



COMUNE DI CAVAGNOLO

PROVINCIA DI TORINO

PIANO REGOLATORE GENERALE

VARIANTE DI ADEGUAMENTO P.A.I.

All. 5 -

VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA DELLO STRUMENTO URBANISTICO AL PAI (PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO) DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

- **Relazione conclusiva**
- **Studi idraulici approfonditi di alcuni tratti della rete idrografica minore (Rio Santa Fede, T. Trincavenna, Canale Gazzelli)**

Incarico con Det. Resp. U.T. n° 200 del 06 / 12 / 2006 .

Delibera C.C. adozione prog. preliminare n° _____ del _____

Progetto preliminare pubblicato all'albo pretorio dal _____ al _____

Delibera C.C. di approvazione condoneduzione oss.ni n° _____ del _____

Delibera C.C. di adozione del Progetto definitivo n° _____ del _____

Il geologo: **Dr. Geol. Paolo Sassone**
n° 279 Ordine dei Geologi Del Piemonte

Giugno 2007



INDICE

I - RELAZIONE CONCLUSIVA.....	2
1 - PREMESSA E DISPOSIZIONI TECNICO-NORMATIVE	2
1.1 - PROCEDURE ED ADEMPIMENTI RELATIVI ALLA DELIBERAZIONE DI ADOZIONE DEL PAI N. 18 DEL 26/4/2001, CON RIFERIMENTO ALLA D.G.R. N°31-3749.....	3
1.2 - ATTIVITÀ DI INTEGRAZIONE ED AGGIORNAMENTO DEL QUADRO DEI DISSESTI PAI	4
1.3 - PROCEDURE PER IL RILASCIO DI CONCESSIONI, AUTORIZZAZIONI DA PARTE DEI COMUNI IN AREALI DI DISSESTO PAI. 4	
1.4 - PROCEDURA PER LE VARIANTI DI ADEGUAMENTO DEL PRGC AL PAI	5
2 - VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA DELLO STRUMENTO URBANISTICO AL PAI (PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO)	6
2.1 - VERIFICHE SUI DISSESTI DI VERSANTE	6
2.2 - VERIFICHE DEI DISSESTI CONNESSI ALLA RETE IDROGRAFICA.....	10
3 - CONCLUSIONI	12
II- STUDI IDRAULICI APPROFONDITI DI ALCUNI TRATTI DELLA RETE IDROGRAFICA MINORE (RIO SANTA FEDE, T. TRINCAVENNA, CANALE GAZZELLI)	13
1 - RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA.....	13
1.1 - CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO E DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	14
1.2 - DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE E PORTATE DI PROGETTO MEDIANTE L'UTILIZZO DEI PARAMETRI A E N FORNITI DAL P.A.I.	14
1.3 - METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI DEFLUSSI DEL BACINO	15
1.4 - DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA.....	16
2 - RELAZIONE IDRAULICA.....	18
2.1 - VERIFICHE IDRAULICHE: TEORIA DI CALCOLO E RISULTANZE	18
2.1.1 - Premessa	18
2.1.2 - Dati Di Input	19
2.1.3 - Geometria Della Rete Idrografica	19
2.1.4 - Dati Di Portata E Condizioni Al Contorno.....	19
2.1.5 - Metodo Di Calcolo	20
2.1.6 - Coefficiente Di Velocità	20
2.1.7 - Perdite Di Carico Dovute A Contrazione/Espansione Della Corrente.....	21
2.1.8 - Procedura Di Calcolo	21
2.1.9 - Equazione Di Conservazione Della Quantità Di Moto	22
2.1.10 - Effetti Indotti Sulla Corrente Dalla Presenza Di Un Ponte	23
2.1.11 - Bilancio energetico (1ª ipotesi).....	23
2.1.12 - Equazione di conservazione della quantità di moto	23
2.1.13 - formula di Yarnell.....	24
2.1.14 - Bilancio energetico (2ª ipotesi).....	24
2.1.15 - Suddivisione del deflusso in pressione e/o a superficie libera (stramazzo).....	24
2.2 - DESCRIZIONE ED APPROCCIO METODOLOGICO AL LAVORO SVOLTO	25
2.3 - PORTATE DI PROGETTO	26
2.4 - VERIFICA DI SEZIONI D'ALVEO IN CONDIZIONE DI MOTO UNIFORME	26
2.4.1 - Sezione sul T. Trincavenna in loc. Molina	27
2.4.2 - Sezione tipo del Canale Gazzelli	28
2.5 - CONFRONTO CON EVENTI DI PIENA REGISTRATI	29
3 - CONCLUSIONI	31



I – RELAZIONE CONCLUSIVA

1 - PREMESSA E DISPOSIZIONI TECNICO-NORMATIVE

La presente relazione é stata redatta su specifico incarico dell'Amministrazione Comunale, finalizzato all'esecuzione delle verifiche di compatibilità idraulica e geomorfologica dello strumento urbanistico al P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Nell'affrontare lo studio, si é fatto scrupoloso riferimento alle normative di settore vigenti quali la L.R. 56/1978 e s.m.i. e, in particolare ai disposti della Circ. P.G.R. n°7/LAP del 08/05/1996 L.R. 5 dicembre 1977, n° 56 e successive modifiche ed integrazioni. "Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici", alla relativa "Nota Tecnica Esplicativa" del dicembre 1999, ai disposti dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Si é fatto inoltre riferimento a quanto introdotto dalla DGR 6 agosto 2001 n°31-3749 ed alla D.G.R. 15 Luglio 2002 n°45-6656, in conformità alla circolare P.G.R. N. 7/Lap/1996 e successiva N.T.E./1999, al fine di razionalizzare ed uniformare la rappresentazione del dissesto anche a fini di verifica di compatibilità PAI.

Allo scopo di rendere un maggiore approfondimento esplicativo e di meglio dettagliare le motivazioni di ordine geologico-tecnico che hanno costituito la base conoscitiva sulla quale sono state definite le scelte di pianificazione urbanistica:

- è stata aggiornata secondo i disposti introdotti dal PAI e dai conseguenti dispositivi normativi emanati dalla regione Piemonte, la cartografia in scala 1/10.000 precedentemente già redatta su specifici ambiti (su base CTP 1/5000) in linea con i disposti della Circ. PGR 7/LAP; tale cartografia (in particolare l'All. 1 e l'All. 4) ha anche valenza di sintesi della valutazione della pericolosità, compendiando le risultanze delle verifiche di compatibilità idraulica e geomorfologica dello strumento urbanistico al PAI;
- sono state compilate le schede rilevamento frane, le schede rilevamento dissesti lungo la rete idrografica principale (secondo quanto specificato dalla N.T.E. Circ. PGR 7/LAP). Queste informazioni vengono descritte e analizzate, previa raccolta e compilazione dei dati disponibili, e riportate in allegato; la numerazione delle frane riportata nelle singole schede é la stessa riportata nella cartografia geologico-tecnica;
- sono state compilate le schede di rilevamento processi lungo la rete idrografica (N.T.E. Circ. PGR 7/LAP); la numerazione riportata nelle singole schede é la stessa riportata nella cartografia geologico-tecnica;
- sono state compilate le schede di rilevamento conoidi (N.T.E. Circ. PGR 7/LAP); la numerazione riportata nelle singole schede é la stessa riportata nella cartografia;
- sono state compilate le schede SICOD richieste dalla Direzione Difesa del Suolo;
- sono state recepiti i documenti riferiti al PRG datato 1998.
- sono state recepite, ed aggiornate di conseguenza le cartografie e gli elaborati, salvo possibili errori materiali o di interpretazione, le osservazioni riportate nei pareri Difesa del Suolo del 28/11/2003 prot. 8125/23, ARPA del 23/08/2004 prot. 109076/SC04, Settore OO.PP. del 15 settembre 2004 prot. 44440/25.3; tali richieste si riferiscono agli elaborati trasmessi dal comune, seguito al tempo da un altro consulente, in risposta alle prime indicazioni emerse in sede di 1° tavolo tecnico datato 27/05/2003;
- Sono state eseguite verifiche idrauliche di dettaglio sui tratti terminale del T. Trincavenna e del Rio Santa Fe.
- É stata verificato se i Piani regolatori dei comuni confinanti con quello di Cavagnolo siano già stati dichiarati coerenti con il PAI nell'ambito delle Conferenze programmatiche (e/o a seguito di specifiche indagini sottoposte a verifica presso i Gruppi interdisciplinari formatisi ai sensi DGR 6 agosto 2001 n°31-3749 presso le varie sedi regionali), ed in caso affermativo, al fine di una corretta mosaicatura, sono state recepite le delimitazioni riportate nella sintesi.

In appendice al presente allegato si inserisce una parte dello studio che approfondisce, nello specifico, alcune verifiche idrauliche lungo le principali aste di deflusso al fine di individuare, quantomeno in via preliminare, le aree che manifestano criticità non segnalate dagli strumenti di pianificazione attualmente vigenti.



La presente relazione e gli allegati compongono pertanto la documentazione geologico-tecnica di riferimento per la verifica della compatibilità idraulica e idrogeologica redatta in conformità alla Circ. PGR 7/LAP per il Comune di Cavagnolo, richiesta ai sensi Art. 18 Deliberazione n°1/1999 del PAI. A seguito dell'approvazione del P.A.I. e relativa Normativa, le risultanze di verifica compendiate nell'ambito della presente documentazione, analizzati anche i dissesti idraulici e geomorfologici avvenuti a seguito dell'alluvione dell'ottobre 2000 e 1994, hanno condotto alla verifica della compatibilità idraulica e geomorfologica dello strumento urbanistico al P.A.I.

Il Piano regolatore vigente sino ad oggi risale alla variante generale di PRG datata 1998 anche se nel 2003 era già stata avviata la procedura di variante parziale di adeguamento P.A.I. che comunque non ha terminato l'iter di approvazione.

Dalla consultazione delle Tavole dei dissesti del PAI era emerso come l' "Atlante dei dissesti" evidenziasse diversi tipo di dissesto nell'ambito del territorio comunale di Cavagnolo, in alcuni dei casi ubicati in modo impreciso. Si è riscontrato come siano quindi presenti dissesti di versante e di fondovalle che comprendono direttamente zone edificate o - parzialmente - di nuova edificazione a seguito di già previste espansioni urbanistiche.

Lo studio condotto ha pertanto permesso di verificare la presenza di numerosi ambiti edificati classificati in Classe IIIB connessi ad instabilità di versante o idrauliche: sono censiti almeno 22 ambiti (vedasi elenco tabellato in allegato).

1.1 - PROCEDURE ED ADEMPIMENTI RELATIVI ALLA DELIBERAZIONE DI ADOZIONE DEL PAI N. 18 DEL 26/4/2001, CON RIFERIMENTO ALLA D.G.R. N°31-3749

La deliberazione di adozione del PAI, in data 26 aprile 2001, n. 18/2001, del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (pubblicata su GU n. 166 del 19/2001 e su BUR n. 30 del 25/7/2001), ha dato l'avvio ad una serie di attività, che coinvolgono le competenze regionali e comunali.

La prima attività (prevista dall'articolo 15 della deliberazione 18/2001), si è già esplicitata attraverso l'invio delle copie degli atti del PAI relativi ad ogni Comune, da parte della Regione, che sono stati pubblicati mediante affissione all'Albo Pretorio per 15 giorni consecutivi.

Il Sindaco, secondo la procedura prevista, deve provvedere a trasmettere alla Regione (1 copia alla Direzione Difesa del Suolo) la certificazione relativa all'avvenuta pubblicazione.

Ad ogni Comune è stata inviata copia dei seguenti elaborati:

- Deliberazione di adozione n. 18/2001 del 26/4/2001;
- Relazione generale. Allegato 3 - Relazione sulle modifiche ed integrazioni apportate;
- Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici - Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo. Allegato 4 e 4.1 - Cartografia in scala 1:25.000 e 1:10.000;
- Norme di attuazione, costituite da:
 - Titolo I - Norme generali per l'assetto della rete idrografica e dei versanti (aggiornamento);
 - Titolo II - Norme per le fasce fluviali (aggiornamento);
 - Titolo III - Derivazione di acque pubbliche e attuazione dell'articolo 8, comma 3, della legge 2 maggio 1990, n. 102 (aggiornamento);
 - Titolo IV - Norme per le aree a rischio idrogeologico molto elevato;
 - Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali, in scala 1:25.000.

Gli elaborati cartografici riportanti la delimitazione delle aree in dissesto e delle fasce fluviali, sono stati forniti ai Comuni relativamente al territorio di loro competenza e solo per quanto modificato e/o integrato rispetto al Progetto di PAI adottato con deliberazione 1/1999, viceversa, per le carte non modificate in questa fase sono state confermate quelle del Progetto di PAI.

Le cartografie che i Comuni hanno ricevuto in questa *prima fase*, pertanto, sono riferite alle aree a rischio molto elevato (RME).

I Comuni devono applicare su tali aree le prescrizioni contenute nel Titolo IV delle Norme di Attuazione del PAI, che, ai sensi dell'articolo 5 delle medesime Norme, sono dichiarate di carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni, gli Enti pubblici e per i soggetti privati. Inoltre, le cartografie sono anche relative alle fasce fluviali introdotte dal PAI.



Anche per questa fattispecie, le prescrizioni del PAI ove presenti, richiamate all'articolo 27 delle Norme di attuazione, sono dichiarate di carattere immediatamente vincolante.

Vi è da sottolineare che l'articolo 9 della deliberazione dispone che le Fasce Fluviali del PAI, per le parti difformi, modificano ed integrano il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali vigente, sia in termini di delimitazione grafica, sia in termini normativi. Cioè, laddove le disposizioni del PAI si discostano da quelle del Piano Fasce vigente, prevalgono quelle del PAI.

1.2 - ATTIVITÀ DI INTEGRAZIONE ED AGGIORNAMENTO DEL QUADRO DEI DISSESTI PAI

L'articolo 5 è quello che regola l'attività da svolgersi a più breve scadenza da parte dell'Autorità di Bacino e, conseguentemente, da parte della Regione: il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po dovrà proporre al Comitato Istituzionale le integrazioni al PAI, relative alla cartografia dell'Allegato 4 PAI.

Tale attività coinvolge direttamente la Regione Piemonte, in particolare le quattro Direzioni (Difesa del Suolo, Servizi Tecnici di Prevenzione, Pianificazione e Gestione Urbanistica e Opere Pubbliche) che hanno condotto finora, in maniera congiunta, l'analisi e l'istruttoria delle osservazioni al PAI ed hanno organizzato e gestito le Conferenze Programmatiche. Nello specifico la Regione dovrà proporre all'Autorità di Bacino le integrazioni cartografiche condivise nelle Conferenze stesse, derivanti sia dalle singole osservazioni accolte, sia dal quadro dei dissesti, aggiornato e validato, derivante dalla cartografia di carattere idrogeologico, redatta sulla base di quanto disposto dalla Circolare PGR 7/Lap/1996, elaborata a supporto degli strumenti urbanistici approvati e riconosciuti, nell'ambito delle Conferenze Programmatiche, già adeguati al PAI (n. 116), ai sensi del comma 1 dell'articolo 18 delle Norme di Attuazione del PAI.

Quando saranno esperiti tali adempimenti, e gli areali così individuati saranno contrassegnati con il segno grafico costituito da una bandierina gialla, il Comitato Istituzionale provvederà a deliberarne gli esiti (in termini di integrazioni cartografiche) e le Regioni provvederanno ad inviare le copie modificate ai Comuni interessati, i quali dovranno pubblicarle all'Albo Pretorio (*seconda fase*).

Le aree contrassegnate dalla bandierina gialla saranno classificabili, relativamente alla normativa d'uso del suolo ad essi associata, secondo due diverse fattispecie:

- la prima, relativa ai singoli dissesti condivisi, in cui i Comuni dovranno applicare le prescrizioni dell'articolo 9 delle Norme di Attuazione del PAI, a partire dalla data di ricevimento degli elaborati, che, ai sensi dell'articolo 5 delle medesime Norme, sono dichiarate di carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni, gli Enti pubblici e per i soggetti privati;
- la seconda, relativa a quei Piani regolatori dichiarati già coerenti con il PAI nell'ambito delle Conferenze programmatiche, in cui continueranno a essere vigenti le norme del Piano Regolatore stesso.

In tutti i casi richiamati, in cui le prescrizioni del PAI sono immediatamente vincolanti, si ritengono fatti salvi gli interventi già autorizzati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'articolo 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del PAI e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio. In ogni caso al titolare della concessione dovrà essere tempestivamente notificata la condizione di dissesto rilevata.

1.3 - PROCEDURE PER IL RILASCIO DI CONCESSIONI, AUTORIZZAZIONI DA PARTE DEI COMUNI IN AREALI DI DISSESTO PAI.

Per tutti gli areali relativi ai dissesti sui quali la cartografia aggiornata non ha individuato le bandierine gialle, e comunque a partire dalla *prima fase*, cioè da quando i Comuni ricevono gli elaborati da pubblicare all'Albo Pretorio secondo quanto già richiamato, vige una norma "cautelare", dettata dall'articolo 6 della deliberazione, 3° comma, secondo la quale il rilascio di concessioni, autorizzazioni, nullaosta o atti equivalenti relativi a trasformazioni ed uso del territorio, deve essere supportato da una valutazione di compatibilità dell'intervento con le



condizioni di dissesto effettivamente presenti sul territorio, effettuata a cura del richiedente, basata su idonea documentazione tecnica.

Il Comune, nel rilasciare i provvedimenti suddetti, deve tenere conto di tale valutazione, al fine di garantire la sicurezza degli interventi edilizi ed infrastrutturali ed il non aggravio del dissesto idrogeologico e del rischio presente.

Il Comune é inoltre tenuto a dare comunicazione alla Regione del rilascio di tali provvedimenti, a soli fini statistici e conoscitivi, con cadenza trimestrale, inviandone 1 copia alle quattro Direzioni competenti: Servizi tecnici di Prevenzione, Pianificazione e Gestione Urbanistica, Difesa del Suolo e Opere Pubbliche, secondo il seguente schema:

<i>indicazione dei dati del provvedimento edilizio:</i>	<i>indicazione del dissesto del PAI:</i>	<i>indicazione sullo stato dell'adeguamento dello strumento urbanistico.</i>
conc./aut./dia		
n°..... del.....	frane - Fa, Fq, Fs	
rilasciata	esondazioni - Ee, Eb, Em	
a.....	conoidi - Ca, Cp, Cn	
per la realizzazione	valanghe - Ve, Vm	
di.....		

Occorre sottolineare e mettere in evidenza al Comune di Cavagnolo che gli studi e le indagini geomorfologiche, a supporto del rilascio dei provvedimenti edilizi di cui sopra, debbono essere trasposti nell'analisi geomorfologica e nel quadro del dissesto da effettuare sull'intero territorio comunale a supporto del PRGC o della Variante in adeguamento al PAI.

1.4 - PROCEDURA PER LE VARIANTI DI ADEGUAMENTO DEL PRGC AL PAI

Per tutti i Comuni non rientranti tra i 116 ritenuti già adeguati alle disposizioni del PAI, ai sensi dell'articolo 1 delle Norme di Attuazione del PAI medesimo, e dichiarati tali dalla deliberazione della Giunta regionale n. 51-2814 del 17/4/2001, si applicano le disposizioni previste dall'articolo 6 della deliberazione, 1° e 2° comma, cioè la cosiddetta "Norma transitoria".

Tale norma prevede che le Regioni, entro 18 mesi dall'entrata in vigore del PAI, trasmettano all'Autorità di Bacino eventuali proposte di aggiornamento dell'elaborato 2 del PAI stesso, risultanti dalle varianti di adeguamento dei PRG adottate dai Comuni, ai sensi dell'articolo 18, commi 2 e 3 delle Norme di Attuazione, nonché da quegli altri strumenti urbanistici già in corso di definizione per i quali si è ritenuta confacente la rappresentazione del quadro del dissesto. Questo articolo differisce, di fatto, nel tempo l'immediata cogenza delle prescrizioni dettate dall'articolo 9 delle Norme di Attuazione.

Gli effetti dell'applicazione di questa norma coinvolgeranno, in un processo complesso, sia i Comuni, sia le strutture regionali, le quali dovranno, a tal fine, strutturarsi, da un lato, per fornire le necessarie informazioni e indicazioni ai Comuni sul metodo, sulle scelte urbanistiche compatibili e sull'interpretazione delle disposizioni già esistenti, dall'altro, per costruire una procedura di approvazione delle varianti ai PRG coordinata e condivisa già delineata da questa deliberazione.

Decorso il termine previsto, i Comuni che non abbiano provveduto alle varianti di adeguamento ai sensi dell'articolo 18 delle Norme, dovranno rispettare le prescrizioni dell'articolo 9 delle Norme medesime.

In tutti i casi, fino alla pubblicazione su Gazzetta Ufficiale del DPCM di approvazione del PAI si applicano le norme di salvaguardia di cui ai relativi articoli della deliberazione n. 18/2001.

L'ultima disposizione della deliberazione n. 18/2001, all'articolo 16, prevede una *terza fase* di aggiornamento: cioè, entro dodici mesi dalla data di adozione della deliberazione stessa, l'Autorità di Bacino provvederà a redigere il testo aggiornato ed unificato di tutte le disposizioni normative e della cartografia di riferimento. Questo testo sarà nuovamente soggetto all'approvazione da parte del Comitato Istituzionale.

ELENCO AREE IN CLASSE IIIb (da sottoporre a Piano Protezione Civile) E CRONOPROGRAMMA SINTETICO

NUMERO	LOCALITA'	SOTTO CLASSE	MOTIVO PERICOLOSITA	OPERE MITIGAZIONE PROPONIBILI					
				Consolidamenti	Drenaggi	Manutenzione e/o adeguamento rete di scolo artificiale/naturale	Manutenzione opere di difesa e/o di consolidamento e/o di drenaggio esistenti	Altro	Ordine di grandezza delle spese *
1	Pomaretto	3b2	Rottura di sponda del Canale Gazzelli			X		cementazione fondo alveo e sponde	A
2	Campo sportivo comunale	3b2	Esondazione T. Trincavenna			X			A
3	Concentrico	3b2	Esondazione T. Trincavenna			X			A
4	Concentrico	3b4	Esondazione T. Trincavenna			X			B
5	Fondovalle T. Trincavenna	3b3	Esondazione T. Trincavenna			X			A
6	Fondovalle T. Trincavenna	3b3	Esondazione T. Trincavenna			X			A
7	Villaggio Maddalena	3b3	Dissesto gravitativo	X	X		X		A
8	Ostino	3b4	Dissesto gravitativo	X	X				A
9	Ostino	3b4	Dissesto gravitativo	X	X				A
10	Ostino	3b4	Interferenza con dissesto gravitativo	X	X				A
11	Ostino	3b3	Interferenza con linea di deflusso			X		realizzazione linea di drenaggio alternativa	A
12	Casemosso	3b4	Dissesto gravitativo	X	X		X		B
13	Casemosso	3b4	Interferenza con dissesto gravitativo	X	X		X		A
14	Casemosso	3b4	Dissesto gravitativo	X	X		X		B
15	Casemosso	3b2	Interferenza con dissesto gravitativo	X	X		X		A
16	Casemosso	3b2	Interferenza con dissesto gravitativo	X	X		X		A
17	Montechiaro	3b4	Dissesto gravitativo	X	X				A
18	Montechiaro	3b3	Interferenza con dissesto gravitativo	X	X				A
19	Valle de Gobbi	3b4	Dissesto gravitativo	X	X				A
20	Villaggio Punto Verde	3b2	Dissesto gravitativo per erosione al piede	X	X	X	X		A
21	Cascina Cerrano	3b4	Dissesto gravitativo	X	X			consolidamenti contenitivo (micropali) lato valle	B
22	Cascina Galardo	3b4	Dissesto gravitativo	X	X			consolidamenti contenitivo (micropali) lato valle	A

*Legenda ordine di grandezza spese per opere di mitigazione:

decine di migliaia di euro: A

centinaia di migliaia di euro: B

milioni di euro: C



2 - VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA DELLO STRUMENTO URBANISTICO AL PAI (PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO)

A titolo di approfondimento del quadro del dissesto sul territorio rispetto alle previsioni del PRG, anche grazie agli studi geologico-tecnici svolti a supporto della Variante al PRGC, appare necessario evidenziare che il Comune di Cavagnolo ha recepito le indicazioni nel frattempo emanate della Regione Piemonte e dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, in ordine all'invito ad eseguire le opportune verifiche di compatibilità idraulica e geomorfologica al PAI dello strumento urbanistico. Allo scopo di eseguire le verifiche di compatibilità idraulica e geomorfologica dello strumento urbanistico al PAI, oltre che rendere un maggiore approfondimento e meglio confrontare le motivazioni di ordine geologico-tecnico che hanno costituito la base conoscitiva sulla quale sono state definite le scelte di pianificazione urbanistica rispetto alle indicazioni del PAI:

- sono state compilate le schede rilevamento frane (secondo quanto specificato dalla N.T.E. Circ. PGR 7/LAP). Queste vengono commentate dal presente documento descrittivo e compendiate, previa compilazione dei dati disponibili, nell'allegato 6;
- sono state compilate le schede di rilevamento processi lungo la rete idrografica (N.T.E. Circ. PGR 7/LAP); esse sono compendiate, previa compilazione dei dati disponibili, nell'allegato 6;
- sono state compilate le schede di rilevamento conoidi (N.T.E. Circ. PGR 7/LAP); esse sono compendiate, previa compilazione dei dati disponibili, nell'allegato 6;
- sono state compilate le schede SICOD richieste dalla Direzione Difesa del Suolo (esse sono compendiate, previa compilazione dei dati disponibili, nell'allegato 6).
- Sono state effettuate analisi idrauliche e geomorfologiche/verifiche idrauliche su alcuni tributari minori del Po quali il T. Trincavenna e Rio Santa Fede che hanno permesso di delineare l'entità del dissesto idraulico e di delimitare le zone di esondazione Ee, Eb ed Em; analogamente è stato eseguito un controllo funzionale del canale Gazzelli.
- Sono stati ricostruiti gli effetti degli eventi alluvionali 1994 e 2000, possibilmente individuando il battente d'acqua in corrispondenza degli edificati.
- Sono stati elaborati ed interpretati i dati della B.D.G., I.F.F.I. evidenziando comunque una non corretta ubicazione dei dissesti.

Le perimetrazioni riportate all' "All.1 - Carta geomorfologica dei dissesti...", riflettono pertanto lo "stile" della legenda regionale recentemente proposta ed il linea con la legenda del PAI, non solo per le aree esondabili ma anche per i dissesti di versante, ove si è tentato di definire lo stato delle frane distinto in "attivo", "quiescente", "stabilizzato".

Al termine di questo capitolo si allegano gli stralci della documentazione estrapolata per il comune di Cavagnolo dalle diverse banche dati ufficiali.

2.1 - VERIFICHE SUI DISSESTI DI VERSANTE

Il presente paragrafo riassume, con riferimento alle disposizioni, documentazioni, informazioni allegate al Progetto di P.A.I. poi approvato nell'estate 2001, le modifiche e i maggiori dettagli che il Comune ha ritenuto di inserire e recepire nel PRG con riferimento ad alcune difformità circa la perimetrazione di dissesti di versante presenti sul territorio.

Occorre precisare che alcuni dei dissesti attualmente individuati in cartografia geotematica di PRG risultano localizzati e censiti sulla base di indizi morfologici e/o di fonti di origine incerta, ed è pertanto risultato difficile risalire a dati tecnici più precisi di quelli riportati in scheda censimento frane.

In alcuni casi si tratta di dissesti gravitativi indicati in modo impreciso/differente dai precedenti elaborati geologici di Piano, oppure derivano da segnalazioni di incerta qualità tecnica del dato (es. IFFI, RUPAR, P.T.C., B.D.G.).

In tal senso la cartografia geologico-tecnica prodotta ai sensi della Circ. 7/LAP, redatta a seguito di un approfondito studio di terreno e documentario, anche comparativo con i precedenti studi, ha lo scopo di definire il più possibile in modo univoco e definitivo i dissesti connessi a fenomeni gravitativi ed a fenomeni di allagamento-esondazione dei corsi d'acqua, prescindendo da qualsiasi altro documento di analisi geologico-tecnica redatto (anche a scale maggiori) in tempi precedenti.



Appare superfluo evidenziare che tutta la documentazione geologico-tecnica, idrologica, idraulica disponibile per il territorio in questione è stata: acquisita, studiata, valutata e, se del caso, opportunamente recepita nella presente documentazione geologico-tecnica di supporto al PRG (cioè ove il dato presentasse carattere di validabilità, confermabilità, precisione di ubicazione, ...).

Il territorio di Cavagnolo è condizionato dalla presenza di numerosi fenomeni di instabilità gravitativa, alcuni dei quali da tempo conosciuti, che interessano anche porzioni di territorio edificate. Il più noto è quello della Località Casamosso.

Da un esame qualitativo dei processi individuati si nota come la maggior parte di essi sia riconducibile a fenomeni di scivolamento rotazionale e di tipo composito, in alcuni casi caratterizzati da un'ampia estensione areale. Quest'ultimo tipo di dissesti potrebbe, in generale, ricondursi a fenomeni di scivolamento rotazionale/traslattivo sui quali, successivamente, si sono attivati processi di colamento e/o scivolamento a scala inferiore.

Dall'analisi congiunta in carta dei tematismi afferenti all'assetto geologico del territorio comunale e dello stato del dissesto emerge che i fenomeni di instabilità gravitativa trovino una maggiore densità sui terreni che costituiscono il Complesso Caotico di La Pietra ed in corrispondenza di settori in cui sono stati riconosciuti contatti di natura tettonica tra questo complesso e le formazioni stratigraficamente sovrastanti (cfr. All.1- Carta geomorfologica e dei dissesti,...). Oltre il 40% del territorio ove affiora il Complesso caotico di La Pietra ("Complesso indifferenziato" Auct.) è caratterizzato dalla presenza di frane di varia natura.

In alcuni casi, i fenomeni franosi risultano interessare estese porzioni di territorio: ciò si verifica quando nel tempo si sono verificati più eventi la cui evoluzione temporale ha interessato areali via via più ampi. Proprio tale evoluzione ha fatto sì che alcune località come Montechiaro, Villaggio "Maddalena" e Casamosso siano attualmente interessate da fenomeni gravitativi che con il tempo stanno provocando non pochi problemi di stabilità e integrità dei manufatti (specie quelli costruiti recentemente con tecniche e fondazioni poco attente alla qualità dei terreni, sia strade sia abitazioni); per quanto riguarda il dissesto di Casamosso è in itinere un progetto di monitoraggio da parte regionale con controlli da parte di Arpa di Torino. Ciò comporta l'adozione di particolari cautele in fase di progettazione e l'adozione di tecniche di consolidamento dei terreni.

In particolare si ritiene inaccettabile, su tali ambiti con terreni scadenti che hanno evidenziato ampiamente scadenti caratteristiche geotecniche, proseguire l'edificazione, con tecniche tradizionali, specie in presenza di studi geologico-tecnici e geotecnici approssimativi e superficiali.

In particolare la cartografia, supportata dalle schede rilevamento frane, schede rete idrografica e schede SICOD, dalla relazione geologica generale e dalla presente relazione di sintesi hanno lo scopo di precisare al meglio il quadro di dissesti e la connessa pericolosità geomorfologica ed idraulica del territorio comunale, con particolare riferimento ai raffronti con quanto indicato dalla cartografia PAI.

I dissesti di versante censiti sono almeno 63; la perimetrazione dei dissesti è stata pertanto ricontrollata e perimetrata in modo cautelativo.

A titolo di maggiore verifica ed approfondimento, a seguito di segnalazioni di possibili attivazioni di dissesti di versante conseguenti all'evento alluvionale ottobre 2000, si è ritenuto opportuno controllare tramite fotointerpretazione il Volo Alluvione Regione Piemonte 2000.

A seguito di verifica con fotointerpretazione e tramite appositi sopralluoghi di controllo non si è ritenuto di dovere segnalare situazioni di dissesto di versante corrispondenti ad attivazioni significative dovute all'evento alluvionale dell'ottobre 2000. Alcune segnalazioni di dissesti gravitativi di limitata estensione si sono registrate presso C.na del Porto.

Le perimetrazioni di dissesto riportate in cartografia, anche a seguito di verifica e confronto con il PRG vigente, risultano in parte interferire con zone edificate o di prevista edificazione (ad es. zona concentrico, strada Villaggio Maddalena, fondovalle Trincavenna, loc. Casamosso, loc. Ostino, loc. Valle Gobbi, etc.).

Fatta salva la zona di Case Mosso sulle quali sono in atto monitoraggi ed approfondimenti geognostici e geologici di dettaglio finanziati dalla Regione Piemonte, sulle restanti aree sarà



necessario mantenere in futuro destinazioni d'uso controllate, in modo da limitare un tali contesti aumenti di carichi antropici, che potrebbero peggiorare l'esposizione al rischio.

Si evidenzia che, ai sensi della Circ. P.G.R. n°7/LAP del 08/05/1996, le perimetrazioni della Carta di Sintesi, di Classe IIIA e Classe III, inerenti i versanti, prevedono cautelativamente l'inedificabilità data la possibile propensione all'evoluzione geomorfologica e quindi la presenza di fattori predisponenti i dissesti di versante, tuttavia in essa possono non essere al momento presenti dissesti in atto.

La Classe III indifferenziata è stata mantenuta unicamente per la porzione orientale a confine con Monte, ove sono presenti insediamenti militari inaccessibili e per i quali l'estesa situazione di versante boscato non consente una classificazione definitiva.

In generale, in tutto il settore collinare del territorio di Cavagnolo sarà necessario richiedere un' elevata, e comunque maggiore, qualità della caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni previa esecuzione di studi geologici, geomorfologici e geotecnici di dettaglio mirati alla risoluzione o minimizzazione di tutte le problematiche sopra esposte.

Il livello di indagine sarà da commisurare all'importanza degli interventi e delle opere e alla loro ricaduta e significato socio-economico (saranno pertanto minime per piccole strutture e impianti tecnologici e, per contro massime, in caso di opere importanti o ove l'esposizione di persone o cose assume valenza significativa).

È quindi evidente, visto l'elevato numero di frane riconosciute, che i settori compromessi e quindi non idonei all'utilizzazione urbanistica siano numerosi e la corretta perimetrazione delle aree interessate dal fenomeno risulta indispensabile al fine della corretta pianificazione urbanistica.

È inoltre da tenere in considerazione che gli accumuli di frana (anche se spesso quiescenti) vengono considerate alla stregua di zone dissestate in quanto la costruzione di edifici e di strade potrebbe variarne le condizioni statiche producendo una riattivazione del movimento franoso o di una sua parte. Dal punto di vista dell'utilizzazione ai fini agricoli, gli accumuli di paleofrane portano condizioni favorevoli sia per la minore pendenza del terreno, sia per una maggiore porosità del suolo e del substrato. È bene segnalare in questa sede un fenomeno in particolare, ben noto in letteratura a causa della sua gravità e dei danni arrecati a diversi manufatti; tale dissesto risulta essere ubicato a SW del concentrico di Cavagnolo, immediatamente a ridosso dell'abitato della località Casamosso.

Dall'esame della documentazione storica, sono stati individuati alcuni documenti relativi ad una frana avvenuta in Frazione o Cantone Antonino. Dalle descrizioni del fenomeno, è quasi certo che si tratti della stessa frana di Casamosso, anche se il toponimo "Antonino" non è più riportato nelle cartografie. Si tratterebbe dunque di un primo evento parossistico, avvenuto nel mese di gennaio del 1897.

Una dettagliata perizia del genio civile descrive il fenomeno fornendo dati molto interessanti; di seguito sono riportati alcuni dei passi più significativi:

- "(...) la natura prevalentemente argillosa dei terreni componenti il territorio di Cavagnolo e Comuni limitrofi, rendono quella (...) franosa, tanto che percorrendola si riscontra un continuo succedersi di rialzi e avvallamenti di terreno causati certo da franamenti risalenti ad epoche più o meno lontane.
- "Il franamento lamentato ha avuto principio a metà circa della collina sopra indicata, ed il terreno in movimento misura una superficie che si può in via approssimativa valutarsi a circa due ettari."
- "Lo scorrimento prodottosi nel terreno, è per ora poco sensibile, ma siccome su tale terreno insistevano due delle case costituenti la borgata Antonino, abitate da cinque famiglie proprietarie rispettivamente di porzioni di quelle case, fu ugualmente causa di guasti seri a quei fabbricati, dovendosi lamentare oltre a sollevamenti nei pavimenti del piano terreno anche gravi fenditure nelle murature, e la rovina di parecchie volte, tanto che quelle case si devono al presente ritenere inabitabili."
- "Giova qui fare osservare che poco a monte della linea che segna il principio dello scorrimento del terreno, la falda della collina è tagliata da un fosso che si può benissimo ritenere come fosso di guardia (...). Questo fosso, che doveva avere in origine uno scarico verso il Rio S. Fede, da molti anni ne è privo per cui le acque che in esso si raccolgono e



che sono tutte le colatizie della parte alta della collina, non possono avere sfogo che per infiltrazione attraverso gli strati di terreno sottostanti". Tale situazione non appare più di tanto mutata ad oggi.

Tale dissesto è stato interessato da fenomeni di riattivazione significativi negli anni '80 e '90, che hanno provocato il grave danneggiamento di un'abitazione; in seguito a tali riattivazioni sono state effettuate varie perizie e indagini volte alla progettazione di interventi di consolidamento, di cui si riporta una breve cronologia:

- 1981: rilievi topografici (Regione Piemonte – Serv. Geologico)
- 1982: prove penetrometriche e perizia con prima proposta d'intervento basata su trincee drenanti (Regione Piemonte – Assessorato alla Pianificazione Urbanistica)
- 1986: perizia con seconda proposta d'intervento basata su tre pozzi drenanti e dreni sub-orizzontali (Regione Piemonte – Serv. OO.PP. e Difesa del Suolo)
- 1989: indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo)
- 1989: l'impresa Rabellino propone un intervento basato su pali trivellati armati e tirantati
- 1990: realizzazione di un primo lotto di interventi (impresa Rabellino)
- 1991: segnalazione di una presunta riattivazione del fenomeno e sopralluogo dei tecnici del Settore Geologico Regionale, i quali propongono la realizzazione di una cunetta per la regimazione dell'acqua lungo la sede stradale, nonché suggeriscono la realizzazione di un sondaggio attrezzato con inclinometro e piezometro
- 1992: realizzazione di altri sondaggi e relativa perizia (Regione Piemonte – Serv. OO.PP. e Difesa del Suolo)
- 1998: vengono trasmessi al Comune di Cavagnolo i dati relativi alle letture inclinometriche del periodo 1996 –1997 (Regione Piemonte – Settore Progettazione Interventi Geologico-tecnici e Sismico)
- 1998-2007: idem c.s. da Regione e Arpa

Come detto in precedenza, a partire dal 1998 è in atto una campagna di monitoraggio, basata sulla raccolta e il confronto dei dati forniti dai tre inclinometri installati nell'area.

Le operazioni di monitoraggio, inizialmente a carico del Settore Progettazione Interventi Geologico-tecnici e Sismico della Regione Piemonte, sono ora gestite dall'ARPA Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale).

L'ubicazione dei sondaggi attrezzati con inclinometro (SGR1, SGR2, SGR3) è riportata nell'allegato n.2; per quanto riguarda i dati relativi al monitoraggio si rimanda alla documentazione disponibile presso il Comune di Cavagnolo. Si fa notare che a partire dal mese di maggio del 2006 non sono più disponibili dati relativi all'inclinometro SGR2, in quanto ad oggi quest'opera risulta inaccessibile, poichè ricoperta da materiale edile.

Dall'analisi della documentazione sopra citata e della banca dati geologica (B.D.G) è stato possibile ricavare i seguenti dati tecnici relativi al dissesto:

- Il dissesto che ha coinvolto un edificio e la S.P. n°106, viene classificato come "smottamento" o "colamento" (nell'Archivio Processi-Effetti della B.D.G è invece classificato come scivolamento rotazionale coinvolgente il substrato).
- Si ha notizia di un evento ("collasso") nel 1900 (la data riportata dall'Archivio Processi-Effetti della B.D.G potrebbe esser errata, e da riferirsi in realtà all'evento del 1897 sopra descritto)
- Successive riattivazioni si sono verificate nel 1969, 1982, 1991 e 1993. Attualmente non si osservano indizi significativi di riattivazione, né il fenomeno sembra essersi propagato ad aree circostanti.
- La stratigrafia locale, evidenziata dai sondaggi a carotaggio continuo del 1989 e 1992, è caratterizzata da circa 9-12 m di depositi argilloso-limosi di colore nocciola, bruno o ocra, con intercalazioni sabbiose centimetriche, alla base dei quali si osserva la presenza di marne compatte riferibili alla verosimilmente formazione di Antognola.
- Dalle prove di laboratorio su campioni prelevati nei primi metri dal p.c., evidenziano che si tratta di un'argilla limosa con angolo di attrito interno di circa 15°.



- La soggiacenza media della falda freatica, misurata all'interno delle opere di monitoraggio tra il 1996 e il 2004, è di 12 m nel piezometro SGR1, 12,8 nel piezometro SGR2 e 3,3 m nel piezometro SGR3.
- Secondo Di Gioia (2003) il piano di scivolamento si colloca a circa 8 m di profondità a monte della S.P. 106 e 11-12 metri a valle di questa; si presume però che non vi sia un unico piano di scivolamento. Ci sono stati forniti da ARPA Piemonte i dati relativi alle misure, realizzate tra il 26/05/2004 e il 29/3/2007, in corrispondenza agli inclinometri S3 e S3. Dall'osservazione di tali ultimi dati si evince che le superfici di scivolamento principali, in corrispondenza all'inclinometro S3, risultano poste ad una profondità inferiore ai 6 m; per quanto riguarda l'inclinometro S1, la superficie di scivolamento appare impostata intorno alla profondità di circa 10 m.

La presente e le restanti zone urbanizzate sottoposte a rischio di dissesti di versante sono identificate nell'allegato 4 e sono sinteticamente tabellate nell'elenco di edificati inseriti in classe IIIb che si allega.

2.2 - VERIFICHE DEI DISSESTI CONNESSI ALLA RETE IDROGRAFICA

Un differente tipo di aree dissestate è rappresentato dalle zone inondabili dall'acqua del Fiume Po, dei T. Trincavenna e Rio Santa Fede e dei rii secondari. In tali ambiti sono stati cartografati dissesti lineari o areali di tipo Ee, Eb e Em.

Il canale Gazzelli essendo un canale artificiale per definizione presenta sezioni d'alveo progettate per contenere la portata imposta alla presa a mezzo di bocca tassata; le minime criticità connesse ad esso non sono di tipo idraulico quanto funzionale, e per la loro risoluzione sono state espresse in relazione specifiche indicazioni e fasce di rispetto.

Nella relazione geologica generale è stato ricostruito, sulla base dei dati disponibili, il quadro dei dissesti legati alle varie alluvioni che si sono susseguite; ad esso si rimanda per ogni approfondimento. E' potenzialmente esondabile, e le passate alluvioni lo hanno dimostrato soprattutto lungo il Po, buona parte dei fondi citati vallivi: gli eventi alluvionali, legati comunque a fortissime precipitazioni piovose, possono essere di diversa intensità ed interessare aree più o meno vaste in funzione del tempo di ritorno e in funzione di locali ostruzioni per accumulo di detriti.

Le situazioni di maggiore criticità, oltre che nella zona golenale di Po, si riscontra lungo il Rio Trincavenna ed il Rio Santa Fede; i punti più critici sono quelli in sinistra idrografica del Trincavenna all'altezza del Ponte per Brusasco ove un'estesa area urbanizzata in area di pertinenza torrentizia viene esondata già con tempo di ritorno ventennale (cfr. relazione geologica e studio idraulico). Altri settori critici analoghi si riferiscono a edifici posti in posizione ravvicinata al corso d'acqua nel tratto verso Brozolo.

Il fondovalle del Rio Santa Fede può essere esondato, localmente anche estesamente, ed i maggiori effetti si individuano presso la confluenza con il Trincavenna. L'analisi idraulica ha portato alla perimetrazione cautelativa del fondovalle prevedendo un'ulteriore fascia di inedificabilità al fine di prevenire dinamiche di esondazione anomale, tenuto conto della franosità dei versanti bordanti i bacini.

Spesso, in caso di forti piogge, possono verificarsi locali allagamenti nella parte più depressa del fondovalle principale o delle vallecicole in esso affluenti, solo perché gli alvei dei torrenti e dei rii sono per lo più molto ristretti e invasi da vegetazione arborea od arbustiva. Tali allagamenti potrebbero essere evitati mantenendo una maggiore pulizia delle sponde e dell'alveo di questi corsi d'acqua.

In caso di precipitazioni di intensità e durata anomala, possono invece verificarsi piene eccezionali, accompagnate da esondazioni di intensità proporzionale alla portata dei corsi d'acqua. In questo caso, che si verifica con frequenza piuttosto bassa, gran parte dell'area costituente i fondi vallivi, specie in presenza di ostacoli morfologici, opere e mancata manutenzione, è destinata ad essere inondata direttamente o a divenire zona di ristagno d'acqua.



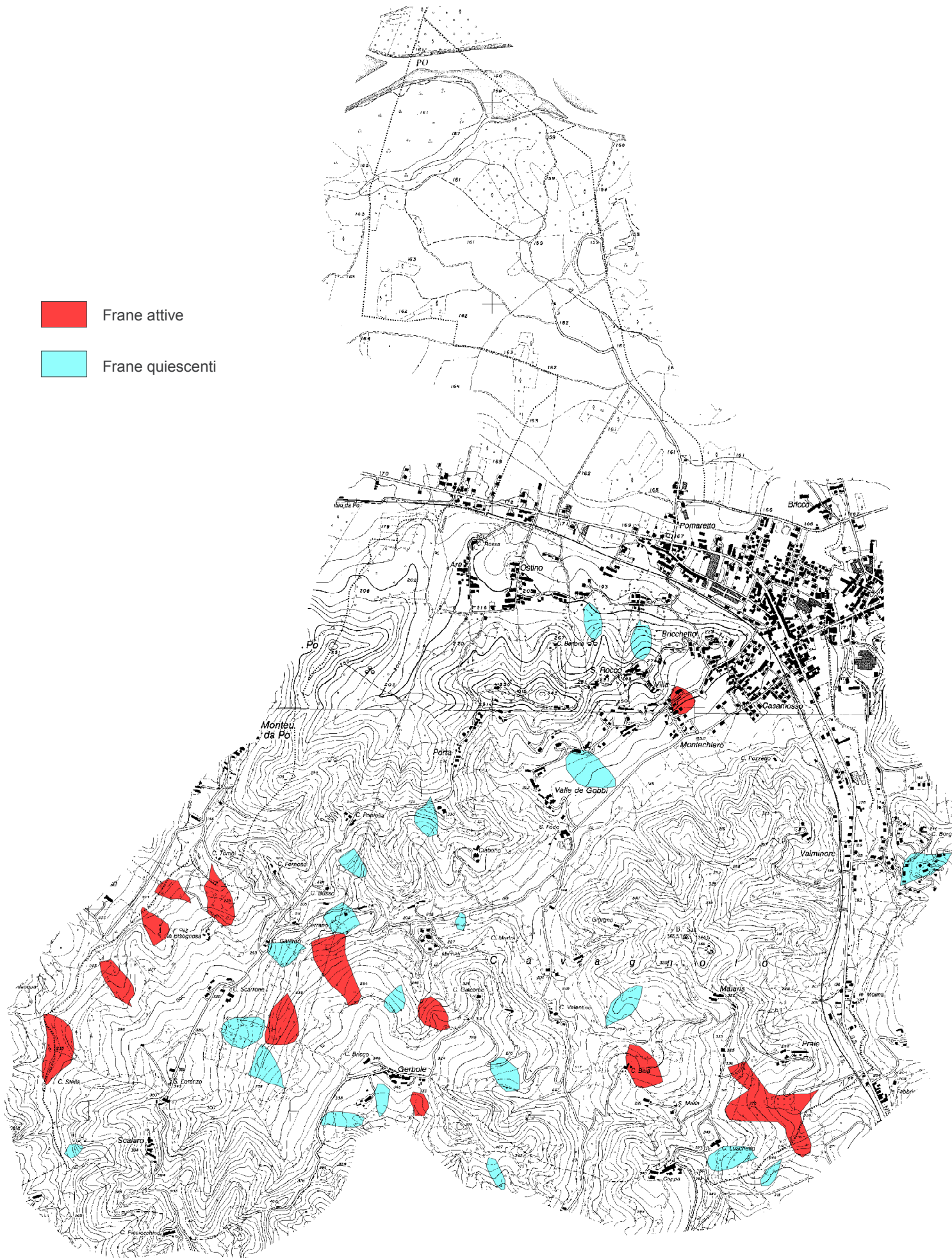
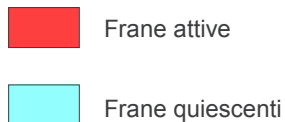
In queste occasioni può assumere notevole importanza l'acqua convogliata dai rii secondari che, provenendo dai fianchi collinari può invadere ed allagare zone vallive leggermente più elevate, di norma non alluvionabili da parte dei rii principali.

In conclusione, non tutte le aree segnate come inondabili sulla carta di cui all'All. 1 presentano lo stesso grado di rischio di fronte ad uno stesso evento alluvionale.

Eventi piovosi di intensità più forte in una zona ristretta dei bacini di alimentazione dei rii può provocare onde di piena locali che esplicano la loro azione su tratti limitati dei corsi d'acqua, e quindi su una ristretta fascia di fondovalle.

Occorre aggiungere ancora che spesso le aree vengono allagate con intensità diversa da quello che farebbe presupporre l'assetto morfologico delle zone pianeggianti, e questo a causa della presenza di rilevati stradali e ponti con luce insufficiente a smaltire le maggiori onde di piena.

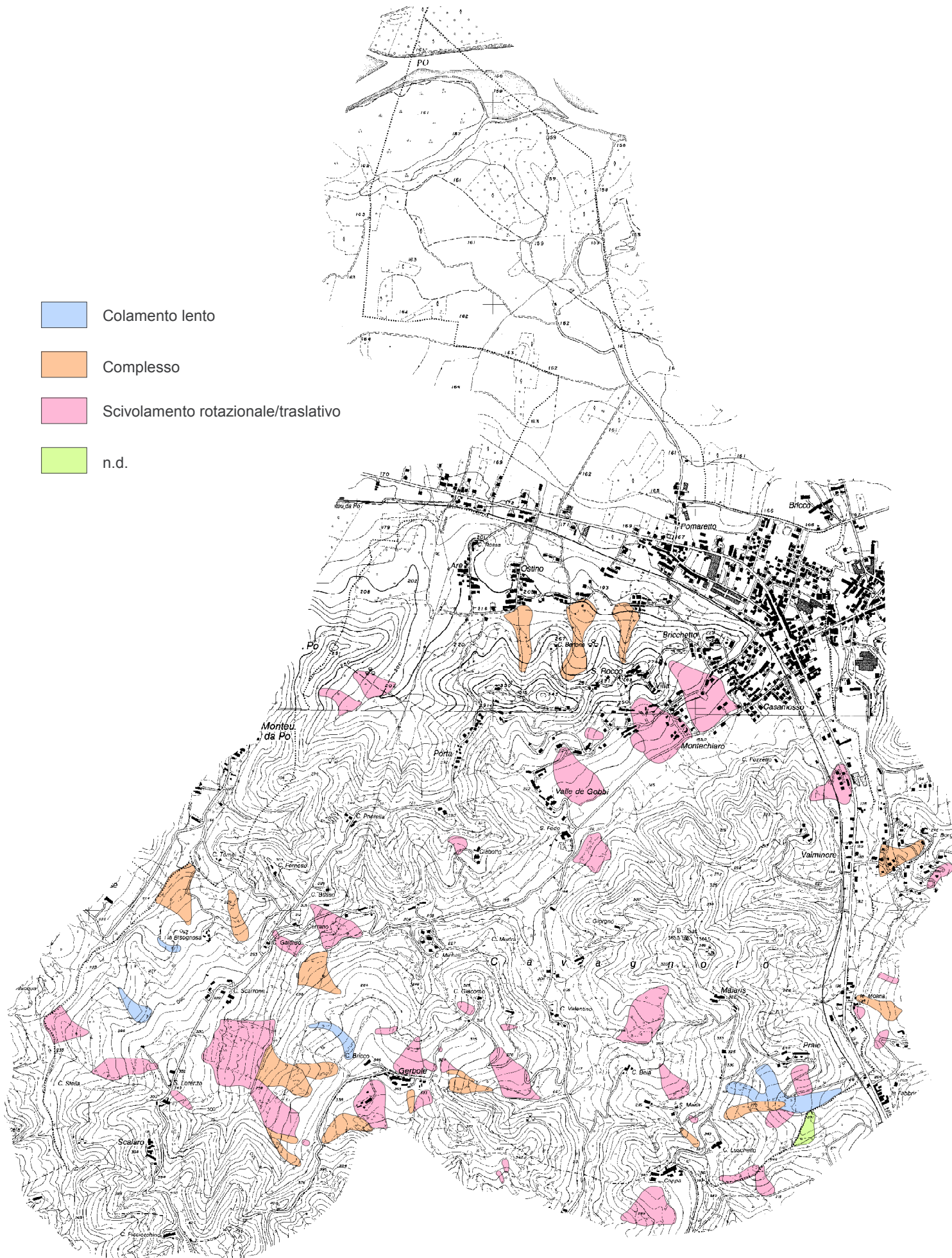
Nell'esaminare questo fenomeno è d'uopo precisare che nelle aree alluvionabili poste ad una certa distanza dall'asta del corso d'acqua, la quota sul piano campagna che il corso d'acqua raggiunge in occasione di alluvioni eccezionali, è sempre piuttosto limitata, per cui può essere sufficiente, per evitare gravi danni, costruire gli edifici su rilevati artificiali o adottando tipologie tipo "Piloti" o sopraelevazioni.



studiosassone
 GEOINGEGNERIA AMBIENTALE MINERARIA
 strada boccardo, 2 - 10020 casalborgone (TO) tel./fax 011.917.46.14

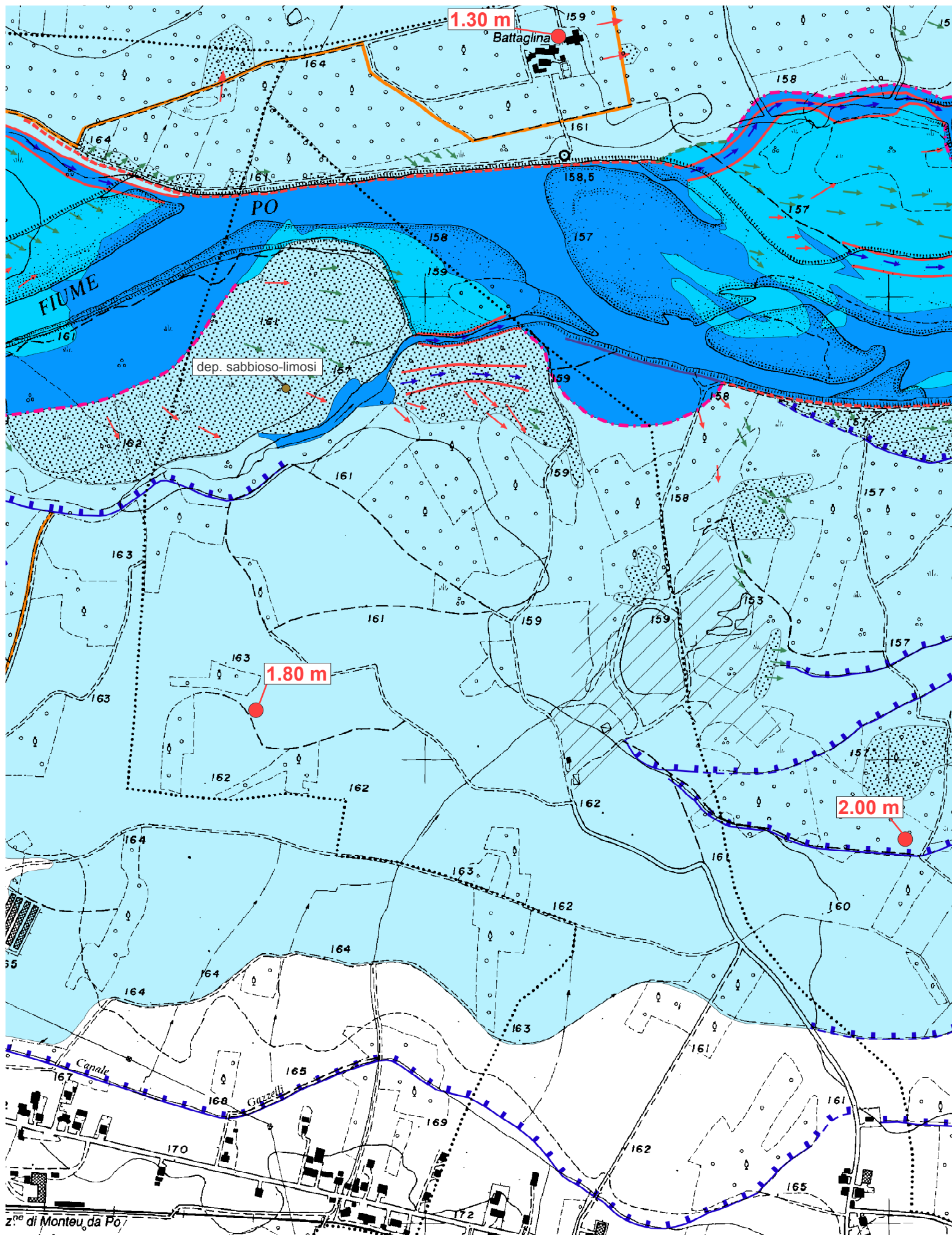
CARTA DELLE FRANE
BANCA DATI GEOLOGICA
 fonte webgis ARPA Piemonte

-  Colamento lento
-  Complesso
-  Scivolamento rotazionale/traslattivo
-  n.d.



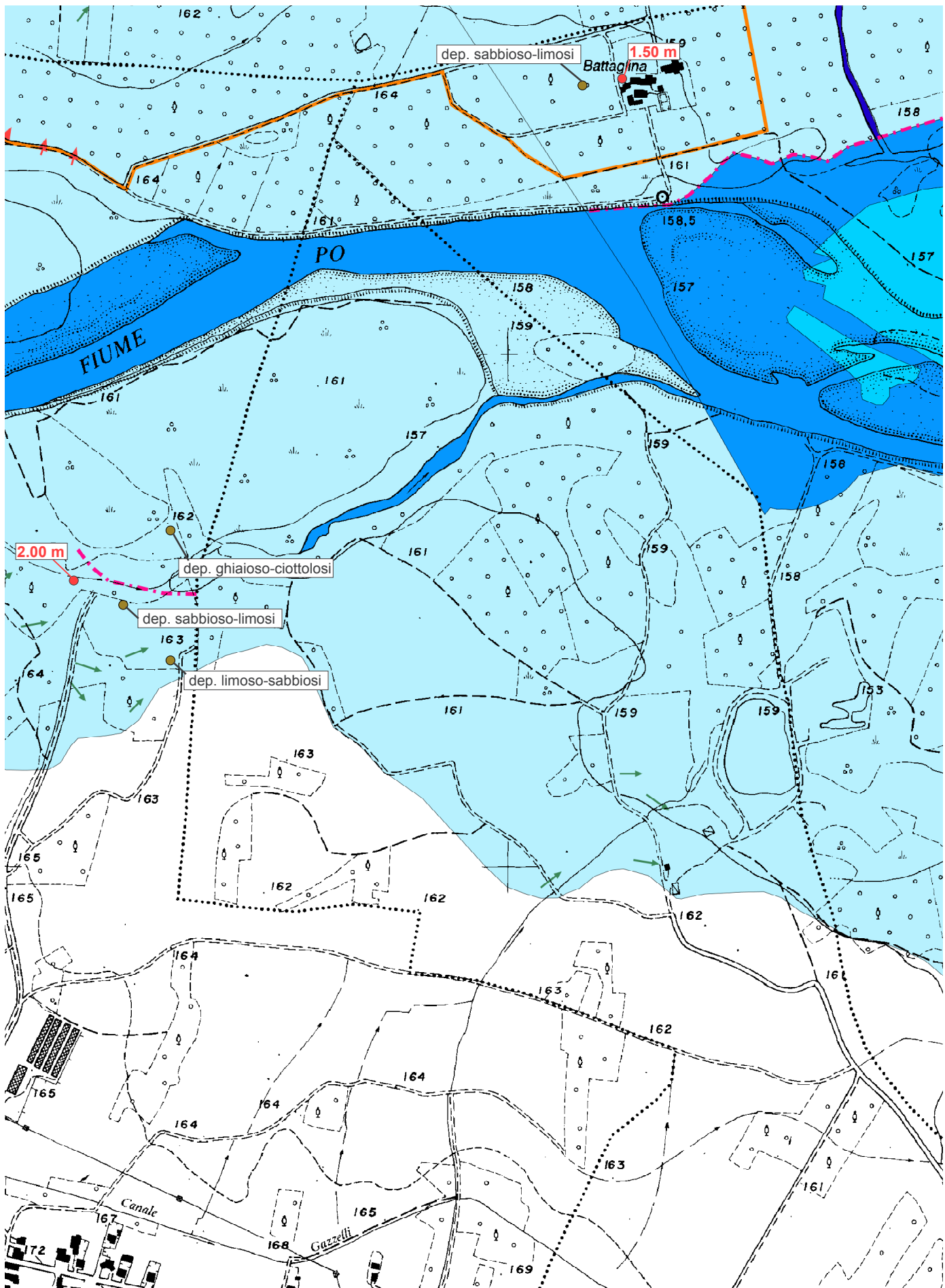
studiosassone
 GEOINGEGNERIA AMBIENTALE MINERARIA
 strada boccardo, 2 - 10020 casalborgone (TO) tel./fax 011.917.46.14

CARTA DELLE FRANE
I.F.F.I.
 fonte webgis ARPA Piemonte



studiosassone
 GEOINGEGNERIA AMBIENTALE MINERARIA
 strada boccardo, 2 - 10020 casalborgone (TO) tel./fax 011.917.46.14

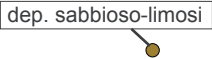
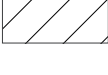
**CARTA DEL DISSESTO
 ALLUVIONE 1994**
 fonte webgis ARPA Piemonte



studiosassone
 GEOINGEGNERIA AMBIENTALE MINERARIA
 strada boccardo, 2 - 10020 casalborgone (TO) tel./fax 011.917.46.14

**CARTA DEL DISSESTO
 ALLUVIONE 2000**
 fonte webgis ARPA Piemonte

LEGENDA CARTA DEL DISSESTO ALLUVIONALE 1994 E 2000

	caratteristica granulometrica del materiale depositato
	altezza idrometrica massima durante l'evento di piena
	pronunciata erosione della sponda
	sponda preesistente, talora parzialmente modellata
	forma fluviale relitta tratto non inciso
	forma fluviale relitta tratto inciso
	difesa spondale danneggiata o distrutta
	rotte arginali
	difesa spondale
	argine
	Direzione di deflusso all'interno del canale di erosione
	Disposizione dei sedimenti, verso di abbattimento della vegetazione
	Solco di erosione
	canale di erosione
	area caratterizzata da intensa mobilitazione dei sedimenti e principali forme deposizionali
	porzioni non occupate dall'acqua al momento della ripresa aerea
	presenza dell'acqua entro il canale di deflusso principale al momento delle riprese aeree del 12-29/11/1994
	aree prossime al corso d'acqua soggette ad attivita` estrattiva che ha determinato la modificazione dell'originaria morfologia
	area inondata per apporto del corso d'acqua principale



www.studiosassone.it

studiosassone
 GEOINGEGNERIA AMBIENTALE MINERARIA
 strada boccardo, 2 - 10020 casalborgone (TO) tel./fax 011.917.46.14



3 - CONCLUSIONI

L'analisi idraulica su base geomorfologica, associata ai dati geomorfologici disponibili dai precedenti studi, alle verifiche idrauliche eseguite ed ai nuovi controlli geomorfologici eseguiti, ha portato alla redazione di una serie di elaborati cartografici su base Carta Tecnica Regionale, nel quale vengono perimetrate in modo preciso le aree in dissesto (aree con pericolosità molto elevata o elevata) e le aree in frana (cfr. All.1).

In sintesi è possibile affermare che le verifiche condotte hanno – in generale – confermato solo in parte la compatibilità del quadro previsionale e vincolistico di PRG vigente, consentendo di definire come esaustiva e cautelativa la classificazione su base geologico-tecnica del territorio riportata all'“All.4-Carta di Sintesi”.

Lo studio ha evidenziato la necessità di prevedere un piano di manutenzione ordinaria da parte degli Enti competenti con contenimento della vegetazione localmente presente sui terreni demaniali e di effettuare locali interventi integrativi di sistemazione e difesa sul T. Trincavenna, rio Santa Fede, specie in corrispondenza di settori edificati attraversamenti o ponti; tali interventi di difesa dovrebbero essere inquadrati nell'ambito di uno studio di bacino ed essere volti alla difesa, per quanto possibile e conveniente, dei terreni in fregio al corso d'acqua.

Per quanto riguarda i dissesti di versante, sostanzialmente le perimetrazioni indicate nella BDG nel P.R.G. vigente concordano, in quanto a localizzazione dei dissesti, con quelle riscontrate nello studio geologico di variante. Tuttavia si è tentato di cartografare con la maggiore precisione possibile ogni dissesto, perimetrandolo in modo cautelativo specie ove le segnalazioni di letteratura risultano discordanti.

Alla luce degli approfondimenti condotti, in sede di verifica di compatibilità dello strumento urbanistico al PAI, è possibile affermare che le risultanze emerse, compendiate negli elaborati geologico-tecnici risultano aggiornare in modo esaustivo e preciso il quadro di dissesto, consentendo di utilizzare il presente studio come sostitutivo, a tutti gli effetti, del PAI.

Le varianti di Piano future dovranno pertanto tenere conto del nuovo quadro del dissesto individuato e conformarsi ad esso per quanto riguarda l'individuazione di nuove espansioni.

Si ribadisce, al fine della riduzione della pericolosità idraulica nei confronti delle infrastrutture pubbliche e private, l'esigenza di provvedere da parte della Pubblica Amministrazione ad un adeguato piano di manutenzione dei rii minori e dei corsi d'acqua pubblica ed in particolare del Torrente Trincavenna e del Rio di Santa Fede.



II- STUDI IDRAULICI APPROFONDITI DI ALCUNI TRATTI DELLA RETE IDROGRAFICA MINORE (RIO SANTA FEDE, T. TRINCAVENNA, CANALE GAZZELLI)

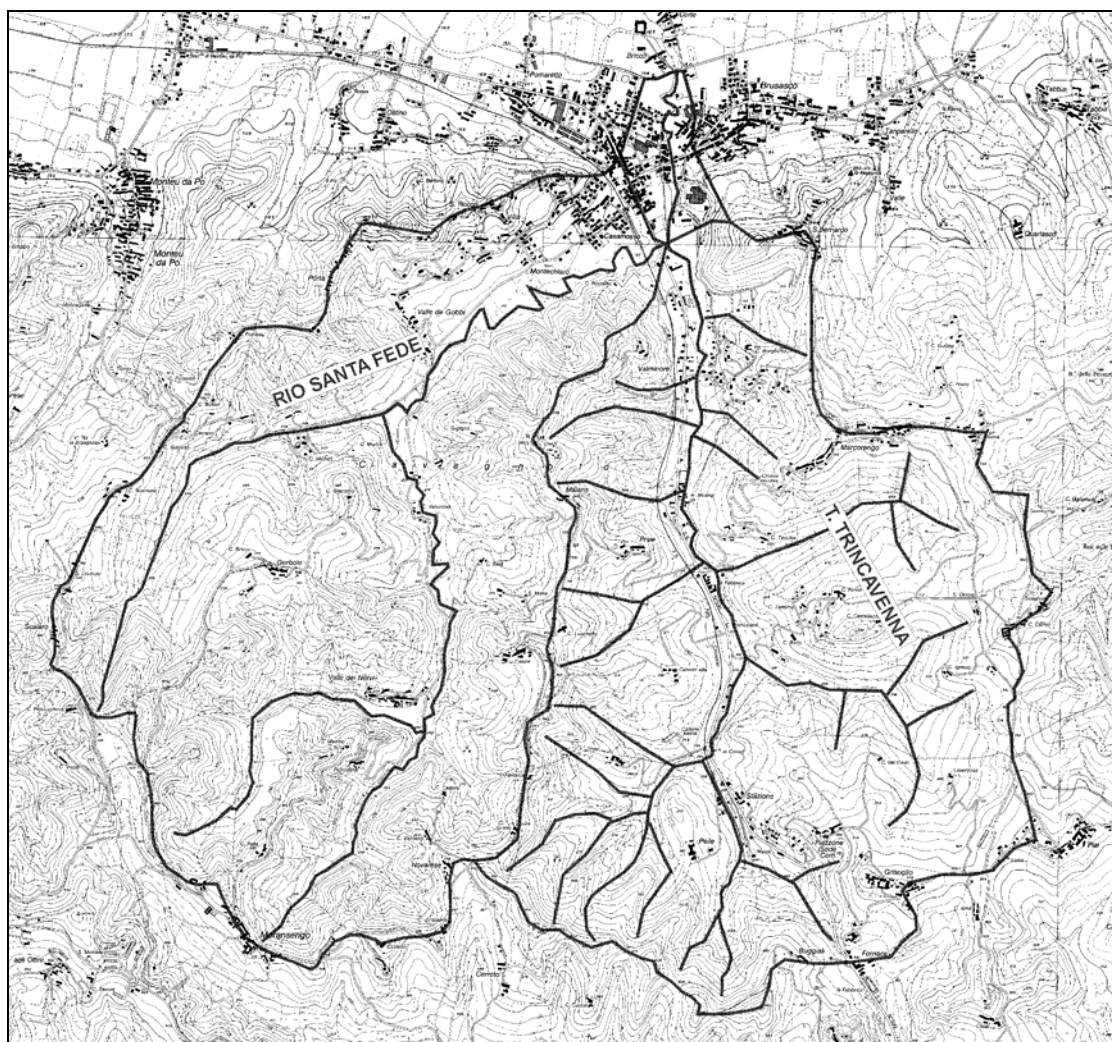
1 - RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Viene illustrata a seguire la metodologia adottata ed il procedimento seguito per la realizzazione dello studio di dettaglio idrologico e di simulazione delle piene sul T. Trincavenna e Rio Santa Fede (discorso a parte a seguire per il Canale Gazzelli).

La metodologia utilizzata nel presente studio è quella riportata nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" (Allegato 1 del PAI) pubblicato sul "Bollettino ufficiale della regione Piemonte - Parte I e II" (Supplemento al numero 30 - 25 luglio 2002).

In particolare le verifiche idrauliche ed i rilievi svolti costituiscono il supporto per la determinazione delle fasce di esondabilità del fondovalle in sede di adeguamento al PAI dello strumento urbanistico comunale.

In particolare si sono considerate più sezioni di chiusura e l'interazione Trincavenna-Santa Fede. I sottobacini individuati vengono riportati nella planimetria esplicativa allegata.



Bacino del T. Trincavenna e Rio Santa Fede.

Le sezioni di chiusura per la verifica sono: confluenza Rio Santa Fede nel T. Trincavenna e ponte campo sportivo di Cavagnolo.



1.1 - CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO E DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE

Le caratteristiche morfometriche comprendono i caratteri geometrici di superficie e di altitudine del bacino in esame. Nella seguente Tabella sono sintetizzate le caratteristiche determinate per i diversi sottobacini considerati.

	T. TRINCAVENNA (confl. Santa Feđe)	RIO SANTA FEDE	BACINO TOTALE (Trincavenna + SantaFeđe)
Area (km2)	8,70	8,66	17,69
Lunghezza (Km)	4,61	6,41	6,41
h_{max} (m)	435	450	450
h_{min} (m)	170,5	170,5	163,4
h_{med}	281	287,75	284,2

Caratteristiche morfometriche

Sulla base di tali caratteristiche è stato definito il tempo di corrivazione (o tempo di ritardo), per il tratto di bacino corrispondente alla sezione di chiusura, quale parametro indispensabile per le successive valutazioni idrologiche.

Per il calcolo del tempo di corrivazione (t_c) è stato utilizzato il metodo di Giandotti. La direttiva evidenzia che le formulazioni di letteratura presentano delle limitazioni in termini di precisione e suggerisce di riferirsi a quella più semplice, usabile ed utilizzata, appunto quella di Giandotti. La tipica formulazione di Giandotti è riportata di seguito:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione (ore);

A = area del bacino (km²);

L = lunghezza dell'asta principale (km);

H = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m).

Il diversi tempi di corrivazione sono i seguenti:

	T. TRINCAVENNA (confl. Santa Feđe)	RIO SANTA FEDE	BACINO TOTALE (Trincavenna + SantaFeđe)
T_c	2,23	2,47	3,01

1.2 - DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE E PORTATE DI PROGETTO MEDIANTE L'UTILIZZO DEI PARAMETRI A E N FORNITI DAL P.A.I.

La determinazione delle portate affluenti ad una determinata sezione di chiusura, in assenza di una serie storica di misure dirette su sezioni strumentate con idrometro, deve necessariamente passare attraverso metodi indiretti, che consentono di ottenere i valori della lama d'acqua defluita in funzione delle precipitazioni affluite al bacino preso in considerazione.

Pertanto, prima di determinare i valori di portata è stato necessario determinare i valori di altezza di precipitazione, procedimento effettuato sfruttando le metodologie e i dati contenuti nella "Direttiva Piena di Progetto" dell'Autorità di Bacino.

Per la suddetta direttiva la previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.



Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

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

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Per determinare tali parametri sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nella stazioni di misura è stata effettuata sfruttando la legge del valore estremo del primo tipo, sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

Tale metodologia è quella riportata nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" (Allegato 1 del PAI) pubblicato sul "Bollettino ufficiale della regione Piemonte - Parte I e II" (Supplemento al numero 30 - 25 luglio 2002).

	T. TRINCAVENNA (confl. Santa Fe de)	RIO SANTA FEDE	BACINO TOTALE (Trincavenna + SantaFe de)
a_{20}	53,27	53,64	53,41
n_{20}	0,234	0,231	0,233
a_{100}	70,74	71,18	70,88
n_{100}	0,222	0,217	0,22
a_{200}	78,22	78,7	78,38
n_{200}	0,218	0,214	0,216
a_{500}	88,06	88,58	88,22
n_{500}	0,214	0,209	0,212
h_{20}	64,235	66,093	69,028
h_{100}	84,486	86,602	90,305
h_{200}	93,121	95,492	99,421
h_{500}	104,5	106,995	111,411

1.3 - METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI DEFLUSSI DEL BACINO

In assenza di stazioni di misura dirette di tale portata, è stato necessario adottare dei procedimenti indiretti che, partendo dalla valutazione degli afflussi, attraverso l'uso di formule empiriche, consentono di determinare i relativi deflussi caratteristici del bacino in esame.

Nel caso in esame, sono stati confrontati i valori di portata forniti dal metodo cinematico o razionale, basato sulle caratteristiche fisiografiche del bacino, sul suo tempo di corrivazione, sulla natura litologica dei terreni e sulle caratteristiche pluviometriche. I tempi di corrivazione sono stati calcolati in precedenza.



Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,2	0,1
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,4	0,3
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,5	0,4

Valori del coefficiente di deflusso

Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente di deflusso, che risulta essere l'elemento con maggiore "sensibilità", le caratteristiche di permeabilità e di uso del suolo del bacino inducono ad attribuire un valore pari a **0,5**, in analogia con quanto riportato nella direttiva PAI che fa riferimento ai dati raccomandati da *Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964*.

Il valore scelto risulta peraltro coerente con il contesto territoriale locale, debolmente antropizzato con presenza di boschi su ampie superfici del bacino, di colture e prati verso il fondovalle, caratterizzato da terreni di natura marnoso-argillosa, talvolta arenacea, e da pendenze modeste. Tali fattori associati alla conoscenza diretta da parte dello scrivente dei terreni in oggetto, con substrato caratterizzato da scarsa permeabilità ricoperto da suoli con caratteristiche di infiltrazione medio-basse, hanno portato alla caratterizzazione del coefficiente di deflusso.

Il calcolo delle portate di massima piena si basa sulla stima del tempo di corrivazione **T_c**.

Per tempo di corrivazione si intende il tempo necessario perché le acque di afflusso meteorico raggiungano la sezione di chiusura del bacino, rispetto alla quale viene eseguito il calcolo della portata di massima piena, partendo dai punti più lontani dello stesso bacino imbrifero.

Il parametro **T_c** è una costante per ogni bacino, in quanto funzione della morfologia, della litologia e della copertura vegetale.

Come già visto in precedenza, il metodo di calcolo del **T_c** utilizzato è quello di Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A}}{0,8 \times \sqrt{H_m - H_0}} + \frac{1,5 \times L}{\sqrt{H_m - H_0}}$$

dove:

A (km²) = superficie del bacino

L (km) = lunghezza asta principale

H_m (m s.l.m.) = altezza media del bacino sul livello del mare

H₀ (m s.l.m.) = altezza della sezione di chiusura del bacino sul livello del mare

1.4 - DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

Ottenuto il valore di **T_c** è possibile considerare la valutazione delle portate di massima piena al colmo. Il primo dato che è stato ricavato è l'altezza di afflusso meteorico (h) per un tempo di ritorno fissato, corrispondente a una durata uguale al tempo di corrivazione.

Il valore di h ricavato va quindi introdotto in una delle formule di valutazione della portata disponibili in letteratura.

Si può utilizzare la seguente formula:

Formula del metodo razionale (da D. Turazza)

$$Q = \frac{C_d \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot T_c}$$

in cui:



C_d = coefficiente di deflusso

h = altezza raggiagliata (pari all'altezza di precipitazione relativa al tempo di corrivazione, per assegnato tempo di ritorno)

A = superficie del bacino

T_c = tempo di corrivazione

	T. TRINCAVENNA (confl. Santa Fede)	RIO SANTA FEDE	BACINO TOTALE (Trincavenna + SantaFede)
Q_{20}	34,88	32,20	56,40
Q_{100}	45,88	42,19	73,79
Q_{200}	50,57	46,52	81,24
Q_{500}	56,74	52,13	91,03



2 - RELAZIONE IDRAULICA

Nella presente trattazione si forniscono le simulazioni svolte su basi teoriche e le conseguenti risultanze che ne derivano per la corretta ricalibratura delle sezioni di deflusso.

In sede di progetto preliminare si erano eseguite simulazioni puntuali mediante verifiche in condizioni di moto uniforme delle sezioni di progetto più significative.

Sulla base di un primo dimensionamento si è proceduto ad analisi più approfondite, bi e tridimensionali in moto permanente secondo il codice HEC-RAS, mediante le quali si è affinato il modello idraulico e si sono dimensionati, rispettando il franco di sicurezza ai sensi di legge, i manufatti in progetto.

2.1 - VERIFICHE IDRAULICHE: TEORIA DI CALCOLO E RISULTANZE

Al fine di verificare l'efficienza delle opere idrauliche in progetto sono state svolte alcune verifiche idrauliche in regime di moto permanente utilizzando il software HEC-RAS. In particolare si sono stabilite le facce di esondabilità per eventi dai differenti tempi di ritorno aventi le portate in precedenza calcolate.

2.1.1 - Premessa

Il programma HEC-RAS, realizzato dall'Hydrologic Engineering Center di Davis, California (US Army Corps of Engineering), rappresenta l'ultima evoluzione del codice di calcolo HEC-2 per la simulazione di correnti in moto stazionario. La versione utilizzata è quella freeware reperibile sul sito del US Army vers. 3.1.3 del maggio 2005.

HEC-RAS consente di calcolare il profilo idraulico di moto stazionario, in alveo non prismatico a fondo fisso, per una qualsiasi rete idrografica a pelo libero (asta fluviale, reti di irrigazione, sistemi idrografici ramificati), nell'ipotesi di flusso omogeneo e monodimensionale. Il programma è in grado di simulare condizioni di corrente lenta, veloce nonché regimi misti. E' possibile tenere conto di:

- portate laterali;
- nodi idraulici (confluenze, biforcazioni);
- alvei e aree golenali con diverso sviluppo longitudinale;
- casse di espansione;
- ponti;
- pile di ponti con geometria variabile;
- tombini;
- traverse fluviali;
- soglie di fondo;
- arginature;
- perdite di carico concentrate.

L'algoritmo di calcolo è basato sulla soluzione dell'equazione di bilancio energetico tra sezioni contigue. Le perdite di carico vengono valutate in base alla scabrezza (coefficiente di Manning) e ad un fattore di contrazione/espansione che tiene conto delle variazioni della sezione di deflusso.

Gli effetti localizzati che determinano rapide variazioni del profilo idraulico quali fenomeni di risalto idraulico, confluenze di corsi d'acqua, ponti, etc., vengono invece simulati mediante applicazione dell'equazione di conservazione della quantità di moto.

I risultati delle simulazioni possono essere restituiti sia sotto forma di grafici che di tabulati, permettendo un confronto semplice ed immediato di soluzioni progettuali alternative o dei risultati ottenuti per differenti ipotesi di calcolo (es. portate con tempi di ritorno diversi). Per ogni sezione di calcolo il programma determina il valore di numerose grandezze tra cui le principali sono:

- | | |
|--|-----------|
| • livello idrico | [m s.m.]; |
| • livello idrico in condizioni di corrente critica | [m s.m.]; |
| • velocità della corrente in alveo | [m/s]; |
| • velocità della corrente nelle golene (dx/sx) | [m/s]; |
| • carico cinetico | [m]; |



- carico totale [m s.m.];
- area della sezione di deflusso [m²];
- larghezza pelo libero [m];
- profondità media della corrente [m];
- velocità media della corrente [m/s];
- sviluppo del contorno bagnato [m];
- conveyance [m³/s];
- gradiente idraulico [m/m];
- numero di Froude;
- distribuzione della portata tra alveo e golene.

Il codice di calcolo HEC-RAS può essere utilizzato esprimendo i dati sia in unità del sistema internazionale (metrico), che secondo il sistema anglosassone.

2.1.2 - Dati Di Input

Per semplificare l'utilizzo del programma l'input dei dati è organizzato secondo una struttura a moduli:

- geometria della rete idrografica;
- dati di portata e condizioni al contorno;
- metodo di calcolo.

2.1.3 - Geometria Della Rete Idrografica

La geometria del sistema idrografico viene definita mediante:

- schema planimetrico della rete;
- sezioni trasversali;
- strutture (es. ponti, tombini, etc.).

Ciascuno dei tronchi in cui è schematizzata la rete idrografica viene caratterizzato mediante una serie di sezioni trasversali definite per punti.

Per ogni sezione sono introdotti i dati riguardanti la geometria delle sezioni e del corso d'acqua in generale (geometria delle sezioni trasversali, distanze tra le sezioni in alveo, golena destra e golena sinistra, quote), le scabrezze espresse tramite il coefficiente di Manning's. I dati relativi alla geometria si concludono con l'inserimento di eventuali argini e delle zone non contribuenti al deflusso (si tratta di aree che possono essere allagate ma che non contribuiscono al deflusso delle portate: es. casse di espansione).

Nel caso di confluenza tra due corsi d'acqua il programma consente di scegliere, per il calcolo, tra l'equazione di bilancio energetico oppure l'impiego dell'equazione di conservazione della quantità di moto (in tal caso è possibile tenere conto dell'angolo di confluenza formato dai due corsi d'acqua).

La geometria della rete idrografica è completata con la definizione delle eventuali strutture presenti rappresentate da ponti o tombini.

Per poter definire l'influenza di una struttura di attraversamento del corso d'acqua sui livelli idrici e sulla distribuzione delle velocità è necessario, per ogni struttura, inserire due sezioni trasversali localizzate: la prima immediatamente a monte e la seconda subito a valle dell'opera. Il programma permette di definire l'ingombro dell'impalcato, delle spalle e delle pile, qualunque sia la loro geometria.

L'effetto indotto dalla presenza di un ponte può essere valutato mediante: a) bilancio energetico, b) equazione di conservazione della quantità di moto, c) formula di Yarnell.

Il programma consente un confronto tra i risultati dei tre metodi ed eventualmente l'assunzione del criterio più cautelativo.

2.1.4 - Dati Di Portata E Condizioni Al Contorno

Definiti i valori di portata nella sezione di monte di ciascuno dei rami in cui è stata suddivisa la rete idrografica devono essere indicate le condizioni al contorno che regolano il comportamento del sistema.



Per le sezioni di monte e di valle possono essere imposte le seguenti condizioni:

- livello noto;
- condizione critica di deflusso;
- altezza di moto uniforme;
- curva altezze/portate.

E' inoltre possibile introdurre condizioni al contorno interne al sistema quali variazioni di carico o di livello e dissipazioni di energia localizzate.

2.1.5 - Metodo Di Calcolo

Per il calcolo del profilo di corrente in moto stazionario il codice HEC-RAS utilizza un procedimento iterativo passo a passo basato sulla soluzione dell'equazione di bilancio energetico tra sezioni successive:

$$WS_2 + \frac{\alpha_1 * V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_2 * V_1^2}{2g} + h_e$$

essendo:

WS₁ livello idrico sezione di valle;
WS₂ livello idrico sezione di monte;
V₁ velocità media sezione di valle;
V₂ velocità media sezione di monte;
α₁, α₂ coefficienti numerici di velocità;
g accelerazione di gravità;
h_e perdita di carico.

La perdita di carico tra due sezioni comprende una quota dovuta alla scabrezza del fondo ed una dovuta alla variazione della sezione trasversale di deflusso (contrazione/espansione), l'espressione che ne consente il calcolo risulta:

$$h_e = L \bar{S}_f + C * \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

essendo:

S_f gradiente idraulico tra le sezioni;
C coefficiente di contrazione/espansione;
L media pesata della distanza fra le sezioni;

dove:

$$L = \frac{L_{lob} * \bar{Q}_{lob} + L_{ch} * \bar{Q}_{ch} + L_{rob} * \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} distanza tra le due sezioni rispettivamente in golena sinistra, alveo e golena destra;

Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} media aritmetica delle portate defluite nelle due sezioni di golena sinistra, alveo e golena destra

mentre:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)$$

con:

Q₁, Q₂ portate;
K₁, K₂ conveyance totale.

2.1.6 - Coefficiente Di Velocità

Il coefficiente di velocità α viene calcolato, sulla base del valore di conveyance relativo a ciascuna delle componenti di portata in cui è suddivisa una sezione (golena sinistra, alveo, golena destra), mediante la successiva equazione:



$$\alpha = \frac{(A_t)^2 * \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

A_t area di deflusso totale della sezione;
 A_{lob}, A_{ch}, A_{rob} area di deflusso in golena sinistra, alveo e golena destra;
 K_t conveyance totale della sezione;
 K_{lob}, K_{ch}, K_{rob} componente di conveyance in golena sinistra, alveo e golena destra.

2.1.7 - Perdite Di Carico Dovute A Contrazione/Espansione Della Corrente

Le perdite di carico dovute alle variazioni di velocità della corrente, conseguenti a restringimenti o allargamenti delle sezioni trasversali lungo l'asta, vengono valutate secondo la formula:

$$h_o = C * \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove:

C coefficiente di contrazione/espansione.

Il programma assume come C il coefficiente di contrazione quando il carico cinetico della sezione di valle è superiore a quello della sezione di monte, il coefficiente di espansione in caso opposto.

Il coefficiente C, che rappresenta la quota di carico cinetico dissipata nel passaggio della corrente tra due sezioni, assume i valori indicati nella tabella seguente.

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione si sezione	0.0	0.0
Variazioni graduali	0.1	0.3
Restringimento dovuto ad un ponte	0.3	0.5
Brusche variazioni di sezione	0.6	0.8

Coefficienti di contrazione/espansione.

2.1.8 - Procedura Di Calcolo

Per il calcolo del profilo di piena in moto stazionario il codice HEC-RAS utilizza un procedimento di tipo iterativo che, nel caso di due generiche sezioni, può essere riassunto secondo i seguenti passi:

1. assunzione di un valore di altezza d'acqua nella sezione a monte o in quella a valle, a seconda che si tratti di un profilo di corrente lenta o veloce,
2. calcolo, sulla base dell'altezza d'acqua assunta, dei corrispondenti valori di carico cinematico e conveyance totale;
3. determinazione del gradiente idraulico $\hat{S}_f$ e delle perdite di carico totali che tra le due sezioni;
4. risoluzione dell'equazione di bilancio energetico, calcolo del valore di WS2;
5. confronto del valore WS2 calcolato con quello assunto al passo 1; ripetizione della sequenza di operazioni sino a quando l'errore rientra nel limite di tolleranza definito (0,003 m).

Il criterio utilizzato per l'assunzione di un valore di altezza d'acqua di tentativo varia nelle successive iterazioni. Nella prima iterazione viene assunto il valore definito per la sezione precedente, nella seconda viene assunto il valore calcolato, corretto in funzione dell'errore riscontrato:

$$WS_{nuovo} = WS_{assunto} + 0.70 * (WS_{calcolato} - WS_{assunto})$$



Nelle successive iterazioni, viene invece applicato il metodo della secante, espresso secondo l'equazione:

$$WS_I = WS_{I-2} - Err_{I-2} * Err_Assum / Err_Diff$$

dove:

WS_I	nuovo valore del livello idrico;
WS_{I-1}	valore di livello idrico assunto nell'iterazione precedente;
WS_{I-2}	valore di livello idrico assunto nella penultima iterazione;
Err_{I-2}	differenza tra il livello idrico calcolato e quello assunto nell'iterazione I-2;
Err_Assum	differenza tra i livelli idrici assunti nelle due iterazioni precedenti:
Err_Assum	$WS_{I-2} - WS_{I-1}$
Err_Diff	differenza tra il livello idrico assunto e quello calcolato nell'iterazione precedente, più l'errore definito nella penultima iterazione:
Err_Diff	$WS_{I-1} - WS_{CaI_{I-1}} + Err_{I-2}$

2.1.9 - Equazione Di Conservazione Della Quantità Di Moto

L'equazione di bilancio energetico vale soltanto quando si hanno variazioni graduali di corrente, in particolare, quando il profilo idraulico presenta una sezione caratterizzata da una profondità di corrente pari all'altezza critica, l'equazione di bilancio energetico non è più applicabile.

La presenza di una sezione con altezza critica d'acqua evidenzia una variazione rapida del moto, con passaggio da corrente lenta a veloce o viceversa. Ciò può verificarsi in numerose situazioni: a seguito di un cambiamento della pendenza di fondo dell'alveo, per la presenza di un restringimento in corrispondenza di un ponte, a causa della presenza di salti di fondo, o ancora in corrispondenza di una confluenza tra due corsi d'acqua.

L'equazione di conservazione della quantità di moto presenta la seguente espressione generale:

$$P_1 - P_2 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

dove:

P	forze dovute alla pressione idrostatica nelle sezioni 1 e 2;
W_x	forza peso nella direzione x;
F_f	forza di attrito tra le sezioni 1 e 2;
Q	portata;
ρ	densità dell'acqua;
ΔV_x	variazione di velocità tra le sezioni 1 e 2, nella direzione x

essendo:

$$P = \gamma A \hat{Y} \cos \theta$$

con:

γ	peso specifico dell'acqua;
A	area di deflusso;
$\hat{Y}$	profondità della corrente.

$$W_x = \gamma * \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) * L * \sin \theta$$

con:

L	distanza tra le due sezioni successive;
z_i	quota fondo della sezione i-esima.

$$\sin \theta = \frac{z_1 - z_2}{L}$$

$$F_f = \tau * \bar{P} L$$

con:

τ	tensione superficiale d'attrito;
$\bar{P}$	sviluppo medio del contorno bagnato nelle sezioni 1 e 2;

$$\tau = \gamma * R * S_f$$

dove: R = raggio idraulico;



S_f = gradiente idraulico.

2.1.10 - Effetti Indotti Sulla Corrente Dalla Presenza Di Un Ponte

Per la determinazione delle perdite di carico dovute alla presenza di un ponte, la routine di calcolo necessita della definizione di 4 sezioni di cui due a monte e due a valle, poste in entrambi i casi, una in prossimità dell'opera e l'altra ad una distanza sufficiente affinché la corrente non risenta della presenza del manufatto.

Il programma HEC-RAS consente di simulare il deflusso della piena o in condizione di corrente a pelo libero o in condizioni di corrente in pressione.

Nel caso in cui il deflusso della corrente attraverso il ponte sia a pelo libero, cioè l'acqua non lambisca l'intradosso del ponte, l'effetto indotto dalla presenza della struttura, in particolare pile e spalle, può essere valutato mediante i seguenti metodi:

- a1) bilancio energetico;
- a2) equazione di conservazione della quantità di moto;
- a3) formula di Yarnell.

Il programma consente un confronto tra i risultati ottenuti ed eventualmente l'assunzione del criterio più cautelativo.

2.1.11 - Bilancio energetico (1^a ipotesi)

Il ponte viene considerato alla stregua di una qualsiasi sezione trasversale del corso d'acqua: all'area utile di deflusso è sottratta la porzione delle pile e delle spalle che è sommersa; il contorno bagnato è incrementato della lunghezza di contatto tra acqua e struttura.

2.1.12 - Equazione di conservazione della quantità di moto

Tale metodo è basato sull'applicazione di un bilancio della quantità di moto tra la sezione immediatamente a monte e quella a valle del ponte (Figure 3-4). Viene definito il bilancio tra la sezione 2 e la sezione BD, all'interno del ponte, secondo l'equazione:

$$A_{BD} * \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} * Q_{BD}^2}{g * A_{BD}} = A_2 * \bar{Y}_2 - A_{p2} * \bar{Y}_{p2} + \frac{\beta_2 * Q_2^2}{g * A_2} + F_f - W_x$$

essendo:

- A_2, A_{BD} area di deflusso rispettivamente nelle sezioni 2 e BD;
- A_{p2} area ostruita dalle pile alla sezione di valle del ponte;
- Y_2, Y_{BD} profondità, rispetto al pelo libero del baricentro dell'area di deflusso A_2, A_{BD} ;
- Y_{p2} profondità rispetto al pelo libero del baricentro dell'area bagnata delle pile alla sezione di valle del ponte;
- β_2, β_{BD} coefficienti di velocità;
- Q_2, Q_{BD} portate;
- g accelerazione di gravità;
- F_f forza d'attrito;
- W_x forza peso nella direzione della corrente;

Si ripete il bilancio tra le sezioni all'interno del ponte:

$$A_{BU} * \bar{Y}_{BU} + \frac{\beta_{BU} * Q_{BU}^2}{g * A_{BU}} = A_{BD} * \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} * Q_{BD}^2}{G * A_{BD}} + F_f - W_x$$

FORMA DELLE PILE	C_D
Circolare	1.20
Allungata con estremità semicircolari	1.33
Ellittica (larghezza/lunghezza = 1/2)	0.60
Ellittica (larghezza/lunghezza = 1/4)	0.32
Ellittica (larghezza/lunghezza = 1/8)	0.29
Estremità quadrata	2.00



Estremità triangolare con angolo 30°	1.00
Estremità triangolare con angolo 60°	1.39
Estremità triangolare con angolo 90°	1.60
Estremità triangolare con angolo 120°	1.72

Equazione di conservazione della quantità di moto: coefficienti di forma delle pile.

2.1.13 - formula di Yarnell

Tale metodo consente di determinare, utilizzando un'equazione di tipo empirico, la differenza tra il livello di monte e quello di valle (sezioni 3 e 2, Figura 4). Viene utilizzata la seguente equazione, messa a punto sulla base di oltre 2600 esperimenti di laboratorio:

$$H_{3-2} = 2 * K * (K + 10\omega - 0.6) * (\alpha + 15 * \alpha^4) * \frac{V_2^2}{2g}$$

dove:

- H_{3-2} differenza di livello tra le sezioni 3 e 2,
 K coefficiente di forma delle pile, variabile da 0,90 per pile arrotondate a 1,25 per pile non arrotondate;
 ω rapporto tra carico cinetico e profondità d'acqua nella sezione 2;
 α rapporto tra area delle pile e area totale della sezione;
 V_2 velocità della corrente nella sezione 2.

Nel caso in cui la corrente interferisca con l'impalcato del ponte, il codice HEC-RAS permette di calcolare il profilo idraulico sia mediante l'equazione di bilancio energetico che tramite un metodo che procede alla suddivisione del deflusso in pressione e/o a superficie libera (stramazzo).

2.1.14 - Bilancio energetico (2ª ipotesi)

Il calcolo è analogo a quello condotto nel caso in cui la corrente non lambisca l'impalcato. Il ponte viene considerato alla stregua di una qualsiasi sezione trasversale del corso d'acqua: all'area utile di deflusso è sottratta la porzione delle pile, delle spalle ed eventualmente dell'impalcato che è sommersa; il contorno bagnato è incrementato della lunghezza di contatto tra acqua e struttura.

2.1.15 - Suddivisione del deflusso in pressione e/o a superficie libera (stramazzo)

Questa seconda schematizzazione consente di utilizzare due differenti algoritmi per il calcolo del deflusso in pressione e della portata che, eventualmente, tracima al di sopra dell'impalcato. Per il calcolo in pressione vengono ulteriormente distinte due situazioni differenti:

- I deflusso con solo imbocco del ponte sommerso;
- II deflusso con imbocco e sbocco sommersi.

Nel caso di imbocco sommerso la portata viene definita secondo l'equazione (FHWA, 1978):

$$Q = C_d * A_{BU} * \left[2g * \left(Y_3 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_3 * V_3^2}{2g} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- Q portata defluita attraverso la luce del ponte;
 C_d coefficiente di deflusso (in pressione), variabile tra 0.35 e 0.5;
 A_{BU} area utile di deflusso nella sezione di monte del ponte (BU);
 Y_3 altezza d'acqua a monte del ponte;
 Z differenza tra quota minima di intradosso e quota media del fondo alveo nella sezione di monte del ponte.

Nell'eventualità l'Imbocco e lo sbocco siano sommersi la portata in pressione viene calcolata secondo l'espressione:



$$Q = C * A * \sqrt{2 gH}$$

dove:

C coefficiente di deflusso in pressione (assume valori compresi tra 0.7 e 0.9);

H differenza tra carico totale a monte del ponte e pelo libero a valle,

La portata che tracima al di sopra del ponte, viene calcolata con l'espressione:

$$Q = C * A * \sqrt{2 gH}$$

dove:

Q portata defluita al di sopra dell'impalcato;

C coefficiente di deflusso (assume valori compresi tra 1.38 e 1.71);

L larghezza di sfioro;

H differenza tra carico totale a monte del ponte e quota di estradosso.

I valori della portata defluita in pressione ovvero sfiorata a pelo libero, al di sopra dell'impalcato, vengono determinati mediante successive iterazioni.

2.2 - DESCRIZIONE ED APPROCCIO METODOLOGICO AL LAVORO SVOLTO

Obiettivo della verifica idraulica eseguita è quello di precisare e quantificare gli afflussi generati da eventi idrometrici critici secondo differenti Tempi di ritorno e da un conseguente campo di inondazione del sistema T. Trincavenna e Rio Santa Fede nell'ambito della porzione di bacino che interessa questa porzione del comune di Cavagnolo.

In particolare sono stati rilevati e analizzati, dal punto di vista topografico, i punti idraulicamente e morfologicamente più significativi del settore di fondo valle, inclusi i settori notoriamente allagabili ove sono eventualmente presenti nuclei abitati e le infrastrutture di attraversamento. Il rilievo topografico è stato condotto mediante strumentazione Gps con ancoraggio a punti fiduciali, punti e capisaldi di quota nota, al fine di disporre di un piano quotato e di verificare quale fosse il franco rispetto a quello minimo richiesto dalle normative vigenti.

Importante, nel caso in esame, è procedere alla determinazione delle caratteristiche idrauliche della corrente valutando l'influenza delle singole opere presenti e degli eventuali condizionamenti morfologici di tipo naturale o antropico.

L'analisi qui presentata è finalizzata alla quantificazione delle caratteristiche idrauliche del moto della corrente in condizioni di piena, rappresentati dai valori dei livelli idrici e delle velocità di corrente all'interno dell'alveo inciso e delle eventuali aree golenali o inondate.

L'esecuzione dei calcoli idraulici per la determinazione delle modalità di deflusso comporta la definizione dei seguenti punti principali:

- Metodo di calcolo;
- Condizioni al contorno;
- Condizioni di riferimento.

Per quanto riguarda il metodo di calcolo seguito per l'analisi idraulica si è fatto riferimento alle condizioni di moto stazionario monodimensionale permanente che considera portata costante e geometria dell'alveo variabile (questo tipo di moto rappresenta una buona approssimazione di quello che si manifesta negli alvei naturali dei corsi d'acqua durante gli eventi di piena).

Tale metodologia permette, pertanto, una valutazione dei livelli di piena nelle sezioni del torrente più raffinata di quanto non lo consenta la schematizzazione del moto uniforme nelle singole sezioni dell'alveo. Con essa, infatti, è possibile calcolare i livelli idrici considerando l'influenza della variazione della geometria e le singolarità idrauliche presenti nel tratto d'asta del corso d'acqua analizzato.

Il problema del tracciamento del profilo di superficie libera di un corso d'acqua naturale in moto permanente con una data portata Q si risolve con procedimenti di calcolo numerico.

L'operazione richiede la suddivisione del corso d'acqua in tronchi di lunghezza D_s , tali da poter confondere i valori medi della sezione e della velocità in ciascun tronco con i valori ad un estremo. La natura dell'alveo deve conservarsi, entro certi limiti, in ciascun tronco.

Siano i e $i + 1$ due sezioni consecutive, distanti D_x in asse, nella prima delle quali siano note tutte le grandezze idrauliche.



La variazione di carico idraulico DH tra le due sezioni si può calcolare mediante una relazione matematica alle differenze finite; si può ottenere così il carico H_{i+1} della sezione $i + 1$ e conseguentemente il carico piezometrico h_{i+1} , che rappresenta la quota del pelo libero rispetto ad un piano di riferimento orizzontale, risolvendo l'equazione:

È possibile in questo modo ricavare il carico piezometrico della corrente nelle sezioni di rilievo e da questo calcolare le caratteristiche idrauliche che il torrente ha nel tratto in esame.

In particolare, per il calcolo dei livelli e delle principali caratteristiche del moto si è utilizzato il codice di calcolo "Hec Ras" del U.S. Army Corps of Engineers.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, i valori da assegnare sono:

- Il valore della portata di riferimento (cfr. dati elaborati nello studio idrologico);
- L'altezza del livello del pelo libero dell'acqua ad una delle estremità o ad entrambe, in funzione del tipo di corrente (lenta o veloce) che si viene ad instaurare sul corso d'acqua.

In relazione alla seconda condizione al contorno si è prima verificato il tipo di corrente che si instaura sul tratto di corso d'acqua esaminato conducendo nelle sezioni di estremità l'analisi in moto uniforme. Stabilita la natura della corrente, si assume come condizione al contorno, nel caso essa sia lenta, l'altezza d'acqua di moto uniforme nella sezione di valle, mentre nel caso di corrente veloce si assume l'altezza d'acqua nella sezione di monte.

Per le aste verificate si prevede - in funzione della morfologia delle sezioni e delle locali, seppur minime, variazioni di pendenza - che il moto nel tratto analizzato possa localmente passare da un regime di corrente lenta ad un regime di corrente veloce e viceversa. In questo caso il codice di calcolo impiegato consente di condurre un'analisi definita "subcritica", più cautelativa, la quale richiede l'inserimento sia della condizione al contorno nella sezione di valle, sia in quella di monte.

L'altezza d'acqua di moto uniforme è determinata direttamente dal programma di calcolo introducendo le pendenze dell'alveo nelle sezioni di estremità.

Questa approssimazione non pregiudica i risultati che si ottengono in quanto gli errori derivanti dalla scelta di un livello idrico inesatto si riduce con sufficiente rapidità procedendo con il calcolo verso monte o verso valle fino ad annullarsi completamente a distanza non eccessivamente grande.

Si deve ancora ricordare che le approssimazioni che derivano da tali posizioni si possono ritenere di entità non superiore a quella con cui si riescono a valutare le altre grandezze (coefficiente di scabrezza, ecc.).

In totale sono state considerate pertanto 37 sezioni idrauliche (sezioni d'alveo, sezioni di ponti,...) , in modo da poter rappresentare e valutare con precisione le caratteristiche geometriche e i livelli idrici ai vari Tr del tratto in studio.

Le scabrezze dell'alveo che sono state adottate per il calcolo sono dedotte dall'analisi del terreno e dalla letteratura (*Hec-Ras Hydraulic reference manual*).

2.3 - PORTATE DI PROGETTO

In funzione dell'assetto idraulico ed idrogeologico, si sono impiegate, er i vari tratti analizzati, per le seguenti portate:

- portata di piena del bacino T. Trincavenna sino alla confluenza con il Rio Santa Fede;
- portate di piena del bacino Rio Santa Fede;
- portata di piena del bacino complessivo T.Trincavenna+Rio Santa Fede (si considera l'evento sull'intero bacino).

2.4 - VERIFICA DI SEZIONI D'ALVEO IN CONDIZIONE DI MOTO UNIFORME

La portata che defluisce per una determinata sezione d'alveo è fornita dalla relazione:

$$Q \text{ (mc/s)} = A \times v_m;$$

Dove:

A (mq) = area della sezione trasversale dell'alveo;

v_m (m/s) = velocità media della corrente.



Assumendo il criterio del moto uniforme, cioè immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua a debole pendenza, la velocità media della corrente può essere espressa dalla relazione (Gauckler-Strickler):

$$v_m \text{ (m/s)} = K_s \times R_h^{2/3} \times (i/100)^{1/2};$$

dove:

$K_s \text{ (m}^{1/3}\text{s}^{-1}\text{)}$ = coefficiente di resistenza di Strickler;

$R_h \text{ (m)}$ = raggio idraulico = $A / \text{Perimetro bagnato}$;

$i \text{ (\%)}$ = pendenza dell'alveo nel tratto considerato.

Valutata la velocità della corrente, noto il valore dell'area della sezione del corso d'acqua, si può calcolare la portata smaltibile, da confrontare con la portata di piena di riferimento. Per i valori di K_s in letteratura vengono proposti i valori presentati nella seguente tabella:

Tipo superficie	$K_s \text{ (m}^{1/3}\text{s}^{-1}\text{)}$
CANALI APERTI ($R_h \approx 1$)	
<i>Rivestiti con:</i>	
conglomerati bituminosi	57-75
mattoni	57-72
calcestruzzo	57-77
pietrame ad opera incerta	20-50
pietre	15-30
<i>Scavati o dragati:</i>	
in terra diritti ed uniformi	30-60
in terra con curve uniformi	20-50
in terra senza manutenzione o in roccia	20-50
CORSI D'ACQUA MINORI ($R_h \approx 2$)	
(larghezza in piena < 30 m)	
con sezioni regolari	20-45
con sezioni irregolari	15-25
torrenti con pochi massi	20-35
torrenti con grossi massi	15-25
CORSI D'ACQUA MAGGIORI ($R_h \approx 4$)	
(larghezza in piena ≥ 30 m)	
con sezioni regolari	30-45
con sezioni irregolari	20-30
AREE GOLENALI	
a pascolo	20-40
coltivate	20-50
con vegetazione spontanea	20-30

Il fattore K_s può anche essere valutato direttamente con la relazione, valida in particolare per torrenti e per i tratti medio-alti di fiumi:

$$K_s \text{ (m}^{1/3}\text{s}^{-1}\text{)} = 26 / d_{90}^{1/6};$$

$d_{90} \text{ (m)}$ = diametro del passante al 90%.

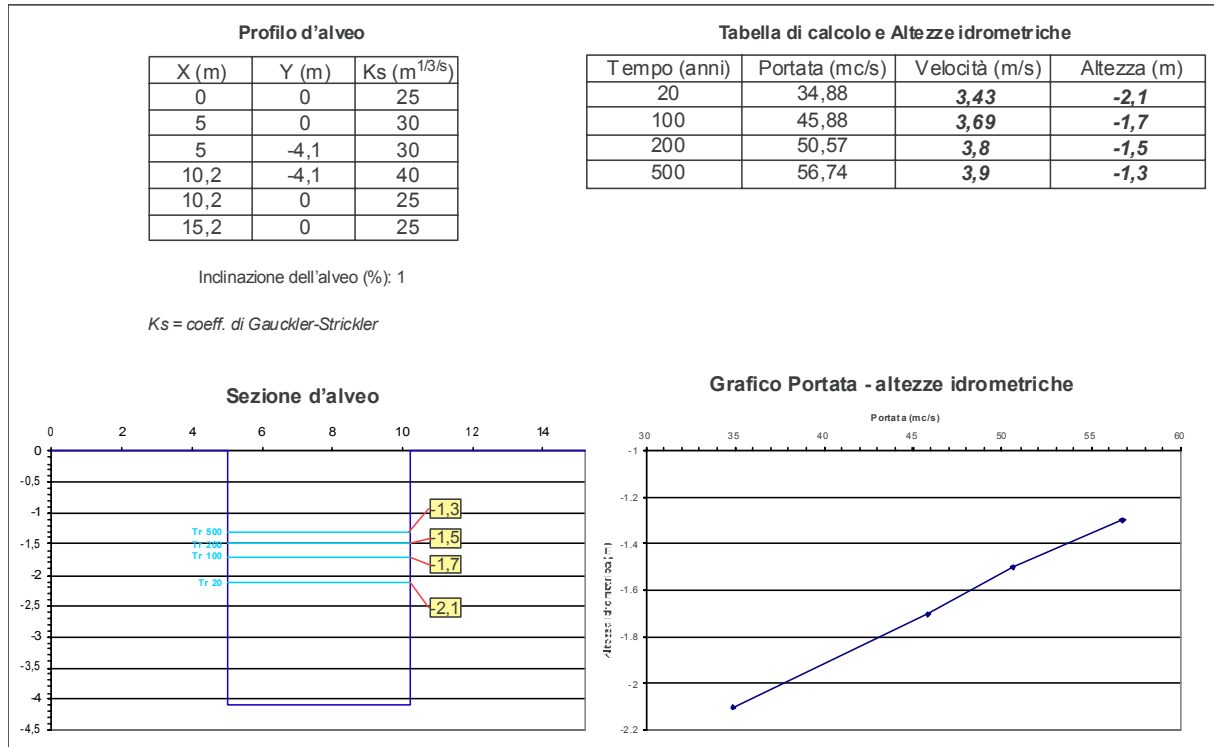
2.4.1 - Sezione sul T. Trincavenna in loc. Molina

La presente verifica si riferisce alla situazione presente nei pressi di loc. Molina ove sono presenti un muro in calcestruzzo (arch. SICOD DS32) lungo circa 40 m alto da 4,5 a 4,9 m in destra idrografica e un attraversamento (arch. SICOD AG46) a campata unica lungo 9 m, altezza di intradosso 4,1 m e luce libera di 5,2.

La verifica eseguita è in condizioni di moto uniforme.

Si considerino i K_s pari a 30 per la sponda sinistra e il fondo alveo naturali, 40 per la sponda destra in cls. La pendenza media del tratto analizzato è di circa 1%.

Le portate di piena per Tr20, Tr100, Tr200 e Tr500 vengono smaltite dalla sezione.

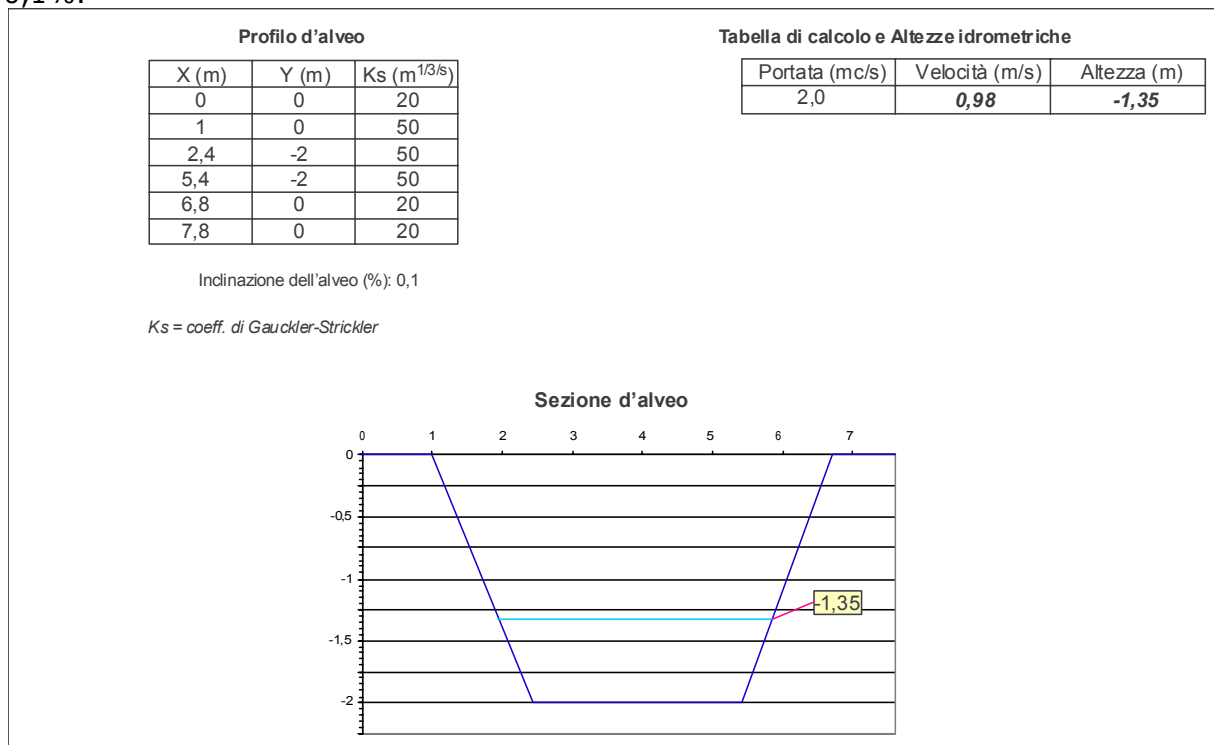


2.4.2 - Sezione tipo del Canale Gazzelli

La verifica si riferisce alla sezione tipo del Canale Gazzelli, derivatore artificiale con portata regimata ed imposta di 2 m³/s. La sezione, forniteci dal consorzio che gestisce il canale, è trapezoidale rovescia con base minore di 3 m, base maggiore 5,8 m, altezza 2 m.

La verifica eseguita è in condizioni di moto uniforme.

Si consideri Ks=50 (comunque cautelativo rispetto ai valori reali) e pendenza media dell'alveo di 0,1%.





Si evidenzia che risulta improbabile un fenomeno alluvionale ad opera del Canale Gazzelli in quanto regimato alla derivazione e non essendoci affluenti laterali lungo il tracciato. Si ritiene inoltre improbabile un versamento, in caso di eventi alluvionali catastrofici, di corsi d'acqua che incrociano il Canale Gazzelli, ancorché il fenomeno di alluvionamento si esaurirebbe nell'intorno dell'incrocio e sarebbe da imputare al corso d'acqua naturale e non al Canale artificiale Gazzelli. Le uniche criticità individuabili si riferiscono all'osservazione che in taluni settori in canale non è rivestito da sponde in cemento ma in sola terra, al pari dell'assetto originario; ciò potrebbe in linea teorica causare, in presenza di edifici limitrofi, un certo rischio la cui mitigazione appare tuttavia di facile e rapida soluzione a fronte di costi modesti.

2.5 - CONFRONTO CON EVENTI DI PIENA REGISTRATI

Nel 2000 (presumibilmente nel settembre) il settore in sinistra a monte del ponte che unisce Cavagnolo a Brusasco, ove è presente un complesso residenziale e la zona di pertinenza torrentizia è estesamente urbanizzata, si è registrato un episodio alluvionale con altezza d'acqua dell'ordine di 1,5 m rispetto al piano di calpestio (tracce dell'evento sono ancora osservabili sulle pareti degli edifici e box rimessa).



Livello dell'acqua raggiunto nei box

Tale livello è confrontabile con i livelli indicati dal software di verifica benché quest'ultimo fornisca battenti d'acqua leggermente più alti già a partire da eventi per Tr20.

Analizzando inoltre le banche dati meteorologiche disponibili, le altezze di pioggia registrate dai pluviometri di Verolengo e di Montechiaro d'Asti, le cui ubicazioni possono rappresentare adeguatamente la situazione meteoroclimatica del bacino in esame, per l'anno 2000 sono paragonabili a quelle ricostruite con il metodo P.A.I.



VEROLENGO									
1 giorno	data	2 giorni	data	3 giorni	data	4 giorni	data	5 giorni	data
91,2	15/10/2000	138,6	15/10/2000	144,8	15/10/2000	182,4	20/09/2000	183,4	19/09/2000
1 ora	data	3 ore	data	6 ore	data	12 ore	data	24 ore	data
62	13/06/2000	75,2	13/06/2000	75,2	13/06/2000	99,6	29/09/2000	128,6	29/09/2000

MONTECHIARO D'ASTI									
1 giorno	data	2 giorni	data	3 giorni	data	4 giorni	data	5 giorni	data
85,6	15/10/2000	113	15/10/2000	119,8	15/10/2000	124,2	13/10/2000	131	13/10/2000
1 ora	data	3 ore	data	6 ore	data	12 ore	data	24 ore	data
28,2	13/05/2000	34,6	13/05/2000	55	29/09/2000	86,6	29/09/2000	98,2	29/09/2000

Massime piogge per giorni consecutivi e per unità di tempo

Si noti comunque che le massime piogge per unità di tempo non corrispondono all'evento alluvionale 13-16 ottobre 2000 , ma si riferiscono al giorno 29/09/2000.

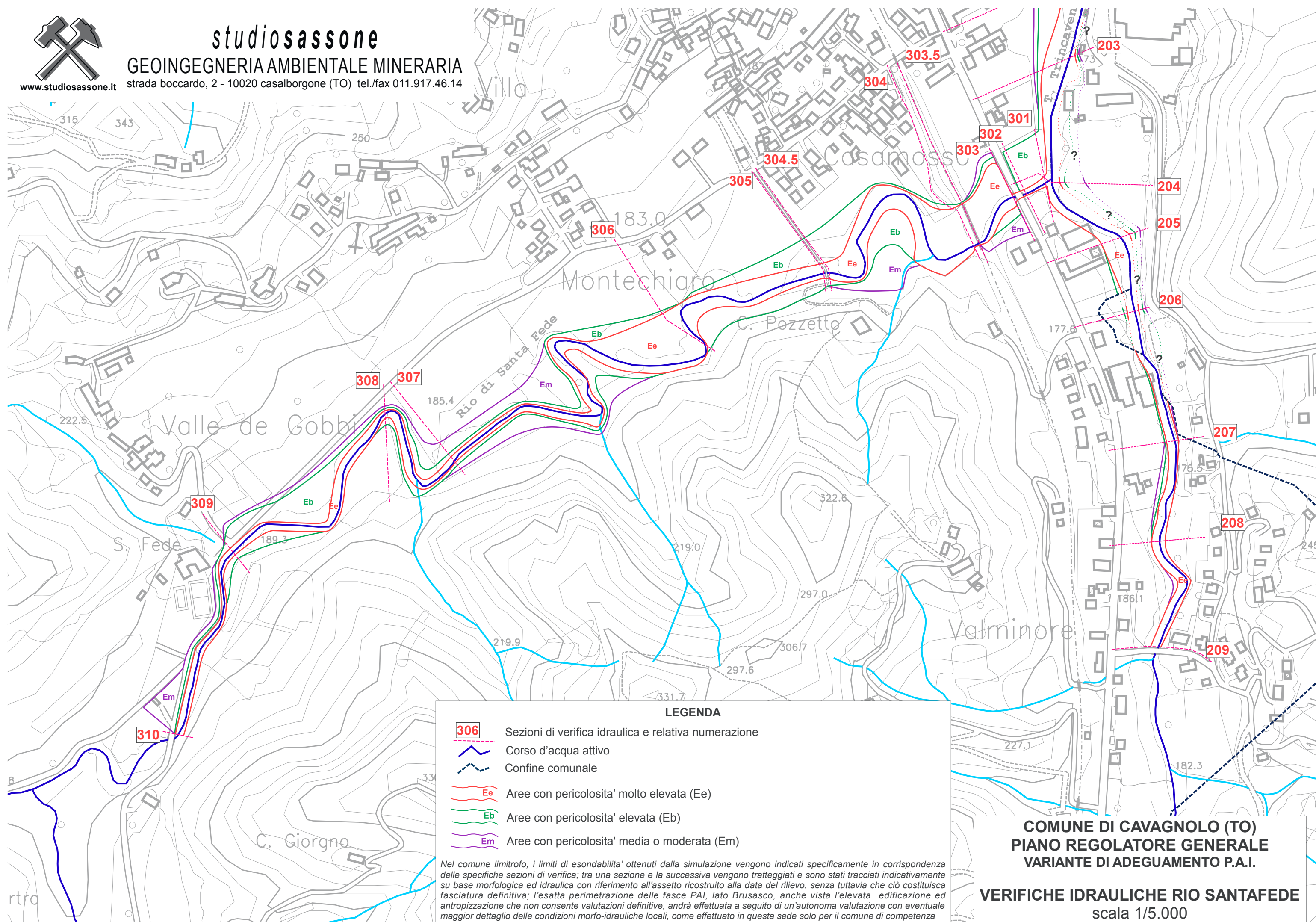


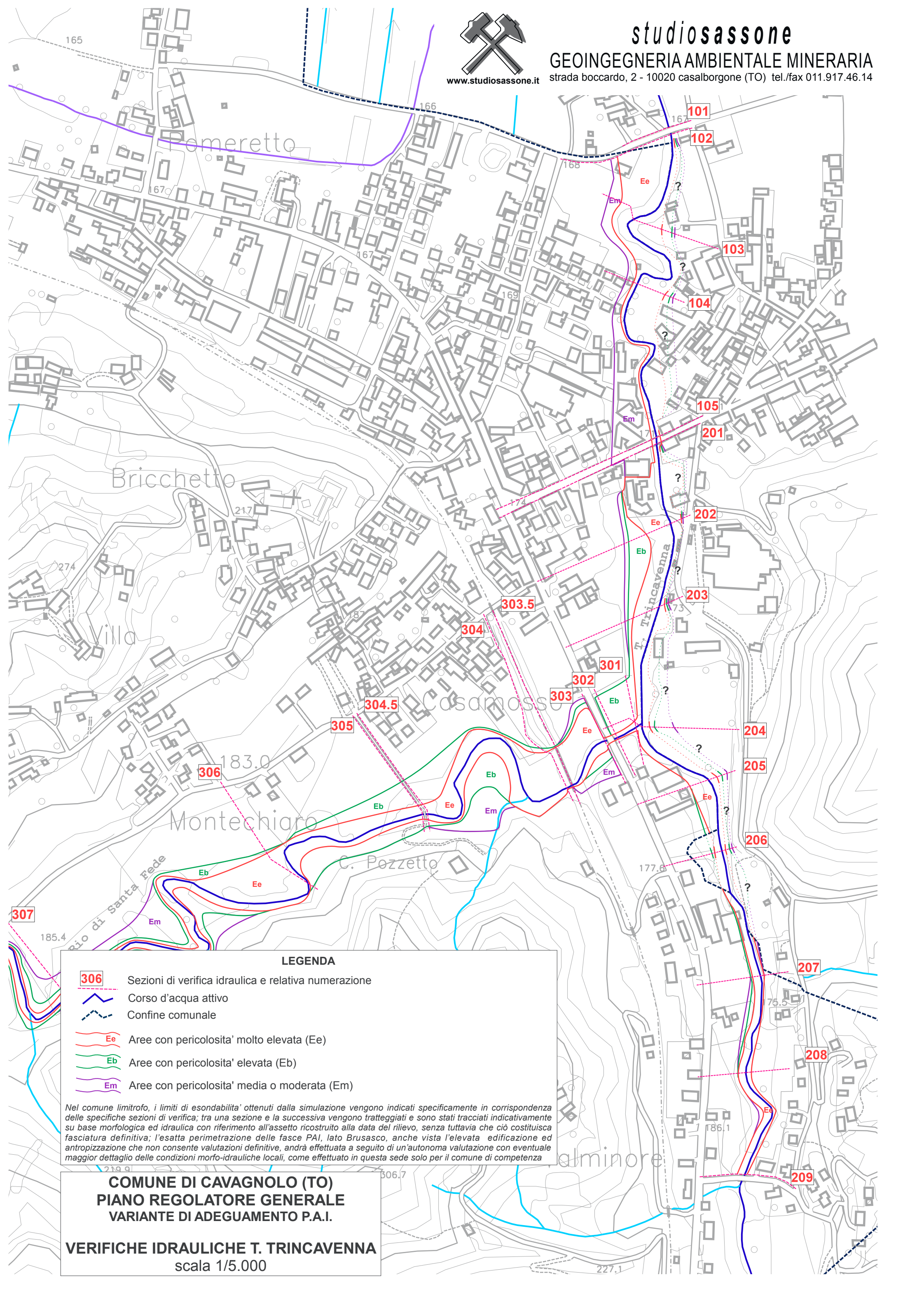
www.studiosassone.it

studiosassone

GEOINGEGNERIA AMBIENTALE MINERARIA

strada boccardo, 2 - 10020 casalborgone (TO) tel./fax 011.917.46.14





LEGENDA

- 306** Sezioni di verifica idraulica e relativa numerazione
- Corso d'acqua attivo
- Confine comunale
- Ee** Aree con pericolosità molto elevata (Ee)
- Eb** Aree con pericolosità elevata (Eb)
- Em** Aree con pericolosità media o moderata (Em)

Nel comune limitrofo, i limiti di esondabilità ottenuti dalla simulazione vengono indicati specificamente in corrispondenza delle specifiche sezioni di verifica; tra una sezione e la successiva vengono tratteggiati e sono stati tracciati indicativamente su base morfologica ed idraulica con riferimento all'assetto ricostruito alla data del rilievo, senza tuttavia che ciò costituisca fasciatura definitiva; l'esatta perimetrazione delle fasce PAI, lato Brusasco, anche vista l'elevata edificazione ed antropizzazione che non consente valutazioni definitive, andrà effettuata a seguito di un'autonoma valutazione con eventuale maggior dettaglio delle condizioni morfo-idrauliche locali, come effettuato in questa sede solo per il comune di competenza

COMUNE DI CAVAGNOLO (TO)
PIANO REGOLATORE GENERALE
VARIANTE DI ADEGUAMENTO P.A.I.

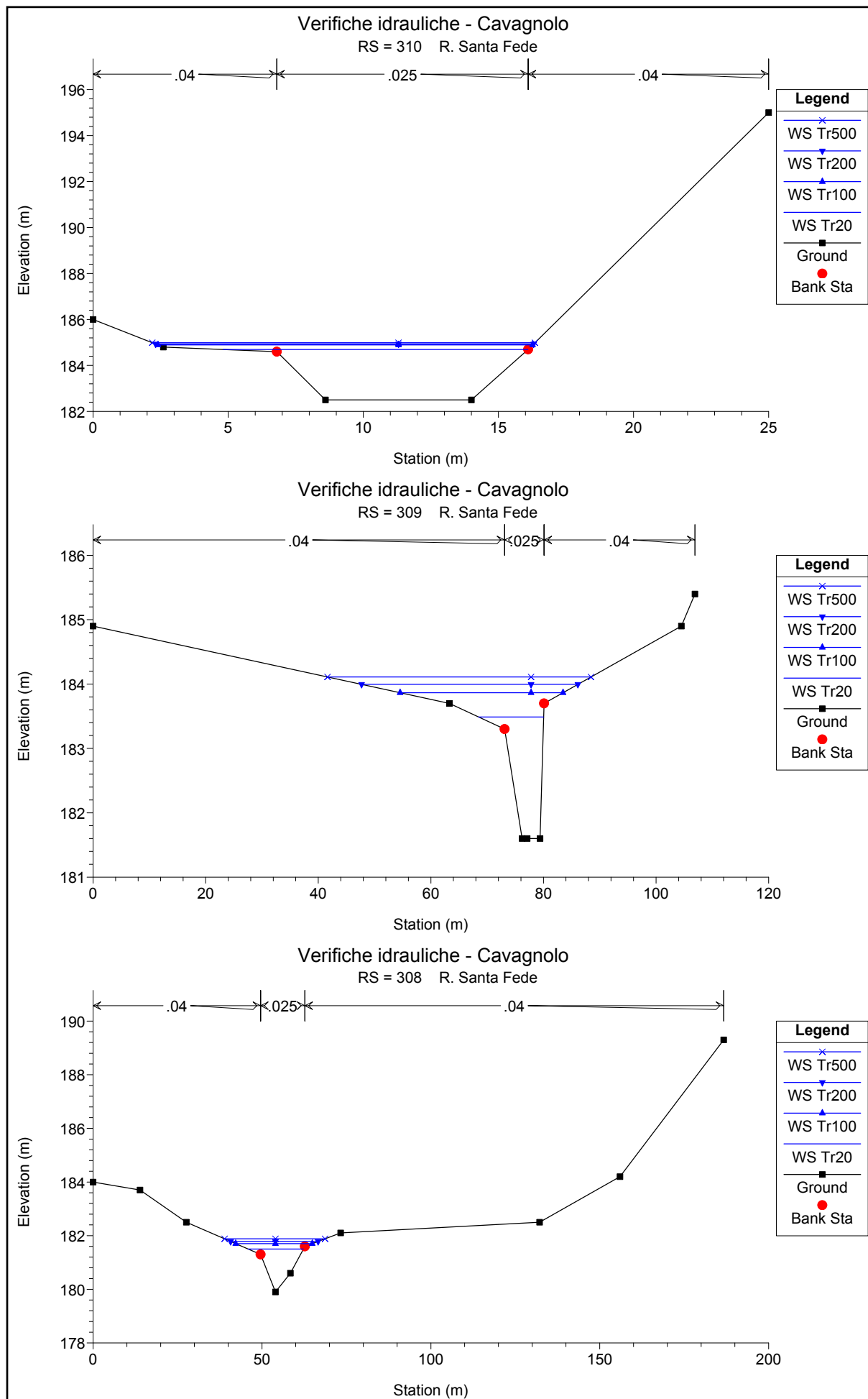
VERIFICHE IDRAULICHE T. TRINCAVENNA
scala 1/5.000

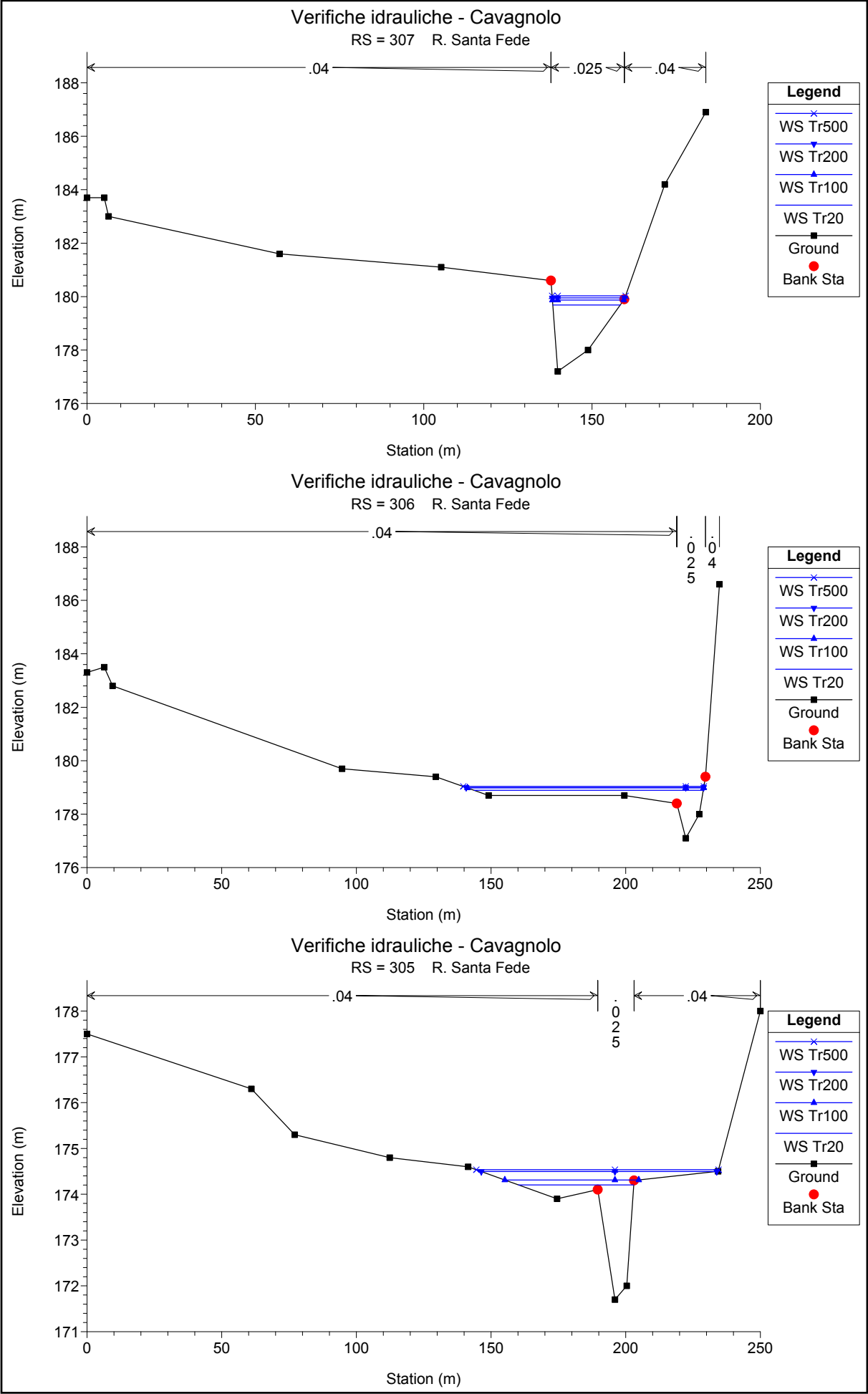
HEC-RAS Plan: Plan 02 Locations: User Defined

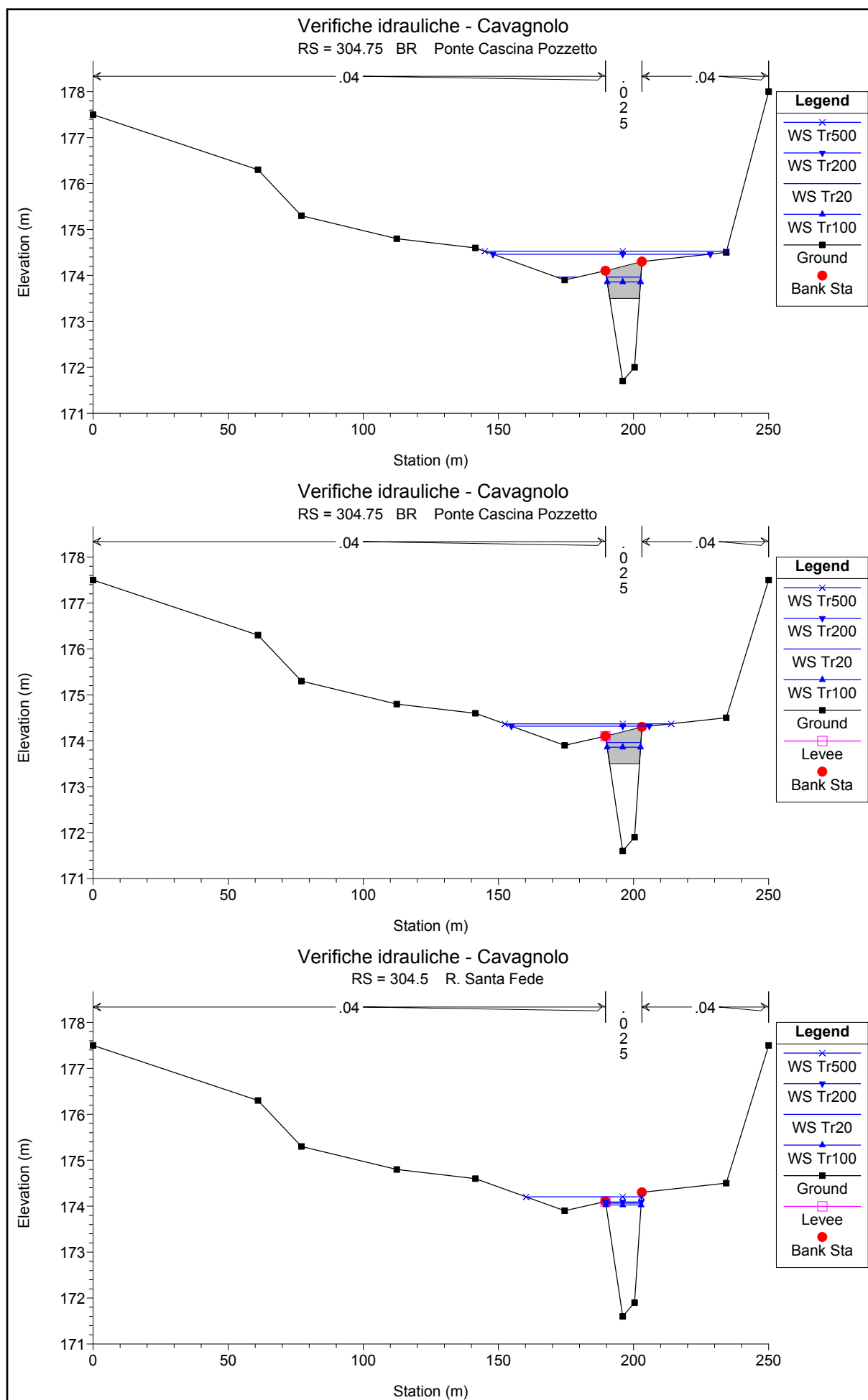
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Left (m/s)	Vel Chnl (m/s)	Vel Right (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Santa Fede	cavagnolo	310	Tr20	32.20	182.50	184.69		184.90	0.001505	0.13	1.99		16.31	11.28	0.48
Rio Santa Fede	cavagnolo	310	Tr100	42.19	182.50	184.89		185.16	0.001790	0.35	2.32	0.17	18.86	13.86	0.53
Rio Santa Fede	cavagnolo	310	Tr200	46.52	182.50	184.93		185.25	0.002018	0.42	2.50	0.20	19.44	13.99	0.57
Rio Santa Fede	cavagnolo	310	Tr500	52.13	182.50	184.99		185.36	0.002294	0.51	2.72	0.25	20.22	14.16	0.61
Rio Santa Fede	cavagnolo	309	Tr20	32.20	181.60	183.49	183.38	184.02	0.005602	0.39	3.25		10.30	11.57	0.87
Rio Santa Fede	cavagnolo	309	Tr100	42.19	181.60	183.87	183.87	184.33	0.003909	0.71	3.12	0.30	17.09	28.94	0.75
Rio Santa Fede	cavagnolo	309	Tr200	46.52	181.60	184.00	184.00	184.41	0.003383	0.75	3.04	0.41	21.45	38.42	0.70
Rio Santa Fede	cavagnolo	309	Tr500	52.13	181.60	184.11	184.11	184.50	0.003115	0.78	3.04	0.49	26.34	46.80	0.68
Rio Santa Fede	cavagnolo	308	Tr20	32.20	179.90	181.50	181.50	181.91	0.006233	0.43	2.86		11.59	16.37	0.97
Rio Santa Fede	cavagnolo	308	Tr100	42.19	179.90	181.70	181.70	182.15	0.005364	0.63	2.98	0.25	15.43	22.66	0.93
Rio Santa Fede	cavagnolo	308	Tr200	46.52	179.90	181.79	181.79	182.23	0.004955	0.68	3.01	0.36	17.44	25.92	0.90
Rio Santa Fede	cavagnolo	308	Tr500	52.13	179.90	181.88	181.88	182.33	0.004588	0.74	3.06	0.46	20.10	29.71	0.88
Rio Santa Fede	cavagnolo	307	Tr20	32.20	177.20	179.69		179.75	0.000542		1.12		28.67	20.05	0.30
Rio Santa Fede	cavagnolo	307	Tr100	42.19	177.20	179.87		179.96	0.000664		1.30		32.47	21.20	0.34
Rio Santa Fede	cavagnolo	307	Tr200	46.52	177.20	179.95		180.04	0.000692		1.36	0.05	34.16	21.55	0.34
Rio Santa Fede	cavagnolo	307	Tr500	52.13	177.20	180.03		180.14	0.000742		1.45	0.11	35.90	21.83	0.36
Rio Santa Fede	cavagnolo	306	Tr20	32.20	177.10	178.89	178.89	179.07	0.002629	0.50	2.15		27.78	84.97	0.64
Rio Santa Fede	cavagnolo	306	Tr100	42.19	177.10	178.98	178.98	179.16	0.002764	0.62	2.30		35.61	87.66	0.67
Rio Santa Fede	cavagnolo	306	Tr200	46.52	177.10	179.00	179.00	179.20	0.003076	0.67	2.44		37.12	88.17	0.70
Rio Santa Fede	cavagnolo	306	Tr500	52.13	177.10	179.04	179.04	179.24	0.003183	0.73	2.52		40.53	89.30	0.72
Rio Santa Fede	cavagnolo	305	Tr20	32.20	171.70	174.20	173.24	174.31	0.000773	0.22	1.44		26.81	42.81	0.36
Rio Santa Fede	cavagnolo	305	Tr100	42.19	171.70	174.31	173.46	174.45	0.001017	0.33	1.71	0.03	31.69	49.73	0.42
Rio Santa Fede	cavagnolo	305	Tr200	46.52	171.70	174.50	173.55	174.61	0.000754	0.37	1.58	0.15	44.41	87.39	0.37
Rio Santa Fede	cavagnolo	305	Tr500	52.13	171.70	174.54	173.66	174.66	0.000849	0.40	1.70	0.19	47.87	89.92	0.39
Rio Santa Fede	cavagnolo	304.75	Bridge												
Rio Santa Fede	cavagnolo	304.5	Tr20	32.20	171.60	174.06	173.15	174.19	0.000951		1.56		20.60	13.15	0.40
Rio Santa Fede	cavagnolo	304.5	Tr100	42.19	171.60	174.03	173.38	174.25	0.001745		2.10		20.10	13.01	0.54
Rio Santa Fede	cavagnolo	304.5	Tr200	46.52	171.60	174.09	173.47	174.34	0.001902		2.22		20.93	13.24	0.56
Rio Santa Fede	cavagnolo	304.5	Tr500	52.13	171.60	174.20	173.58	174.45	0.001801	0.34	2.25		27.65	42.75	0.55
Rio Santa Fede	cavagnolo	304	Tr20	32.20	171.40	174.03		174.04	0.000136	0.23	0.75	0.29	89.57	107.02	0.16
Rio Santa Fede	cavagnolo	304	Tr100	42.19	171.40	173.89		173.93	0.000354	0.32	1.16	0.45	75.31	102.44	0.26
Rio Santa Fede	cavagnolo	304	Tr200	46.52	171.40	173.99		174.02	0.000321	0.34	1.14	0.44	85.24	105.65	0.25
Rio Santa Fede	cavagnolo	304	Tr500	52.13	171.40	174.14		174.17	0.000261	0.34	1.07	0.42	101.75	110.77	0.23
Rio Santa Fede	cavagnolo	303.5	Tr20	32.20	171.40	174.01		174.04	0.000550	0.47	1.19	0.19	55.34	70.53	0.28
Rio Santa Fede	cavagnolo	303.5	Tr100	42.19	171.40	173.78		173.91	0.002514	0.77	2.32	0.33	39.15	70.38	0.59
Rio Santa Fede	cavagnolo	303.5	Tr200	46.52	171.40	173.92		174.01	0.001596	0.73	1.96	0.30	49.41	70.47	0.47
Rio Santa Fede	cavagnolo	303.5	Tr500	52.13	171.40	174.10		174.16	0.001033	0.69	1.68	0.27	61.91	70.59	0.39
Rio Santa Fede	cavagnolo	303	Tr20	32.20	171.30	174.00	172.85	174.02	0.000106	0.25	0.67	0.15	93.18	98.29	0.14
Rio Santa Fede	cavagnolo	303	Tr100	42.19	171.30	173.78	173.13	173.82	0.000345	0.38	1.12	0.23	72.01	90.58	0.26
Rio Santa Fede	cavagnolo	303	Tr200	46.52	171.30	173.91	173.22	173.94	0.000285	0.38	1.06	0.23	84.29	95.13	0.23
Rio Santa Fede	cavagnolo	303	Tr500	52.13	171.30	174.09	173.28	174.11	0.000223	0.38	0.99	0.24	101.58	101.18	0.21
Rio Santa Fede	cavagnolo	302.5	Bridge												
Rio Santa Fede	cavagnolo	302	Tr20	32.20	171.20	173.89	172.22	173.96	0.000351		1.12		28.72	11.43	0.23
Rio Santa Fede	cavagnolo	302	Tr100	42.19	171.20	173.46	172.42	173.62	0.001030		1.77		23.87	11.19	0.39
Rio Santa Fede	cavagnolo	302	Tr200	46.52	171.20	173.53	172.49	173.71	0.001141		1.89		24.64	11.23	0.41
Rio Santa Fede	cavagnolo	302	Tr500	52.13	171.20	173.59	172.60	173.81	0.001325		2.06		25.31	11.26	0.44
Rio Santa Fede	cavagnolo	301	Tr20	32.20	171.00	173.93	172.66	173.94	0.000064	0.22	0.48		119.67	96.25	0.11
Rio Santa Fede	cavagnolo	301	Tr100	42.19	171.00	173.22	172.89	173.55	0.002790	0.54	2.58		17.73	17.29	0.67
Rio Santa Fede	cavagnolo	301	Tr200	46.52	171.00	173.62	172.98	173.65	0.000304	0.38	0.97		90.26	95.99	0.23
Rio Santa Fede	cavagnolo	301	Tr500	52.13	171.00	173.71	173.10	173.73	0.000300	0.40	0.99		98.21	96.06	0.23
T. Trincavenna	cavagnolo	209	Tr20	34.88	181.80	183.25	183.25	183.78	0.009684		3.23		10.80	10.28	1.01
T. Trincavenna	cavagnolo	209	Tr100	45.88	181.80	183.49	183.49	184.09	0.009250		3.43		13.37	11.18	1.00
T. Trincavenna	cavagnolo	209	Tr200	50.57	181.80	183.58	183.58	184.21	0.009166		3.53		14.33	11.35	1.00
T. Trincavenna	cavagnolo	209	Tr500	56.74	181.80	183.68	183.68	184.36	0.009117		3.65		15.53	11.56	1.01
T. Trincavenna	cavagnolo	208	Tr20	34.88	179.60	181.04	181.04	181.40	0.010690		2.67		13.08	18.21	1.00
T. Trincavenna	cavagnolo	208	Tr100	45.88	179.60	181.19	181.19	181.61	0.010101		2.89		15.88	18.72	1.00
T. Trincavenna	cavagnolo	208	Tr200	50.57	179.60	181.25	181.25	181.70	0.009981		2.98		16.98	18.92	1.00
T. Trincavenna	cavagnolo	208	Tr500	56.74	179.60	181.31	181.31	181.80	0.009969	0.09	3.10		18.29	19.27	1.01
T. Trincavenna	cavagnolo	207	Tr20	34.88	177.00	178.84	178.84	179.36	0.009989		3.20		10.91	10.53	1.00
T. Trincavenna	cavagnolo	207	Tr100	45.88	177.00	179.12	179.12	179.65	0.008343		3.24	0.53	14.69	17.17	0.94
T. Trincavenna	cavagnolo	207	Tr200	50.57	177.00	179.23	179.23	179.75	0.007683		3.22	0.66	16.77	20.29	0.91
T. Trincavenna	cavagnolo	207	Tr500	56.74	177.00	179.36	179.36	179.87	0.007061		3.22	0.79	19.59	23.89	0.89
T. Trincavenna	cavagnolo	206	Tr20	34.88	172.00	173.98		174.22	0.002942	0.59	2.27	0.44	18.64	28.33	0.59
T. Trincavenna	cavagnolo	206	Tr100	45.88	172.00	173.93	173.93	174.40	0.005774	0.78	3.12	0.57	17.40	26.35	0.72
T. Trincavenna	cavagnolo	206	Tr200	50.57	172.00	174.06	174.06	174.49	0.004964	0.84	3.05	0.66	21.02	31.80	0.87
T. Trincavenna	cavagnolo	206	Tr500	56.74	172.00	174.17	174.17	174.59	0.004520	0.89	3.05	0.79	24.90	34.80	0.74
T. Trincavenna	cavagnolo	205	Tr20	34.88	171.50	174.07	173.00	174.09	0.000251	0.50	0.72	0.18	64.45	60.66	0.18
T. Trincavenna	cavagnolo	205	Tr100	45.88	171.50	173.81	173.10	173.86	0.000841	0.81	1.19	0.16	49.58	51.18	0.31
T. Trincavenna	cavagnolo	205	Tr200	50.57	171.50	173.88	173.15	173.93	0.000850	0.85	1.23	0.20	53.36	55.64	0.32
T. Trincavenna	cavagnolo	205	Tr500	56.74	171.50	173.96	173.20	174.02	0.000859	0.89	1.28	0.26	58.26	58.40	0.32
T. Trincavenna f	cavagnolo	204	Tr20	56.40	170.50	173.03	173.03	173.85	0.007190		4.03		14.00	8.43	1.00
T. Trincavenna f	cavagnolo	204	Tr100	73.79	170.50	173.22	173.22	173.55	0.003860	1.11	3.07		38.94	50.87	0.74
T. Trincavenna f	cavagnolo	204	Tr200	81.24	170.50	173.27	173.27	173.62	0.004041	1.19	3.18		41.46	51.07	0.76
T. Trincavenna f	cavagnolo	204	Tr500	91.03	170.50	173.33	173.33	173.70	0.004189	1.28	3.29		44.87	51.34	0.77
T. Trincavenna f	cavagnolo	203	Tr20	56.40	169.60	171.14	170.93	171.27	0.001828	0.66	1.72		43.68	62.39	0.54
T. Trincavenna f	cavagnolo	203	Tr100	73.79	169.60	171.28	171.04	171.43	0.001899	0.79	1.89		52.34	63.52	0.56
T. Trincavenna f	cavagnolo	203	Tr200	81.24	169.60	171.40	171.08	171.53	0.001572	0.80	1.82		59.90	64.48	0.52
T. Trincavenna f	cavagnolo	203	Tr500	91.03	169.60	171.60	171.14	171.71	0.001120	0.78	1.68		73.00	68.22	0.45
T. Trincavenna f	cavagnolo	202	Tr20												

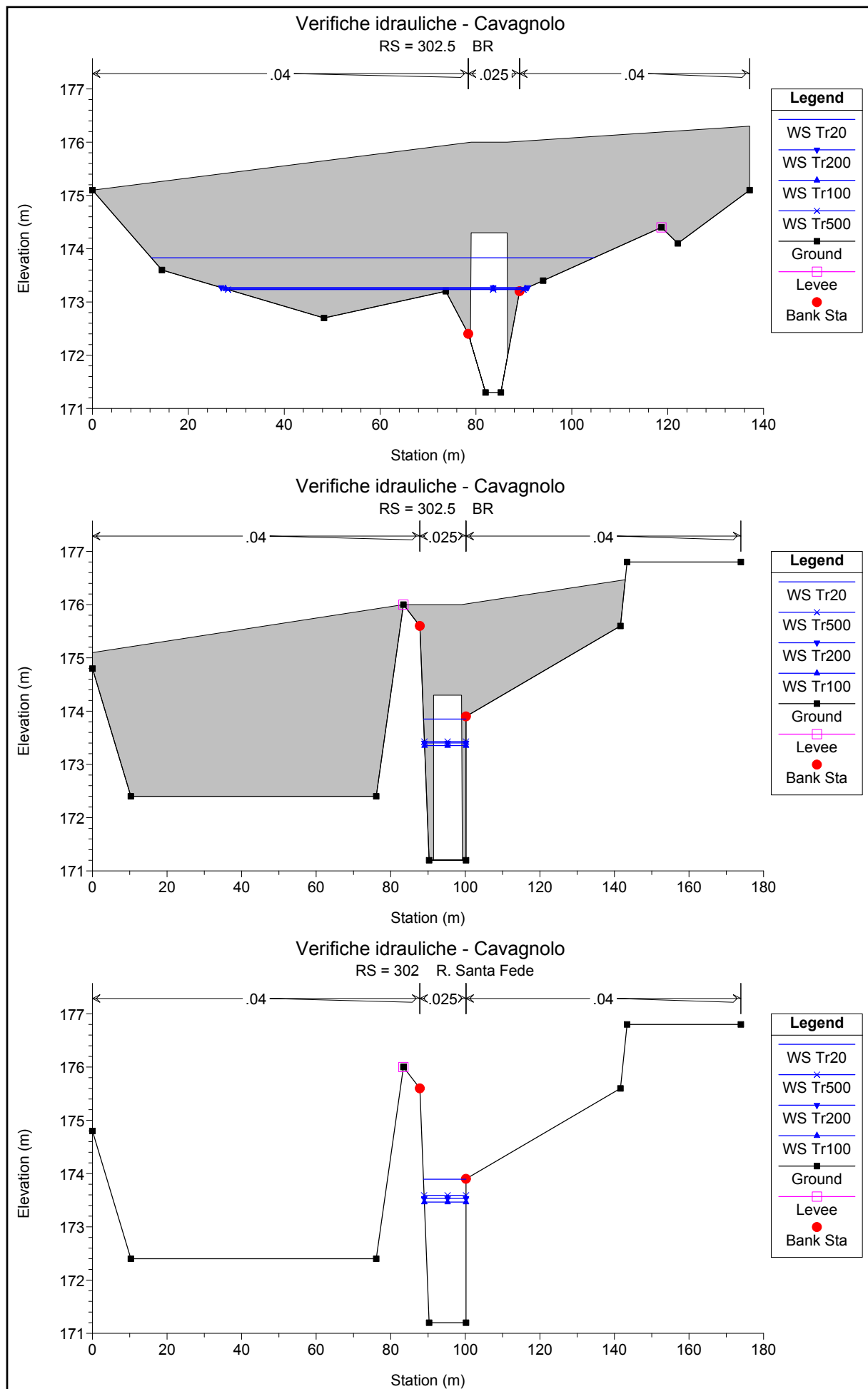
HEC-RAS Plan: Plan 02 Locations: User Defined (Continued)

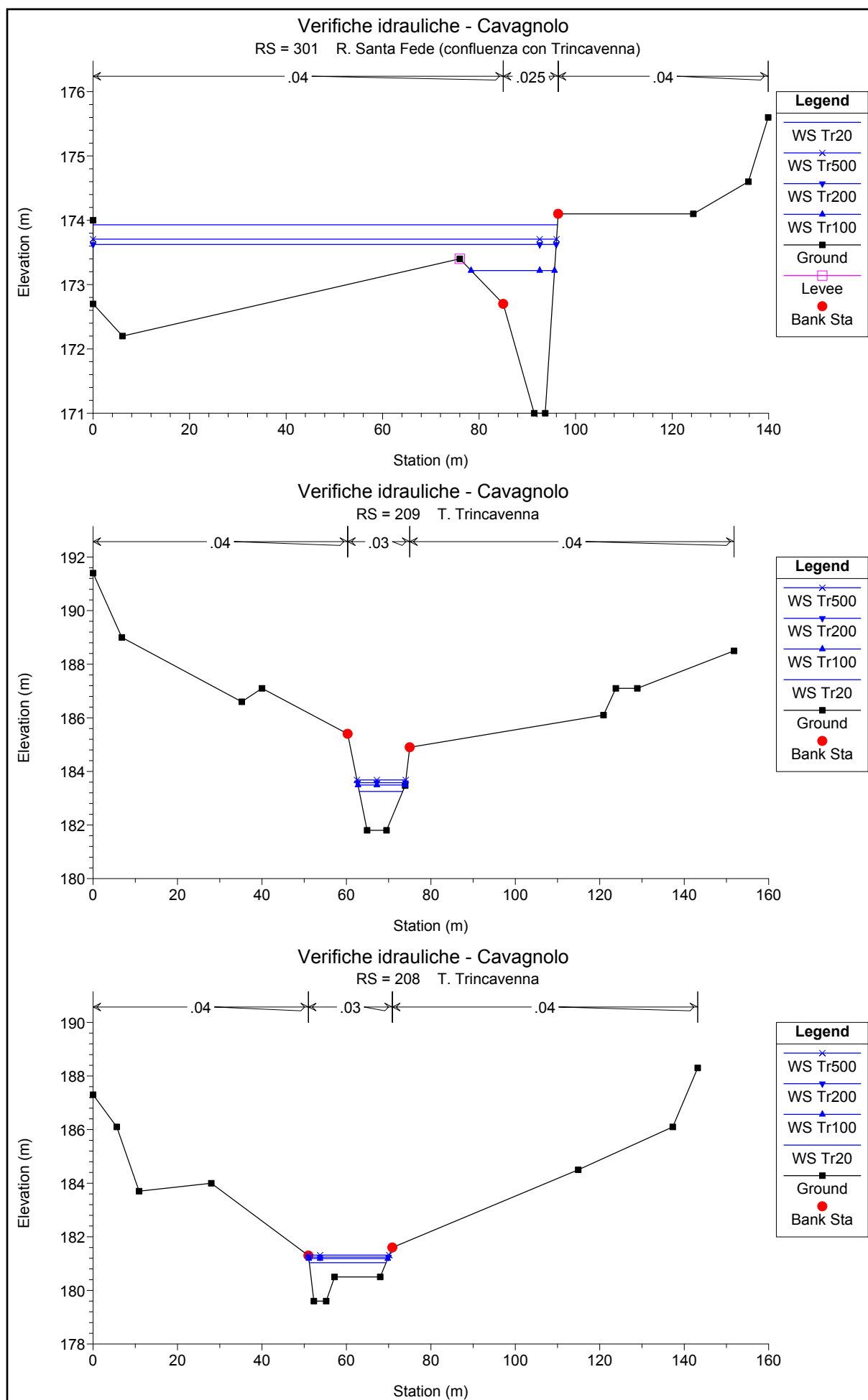
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Left	Vel Chnl	Vel Right	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m ²)	(m)	
T. Trincavenna f	cavagnolo	201.5	Tr500	91.03	167.20	171.38		171.52	0.000506		1.68		54.29	13.00	0.26
T. Trincavenna f	cavagnolo	201	Tr20	56.40	167.10	170.27	168.80	170.52	0.001398		2.20		25.69	8.10	0.39
T. Trincavenna f	cavagnolo	201	Tr100	73.79	167.10	170.71	169.13	171.04	0.001678		2.52		29.26	8.10	0.42
T. Trincavenna f	cavagnolo	201	Tr200	81.24	167.10	170.88	169.27	171.24	0.001799		2.65		30.62	8.10	0.44
T. Trincavenna f	cavagnolo	201	Tr500	91.03	167.10	171.08	169.44	171.49	0.001964		2.82		32.26	8.10	0.45
T. Trincavenna f	cavagnolo	200		Bridge											
T. Trincavenna f	cavagnolo	105	Tr20	56.40	167.10	169.75	169.50	170.43	0.000503		3.67		15.39	7.92	0.84
T. Trincavenna f	cavagnolo	105	Tr100	73.79	167.10	170.16	169.89	170.95	0.005046		3.93		18.80	8.58	0.85
T. Trincavenna f	cavagnolo	105	Tr200	81.24	167.10	170.33	170.04	171.15	0.005022		4.02		20.23	8.84	0.85
T. Trincavenna f	cavagnolo	105	Tr500	91.03	167.10	170.54	170.23	171.40	0.004875		4.10	0.22	22.79	22.54	0.84
T. Trincavenna f	cavagnolo	104.5	Tr20	56.40	167.00	169.40	169.40	170.29	0.007260		4.19		13.46	7.52	1.00
T. Trincavenna f	cavagnolo	104.5	Tr100	73.79	167.00	169.79	169.79	170.81	0.007129		4.46		16.53	8.15	1.00
T. Trincavenna f	cavagnolo	104.5	Tr200	81.24	167.00	169.94	169.94	171.01	0.007111		4.57		17.77	8.39	1.00
T. Trincavenna f	cavagnolo	104.5	Tr500	91.03	167.00	170.13	170.13	171.25	0.007037		4.69		19.42	8.69	1.00
T. Trincavenna f	cavagnolo	104	Tr20	56.40	164.50	167.46	167.46	167.92	0.003391	0.96	3.21	0.70	26.43	39.94	0.69
T. Trincavenna f	cavagnolo	104	Tr100	73.79	164.50	167.72	167.72	168.15	0.003155	1.10	3.33	0.83	37.97	51.97	0.68
T. Trincavenna f	cavagnolo	104	Tr200	81.24	164.50	167.79	167.79	168.23	0.003169	1.16	3.40	0.88	42.17	55.71	0.68
T. Trincavenna f	cavagnolo	104	Tr500	91.03	164.50	167.89	167.89	168.33	0.003169	1.22	3.49	0.94	47.70	60.28	0.69
T. Trincavenna f	cavagnolo	103	Tr20	56.40	163.30	166.30		166.37	0.000388	0.35	1.37	0.37	65.98	70.26	0.28
T. Trincavenna f	cavagnolo	103	Tr100	73.79	163.30	166.41		166.52	0.000526	0.43	1.64	0.45	74.51	75.67	0.32
T. Trincavenna f	cavagnolo	103	Tr200	81.24	163.30	166.45		166.57	0.000586	0.47	1.75	0.49	77.79	77.65	0.34
T. Trincavenna f	cavagnolo	103	Tr500	91.03	163.30	166.51		166.64	0.000664	0.51	1.89	0.53	81.99	80.11	0.37
T. Trincavenna f	cavagnolo	102	Tr20	56.40	162.40	166.28	164.99	166.31	0.000257	0.35	0.99		96.15	98.01	0.21
T. Trincavenna f	cavagnolo	102	Tr100	73.79	162.40	166.39	165.44	166.44	0.000343	0.43	1.17		107.55	104.10	0.24
T. Trincavenna f	cavagnolo	102	Tr200	81.24	162.40	166.43	165.51	166.48	0.000379	0.46	1.25		111.95	108.21	0.25
T. Trincavenna f	cavagnolo	102	Tr500	91.03	162.40	166.48	165.59	166.54	0.000423	0.50	1.33		117.74	114.11	0.27
T. Trincavenna f	cavagnolo	101		Bridge											
T. Trincavenna f	cavagnolo	100	Tr20	56.40	162.40	164.99	164.99	165.60	0.007616		3.45		16.35	14.07	1.02
T. Trincavenna f	cavagnolo	100	Tr100	73.79	162.40	165.43	165.43	165.84	0.003815	0.69	2.96		32.54	52.37	0.76
T. Trincavenna f	cavagnolo	100	Tr200	81.24	162.40	165.51	165.51	165.92	0.003721	0.76	3.01		36.70	56.49	0.75
T. Trincavenna f	cavagnolo	100	Tr500	91.03	162.40	165.59	165.59	166.01	0.003707	0.84	3.09		41.55	60.95	0.75

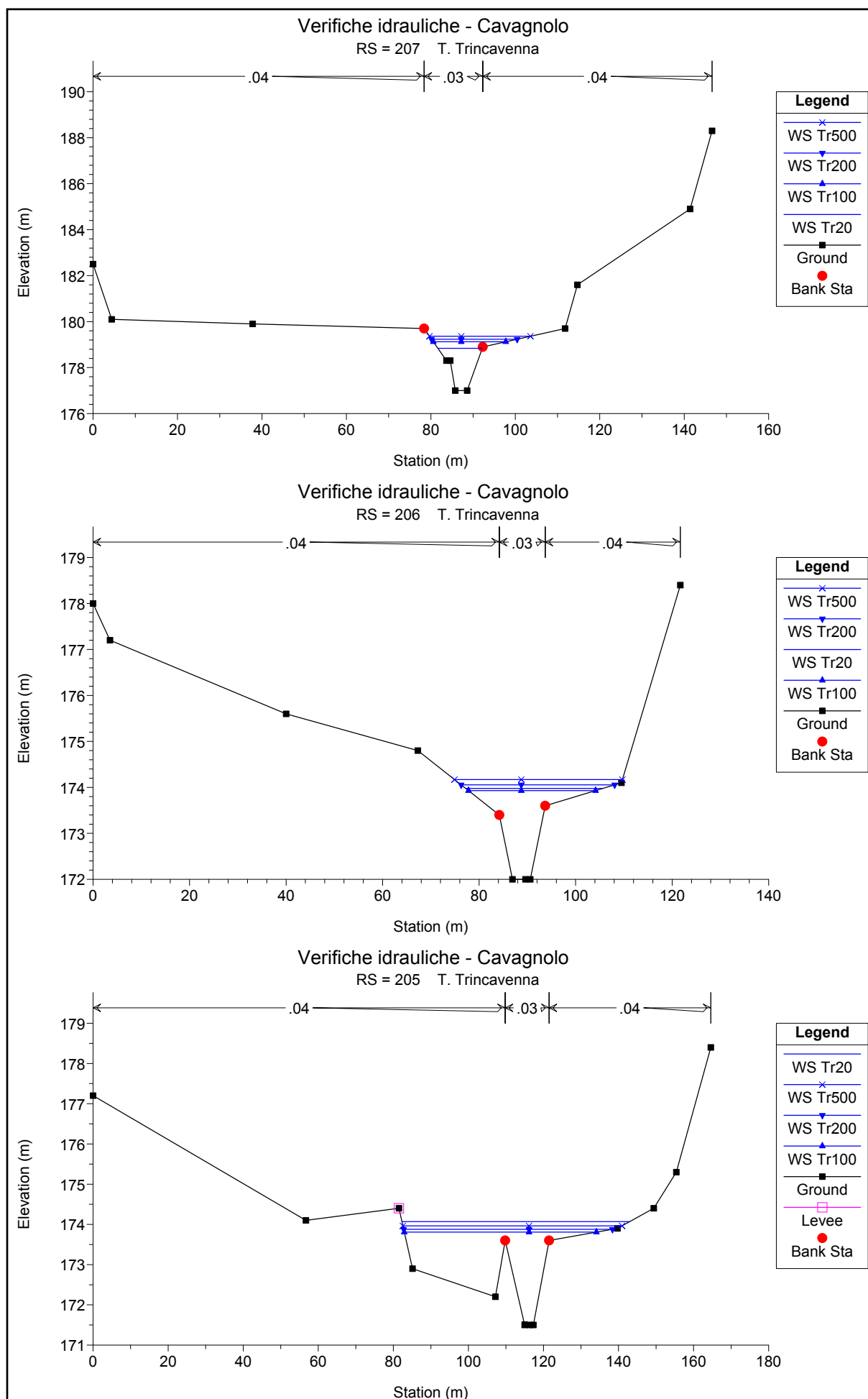


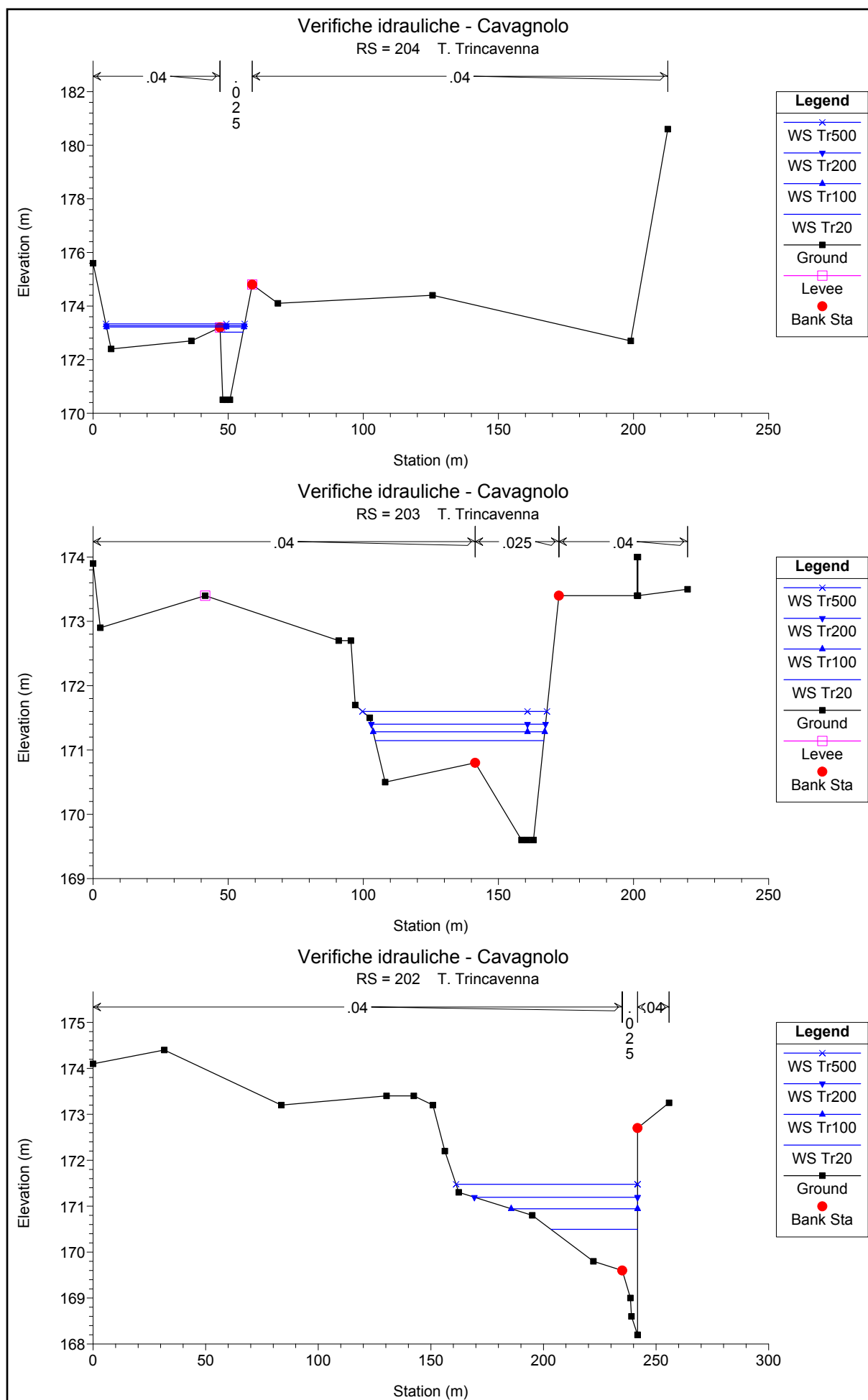


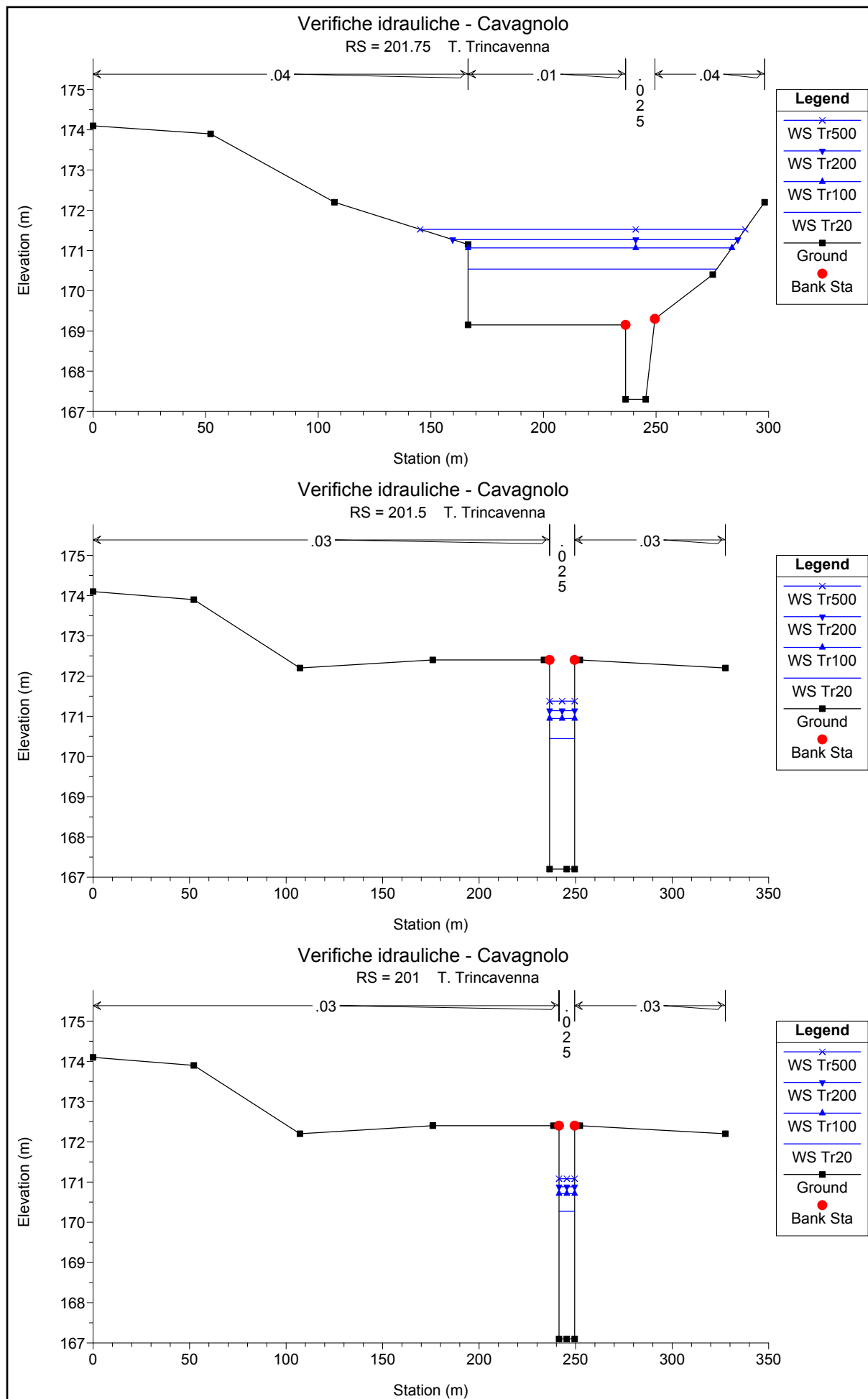


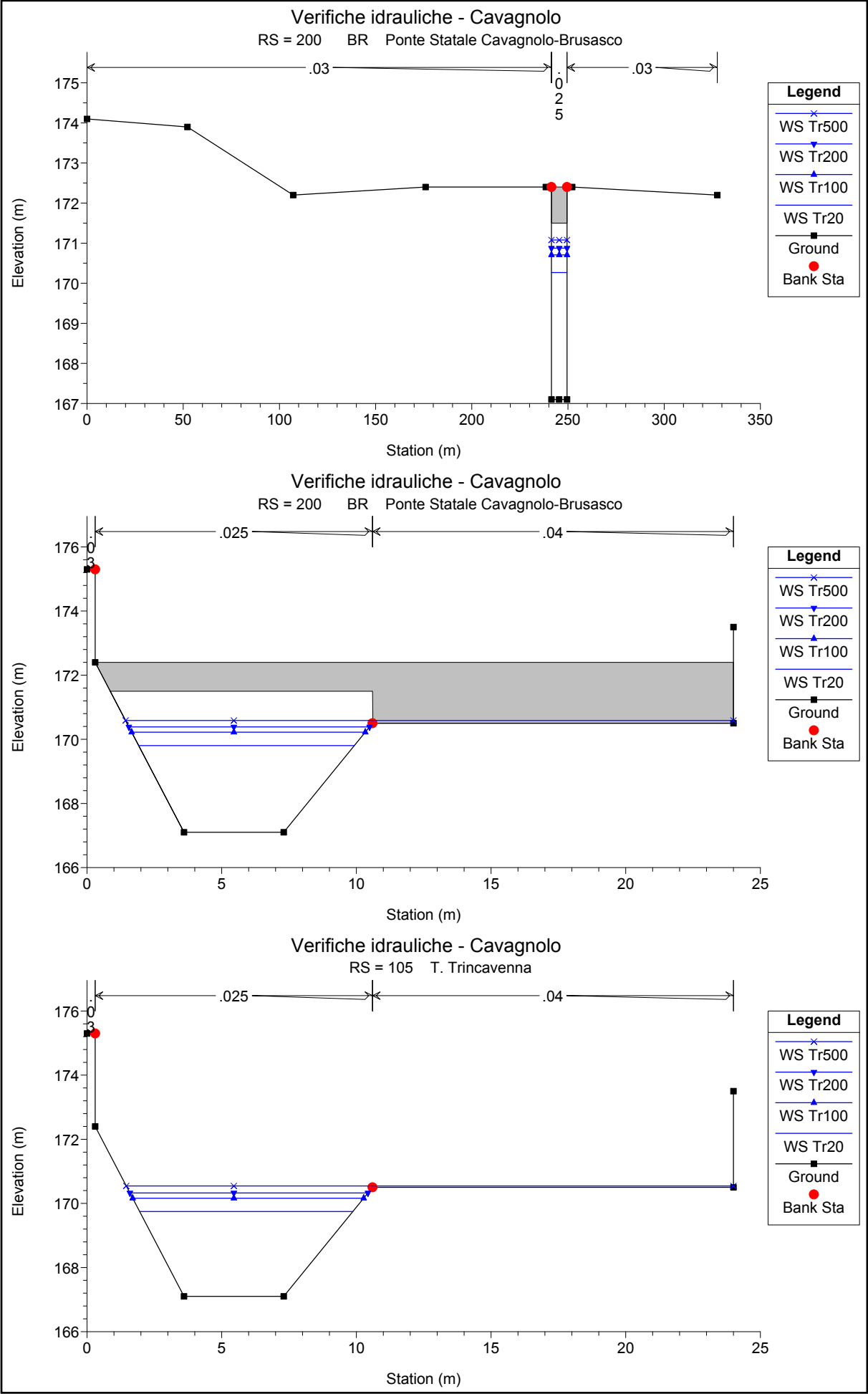


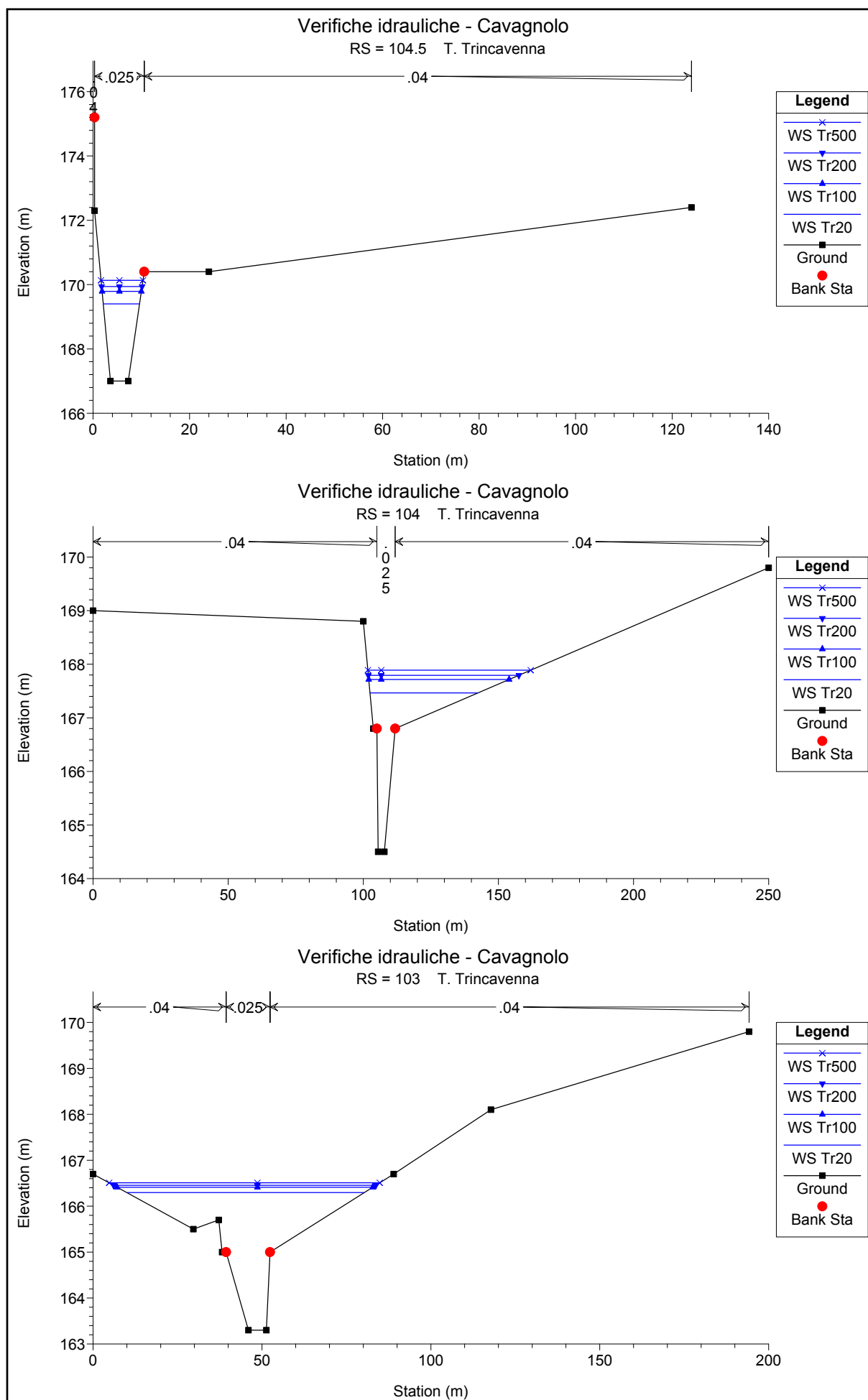


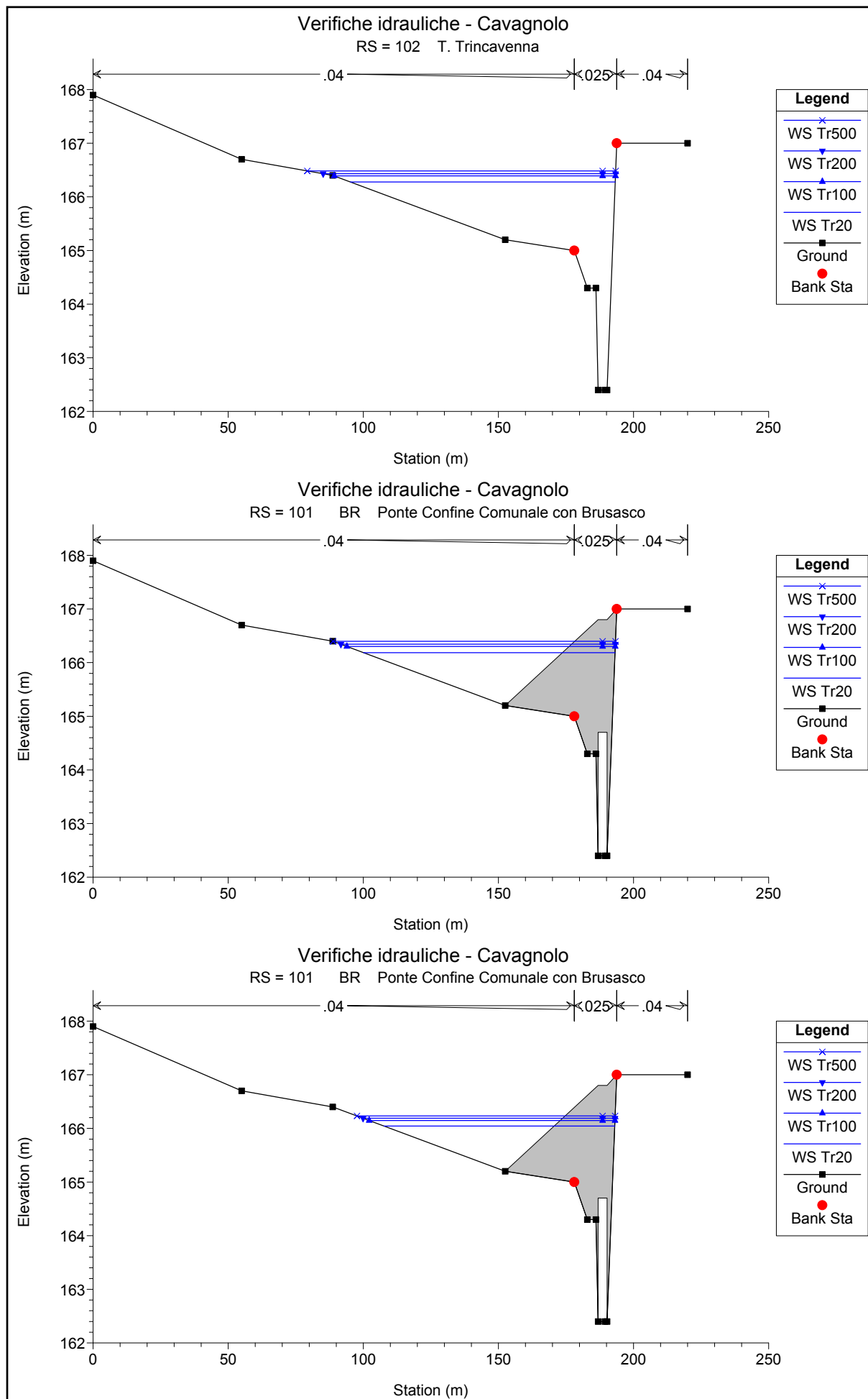


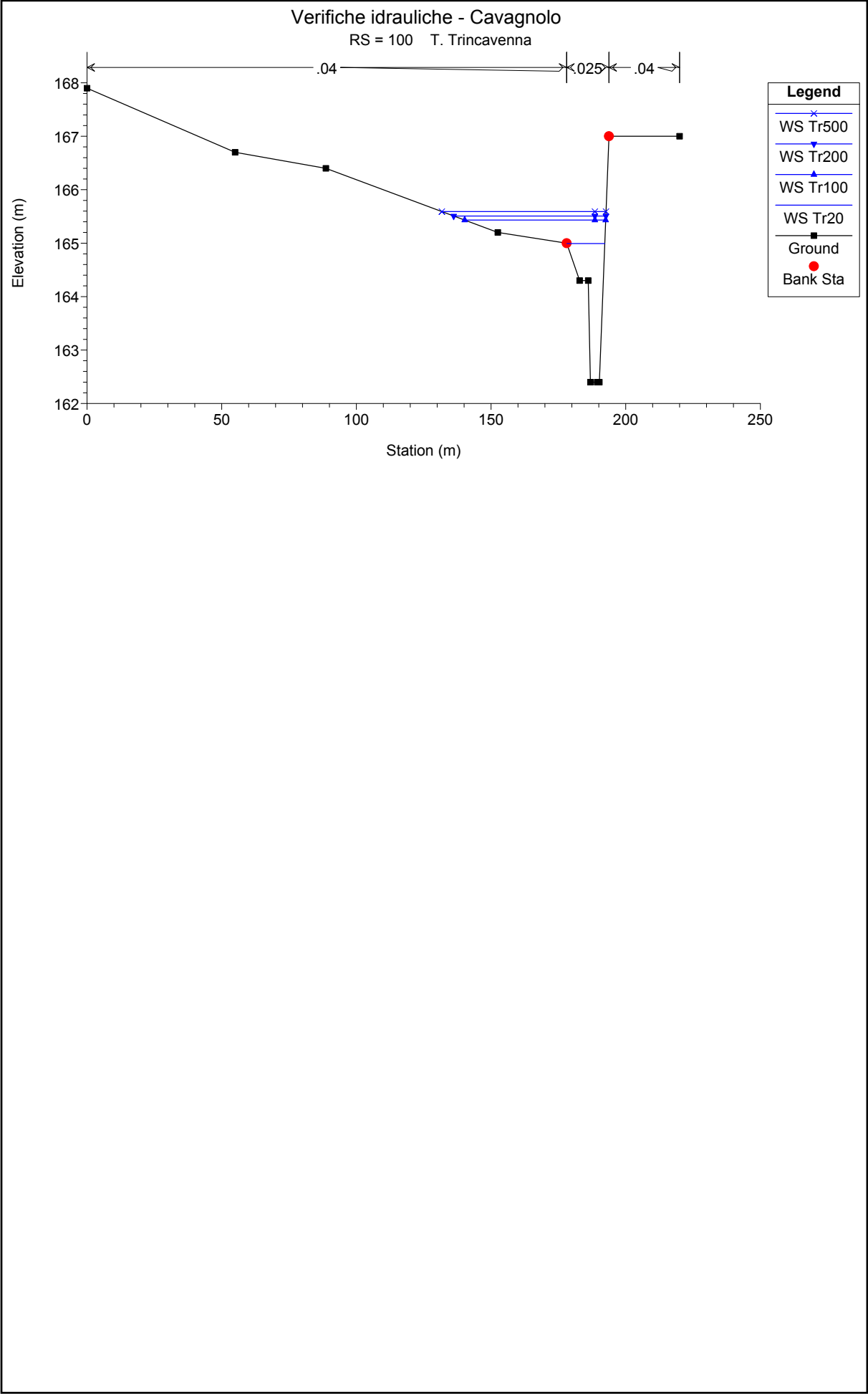














3 - CONCLUSIONI

Le verifiche idrauliche eseguite hanno permesso di individuare gli areali di esondazioni per i diversi tempi di ritorno. In carta l'esondato è stato comunque adeguato in funzione dell'assetto altimetrico puntuale basandosi sui tiranti idrici individuati nei settori limitrofi.

La definizione Ee, Eb Em si riferisce agli esondati per Tr20-50, Tr200 e Tr500.

Le tavole di studio idraulico in formato A3 allegate alla presente relazione sono conformi a quanto riportato negli allegati 1 e 4 e viceversa; i suddetti elaborati riportano le conclusioni cui si è giunti a seguito dell'indagine.

La perimetrazione degli esondati riportate negli allegati grafici ed ottenuti con simulazione idraulica, ha previsto la verifica in sito delle risultanze delle simulazioni che hanno portato alla definizione delle esondazioni con correzione morfologica tra sezione e sezione.

Si specifica che in destra idrografica del Trincavenna, Nel comune limitrofo, i limiti di esondabilità ottenuti dalla simulazione vengono indicati specificamente in corrispondenza delle specifiche sezioni di verifica; tra una sezione e la successiva vengono tratteggiati e sono stati tracciati indicativamente su base morfologica ed idraulica con riferimento all'assetto ricostruito alla data del rilievo, senza tuttavia che ciò costituisca fasciatura definitiva; l'esatta perimetrazione delle fasce PAI, lato Brusasco, anche vista l'elevata edificazione ed antropizzazione che non consente valutazioni definitive, andrà effettuata a seguito di un'autonoma valutazione con eventuale maggior dettaglio delle condizioni morfo-idrauliche locali, come effettuato in questa sede solo per il comune di competenza