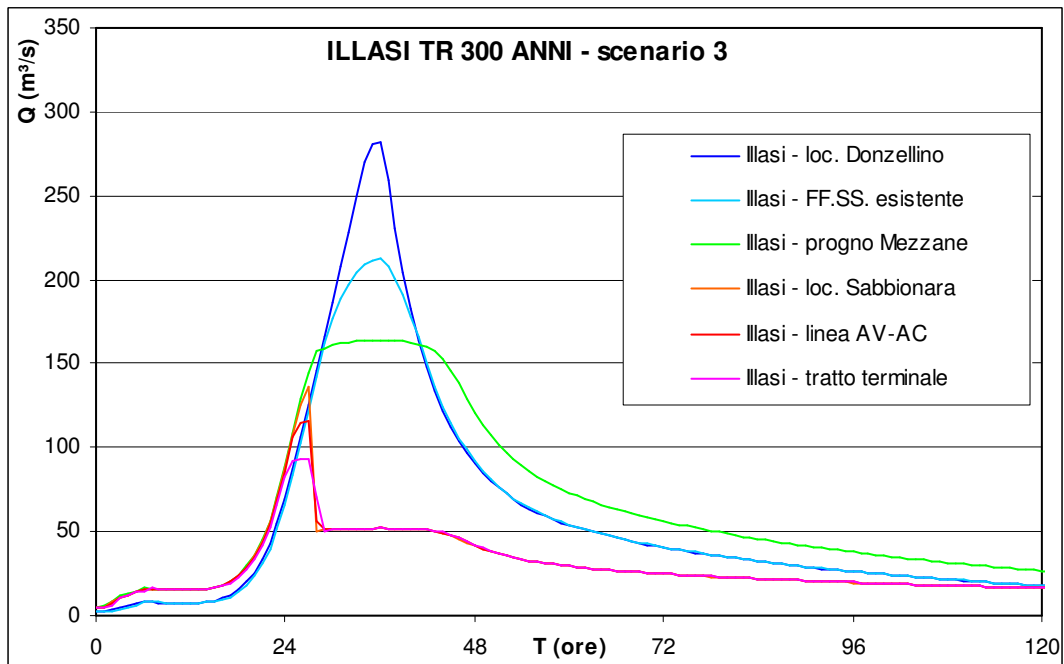


Fig. 4.25 -Evento con Tr=300 anni: portate calcolate con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, nell'ipotesi di presenza di rotte arginali (scenario 3), in alcune sezioni significative dell'Illasi.

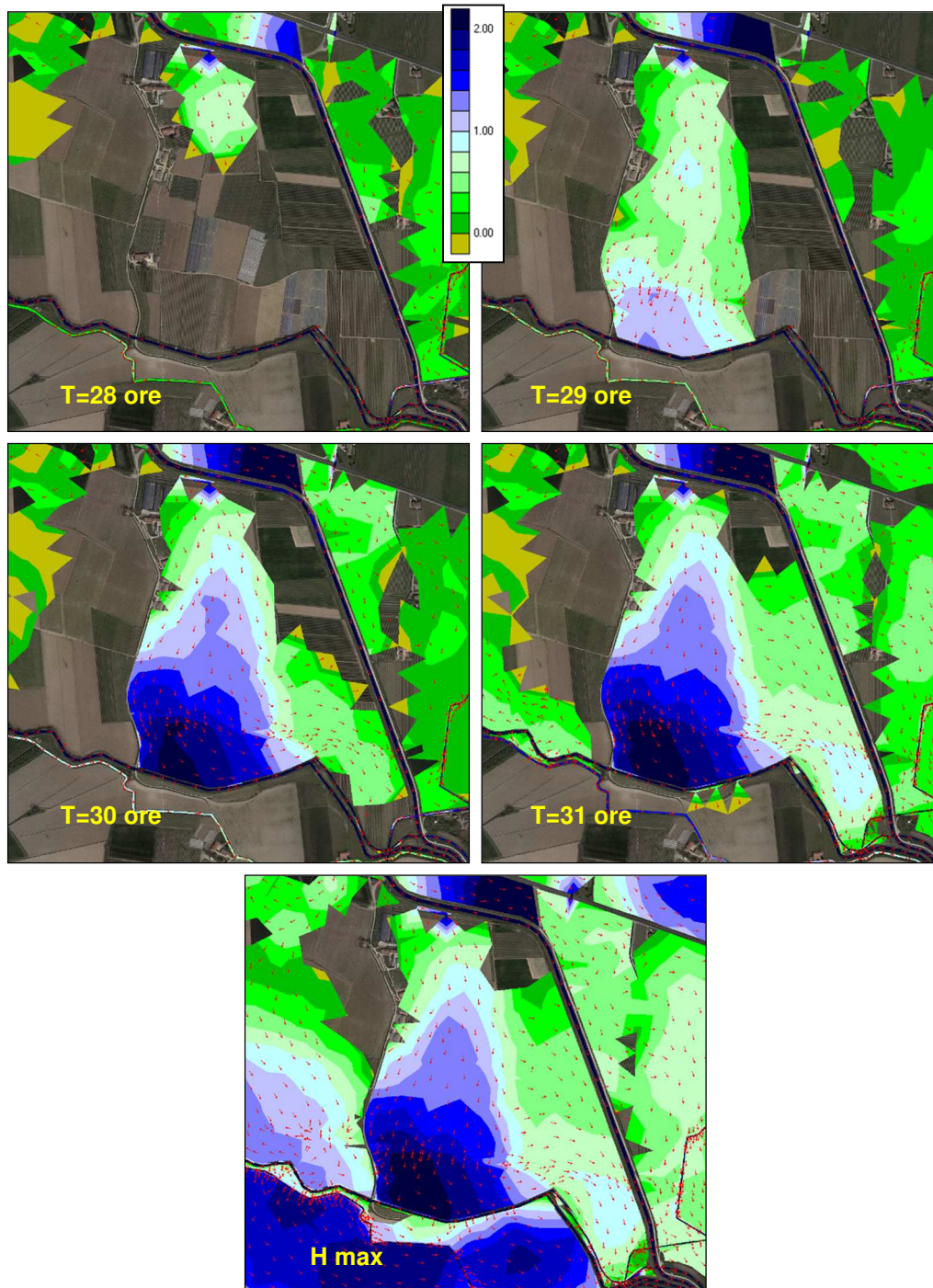


Fig. 4.26 -Evento con $T_r=300$: altezze di allagamento nell'ipotesi di presenza di rotte arginali (scenario 3), calcolate in corrispondenza della rotta ipotizzata in destra dell'Illasi in istanti successivi (T=28-29-30-31 ore, sopra) e come involuppo delle altezze massime (sotto).

STATO ANTE-OPERAM - ROTTE SCENARIO 1				
Illasi			Chiampo	
Tr=100 anni	Tr=300 anni		Tr=100 anni	Tr=300 anni
2.2	2.2	Altezza rotta (m)	4.0	4.0
30.50	29.00	Istante crollo (ore)	30.00	28.00
50	50	Lunghezza rotta (m)	50	50
11.5	14.0	Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)	7.2	8.8

STATO ANTE-OPERAM - ROTTE SCENARIO 2				
Illasi			Alpone	
Tr=100 anni	Tr=300 anni		Tr=100 anni	Tr=300 anni
2.6	2.6	Altezza rotta (m)	3.4	3.4
26.75	25.50	Istante crollo (ore)	33.25	29.75
50	50	Lunghezza rotta (m)	50	50
14.2	15.9	Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)	1.8	2.7

STATO ANTE-OPERAM - ROTTE SCENARIO 3				
Illasi				
Tr=300 anni				
3.0		Altezza rotta (m)		
27.50		Istante crollo (ore)		
50		Lunghezza rotta (m)		
14.1		Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)		

Tab. 4.2 – Caratteristiche delle rotte ipotizzate lungo l'Illasi, il Chiampo e l'Alpone per lo stato ante-operam, scenario 1, scenario 2 e scenario 3, per gli eventi con tempo di ritorno di 100 anni e 300 anni.

Simulazione		Sup. allagata ($10^6 m^2$)	Vol. allagamento ($10^6 m^3$)	
Ante-operam	scenario 0	Tr100	53.7	32.5
		Tr300	65.6	41.8
	scenario 1	Tr100	65.7	39.3
		Tr300	76.9	49.2
	scenario 2	Tr100	62.4	41.8
		Tr300	71.9	52.6
	scenario 3	Tr300	62.2	40.4

Tab. 4.3 – Valori calcolati delle superfici allagate e dei volumi di allagamento massimi, nelle diverse situazioni e condizioni idrologiche indagate con il modello unidimensionale.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX

4.3 Verifica idraulica per la configurazione di progetto

4.3.1 Post operam

Al fine di valutare le condizioni di deflusso delle massime portate nei sistemi idrografici interessati dalla nuova linea AV-AC nel tratto Verona-Montebello, il modello uni-bidimensionale messo a punto come precedentemente descritto, è stato convenientemente aggiornato per includere la geometria dell'infrastruttura che interessa il territorio in esame (Allegato 6.1).

Con riferimento al progetto definitivo, la griglia di calcolo del modello matematico comprende la tratta di linea AV-AC compresa tra la progressiva km 2+800 (sezione S.126) e la progressiva km 31+700 (sezione S.1336), per un estensione complessiva di quasi 29 km. All'interno di questa tratta, il tracciato della nuova linea ferroviaria si snoda sostanzialmente in direzione est/ovest e si può suddividere in quattro categorie tipologiche, a seconda della modalità costruttiva, in particolare:

- opera in rilevato con 5 sub-tratti:
 1. da km 2+800 (S.126) a km 4+050 (S.186);
 2. da km 10+025 (S.441) a km 11+500 (S.501);
 3. da km 11+725 (S.511) a km 20+225 (S.860);
 4. da km 20+225 (S.860) a km 24+875 (S.1052);
 5. da km 25+325 (S.1071) a km 31+700 (S.1336);
- opera in trincea con 2 sub-tratti:
 1. da km 4+050 (S.186) a km 4+950 (S.224);
 2. da km 6+850 (S.305) a km 7+675 (S.341);
- opera in galleria con 1 sub-tratto:
 1. da km 4+950 (S.224) a km 6+850 (S.305);
- opera in viadotto con 4 sub-tratti:
 1. viadotto "Fibbio", da km 7+675 (S.341) a km 10+025 (S.441);
 2. viadotto "Illasi" da km 11+500 (S.501) a km 11+725 (S.511);
 3. viadotto "Alpone" da km 20+225 (S.860) a km 22+000 (S.933);
 4. viadotto "San Bonifacio" da km 24+875 (S.1052) a km 25+325 (S.1071).

L'infrastruttura ferroviaria è stata schematizzata all'interno della griglia di calcolo mediante l'inserimento di una doppia fila di maglie con una larghezza complessiva di circa 40 metri, che rappresentano l'ingombro del tracciato all'interno delle recinzioni che delimitano la linea AV-AC stessa.

La schematizzazione delle tratte in rilevato è stata eseguita assegnando ad ognuna delle due file di maglie che contiene il corpo del rilevato stesso la media delle quote del piano del ferro desumibili dalle sezioni progettuali che si susseguono ogni 25 metri. Essendo il passo della griglia di calcolo mediamente pari a 100 m, ogni maglia è stata quotata mediamente con i dati di 4 sezioni.

La schematizzazione delle tratte in trincea è stata effettuata in modo analogo a quanto fatto per la tipologia "opera in rilevato", con l'aggiunta di due file di elementi monodimensionali, canali a sezione trapezia, rispettivamente a nord e a sud del tracciato ferroviario, per riprodurre la presenza dei fossi di guardia previsti in questo caso.

Il tratto in galleria è stato schematizzato con una fila di elementi monodimensionali, canali a sezione rettangolare di dimensioni 12.5×7.4 m, collegando direttamente le due estremità della galleria. Gli elementi monodimensionali sono stati quotati in base all'andamento del piano del ferro (sezioni di progetto). È stata inoltre simulata anche la presenza dei muretti, rialzati di circa 1.3 m sul terreno, in corrispondenza dei muri di contenimento in calcestruzzo che delimitano le estremità della galleria.

La presenza dei viadotti è stata infine riprodotta mediante la schematizzazione delle pile presenti nel progetto definitivo, aventi interasse di circa 25 m e sezione scatolare di dimensioni 9.4 m × 3.6 m. Il loro ingombro è stato di volta in volta convenientemente aggregato, in modo da ottenere tra una pila e l'altra all'interno dello schema del modello una sezione che fosse idraulicamente equivalente con le pile previste nel progetto definitivo, ma, al tempo stesso, compatibile con il passo della griglia di calcolo.

All'interno della geometria del modello matematico sono stati inseriti inoltre tutti i manufatti e i dispositivi predisposti per risolvere le interferenze idrauliche

connesse con la presenza dell'opera (tombini, fornicci, sifoni, ecc.), nonché gli ingombri dei rilevati dei cavalcaferrovia e dei ponti progettati per risolvere le interferenze viarie.

Con riferimento, in particolare, alle interferenze idrauliche (si rimanda alla relazione idrologica e idraulica di progetto n. IN0D00DI2RIID0000001 e agli elaborati grafici connessi per la descrizione dettagliata), si elencano e si illustrano sinteticamente nel seguito gli elementi inseriti nel modello idraulico, come canali monodimensionali. Essi rivestono un'importanza fondamentale dal momento che garantiscono la permeabilità idraulica dell'opera, con riferimento sia alla rete idrografica superficiale dei corsi d'acqua principali (Fibbio, Illasi, Alpone) e secondari che interferiscono con il tracciato, sia alle acque di esondazione che dovessero allagare il territorio per fuoriuscite dagli alvei dei corsi d'acqua stessi, e sono così distribuiti:

- affiancamento in rilevato alla linea storica esistente, da km 2+800 (S.126) a km 4+050 (S.186): 1 sottovia 10×4.5 m;
- tratta in trincea, da km 4+050 (S.186) a km 4+950 (S.224): 2 sifoni 2×2 m, 1 sifone 2×3 m;
- tratta in galleria, da km 4+950 (S.224) a km 6+850 (S.305): deviazione fossa Rosella con nuova geometria di progetto e 1 sifone 2×2 m;
- tratto in trincea, da km 6+850 (S.305) a km 7+675 (S.341): 2 doppi sifoni ø1500 mm, 2 sifoni 2×3 m;
- tratto in viadotto (Fibbio), da km 7+675 (S.341) a km 10+025 (S.441): aggiornamento della geometria dell'attraversamento del fiume Fibbio con i dati di progetto;
- tratto in rilevato, da km 10+025 (S.441) a km 11+500 (S.501): 2 fornicci 5×2.5 m, 2 ø1500 mm, 2 scatolari 2×3 m;
- tratto in viadotto (Illasi), da km 11+500 (S.501) a km 11+725 (S.511): aggiornamento della geometria degli attraversamenti dei torrenti Illasi e Prognolo con i dati di progetto;
- tratto in rilevato, da km 11+725 (S.511) a km 20+225 (S.860): 11 scatolari 2×2 m, 5 scatolari 3×2 m, 2 ø1500 mm, 2 ø1500 mm, 1 sottovia 10×6.5 m, 1 sottopasso 6×5.7 m, 1 sottovia 8.8×6.7 m, 1 scatolare 5×2

m, 1 scatolare 6×3 m, 1 scatolare 3×2.5 m e 1 scatolare 4×2.5 m, con deviazione planimetrica dei canali Porcilana Nord, Porcilana Sud e Masera Nord;

- tratto in viadotto (Alpone), da km 20+225 (S.860) a km 22+000 (S.933): 1 scatolare 3×2 m ed inserimento della pila in alveo nel fiume Alpone prevista nel progetto;
- tratto in rilevato da km 20+225 (S.860) a km 24+875 (S.1052): 2 scatolare 4×2 m, 2 ø1500 mm, 1 sottovia 5.5×6.7 m, interruzione della continuità del rilevato per l'inserimento del varco stradale di circa 10 m alla sezione S.981, deviazione planimetrica del canale Dugaletta con nuova geometria di progetto (km 23+550);
- tratto in viadotto (San Bonifacio), da km 24+875 (S.1052) a km 25+325 (S.1071): deviazione planimetrica del canale Dugaletta con nuova geometria di progetto (km 25+275);
- tratto in rilevato da km 25+325 (S.1071) a km 27+450 (S.1159): 2 scatolari 2×2 m, 1 scatolare 2×3 m, 2 ø1500 mm, 2 ø1500 mm;
- affiancamento in rilevato alla linea storica esistente da km 27+450 (S.1159) a km 31+700 (S.1336): interruzione della continuità del rilevato per l'inserimento dei varchi stradali presenti alle sezioni S.1177 e S.1283, 1 scatolare 2×1.5 m, 1 sottovia 10×4.6 m, 1 sottovia 4×4 m, 1 sottovia 12×4.6 m, 1 scatolare 1×1.5 m e 1 scatolare 3×3 m.

Inoltre sono state inseriti i fossi di guardia a nord e a sud della linea AV/AC previsti nel progetto, che in talune tratte, come ad esempio in destra Illasi, raggiungono dimensioni di 2.5 m in cunetta dovendo svolgere anche la funzione di vaso di compensazione per le acque di piattaforma. Terminato l'evento meteorico assumono anche la funzione di vettore delle portate intercettate provenienti dalle esondazioni della rete idrografica principale e secondaria che risponde in tempi superiori.

Particolare attenzione è stata rivolta alla discretizzazione dei sottovia presenti nel tracciato, rappresentando anche i muretti anti-allagamento presenti lungo le rampe di accesso.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO V. 2° Sublotto: MONTEBELLO V. – BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</small>

4.3.1.1 Post operam in assenza di rotte (scenario 0)

4.3.1.1.1 Scenario 0 – Verifica con $Tr=300$ anni per la rete maggiore e $Tr=30$ anni per la rete consortile

Mantenendo inalterate le altre ipotesi adottate per l'esame della situazione ante-operam, con il modello uni-bidimensionale opportunamente aggiornato con l'inserimento delle opere della nuova linea ferroviaria (rilevati, trincee, viadotti, galleria, attraversamenti, tombini, sottovia, ponti, fornici, ecc.) si è condotta una simulazione di calcolo considerando l'evento con tempo di ritorno di 300 anni e durata di 24 ore ottenendo i risultati illustrati in sintesi nelle figure sottostranti .

Con riferimento a quanto illustrato al paragrafo 4.1.1 per la situazione ante-operam, nulla cambia sui tempi, le quantità e le modalità di fuoriuscita delle acque in eccesso dai corsi d'acqua dei sistemi idrografici in esame, in particolare il Fibbio-Illasi e il Chiampo-Alpone.

Se si confrontano le mappe che riportano la progressione nel tempo degli allagamenti calcolati nella situazione ante-operam (e nella situazione di progetto agli istanti $T=35, 50, 70, 150$ ore delle simulazioni, si rileva che la dinamica di deflusso della portata negli alvei dei corsi d'acqua e la propagazione delle onde di sommersione sul territorio adiacente rimane sostanzialmente invariata nelle fasi iniziali, di colmo e di esaurimento della piena nei tratti in cui la realizzazione dell'opera è prevista in viadotto e in galleria.

Nei tratti in cui l'opera è prevista in trincea e in rilevato, nelle zone soggette ad allagamento per fuoriuscita d'acqua dagli alvei della rete idrografica, in corrispondenza del tracciato l'onda di sommersione, propagandosi sul terreno, subisce una variazione locale dei livelli idrometrici, ma già a breve distanza dall'opera stessa le condizioni idrodinamiche e idrometriche risultano sostanzialmente inalterate rispetto alla situazione ante-operam.

Questo è documentato nelle figure sottostanti, in cui sono riportate a confronto le rappresentazioni a scala di colori delle massime altezze di allagamento (in assenza di rotte arginali - scenario 0) calcolate per le situazioni ante-operam e di progetto a cavallo del tracciato della nuova ferrovia, tra le progressive

chilometriche km 8+000 e km 19+000, vale a dire il tratto dell'opera che più interferisce con le acque che esondano dai corsi d'acqua in esame.

Ad esempio, si osserva in Fig. 4.28, come le acque di esondazione, che nella situazione ante-operam scorrono liberamente sui terreni compresi tra il Fibbio e via Maccagnina, superino nella situazione di progetto la posizione del nuovo rilevato ferroviario defluendo in parte nel varco tra la sponda sinistra del Fibbio e la spalla est del viadotto e in parte attraverso i tombini, i fornici e i sottovia previsti.

Così pure, le acque di esondazione che scorrono sul territorio ad est dell'Illasi (Fig. 4.29÷ Fig. 4.33), nella situazione di progetto sembrano defluire attraverso l'opera in rilevato, generalmente da nord a sud, ma in qualche caso anche da sud a nord, mediante i fornici, i tombini, i ponti e i sottovia previsti, producendo in qualche posizione solo modesti incrementi di livello nella parte a nord (km 11+500, km 12+000 in Fig. 4.29, km 13+600, km 13+800 in Fig. 4.30, km 16+500, km 16+700 in Fig. 4.32) o incrementi solo poco più significativi a sud dell'opera stessa (km 15+500, km 16+000 in Fig. 4.31). Tali acque, nel territorio compreso dall'Illasi all'Alpone, come nella situazione ante-operam, defluiscono verso i terreni compresi tra l'Alpone stesso e il LEB. Qui si invasano temporaneamente prima di defluire in sinistra Alpone attraverso le due botti a sifone esistenti o di essere sollevate nell'Alpone stesso mediante l'idrovora Zerpa.

Nel territorio in sinistra Alpone, le acque che fuoriescono sull'argine sinistro del Chiampo defluiscono sui terreni sostanzialmente come nella situazione ante-operam e in corrispondenza del tracciato della nuova ferrovia si osservano, in qualche caso, incrementi del livello di sommersione, rispetto alla situazione precedente, dell'ordine dei 10-20 cm.

Se si confrontano le distribuzioni delle velocità massime della corrente in alveo e delle onde di sommersione sul territorio soggetto ad allagamento riportate, per la situazione ante-operam, e per la situazione di progetto, non si osservano variazioni sostanziali, fatta eccezione per una concentrazione di velocità superiori in corrispondenza della spalla est del viadotto del Fibbio, alla

progressiva km 10+000, e in corrispondenza del viadotto dell'Illassi, compreso tra le chilometriche km 11+500 e km 11+700.

Se si considerano, infine, l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento in tutto il territorio indagato, si rileva che nella situazione di progetto tali valori restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli determinati con il calcolo nella situazione ante-operam, pari quindi, rispettivamente, a circa 66 km² ed a circa 42×10⁶ m³.

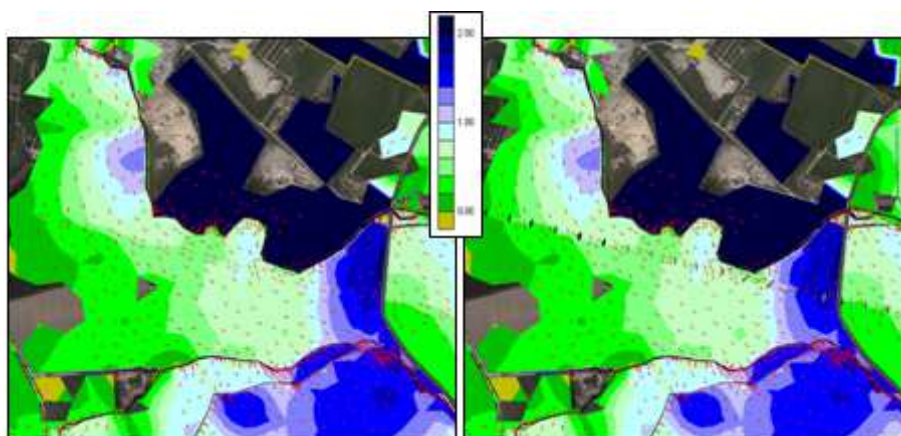


Fig. 4.27 -Evento con Tr=300: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 8+000 e km 9+500 (viadotto del Fibbio) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

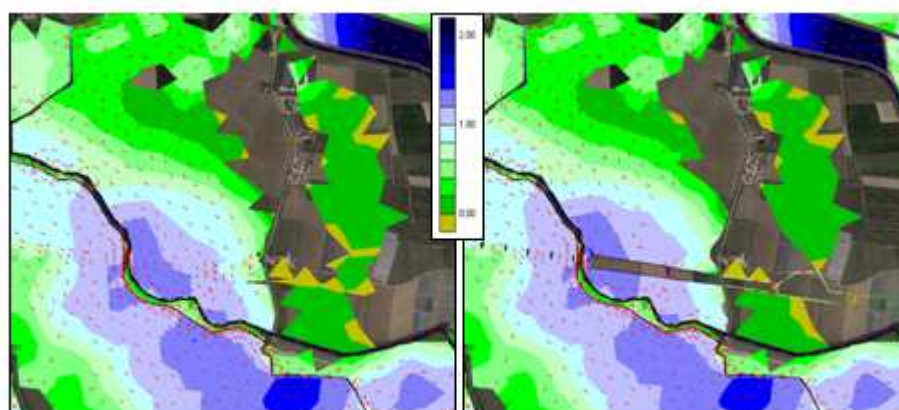


Fig. 4.28 -Evento con Tr=300: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 9+500 e km 11+000 (viadotto del Fibbio e rilevato in prossimità di via Maccagnina di Zevio) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

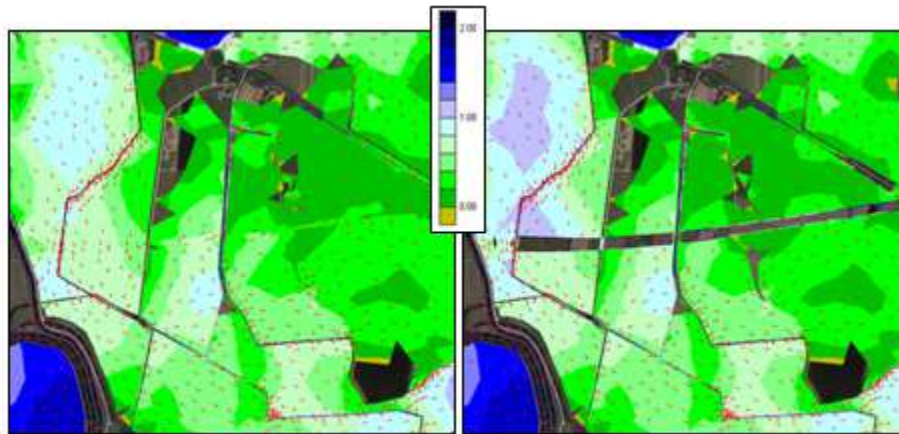


Fig. 4.29 -Evento con $Tr=300$: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 11+500 e km 13+000 (viadotto Illasi e rilevato in prossimità di via Gombion e via Bova di Belfiore) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

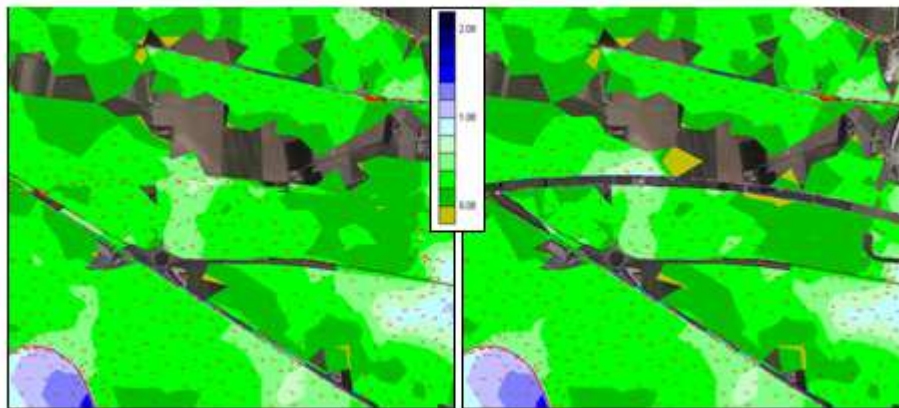


Fig. 4.30 -Evento con $Tr=300$: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 13+000 e km 14+500 (rilevato tra strada Porcilana e SP38b di Belfiore) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

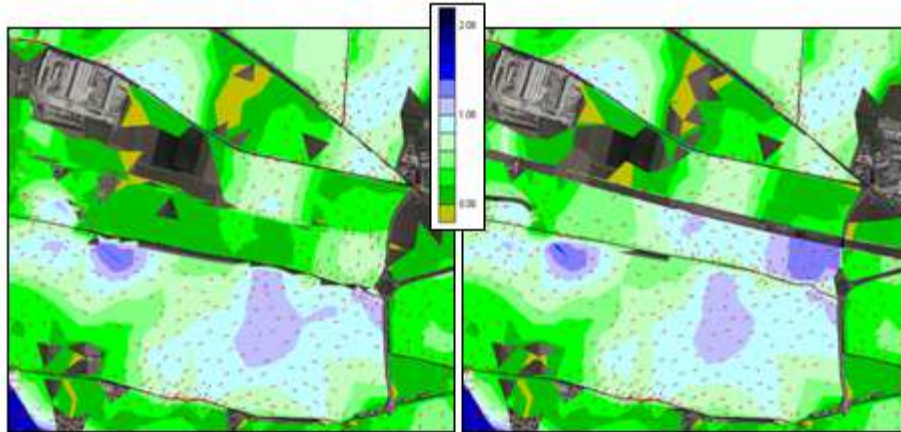


Fig. 4.31 -Evento con $Tr=300$: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 15+000 e km 16+500 (rilevato tra SP38b e SP39 a Belfiore) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

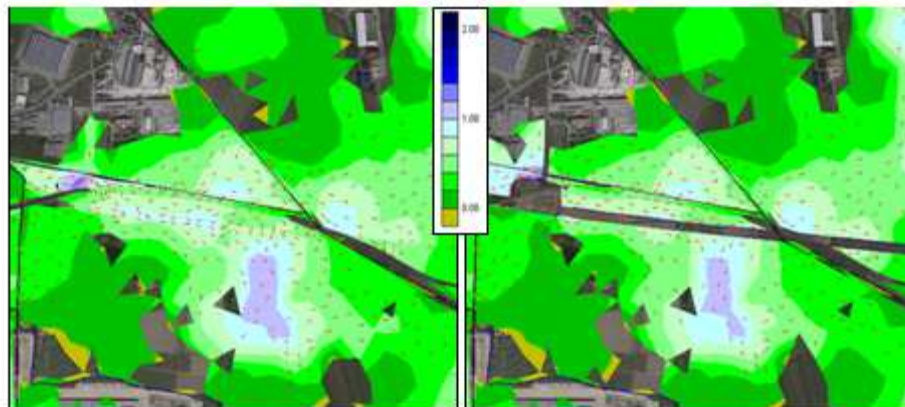


Fig. 4.32 -Evento con $Tr=300$: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 16+500 e km 18+000 (rilevato in prossimità di via Cicogna di Belfiore) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

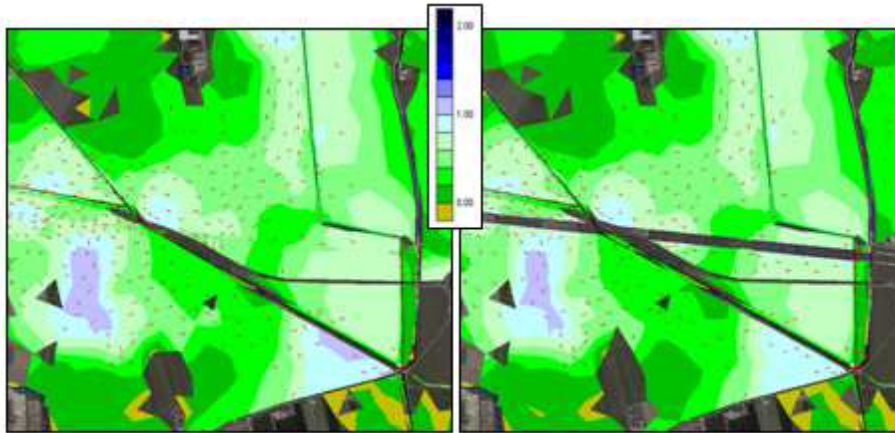


Fig. 4.33 -Evento con $Tr=300$: massime altezze di allagamento nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), calcolate tra le chilometriche km 17+500 e km 19+000 (rilevato tra via Cicogna di Belfiore e via Circonvallazione di San Bonifacio) nella situazione di progetto (a destra) e ante-operam (a sinistra).

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	97 di 186

4.3.1.1.2 Scenario 0 – verifica con $Tr=100$ anni per la rte maggiore e $Tr=30$ anni per la rete consortile

Con il modello uni-bidimensionale aggiornato con l'inserimento delle opere della nuova linea ferroviaria si è quindi condotta una simulazione di calcolo considerando anche l'evento con tempo di ritorno di 100 anni e durata di 24 ore, ottenendo i risultati in forma tabellare e, in scala grafica ridotta, anche in Fig. 4.35 (mappa con le aree e le altezze di allagamento massime).

Per la situazione ante-operam, come per l'evento tricentenario, nulla cambia sui tempi, le quantità e le modalità di fuoriuscita delle acque in eccesso dal Fibbio, dall'Illasi e dal Chiampo-Alpone.

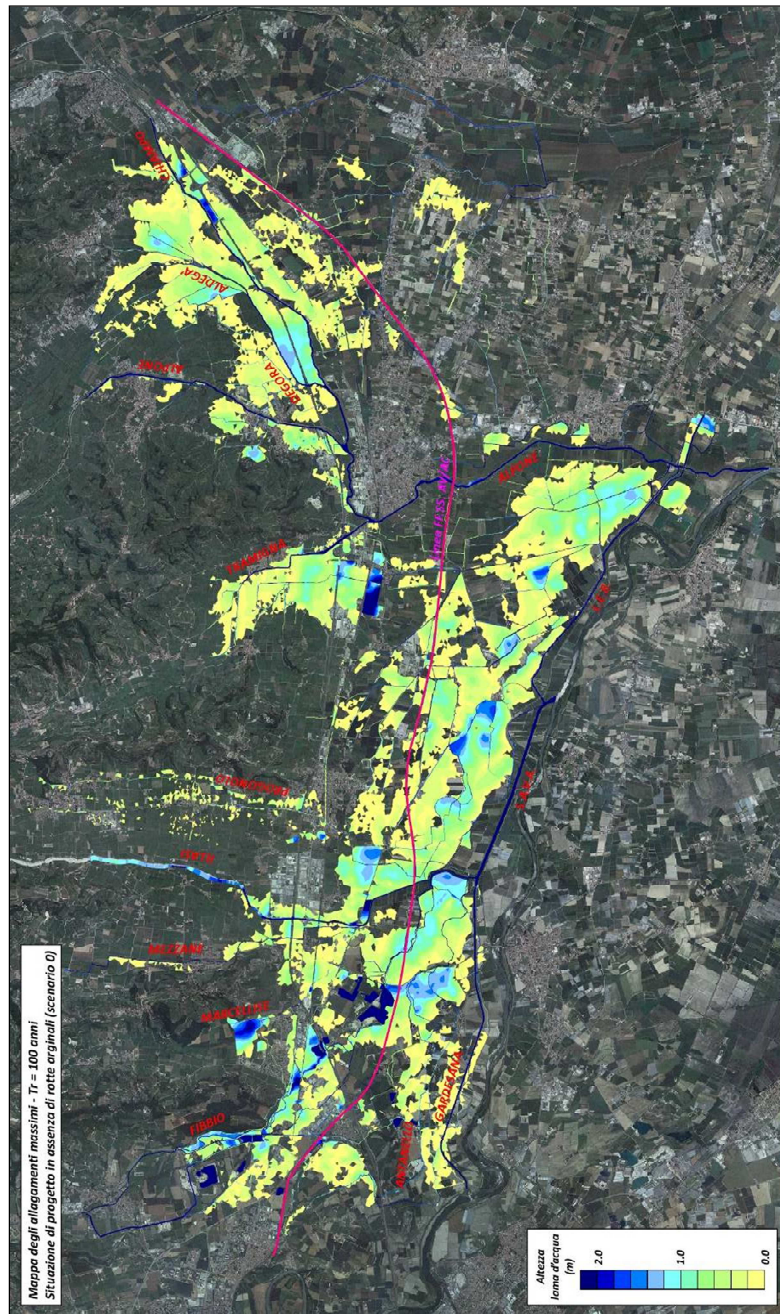


Fig. 4.35 -Evento con Tr=100 anni: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'involuppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello unidimensionale, nella situazione di PROGETTO e nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), lungo i corsi d'acqua delle reti idrografiche in esame, come conseguenza delle esondazioni sulle difese di sponda dei corsi d'acqua stessi.

progressiva	nome	dimensioni Modello	quota del fondo PD (m s.m.)	H Tr100 (m s.m.)
4050	Fossa Mattarana	rettangolare, B=2m H=3m	44.86	47.65
4500	Fossa Zenobria	rettangolare, B=2m H=2m	41.1	43.3
5300	Fossa Rosella	trapezia, Bmin=5m, H=3m	44.9	46.84
6850	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	34.32	non allagato
7030	fosso irriguo	circolare, 2 x diam 150 cm	36.4	non allagato
7200	fossa Nuova	rettangolare, B=3m H=2m	35.26	non allagato
10225	fosso privato	circolare, diam 150 cm	27.95	30.01
10335	fosso privato	circolare, diam 150 cm	27.95	30.01
10735	fosso privato	circolare, diam 150 cm	27.95	28.55
10775	scolo	rettangolare, 2 x B=3m H=2m	28	28.55
12135	fosso privato	rettangolare, B=3m H=2m	25.95	27.77
12400	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	24.95	26.79
12460	fosso privato	rettangolare, B=3m H=2m	24.95	26.79
12985	fosso	rettangolare, B=3m H=2m	24.35	26.48
13200	Porcilana sud	rettangolare, B=2m H=2m	24.14	26.35
13315	Porcilana nord	rettangolare, B=5m H=2m	24.05	26.13
13960	fosso pubblico	rettangolare, B=3m H=2m	23.6	25.43
14235	fosso privato	circolare, 2 x diam 150 cm	23.91	24.88
14650	fosso privato	circolare, diam 150 cm	23.58	24.72
15055	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	22.45	24.52
15550	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	22.01	23.72
16160	fosso privato	circolare, diam 150 cm	22.2	23.77
16795	canale Maestro+Ceresolo	rettangolare, B=3m H=2m	20.93	22.31
17268	scolo	rettangolare, B=2m H=2m	20.44	22.31
17560	fosso pubblico	rettangolare, B=2m H=2m	20.28	22.3
17625	scolo Masera	rettangolare, B=5m H=3m	19.71	22.28
18205	fosso pubblico sotto Porcilana	circolare, diam 150 cm	20.5	21.78
18640	Fossa Smania	rettangolare, B=3m H=2.5m	19.92	21.75
18705	scolo Camuzzoni	rettangolare, B=4m H=2.5m	20.53	22.33
19065	Fossa Dugaletta	rettangolare, B=2m H=2m	20.29	21.42
19530	fosso pubblico	rettangolare, B=2m H=2m	21.36	non allagato
19890	fosso	rettangolare, B=3m H=2m	20.96	21.45
22355	fosso pubblico	rettangolare, B=4m H=2m	24.4	26.18
23550	deviazione Dugaletta	trapezia, Bmin=4m H=3.5m	24.75	26.94
23982	fosso pubblico	circolare, diam 150 cm	27.03	27.64
24300	fosso pubblico	circolare, diam 150 cm	27.26	non allagato
24365	fosso Mazzoni	rettangolare, B=4m H=2m	26.99	27.6
25355	scolo Dugaletta	trapezia, Bmin=4m H=3.5m	26.35	27.97
26065	fosso pubblico	circolare, diam 150 cm	27.31	28.46
26526	fosso	rettangolare, B=2m H=2m	27.74	28.45
26540	fosso	circolare, diam 150 cm	27.93	non allagato
26670	fosso pubblico	circolare, 2 x diam 150 cm	28.34	non allagato
26960	scolo Pralcardo	rettangolare, B=2m H=2m	28.3	29.1
27279	scolo Conterno1	rettangolare, B=2m H=3m	28.51	29.88
30435	scolo	circolare, diam 150 cm	34.5	non allagato
31640	roggia Regula	rettangolare, B=3m H=3m	38.6	non allagato

Tab. 4.4 – Valori calcolati dei livelli idrometrici in corrispondenza delle strutture di attraversamento della linea AV-AC relative agli scoli e fossati della rete di bonifica.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	100 di 186

4.3.1.1.3 Scenario 0 – Verifica con $Tr=100$ anni per la rete maggiore e $Tr=100$ anni per la rete consortile

La simulazione di calcolo eseguita con il modello uni-bidimensionale nella situazione ante-operam, per lo scenario senza rotte arginali, ma con apporti della rete secondaria riferibili a un tempo di ritorno di 100 anni (Fig. 4.8) è stata ripetuta con il modello stesso, per la configurazione post-operam.

I risultati della simulazione modellistica eseguita, costituiti dalla mappa delle aree allagate in cui sono rappresentate, a scala di colori, le altezze massime della lama d'acqua sul terreno raggiunte nel corso della simulazione stessa in tutti i punti del dominio di calcolo (inviluppo delle altezze massime), sono riportati per l'evento considerato in forma grafica ridotta nella figura sottostante.

Nel caso in esame, le differenze sui risultati, rispetto alla situazione di progetto esaminata con apporti della rete di bonifica riferibili ad un evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni, sono sintetizzate nei valori dell'estensione complessiva delle aree allagate e dei volumi di allagamento riportati in nella tabella sottostante. In particolare, le aree di allagamento si incrementano da circa 53.5 km^2 a circa 55.5 km^2 , mentre i corrispondenti volumi di allagamento aumentano da circa $32.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ a circa $33 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Si osserva, infine che tali valori, valutati in tutto il territorio indagato, restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli determinati con il calcolo nella situazione ante-operam.

Simulazione			Sup. allagata (10 ⁶ m ²)	Vol. allagamento (10 ⁶ m ³)
Ante-operam	scenario 0	Tr100	53.7	32.5
		Tr100-Tr100	55.5	33.5
Simulazione			Sup. allagata (10 ⁶ m ²)	Vol. allagamento (10 ⁶ m ³)
Progetto	scenario 0	Tr100	53.5	32.4
		Tr100-Tr100	55.3	33.2

Tab. 4.5 – Valori calcolati delle superfici allagate e dei volumi di allagamento massimi, nelle diverse situazioni e condizioni idrologiche indagate con il modello uni-bidimensionale.

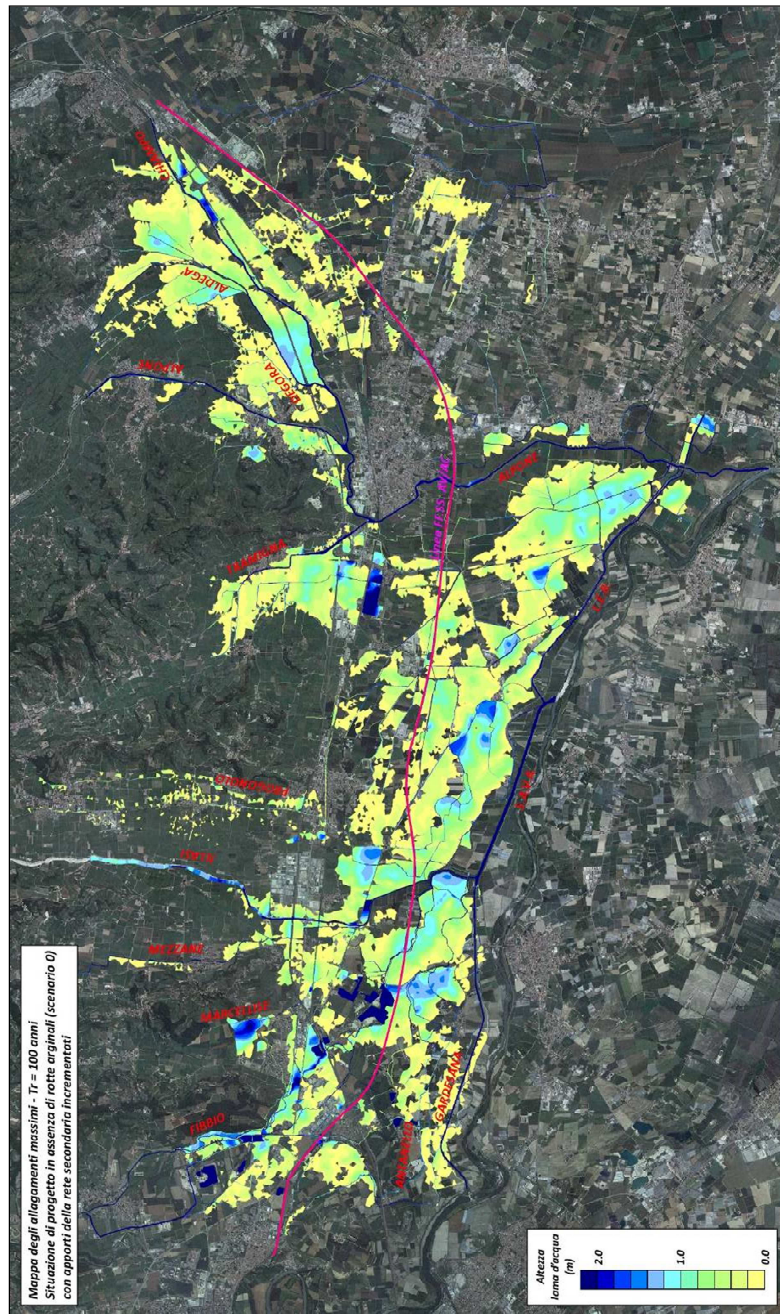


Fig. 4.36 -Evento con $T_r=100$ anni e apporti della rete secondaria incrementati: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'inviluppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello uni-bidimensionale, nella situazione di PROGETTO e nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), lungo i corsi d'acqua delle reti idrografiche in esame, come conseguenza delle esondazioni sulle difese di sponda dei corsi d'acqua stessi.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	103 di 186

4.3.1.2 Post operam con presenza di rotte (Scenario 1, 2 e 3)

4.3.1.2.1 Scenario 1 – Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine sinistro del Chiampo

I risultati ottenuti per lo scenario 1 (rotta nell'argine sinistro dell'Illasi, a monte dell'attraversamento della ferrovia esistente, e rotta nell'argine sinistro del Chiampo, a monte dell'attraversamento dell'autostrada A4, in Fig. 4.15) consentono di evidenziare che:

- le caratteristiche di ciascuna rotta (altezza del cedimento, istante del crollo, lunghezza della breccia e volume fuoriuscito) sono del tutto coincidenti con quelle valutate per la situazione ante-operam, si specifica che esse non dipendono dalla presenza sul territorio delle opere previste per la realizzazione della nuova linea ferroviaria;
- gli idrogrammi della portata fluente in alveo, a monte e a valle della rotta, e di quella in uscita dal corso d'acqua attraverso il varco sono quindi gli stessi della situazione ante-operam, riportati per l'Illasi in Fig. 4.16 e per il Chiampo in Fig. 4.17;
- l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento in tutto il territorio indagato restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli determinati con il calcolo nella situazione ante-operam e pari, ad esempio per l'evento tricentenario, a circa 77 km² ed a circa 49×10⁶ m³;
- l'estensione e le altezze massime degli allagamenti, riportate in sintesi, per l'evento con tempo di ritorno Tr=100 anni e per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni, segnalano incrementi significativi di livello, rispetto alla situazione ante-operam, nella parte a nord del rilevato ferroviario, tra le progressive chilometriche km 13+000 e km 13+800, km 16+400 e km 16+600, nel territorio in destra Alpone, per effetto della rotta dell'Illasi, km 24+000 e km 24+500, km 25+600 e km 27+000, km 30+000 e km 30+400, nel territorio in sinistra Alpone, per effetto della rotta del Chiampo.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	104 di 186

4.3.1.2.2 Scenario 2 – Presenza di rotte nell'argine sinistro dell'Illasi e anche nell'argine destro dell'Alpone

I risultati ottenuti per lo scenario 2 (rotta nell'argine sinistro dell'Illasi, a valle della confluenza del Progno Mezzane e del Marcellise, e rotta lungo l'argine destro della confluenza Alpone-Tramigna, in Fig. 4.15) consentono invece di evidenziare che:

- le caratteristiche di ciascuna rotta (altezza del cedimento, istante del crollo, lunghezza della breccia e volume fuoriuscito) sono ancora del tutto coincidenti con quelle valutate per la situazione ante-operam, si specifica che esse non dipendono dalla presenza sul territorio delle opere previste per la realizzazione della nuova linea ferroviaria;
- gli idrogrammi della portata fluente in alveo, a monte e a valle della rotta, e di quella in uscita dal corso d'acqua attraverso il varco sono quindi gli stessi della situazione ante-operam, riportati per l'Illasi in Fig. 4.20 e per l'Alpone-Tramigna in Fig. 4.21;
- l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento in tutto il territorio indagato restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli determinati con il calcolo nella situazione ante-operam e pari, ad esempio per l'evento tricentenario, a circa 72 km² ed a circa 52.5×10⁶ m³;
- l'estensione e le altezze massime degli allagamenti, riportate in sintesi, per l'evento con tempo di ritorno Tr=100 anni e per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni segnalano incrementi significativi di livello, rispetto alla situazione ante-operam, nella parte a nord del rilevato ferroviario, tra le progressive chilometriche km 11+600 e km 12+800, in prossimità della rotta nell'Illasi, e le progressive km 18+800 e km 20+000, nel territorio in destra Alpone, interessato dalle acque in uscita dalla rotta dell'Alpone-Tramigna.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	105 di 186

4.3.1.2.3 Scenario 3 - Presenza di rotte nell'argine destro dell'Illasi

I risultati ottenuti per lo scenario 3 (rotta nell'argine destro dell'Illasi, a valle della confluenza del Progno Mezzane e del Marcellise, in Fig. 4.15) consentono infine di evidenziare che:

- le caratteristiche della rotta (altezza del cedimento, istante del crollo, lunghezza della breccia e volume fuoriuscito) sono coincidenti con quelle valutate per la situazione ante-operam;
- gli idrogrammi della portata fluente in alveo, a monte e a valle della rotta, e di quella in uscita dal corso d'acqua attraverso il varco sono gli stessi della situazione ante-operam (Fig. 4.24);
- l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento in tutto il territorio indagato restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli determinati con il calcolo nella situazione ante-operam e pari per l'evento tricenenario a circa 62 km² ed a circa 40.5×10⁶ m³;
- l'estensione e le altezze massime degli allagamenti, riportate in sintesi, per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni, e in dettaglio, per la zona direttamente interessata dal fenomeno, segnalano, ovviamente, incrementi significativi, rispetto alla situazione ante-operam, nella parte a nord del rilevato ferroviario, tra le progressive chilometriche km 10+500 e km 11+500.

STATO ANTE-OPERAM - ROTTE SCENARIO 1				
Illasi			Chiampo	
Tr=100 anni	Tr=300 anni		Tr=100 anni	Tr=300 anni
2.2	2.2	Altezza rotta (m)	4.0	4.0
30.50	29.00	Istante crollo (ore)	30.00	28.00
50	50	Lunghezza rotta (m)	50	50
11.5	14.0	Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)	7.2	8.8

STATO ANTE-OPERAM - ROTTE SCENARIO 2				
Illasi			Alpone	
Tr=100 anni	Tr=300 anni		Tr=100 anni	Tr=300 anni
2.6	2.6	Altezza rotta (m)	3.4	3.4
26.75	25.50	Istante crollo (ore)	33.25	29.75
50	50	Lunghezza rotta (m)	50	50
14.2	15.9	Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)	1.8	2.7

STATO ANTE-OPERAM - ROTTE SCENARIO 3				
Illasi				
Tr=300 anni				
3.0		Altezza rotta (m)		
27.50		Istante crollo (ore)		
50		Lunghezza rotta (m)		
14.1		Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)		

STATO DI PROGETTO - ROTTE SCENARIO 1				
Illasi			Chiampo	
Tr=100 anni	Tr=300 anni		Tr=100 anni	Tr=300 anni
2.2	2.2	Altezza rotta (m)	4.0	4.0
30.50	29.00	Istante crollo (ore)	30.00	28.00
50	50	Lunghezza rotta (m)	50	50
11.5	14.0	Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)	7.2	8.8

STATO DI PROGETTO - ROTTE SCENARIO 2				
Illasi			Alpone	
Tr=100 anni	Tr=300 anni		Tr=100 anni	Tr=300 anni
2.6	2.6	Altezza rotta (m)	3.4	3.4
26.75	25.50	Istante crollo (ore)	33.25	29.75
50	50	Lunghezza rotta (m)	50	50
14.2	15.9	Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)	1.8	2.7

STATO DI PROGETTO - ROTTE SCENARIO 3				
Illasi				
Tr=300 anni				
3.0		Altezza rotta (m)		
27.50		Istante crollo (ore)		
50		Lunghezza rotta (m)		
14.1		Volume fuoriuscito ($10^6 m^3$)		

Tab. 4.6 – Caratteristiche delle rotte ipotizzate lungo l'Illasi, il Chiampo e l'Alpone per lo stato ante-operam e la situazione di progetto, scenario 1, scenario 2 e scenario 3, per gli eventi con tempo di ritorno di 100 anni e 300 anni.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	107 di 186

4.4 Valutazioni comparative sugli effetti della nuova linea ferroviaria sulla base dei risultati del modello bidimensionale

Le differenze sui risultati rispetto alla situazione ante-operam consistono in variazioni locali dei livelli idrometrici nelle posizioni in cui l'onda di sommersione incontra l'opera realizzata in rilevato. Si tratta, tuttavia, di variazioni di entità ridotta rispetto a quelle valutate per l'evento tricentenario, che già a breve distanza dal tracciato stesso tendono ad annullarsi.

Se si considerano, inoltre, l'estensione complessiva delle aree allagate e i volumi di allagamento in tutto il territorio indagato, si rileva che nella situazione di progetto tali valori restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli determinati con il calcolo nella situazione ante-operam, pari quindi, rispettivamente, a circa 54 km² ed a circa 32.5×10⁶ m³.

Simulazione			Sup. allagata (10 ⁶ m ²)	Vol. allagamento (10 ⁶ m ³)
Ante-operam	scenario 0	Tr100	53.7	32.5
		Tr300	65.6	41.8
	scenario 1	Tr100	65.7	39.3
		Tr300	76.9	49.2
	scenario 2	Tr100	62.4	41.8
		Tr300	71.9	52.6
scenario 3	Tr300	62.2	40.4	

Simulazione			Sup. allagata (10 ⁶ m ²)	Vol. allagamento (10 ⁶ m ³)
Progetto	scenario 0	Tr100	53.5	32.4
		Tr300	65.4	41.7
	scenario 1	Tr100	65.6	39.3
		Tr300	76.7	49.2
	scenario 2	Tr100	62.1	41.9
		Tr300	71.7	52.5
scenario 3	Tr300	62.0	40.5	

Tab. 4.7 – Valori calcolati delle superfici allagate e dei volumi di allagamento massimi per le situazioni ante-operam e di progetto, per i diversi scenari e condizioni idrologiche indagati con il modello uni-bidimensionale.

Si sono infine riportati nella tabella sottostante i valori dei livelli idrometrici calcolati nella sezione di monte dei diversi tombini e scatolari della rete di bonifica che garantiscono, insieme ai fornicci e agli attraversamenti dei corsi d'acqua principali, la permeabilità dell'opera. Molti di essi, per effetto delle acque di allagamento provenienti, per esondazione, dai corsi d'acqua principali, funzionano a sezione piena, mentre alcuni altri non sono interessati dalle acque di allagamento stesse.

progressiva	nome	dimensioni Modello	quota del fondo PD (m s.m.)	H Tr100 (m s.m.)
4050	Fossa Mattarana	rettangolare, B=2m H=3m	44.86	47.65
4500	Fossa Zenobria	rettangolare, B=2m H=2m	41.1	43.3
5300	Fossa Rosella	trapezia, Bmin=5m, H=3m	44.9	46.84
6850	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	34.32	non allagato
7030	fosso irriguo	circolare, 2 x diam 150 cm	36.4	non allagato
7200	fossa Nuova	rettangolare, B=3m H=2m	35.26	non allagato
10225	fosso privato	circolare, diam 150 cm	27.95	30.01
10335	fosso privato	circolare, diam 150 cm	27.95	30.01
10735	fosso privato	circolare, diam 150 cm	27.95	28.55
10775	scolo	rettangolare, 2 x B=3m H=2m	28	28.55
12135	fosso privato	rettangolare, B=3m H=2m	25.95	27.77
12400	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	24.95	26.79
12460	fosso privato	rettangolare, B=3m H=2m	24.95	26.79
12985	fosso	rettangolare, B=3m H=2m	24.35	26.48
13200	Porcilana sud	rettangolare, B=2m H=2m	24.14	26.35
13315	Porcilana nord	rettangolare, B=5m H=2m	24.05	26.13
13960	fosso pubblico	rettangolare, B=3m H=2m	23.6	25.43
14235	fosso privato	circolare, 2 x diam 150 cm	23.91	24.88
14650	fosso privato	circolare, diam 150 cm	23.58	24.72
15055	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	22.45	24.52
15550	fosso privato	rettangolare, B=2m H=2m	22.01	23.72
16160	fosso privato	circolare, diam 150 cm	22.2	23.77
16795	canale Maestro+Ceresolo	rettangolare, B=3m H=2m	20.93	22.31
17268	scolo	rettangolare, B=2m H=2m	20.44	22.31
17560	fosso pubblico	rettangolare, B=2m H=2m	20.28	22.3
17625	scolo Masera	rettangolare, B=5m H=3m	19.71	22.28
18205	fosso pubblico sotto Porcilana	circolare, diam 150 cm	20.5	21.78
18640	Fossa Smania	rettangolare, B=3m H=2.5m	19.92	21.75
18705	scolo Camuzzoni	rettangolare, B=4m H=2.5m	20.53	22.33
19065	Fossa Dugaletta	rettangolare, B=2m H=2m	20.29	21.42
19530	fosso pubblico	rettangolare, B=2m H=2m	21.36	non allagato
19890	fosso	rettangolare, B=3m H=2m	20.96	21.45
22355	fosso pubblico	rettangolare, B=4m H=2m	24.4	26.18
23550	deviazione Dugaletta	trapezia, Bmin=4m H=3.5m	24.75	26.94
23982	fosso pubblico	circolare, diam 150 cm	27.03	27.64
24300	fosso pubblico	circolare, diam 150 cm	27.26	non allagato
24365	fosso Mazzoni	rettangolare, B=4m H=2m	26.99	27.6
25355	scolo Dugaletta	trapezia, Bmin=4m H=3.5m	26.35	27.97
26065	fosso pubblico	circolare, diam 150 cm	27.31	28.46
26526	fosso	rettangolare, B=2m H=2m	27.74	28.45
26540	fosso	circolare, diam 150 cm	27.93	non allagato
26670	fosso pubblico	circolare, 2 x diam 150 cm	28.34	non allagato
26960	scolo Pralcardo	rettangolare, B=2m H=2m	28.3	29.1
27279	scolo Conterno1	rettangolare, B=2m H=3m	28.51	29.88
30435	scolo	circolare, diam 150 cm	34.5	non allagato
31640	roggia Regula	rettangolare, B=3m H=3m	38.6	non allagato

Tab. 4.8 – Valori calcolati dei livelli idrometrici in corrispondenza delle strutture di attraversamento della linea AV-AC relative agli scoli e fossati della rete di bonifica.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	110 di 186

I risultati delle simulazioni modellistiche eseguite per le situazioni ante-operam e di progetto e per eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno di 100 anni e 300 anni, illustrati ai paragrafi precedenti, hanno evidenziato che l'inserimento del nuovo tracciato ferroviario AV-AC nel territorio indagato determina solo in alcuni punti variazioni sulle altezze degli allagamenti che si verificano per effetto delle acque di esondazione che fuoriescono dagli alvei principali dei corsi d'acqua in esame, Fibbio, Illasi e Chiampo-Alpone.

Peraltro lì dove si riscontrano incrementi dei livelli idrometrici corrispondono aree dove i livelli si riducono.

Per rappresentare con immediatezza il confronto tra i livelli calcolati nelle situazioni ante-operam e di progetto:

- Nell'allegato 7.9 e 7.10 sono riportate, con una scala di colori, le differenze tra le altezze massime di allagamento valutate in tutto il dominio di calcolo in assenza di rotte (scenario 0) per le situazioni attuale e di progetto, per i tempi di ritorno di 300 anni e 100 anni;
- Nell'allegato 7.11 sono rappresentati i profili idrometrici valutati lungo due linee immaginarie che corrano in parallelo a quella del tracciato della ferrovia, ma spostate da questa di 50 m verso nord e di 50 m verso sud. Sono riportati a confronto i livelli massimi di allagamento calcolati per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni nelle situazioni ante-operam e di progetto, in assenza di rotte (scenario 0), a confronto anche con le quote del piano del ferro (in asse) e con le quote del terreno (attuale);
- Nell'allegato 7.12 sono rappresentati, infine, i profili idrometrici valutati lungo due linee immaginarie che corrano in parallelo a quella del tracciato della ferrovia, ma spostate da questa di 50 m verso nord e di 50 m verso sud. Sono riportati a confronto i livelli massimi di allagamento calcolati per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni nelle situazioni ante-operam e di progetto, in

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	111 di 186

presenza di rotte, adottando lungo i profili di riferimento il valore massimo tra quelli dello scenario 1 e quelli dello scenario 2, a confronto anche con le quote del piano del ferro (in asse) e con le quote del terreno (attuale).

Con riferimento alle tavole grafiche che riportano le differenze tra le altezze massime di allagamento valutate per le situazioni attuale e di progetto (nell'allegato 7.9 e 7.10), si osserva che lungo la gran parte del tracciato non vi sono incrementi di livello e quindi peggioramenti delle condizioni di sicurezza idraulica del territorio. Localmente, tuttavia, a causa di fenomeni puntuali, facilmente risolvibili, i risultati del calcolo evidenziano dei peggioramenti in aree di estensione comunque modesta e soprattutto a ridosso dei rilevati della ferrovia. A tale riguardo si possono formulare le osservazioni di sintesi di seguito riportate.

Tratta km 4+000 e km 5+400

Attraverso i sifoni che sotto-passano il tratto in trincea della linea ferroviaria, nella situazione di progetto è convogliata una quantità d'acqua, proveniente per esondazione dal sistema del Fibbio e delle rogge ad esso collegate, superiore a quella della situazione attuale. Si tratta di acque che, sul territorio attraversato dall'Antanello e dalla fossa Gardesana, già allagato nella situazione ante-operam, determinano localmente leggeri incrementi dei tiranti idrici di sommersione, valutabili in circa 15-20 cm per Tr=100 e Tr=300 anni.

Tra le progressive km 4+800 e km 5+400, l'opera occupa parzialmente un'area che allo stato attuale è depressa (43-44 m s.m.) rispetto alle zone limitrofe (48-49 m s.m.) e che risulta allagata. Nella situazione di progetto, la parte dell'area utilizzata per l'opera, adeguatamente rialzata in quota, risulta asciutta, mentre si incrementano i tiranti idrici di sommersione nella parte residuale dell'area depressa stessa, localmente per circa 35 cm con Tr=100 e Tr=300 anni.

Tratta km 6+200 e km 6+800

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	112 di 186

L'acqua fluente nell'alveo della fossa Nuova esonda, nella situazione attuale e in quella di progetto, sia in destra, sia in sinistra. Nella situazione di progetto, i terreni in sinistra sono rialzati in quota, poiché si rialza in quota anche la galleria della linea ferroviaria, approssimandosi alla sezione di sbocco. Le acque che fuoriescono in sinistra si accumulano in una zona di limitata estensione in prossimità dell'alveo della fossa con tiranti idrici superiori (circa 35-40 cm per $Tr=300$ e $Tr=100$ anni) rispetto a quelli della situazione attuale.

Tratta km 7+600 e km 10+000

Nel tratto in viadotto, si osservano modestissime differenze dei tiranti idrici in corrispondenza degli elementi utilizzati per schematizzare la presenza delle pile.

Tratta km 10+000 e km 10+600

Le acque di esondazione, che nella situazione ante-operam scorrono liberamente sui terreni compresi tra il Fibbio e via Maccagnina, superano nella situazione di progetto la posizione del nuovo rilevato ferroviario defluendo in parte nel varco tra la sponda sinistra del Fibbio e la spalla est del viadotto e in parte nelle strutture di attraversamento previste (tombini, fornici, ecc.) determinando, a nord del rilevato stesso, modesti incrementi dei tiranti idrici, su aree già allagate. Non si osservano peggioramenti per $Tr=100$ anni, mentre si ha un incremento è dell'ordine di 5-10 cm per $Tr=300$.

Tratta km 11+500 e km 13+000

Le acque di sommersione che scorrono sul territorio ad est dell'Illasi, provenienti da esondazioni in sinistra dello stesso corso d'acqua, nella situazione di progetto defluiscono attraverso l'opera in rilevato, principalmente da nord a sud, ma non solo, mediante le strutture di attraversamento previste (fornici, tombini, ecc.), producendo, tra le posizioni km 11+500 e km 12+000, incrementi di livello nella parte a nord, rispetto alla situazione ante-operam. Si tratta di incrementi

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	113 di 186

dell'ordine di 15 cm medi, procedendo da nord a sud, per $Tr=100$ anni e $Tr=300$ anni.

Tratta km 13+000 e km 15+000

Le acque di sommersione che scorrono sul territorio ad est dell'Illasi, provenienti da esondazioni in sinistra dello stesso corso d'acqua e dalla rete secondaria locale, nella situazione di progetto defluiscono attraverso l'opera in rilevato, principalmente da nord a sud, ma non solo, mediante le strutture di attraversamento previste (fornici, tombini, ecc.), producendo incrementi di livello rispetto alla situazione ante-operam, tra le posizioni km 13+600-km 14+000 (mediamente dell'ordine di 20 cm per $Tr=300$ anni e mediamente di 5-10 cm per $Tr=100$ anni), nella parte a nord, e km 14+600-km 15+000 (mediamente dell'ordine di 10 cm per $Tr=100$ anni e per $Tr=300$ anni), sia nella parte a nord e sia a sud.

Tratta km 15+000 e km 17+000

Le acque di sommersione che scorrono sul territorio, provenienti da esondazioni in sinistra dell'Illasi e dalla rete secondaria locale, nella situazione di progetto defluiscono attraverso l'opera in rilevato, qui localmente da sud a nord, mediante le strutture di attraversamento previste (fornici, tombini, ecc.), producendo incrementi di livello significativi rispetto alla situazione ante-operam, tra le posizioni km 15+200-km 16+200 (dell'ordine di 10cm medi per $Tr=100$ anni di 45 cm medi per $Tr=300$ anni) e, nella parte a sud, km 16+500-km 16+800 (dell'ordine di 20 cm per $Tr=100$ anni e di 40 cm per $Tr=300$ anni), nella parte a nord, per la presenza del nuovo rilevato stradale di accesso alla sottostazione.

Tratta km 17+800 e km 18+600

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	114 di 186

In tale tratta, solo per il tempo di ritorno di 100 anni si osservano, nella situazione di progetto, incrementi di livello rispetto alla situazione ante-operam, comunque modesti per entità (10-15 cm) e per estensione delle aree coinvolte.

Tratta km 22+000 e km 30+500

Nel territorio in sinistra Alpone, le acque che fuoriescono sull'argine sinistro del Chiampo defluiscono sui terreni sostanzialmente come nella situazione ante-operam, in particolare per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni. In corrispondenza del tracciato della nuova ferrovia si osservano, in qualche caso, incrementi del livello di sommersione, rispetto alla situazione precedente, dell'ordine dei 10-15 cm per $Tr=300$ anni.

4.5 Verifica idraulica della configurazione di progetto in previsione della realizzazione del piano di interventi della regione veneto previsti per il 2018

4.5.1 Gli interventi previsti e la loro schematizzazione nel modello unidimensionale

Nel Piano degli Interventi della Regione Veneto, nel bacino idrografico del Chiampo-Alpone, oltre ad interventi secondari già realizzati, come la sconnessione idraulica del Tramigna dall'Alpone mediante una paratoia automatizzata, il rifacimento e la sistemazione dei muri di contenimento del Tramigna nell'abitato di Soave e la rimozione del ponte della Motta sull'Alpone a San Bonifacio, sono anche previsti una serie di altri interventi per la riduzione della portata:

- del Chiampo a valle della sezione di Montebello Vicentino a $120 \text{ m}^3/\text{s}$ utilizzando parzialmente, per la laminazione dei colmi degli idrogrammi, la cassa di espansione delle piene opportunamente potenziata di Montebello ($4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ riservati al Chiampo su un totale complessivo di circa $8.0 \times 10^6 \text{ m}^3$, di cui $2.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ in progetto), che attualmente è destinata all'invaso delle portate in eccesso del solo Agno-Guà;

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	115 di 186

- dell'Alpone a valle di Montecchia di Crosara a 70 m³/s realizzando un bacino di laminazione in località Colombaretta con volume utile di 0.6-0.9×10⁶ m³;
- dell'Aldegà e del Chiampo in prossimità della confluenza utilizzando il bacino naturale di San Vito con volume utile di circa 2.0×10⁶ m³;
- del Tramigna nell'abitato di Soave, realizzando l'intervento denominato "Destinazione del bacino di San Lorenzo quale area di espansione del torrente Tramigna".

Per tenere conto che alcune tra le opere previste (l'ampliamento del bacino di Montebello e la realizzazione dell'invaso Colombaretta) sono posizionate a monte dei nodi di immissione delle portate nel modello idrodinamico, si sono determinate le condizioni al contorno di monte del modello stesso apportando alcune modifiche agli idrogrammi di portata originali forniti dall'Autorità di Bacino. In particolare, si sono considerate le seguenti variazioni:

- per il Chiampo a Montebello, una laminazione ideale degli idrogrammi, realizzata a portata massima costante di 120 m³/s, per effetto delle opere previste nella cassa di Montebello Vicentino;
- un trasferimento cinematico degli idrogrammi di piena del Chiampo, laminati per l'intervento della cassa di Montebello, con la successiva sovrapposizione degli idrogrammi di portata del Rodegotto, affluente di destra, fino al nodo di immissione della portata nello schema idrodinamico, posizionato a monte dell'attraversamento dell'autostrada A4;
- per l'Alpone, la sovrapposizione degli idrogrammi di portata dell'Alpone stesso a Montecchia di Crosara, del Rio Albo e della Valle Marchi e la successiva laminazione ideale degli idrogrammi risultanti, realizzata a portata massima costante di 70 m³/s, per effetto delle opere previste nella cassa di località Colombaretta.

In definitiva, gli idrogrammi di portata, modificati rispetto a quelli originali per effetto dell'intervento dei bacini di laminazione di Montebello, per il Chiampo, e

della Colombaretta, per l'Alpone, sono riportati, per i tempi di ritorno di 100 anni e di 300 anni, nella figura sottostante.

Per simulare anche l'intervento del bacino di San Vito, ad uso di laminazione delle piene dell'Aldegà e del Chiampo, e del bacino di San Lorenzo, destinato ad invasare le acque del Tramigna, si è completato lo schema di calcolo inserendo nel modello uni-bidimensionale opportuni tronchi speciali che riproducono, come condizione interna al sistema, il funzionamento degli sfioratori di alimentazione dei bacini stessi, nonché le arginature perimetrali, come previsto nei relativi progetti.

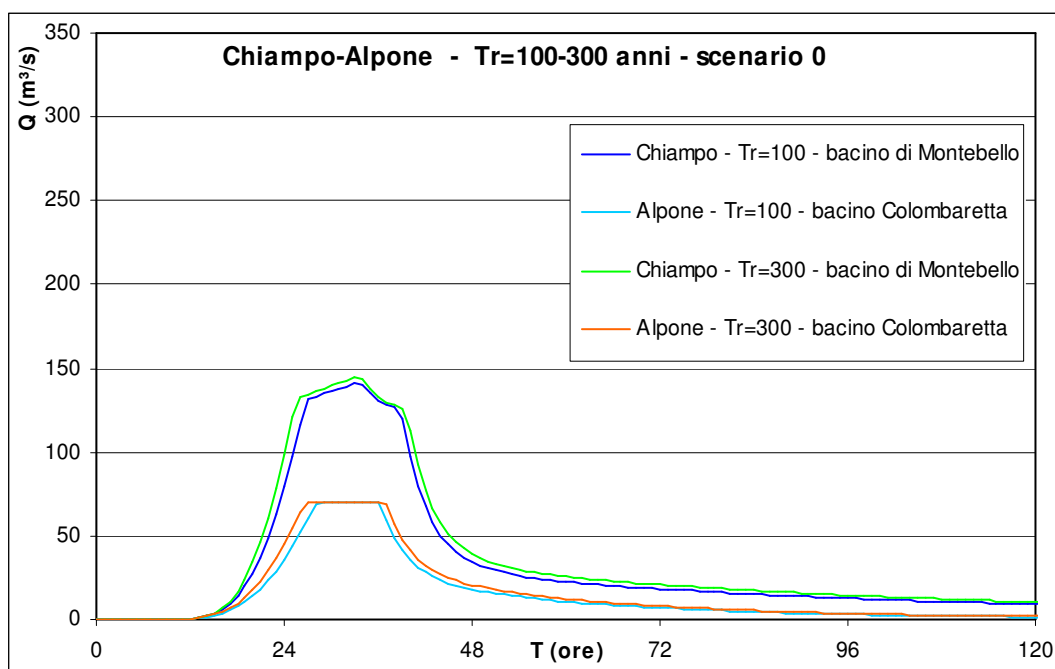


Fig. 4.37 -Eventi con Tr=100-300 anni: idrogrammi di portata considerati per il Chiampo e per l'Alpone per tenere conto degli effetti dei bacini di Montebello, per il Chiampo, e della Colombaretta, per l'Alpone.

4.5.2 L'evento con tempo di ritorno di 100 anni

A completamento dell'indagine condotta con il modello idraulico uni-bidimensionale, si è quindi eseguita una ulteriore serie di simulazioni di calcolo per le situazioni ante-operam e di progetto, considerando gli effetti dei 4 bacini di

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	117 di 186

laminazione delle piene previsti nel sistema Chiampo-Alpone-Tramigna, come illustrato al precedente paragrafo 4.5.1.

In tali condizioni, si sono prima ripetute le simulazione di calcolo considerando l'evento di piena con tempo di ritorno di 100 anni e si sono valutate le condizioni di deflusso in tutto il dominio e in particolare nel bacino del Chiampo-Alpone.

Le mappe che riportano le altezze massime delle lame d'acqua di allagamento del territorio (allegato 8.1), se confrontate con quelle corrispondenti, valutate in assenza dei bacini di laminazione programmati dalla Regione Veneto, consentono di osservare:

- l'assenza, ovviamente, di variazioni delle aree allagate nella parte del territorio attraversato dai corsi d'acqua del sistema Fibbio-Illasi, entro il quale il Piano degli Interventi regionale non prevede sostanzialmente la realizzazione di opere;
- una riduzione appena significativa degli allagamenti nella parte del territorio compreso tra l'argine destro dell'Alpone e il canale LEB, nella parte meridionale del territorio indagato, per effetto della riduzione delle portate che esondano dal Tramigna a monte di Soave e all'annullamento delle tracimazioni alla confluenza Alpone-Tramigna, in destra idrografica;
- l'annullamento delle tracimazioni arginali e dei conseguenti allagamenti del territorio adiacente, sia in destra, sia in sinistra idrografica, lungo tutto il percorso indagato del Chiampo e dell'Alpone;
- il persistere di zone di allagamento nel territorio del comune di Soave, per le esondazioni residue del Tramigna, prima di attraversare entro difese murate il centro storico abitato, e nel territorio dei bacini dell'Aldegà, del Degora e dei loro affluenti e di alcuni affluenti dell'Alpone, per l'inadeguatezza della rete di drenaggio di bonifica per eventi con tempo di ritorno di 100 anni.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	118 di 186

La realizzazione o, meglio, il completamento degli interventi della Regione Veneto consentiranno, in buona sostanza, di annullare tutte le tracimazioni arginali potenzialmente pericolose per la nuova linea ferroviaria, vale a dire quelle che, come illustrato per la situazione ante-operam, potrebbero verificarsi sull'argine sinistro del Chiampo e sull'argine destro dell'Alpone-Tramigna, in corrispondenza della comune confluenza.

4.5.3 L'evento con tempo di ritorno di 300 anni

Le simulazione di calcolo considerando gli interventi della Regione Veneto sono state ripetute anche per l'evento di piena con tempo di ritorno di 300 anni.

Le mappe che riportano le altezze massime delle lame d'acqua di allagamento del territorio (allegato 8.2), se confrontate con quelle corrispondenti, valutate in assenza dei bacini di laminazione, consentono di formulare le osservazioni già esposte al paragrafo precedente 4.5.2 per l'evento centenario.

In particolare, si rileva che, anche in questo caso ($Tr=300$ anni), l'attivazione dei bacini di invaso determinerebbe l'annullamento di tutte le tracimazioni arginali e dei più estesi allagamenti del territorio adiacente che l'indagine condotta nella situazione ante-operam (vedi allegato 5.2 e Fig. 4.9) segnala come possibili sull'argine sinistro del Chiampo e sull'argine destro dell'Alpone-Tramigna, in corrispondenza della comune confluenza, e quindi potenzialmente pericolose per il tracciato della nuova linea ferroviaria.

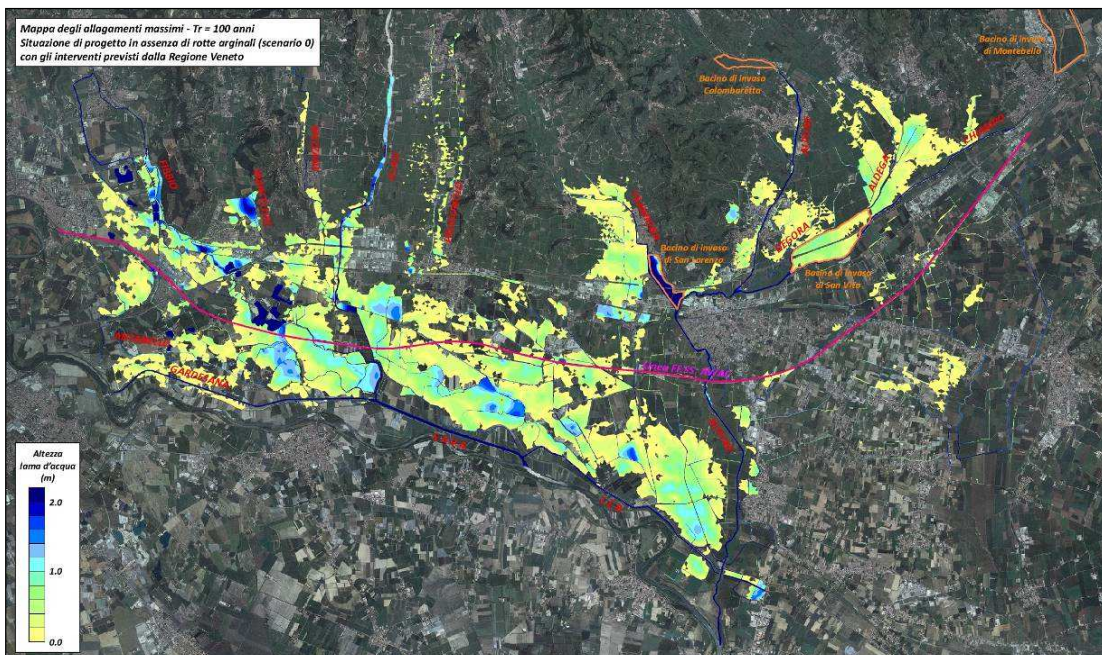
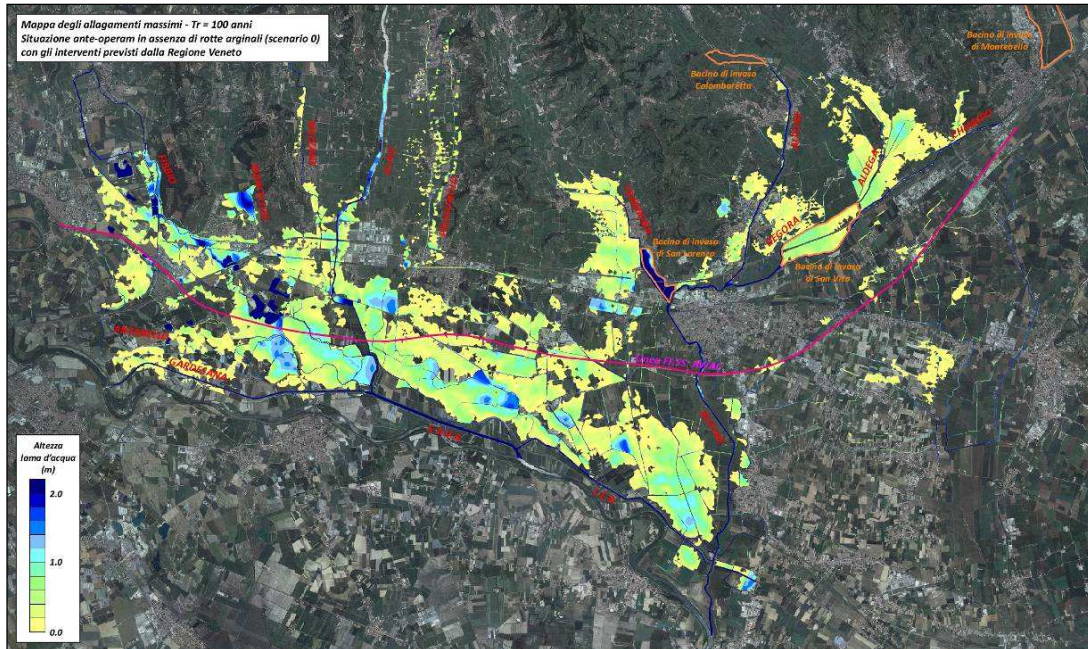


Fig. 4.38 -Evento con Tr=100 anni: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'inviluppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello unidimensionale, nelle situazioni ante-operam (sopra) e di progetto (sotto), nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), con gli interventi previsti dalla Regione Veneto nel bacino del Chiampo-Alpone.

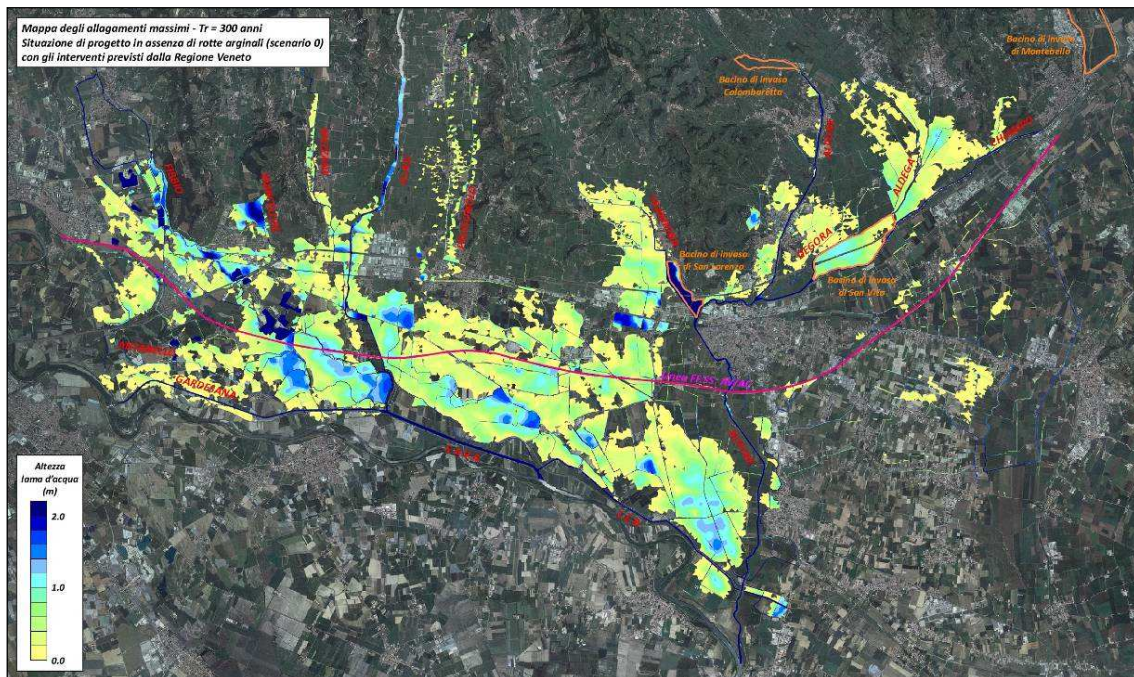
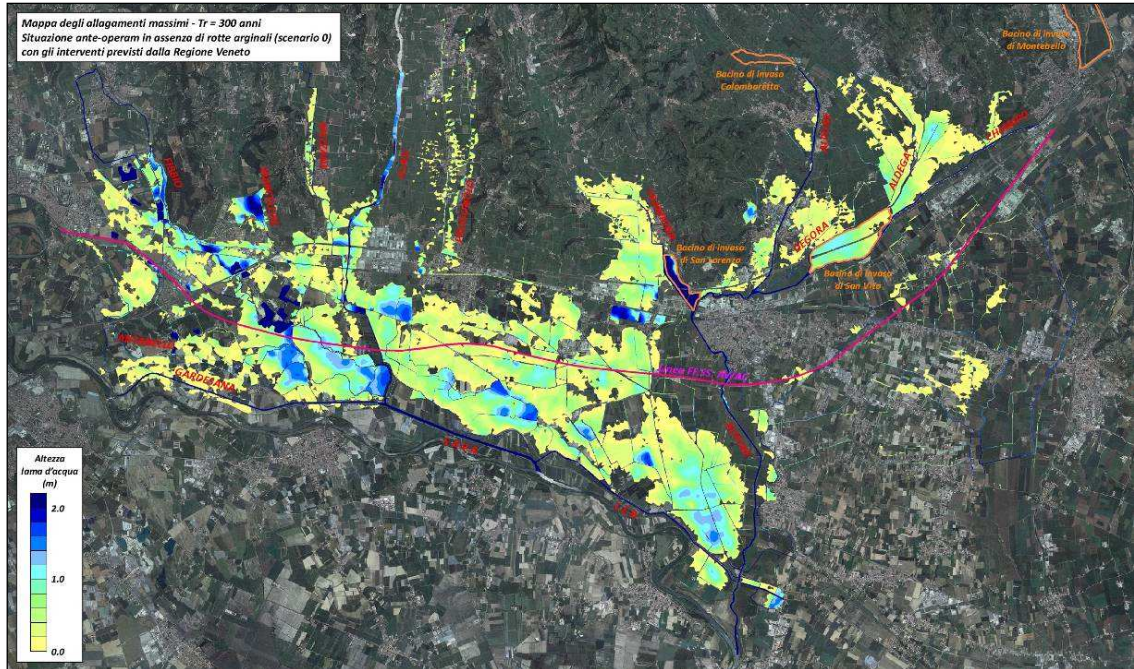


Fig. 4.39 -Evento con Tr=300 anni: rappresentazione, sull'ortofoto 2015, dell'involuppo delle massime altezze raggiunte dalla lama d'acqua calcolate con il modello unidimensionale, nelle situazioni ante-operam (sopra) e di progetto (sotto), nell'ipotesi di assenza di rotte arginali (scenario 0), con gli interventi previsti dalla Regione Veneto nel bacino del Chiampo-Alpone.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	121 di 186

5 CONSIDERAZIONI SULLA TRATTA MONTEBELLO VICENTINO – BIVIO VICENZA

La linea AV/AC tra Montebello Vicentino e il cosiddetto “Bivio Vicenza” si estende tra le chilometriche 32,690 e 44,250. Dal punto di vista idrografico il tratto in oggetto interessa vari bacini:

- la porzione nord, tra la km 32,690 e la km 34,047 (spalla dx del ponte sul f. Guà), rientra nel sottobacino del f. Acquetta (affluente del f. Fratta);
- l'area centrale, tra la km 34,125 (spalla sx del ponte sul f. Guà) e la km 39,630, rientra nel sottobacino del f. Brendola (affluente del f. Guà);
- la tratta tra la km 39,630 e la km 44,250 ricade nel sottobacino del t. Riello (affluente del f. Retrone).

5.1 Tratta fra la pk 32+690 e la pk 39+630

La linea AV/AC si posiziona in affiancamento a sud dei binari esistenti. Nel tratto, la rete principale attraversata è costituita dal f. Acquetta e dal f. Guà.

Il f. Acquetta è lo scarico (secondario) regolato della Cassa di Espansione di Montebello. In aggiunta è il recettore della Roggia di Arzignano e della Roggia dei Molinari.

Il f. Guà a Montebello Vicentino è l'unione del t. Agno e del t. Poscola. Alla sezione di Col di Guà (67 m smm, 3km a monte della A4 in comune di Montecchio Maggiore) il bacino sotteso è di circa 200 km². A monte della A4 sono situate la cassa di espansione di Montebello (5'000'000 m³), con opera di presa nel comune omonimo, attiva dal 1927, e la cassa di espansione di Trissino attualmente in costruzione (2'700'000 m³). In un'area di 100 ha a sud della A4, in destra e sinistra al rio Acquetta e fino all'argine destro del f. Guà, il PTPC della Provincia di Vicenza (2010) segnala una criticità di classe 1 (grado minore) che il PAI nel 2012 ha recepito come “segnalazione” indicandola come “area di attenzione”. Tale area interessa il tracciato del I° subtratto, per una lunghezza di circa 1500m.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	122 di 186

Il vigente PTPC della Provincia di Vicenza aveva a sua volta assunto tali informazioni dal Piano Provinciale di Protezione Civile del 2001 che aveva attinto ad informazioni o censimenti del locale Consorzio di Bonifica (Zerpano-Adige-Guà, che però nella cartografia del 2005÷2006, cfr tavola 3.2, non la indicava come area a rischio idraulico).

Nel corso del 2013 un'analisi critica condotta dall'Autorità di Bacino Alto Adriatico, in merito all' area di attenzione (codice VI_42_APV) ha riconosciuto che a causare problemi nella zona risultano le difficoltà di drenaggio della rete minore e le emersioni di falda dal vicino bacino di Montebello situato 500m a nord. Inoltre il Consorzio Alta Pianura Veneta nel PGBTTR del 2011÷2013 e il PATI del 2010 non la inserivano più tra le criticità idrauliche e non la segnalavano allagata durante gli eventi 2010, 2012 e 2013. In considerazione di tutto ciò, l'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico dopo l'istruttoria ha eliminato dal PAI l'area di attenzione.

Si ritiene pertanto che l'invarianza idraulica dell'intervento nel tratto in questione possa essere affrontata con le normali metodologie basate sui volumi di compenso individuati localmente (fossi di guardia, bacini di accumulo, etc...) e che quindi non sia opportuna e necessaria una metodologia basata sulla modellazione 2D-1D.

Nel II° subtratto, tra la km 36 e la km 38 in comune di Brendola, la linea AV/AC si posiziona in affiancamento ai binari esistenti. L'intervento dalla planimetrie di progetto pare coordinato con la realizzazione del nuovo casello A4 e la nuova stazione ferroviaria di Montecchio Maggiore. L'intervento si inserisce in un'area densamente urbanizzata.

Nella zona il PTPC della Provincia di Vicenza segnala una criticità sulla roggia Risarola – fiumicello Brendola che il PAI ed. 2012 ha recepito come “segnalazione” indicandola come “area di attenzione”. Tale area interessa una lunghezza di circa 1600m e un'area di circa 150 ettari.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	123 di 186

Il vigente PTPC della Provincia di Vicenza aveva assunto tale indicazione in riferimento al Piano Provinciale di Protezione Civile del 2001 che a sua volta, aveva attinto ad informazioni o censimenti del locale Consorzio di Bonifica (Riviera Berica) e/o della Cartografia dell'Unione Veneta Bonifiche. Nel 2005-2006 nell'ambito della progettazione del Sistema delle Tangenziali Venete il Consorzio Riviera Berica segnalava l'area "ad alto rischio allagamento". Nel 2011÷2012 il Consorzio Alta Pianura Veneta ha realizzato i lavori di messa in sicurezza idraulica del fiumicello Brendola. Realizzati dal Consorzio anche i lavori nella roggia Signoretto.

Nel corso dell'istruttoria avvenuta nel 2013 da parte dell'Autorità di Bacino Alto Adriatico Martini l'area di attenzione (codice VI_47_APV) è stata riconosciuta essere (stata) causata da difficoltà di drenaggio della rete urbana (fognatura bianca della zona industriale di Montecchio e Brendola). Inoltre il Consorzio Alta Pianura Veneta non la inseriva tra le criticità idrauliche nel PGBTT del 2011÷2013 se non in misura molto minore e non la segnalava allagata durante gli eventi 2010, 2012 e 2013. In considerazione di tutto ciò, l'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico ha eliminata dal PAI l'area di attenzione. Possono essere presenti tuttavia criticità nella rete di smaltimento delle acque meteoriche (fognature bianche) di cui il Consorzio non è competente.

Si ritiene, pertanto, che l'invarianza idraulica dell'intervento nel tratto in questione possa essere affrontata con le normali metodologie basate sui volumi di compenso individuati localmente (fossi di guardia, bacini di accumulo, etc...) e che quindi non sia opportuna e necessaria una metodologia basata sulla modellazione 2D-1D.

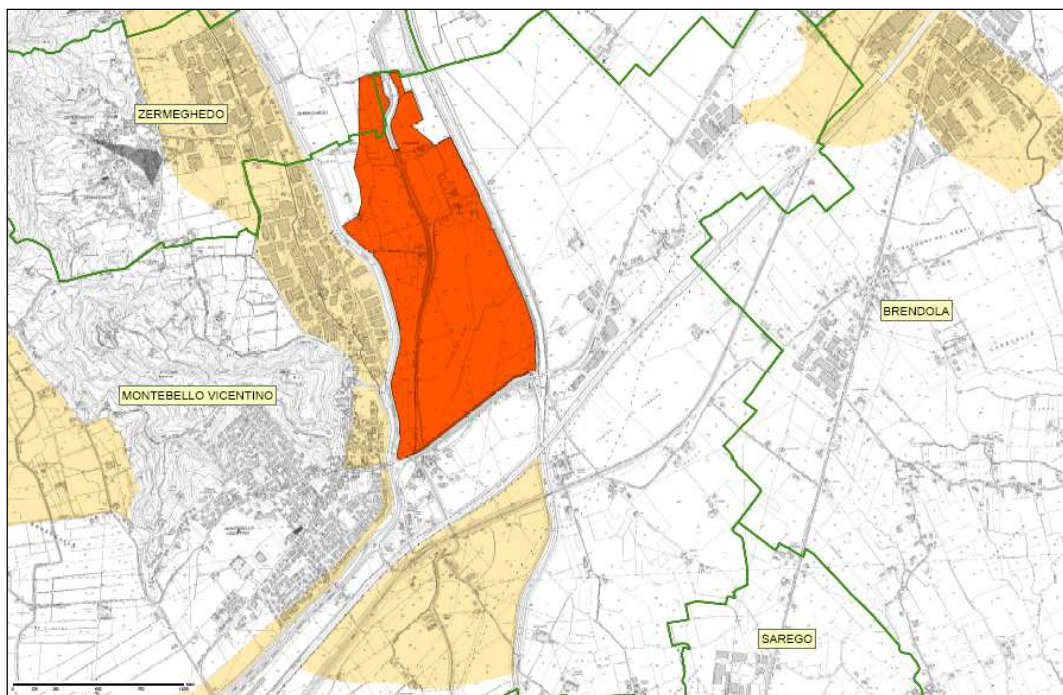


Fig. 5.1 -Estratto dalla Tavola 53 del PAI, ed. Febb 2012

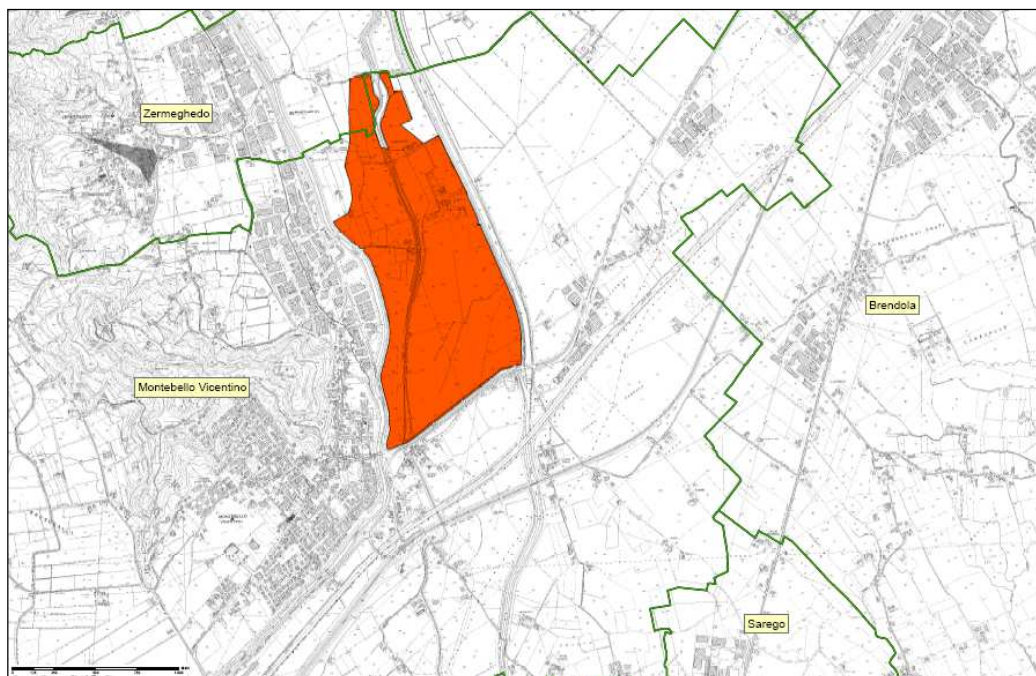


Fig. 5.2 -Estratto dalla Tavola 53 del PAI, Aggiornata con DS n.30 del 04/06/2014

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	125 di 186

Studi delle due Autorità di Bacino del 2013 nell'ambito del passaggio di consegne al nuovo soggetto attuatore ex OPCM 3906 hanno evidenziato che il f. Guà a Montebello e in generale fino all'incirca a Lonigo non si hanno oggi (5'000'000 m³ di invaso disponibili) condizioni di pericolosità idraulica per tracimazione (franco dell'ordine di 1m, per piene con Tr=100 e 300 anni). Tuttavia una volta ampliato il bacino di Montebello da 5'000'000 m³ a 9'700'000 m³, di cui 4'500'000 m³ a servizio del t. Chiampo (opera finanziata secondo tabelle 31-12-2015 della Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto), e una volta completato il bacino di Trissino (2'700'000 m³, completato entro luglio 2017 secondo il Cronoprogramma della Direzione Difesa del Suolo del 31-12-2015) la sicurezza idraulica del t. Guà nel tratto direttamente più prossimo alla linea AV/AC e nel tratto di monte e di valle fino a Lonigo sarà ancora maggiore. Le casse di espansione del Guà sono infatti finalizzate alla sicurezza idraulica dei tratti vallivi del fiume, da Lonigo a Cologna Veneta, e a regimare/controllare la portata in ingresso nel Frassine che, grazie ai bacini di Montebello e Trissino, può essere limitata nel caso di Tr=100 anni a circa 260÷300 m³/s (fonte: Autorità di Bacino, 2013).

Si ritiene pertanto non necessario approfondire con modelli idraulici 1d o 2d la sicurezza idraulica del Agno-Guà nella tratta AV/AC a monte e a valle di Montebello Vicentino, in considerazione del fatto che dal momento che il f. Guà è abbastanza inciso, imbrigliato e poco arginato e ciò rende poco realistico il rischio di rotte, inoltre il ponte AV/AC non presenta pile e spalle in alveo.

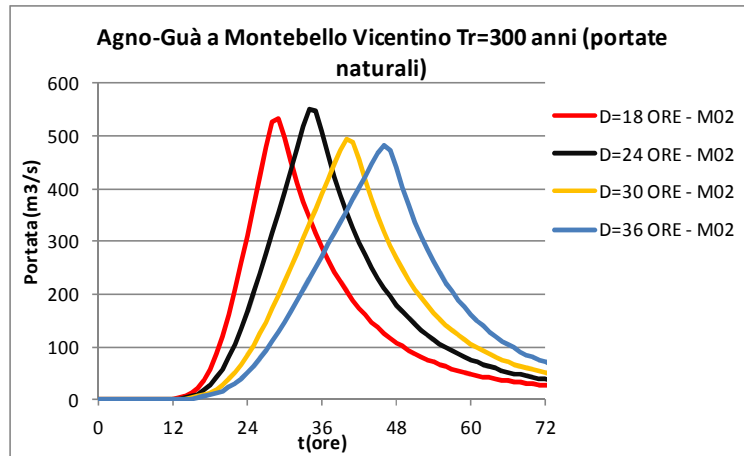


Fig. 5.3 - Portate $T_r=300$ anni del f. Guà a Montebello Vicentino. Fonte: Autorità di Bacino, gen 2013

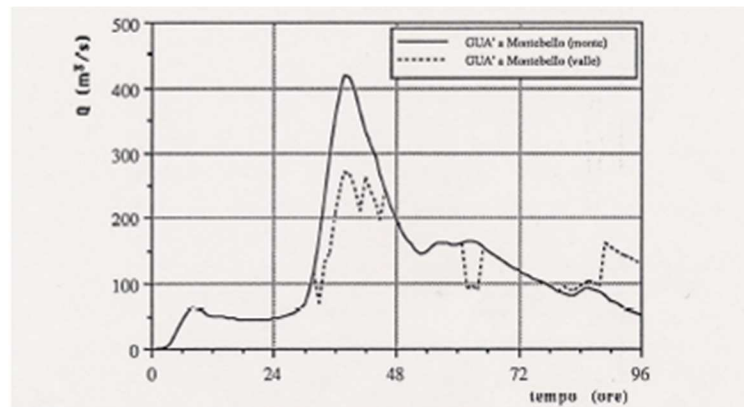


Fig. 5.4 - Ricostruzione evento 1992 a Montebello Vicentino. Fonte: Autorità di Bacino, gen 2013, ripresa da Studi 1994÷1996

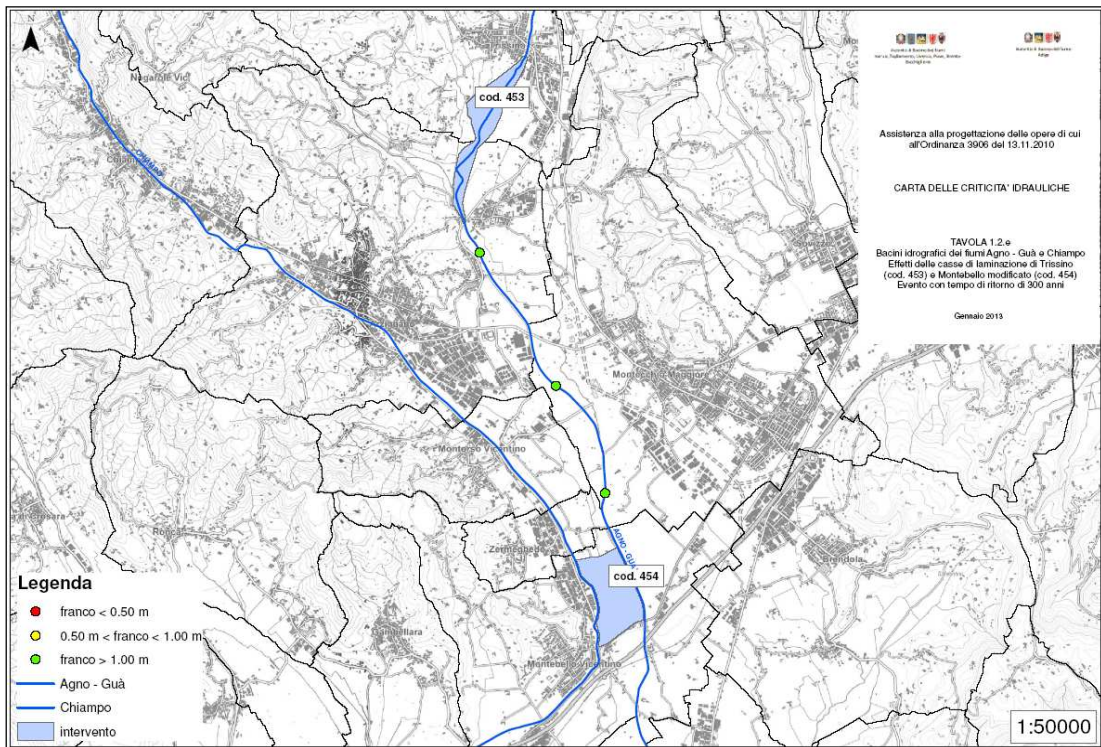
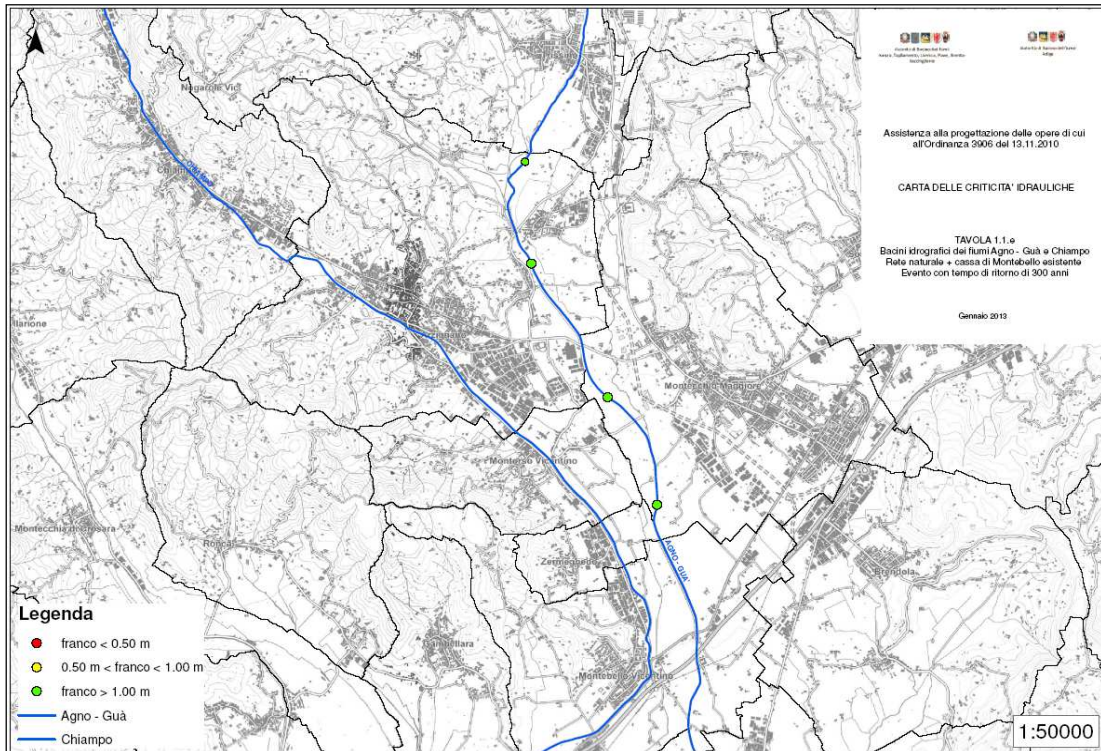


Fig. 5.5 - Carta delle criticità idrauliche nel fiume Guà a monte di Montebello Vicentino, senza e con casse di espansione. fonte: ADB, gen 2013

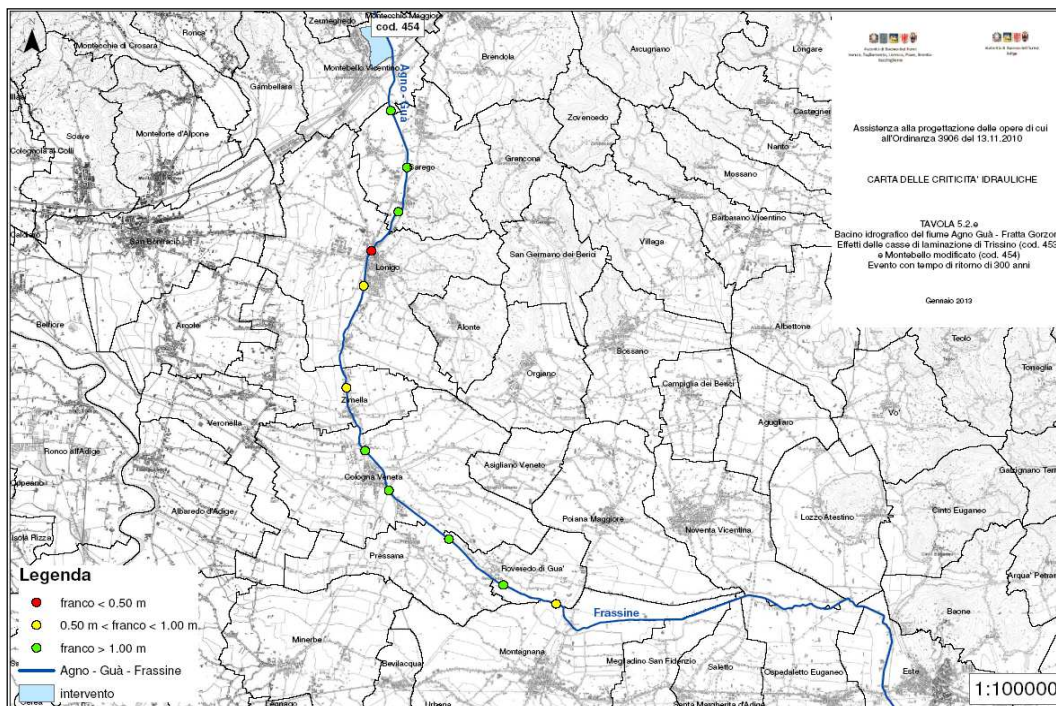
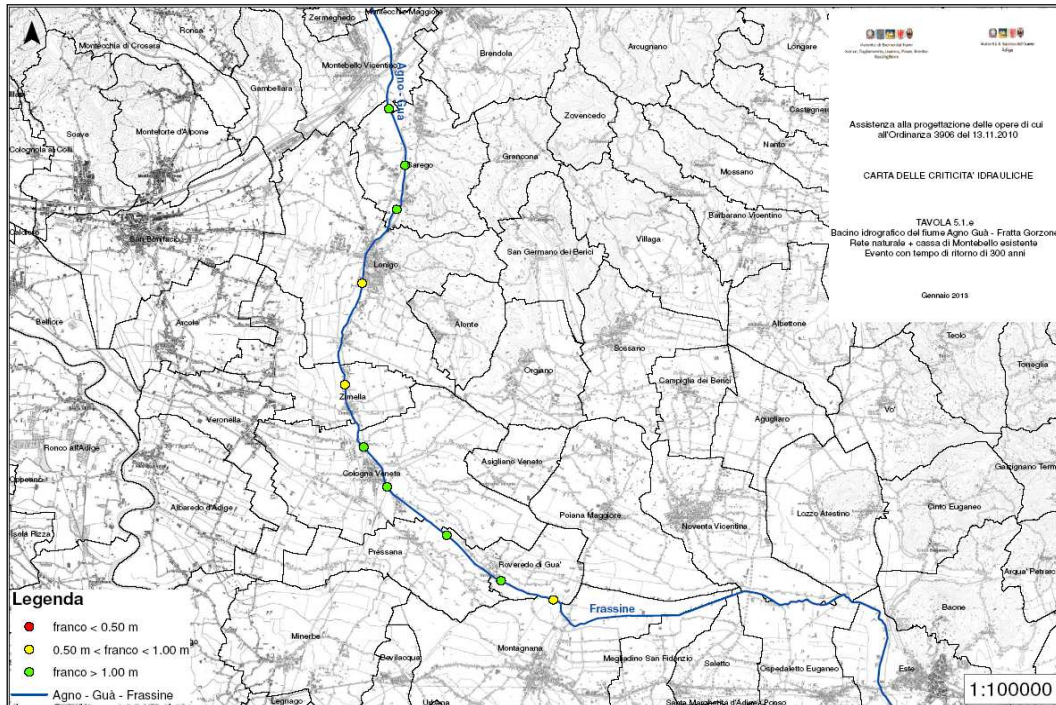


Fig. 5.6 - Carta delle criticità idrauliche nel fiume Guà a valle di Montebello Vicentino, senza e con casse di espansione. fonte: ADB, gen 2013

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	129 di 186

5.2 Tratta fra la pk 39+630 e pk la 44+2502

La terza tratta interessa il bacino del Retrone, nello specifico il bacino del t. Riello, affluente di destra del Retrone in Comune di Altavilla.

Il PAI del 2012 individua ampie aree P2 nel bacino del Retrone. Ulteriori aree (ma non nell'area qui di interesse) sono state allagate nel corso degli eventi del maggio 2013 e gennaio 2014, molto gravosi per i bacini di pianura del Bacchiglione. Nell'ambito degli studi idraulici per la Direttiva Alluvioni il Retrone è stato modellato dal Distretto Alto Adriatico solamente a valle della A4.

Per il Retrone a monte della FFSS, si stimano portate idrologiche dell'ordine di 150 m³/s in base all' ex Direttiva Alluvioni Tr=100 anni, tuttavia la massima portata convogliabile entro le arginature all'attuale ponte di Altavilla-Creazzo non supera gli 80÷90 m³/s.

E' tuttavia corretto osservare che la linea AV/AC corre in affiancamento e a sud di quella esistente, nell'area compresa tra l'attuale rilevato ferroviario e la SP34 Vicenza-Montecchio Maggiore (non rappresentata nella CTR di base del PAI), in aree non perimetrate né allagate negli eventi 1966, 2010, 2013 e 2014. Nel Febbraio 2014 è stato registrato il livello massimo storico all'idrometro di S. Agostino a causa delle maggiori portate fluenti in alveo dopo gli interventi di rialzo delle arginature effettuati dal Genio Civile di Vicenza.

Studi su modello idraulico 2D-1D condotti in occasione dello Studio di Fattibilità degli interventi idraulici connessi alla linea AV/AC in Vicenza, (2009-2011) hanno evidenziato che a valle dell'attuale ponte FFSS di Creazzo (Altavilla) gli allagamenti (piena 1966, Q max 90 m³/s; h max al ponte FFSS = 33.75 m smm) non superano in Comune di Altavilla la rotonda tra Viale della Scienza, la SP34, Via Tagliamento e il sottovia ferroviario di collegamento con la SR11. La rotonda si trova infatti da CTR a quota di 34.10 circa. La subtratta Montebello - Bivio

Vicenza termina 200m ad ovest della rotonda all'altezza dell'uscita dalla SP34 verso Via Vicenza in Altavilla, al confine cioè con le aree perimetrare dal PAI.

Il già citato Studio di Fattibilità ha evidenziato peraltro che la portata limite di 90 m³/s mette già in crisi il Retrone a monte del ponte FFSS di Creazzo, con esondazioni non rappresentate (ma diffuse) in quanto il modello allora messo a punto copriva solamente il bacino a valle del ponte FFSS. Si evidenzia quindi che si già ad oggi sul territorio è presente una criticità idraulica non da imputare alla futura infrastruttura ferroviaria.

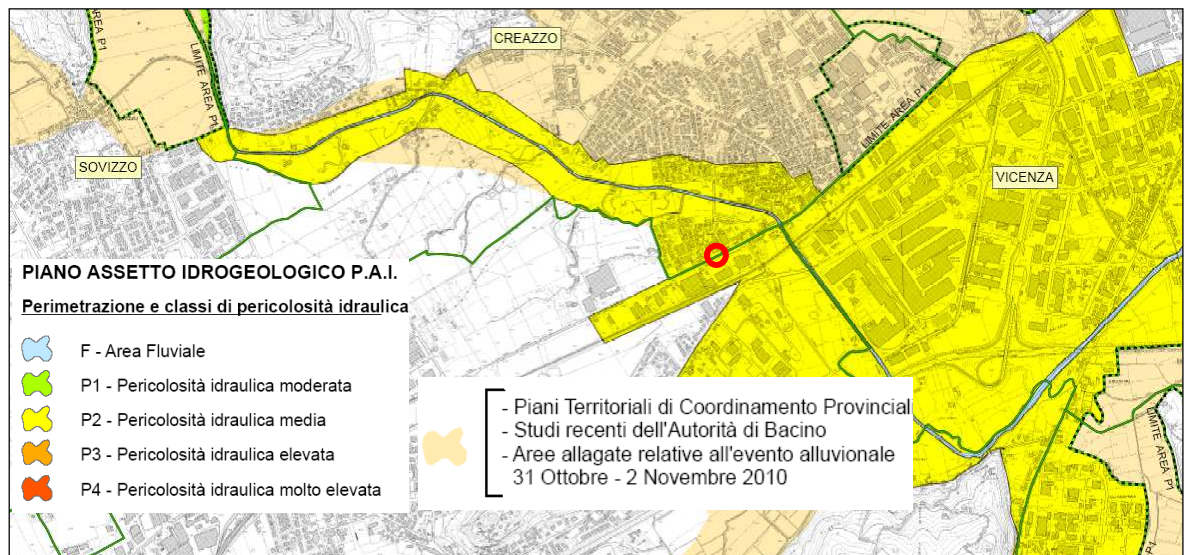


Fig. 5.7 - Estratto da Tavola 51 del PAI, ed. Feb 2012. Con cerchio rosso è indicata la posizione del fine tratta. Non è rappresentata la nuova SP34 che bypassa il centro abitato di Altavilla correndo parallela alla attuale ferrovia.

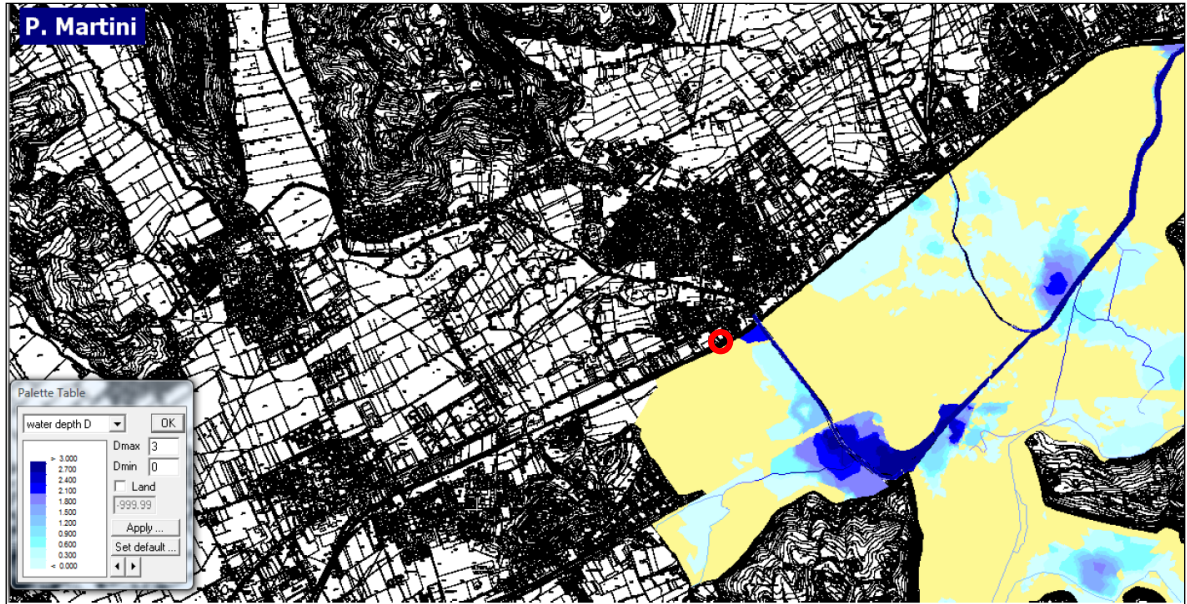


Fig. 5.8 - Aree allagate durante una piena come quella del 1966 con le geometrie delle sezioni del Retrone del 2014+2015 (rialzi arginature S. Agostino già realizzati dal Genio Civile). Estratto da Studio di Fattibilità interventi idraulici connessi a linea AV/AC. Novembre 2014. Con cerchio rosso è indicata la posizione del fine tratta.

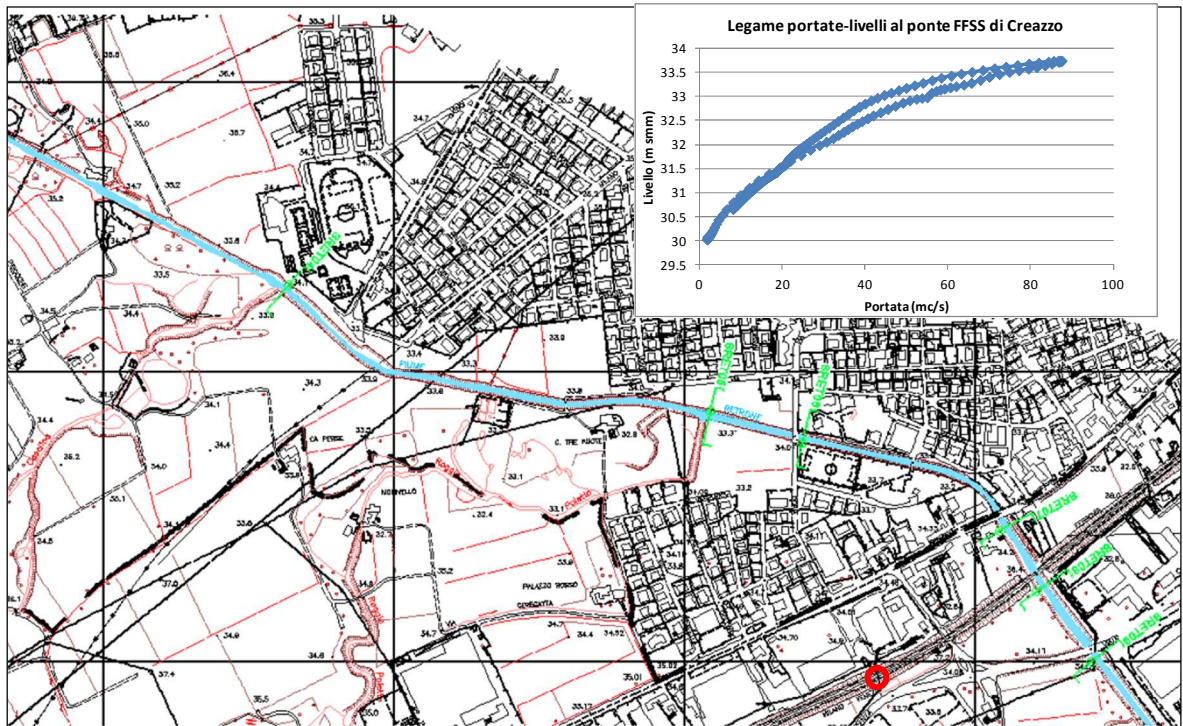


Fig. 5.9 - Ubicazione delle sezioni del Retrone disponibili (Regione Veneto, 2002) in Comune di Altavilla. Con cerchio rosso è indicata la posizione del fine tratta.

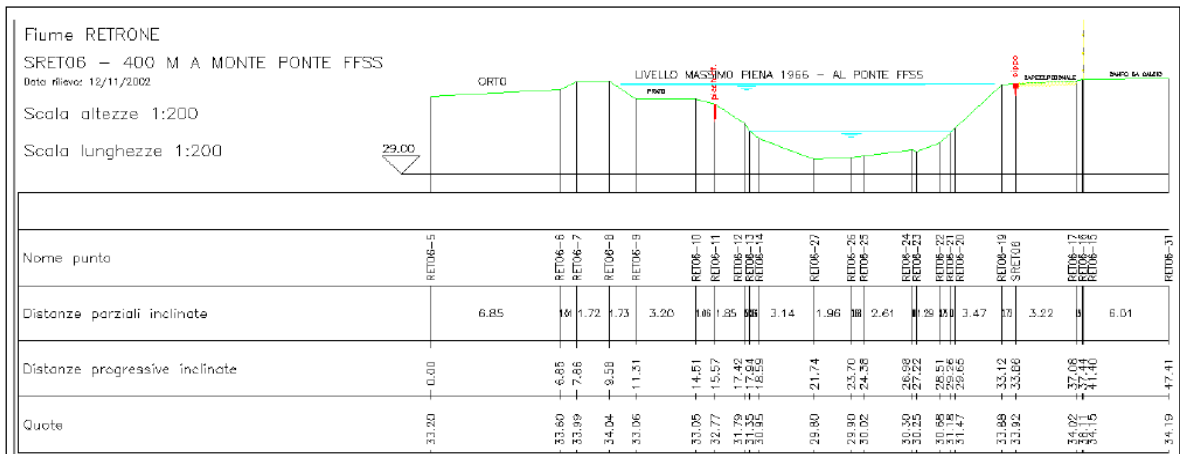
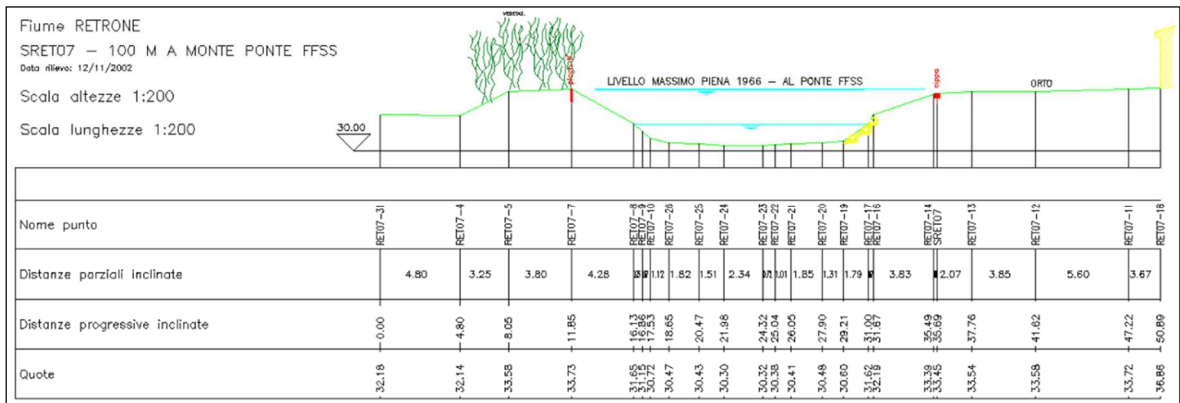
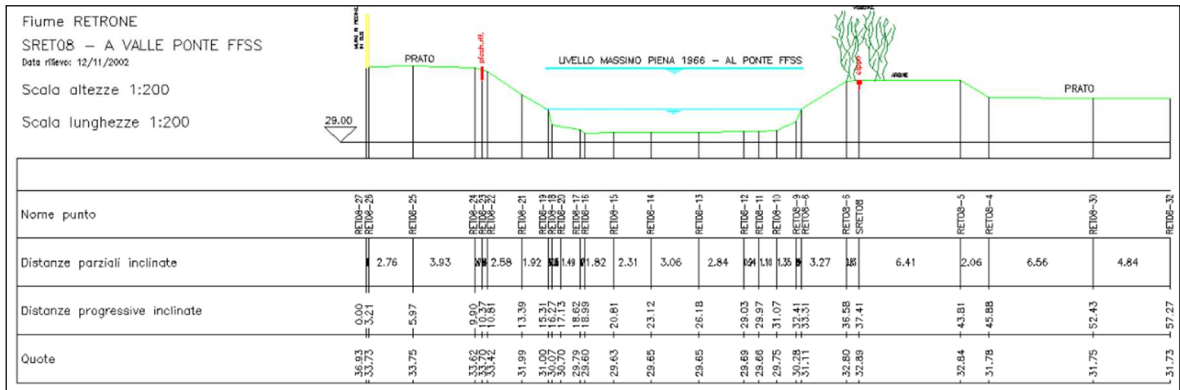


Fig. 5.10 - Sezioni del Retrone disponibili (Regione Veneto, 2002) in Comune di Altavilla a monte e valle del ponte FFSS esistente.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	133 di 186

6 CONCLUSIONI


Sulla base delle verifiche e analisi di approfondimento effettuate, mediante specifica modellazione idraulica di dettaglio, si attesta, che il lotto funzionale Verona- Bivio Vicenza , della linea ferroviaria AV/AC Verona Padova (un'infrastruttura strategica di interesse pubblico) non genera effetti negativi sul territorio attraversato.

Nella fase progettuale, infatti, si sono tenuti in considerazione di tutti gli elementi di rischio o pericolosità idraulica evidenziati dagli Enti di gestione territoriale, utilizzando suggerimenti e direttive come linee guida nelle scelte di progetto. Inoltre ci si è posti l'obiettivo, con opere di trasparenza idraulica, con la riprofilatura e risagomatura dei corsi d'acqua intercettati e/o mediante la scelta di un tracciato spesso in viadotto di:

- Non interferire con opere di difesa spondali esistenti (opere di sponda e argini);
- Evitare una riduzione della capacità di trasporto dell'alveo;
- Garantire il deflusso naturale delle acque sul territorio;
- Inalterare il profilo di piena dei corsi d'acqua interferiti;
- Assicurare il principio dell'invarianza idraulica.

Peraltro nel progetto sono stati presi in considerazione anche interventi mirati alla salvaguardia sia dell'infrastruttura, da eventuali eventi meteorici particolarmente critici, che da possibili fenomeni di erosione localizzata che danneggerebbero sia il rilevato ferroviario che i territori attigui.

La presente nota tecnica include, oltre che un'indagine sui corsi d'acqua maggiori anche la modellazione della rete minore. Il modello prodotto recepisce anche tutti gli interventi eseguiti dalla Regione Veneto negli ultimi anni garantendo quindi massima attendibilità e accuratezza dei risultati.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	134 di 186

Per la tratta Montebello Vicentino – Bivio Vicenza sono state utilizzate le analisi redatte nel 2013 dall'Autorità di Bacino Alto Adriatico che ha visto la riclassificazione di alcune aree a pericolosità idraulica; nello specifico, successivamente all'istruttoria, l'Autorità competente ha eliminato dal Pai le aree di attenzione proprio in corrispondenza dell'interferenza con il tracciato in progetto. Inoltre, dal momento che la linea AV/AC corre in affiancamento a quella esistente si è potuto utilizzare anche le informazioni di un modello idraulico 2D-1D condotto in occasione dello Studio di Fattibilità degli interventi idraulici connessi alla linea AV/AC in Vicenza, (2009-2011) . L'utilizzo quindi degli studi e delle considerazioni degli enti di gestione del territorio ha permesso in questo tratto la possibilità di adottare le normali metodologie, basate sui volumi di compenso individuati localmente (fossi di guardia, bacini di accumulo, etc...), per garantire l'invarianza idraulica dell'intervento, nel tratto in question,e senza la necessità di sviluppare un'ulteriore modellazione 2D-1D.

Tra Verona e Montebello Vicentino possono essere individuati due macroaree:

- la parte ovest del tracciato, da Verona al t. Alpone, che è oggettivamente posizionata in aree dove per i tempi di ritorno considerati (ma anche per tempi di ritorno decisamente minori visto le ridotte capacità di portata dei tratti terminali) si verificano importanti tracimazioni e, localmente, nel t. Illasi, la possibilità di rotture arginali in posizioni anche prossime a quelle della linea AV/AC;
- la parte est del tracciato, dal t. Alpone a Montebello Vicentino, che si trova oggi in condizioni decisamente migliori rispetto a quelle del 2010-2013 grazie ai lavori sulle difese realizzati dal Genio Civile di Verona. A maggior ragione lo sarà nel giro di qualche anno, quando la Regione completerà i lavori delle 4 casse di espansione nel bacino (2 in realizzazione, 1 finanziata e 1 naturale), con franchi idraulici lungo il Chiampo dell'ordine di 1 m, per portate massime trecentennali di circa 130 m³/s, e lungo l'Alpone, per portate massime trecentennali di circa 220 m³/s, dell'ordine di 80 cm

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	135 di 186

tra la confluenza con il Tramigna e fino alla nuova linea AV-AC e via via crescenti andando verso l'Adige.

Con riferimento al tratto Verona-Alpone, lo studio con modello idraulico ha permesso di verificare anche i livelli massimi delle piene trecentennali in corrispondenza degli attraversamenti principali della linea AV-AC (Fibbio, Illasi, Prognolo e Alpone), che sono riportati, con i valori dei relativi franchi d'aria, nella tabella successiva.. Si tratta di livelli massimi generali dalle portate residue nel tratto, al netto quindi delle esondazioni naturali e laminazioni (naturali ed artificiali) che avvengono a monte. Rispetto ai valori indicati nel Progetto Definitivo, si tratta pertanto di valori più realistici rispetto a quelli, cautelativi, ottenuti ipotizzando le portate "idrologiche" tutte contenute in alveo.

Attraversamento AV-AC	argine sx (m s.m.)	argine dx (m s.m.)	Q residua Tr300 (m ³ /s)	livello Tr300 (m s.m.)	estradosso ponte (m s.m.)	franco d'aria (m)
ponte su f. Fibbio	30.0	30.2	32	30.08	34.50	4.42
ponte su t. Illasi	33.5	33.5	116	33.21	35.30	2.09
ponte su t. Prognolo	28.2	28.1	15	29.16	33.24	4.08
ponte su t. Alpone	31.3	31.4	240	30.86	32.85	1.99

Tab. 6.1 –Portate in alveo e livelli idrometrici nei corsi d'acqua principali (Fibbio, Illasi, Prognolo e Alpone), valutati con il modello uni-bidimensionale in corrispondenza dell'attraversamento della linea AV-AC, per l'evento con tempo di ritorno di 300 anni.

Come detto, le portate residue nei tratti terminali di Fibbio e Illasi sono molto modeste rispetto a quelle idrologiche trecentennali (la somma delle portate dai vari sottobacini): Fibbio: 30 m³/s contro i 190-200 m³/s idrologici; Illasi, 100 m³/s contro i circa 300 m³/s idrologici.

Numerose tracimazioni arginali e conseguenti estese esondazioni si verificano, come evidenziato ad esempio nell'Allegato 5.2 e nell'allegato 5.4, nei tratti a monte dell'intersezione con la linea AV/AC. Ma mentre quelle nel Fibbio sono diffuse e cominciano a Montorio (frazione di Verona), tant'è che il Fibbio non

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	136 di 186

risulta sostanzialmente arginato nel tratto esaminato, se non nell'ultimo km dove corre in affiancamento al t. Illasi, quelle nell'Illasi stesso sono concentrate negli ultimi 5-6 km, nei quali il corso d'acqua è arginato e pensile, con pendenze decrescenti dal 1% all'1‰. La capacità di portata del tratto terminale dell'Illasi va pertanto diminuendo procedendo verso valle.

Questo significa che ci sono eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno minori (con portata al colmo relativamente ridotta) in grado di mettere in crisi le sezioni dell'alveo a valle della SP38 Porcilana, dove la portata massima convogliabile è di circa 100 m³/s e dove è ubicato l'attraversamento della linea AV/AC, quando al ponte della SP37, a monte della A4, vi è ancora un considerevole franco idraulico, essendo qui la portata massima convogliabile dell'ordine dei 200 m³/s.

Negli eventi con Tr maggiori, invece, le criticità cominciano a monte della SP 37 e quindi si estendono verso valle in destra e in sinistra, interessando marginalmente e in modo quantitativamente residuale il tratto vallivo dove è posta la linea AV/AC. Una serie di simulazioni senza rotte (scenario 0) e con rotte (scenario 1, 2 e 3) ha ben evidenziato questi fenomeni, peraltro evidenziati a ben vedere anche nella Carta del Rischio della Direttiva Alluvioni (Tr=300 anni e Tr=100 anni) prodotta dal Distretto delle Alpi Orientali, dove il concetto di rischio è una combinazione di velocità e tirante d'acqua sul terreno.

A proposito delle simulazioni con rotte nel torrente Illasi, è necessario evidenziare che nel tratto terminale (6 km, dalla SP37 a monte della A4 all'immissione in SAVA con un salto di fondo di circa 3m) le sponde sono rivestite in lastre di calcestruzzo, probabilmente dagli anni '90 del secolo scorso, e quindi il rischio di rotte simulato, ad emulazione degli scenari condotti dal Distretto Alto Adriatico nell'ambito della Direttiva Alluvioni, di incerta concretezza. Tenerne conto nel dimensionamento e nelle verifiche della linea AV/AC è pertanto un significativo stress test per l'infrastruttura e per la verifica della sua permeabilità.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	137 di 186

I valori dei massimi tiranti d'acqua sul terreno attesi lungo l'asse del tracciato sono differenti rispetto a quelli valutati dal Distretto Alto Adriatico. Ciò è dovuto alla scala di dettaglio rappresentata nel modello e alle geometrie aggiornate, in particolare i nodi idraulici, le botti a sifone, le idrovore, la rete secondaria, il canale SAVA, le sezioni successive ai lavori degli ultimi anni, etc.... .

Con riferimento ad una serie di 22 punti (AV1 ÷ AV22) posizionati lungo l'asse del tracciato AV/AC (Fig. 6.1), il massimo tirante d'acqua atteso per la situazione ante-operam $T_r=300$ anni è mediamente:

- 0.7 m più basso di quello calcolato dal Distretto nel tratto Montebello-Alpone (punti 1-7 in Fig. 6.1);
- 0.4 m più basso di quello calcolato dal Distretto nel tratto Alpone-Illasi (punti 8-16 in Fig. 6.1);
- 0.5 m più basso di quello calcolato dal Distretto nel tratto Illasi-Verona (punti 17-24 in Fig. 6.1).

Due ulteriori punti, AV23 e AV24, sono posizionati a sud della linea AV/AC nell'area compresa tra Fibbio e Antanello, dove le riduzioni di livello ottenute sono dell'ordine di 1 m. Ciò è dovuto, si presume, alle geometrie del sistema di confluenza Illasi-Fibbio-Antanello non disponibili al Distretto se non come DTM mediato su celle 5x5 m.

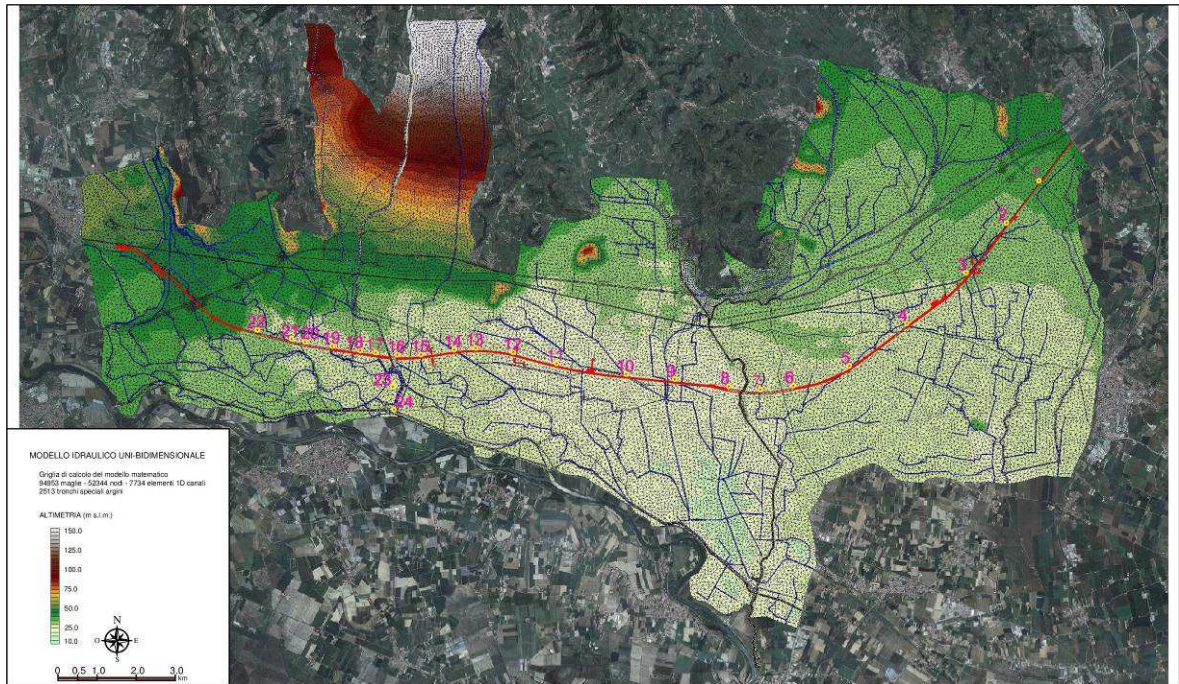


Fig. 6.1 - Punti di confronto lungo la linea AV-AC dei tiranti massimi calcolati nell'ambito delle attività del Distretto delle Alpi Orientali e nell'ambito del presente studio.

Per l'evento con $Tr=300$ anni (scenario 0 e $Tr=30$ anni nella rete di bonifica) gli effetti dell'infrastruttura nei 24 punti posizionati lungo il tracciato è globalmente "centimetrico" (Allegato 7.9), con le eccezioni "decimetriche" segnalate nella stessa allegato 7.9. Si tratta di peggioramenti locali che possono essere adeguatamente risolti o spostando alcune delle strutture in attraversamento previste o potenziandone alcune altre o infine prevedendone di nuove.

punto	progr.	tirante max ANTE Distretto 2013 (m)	tirante max ANTE Geometrie 2015 (m)	tirante max POST Geometrie 2015 (m)
AV 1	30400	0.76	0.20	0.35
AV 2	29050	1.40	0.62	0.68
AV 3	27400	0.60	0.00	0.00
AV 4	25360	1.30	0.52	0.53
AV 5	23540	0.32	0.00	0.00
AV 6	21960	0.20	0.17	0.16
AV 7	21100	1.70	0.00	0.00
AV 8	20260	1.20	0.00	0.00
AV 9	18880	1.10	0.00	0.00
AV 10	17640	0.14	0.72	0.72
AV 11	15830	0.52	0.66	0.61
AV 12	14685	0.23	0.16	0.26
AV 13	13730	1.00	0.48	0.83
AV 14	13190	1.20	0.06	0.12
AV 15	12325	0.25	0.00	0.00
AV 16	11700	0.70	1.06	1.29
AV 17	11160	0.25	0.00	0.00
AV 18	10775	1.60	0.04	0.00
AV 19	10040	1.40	1.30	1.37
AV 20	9300	0.70	0.44	0.43
AV 21	8980	1.30	1.38	1.38
AV 22	8060	0.30	0.60	0.60
AV 23	-	2.50	1.76	1.75
AV 24	-	1.30	0.34	0.33

Tab. 6.2 - Confronto tra i tiranti d'acqua massimi calcolati lungo il tracciato della linea AV-AC nell'ambito delle attività del Distretto delle Alpi Orientali e nell'ambito del presente studio (Tr=300 anni, scenario 0), nonché nella configurazione post-operam.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	140 di 186

Per l'evento con tempo di ritorno $Tr=100$ anni nella rete principale e anche nella rete secondaria, quella della bonifica (scenario 0), gli effetti dell'infrastruttura nei 22÷24 punti posizionati lungo il tracciato è ovviamente minore, come si osserva nella tabella di seguito.

punto	progr.	tirante max ANTE Geometrie 2015 (m)	tirante max POST Geometrie 2015 (m)
AV 1	30400	0.00	0.00
AV 2	29050	0.70	0.69
AV 3	27400	0.00	0.00
AV 4	25360	0.21	0.30
AV 5	23540	0.00	0.00
AV 6	21960	0.00	0.00
AV 7	21100	0.00	0.00
AV 8	20260	0.00	0.00
AV 9	18880	0.00	0.00
AV 10	17640	0.36	0.31
AV 11	15830	0.23	0.31
AV 12	14685	0.00	0.13
AV 13	13730	0.17	0.16
AV 14	13190	0.00	0.00
AV 15	12325	0.00	0.00
AV 16	11700	1.01	1.23
AV 17	11160	0.00	0.00
AV 18	10775	0.03	0.00
AV 19	10040	1.18	1.22
AV 20	9300	0.21	0.21
AV 21	8980	1.22	1.21
AV 22	8060	0.51	0.51
AV 23	-	1.47	1.47
AV 24	-	0.00	0.00

Tab. 6.3 - Confronto tra i tiranti d'acqua massimi calcolati lungo il tracciato della linea AV-AC nell'ambito del presente studio ($Tr=100$ anni, scenario 0, $Tr=100$ anni anche nella rete di bonifica) nella configurazione ante-operam e post-operam.

Con riferimento agli eventi e agli scenari esaminati nel presente studio in assenza di rotte (scenario 0), l'inserimento dell'opera infrastrutturale sul territorio, così come prevista nel Progetto Definitivo non evidenzia significativi peggioramenti

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	141 di 186

della pericolosità idraulica dei territori attraversati, fatta eccezione per n. 4 zone situate tra l'Illasi e l'Alpone, tra i comuni di Caldiero e Belfiore (vedi Allegato 7.9 e 7.10).

In presenza di rotte, che sono state simulate secondo la logica rappresentata nel paragrafo 4.1, la situazione sopra descritta cambia in modo non sostanziale, anzi in modo quasi impercettibile nei pressi del rilevato ferroviario, a causa delle ampie superfici coinvolte dagli allagamenti già nella situazione ante-operam. Fa eccezione lo scenario 3 (rotta in destra Illasi) proprio per la posizione della breccia, molto prossima all'opera, e soprattutto a) a causa della morfologia del territorio, che vede la rotta espandersi in un'area confinata su tutti i lati da rilevati stradali, argini e dalla nuova linea AV-AC e b) a causa di una locale insufficiente permeabilità dell'opera nei confronti di tale ipotetico scenario, della cui concretezza si è sopra ragionato.

Sulla base delle simulazioni compiute ed illustrate nei precedenti paragrafi, è possibile concludere che l'invarianza idraulica dell'opera risulta sostanzialmente garantita per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni, che è poi il TR di riferimento del Piano d'Ambito; mentre il sostanziale mantenimento dell'invarianza idraulica anche per eventi con tempo di ritorno superiore (300 anni) richiederebbe interventi integrativi e/o di potenziamento di opere già previste nel progetto definitivo.

La tabella allegata riassume tali opere verificate per eventi con TR 300 anni, fermo restando che per la definizione finale delle stesse occorrerà tener conto delle eventuali prescrizioni che dovessero intervenire in fase di approvazione del progetto definitivo: a riguardo si segnalano per completezza di informazione di natura idraulica che dovessero intervenire in fase di approvazione su indicazione dei competenti Enti irrigui interferiti.

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO

2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA

NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENDA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX

142 di 186

TRATTO	da	6+200 km	a	6+800 km				
		post operam - PD			post operam - possibile mitigazione PD			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)	tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 6.45	assente	discesa trincea. Assente.	nd	fosso	fosso di guardia stradale b=1; h=1	43	

TRATTO	da	10+000 km	a	10+600 km				
		post operam - PD			post operam - possibile mitigazione PD			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)	tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 10.225	tubo circolare	φ150cm	27.95	scatolare	b=3m D=2m	27.95	
	prog 10.325	fornice	b=5m D=2.5m	28.8	fornice	b=5m D=2.5m	28.8	
	prog 10.335	tubo circolare	φ150cm	27.95	scatolare	b=3 D=2	27.95	

TRATTO	da	11+500 km	a	12+100 km				
		post operam - PD			post operam - possibile mitigazione PD (riduzione del 50%)			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)	tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 11.700	arginello Prognol	h=1m per 50m circa	28.8	sponda naturale	eliminare arginelli di progetto	28	
	prog 11.825	scatolare	b=3m D=2m	27.05	scatolare	b=3m D=2m	27.05	
	prog 11.915	scatolare	b=3m D=2m	27.05	scatolare	b=3m D=2m	27.05	
	prog 11.980	assente	assente	assente	scatolare	b=3m D=2m	27.5	
	prog 12.050	sottovia stradale	asciutto	asciutto	sottovia stradale	asciutto	asciutto	

TRATTO	da	12+800 km	a	13+200 km				
		post operam - PD			post operam - possibile mitigazione PD			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)	tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 12.800	assente	assente	assente	tubo circolare	φ150cm collegamento nord-sud	25	
	prog 13.000	scatolare	b=3m D=2m	24.35	scatolare	b=3m D=2m	24.35	
	prog 13.200	scatolare	b=2m D=2m (porcilana sud)	24.14	scatolare	b=3m D=2m	24.14	

TRATTO	da	13+200 km	a	14+000 km				
		post operam - PD			post operam - possibile mitigazione PD			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)	tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 13.320	scatolare	b=5m D=2m (porcilana nord)	24.05	scatolare	b=5m D=2m (porcilana nord)	24.05	
	prog 13.480	sottovia stradale	allagato	21.8	sottovia stradale	da difendere fino a 26.20	21.8	
	prog 13.485	assente	assente	25.7	scatolare	b=3m D=2m	23.6	
	prog 13.80	assente	assente, punto pc + depresso	25.1	scatolare	b=3m D=2m	23.6	
	prog 13.960	scatolare	b=3m D=2m	23.6	scatolare	b=3m D=2m	23.6	

TRATTO	da	14+500 km	a	15+000 km				
		post operam - PD			post operam - possibile mitigazione PD			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)	tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 14.650	tubo circolare	φ150cm	23.58	scatolare	b=3m D=2m	23.5	
	prog 14.830	assente	assente, punto pc + depresso	23.8	scatolare	b=2m D=2m	22.8	
	prog 15.055	scatolare	b=2m D=2m	22.45	scatolare	b=3m D=2m	22.45	

TRATTO	da	15+000 km	a	16+200 km					
		post operam - PD				post operam - possibile mitigazione PD			
		tipologia	descrizione	hf (m smm)		tipologia	descrizione	hf (m smm)	
	prog 15.055	scatolare	b=2m D=2m	22.45		scatolare	b=3m D=2m	22.45	
	prog 15.550	scatolare	b=2m D=2m	22.01		scatolare	b=3m D=2m	22.01	
	prog 15.860	assente	assente, punto pc + depresso	24.03		scatolare	b=3m D=2m	22	
	prog 16.175	tubo circolare	φ150cm	22.2		scatolare	b=3m D=2m	22.2	
	prog 16.200	sottovia	manca collegamento ovest-est			scatolare	b=3m D=2m	22	
	prog 16.200	sottovia	asciutto	nd		sottovia	asciutto	nd	
	prog 16.550	arginello Dugale	h=1m per 50m circa			sponda naturale	eliminare arginelli di progetto		

TRATTO	da	16+500 km	a	17+200 km				
		post operam - PD				post operam - possibile mitigazione PD		
		tipologia	descrizione	hf (m smm)		tipologia	descrizione	hf (m smm)
	prog 16.500	arginello	h=1m per 50m circa	23.6		sponda naturale	eliminare arginelli di progetto	22.5+23.0
	prog 16.625	assente	assente			scatolare	b=3m D=2m, continuità nord-sud	21
	prog 16.630	tubo circolare	φ150cm irrigui, non considerati	nd		tubo circolare	φ150cm irrigui, non considerati	nd
	prog 16.740	tubo circolare	φ150cm, sotto strada posta a 23.30m smm di accesso alla stazione elettrica	21.2		scatolare	n. 2 scatolari sotto strada a 23.3m smm di accesso alla stazione elettrica. Uno a nord di can Ceresolo (2x2) e uno a sud (3x2)	20.5
	prog 16.810	scatolare	b=3m D=2m	20.93		scatolare	b=3m D=2m	20.93
	prog 17.260	scatolare	b=2m D=2m	20.44		scatolare	b=3m D=2m	20.44
	prog 17.575	scatolare	b=2m D=2m	20.28		scatolare	b=2m D=2m	20.28
	prog 17.630	scatolare	b=6m D=3m	19.71		scatolare	b=6m D=3m	19.71

In sinistra Alpone, dalla progressiva 20+670 alla progressiva 31+690, non serve ottimizzare per $Tr=300$ in quanto le esondazioni dal t. Chiampo saranno impedito dalle Casse di Espansione della Regione del Veneto in corso di realizzazione e/o finanziate (ampliamento cassa di Montebello a servizio del t. Chiampo), che, secondo la pianificazione regionale, verranno completate entro il 2018.

Si allegano alla presente Relazione i seguenti **elaborati grafici**:

Tavole grafiche di inquadramento

Allegato 3.1 - Carta idrografica del territorio indagato con il modello uni-bidimensionale - scala 1:25000.

Allegato 3.2 - Carta degli allagamenti storici - scala 1:25000.

Allegato 3.3 - Carta delle aree potenzialmente allagabili secondo la Direttiva Alluvioni - Scenario di bassa probabilità ($Tr=300$ anni) - scala 1:25000.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	144 di 186

Allegato 3.4 - Carta delle aree potenzialmente allagabili secondo la Direttiva Alluvioni – Classi di rischio – Scenario di bassa probabilità (Tr=300 anni) - scala 1:25000.

Tavole grafiche per la costruzione del modello 2d-1d nella situazione ante-operam

Allegato 4.1 -Rilievi integrativi per la modellazione matematica del reticolo idrografico e del territorio potenzialmente allagabile - scala 1:25000.

Allegato 4.2 -Modellazione matematica del reticolo idrografico e del territorio potenzialmente allagabile - scala 1:25000.

Allegato 4.3 -Reticolo di calcolo del modello uni-bidimensionale - scala 1:25000.

Tavole grafiche con i risultati del modello 2d-1d per la situazione ante-operam

Allegato 5.1 - Evoluzione nel tempo degli allagamenti - Tr=300 anni - Situazione ante-operam in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:50000.

Allegato 5.2 - Allagamenti massimi - Tr=300 anni - Situazione ante-operam in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 5.3 - Distribuzione delle velocità massime - Tr=300 anni - Situazione ante-operam in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 5.4 - Allagamenti massimi - Tr=100 anni - Situazione ante-operam in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 5.5 - Allagamenti massimi - Tr=100 anni - Situazione ante-operam in presenza di rotte (scenario 1 e scenario 2) - scala 1:50000.

Allegato 5.6 - Allagamenti massimi - Tr=300 anni - Situazione ante-operam in presenza di rotte (scenario 1 e scenario 2) - scala 1:50000.

Allegato 5.7 - Allagamenti massimi - Tr=300 anni - Situazione ante-operam in presenza di rotte (scenario 3) - scala 1:50000.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	145 di 186

Allegato 5.8 - Allagamenti massimi - $Tr=100$ anni - Situazione ante-operam in assenza di rotte (scenario 0) con apporti della rete secondaria incrementati - scala 1:25000.

Tavole grafiche per costruzione modello 2d-1d nella situazione di progetto

Allegato 6.1 - Reticolo di calcolo del modello uni-bidimensionale nella situazione di progetto - scala 1:25000.

Tavole grafiche con i risultati del modello 2d-1d per la situazione di progetto

Allegato 7.1 - Evoluzione nel tempo degli allagamenti - $Tr=300$ anni - Situazione di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:50000.

Allegato 7.2 - Allagamenti massimi - $Tr=300$ anni - Situazione di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 7.3 - Distribuzione delle velocità massime - $Tr=300$ anni - Situazione di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 7.4 - Allagamenti massimi - $Tr=100$ anni - Situazione di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 7.5 - Allagamenti massimi - $Tr=100$ anni - Situazione di progetto in presenza di rotte (scenario 1 e scenario 2) - scala 1:50000.

Allegato 7.6 - Allagamenti massimi - $Tr=300$ anni - Situazione di progetto in presenza di rotte (scenario 1 e scenario 2) - scala 1:50000.

Allegato 7.7 - Allagamenti massimi - $Tr=300$ anni - Situazione di progetto in presenza di rotte (scenario 3) - scala 1:50000.

Allegato 7.8 - Allagamenti massimi - $Tr=100$ anni - Situazione di progetto in assenza di rotte (scenario 0) con apporti della rete secondaria incrementati - scala 1:25000.

Tavole grafiche con confronto dei risultati del modello 2d-1d per le situazioni ante-operam e di progetto

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	146 di 186

Allegato 7.9 - Differenze tra altezze massime di allagamento – Tr=300 anni – Confronto tra situazione ante-operam e di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 7.10 - Differenze tra altezze massime di allagamento – Tr=100 anni – Confronto tra situazione ante-operam e di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:25000.

Allegato 7.11 - Allagamenti massimi estratti lungo profili – Tr=300 anni - Situazione ante-operam e di progetto in assenza di rotte (scenario 0).

Allegato 7.12 - Allagamenti massimi estratti lungo profili – Tr=300 anni - Situazione ante-operam e di progetto in presenza di rotte (scenari 1 e 2).

Tavole grafiche con risultati del modello uni-bidimensionale con gli interventi della Regione Veneto

Allegato 8.1 - Allagamenti massimi - Tr=100 anni – Interventi Regione Veneto – Confronto tra situazione ante-operam e di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:50000.

Allegato 8.2 - Allagamenti massimi - Tr=300 anni – Interventi Regione Veneto – Confronto tra situazione ante-operam e di progetto in assenza di rotte (scenario 0) - scala 1:50000.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	<small>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</small>	
	<small>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</small>	147 di 186

APPENDICE A – MODELLO MATEMATICO UNI-BIDIMENSIONALI

A.1 Premessa

Per simulare la propagazione delle onde di piena sono stati utilizzati due modelli matematici bidimensionale compatibili e che descrivono in modo analogo l'evoluzione dello stato idrometrico e del campo di moto sia nell'alveo attivo del fiume, sia nelle zone di golena, sia nelle aree esterne potenzialmente allagabili in occasione degli eventi di piena più gravosi.

A.2 Il modello 2D-1D della Ipros Ingegneria Ambientale srl

Il modello è basato su di uno schema numerico ad elementi finiti, che risolve le equazioni differenziali che governano il moto bidimensionale di una corrente a superficie libera su bassi fondali, formulate in modo da poter essere applicate anche ad aree parzialmente asciutte o che possono essere allagate o prosciugate durante l'evoluzione del fenomeno indagato. La particolare formulazione dello schema di calcolo consente l'integrazione di elementi bidimensionali e unidimensionali (modello 2D-1D), utilizzando gli uni nelle zone in cui la direzione della velocità non è individuabile a priori, gli altri per descrivere il funzionamento dei canali e dei corsi d'acqua minori presenti nel dominio di calcolo, che possono tuttavia assumere un ruolo rilevante nella propagazione dell'onda di sommersione sul territorio. È possibile, inoltre, inserire nella schematizzazione anche speciali elementi unidimensionali in grado di descrivere localmente il funzionamento idraulico di manufatti come soglie, traverse, botti a sifone, dispositivi controllati da paratoie o impianti idrovori, ecc..

Per le indagini è stato impiegato un software di simulazione, denominato "Incidenze" e sviluppato dalla Ipros Ingegneria Ambientale, che incorpora in un'interfaccia grafica interattiva il codice di calcolo 2DEF messo a punto dai proff. A. Defina e L. D'Alpaos dell'Università di Padova. Esso consente di eseguire,

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	148 di 186

nella fase di pre-processo, le azioni necessarie per la predisposizione e la modifica dei files di dati in ingresso utilizzati dal modello e, nella fase successiva, la visualizzazione ed elaborazione dei risultati forniti dal modello stesso.

Si tratta di un modello che è stato impiegato nel recente passato per indagini sulle condizioni idrauliche dei più importanti corsi d'acqua della pianura veneta e delle reti di canali di numerosi bacini della bonifica. Esso costituisce un valido ed ormai ampiamente collaudato strumento di indagine a supporto di possibili interventi ingegneristici finalizzati al controllo del regime idrodinamico dei corsi d'acqua e per la valutazione degli effetti di opere che possono interferire con il sistema idrografico in particolare in presenza di situazioni di rischio idraulico.

A.2.1 Le equazioni del moto

Il modello risolve le equazioni differenziali, mediate sulla verticale, che governano il flusso bidimensionale di una corrente a superficie libera su bassi fondali in moto vario considerando anche la presenza di aree parzialmente asciutte o che possono essere allagate o prosciugate durante l'evoluzione del fenomeno.

Il modulo prevede la discretizzazione del campo di moto sia mediante elementi triangolari (2D) che mediante elementi lineari (1D). Questi ultimi elementi possono convenientemente essere utilizzati per la descrizione dei canali di più piccole dimensioni, all'interno dei quali il moto che si sviluppa è sostanzialmente unidimensionale, sia per schematizzare tratti di condotta di sezione qualsiasi con funzionamento in pressione o a superficie libera, sia per descrivere situazioni geometriche particolari come rilevati arginali, impianti di sollevamento o tratti tombinati.

Le equazioni del moto nelle due direzioni orizzontali x e y mediate sulla verticale e l'equazione di continuità sono le seguenti:

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	149 di 186

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{d}{dt} \left(\frac{q_x}{Y} \right) + \frac{q_x |\mathbf{q}|}{K_s^2 \cdot H^{10/3}} - \frac{1}{gY} \left(\frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial y} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{1}{g} \frac{d}{dt} \left(\frac{q_y}{Y} \right) + \frac{q_y |\mathbf{q}|}{K_s^2 \cdot H^{10/3}} - \frac{1}{gY} \left(\frac{\partial R_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial R_{yy}}{\partial y} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\eta(h) \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \mathbf{q} = 0 \quad (3)$$

in cui h indica la quota idrometrica, x , y sono le ascisse spaziali orizzontali correnti, g è l'accelerazione di gravità, K_s è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler, t è il tempo, R_{ij} sono gli sforzi turbolenti (o di Reynolds) nel piano orizzontale in cui i , j indicano le direzioni x , y , e q è la velocità integrata sulla verticale con componenti q_x e q_y secondo le due direzioni orizzontali x , y .

Nelle equazioni precedenti compaiono i termini η , Y e H i quali, nel tempo generico e per ciascun elemento, indicano, rispettivamente, la frazione locale di dominio allagato, il volume d'acqua per unità di superficie e una profondità d'acqua equivalente introdotta per descrivere l'effetto dei termini dissipativi, quando il tirante si riduce e diventa confrontabile con le dimensioni delle irregolarità del terreno. Tali termini sono dati dalle seguenti espressioni (Defina, 2000, [8]):

$$\eta(h) = \frac{1}{2} [1 - \text{erf}(2Y_a/a_r)] \quad (4)$$

$$Y = \int_{-\infty}^h \eta \cdot dz = a_r \left\{ \eta \frac{Y_a}{a_r} + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} e^{-4(Y_a/a_r)^2} \right\} \quad (5)$$

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	150 di 186

$$H \cong Y + 0.27\sqrt{Y \cdot a_r} \cdot e^{-2Y/a_r} \quad (6)$$

in cui erf() è la 'funzione errore', $Y_a = h - h_f$ è la altezza media locale del fondo e a_r indica l'altezza massima delle irregolarità locali del terreno.

A.2.2. Lo schema numerico

Si osserva, nelle equazioni (1) e (2), che l'accelerazione convettiva è, di fatto, considerata in modo lagrangiano, dato che la variazione nel tempo delle velocità mediate lungo la verticale è rappresentata da una derivata totale.

Per la discretizzazione di questo termine si è adottata una tecnica alle differenze finite trascurando, perché piccola, la variazione temporale dell'altezza d'acqua Y . In queste ipotesi, ad esempio, la derivata totale della velocità nella direzione x , è calcolata come segue:

$$\frac{d(q_x/Y)}{dt} \cong \frac{(q_x/Y)' - (q_x/Y)'_0}{\Delta t} \quad (7)$$

essendo le grandezze con apice riferite all'istante di calcolo precedente. Conseguentemente la derivata totale delle velocità, calcolata nel generico punto P del campo di moto, si scrive come differenza tra la velocità $(q_x/Y)'$ calcolata nello stesso punto P e la velocità $(q_x/Y)'_0$ calcolata, invece, nel punto P0 che si determina per integrazione a ritroso nel tempo lungo la "linea di fumo" passante per P (Defina e Bonetto, 1998, [10]).

Senza riportare, per semplicità di esposizione, gli sviluppi matematici del metodo adottato, basti dire che tale metodologia ha dato prova, per confronto con i risultati forniti da altri modelli di caratteristiche analoghe, di notevole robustezza e validità per applicazioni di pratico interesse.

Per quel che concerne la soluzione numerica adottata, ci si limita a ricordare che il sistema delle equazioni (1), (2) e

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	151 di 186

(3), nelle incognite h e q , è risolto con il metodo degli elementi finiti, adottando una soluzione secondo uno schema alle differenze finite semi-implicito per le derivate temporali. Poiché nella discretizzazione spaziale del campo di moto si sono utilizzati elementi finiti di forma triangolare, la soluzione per i livelli prevede una variazione lineare delle quote idrometriche all'interno di ciascun elemento, mentre le velocità (integrate sulla verticale) sono considerate costanti sull'elemento.

A.2.3 Elementi 2D speciali

Nei sistemi idrografici naturali sono spesso presenti elementi il cui comportamento non può essere descritto in modo semplice e diretto mediante le equazioni appena descritte. Per le resistenze prodotte dalla presenza di vegetazione, ad esempio, che si vanno a sovrapporre a quelle dell'attrito sul fondo, è necessario introdurre una formulazione apposita. Così come, per gli effetti idrodinamici prodotti dalla presenza di pile e altre forme di ostruzione dell'alveo, qualora il grado di dettaglio della griglia di calcolo non sia sufficientemente spinto per poter correttamente descrivere l'idrodinamica locale a piccola scala, è necessario introdurre opportune relazioni addizionali che ne tengano conto in modo complessivo. Altri effetti non considerati nelle equazioni presentate nel precedente paragrafo sono, ad esempio, la perdita di volume per infiltrazione o la presenza di piccole porzioni di dominio dove il moto può avvenire in pressione. Si pensi, a tale proposito, al funzionamento di un ponte quando il livello dell'acqua raggiunge la quota dell'impalcato.

Per descrivere queste situazioni, per le quali il moto mantiene ancora carattere bidimensionale, sono introdotti alcuni elementi speciali per i quali, nella fase di costruzione del reticolo di calcolo, è necessario specificare alcuni specifici parametri.

A 2.4 Elementi unidimensionali

La schematizzazione con elementi bidimensionali della rete idrografica minore presenterebbe non poche difficoltà, poiché da una parte essa porterebbe

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	152 di 186

all'utilizzo di elementi di dimensioni così piccole da rendere assai onerosa la fase di costruzione del reticolo, dall'altra potrebbe generare l'insorgere di problemi nella soluzione numerica, a meno di non adottare passi di integrazione temporale particolarmente ridotti. Inoltre, la schematizzazione di tratti di condotte a sezione chiusa mediante elementi bidimensionali risulta proibitiva. Per questa ragione il modello consente l'impiego accoppiato di elementi bidimensionali ed unidimensionali, utilizzando questi ultimi per descrivere il funzionamento dei canali della rete minore, che drena porzioni di territorio soggette a prosciugamento, per simulare piccole incisioni profonde in un dominio sostanzialmente bidimensionale o per includere nella schematizzazione tratti di condotte di sezione chiusa.

In pratica, nello schema adottato, gli elementi unidimensionali funzionano come canali "in pressione" a sezione costante, fino a quando le zone laterali che li fiancheggiano sono ricoperte dalle acque, e come canali a pelo libero quando il livello scende al di sotto della quota delle zone laterali.

Il comportamento idraulico di un sistema idrografico articolato e complesso può essere quindi descritto in modo efficace con un reticolo di elementi bidimensionali i cui lati seguono, nelle zone in cui ciò è necessario, il tracciato degli eventuali canali minori presenti. I canali unidimensionali, a loro volta, possono essere comunque connessi fra loro, purché siano disposti lungo i lati del reticolo bidimensionale e si appoggino agli stessi nodi. L'accorgimento consente operativamente che essi possano essere inseriti o disinseriti dal reticolo di calcolo senza dover modificare la struttura del reticolo formato dagli elementi bidimensionali (D'Alpaos e Defina, 1995, [11]).

Può accadere che il canale definito tra due nodi non sia affiancato da elementi bidimensionali o che durante l'evolversi del fenomeno gli elementi bidimensionali che lo fiancheggiano siano prosciugati. In queste condizioni, come si è detto, il canale funziona a superficie libera. Le possibili situazioni che si possono presentare sono tre, vale a dire il generico tronco di canale è affiancato da due

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	153 di 186

elementi bidimensionali, da un solo elemento bidimensionale o da nessun elemento bidimensionale, come illustrato in pianta e in sezione nella Figura seguente.

Nel modello, l'equazione dinamica contiene alcune semplificazioni. Si assume innanzitutto trascurabile l'inerzia convettiva. Il modello poi considera solo sezioni trasversali compatte, per quali sia possibile assumere una distribuzione di velocità sensibilmente uniforme. In queste ipotesi, le equazioni dinamica e di continuità sono:

$$\frac{\partial h}{\partial s} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{Q|Q|}{K_s^2 R_H^{4/3} A^2} = 0 \quad (8)$$

$$\eta(h) \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = 0 \quad (9)$$

nelle quali A è l'area della sezione trasversale, R_H è il raggio idraulico, Q la portata e s l'ascissa curvilinea che descrive planimetricamente l'andamento dell'asse del canale.

Come per le equazioni dinamiche bidimensionali, il primo passo consiste nel discretizzare la derivata temporale che compare nella (8) alle differenze finite, ottenendo:

$$Q = - \left(\frac{1}{gA\Delta t} + \frac{|Q|}{k_s^2 R_H^{4/3} A^2} \right)^{-1} \left[\frac{\partial h}{\partial s} - \left(\frac{Q}{gA\Delta t} \right) \right] \quad (10)$$

nella quale i termini tra parentesi rotonde sono calcolati al passo temporale precedente.

Nel modello, in particolare, sono implementate specifiche procedure per considerare che, per effetto della sovrapposizione tra elementi unidimensionali e bidimensionali (vedi Fig. 0.1), una frazione della portata che fluisce lungo i canali

unidimensionali è già considerata nel calcolo attraverso gli elementi bidimensionali.

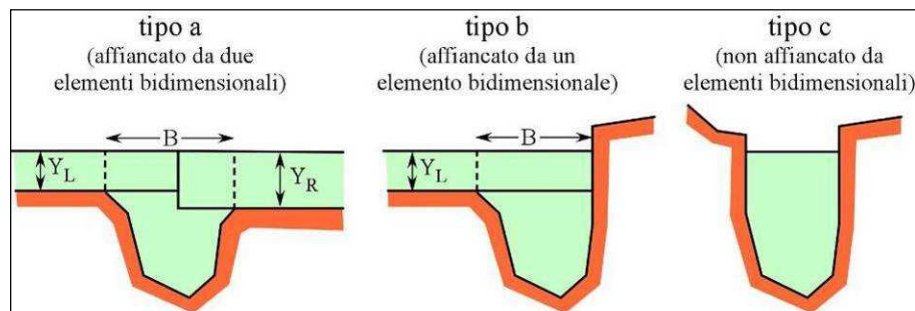
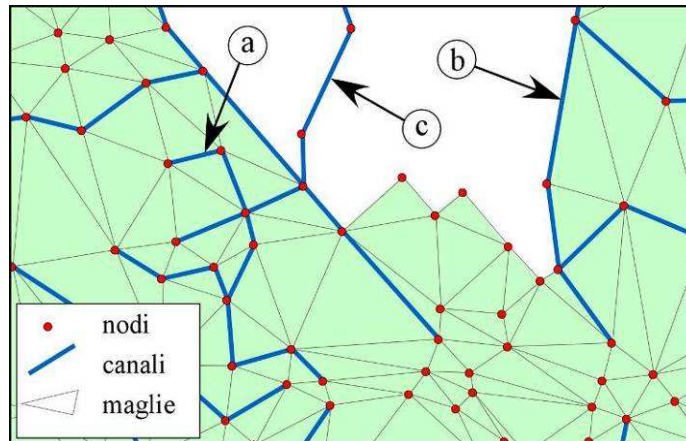


Fig. 0.1 - Esempio schematico di elementi unidimensionali e bidimensionali combinati: pianta (sopra) e sezione (sotto).

A 2.3 Elementi 1D speciali

Nei sistemi idrografici complessi, sono spesso presenti elementi morfologici naturali o artificiali che fungono da strutture di contenimento delle acque fino a quando le quote idrometriche non superano un certo livello. Tipica in tal senso è la funzione delle arginature le quali difendono inizialmente dalle acque il territorio adiacente, che è però soggetto ad allagamento una volta che localmente o in modo diffuso le quote idrometriche superino le quote delle sommità arginali.

Anche per il caso in esame, per simulare con buona approssimazione la presenza di elementi morfologici particolari (quali argini, rilevati stradali, muretti di confine delle proprietà o altri manufatti che possono modificare apprezzabilmente

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	155 di 186

l'evoluzione del fenomeno) il modello uni-bidimensionale descritto nei paragrafi precedenti è stato modificato prevedendo l'inserimento di una serie di elementi unidimensionali (tronchi) speciali.

Mediante l'inserimento di tali elementi è possibile simulare, in particolare, il funzionamento delle arginature e dei muretti di confine di proprietà disposti lungo i corsi d'acqua e le strade, che non potrebbe essere diversamente descritto correttamente utilizzando soli elementi bidimensionali. I rilevati arginali e i muretti sono perciò schematizzati come soglie sfioranti, per le quali è sufficiente assegnare le caratteristiche geometriche e il valore del coefficiente di portata perché il modello determini, al variare delle quote idrometriche, l'andamento della portata che eventualmente tracima la soglia, considerando sia condizioni di efflusso libero che di efflusso rigurgitato. Utilizzando queste strutture è anche possibile simulare gli effetti di un eventuale cedimento, che apra sul corpo arginale o sul rilevato stradale una breccia, che si va progressivamente ampliando per l'azione erosiva della corrente effluente.

Altri tronchi speciali inseriti nello schema di calcolo consentono di simulare il funzionamento di soglie o salti di fondo, di brevi tratti di canale in pressione, come sottopassi o botti a sifone; altri elementi ancora permettono di simulare il funzionamento di paratoie, che possono operare automaticamente comandate dai livelli o dalla direzione del flusso (porte vinciane), oppure riprodurre una scala di deflusso (legame tra livello di monte e portata) assegnata per punti. Sempre mediante questi elementi speciali è possibile, infine, simulare il funzionamento degli impianti idrovori presenti all'interno del dominio di calcolo. Ciò consente di semplificare notevolmente la fase di assegnazione delle condizioni al contorno del problema poiché tali dispositivi, che sono trattati dal modello come condizioni al contorno interne, si attivano automaticamente nel corso della simulazione quando i livelli idrometrici locali superano le quote di attacco previste per le pompe e si disattivano quando gli stessi scendono al di sotto delle quote di stacco.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	156 di 186

I valori dei parametri che caratterizzano tutti i dispositivi considerati devono essere inseriti nel file dei dati associato a ciascuna simulazione. Gli stessi parametri possono, peraltro, essere fatti variare durante la sessione di calcolo, in modo tale da rendere possibile la simulazione interattiva di situazioni particolari che possono verificarsi nel corso dell'evento simulato, quali i già menzionati eventuali cedimenti di corpi arginali, l'interruzione del funzionamento di impianti idrovori od altro.

Riferimenti bibliografici del modello

- [1] Viero D.P., A. D'Alpaos, L. Carniello, A. Defina, *Mathematical modeling of flooding due to river bank failure*, *Advances in Water Resources* 59, 82-94, 2013.
- [2] Begnudelli L., B. F. Sanders, S. F. Bradford, *Adaptive Godunov-Based Model for Flood Simulation*, *Journal of Hydraulic Engineering*, 134 (6), 2008.
- [3] Sanders B. F., *Integration of a shallow water model with a local time step*, *Journal of Hydraulic Research*, 46 (4), 2008.
- [4] D'Alpaos L., A. Defina, *Mathematical modeling of tidal hydrodynamics in shallow lagoons: A review of open issues and applications to the Venice lagoon*, *Computers & Geosciences*, 33, 476–496, 2007.
- [5] Begnudelli L., B. F. Sanders, *Unstructured Grid Finite-Volume Algorithm for Shallow-Water Flow and Scalar Transport with Wetting and Drying*, *Journal of Hydraulic Engineering*, 132 (4), 2006.
- [6] Defina A., *Numerical experiments on bar growth*, *Water Resources Research*, vol.39, 4, ESG 2-1-ESG2-12, 2003.
- [7] Stansby P.K., *A mixing-length model for shallow turbulent wakes*, *J. Fluid Mech.*, Volume 495, pp. 369–384, DOI: 10.1017/S0022112003006384, 2003.
- [8] Defina A., *Two-dimensional shallow flow equations for partially dry areas*, *Water Resources Research*, vol.36, 11, 3251-3264, 2000.
- [9] Defina A., *Alcune considerazioni sulla modellazione matematica di correnti bidimensionali caratterizzate da piccoli tiranti*, *Atti del XXVII convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova, Volume I*, 255-262, 2000.
- [10] Defina A., I. Bonetto, *Rappresentazione dei termini di accelerazione convettiva in un modello bidimensionale della propagazione di onde lunghe in acque basse*, *Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Vol. I*, pp. 53-64, 1998.
- [11] D'Alpaos L., A. Defina, *Modellazione matematica del comportamento idrodinamico di zone a barena solcate da una rete di canali minori*, *Estratto da Rapporti e Studi, Ist. Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Volume XII*, 353-372, 1995.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	157 di 186

- [12] Defina A., L. D'Alpaos, B. Matticchio, *A new set of equations for very shallow water and partially dry areas suitable to 2D numerical models*, in *Proceedings of the Specialty Conference on "Modelling of Flood Propagation Over Initially Dry Areas"*, Milan (Italy) 29 June -1 July 1994, edited by P. Molinaro and L. Natale, 72-81, 1994.
- [13] Toro E. F., M. Spruce, W. Speares, *Restoration of the contact surface in the HLL-Riemann solver*, *Shock Waves* 4 (25), 1994.

A.3 Il modello 2D-1D FemTool dell'ing. Martini

La formulazione concettuale di base del modello risale a metà degli anni '90 ed è stata sviluppata all'interno del Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova dai professori D'Alpaos e Defina, nonché dall'ing. Matticchio della Ipros Ingegneria Ambientale.

A partire da questo filone di ricerca l'ing. Martini ha messo a punto e scritto negli anni 2000 un nuovo modello idrodinamico [16] che, da una parte ha preso spunto dalle idee contenute in numerose pubblicazioni esistenti traducendole in linguaggio di programmazione, dall'altra ha presentato nuove peculiarità (accelerazioni convettive, termini di turbolenza e trasporto solido) che hanno di molto potenziato le applicazioni del modello.

Il modello matematico è accoppiato con una potente interfaccia grafica sviluppata anche essa dall'ing. Martini negli stessi anni per lo svolgimento delle attività di pre e post processing di dati e risultati.

Il nuovo modello di calcolo messo a punto è stato con successo impiegato in alcune attività di ricerca svolte presso il Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova negli anni 2000÷2004. Tra queste si citano più di 10 tesi di laurea e 3 tesi di master incentrate sugli aspetti della sicurezza idraulica del territorio veneto e friulano e sull'idrodinamica e morfodinamica della laguna di Venezia nelle configurazioni attuali e storiche.

Il punto di partenza del modello matematico sono le equazioni di Reynolds 3D nell'ipotesi di distribuzione idrostatica delle pressioni. Le equazioni di Reynolds vengono mediate sulla verticale e, nel piano orizzontale, su una porzione

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	158 di 186

rappresentativa del piano orizzontale (Reference Elementary Area, REA) [2] per tenere in conto dell'effetto delle irregolarità morfologiche presenti a scala piccola, scala naturalmente più ridotta di quella a cui è possibile scendere con la discretizzazione del reticolo di calcolo.

Queste integrazioni conducono alle note equazioni di De Saint-Venant, in cui, per bassi tiranti (cioè per tiranti confrontabili con la dimensione caratteristica delle irregolarità morfologiche presenti a livello di REA), vengono introdotte delle grandezze dimensionali equivalenti [1] [2] nei termini delle equazioni in cui compare l'altezza d'acqua. Per tiranti più elevati, le equazioni sono del tutto identiche a quelle tradizionali.

Le equazioni così modificate si caratterizzano per la sostanziale capacità di rappresentare la propagazione di fronti su territori inizialmente asciutti e l'asciugamento di aree precedentemente emerse, senza la necessità di modificare il reticolo di calcolo durante la simulazione.

Per quanto riguarda i termini convettivi e quelli che tengono conto della turbolenza, i primi sono trattati secondo un approccio Lagrangiano [3], i secondi, seguendo una metodologia ormai classica, introducendo una viscosità addizionale secondo lo schema di Smagorinski [4]. I dettagli del metodo numerico utilizzato per la descrizioni degli effetti di questi due termini sono descritti in [16].

Le equazioni da risolvere numericamente hanno quindi la forma:

$$\frac{d(\overline{U}_x)}{dt} - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \overline{\tau}_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\tau}_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{bx}}{\rho Y} - \frac{\tau_{sx}}{\rho Y} + g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{Y} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\infty}^h (\overline{\Delta U}_x \Delta U_x \theta) + \frac{1}{Y} \frac{\partial}{\partial y} \int_{-\infty}^h (\overline{\Delta U}_x \Delta U_y \theta) dz = 0$$

(1a)

$$\frac{d(\overline{U}_y)}{dt} - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \overline{\tau}_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\tau}_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{by}}{\rho Y} - \frac{\tau_{sy}}{\rho Y} + g \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{1}{Y} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\infty}^h (\overline{\Delta U}_x \Delta U_y \theta) + \frac{1}{Y} \frac{\partial}{\partial y} \int_{-\infty}^h (\overline{\Delta U}_y \Delta U_y \theta) dz = 0$$

(1b)

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	159 di 186

$$\eta \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

dove:

- $(\overline{U_x}, \overline{U_y})$ è la velocità della corrente (mediata sul REA (nella direzione x,y) e sulla verticale (nella direzione z));
 - $(\overline{\Delta U_x(z)}, \overline{\Delta U_y(z)})$ rappresentano le deviazioni della velocità (mediata sul REA) rispetto al valore mediato sulla verticale $(\overline{U_x}, \overline{U_y})$;
 - h è la quota idrometrica;
 - η è una funzione di immagazzinamento che, assumendo per le quote del fondo una distribuzione statistica di tipo normale, vale [2]

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{2 \cdot (h - h_f)}{Y_{\text{lim}}} \right) \right) \quad (\text{Figura 1});$$
 - Y e H rappresentano un tirante equivalente (che per altezza d'acqua "importante" tende al valore geometrico h-hfondo);
 - (q_x, q_y) sono le portate specifiche pari rispettivamente a $(\overline{U_x Y}, \overline{U_y Y})$;
 - $\overline{\tau_{xx}}, \overline{\tau_{yy}}, \overline{\tau_{xy}}$ sono gli sforzi addizionali di origine turbolenta;
- ρ e g sono rispettivamente la densità del fluido e l'accelerazione di gravità;
- τ_{bx}, τ_{by} rappresentano lo sforzo tangenziale d'attrito al fondo;
 - τ_{sx}, τ_{sy} rappresentano lo sforzo tangenziale agente sulla superficie libera;

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	160 di 186	

i termini integrali invece rappresentano i termini cosiddetti dispersivi dovuti alla possibile non uniforme distribuzione delle velocità sulla verticale (trascurabile nella gran parte dei casi, ma molto importante per esempio per il moto in curva [5],[6]).

Il contributo [2] ha permesso di ricavare in modo esplicito le espressioni η , Y , H in funzione del tirante idraulico $h-h_f$ e della dimensione caratteristica delle asperità Y_{lim} . E' ben diffusa, tuttavia, la tecnica di utilizzare una porosità fittizia con andamento della funzione η piuttosto simile a quello proposto da [7].

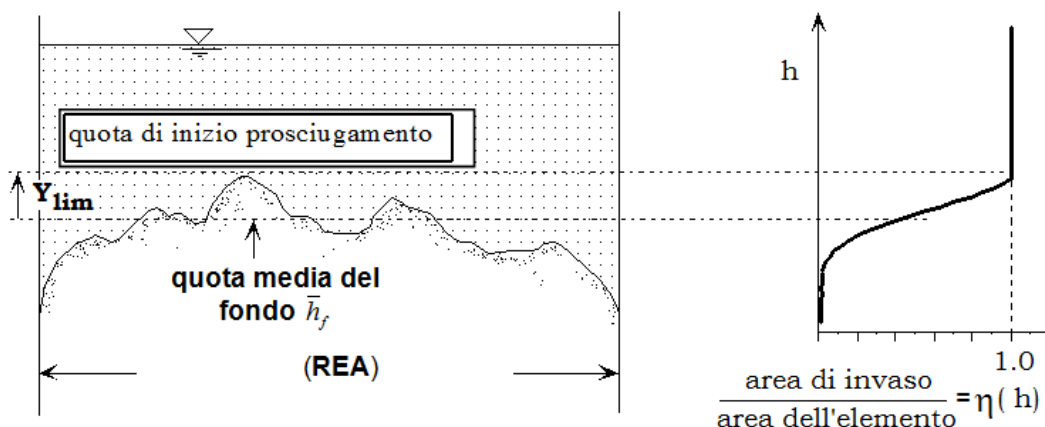


Fig. 0.2 -Rappresentazione schematica delle grandezze caratteristiche che definiscono il comportamento idraulico di un elemento a fondo irregolare.

Le equazioni di cui sopra sono risolte secondo uno schema semi-implicito [3][1]. Una volta discretizzate nel tempo le due equazioni del moto, le espressioni delle due componenti della velocità vengono sostituite all'interno dell'equazione di continuità che risulta quindi funzione solamente della quota idrometrica.

L'equazione così ottenuta viene risolta con un metodo agli elementi finiti associato alla discretizzazione del campo di moto mediante elementi triangolari. La funzione incognita (andamento spaziale delle quote idrometriche) è approssimata mediante polinomi continui a tratti di tipo lineare. In altre parole,

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	161 di 186

l'andamento delle quote idrometrica all'interno del generico elemento triangolare è di tipo lineare, risultando completamente definito dal valore assunto ai nodi di vertice. La dipendenza della funzione lungo il lato del triangolo dal valore assunto dai due vertici contigui assicura la continuità della funzione nel dominio di calcolo costituito da un insieme di triangoli.

Una volta discretizzato il campo di moto con elementi triangolari, si applica il metodo di Galerkin [8] che conduce alla scrittura di N equazioni nelle N incognite nodali.

I canali, che compongono l'idrografia minore, sono delle vie preferenziali verso le quali le acque esondate tendono a confluire, aumentando sensibilmente la celerità di avanzamento del fronte stesso. Essi, dunque, vanno descritti in maniera più accurata sulla base di uno schema fisicamente fondato.

L'adozione di elementi bidimensionali troppo piccoli, necessari, per descrivere la rete minore, può causare problemi di stabilità e accuratezza della soluzione numerica, a meno di non adottare passi di integrazione sufficientemente piccoli. In questo caso i tempi di calcolo aumentano considerevolmente, fino a diventare proibitivi. Una possibile soluzione, proposta da D'Alpaos e Defina [11], è quella di accoppiare senza modificare la geometria del reticolo di calcolo, elementi monodimensionali e bidimensionali, con l'unico vincolo di seguire con gli elementi monodimensionali i bordi degli elementi bidimensionali. Questo approccio va bene per descrivere quei canali non arginati, consentendo inoltre di utilizzare, per descrivere il canale, due nodi del reticolo bidimensionale. Naturalmente l'ipotesi che sta alla base di questo accoppiamento è quella dell'uguaglianza della quota idrometrica, come già detto, definita univocamente nel nodo. Il modello descritto è stato ampiamente utilizzato dai citati autori nello studio dell'idrodinamica della Laguna di Venezia e ha condotto ad una accurata rappresentazione della rete dei canali minori che solcano le zone di barena soggette a periodico prosciugamento. In questi casi, l'utilizzo di una rete di canali monodimensionali conduce ad una corretta simulazione del

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	162 di 186

funzionamento della rete minore e quindi ad una corretta simulazione della propagazione dell'onda di marea, senza la necessità di dover utilizzare elementi bidimensionali di dimensioni troppo piccole con il rischio sempre presente di creare pericolose instabilità di tipo numerico.

Molti canali e fiumi sono tuttavia arginati e per simulare correttamente le condizioni di tracimazione delle arginature è quindi necessario introdurre dei particolari elementi 'traversa' in cui il legame portata-livelli idrometrici è specificato a priori, in base alle leggi dell'idraulica tradizionale. L'elemento speciale collega due nodi del reticolo di calcolo e non fa altro che trasferire una portata da un nodo all'altro [13][14].

Nelle reti fluviali sono inoltre presenti molti manufatti con funzione di controllo dello strato idrometrico. Di questi elementi occorre tenere conto in quanto i risultati eventualmente ottenuti senza una loro corretto inserimento possono seriamente compromettere la corrispondenza al caso reale della situazione simulata numericamente. Lo schema utilizzato per la loro rappresentazione è del tutto simile a quello utilizzato per descrivere l'elemento 'traversa'.

A.3.1 Caratteristiche dello schema numerico bidimensionale

Il dominio viene diviso in elementi triangolari mediante i quali si schematizza l'andamento planimetrico e altimetrico della porzione di territorio sottoposta ad indagine e ad ogni elemento sono quindi associati i valori della quota del fondo, assunta costante sull'intero elemento, e del coefficiente di scabrezza secondo Strickler, K_s .

La funzione h sul dominio Ω viene quindi approssimata da:

$$h(x, y, t) = \sum_{n=1}^N h_n(t) \cdot \xi_n(x, y) \quad (3)$$

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	163 di 186

dove la (3) è la funzione di forma lineare del generico nodo n e N è il numero totale di nodi: la funzione di forma assume valore unitario per $x=x_n$, $y=y_n$ e varia linearmente fino a zero in corrispondenza dei nodi adiacenti il nodo n , mantenendo il valore nullo in tutti gli altri punti del dominio di integrazione. (Figura 2)

Indicando con l'apice le grandezze relative all'istante precedente $t-\Delta t$, le equazioni (1a) e (1b) integrate nel tempo possono essere scritte in forma sintetica:

$$q_x = -\psi \cdot \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h+h'}{2} \right) + \vartheta_x \right] \quad (4a)$$

$$q_y = -\psi \cdot \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{h+h'}{2} \right) + \vartheta_y \right] \quad (4b)$$

dove nei termini θ_x e θ_y sono descritti i contributi dei seguenti termini: attrito al fondo, effetto del vento, velocità lagrangiana [3], sforzi addizionali di origine turbolenta [4][11].

L'applicazione del metodo di Galerkin all'equazione (2), porta al sistema di N equazioni:

$$\int_{\Omega} \left(\eta \frac{h-h'}{\Delta t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \cdot \xi_m d\Omega = \sum_e \int_{\Omega_e} \left(\eta \frac{h-h'}{\Delta t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \cdot \xi_m^e d\Omega = 0 \quad m=1,2,\dots,N \quad (5)$$

in cui la sommatoria è estesa a tutti gli elementi che hanno un vertice nel nodo m , mentre Ω_e rappresenta l'area del generico elemento.

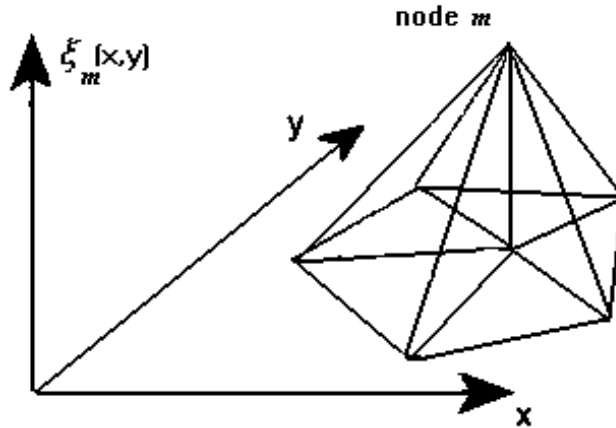


Fig. 0.3 – Rappresentazione della funzione piramidale $\xi(x_m, y_m)$.

Applicando al termine di flusso della (3) la prima identità di Green, si ha:

$$\sum_e \int_{\Omega_e} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \xi_m^e d\Omega = \sum_e \int_{L_e} (\vec{q} \times \vec{n}) \cdot \xi_m^e dL - \sum_e \int_{\Omega_e} \left(q_x \frac{\partial \xi_m^e}{\partial x} + q_y \frac{\partial \xi_m^e}{\partial y} \right) d\Omega =$$

$$= Q_m - \sum_e \int_{\Omega_e} \vec{q} \times \text{grad}(\xi_m^e) d\Omega$$

(6)

La portata Q_m è:

- zero nei nodi interni in cui concorrono solo elementi bidimensionali e nei nodi del contorno in cui non vi è flusso in entrata o in uscita;
- maggiore di zero se il flusso esce dal nodo (va ad elementi monodimensionali o esce dal dominio);
- minore di zero se il flusso entra nel nodo (proviene da elementi monodimensionali o è imposto dall'esterno come condizione al contorno).

Assunta, come si è detto una variazione lineare dei livelli all'interno di ciascun elemento, per le portate specifiche, espresse dalle equazioni (4a) e (4b), si ottiene per l'elemento e:

$$q_x^e = -\psi^e \cdot \left(\sum_n \frac{h_n + h_n'}{2} \frac{\partial \xi_n^e}{\partial x} + v_x^e \right) \quad (7a)$$

$$q_y^e = -\psi^e \cdot \left(\sum_n \frac{h_n + h_n'}{2} \frac{\partial \xi_n^e}{\partial y} + v_y^e \right) \quad (7b)$$

Sostituendo le (6), (7a) e (7b) nell'equazione (5), risulta:

$$\begin{aligned} & \sum_e \eta^e \cdot \int_{\Omega_e} \frac{\sum_n (h_n - h_n') \cdot \xi_n^e}{\Delta t} \cdot \xi_m^e \cdot d\Omega + Q_m + \\ & + \sum_e \int_{\Omega_e} \psi^e \cdot \left(\sum_n \frac{h_n + h_n'}{2} \cdot \text{grad}(\xi_n^e) + \bar{v}^e \right) \times \text{grad}(\xi_m^e) d\Omega = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Sviluppando i diversi termini che compaiono nella precedente relazione, si ottiene infine:

$$\sum_n h_n \cdot \left(\frac{1}{2} A_{nm} + \frac{1}{\Delta t} F_{nm} \right) = - \sum_n h_n' \cdot \left(\frac{1}{2} A_{nm} - \frac{1}{\Delta t} F_{nm} \right) - Q_m - B_m \quad (9)$$

essendo:

$$A_{nm} = \sum_e \psi^e \int_{\Omega_e} \left(\frac{\partial \xi_n^e}{\partial x} \cdot \frac{\partial \xi_m^e}{\partial x} + \frac{\partial \xi_n^e}{\partial y} \cdot \frac{\partial \xi_m^e}{\partial y} \right) d\Omega$$

$$F_{nm} = \sum_e \eta^e \int_{\Omega_e} \xi_n^e \cdot \xi_m^e d\Omega$$

$$B_m = \sum_e \psi^e \int_{\Omega_e} \left(v_x^e \frac{\partial \xi_m^e}{\partial x} + v_y^e \frac{\partial \xi_m^e}{\partial y} \right) d\Omega$$

Una volta determinati i livelli, le portate specifiche si ottengono dalle equazioni (7a) e (7b).

Lo schema è descritto in dettaglio in [9], [10] e [16].

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	166 di 186

Accoppiamento di elementi 1D "canale" al modello 2D

Nello schema adottato gli elementi unidimensionali funzionano come canali "in pressione" a sezione costante, fino a quando le zone laterali che li fiancheggiano sono ricoperte dalle acque, e come canali a pelo libero quando il livello scende al di sotto della quota delle zone laterali.

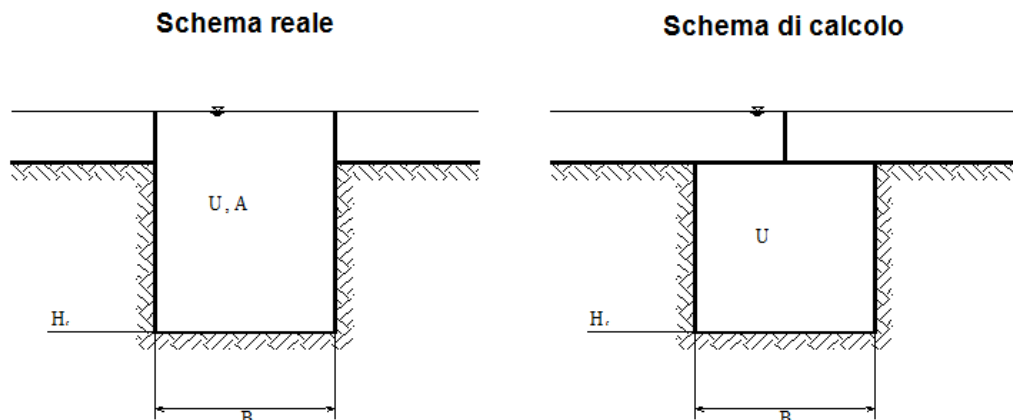


Fig. 0.4 – Schema di calcolo per la rete monodimensionale [15].

Le equazioni della propagazione di un'onda lunga in acque basse (nelle stesse ipotesi che stanno alla base della derivazione delle equazioni del moto bidimensionale) sono:

$$\frac{\partial h}{\partial s} + \frac{1}{gA_a} \frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{Q_a |Q_a|}{K_s^2 R_H^{4/3} A_a^2} = 0 \quad (10)$$

$$\varepsilon \eta(h) \frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial s} + (1 - \varepsilon)q = 0 \quad (11)$$

dove:

- R_H è il raggio idraulico del canale;
- Q_a è la portata della cosiddetta porzione d'area in pressione;

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	167 di 186

- A_a è l'area della sezione liquida, eventualmente depurata della frazione già rappresentata dagli elementi bidimensionali che lo fiancheggiano e ricoprono;
- ε descrive il tipo di funzionamento del canale: per $\varepsilon = 1$ il funzionamento è a pelo libero mentre per $\varepsilon = 0$ il canale funziona 'in pressione';
- q è la portata per unità di lunghezza scambiata con gli eventuali elementi bidimensionali adiacenti.

L'area effettiva A_a del canale è data dalla seguente espressione:

$$A_a = A \cdot \left[1 - \frac{YB}{A} \left(\frac{Y}{R_H} \right)^{2/3} \right] \quad (12)$$

in cui A è l'area della sezione liquida del canale, B la sua larghezza misurata in corrispondenza della superficie libera e Y è la profondità media dell'acqua negli eventuali elementi bidimensionali che fiancheggiano il canale stesso.

In analogia a quanto fatto per la parte bidimensionale dello schema, le equazioni (10) e (11) possono essere scritte nella forma seguente:

$$Q_a = -\psi_0 \left(\frac{\partial h}{\partial s} + \varphi_0 \right) \quad (13)$$

$$\varepsilon \eta(h) B \frac{\partial h}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial s} \left[\psi_0 \left(\frac{\partial h}{\partial s} + \varphi_0 \right) \right] + (1 - \varepsilon) q = 0 \quad (14)$$

Applicando il metodo di Galerkin all'equazione (14) e ricorrendo alla la identità di Green, si ottiene infine il seguente sistema lineare di M equazioni, che sono assemblate assieme a quelle derivanti dalla parte bidimensionale:

$$\sum_e \eta^e \cdot \int_{L_e} \varepsilon B \frac{h_n - h'_n}{\Delta t} \xi_n^e \xi_m^e dL + Q_m + \sum_e \int_{L_e} \psi_0^e \cdot \left(\frac{h_n + h'_n}{2} \frac{\partial \xi_n^e}{\partial s} + \varphi_0^e \right) \frac{\partial \xi_m^e}{\partial s} dL = 0$$

m=1,...,M (15)

Nell'equazione (15) Q_m rappresenta la portata scambiata tra elementi sia bidimensionali che unidimensionali, ovvero la portata scambiata con l'esterno. M è il numero di nodi del reticolo di calcolo monodimensionale.

Una volta determinati i livelli nei nodi, tenendo conto del contributo fornito dagli elementi unidimensionali, le portate fluenti nei canali possono essere valutate attraverso un semplice procedimento di sostituzione a ritroso utilizzando l'equazione (13).

Per quanto detto, la soluzione ottenuta presenta il notevole vantaggio di accoppiare lo schema bidimensionale e quello unidimensionale senza alterare le caratteristiche del sistema risolutivo, consentendo di aggiungere o di togliere elementi unidimensionali senza che vi sia contemporaneamente la necessità di modificare lo schema bidimensionale del campo di moto.

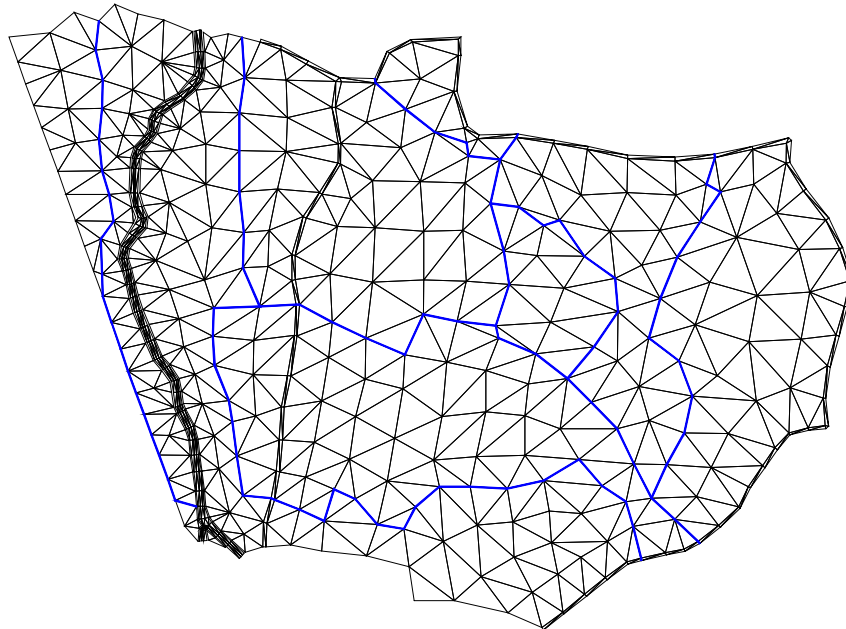
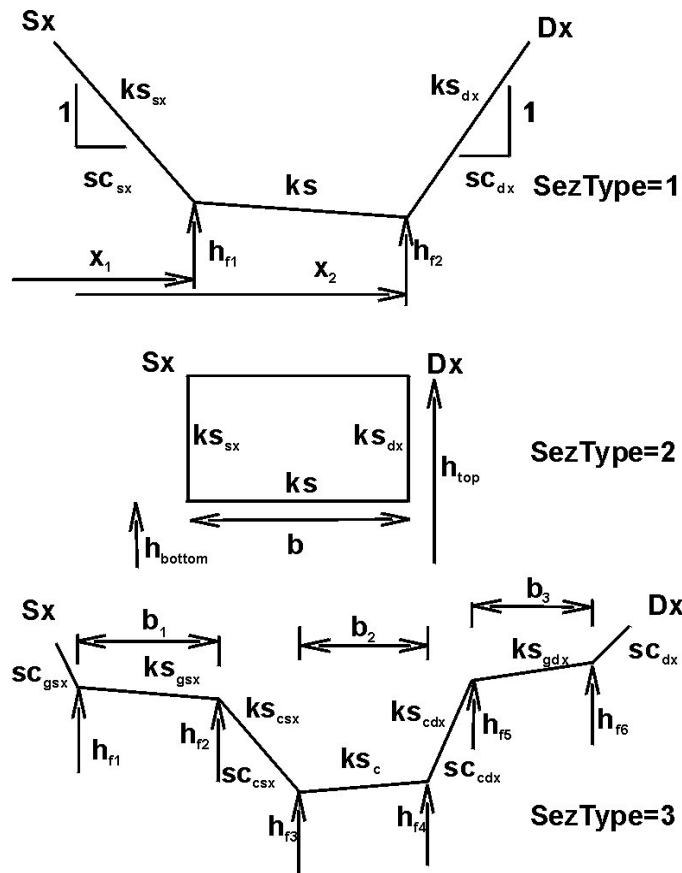


Fig. 0.5 – Schema di calcolo per la rete monodimensionale [15] appoggiata ad elementi bidimensionali.

In modo del tutto simile a quanto svolto per la sezione del canale di forma rettangolare, il modello consente l'inserimento di sezioni trapezoidali, circolari e composte secondo gli schemi riportati nella figura successiva. Per alcune di queste (sezioni 2, 4 e 5) è ammesso il funzionamento sia a pelo libero sia in pressione.



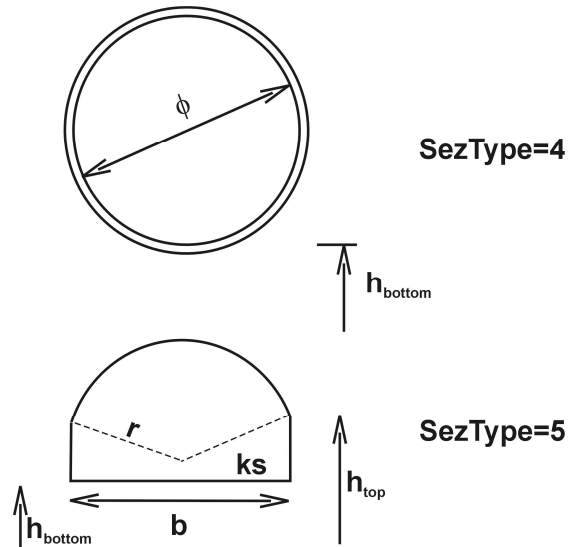


Fig. 0.6 – Sezioni tipiche del modello monodimensionale.

Accoppiamento di elementi 1D “speciali” al modello bidimensionale

Per rappresentare correttamente l’efflusso libero o rigurgitato al di sopra di una soglia e quindi, ad esempio, il sormonto di un argine è stato introdotto l’elemento monodimensionale ‘traversa’.

SCHEMA DI CALCOLO

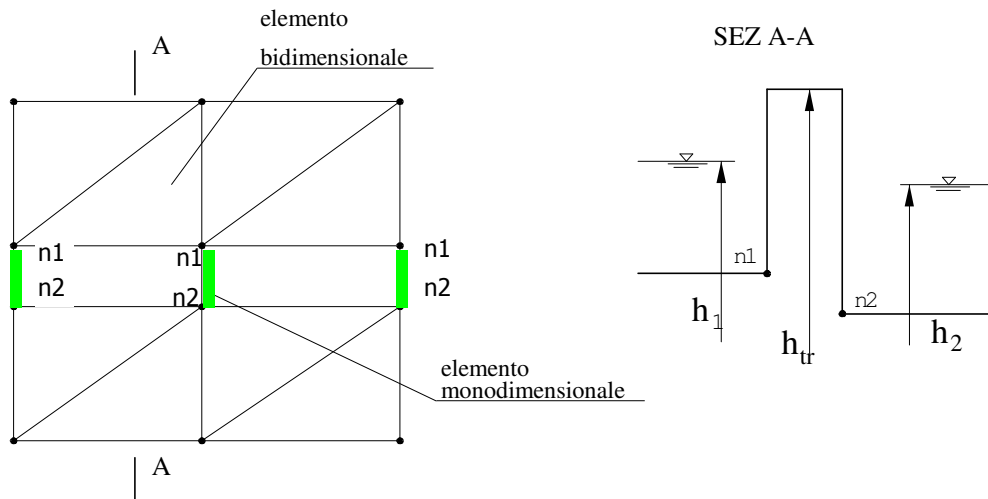


Fig. 0.7 – Schema di calcolo elemento monodimensionale ‘traversa’.

L’idea che sta alla base di questo elemento [13][14] è quella di sottrarre una portata dal nodo n1 e addurla al nodo n2 . L’espressione della portata scambiata tra i due nodi è una relazione lineare del tipo:

$$Q = a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot h_2 + a_3$$

La matrice elementare da assemblare nella matrice del sistema complessivo presenta quindi la seguente struttura:

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	172 di 186

$$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} +a_1 & +a_2 \\ -a_1 & -a_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} h_1 \\ h_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} +a_3 \\ -a_3 \end{vmatrix}$$

(16)

Si osserva che questo tronco speciale considera una traversa alta (in cui si trascurano, cioè, i carichi cinetici in arrivo a monte o a valle della stessa) di larghezza B e coefficiente di portata C_q. L'energia specifica della corrente, a monte e a valle della traversa, può essere calcolata considerando il solo termine gravitazionale h.

In generale, il principio di funzionamento è regolato dal confronto tra le energie della corrente a monte e a valle della traversa. Se l'energia di valle più le eventuali dissipazioni prodotte nel superamento della traversa è superiore all'energia posseduta dalla corrente di monte, allora l'efflusso sarà rigurgitato.

Vi è passaggio di portata sulla traversa quando si presenta una delle condizioni:

- 1) $h_1 > h_{tr}$ $h_2 < h_{tr}$
- 2) $h_2 > h_{tr}$ $h_1 < h_{tr}$
- 3) $h_1 > h_{tr}$ $h_2 > h_{tr}$

Nei primi 2 casi l'efflusso è libero. Nel terzo caso, invece, il moto può essere libero o rigurgitato.

Si suppone che $h_1 > h_2 > h_{tr}$, l'efflusso è libero se l'energia posseduta dalla corrente di monte è sufficiente a far transitare sopra la soglia una portata pari a quella valutata in base alla formula d'efflusso:

$$Q = C_q \cdot B \cdot \sqrt{2g(h_1 - h_{tr})} \cdot (h_1 - h_{tr})$$

(17)

Con considerazioni energetiche, si ottiene in particolare che l'efflusso è libero quando è verificata la condizione:

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	173 di 186

$$h_1 \geq h_2 + \frac{Q^2}{2g(h_1 - h_r)^2} = h_2 + Cq^2 \cdot (h_1 - h_r) \quad (18)$$

Se la disuguaglianza non risulta verificata, l'efflusso è rigurgitato e la portata è valutata attraverso un semplice bilancio energetico:

$$Q = B \cdot (h_1 - h_r) \cdot \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (19)$$

In modo del tutto analogo sono stati accoppiati al modello uni-bidimensionale altri elementi speciali per i quali è noto il legame portata-livelli. Tra questi, sono stati implementati:

- elemento speciale "idrovara";
- elemento speciale "paratoia";
- elemento speciale "clapet";
- elemento speciale "paratoia livellatrice";
- elemento speciale "sifone";
- elemento speciale "tombotto";
- elemento speciale "ponte"
- elemento speciale "restringimento"
- etc....

L'inserimento, tra gli elementi mono e bidimensionali del reticolo di calcolo, dei sopracitati elementi speciali costituisce una delle caratteristiche principali del modello matematico e ne favoriscono il pratico utilizzo anche a sistemi idraulici particolarmente complessi quali le reti di bonifica e in generale a sistemi complessi di canalizzazioni quali i sistemi fognari dei centri abitati

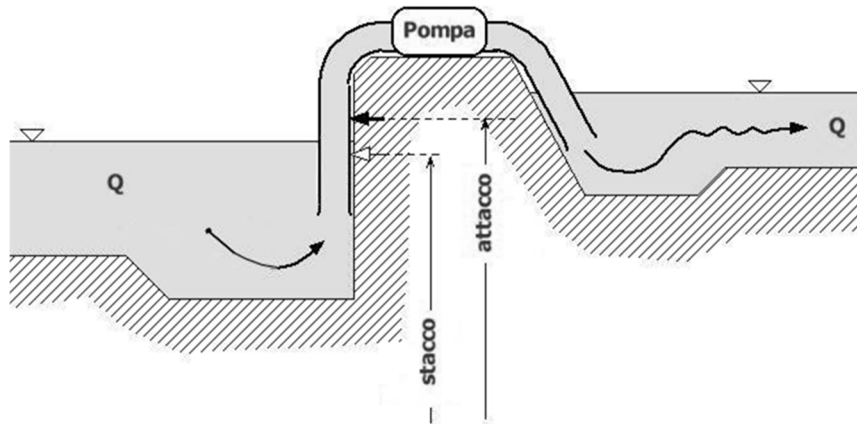


Fig. 0.8 - Elemento speciale 'idrovara'.

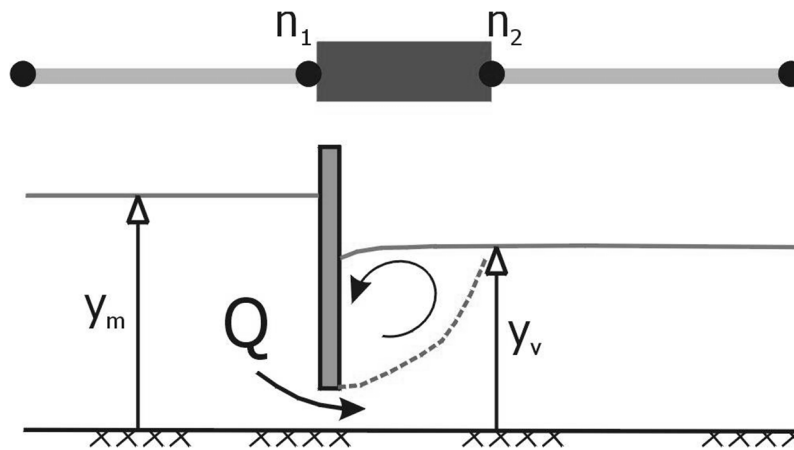
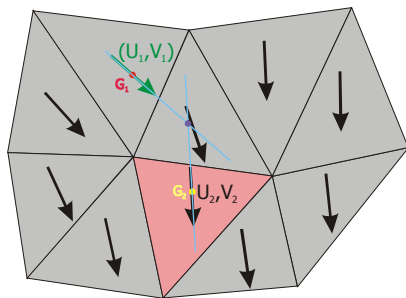
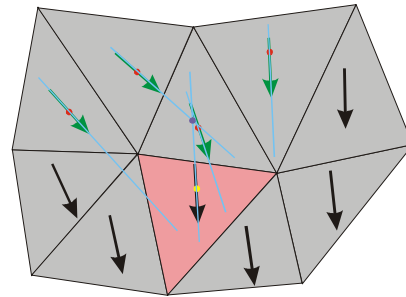
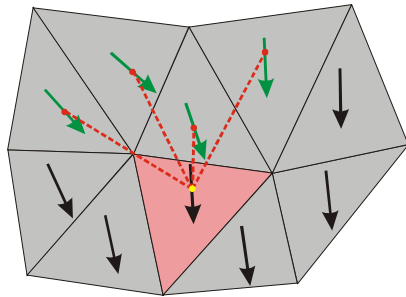


Fig. 0.9 - Elemento speciale 'paratoia'.

Ulteriori caratteristiche del modello bidimensionale

Nelle equazioni (4a) e (4b) sono riportate le espressioni delle portate specifiche in forma schematica in cui non compaiono esplicitamente né la velocità lagrangiana né i termini di Reynolds.

Come già detto, i primi sono calcolati mediante uno schema alla Casulli in cui la scelta degli elementi di calcolo coi quali interpolare il campo delle velocità è effettuata secondo una metodologia basata sull'allineamento, metodologia simile a quella proposta in [12], ma con alcune modifiche che ne hanno in parte ridotto l'efficacia computazionale a tutto vantaggio, però, dell'accuratezza, soprattutto in presenza di forti curvature delle linee di corrente. I dettagli di questi aspetti sono riportati in [16].



Allineamento basato sul confronto tra le congiungenti i baricentri degli elementi e la velocità di partenza

$$U_{disp} = 0.5 \cdot (U_1 + U_2) \quad V_{disp} = 0.5 \cdot (V_1 + V_2)$$

$$dx = -U_{disp} \cdot dt \quad dy = -V_{disp} \cdot dt$$

$$disp = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

$$U_{1,L} = U_1 + (U_2 - U_1) \cdot disp / distG$$

$$V_{1,L} = V_1 + (V_2 - V_1) \cdot disp / distG$$

I termini di Reynolds, che rappresentano il contributo della turbolenza a scala di sottogriglia, sono trattati mediante lo schema tradizionale di Smagorinski [4] secondo il quale lo sforzo addizionale di origine turbolenta può essere espresso, nel caso bidimensionale, da:

$$\tau_{xy} = \rho \nu_T \left(\frac{\partial \overline{U}_x}{\partial y} + \frac{\partial \overline{U}_y}{\partial x} \right) \quad \tau_{xx} = 2\rho \nu_T \frac{\partial \overline{U}_x}{\partial x} \quad \tau_{yy} = 2\rho \nu_T \frac{\partial \overline{U}_y}{\partial y} \quad (20)$$

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	176 di 186

$$v_T = l_s^2 \cdot \left(2 \left(\frac{\partial \bar{U}_x}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial \bar{U}_y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \bar{U}_x}{\partial y} + \frac{\partial \bar{U}_y}{\partial x} \right)^2 \right)$$

dove in cui $l_s = c_s \cdot \sqrt{A}$

c_s (costante di Smagorinski) è una costante che in letteratura assume valori compresi tra 0.095 e 0.2

A è l'area in cui si assume prendere sede il fenomeno di turbolenza assunta pari all'area dell'elemento triangolare.

Il contributo dei termini di Reynolds nelle equazioni del moto si riduce a:

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \bar{\tau}_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\tau}_{xy}}{\partial y} \right) \approx v_T \left(\frac{\partial^2 \bar{U}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{U}_x}{\partial y^2} \right) = v_T \int_{\partial A^+} \frac{\partial \bar{U}_x}{\partial n} ds$$

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \bar{\tau}_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\tau}_{yy}}{\partial y} \right) \approx v_T \left(\frac{\partial^2 \bar{U}_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{U}_y}{\partial y^2} \right) = v_T \int_{\partial A^+} \frac{\partial \bar{U}_y}{\partial n} ds$$

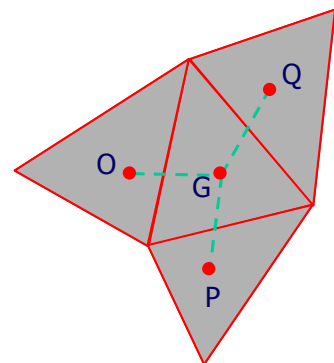
dove l'ultima uguaglianza è ricavata in base alla la identità di Green.

Lo schema utilizzato per calcolare gli integrali sul contorno dell'elemento triangolare è quello proposto da Jasak [11] che è caratterizzato da una notevole accuratezza numerica, in quanto riduce a valori modesti la dispersione numerica legata alla suddivisione del dominio di calcolo in elementi triangolari non necessariamente regolari.

$$\left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial n} \right)_{OG} L_1 = \underbrace{|\Delta| \frac{\bar{U}_O - \bar{U}_G}{|GO|}}_{\text{contributo ortogonale}} + \underbrace{\vec{k} \cdot (\nabla \bar{U})_{L_1}}_{\text{contributo non-ortogonale}}$$

$$\vec{\Delta} // GO$$

$$\vec{n} L_1 = \vec{\Delta} + \vec{k}$$



	<h1>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</h1> <p>1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA</p>		
	<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p>		
	<p>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</p>		<p>177 di 186</p>

Lo schema può essere applicato con successo anche a campi di moto particolarmente complessi, non necessariamente solo in campo fluviale. E' stato infatti applicato anche ad un'analisi del comportamento idrodinamico delle bocche di porto della laguna di Venezia.

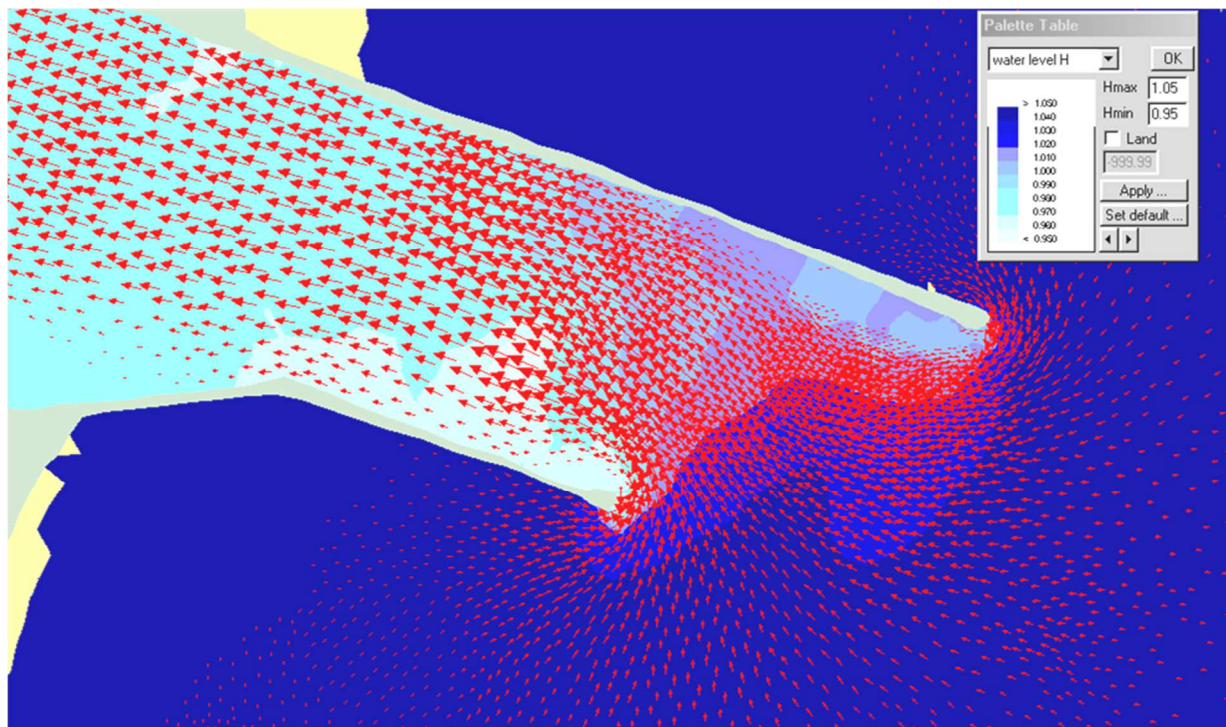


Fig. 0.10 - Campo delle velocità in fase di flusso alla bocca di Malamocco (Venezia)

Un'ultima annotazione riguarda il suo accoppiamento con i risultati forniti da un qualsiasi modello idrologico. Infatti, in modo molto semplice è possibile assegnare ai nodi del reticolo idrografico (sia interni che sul contorno) un andamento delle portate attraverso i termini Q_m presenti nelle equazioni (9) e (15).

La risposta fornita dal modello idrologico, applicato a sottobacini elementari, viene quindi imposta come condizione al contorno realizzando di fatto un modello a risposta distribuita.

 <p>Consorzio IricAV Due</p> <p>ATI bonifica</p>	<p>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</p> <p>1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO</p> <p>2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA</p>	
	<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p>	
	<p>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</p>	<p>178 di 186</p>

Significativo ricordare l'accoppiamento idrologico-idraulico nel modello idraulico 2d1d del Bacchiglione messo a punto con l'ing. Ferri dell'Autorità di Bacino Alto Adriatico, ampiamente utilizzato in questi anni nell'ambito di incarichi svolti per l'Autorità di Bacino e il Genio Civile di Vicenza.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	179 di 186	

Costruzione del reticolo di calcolo e visualizzazione dei risultati

Le attività di pre-processing (del reticolo di calcolo) e di post-processing (estrazione dei risultati) vengono effettuate con l'ausilio di una interfaccia grafica realizzata negli anni 1998÷2005 dall'ing. Martini. Il linguaggio di programmazione utilizzato è il Visual C++ in ambiente Microsoft Foundation Classes (MFC). All'applicazione è stato posto nome di FEMTOOL. All'interfaccia sono collegate librerie grafiche commerciali per il plottaggio di grafici e per l'importazione/esportazione di dati in formato xls, dxf e bmp/jpg.

Come tutte le applicazioni Windows FEMTOOL è dotata di barra dei menu, barra degli strumenti, barre di scorrimento, finestra di visualizzazione e varie finestre di dialogo.

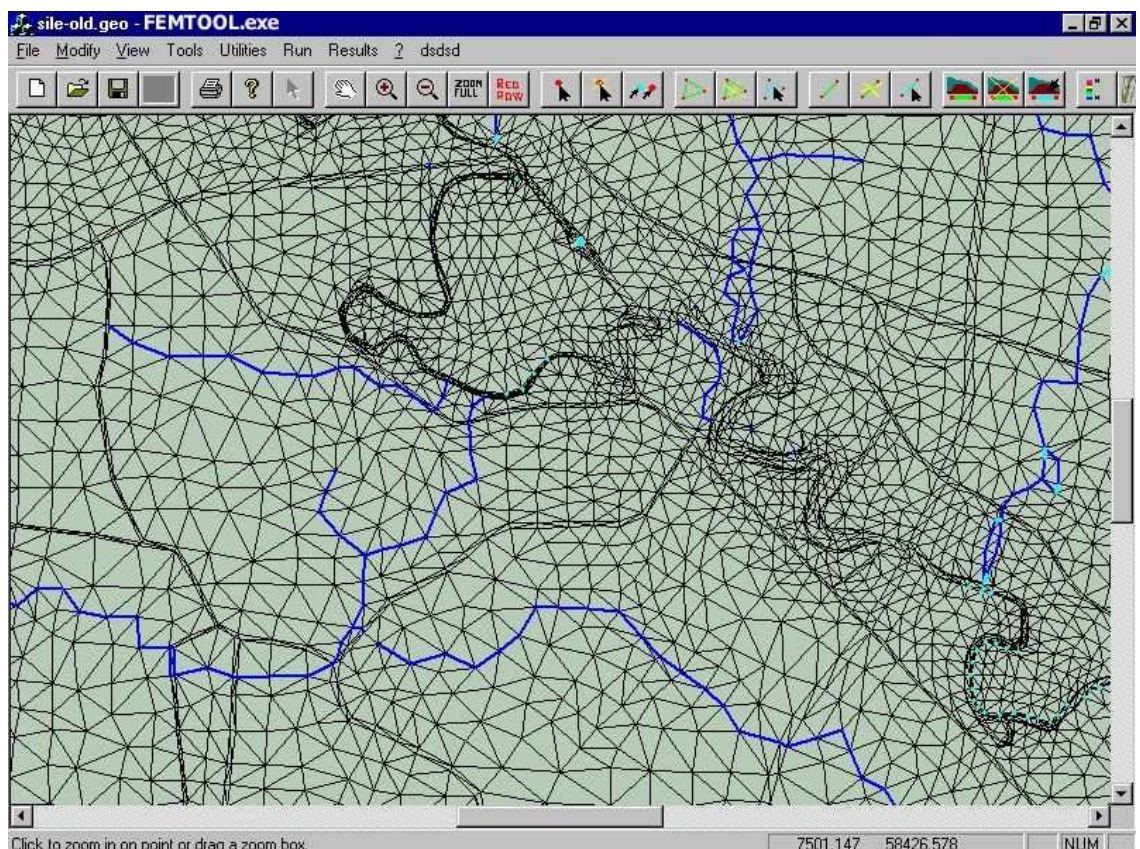


Fig. 0.11 - Modello FEMTOOL. Costruzione e visualizzazione del reticolo di calcolo del fiume Sile.

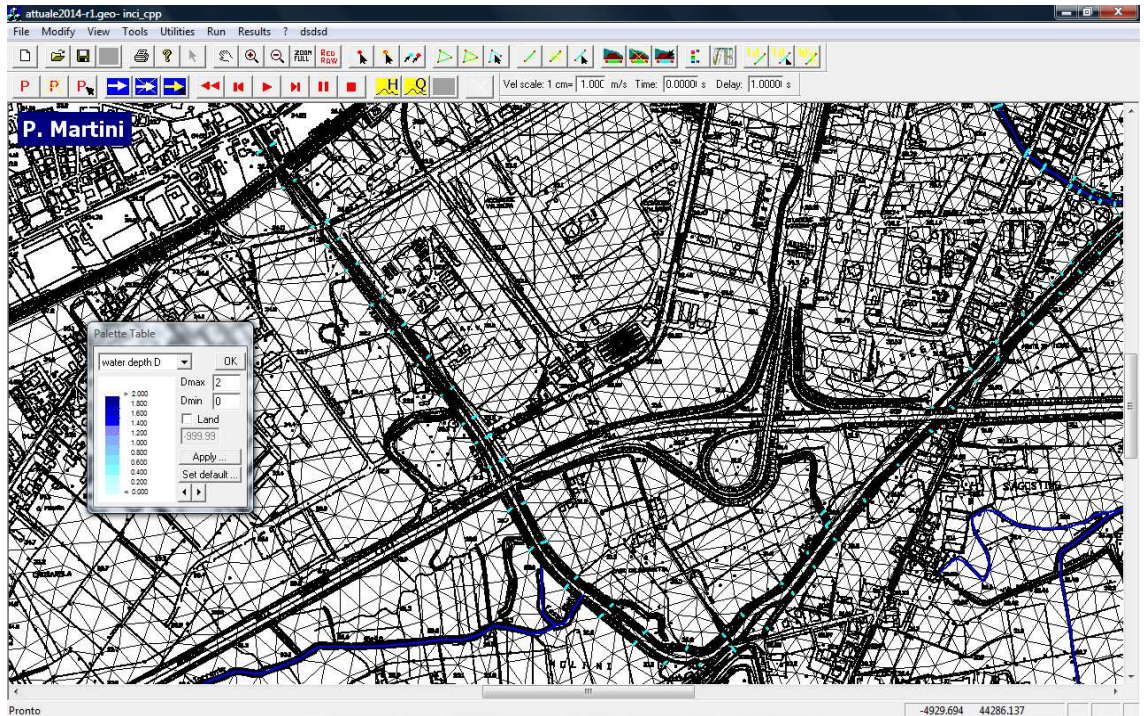


Fig. 0.12 - Modello FEMTOOL. Costruzione e visualizzazione del reticolo di calcolo del fiume Retrone.

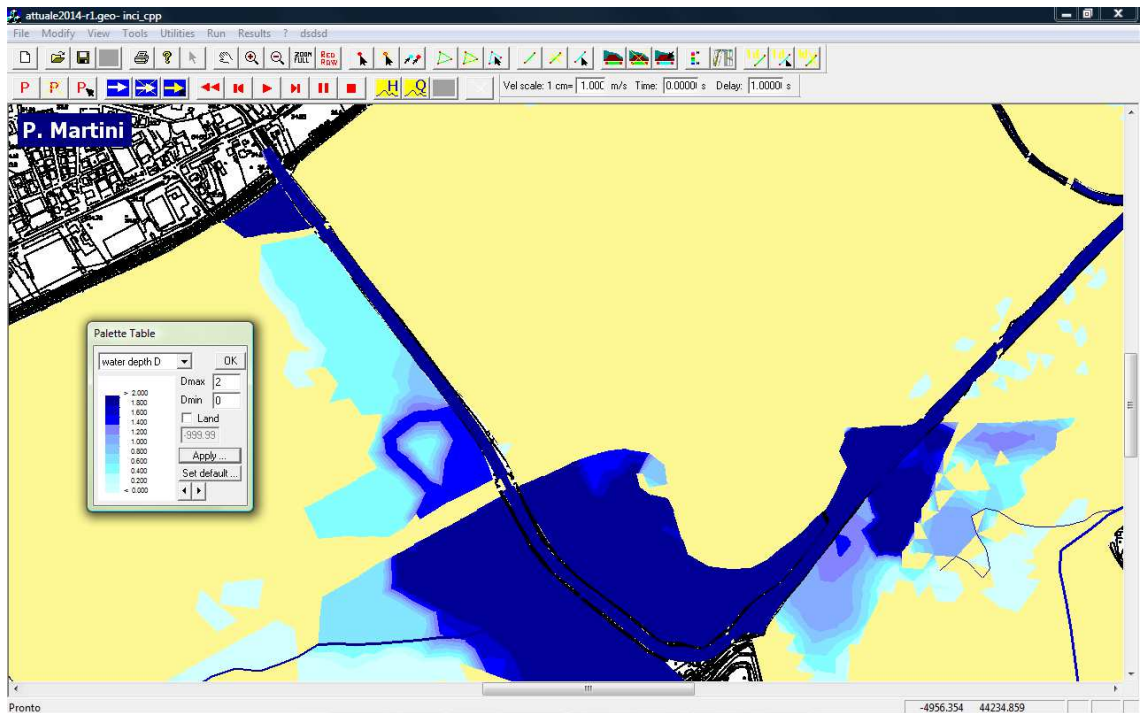


Fig. 0.13 - Modello FEMTOOL. Visualizzazione delle aree esondate sovrapposte al reticolo di calcolo, con una scala cromatica in funzione dell'altezza d'acqua.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	181 di 186

Riferimenti bibliografici del modello

- [1] D'Alpaos L., Defina A. and Matticchio B., A new set of equations for very shallow water and partially dry areas suitable to 2D numerical models. Proceeding of Modelling of Flood Propagation Over Initially Dry Areas, Milano, 1994.
- [2] Defina A., Two-dimensional shallow flow equations for partially dry areas, Water Resources Research, Vol. 36, No. 11, 2000.
- [3] Casulli V., Numerical Simulation of Shallow Water Flow, Computational Methods in Surface Hydrology, Ed. G. Gambolati, A. Rinaldo, C.A. Brebbia, W.G. Gray and G.F. Pinter, Springer, 1990.
- [4] Thomas T.G. and Williams J.J.R., Large Eddy Simulation of a symmetric trapezoidal channel, Journal of Hydraulic Research, Vol. 33, No. 6, 1995.
- [5] Kalkwijk J.P.Th and Booy R., Adaption of Secondary Flow in nearly horizontal flow, Journal of Hydraulic Research, Vol. 24, No. 1, 1986.
- [6] Duc B.M., Wenka Th. and Rodi W., Depth-average numerical modeling of flow in curved open channels, Proceedings of Computational Methods in Water Resources XI, Ed. Aldama A., Aparicio J., Brebbia C.B., Gray W.G., Herrera I. and Pinder G.F., 1996.
- [7] Roig L.C., Mathematical Theory and Numerical Methods for the Modeling of Wetland Hydraulics in Water Resources Engineering, Proceedings of the 1995 First International Conference, American Society of Civil Engineers, 1995.
- [8] Gambolati G., Lezioni di Metodi Numerici, Ed. Cortina, Padova, pp. 479-571, 1994.
- [9] Martini P., Modello matematico bidimensionale per lo studio delle esondazioni dei corsi d'acqua, Istituto di Idraulica G. Poleni, Padova, Tesi di laurea, 1996.
- [10] D'Alpaos L. and Defina A., Modellazione Matematica del comportamento idrodinamico di zone di barena solcate da una rete di canali minori, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, 1995.
- [11] Jasak H., Error Analysis and estimation for the Finite Volume Method with applications to fluid Flow, PhD Thesis, Imperial College, London, 1996.
- [12] Defina A. and Bonetto I., Rappresentazione dei termini di accelerazione convettiva in un modello bidimensionale della propagazione di onde lunghe in acque basse. Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzione Idrauliche, vol. I, pp. 53-64, Catania, Italy.
- [13] Donnell B., Letter J., McAnally W. and others, User's Guide for RMA2 Version 4.5, US Army, Engineer Research and Development Center, Waterways Experiment Station Coastal and Hydraulics Laboratory, 2001. (<http://chl.wes.army.mil/software/tabs>)
- [14] Defina A., La presenza di traverse e di rilevati sormontabili negli schemi di calcolo bidimensionali, Seminario su: Nuovi sviluppo applicativi dell'idraulica dei corsi d'acqua, Bressanone, 1997.
- [15] D'Alpaos L. and Defina A., Modellazione matematica del comportamento idrodinamico di zone di barena solcate da una rete di canali minori, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Commissione

 <p>Consorzio IricAV Due</p> <p>ATI bonifica</p>	<h1>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</h1> <p>1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA</p>		
	<p>NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)</p>		
	<p>PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.</p> <p>IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX</p>	<p>182 di 186</p>	

di studio dei provvedimenti per la conservazione e difesa della laguna e della città di Venezia, Rapporti e Studi, vol. XII, 1995.

[16] Martini P., D'Alpaos L. and Carniello L., Un modello matematico bidimensionale per lo studio dell'idrodinamica e del trasporto di sedimenti nella laguna di Venezia. Scientific Research and Safeguarding of Venice, Corila Reserach, Corila and Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti. Program 2002 results, Venezia, 2003.

[17] Martini P., Carniello L. and Avanzi C., Two dimensional modelling of flood flows and suspended sediment transport: the case of Brenta river, Veneto (ITALY) , Presented at EGS-AGU-EUG 2003 Joint Assembly, Nice, April 2003. Accepted for publication in Natural Hazards and Earth System Sciences, EGU Journal, 2004.

[18] Carniello L., D'Alpaos L., Defina A. and Martini P., A new method for coupling one and two dimensional elements in a finite element model describing hydrodynamics in a tidal basins. Scientific Research and Safeguarding of Venice, Corila Reserach, Corila and Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti. Program 2002 results, Venezia, 2003.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	183 di 186

[14] **BIBLIOGRAFIA**

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. Piano stralcio per la tutela del rischio idrogeologico. Bacino dell'Adige – Regione Veneto. Individuazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica. Relazione tecnica e quadro giuridico. Adottato con delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 15-02-2015 e con DPCM 27-04-2006.

Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico e Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige, CONVENZIONE tra Regione del Veneto e Autorità Alto Adriatico per l'affiancamento dei soggetti attuatori nell'ambito della progettazione delle opere previste dal “Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico” di cui all'ordinanza n. 3906 del 13 novembre 2010. Reazione tecnica, gennaio 2013.

Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico, Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del bacino idrografico del fiume Brenta-Bacchiglione, Carte della pericolosità idraulica. Ed. 2012÷2015.

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. 2^a Variante al Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del fiume Adige approvato con DPCM 27 aprile 2006. Misure di salvaguardia e prescrizioni a regime. Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 1/2014 del 22 dicembre 2014.

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. Varianti di aggiornamento del Piano Stralcio ai sensi dell'art. 6 delle Norme di Attuazione del Piano. Decreti Segretariali tra ottobre 2014 e aprile 2015.

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. Studio dell'evento di piena di fine aprile 2009 sul t. Illasi. In AdigeEtsch, dicembre 2009.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	184 di 186

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. Individuazione e perimetrazione delle aree allagate nel corso degli eventi dal 31 ottobre 2010 al 2 novembre 2010.

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. Eventi alluvionali del 16 e 17 Maggio 2013. A cura degli ingg. L. Guarino, G. Fragola e R. Veltri. Confronti tra eventi 2013, 2010 e 1992.

Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige. Delimitazione delle zone di attenzione a seguito degli eventi alluvionali del 16 e 17 Maggio 2013. Giugno 2013.

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, Piano di gestione del Rischio di alluvioni 2015-2021. Aree allagabili. Classi di rischio. Scenario di media (Tr=100 anni) e bassa probabilità (Tr=300 anni).

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, Piano di gestione del Rischio di alluvioni 2015-2021. Aree allagabili. Altezze Idriche. Scenario di media (Tr=100 anni) e bassa probabilità (Tr=300 anni).

DGRV 1010 del 23-03-2010. Parere di Compatibilità Ambientale del progetto della sistemazione idraulica del torrente Illasi dalla confluenza dei t. Covolo e Frighi in loc Sant'Andrea fino alla sua immissione nel fiume Adige.

DGRV 257 del 03-03-2015. Finanza di progetto. Interventi da realizzare nel settore della difesa del suolo. Attribuzione delle attività connesse al prosieguo dell'iter istruttorio delle proposte pervenute e delle funzioni di RUP alle Sezioni Bacino Idrografico competenti per territorio.

Attilio Scolari e Mauro Gaspari, "16 Maggio 2013 – il fiume Fibbio esonda".

Technital, Progetto di un impianto idroelettrico sul t. Fibbio. Rilievi. Settembre 2013.

Campedelli O., Progetto di un impianto idroelettrico sul t. Fibbio in Comune di San Martino Buon Albergo. Rilievi. Febbraio 2013.

	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	185 di 186

En.In.Esco srl, Progetto di un impianto idroelettrico sul t. Fibbio in loc. Montorio, Rilievi. Settembre 2009.

Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, Progetto dei Lavori di adeguamento dell'alveo e regimazione delle piene del fiume Fibbio. Comuni di Verona, San martino Buon Albergo, Zevio e Caldiero, 2012.

Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio Rurale. Service tecnico a cura di Beta Studio srl, Luglio 2011. Carta delle criticità idrauliche, carta dei bacini di bonifica, Carta delle permeabilità, Carta dei bacini idrografici.

Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, Rilevamento della rete idraulica consorziale lungo il tracciato della TAV. Osservazioni ed interferenze. Febbraio 2015.

Regione del Veneto. Convenzione tra Regione del Veneto e Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (Autorità Alto Adriatico) per l'affiancamento dei soggetti attuatori nell'ambito della progettazione delle opere previste dal Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico di cui all'ordinanza n. 3906 del 13 novembre 2010. Relazione tecnica. A cura dell'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico e dell'Autorità di Bacino del fiume Adige. Gennaio 2013.

Regione del Veneto. Progetto definitivo del bacino di San Lorenzo sul t. Tramigna, nei comuni di Soave e San Bonifacio. Service tecnico a cura di Ipros Ingegneria Ambientale srl, Maggio 2013.

Regione del Veneto. Progetto definitivo dell'estensione dell'opera di invaso di Montebello a servizio del torrente Chiampo. Progetto di ampliamento del bacino esistente nei comuni di Montorso Vicentino, Zermeghedo e Montebello Vicentino. Service tecnico a cura di Beta Studio, Settembre 2013.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA - MONTEBELLO VICENTINO 2° Sublotto: MONTEBELLO VICENTINO- BIVIO VICENZA	
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA RICHIESTA DALL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE (PROT. 160 DEL 22-01-2016) E DALL'AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE (PROT. 170 DEL 25-01-2016)	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D01DI2RIID0001002A.DOCX	186 di 186

Regione del Veneto. Progetto definitivo del bacino della Colombaretta sul t. Alpone, in comune di Montecchia di Crosara. Service tecnico a cura di Ing. Umberto Anti, Giugno 2013.

Comune di San Martino Buon Albergo, Studio geologico del PAT. A cura di P. Zangheri, 2010.

Unione Veneta Bonifiche e Regione del Veneto. Mappa della pericolosità idraulica. Aree a rischio e ad alto rischio di allagamento nel territorio di bonifica della Provincia di Verona. 2000

Progetto preliminare del Sistema delle Tangenziali Venete. Relazione idrologica e idraulica di proposta. A cura di Studio Alteri, 2007