

Comune di Casale Monferrato

Settore Pianificazione Urbana e Territoriale

Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.G.C.
ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del PAI
circolare del P.G.R. 8 maggio 1996 n.7/LAP



Commessa
det.n°57 del 04/10/2001

Elaborato

C

Scala

—

Data

Relazione idraulica

Dott. Ing. Cristiano CAVALLO

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n. 8177F
Cod. Fisc. CVL CST70 C02 E506S

Gruppo di lavoro

Dott. Ing. Roberto SESENNA
Dipl. Ing. Fabio AMBROGIO

Consulenza Geologica

Studio PROGEO – Dott. Stefano SARTINI

R&C Studio Associato – CONSULENZA E PROGETTAZIONE INGEGNERIA IDRAULICA
C.so Francia,171bis – 10139 – Torino – tel./fax. (011) 747285 – e-mail: RC_ingegneria@libero.it

Diritti riservati ex art. 2578 C.C. – Riproduzione e consegna a terzi solo su specifica autorizzazione.

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	AREE TERRITORIALI DA SOTTOPORRE A VERIFICA IDRAULICA.....	3
2.1	IL P.R.G.C. DI CASALE MONFERRATO	3
2.1.1	<i>Aspetti generali.....</i>	3
2.1.2	<i>Categorie omogenee d'uso del suolo.....</i>	4
2.1.3	<i>Prescrizioni operative nelle diverse categorie.....</i>	6
2.1.4	<i>Aree all'interno delle fasce fluviali del Po disciplinate dal P.T.O.</i>	7
2.1.5	<i>Fasce di rispetto e Norme per la tutela del suolo</i>	8
2.1.6	<i>Norme specifiche per le aree esondabili.....</i>	10
2.2	AREE SOTTOPOSTE A VERIFICA IDRAULICA	10
3	INDICAZIONI PER LE ANALISI IDRAULICHE	14
3.1	METODOLOGIA.....	14
3.1.1	<i>Linee guida operative secondo la Circ. 7/LAP.....</i>	15
4	ASPETTI IDRAULICI LEGATI ALLA DINAMICA DEL FIUME PO	17
4.1	PREMESSA.....	17
4.2	RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO DELL'AUTORITÀ DI BACINO	18
4.3	INTERVENTI PREVISTI NEL PROGETTO DI INTEGRAZIONE DEL PAI	20
4.4	ANALISI CRITICA DEL PROGETTO D'INTEGRAZIONE AL PAI.....	21
4.5	SINTESI DELLE RISULTANZE DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL 6 DICEMBRE 2002	23
4.6	ASSUNZIONI IDRAULICHE PER LA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEL P.R.G.C. LEGATA AL FIUME PO ..	24
5	INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ IDRAULICHE DELLA RETE SECONDARIA	26
5.1	INTRODUZIONE E METODOLOGIA.....	26
5.2	RISULTATI.....	27
6	VERIFICHE IDRAULICHE DI DETTAGLIO.....	30
6.1	ANALISI E MODELLAZIONE IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE	30
6.1.1	<i>Metodologia di calcolo</i>	30
6.1.2	<i>Condizioni al contorno</i>	31
6.1.3	<i>Modalità di presentazione dei risultati</i>	33

ALLEGATI

Allegato A – Risultati delle analisi idrauliche (Tabelle e sezioni di calcolo, sezioni topografiche e livelli idrometrici di piena):

- Roggia Cornasso – interferenza CO2
- Roggia Castagna – interferenze CA1-CA2
- Rio della Rizza – interferenza RI1
- Torrente Gattola – interferenza GA3
- Torrente Gattola – interferenza GA4
- Torrente Gattola – interferenza GA8
- Torrente Rotaldo – interferenza RO2
- Torrente Rotaldo – interferenza RO3

1 Premessa

In questa parte si procede alla valutazione degli aspetti idraulici della rete idrografica. Secondo quanto indicato nell'art.18 c. 2 della Del. 1/99 dell'Autorità di Bacino (PAI), la verifica di compatibilità idraulica deve riguardare le previsioni dello strumento urbanistico vigente con le condizioni di dissesto idraulico presenti o potenziali.

La finalità è quindi quella di fornire il quadro dello stato del territorio sotto il profilo della sua pericolosità idraulica (ai sensi delle Circ. 7/LAP 5/96 e 14/LAP/PET 10/98), con particolare riferimento alle parti urbanizzate o soggette a previsioni di espansione urbanistica e indicare le misure da adottare al fine di rendere compatibili le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti con lo stato dei dissesti presenti o potenziali (ai sensi dell'art. 18 comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI).

Il punto di partenza dell'analisi è stato quindi l'esame dello strumento urbanistico vigente, con l'individuazione delle diverse categorie d'uso del territorio, in particolare delle parti urbanizzate o urbanizzande, per le quali effettuare la valutazione di compatibilità idraulica. E' stata quindi realizzata una sovrapposizione tra la cartografia del P.R.G.C. e il reticolo idrografico dell'intero territorio comunale e si è proceduto al rilievo in sito degli aspetti idrografici – idraulici delle diverse aree, per le quali predisporre la verifica di compatibilità e in particolare delle interferenze presenti lungo il reticolo idrografico. Nella maggior parte dei casi si è resa necessaria una campagna di rilievi topografici di dettaglio, per rilevare gli aspetti geometrici dell'alveo e del territorio circostante a scala adeguata.

Si è quindi giunti all'individuazione delle principali criticità idrauliche del reticolo idrografico (raccolte nelle schede monografiche dell'Elaborato D), in grado di determinare interferenze con le previsioni dello strumento urbanistico, e sono state verificate idraulicamente le interferenze a maggiore criticità.

Per la situazione di rischio determinata dalle piene del Po si è fatto riferimento agli studi predisposti nell'ambito del Progetto di Piano stralcio di integrazione al PAI.

Sulla base di tali risultati sono state elaborate le considerazioni sulla compatibilità idraulica del P.R.G.C. (v. Elaborato E), propedeutiche per la realizzazione della “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica” e per la stesura dei risultati definitivi della valutazione di compatibilità idraulica e idrogeologica elaborati dallo studio di geologia PROGEO.

2 Aree territoriali da sottoporre a verifica idraulica

Ai sensi dell'art. 16 comma 2 delle Norme di Attuazione del PSFF e dell'art. 39 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

L'art. 18 comma 3 sancisce inoltre che i Comuni, in sede di formazione e adozione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti, sono tenuti a confermare le loro previsioni, effettuando una verifica della compatibilità idraulica e idrogeologica delle parti urbanizzate o soggette a previsioni di espansione urbanistica con le condizioni di dissesto presenti o potenziali.

2.1 IL P.R.G.C. DI CASALE MONFERRATO

2.1.1 ASPETTI GENERALI

Il 1° Dipartimento – Pianificazione Urbana e Territoriale – del Comune di Casale Monferrato ha redatto il testo coordinato delle Norme di Attuazione del Piano Regolatore Generale Comunale, approvato con deliberazione della Giunta Regionale del 6 giugno 1989, in cui sono contenute anche le modificazioni apportate con le seguenti varianti al Piano Regolatore:

- Variante n. 1, approvata con D.G.R. n. 27-32130 del 2/94;
- Variante n. 2, approvata con D.G.R. n. 60-35830 del 6/94;
- Variante n. 3, approvata con D.G.R. n. 24-9497 del 6/96;
- Variante n. 6, approvata con D.G.R. n. 9-26176 del 11/98;
- Variante n. 7, approvata con D.G.R. n. 15-29970 del 5/00.

Le varianti n. 4 e n. 5, rispettivamente approvate con D.G.R. n. 25-9498 e 26-9499 del 6/96, non hanno apportato varianti normative.

Con delibera consiliare n. 41 del 11.04.2001 è stata infine approvata la Modificazione n.1 del P.R.G.C., sulle cui previsioni urbanistiche viene eseguita la presente verifica di compatibilità idraulica, come adeguamento dello strumento

urbanistico alle finalità, contenuti, prescrizioni della L.R. 56/77, secondo quanto disposto dall'art.19.

Al fine di assicurare un equilibrato rapporto tra residenze, attività, servizi e infrastrutture, ai sensi dell'art. 11 L.R. 56/77, il piano suddivide il territorio comunale in distretti di urbanizzazione, funzionalmente integrati.

2.1.2 CATEGORIE OMOGENEE D'USO DEL SUOLO

Con riferimento alle categorie omogenee di caratteristiche, densità ed uso del suolo, definite dall'art.2 del D.M. 2.4.1968 n.1444 ed ai fini della configurazione ed articolazione delle prescrizioni operative di cui all'art.13 della L.R. 56/77 e delle norme di cui al titolo quarto della medesima legge, il piano classifica le varie parti del territorio comunale secondo le seguenti categorie e sottocategorie:

- **Categoria A**

Le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestano carattere storico, artistico e di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi, comprese le aree circostanti che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi. Sono distinte nelle seguenti sottocategorie funzionali:

Ar: con preminente destinazione residenziale;

Ap: con preminente destinazione produttiva;

Asr: con preminente destinazione a pubblici servizi afferenti la residenza;

Asp: con preminente destinazione a pubblici servizi afferenti le attività produttive.

- **Categoria B**

Le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A; si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta degli edifici esistenti non sia inferiore al 12,5% della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore ad $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$:

Br: con preminente destinazione residenziale;

Bp: con preminente destinazione produttiva; classificabili come aree di riordino;

Bpr: occupate da edifici ed impianti produttivi esistenti, con caratteri di episodicità e collocate all'interno o ai margini di ambiti a destinazione residenziale;

Bsr: con preminente destinazione a pubblici servizi afferenti la residenza;

Bsp: con preminente destinazione a pubblici servizi afferenti le attività produttive.

- *Categoria C*

Le parti del territorio destinate a nuovi complessi insediativi, che risultino inedificate o nelle quali l'edificazione preesistente non raggiunga i limiti di superficie e densità di cui alla precedente lettera B:

Cr: con preminente destinazione residenziale;

Cp: con preminente destinazione produttiva; classificabili come aree di riordino;

Cpr: occupate da edifici ed impianti produttivi esistenti; con caratteri di episodicità e collocate all'interno o ai margini di ambiti a destinazione residenziale;

Csr: con preminente destinazione a pubblici servizi afferenti la residenza;

Csp: con preminente destinazione a pubblici servizi afferenti le attività produttive.

- *Categoria D*

Le parti del territorio destinate a nuovi insediamenti per impianti industriali o ad essi assimilati:

- *Categoria E*

Le parti del territorio destinate ad usi agricoli, escluse quelle in cui - fermo restando il carattere agricolo delle stesse - il frazionamento delle proprietà richieda insediamenti da considerare come zone C:

Ec: parti del territorio prevalentemente utilizzate per colture agricole, totalmente o parzialmente intercluse in ambiti territoriali a destinazione extragricola;

Er: nuclei frazionali minori e principali "cantoni" con caratteristiche prevalenti di insediamenti rurali, classificabili come annucleamenti

rurali;

Ee: aree libere o scarsamente edificate del territorio rurale;

Ef: aree come *Ee*, di rilevante interesse paesistico-ambientale, classificabili anche come aree di "preparco";

Ep: aree edificate, edifici, manufatti situati in aree agricole, adibiti ad usi extragricoli ed aree destinate o da destinare ad impianti.

- **Categoria F**

Le parti del territorio destinate ad attrezzature ed impianti di interesse generale.

Fv: preminentemente destinate a parco pubblico od assoggettate ad uso pubblico di livello urbano e comprensoriale;

Fr: come *Fv* con attrezzature ed impianti sportivi e ricreativi per l'impiego sociale del tempo libero;

Frp: come *Fr*, di carattere privato;

Fi: destinate ad attrezzature per l'istruzione superiore all'obbligo, nonché ad attrezzature sociali, sanitarie ed ospedaliere, di carattere pubblico;

Ft: destinate ad impianti tecnologici di interesse generale (acqua potabile, energia elettrica, gas, telecomunicazioni, depurazione, rifiuti solidi, ecc.), igienici (cimiteri) e ad attrezzature ed impianti di carattere speciale (caserme, aeroporti);

Fg: destinate ad altre attrezzature generali di interesse pubblico anche di carattere privato (ricreative, fieristiche, comunità assistenziali, scuole, autorimesse, strutture turistico-ricettive, attività terziarie: mercati, mattatoi, uffici).

2.1.3 PRESCRIZIONI OPERATIVE NELLE DIVERSE CATEGORIE

Le destinazioni d'uso proprie, ammesse od escluse nelle diverse parti del territorio, fondamentali per valutare la compatibilità idraulica delle aree, sono definite nel modo seguente, fatti salvi i vincoli e le norme particolari (v. art. 12 Norme di Attuazione P.R.G.C.):

- a) Le *abitazioni* costituiscono destinazione propria nelle aree Ar, Br, Cr; sono inoltre ammesse nelle aree destinate a insediamenti produttivi, a usi agricoli e a servizi Ec, limitatamente alle esigenze abitative del personale o alla conduzione.
- b) Le *attività agricole* costituiscono destinazione propria delle aree Ee, Ef; sono inoltre ammesse in altre aree con esigenze di abitabilità, salvaguardia, ecc.
- c) Le *attività industriali, artigianali e complementari* (commercio, servizi, trasporti, energia, ...) costituiscono destinazione propria delle aree D, Ap, Bp e Cp; sono inoltre ammesse nelle aree Bpr e Cpr, nelle aree Ep occupate da impianti produttivi e nelle aree a preminente destinazione residenziale Ar, Br, Cr e nelle aree Er limitatamente alle attività artigianali.
- d) Le *attività terziarie* (commerciali, finanziarie, direzionali, professionali e di servizio, pubblici esercizi, ...) sono ammesse nelle aree Ar, Br, Cr, nelle aree Ap, Bpr, Cpr, Bp, Cp, Ep, D limitatamente alle attività produttive insediate, nelle aree Er a servizio del contesto rurale e nelle aree F.
- e) I *servizi sociali e le attrezzature ed impianti comunali e regionali*, costituiscono destinazione propria delle aree As, Bs, Cs e F.
- f) Le *attività turistico-ricettive* (servizi turistici e di ristoro) sono ammesse nelle aree Ar, Br, Cr e Fg, nelle aree D2 ed Ep.

Ai sensi dell'art. 13 L.R. 56/77 il P.R.G.C. individua le aree da assoggettare a vincolo di inedificabilità ai fini della pubblica incolumità, che presentino caratteristiche negative dei terreni o incombenti o potenziali pericoli.

2.1.4 AREE ALL'INTERNO DELLE FASCE FLUVIALI DEL PO DISCIPLINATE DAL P.T.O.

Per la fascia fluviale inclusa nel perimetro individuato dal P.T.O. "Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali del Po" e dal Piano d'Area "Sistema regionale delle aree protette della fascia fluviale del Po" approvati con D.C.R. del 8.03.1995, valgono particolare prescrizioni, rientrando nelle aree di interesse paesistico-ambientale.

Gli interventi sono quelli ammessi dai sopraddetti Piani, nei rispettivi campi di applicazione, secondo le modalità e condizioni di intervento espressamente indicati

dall'art. 2.8 delle Norme di Attuazione. Tutti gli interventi su aree comprese nell'ambito di influenza diretta del P.T.O. che siano anche compresi in aree site all'interno delle fasce fluviali, secondo il *P.S.F.F.* dell'Autorità di Bacino, devono avvenire nel rispetto delle norme del Piano Stralcio.

Le zone comprese nell'ambito di operatività del Piano sono suddivise nelle seguenti classi, secondo quanto previsto dall'art. 2.3 delle N.T.A. del P.T.O., mentre per la loro individuazione cartografica si fa riferimento alle tavole 15 e 16 del P.T.O. stesso:

- *zone N* di prevalente interesse naturalistico, assoggettate al vincolo di inedificabilità; all'interno di tali zone, per le attività comportanti usi diversi da quelli naturalistici (motonautica), fino alla loro trasformazione sono ammesse opere di manutenzione straordinaria;
- *zona A* di prevalente interesse agricolo; nelle zone A2 e A3 all'interno della fascia di pertinenza fluviale, per la loro potenziale pericolosità dovuta all'esonazione del fiume Po e/o rottura degli argini, non sono consentiti nuovi insediamenti rurali;
- *zone T* di trasformazione disciplinate dalle N.T.A. del P.T.O.

Tutte le aree e gli elementi d'interesse naturalistico sono soggetti a tutela conservativa. Nel Piano vengono individuati alcuni "corridoi ecologici" in cui sono ammessi unicamente interventi compatibili con l'ambiente naturale da salvaguardare:

1. corridoio ecologico del fiume Po, delimitato dalla fascia naturale di profondità pari a 150 m, ai sensi della L. 431/85;
2. corridoio ecologico del rio Gabella e rio Rizza, delimitato dalla fascia di profondità 100 -150 m;
3. corridoio ecologico del fiume Sesia e torrente Marcova, delimitato dalla fascia di profondità 150 m.

2.1.5 FASCE DI RISPETTO E NORME PER LA TUTELA DEL SUOLO

Per le sponde di fiumi, torrenti e canali, nelle fasce di rispetto indicate nella cartografia del P.R.G.C. vengono applicati i vincoli d'uso imposti dall'art. 29 della L.R. 56/77, nonché quelli di cui alla L. 431/85. Lungo le sponde dei laghi, dei fiumi, dei

torrenti, dei canali, dei laghi artificiali e delle zone umide di maggiore importanza, è vietata ogni nuova edificazione, per una fascia di profondità di almeno 100 m per fiumi, torrenti e canali non arginati, 25 m dal piede esterno degli argini maestri e 200 m per i laghi naturali, artificiali e per le zone umide.

Ai fini della tutela dell'assetto idrogeologico non sono ammessi interventi di nuovo impianto naturalistico e urbanistico, salvo quanto ammesso per le aree F all'art. 13 delle Norme di Attuazione del P.R.G.C., sulle seguenti aree:

- zone alluvionabili o zone in frana con caratteristiche geotecniche pessime, secondo l'allegato tecnico A1d;
- su aree di categoria E soggette a vincolo idrogeologico ai sensi dell'art. 7 del R.D. 3267/23.

Ai sensi del punto 3.10 della circolare del P.G.R. del 8 maggio 1996, n.7/LAP, su tutto il territorio comunale:

- a) la copertura dei corsi d'acqua, principali o del reticolato minore, mediante tubi o scatolari anche di ampia sezione non è ammessa in nessun caso;
- b) le opere di attraversamento stradale dei corsi d'acqua dovranno essere realizzate mediante ponti, senza ridurre la larghezza dell'alveo a "rive piene" misurata a monte dell'opera;
- c) non sono ammesse occlusioni, anche parziali, dei corsi d'acqua incluse le zone di testata tramite riporti vari;
- d) nel caso dei corsi d'acqua arginati e di opere idrauliche deve essere garantita la percorribilità, possibilmente veicolare, delle sponde a fini ispettivi e manutentivi;
- e) in caso di rifacimenti di tratti intubati i canali devono essere riportati a cielo aperto, utilizzando, dove tale operazione non è possibile, coperture mediante griglie metalliche asportabili e, ove occorra, transitabili.

Su tutto il territorio collinare, oltre ai divieti posti dalle leggi statali e regionali, non è ammesso ai fini di tutela idraulica:

- g) modificare il regime idrologico dei rivi collinari, con opere di copertura; modificare l'assetto del letto mediante restringimenti, sbarramenti; alterare la direzione di deflusso delle acque;

- h) addurre in superficie le acque della falda freatica intercettata in occasione di scavi, sbancamenti o perforazioni, senza regimentare il conseguente deflusso;
- m) impermeabilizzare cortili, viali, mediante manti bituminati o cementizi, senza la previsione di opere che assicurino una corretta raccolta delle acque piovane.

2.1.6 NORME SPECIFICHE PER LE AREE ESONDABILI

Ai sensi e per gli effetti della legge 183/89 e della L.R. 56/77, il piano individua le zone ove, per le condizioni di rischio di calamità naturali, si rende opportuno sottoporre la attività edilizia a speciali norme ai fini di assicurare un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni alluvionali nonché di difesa e di tutela del suolo e dell'ambiente.

Le "aree tipo" sono un insieme formato dalle porzioni di territorio individuato nelle classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica così come definite dalla circolare P.G.R. del 8 maggio 1996 n.7/LAP sotto indicate.

Gli interventi nelle "aree tipo" di categorie a rischio individuate dal P.R.G.C. dovranno rispettare, oltre tutte le condizioni già stabilite negli art. 13 e 16 delle rispettive N.d.A., le indicazioni e prescrizioni contenute nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e nel Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Nell'**Elaborato E** sono riportate in dettaglio le classificazioni delle aree tipo individuate nel P.R.G.C. di Casale Monferrato, sulla base degli effetti dell'evento alluvionale del novembre 1994 (*"Carta della dinamica fluviale, dei dissesti, dei danni e delle infrastrutture di difesa esistenti. Aree allagate: livelli presunti, novembre 1994"*, allegata alla Relazione geologica e idrogeologica del territorio comunale a corredo della variante di P.R.G.C.), e gli interventi consentiti all'interno delle aree esondabili.

2.2 AREE SOTTOPOSTE A VERIFICA IDRAULICA

Con riferimento alle destinazioni d'uso delle aree previste nel P.R.G.C., alle prescrizioni operative e alle norme e vincoli adottati per la tutela idrogeologica, si rende necessaria effettuare, ai fini idraulici, la seguente classificazione del territorio,

secondo quanto già indicato nelle Tavole 1:10.000 di assetto generale del piano (3b1, 3b2 e 3b3) e nella rispettiva legenda repertorio dei servizi per le tavole del piano 1:10.000 (Tav. 3e) del P.R.G.C. di Casale Monferrato:

- AREE A PREMINENTE DESTINAZIONE RESIDENZIALE. Tali aree sono suddivise in distretti di Urbanizzazione residenziale (DR) e comprendono le seguenti categorie omogenee d'uso del suolo (art. 11 N.d.A.) e/o d'intervento (art. 13 N.d.A.): Ar zone di recupero del centro storico e del resto del territorio (art. 27 L. 457/78), Br1 e Br1 zone di recupero, Br2 e Br2 zone di recupero, Cr1, Cr1 zone di recupero e Cr1 zone di recupero con obbligo di piano esecutivo (art. 41bis L. 457/78), Cr1/1, Cr1/2, Cr2, Cr2/1, Cr2/2, Cr3, Ec, Bpr1, Cpr1, Bpr2.
- AREE A PREMINENTE DESTINAZIONE AGRICOLA. Tali aree sono suddivise in distretti agricoli (DE) e comprendono le seguenti categorie omogenee d'uso del suolo (art. 11 N.d.A.) e/o d'intervento (art. 13 N.d.A.): Ee, Ef, Er, Ep1, Ep2 e ambiti di recupero ai fini dell'art. 16.3/3.1 punto 8 delle N.d.A.
- AREE PER SERVIZI SOCIALI AFFERENTI I DISTRETTI RESIDENZIALI E AGRICOLI (art. 21 sub 1 L.R. 56/77). Tale categoria comprende i principali complessi di aree di categoria Asr, Bsr, Csr, di carattere polifunzionale da attuare mediante piani tecnici esecutivi di cui all'art. 47 della L.R. 56/77, le aree di categoria Fv ed Fr all'interno delle quali devono essere ricavate aliquote di superfici da destinare a servizi di categoria Csr per il gioco, il verde, lo sport, le aree di categoria Fg all'interno delle quali devono essere ricavate aliquote di superfici da destinare a servizi di categoria Asr o Bsr per attrezzature di interesse comune, i principali spazi di relazione.
- AREE A PREMINENTE DESTINAZIONE PRODUTTIVA (industriale – artigianale – commerciale). Tali aree sono suddivise in distretti di urbanizzazione industriale (DI) e comprendono le seguenti categorie omogenee d'uso del suolo (art. 11 N.d.A.) e/o d'intervento (art. 13 N.d.A.): Ap, Bp1, Bp2, Cp, D1, D2, D4, D5.
- AREE PER SERVIZI SOCIALI AFFERENTI I DISTRETTI A PREMINENTE DESTINAZIONE PRODUTTIVA (art. 21 sub 2-3 L.R. 56/77). Tale categoria comprende i principali complessi di aree di categoria Asp, Bsp, Csp.

- AREE PER SERVIZI SOCIALI, ATTREZZATURE ED IMPIANTI DI INTERESSE GENERALE (art. 2 Lettera F – DM 2.4.1968 n. 1444 e art. 22 L.R. 56/77). Comprendono le seguenti categorie omogenee d'uso del suolo (art. 11 N.d.A.) e/o d'intervento (art. 13-16 N.d.A.): Fv, Fr1, Fr2, Fv e Fr ambiti per i quali è ammessa la formazione di attrezzature ricettive di carattere temporaneo, Frp, Fg, Ft ed Fi.
- AREE SOGGETTE A TUTELA DEL SUOLO E DELL'AMBIENTE. Nel P.R.G.C. sono delimitate le aree di categoria E ed F con vincolo di inedificabilità a tutela delle sponde fluviali e dei corsi d'acqua (art. 27 L.R. 56/77 e L. 431/85) disciplinati dall'art. 17 delle N.d.A., le fasce fluviali di interesse paesistico ambientale disciplinate in base all'art. 16.3/3.1 delle N.d.A., le aree di categoria E di pertinenza di beni di carattere storico documentario e culturale ambientale, nonché emergenze del sistema naturalistico (art. 3.3 delle N.d.A. del P.T.O.) quali corridoi ecologici e boschi con vincolo di inedificabilità a tutela dei medesimi.

Nelle tavole del piano sono inoltre indicate le aree soggette a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/23.

La classificazione sopra riportata consente di individuare le aree che per tipologia d'uso e prescrizioni operative devono essere soggette alla verifica di compatibilità idraulica. In particolare dovranno essere analizzate le previsioni urbanistiche relative alle aree di preminente destinazione residenziale, produttiva e a servizi sociali, che comprendono tutte le zone interessate da urbanizzazione o da espansione urbanistica.

L'analisi di compatibilità può essere estesa anche alle aree a destinazione agricola di tipo Er ed Ep, costituenti nuclei frazionali minori e principali cantoni con caratteristiche di insediamenti rurali, aree edificate, edifici posti in aree agricole, adibiti ad usi extragricoli o da destinare a impianti.

Ai fini della valutazione di compatibilità idraulica saranno quindi escluse tutte le aree a preminente destinazione agricola di tipo Ee ed Ef, poiché compatibili per destinazione d'uso all'eventuale presenza di pericolosità idraulica, e le aree già soggette a particolari prescrizioni di tutela del suolo e dell'ambiente, disciplinate dal P.T.O. e dal Piano D'Area, comprendenti le fasce fluviali di interesse paesistico

ambientale e le aree di categoria E di pertinenza di beni di carattere storico documentario e culturale, ambientale.

Sarà tuttavia valutata la compatibilità delle zone che pur ricadendo all'interno di tali delimitazioni e soggette alle prescrizioni di cui sopra sono destinate ad accogliere servizi sociali.

3 Indicazioni per le analisi idrauliche

3.1 METODOLOGIA

La verifica di compatibilità idraulica delle aree individuate nel precedente paragrafo è condotta attraverso l'analisi degli aspetti idrologici – idraulici di tutta la rete idrografica, che comprende il fiume Po e il reticolo idrografico minore, secondo le linee guida operative della Circ. 7/LAP.

La prima fase di lavoro è stata finalizzata alla verifica di compatibilità idraulica dello strumento urbanistico con i rischi generati dal reticolo idrografico minore, ed è condotta sulla base di topografia di dettaglio e di eventuali rilevazioni puntuali, nonché sui risultati dell'analisi idrologica. La delimitazione alla scala opportuna delle porzioni di territorio soggette a dissesti idraulici presenti o potenziali è stata affrontata attraverso l'esecuzione di sopralluoghi e il censimento delle strutture interferenti con il reticolo idrografico, individuando i punti o i tratti dei corsi d'acqua ritenuti più critici.

Per la verifica di compatibilità idraulica sono stati quindi analizzati tutti i corsi d'acqua del reticolo idrografico minore in grado di determinare condizioni di pericolosità, individuando le eventuali limitazioni al deflusso, sotto forma di schede monografiche relative al singolo corso d'acqua e all'area urbanistica in esame (v. **Elaborato D** e **Tavola 3**). In casi particolari, dove la valutazione di compatibilità richiede un'analisi idraulica più accurata, sono stati eseguiti dei rilievi topografici di dettaglio, finalizzati all'implementazione di modellistica numerica monodimensionale, per lo studio della dinamica dell'erosione del corso d'acqua e l'indicazione dei livelli di piena.

La seconda fase di lavoro costituisce la verifica di compatibilità idraulica dello strumento urbanistico vigente con l'idrodinamica del fiume Po, soprattutto in relazione all'ultimo evento alluvionale dell'Ottobre 2000. Tale verifica è condotta sulla base di una preventiva analisi critica dei risultati e delle assunzioni degli studi idraulici redatti dall'Autorità di Bacino e dal Magistrato per il Po, conseguenti al progetto denominato *“Verifica e eventuale aggiornamento degli studi e della progettazione di fattibilità della sistemazione idraulica con particolare riguardo alla criticità rappresentata dal nodo di Casale Monferrato”*, del progetto di Piano Stralcio

di Integrazione al P.A.I. (integrazione n.1) adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n.19 del 26.04.01.

Sarà quindi valutata la compatibilità idraulica dello strumento urbanistico, con particolare riferimento alla delimitazione delle fasce fluviali del Po e all'effetto degli interventi di difesa in progetto.

3.1.1 LINEE GUIDA OPERATIVE SECONDO LA CIRC. 7/LAP

La Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n. 7/LAP prevede che siano censite le opere di difesa idraulica in base ad un'apposita scheda di rilevamento analoga a quella prevista dalla D.G.R. n.2-19274 dell'8/3/88, la quale consenta di esprimere in chiave qualitativa una valutazione di massima circa la capacità di attenuazione della pericolosità.

Allo stesso modo occorre censire tutte le limitazioni al regolare deflusso idraulico, sia naturali che di origine antropica (strette naturali, ponti, passerelle, traverse di derivazione, intubamenti, inscatolamenti, ...), nell'ottica della loro successiva modifica o rimozione.

Deve essere quindi analizzato il reticolo idrografico minore sia naturale che artificiale, attraverso un'adeguata valutazione delle tipologie d'alveo, delle granulometrie mobilizzabili sul fondo e delle pendenze, al fine d'individuare le modalità del deflusso delle acque, evidenziando gli eventuali punti critici e gli intubamenti.

La delimitazione delle fasce di pertinenza della dinamica fluviale e torrentizia del reticolo idrografico principale e minore viene condotta in base al criterio geomorfologico, inteso come delimitazione delle fasce al contorno dell'alveo attivo, che può essere occupato dalle acque di piena. In assenza di evidenze geomorfologiche è prevista l'applicazione delle fasce di rispetto individuate dall'art.29 L.R. 56/77. Per il reticolato minore, solo in seconda battuta eventualmente, la delimitazione si potrà basare su criteri di tipo idraulico, in sintonia con quelli applicati dall'Autorità di Bacino.

L'alveo inciso e le aree adiacenti sono classificate nella Classe III o IIIa, quale fascia di rispetto assoluto. Nell'individuazione delle fasce sarà necessario distinguere il reticolo naturale da quello antropico, evidenziando il caso in cui quest'ultimo svolga

comunque ruolo di collettore drenante per le aree attraversate.

Nel D.G.R. 45 – 6656 del 15/7/02 della Regione Piemonte vengono distinte, all'interno degli indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico, processi di tipo lineare e di tipo areale.

Nel caso di aree interessate in prevalenza da dissesti legati alla dinamica del reticolo idrografico, non adeguatamente rappresentabili alla scala di riferimento a causa delle condizioni morfologiche degli ambiti territoriali oggetto di studio, si usa una rappresentazione di tipo lineare, distinguendo tre livelli di intensità del processo (Ee_L = molto elevata, Eb_L = elevata, Em_L = media/moderata). Tale distinzione non deve comunque essere fatta su tutto il reticolo idrografico secondario, ma deve essere evidenziata per le situazioni rilevanti ai fini del censimento del dissesto o per gli ambiti urbanizzati o di prevista urbanizzazione.

Nel caso di aree interessate da dissesti legati alla dinamica del reticolo idrografico principale non fasciato, e/o secondario, adeguatamente rappresentabili alla scala di riferimento, si procede alla definizione del livello di pericolosità in base a valutazioni di carattere geomorfologico, unitamente ad approfondimenti di natura idraulica:

- Ee_A (molto elevata): aree inondabili con acque ad elevata energia e tiranti ingenti (indicativamente $h > 40$ cm), caratterizzate dalla presenza di rilevanti fenomeni di erosione/deposito (trasporto solido, solchi e tracce di erosione, divagazione dell'alveo, riattivazione di canali abbandonati, ...); aree ad alta probabilità di inondazione (con Tr 20 – 50 anni) sulla scorta di specifiche verifiche idrauliche;
- Eb_A (elevata): aree inondabili da acque con tiranti ingenti (indicativamente $h > 40$ cm), caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di erosione/deposito; aree a modesta probabilità di inondazione (con Tr 100 – 200 anni) sulla scorta di specifiche verifiche idrauliche;
- Em_A (media/moderata): aree inondabili, esterne alle precedenti, individuate su evidenze geomorfologiche; aree inondabili da acque con bassa energia e/o tiranti modesti (indicativamente $h < 40$ cm), legate ad esondazione del reticolo artificiale di pianura oppure ad allagamenti dovuti a difficoltà di drenaggio in settori disgiunti dai corsi d'acqua naturali; aree a bassa probabilità di inondazione (con Tr 300 – 500 anni).

4 Aspetti idraulici legati alla dinamica del fiume Po

4.1 PREMESSA

Con atto deliberativo n. 19/2001 del 26 aprile 2001, il Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume Po ha adottato il Progetto di Piano Stralcio di Integrazione al P.A.I. ai sensi dell'art.18 della L. 183/89 *“Integrazione n.1: nodo idraulico di Ivrea, Po piemontese da confluenza Sangone a confluenza Tanaro, Po lombardo da S. Cipriano Po ad Arena Po”*, con pubblicazione sulla G.U. n.166 del 19.07.2001.

Gli interventi previsti nel Piano Stralcio di Integrazione sono conseguenza dello *“Studio e progettazione di fattibilità della sistemazione idraulica del tratto di Po compreso tra confluenza Dora Riparia e confluenza Tanaro, con particolare riferimento alla criticità rappresentata dal nodo di Casale Monferrato”*, redatto nell'ambito delle attività di progettazione stralcio finalizzate al Piano di Bacino del fiume Po da RISORSE IDRICHE S.p.A., su incarico dell'Autorità di Bacino, e completato nel giugno 2001.

In data 10.07.2001, 19.07.2001, 3.09.2001 e 8.10.2001, la Provincia di Alessandria ha convocato specifiche riunioni di approfondimento con gli Enti Locali e le Associazioni agricole in merito ai contenuti del progetto di Integrazione n.1 del PAI e ha affidato l'incarico di realizzare un'analisi critica dello studio sopraccitato all'Università degli Studi di Pavia – Dipartimento di ingegneria Idraulica e Ambientale, la cui relazione conclusiva è stata consegnata nel novembre 2001.

Dai risultati di tale analisi, in cui sono state rilevate alcune criticità nelle risoluzioni contenute nel Progetto di Integrazione, la Provincia di Alessandria e il Comune di Casale Monferrato chiedono una revisione tecnica delle criticità individuate nell'ambito degli interventi previsti, con la riproposizione integrale conseguente dell'intero progetto.

Come da oggetto d'incarico, l'analisi di compatibilità idraulica dello strumento urbanistico è svolta in riferimento ai risultati delle conclusioni dell'Autorità di Bacino del fiume Po, conseguenti al progetto denominato *“Verifica e eventuale aggiornamento degli studi e della progettazione di fattibilità della sistemazione idraulica con particolare riguardo alla criticità rappresentata dal nodo di Casale*

Monferrato”, considerando anche le osservazioni riportate nell’analisi critica del Progetto d’Integrazione svolta dall’Università degli Studi di Pavia.

4.2 RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO DELL’AUTORITÀ DI BACINO

La finalità dello studio commissionato dall’Autorità di Bacino consiste nella revisione delle linee di intervento sul tratto fluviale del Po, tra le confluenze della Dora Baltea e del Tanaro, a seguito dell’evento alluvionale dell’ottobre 2000 e nella definizione di un nuovo programma operativo di riassetto idraulico rispondente ai criteri del piano di Bacino.

Nell’**Elaborato A**, a cui si rimanda, sono riportate le situazioni di criticità idraulica individuate dal sopraccitato studio lungo il tratto fluviale del Po nella zona di Casale Monferrato.

Lo studio idrologico – idraulico ha riguardato l’analisi dell’evento alluvionale dell’ottobre 2000, la verifica della piena di progetto definita dal PAI, alcune applicazioni modellistiche nei tratti più critici e la verifica degli effetti degli interventi proposti per la difesa del territorio.

La valutazione delle portate al colmo transitate nella sezione di Crescentino è stata eseguita in base alle scale di deflusso e a specifiche osservazioni svolte sulle tracce di piena o nel corso della piena stessa. La fase di colmo si è mantenuta per un periodo di circa 24 ore, con un picco di $8.100 \text{ m}^3/\text{s}$ di breve durata, probabilmente legato a fenomeni impulsivi prodotti dalla Dora Baltea, e un volume complessivo transitato (dal 14 al 22 ottobre 2000) pari a circa 1,7 miliardi di metri cubi d’acqua.

L’evoluzione dell’evento di piena è stata seguita mediante registrazione continua anche presso la traversa Lanza a Casale; attraverso l’applicazione di scale di deflusso teorico - sperimentali presso la sezione del ponte stradale di Casale M.to si è stimata una portata al colmo di $7450 \text{ m}^3/\text{s}$ (nel '94 era risultata pari a $6500 \text{ m}^3/\text{s}$), con livelli idrometrici di 112,18 m s.l.m. e di 117,00 m s.l.m. presso la traversa Lanza.

Le valutazioni idrauliche sono state rivolte dapprima alla ricostruzione idrodinamica dell’evento alluvionale del 2000, considerando i fenomeni di esondazione legati alle rotte e sormonti arginali, e alla verifica dei deflussi nell’ipotesi di contenimento della piena all’interno della fascia B (scenario conseguente alla

realizzazione di tutti gli interventi previsti dal PAI). In seguito, con il modello calibrato sull'evento del 2000 e implementato sul codice numerico MIKE 11, sono stati simulati diversi scenari di progetto per la sistemazione fluviale.

Il tratto fluviale considerato nel modello si estende dalla confluenza della Dora Riparia al ponte stradale di Isola S. Antonio, utilizzando le sezioni rilevate dal Magistrato per il Po nel 1999, estese in destra e sinistra oltre la fascia B, integrate da rilievi eseguiti tra il 1995 e il 2000 e comprensive delle infrastrutture interferenti (ponti, traverse, ...).

Dalle simulazioni si è osservato che tra Crescentino e Casale, complessivamente, le rotte arginali di Palazzolo V.se e Morano hanno provocato un deflusso di esondazione all'esterno della fascia B in sinistra, valutabile in circa 30 milioni di m³. In particolare, da Palazzolo in corrispondenza della prima rotta, il colmo di piena è stato ridotto di circa 300 m³/s consentendo il transito nel tratto urbano di Casale M.to di una portata di 7450 m³/s.

Una riduzione significativa delle portate al colmo è stata provocata inoltre dall'effetto di laminazione del picco principale dell'idrogramma a monte delle rotte sopraccitate.

Al fine di valutare la portata che in assenza di esondazione sarebbe transitata in corrispondenza di Casale Monferrato, è stata eseguita una simulazione ipotizzando un deflusso dell'evento dell'ottobre 2000 all'interno della fascia B in perfetta tenuta, cioè ad assetto idraulico di progetto completato, mantenendo le alterazioni morfologiche causate dalla piena nelle sezioni delle traverse Enel di Trino e del Canale Lanza a Casale M.to.

A valle di Palazzolo V.se, fino all'abitato di Casale M.to, la portata al colmo risulta superiore i circa 300 m³/s rispetto a quella registrata nel corso dell'evento alluvionale, con un valore di 7750 m³/s, con livelli idrometrici tra la traversa Lanza e il ponte stradale di Casale superiori di 0,2 m, con rischio di sormonto degli argini presenti in corrispondenza della città.

Nell'ipotesi di ripristino delle traverse nella configurazione precedente la piena, con stabilizzazione del piano golenale, si verifica un innalzamento del livello a monte della traversa del Canale di Lanza pari a 0,05 m, che si esaurisce nella sezione a valle dell'attraversamento di Pontestura.

In fase successiva sono stati verificati gli effetti degli interventi in progetti previsti dal PAI, relativi ad interventi in alveo sui nodi di Trino e Casale e in golena, mirati all'arretramento della fasce B attuale, massimizzando la funzione di laminazione delle piene.

Nel caso di eliminazione della soglia a difesa del ponte ferroviario si otterrebbe un abbassamento locale del livello idrometrico di piena di circa 0,45 m; l'ampliamento della luce del ponte stradale comporterebbe invece un abbassamento di circa 1,23 m, che si propaga fino oltre l'abitato di Pobietto, dove risulterebbe ancora pari a 0,16 m. L'effetto combinato dei due interventi comporterebbe invece un abbassamento idrometrico complessivo di 1,48 m presso il ponte stradale.

Nell'ipotesi di intervenire anche con la formazione di aree esondabili da destinare alla laminazione dell'onda di piena, estendendo la fascia B attuale (espansione della piena nelle aree B, D, E, F individuate nel PAI, e aree A e C destinate alla rete minore), si otterrebbe una riduzione di livelli idrometrici di circa 0,17 m presso il concentrico di Casale Monferrato e fino a 0,44 m presso l'abitato di Valmacca, con una riduzione di portata sull'intero tronco fluviale di 40 m³/s.

Si precisa che per il nodo di Casale Monferrato l'analisi è stata approfondita con simulazioni con modellazione bidimensionale.

4.3 INTERVENTI PREVISTI NEL PROGETTO DI INTEGRAZIONE DEL PAI

Il Progetto di Piano stralcio di integrazione al Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato nell'aprile 2001, tiene conto dell'esigenza di aumentare le condizioni di sicurezza per gli abitati, prevedendo degli interventi tesi ad aumentare la capacità di deflusso e a massimizzare la funzione di laminazione delle aree golenali, per evitare la formazione a valle di idrogrammi di piena più gravosi.

In particolare, per il tratto di fiume Po compreso tra la confluenza della Dora Baltea e quella del Tanaro, a seguito degli studi di approfondimento citati, sono previsti interventi di manutenzione straordinaria e di ripristino delle opere danneggiate, interventi di prima fase relativi alle opere di difesa prioritarie e interventi di seconda fase relativi ad opere di completamento.

Gli interventi delle ultime due fasi riguardano:

- il completamento e l'adeguamento in quota del sistema arginale esistente;
- la realizzazione di interventi in alveo per migliorare le condizioni di deflusso in corrispondenza dei centri abitati (Trino e Casale);
- l'estensione della fascia B su aree esterne all'attuale delimitazione, per laminazione delle piene del Po e della rete minore.

Come descritto nell'**Elaborato A**, a cui si rimanda, presso Casale M.to sono previste due zone di intervento: area "C" e area "D".

- L'area "C" è posta in sinistra idrografica a tergo dell'argine del Po ed è compresa tra la C.na Ghiaia o Florida e l'abitato di Casale Monferrato, per una superficie di 3,6 km², destinata alla laminazione delle piene lungo la rete idrografica minore.
- L'area "D" è ubicata in sinistra idrografica a tergo dell'attuale argine del Po ed è compresa tra lo stesso argine, il rilevato ferroviario e la zona di confluenza del Sesia, per una superficie di circa 4,1 km², destinata alla laminazione delle piene dovute alla rete idrografica minore e all'espansione delle esondazioni del Po.

Tali interventi comportano l'ampliamento della fascia B in sinistra idrografica all'interno del territorio comunale di Casale Monferrato e pertanto devono essere considerati nell'analisi di compatibilità delle previsioni dello strumento urbanistico.

4.4 ANALISI CRITICA DEL PROGETTO D'INTEGRAZIONE AL PAI

L'analisi critica dello studio effettuato dalla RISORSE IDRICHE S.p.A. per conto dell'Autorità di Bacino, è stata eseguita dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica dell'Università di Pavia su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Alessandria, con la finalità di rispondere alle questioni poste dagli amministratori stessi in merito alla necessità della soluzione proposta, che prevede un allargamento notevole della fascia B.

Nella relazione conclusiva di tale studio, redatta nel novembre 2001, sono state individuate le portate del Po per i diversi tempi di ritorno (tabella 1), introducendo o meno nella serie storica il valore relativo all'evento dell'ottobre 2000:

Tabella 1 – Valori della portata del Po per diversi tempi di ritorno.

T	Q_(senza 2000)	Q_(con 2000)
(anni)	(m³/s)	(m³/s)
50	5450	5880
100	6440	7020
200	7540	8300
500	9150	10220

Ne consegue che alla portata al colmo di 7750 m³/s, osservata virtualmente in occasione della piena del 2000, si deve assegnare un tempo di ritorno di 152 anni, se si adotta la distribuzione che include l'osservazione stessa, di 231 se si adotta quella che la esclude.

Nelle simulazioni di verifica è stata calcolata anche l'onda di piena con tempo di ritorno di 200 anni, di volume 1707 Mm³ e portata al colmo di 8300 m³/s.

I risultati dell'analisi critica rilevano che la simulazione dello studio dell'Autorità di Bacino è insufficiente per quanto riguarda l'effetto delle zone di espansione aggiuntive e di conseguenza la nuova delimitazione della fascia B delimitata nello studio è la più ampia possibile; da studi successivi, in cui si definissero le dimensioni degli argini e le effettive modalità di utilizzo delle vasche di laminazione, potrebbe risultare l'opportunità di utilizzare un'estensione minore ed eventualmente un minor numero di zone di espansione aggiuntive.

Nell'ipotesi che si allarghi la sezione di transito in golena, realizzando un nuovo argine maestro, la maggior area disponibile viene utilizzata dalla corrente non appena la quota del pelo libero diventa localmente superiore alla quota del fondo, con una generale riduzione del valore dei colmi di livelli su tutto il tratto del fiume Po in esame, di circa 0,2-0,5 m; si rileva tuttavia l'effetto praticamente nullo dell'area B, dovuto alla quota del fondo troppo elevata. L'effetto di riduzione sul colmo di portata è trascurabile.

Nell'ipotesi di funzionamento delle vasche di laminazione attraverso il sormonto degli argini golenali, si osserva un abbassamento dei livelli idrici sensibilmente maggiore. Anche in questo caso l'area B risulta di scarsa efficacia, e la laminazione del colmo di piena diventa apprezzabile solo a valle dell'area D, a causa dell'idrogramma di piena considerato, che ha una durata del colmo di piena di ben 22 ore, come quello che si è verificato nel corso dell'alluvione dell'ottobre 2000.

L'analisi ritiene inoltre possibile che uno studio particolarmente accurato del reticolo idrografico secondario e l'individuazione di opportune scelte progettuali potrebbero diminuire la necessità, e quindi la dimensione, delle zone di espansione espressamente dedicate all'idrografia minore, indicate nel progetto di integrazione al PAI con le lettere A e C (le aree indicate con B e D sono invece destinate a scopo misto).

4.5 SINTESI DELLE RISULTANZE DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL 6 DICEMBRE 2002

Nella Conferenza Programmatica tenutasi il 6 dicembre 2002 presso il comune di Casale Monferrato, sono stati chiariti gli aspetti necessari alla approvazione in via definitiva di quella parte del PAI che riguarda la zona del Casalese danneggiata in conseguenza degli eventi alluvionali del 2000.

In particolare viene posta l'attenzione sulle aree di esondazione collocate a tergo degli argini, che sono state definite quali aree messe a disposizione per la laminazione delle portate, anche conseguenti ai deflussi sui rii minori. Per esse si afferma la necessità di adottare delle norme di salvaguardia temporanee della durata di tre anni, per non aumentare il rischio in queste zone che sono ad elevata pericolosità e verificare se queste norme di salvaguardia possono essere trasformate in norme di piano, oppure essere oggetto di una successiva valutazione per mitigarne le conseguenze.

Ai sensi dell'art. 17, comma 3, della legge 183/89, viene quindi adottata una norma cautelare e transitoria della durata di anni tre per tutte le aree in oggetto, la quale dispone che, in vista dei rilievi topografici ed in attesa dello studio di fattibilità di tali opere, sia impedita la realizzazione di opere o azioni dirette alla trasformazione dei territori, le quali, ove realizzate, potrebbero aggravare le condizioni di rischio. Quei territori sarebbero quindi soggetti alle stesse prescrizioni valevoli per la fascia A, ossia a norme che impediscono le trasformazioni e consentono solo il mantenimento dello stato di fatto.

Tra le attività e gli approfondimenti da definire e da condurre in termini di cronoprogramma degli studi, è prevista inoltre la formazione del modello fisico per il

tratto di Po a Casale Monferrato a monte e a valle degli attraversamenti stradale e ferroviario, al fine di definire gli interventi strutturali e non strutturali per la mitigazione dell'elevato rischio idraulico.

Si approva inoltre di procedere ad un piano di manutenzione d'intesa tra l'Autorità di Bacino, la Regione Piemonte, l'Agenzia interregionale per il fiume Po e il Parco del Po con movimentazione e prelievo di inerti, sistemazione dell'alveo e delle regioni golenali.

4.6 ASSUNZIONI IDRAULICHE PER LA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEL P.R.G.C. LEGATA AL FIUME PO

Alla luce degli interventi previsti nel Progetto d'Integrazione al PAI, delle analisi idrauliche condotte dagli studi citati, dalle osservazioni poste dall'Università di Pavia e accolte dagli Amministratori locali, per l'analisi di compatibilità idraulica delle previsioni dello strumento urbanistico, occorre considerare i seguenti aspetti legati alla pericolosità degli eventi di piena del Po:

1. gli effetti della piena dell'ottobre 2000, illustrati nell'**Elaborato A** e nella **Tavola 2** e in particolare l'estensione delle aree allagate e i tiranti idrici misurati nelle diverse aree del territorio comunale;
2. gli effetti degli interventi previsti, e in particolare la riduzione del rischio idraulico di esondazione e allagamento delle aree stesse;
3. le conseguenze sull'uso del territorio dovute alla realizzazione delle aree di esondazione, con l'ampliamento della fascia fluviale B.
4. la norma cautelare transitoria di durata 3 anni, adottata nella Conferenza Programmatica del 12/02 e applicata alle aree di esondazione delle aree in fascia B di progetto.

Per la verifica di compatibilità legata alla dinamica del Po, lo strumento urbanistico deve essere quindi verificato nella situazione che prevede l'arretramento della fascia B secondo le indicazioni riportate nel Progetto di Integrazione al PAI sopraccitato. Benché infatti tale soluzione d'intervento sia ancora in fase di discussione, risulta come la configurazione più significativa per la valutazione di compatibilità idraulica

dello strumento urbanistico, in quanto prevede la massima estensione della fascia B possibile e quindi la situazione idraulica più sfavorevole per le zone interessate.

Si ritiene opportuno riportare anche alcune considerazioni di compatibilità in relazione agli effetti di allagamento registrati nel corso dell'evento dell'ottobre 2000, che costituiscono una condizione di riferimento per considerare l'interazione della piena lungo la rete secondaria con il fiume Po, fenomeno che negli studi citati non è stato preso in considerazione.

Benché infatti l'obiettivo degli interventi in progetto sia quello di scongiurare il ripetersi di effetti simili a quelli verificatisi nell'ottobre 2000, con il contenimento delle esondazioni del Po, è di difficile valutazione l'effetto legato alle piene della rete idrografica secondaria, sia per la complessità della stessa, sia per le eventuali interazioni con la piena del Po nei tratti più a monte di Casale Monferrato, sia infine per gli interventi che saranno realizzati lungo tali corsi d'acqua nei comuni confinanti (es. Roggia Stura, ...).

Ne consegue che la verifica di compatibilità legata alla pericolosità idraulica dei rii minori deve essere fondata sulla base di uno studio idraulico degli stessi, analizzando le situazioni più critiche di interferenza, ma si terrà anche conto degli effetti registrati in passato, benché legati all'interazione con le piene del Po.

5 Individuazione e analisi delle criticità idrauliche della rete secondaria

5.1 INTRODUZIONE E METODOLOGIA

Come indicato nei paragrafi precedenti, sono stati analizzati gli aspetti di pericolosità idraulica relativi alle aree urbanizzate o urbanizzande previste nello strumento urbanistico, precedentemente individuate. Si è ritenuto tuttavia di estrema importanza integrare tale valutazione con un'individuazione delle zone a maggior criticità presenti lungo tutto il territorio comunale, anche se esterne alle zone in cui è necessario valutare la compatibilità con il P.R.G.C.

Pertanto sono stati individuati diversi punti critici, sulla base di:

- informazioni storiche;
- segnalazioni dell'Amministrazione;
- Piano di Assetto Idrogeologico;
- esame delle interferenze del reticolo idrografico con le infrastrutture e dei nodi idraulici più complessi.

Per essi sono stati quindi realizzati dei sopralluoghi, valutando l'effettiva situazione di criticità del corso d'acqua; tali situazioni, benché non sempre legate direttamente alle previsioni attuali del PRGC, richiederanno in fase futura un approfondimento dello studio idraulico, per mitigare la situazione di rischio sull'intero territorio e giungere ad una pianificazione ottimale del territorio comunale.

Le interferenze rilevate all'interno o in prossimità delle aree individuate per l'analisi di compatibilità idraulica sono riportate sotto forma di schede monografiche di rilievo (v. **Elaborato D**), in cui sono stati indicati:

- Riferimenti del corso d'acqua;
- Descrizione del sito e del corso d'acqua;
- Geometria dell'infrastruttura idraulica;
- Individuazione del rischio idraulico;
- Planimetria del sito;
- Foto del sito e delle infrastrutture idrauliche.

L'Analisi è stata effettuata sui seguenti corsi d'acqua della rete idrografica secondaria:

- Roggia Cornasso
- Roggia Castagna
- Roggia Stura
- Rio della Rizza
- Rio Gonin
- Rio Ronzone
- Lanca destra Po
- Canale Lanza
- Canale Mellana
- Torrente Gattola
- Rio Gattolero
- Torrente Rotaldo.

5.2 RISULTATI

Tutte le interferenze sono state ubicate sulla *“Carta delle criticità idrauliche lungo la rete idrografica minore nell’ambito del PRGC vigente”* in scala 1:20.000 (**Tavola 3**), insieme a tutte le indicazioni del PRGC vigente. Le criticità sono da intendersi come puntuali, cioè legate alla situazione locale del corso d'acqua in corrispondenza dell'interferenza (ponte, opera di derivazione, sifone, confluenza, ...); in alcuni casi, tuttavia, la criticità è da intendersi relativa ad un intero tratto del corso d'acqua, secondo quanto indicato nella scheda monografica relativa (tratti sinuosi, infestati da vegetazione, non arginati, ...).

Le criticità sono state suddivise in tre classi:

- Criticità bassa;
- Criticità media;
- Criticità elevata.

Tale grado è da intendersi legato alla presenza di fenomeni di dissesto lungo la rete idrografica minore, in grado di interferire con il territorio; si tratta quindi di una stima sommaria del grado di rischio lungo la rete idrografica, in modo da evidenziare le zone che necessitano di futuri approfondimenti. L'estrema complessità che

caratterizza il reticolo idrografico di Casale Monferrato non consente in questa sede di approfondire l'analisi di tutte le interferenze rilevate. Si precisa inoltre che tale censimento delle interferenze non è da ritenersi esaustivo, ma costituisce il punto di partenza per l'analisi dettagliata della situazione di dissesto del reticolo idrografico.

Per le criticità ritenute elevate ("rosse"), cioè in grado di determinare una situazione di rischio effettivo per il territorio, sono stati eseguiti dei rilievi topografici di dettaglio e per esse sono state sviluppate delle analisi idrauliche specifiche. In tali zone si è rilevata la possibilità di esondazione del corso d'acqua e per l'evento di piena con portata di ritorno di 200 anni si è stimato il livello idrometrico di piena.

Le criticità medie ("gialle") sono da ritenersi come situazioni di possibile rischio, per la presenza di situazioni particolari lungo il reticolo idrografico, quali sifoni, attraversamenti ridotti, presenza di opere di regolazione gestite manualmente, e devono quindi essere tenute sotto controllo. In caso di corretta gestione del corso d'acqua e in assenza di interferenze con le acque di esondazione del Po, si può ritenere che per portate con tempo di ritorno di 200 anni non vi siano esondazioni in grado di determinare gravi interferenze con gli insediamenti. In alcuni casi sono tuttavia opportune analisi idrauliche di dettaglio per valutare la possibilità di esondazione.

Le criticità basse ("verdi") non costituiscono situazioni di rischio significativo, a meno di condizioni di crisi lungo l'intera rete idrografica coinvolgenti anche il fiume Po. Tale valutazione è da attribuire ad una stima visiva del corso d'acqua e non a verifiche idrauliche specifiche; si ritiene comunque che siano situazioni che richiedono una minore attenzione rispetto a quelle indicate come medie ed elevate.

Complessivamente, lungo i corsi d'acqua analizzati all'interno del territorio comunale, sono state rilevate 75 criticità, di cui:

- 10 criticità elevate;
- 42 criticità medie;
- 23 criticità basse.

Esse sono suddivise nel seguente modo:

Corso d'acqua	Criticità elevata	Criticità media	Criticità bassa
Roggia Cornasso	1	9	3
Roggia Castagna	1	3	2
Roggia Stura	1	2	-
Rio della Rizza	1	-	1
Rio Gonin	1	1	-
Rio Ronzone	-	1	-
Lanca destra Po	-	-	1
Canale Lanza	-	8	8
Canale Mellana	-	5	4
Torrente Gattola	3	8	1
Rio Gattolero	-	2	2
Torrente Rotaldo	2	3	1

6 Verifiche idrauliche di dettaglio

Per le criticità ritenute elevate, si è eseguita un'analisi idraulica di dettaglio attraverso l'implementazione di modellistica numerica in moto permanente, con la finalità di valutare i livelli di idrometrici di piena e verificare l'entità dell'interferenza idraulica.

Tale analisi è stata sviluppata sulla base di rilievi topografici di dettaglio, condotti attraverso il rilievo di sezioni idrauliche significative del corso d'acqua, comprendenti l'alveo e le opere idrauliche interferenti (ponti, tombinature, ...). Le sezioni topografiche rilevate, con l'ubicazione planimetrica, sono riportate nelle schede idrauliche relative alle singole interferenze, allegate alla presente relazione (**Allegato A**).

6.1 ANALISI E MODELLAZIONE IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE

6.1.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Nel presente studio si è utilizzato un modello di moto stazionario monodimensionale (portate costanti e geometria dell'alveo variabile). Tale schema tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singolarità localizzate (rappresentate da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni di scabrezza, salti di fondo), ed è generalmente adatto a studiare tutte le situazioni in cui la valutazione degli effetti delle strutture idrauliche sulle condizioni di deflusso sia rappresentabile unicamente in termini di variazioni del profilo idrico della corrente.

L'approccio utilizzato, implementato nel codice di calcolo Hec-Ras 3.0.1, è quello caratteristico delle simulazioni in moto permanente con la procedura di calcolo nota in letteratura come Standard Step Method e basata sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale del bilancio energetico (US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1986).

Le equazioni che consentono di definire, con procedura iterativa, le profondità d'acqua incognite nelle varie sezioni e le relative caratteristiche idrauliche associate al deflusso, sono le seguenti:

$$(1) \quad Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + h_e + h_f$$

$$(2) \quad h_e = L \cdot i_f$$

$$(3) \quad h_f = C \cdot \left| \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove:

Z_1, Z_2 = quote della superficie libera agli estremi del tratto;

V_1, V_2 = velocità media nella sezione riferita agli estremi del tratto considerato;

g = accelerazione di gravità;

h_e, h_f = perdita di energia distribuita e concentrata;

L = lunghezza del tratto considerato;

i_f = pendenza del tratto considerato;

C = coefficiente di perdita per espansioni e/o contrazioni localizzate;

α_1, α_2 = coefficienti di Coriolis legati alla distribuzione di velocità.

La soluzione del sistema di equazioni (1), (2) e (3) si sviluppa tra due sezioni, note che siano le condizioni al contorno di monte o di valle, cioè le profondità e le portate. Il programma di calcolo permette inoltre la suddivisione della corrente in rami paralleli che consentono la simulazione del deflusso nelle aree golenali, caratterizzate da diversi indici di scabrezza, e assicura una buona modellazione delle strutture che interferiscono con il deflusso della corrente (ponti, soglie ecc.).

6.1.2 CONDIZIONI AL CONTORNO

In generale le condizioni al contorno sono funzione delle caratteristiche della corrente a monte ed a valle del tratto considerato; in particolare nel caso in esame sono state assunte come condizioni al contorno i livelli idrometrici nelle sezioni poste più a monte e a valle dell'interferenza, calcolate in moto uniforme sulla base della pendenza del tratto d'alveo.

E' stata inoltre introdotta la portata di verifica con tempo di ritorno di 200 anni, valutata sulla base delle risultanze dell'analisi idrologica. In particolare, le portate

relative alle sezioni di verifica sono stata calcolate attraverso la metodologia del contributo unitario, attraverso i valori di portata calcolati nelle sezioni di riferimento (chiusura sottobacini e chiusura bacino) riportate nella tabella 18 della Relazione idrologica (**Elaborato C**). Ove possibile (T. Gattola e T. Rotaldo), la portata calcolata è stata valutata considerando gli effetti di laminazione lungo il percorso e di sfasamento dei colmi di piena lungo i sottobacini.

TABELLA 1 – Portate di verifica per $T_r = 200$ anni (cfr. Elaborato C – Tabella 18).

Bacino	$Q_{T=200}$						
	SCS (m^3/s)		Corrivazione (m^3/s)	Modello Numerico (m^3/s)		Portate di Verifica ⁽³⁾ AMC II (m^3/s)	Portate di Verifica ⁽⁴⁾ AMC III (m^3/s)
	AMC II ⁽¹⁾	AMC III ⁽²⁾		AMC II ⁽¹⁾	AMC III ⁽²⁾		
1) R. Cornasso	12,1	23,9	17,3	18,1	30,2	15,8	23,8
2) R. Castagna	3,6	10,2	13,5	4,5	14,1	7,2	12,6
3) Lanca sx Po	2,8	6,2	4,9	3,3	6,8	3,7	5,9
4) R. Rizza	27,2	56,7	28,1	32,7	53,4	29,3	46,1
5) R. Gonin	19,5	42,3	20,8	14,3	24,6	18,2	29,2
6) R. Ronzone	12,9	26,5	14,7	16,6	27,1	14,7	22,8
7) Lanca dx Po	2,7	7,1	8,0	3,5	9,4	4,7	8,2
8) C. Mellana	11,5	22,2	11,9	10,2	16,6	11,2	16,9
9) T. Gattola							
sottobac. 9A	36,9	70,6	33,3	37,9	60,0	36,0	54,6
sottobac. 9B	21,2	43,1	24,7	24,0	37,4	23,3	35,1
SEZIONE G1⁽⁵⁾	Considerando i colmi sfasati $Q=Q(t)$			42,2	68,4	42,2	68,4
Sottobac. 9C	9,2	18,3	14,9	12,6	19,9	12,2	17,7
SEZIONE G2	Alla sezione di chiusura del bacino del T. Gattola considerando i colmi sfasati $Q=Q(t)$			42,4	69,1	42,4	69,1
10) R.Gattolero	30,2	53,4	34,3	36,9	52,9	33,8	46,9
11) T. Rotaldo							
Sottobac. 11A	54,3	106,9	53,7	68,0	106,6	58,7	89,1
Sottobac. 11B	52,8	105,3	57,2	72,6	114,2	60,9	92,2
SEZIONE R1⁽⁶⁾	Considerando i colmi sfasati $Q=Q(t)$			140,6	220,8	140,6	220,8
Sottobac. 11C	33,2	69,1	46,0	57,5	90,9	45,6	68,7
SEZIONE R2⁽⁷⁾	Considerando i colmi sfasati $Q=Q(t)$			166,8	267,7	166,8	267,7
Sottobac. 11D	18,8	34,0	21,3	15,8	24,7	18,6	26,7
SEZIONE R3	Alla sezione di chiusura del bacino del T. Rotaldo considerando i colmi sfasati $Q=Q(t)$			167,1	269,0	167,1	269,0

Come già indicato nella Relazione idrologica, si ritiene che i valori di portata di verifica calcolati con la condizione AMC II siano sufficientemente cautelativi per la

maggior parte dei corsi d'acqua. La condizione AMC III conduce a valori più elevati, che in alcuni casi sono poco realistici; tale situazione può però essere assunta per la verifica dei corsi d'acqua in cui il CN AMC II conduce a valori di portata inferiori a quelli ottenuti con il metodo della corrivazione.

Per completezza, quindi, le verifiche idrauliche sono state condotte sia per i valori ottenuti con la situazione AMC II sia con quella AMC III, in modo da valutare i diversi effetti. Si è quindi poi deciso di applicare, caso per caso, una o l'altra condizione, sulla base della situazione più realistica, confrontando i risultati con le informazioni morfologiche e storiche sulle esondazioni che si sono effettivamente verificate lungo il corso d'acqua, in modo da ottenere un modello idrologico – idraulico calibrato e realistico.

Si sono quindi ottenuti i valori di portata riportati nella tabella 2, sempre relativi al tempo di ritorno di 200 anni, da introdurre come condizioni al contorno per la verifica delle sezioni idrauliche lungo le criticità in esame.

Tabella 2 – Portate di verifica per le criticità idrauliche in esame.

Criticità	Q_{verifica} 200 anni AMC II (m³/s)	Q_{verifica} 200 anni AMC III (m³/s)	Q_{verifica} 200 anni
CO2	8,7	13,1	13,1
CA1-CA2	4,6	8,0	8,0
RI1	22,8	35,8	22,8
GA3	42,2	68,4	42,2
GA4	42,2	68,4	42,2
GA8	42,4	69,1	42,4
RO2	140,6	220,8	140,6
RO3	166,8	267,7	166,8

6.1.3 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Con le ipotesi assunte e con la metodologia illustrata sono state quindi condotte le simulazioni dei deflussi lungo i corsi d'acqua in esame, nel tratto in cui si è rilevata la criticità idraulica. Nell'**Allegato A** sono riportate delle schede topografiche per le singole interferenze, in cui sono riportate la planimetria dell'area, le sezioni topografiche rilevate e i livelli di piena calcolati con la portata di verifica.

I risultati numerici delle elaborazioni sono riportati sempre nell'allegato A dove, in forma tabellare, sono riassunte e confrontate le principali grandezze che

caratterizzano il deflusso della corrente nelle sezioni di calcolo utilizzate. I parametri riportati nelle tabelle assumono il seguente significato:

Plan #	River Sta #	Profile #	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m s.l.m.)	W.S. Elev (m s.l.m.)	Levee El Left (m)	Levee El Right (m)	Crit W.S. (m s.l.m.)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Froude # Chl #
--------	-------------	-----------	-----------------------------	----------------------	----------------------	-------------------	--------------------	----------------------	----------------	-----------------------------	----------------

- *Plan*: corso d'acqua studiato;
- *River Sta*: sezione di calcolo;
- *Profile*: profilo di riferimento;
- *Q Total (m³/s)*: portata di calcolo riferita al profilo prescelto;
- *Min Ch El (m s.l.m.)*: quota minima della sezione (fondo alveo);
- *W.S. Elev. (m s.l.m.)*: quota superficie libera;
- *Levee El Left (m)*: quota della sommità dell'argine sinistro;
- *Levee El Right (m)*: quota della sommità dell'argine destro;
- *Crit W.S. (m s.l. m.)*: quota dell'altezza critica della corrente;
- *Vel Chnl (m/s)*: velocità media della corrente nel canale principale;
- *Flow Area (m²)*: area totale della corrente nella sezione considerata;
- *Froude Chl*: numero di Froude.

ALLEGATO A

Risultati delle analisi idrauliche

Tablelle e sezioni di calcolo
Sezioni topografiche e livelli idrometrici di piena

NOTAZIONI:

- W.S. US. (m) : water surface elevation of bridge – *Livello idrico della corrente sotto il ponte*
- Q Total (m³/s): Total flow in cross section – *Portata totale nella sezione di deflusso*
- Q Bridge (m³/s): flow through a bridge opening - *Portata totale defluente attraverso la luce del ponte*
- Q Weir (m³/s): flow over the weir – *Portata che stramazza sopra il ponte*
- Weir Sta Lft (m): station where flow starts on the left side – *Progressiva dove la corrente inizia a tracimare in sx*
- Weir Sta Rgt (m): station where flow starts on the right side - *Progressiva dove la corrente inizia a tracimare in dx*
- Weir Submerg: the ratio of the downstream depth above the weir to the upstream depth above the weir – *Rapporto di sommergenza: rapporto tra la profondità di valle e la profondità di monte entrambe riferite alla soglia dello stramazzo.*
- Weir Max Depth (m): the maximum depth over the weir – *Massima profondità (altezza) sopra lo stramazzo*
- Min El Weir Flow (m): elevation where weir flow begins - *Quota alla quale inizia il deflusso sopra lo stramazzo*
- Min El Prs (m): elevation at the bridge when pressure flow begins - *Quota alla quale inizia il deflusso in pressione sotto il ponte*
- Delta EG (m): change in energy grade line through culvert and bridge – *Perdita di carico totale attraverso il ponte o il culvert*
- Delta WS (m): change in water surface though culvert and bridge – *Differenza di carico piezometrico (differenze tra le quote di pelo libero) attraverso il ponte o il culvert.*
- BR Open Area (m²): total area of the entire bridge opening – *Area totale delle sezioni trasversali aperte in corrispondenza del ponte.*
- BR Open Vel (m/s): average velocity inside the bridge opening (maximum of BU and BD) *Velocità media attraverso le sezioni trasversali aperte del ponte*
- Coef of Q: WSPRO bridge method coefficient of discharge – *Coefficiente di deflusso nel calcolo del profilo della superficie libera con il metodo del coefficiente di deflusso (di portata)*
- E.G. Elev (m): Energy grade line for given WSEL *Carico totale per un assegnato valore della profondità della corrente (oppure per quota della superficie libera assegnata)*
- W.S. Elev (m): Calculated water surface from energy equation – *Quota del pelo libero calcolata dalla equazione di bilancio energetico (oppure dalla equazione della costanza del carico totale)*
- Crit W.S. (m): Critical water surface elevation water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve – *Profondità critica*
- Max Chl Dpth (m): maximum main chanel depth – *massima profondità nel canale principale*
- Vel Total (m/s): average velocity of flow in total cross section – *velocità media calcolata sulla sezione di deflusso totale*
- Froude # Chl: froude number for the main channel – *numero di Froude nel canale principale*
- Specif Force (m³): the specific force for this cross section at the computed water surface elevation – *forza specifica riferita alla sezione trasversale per il valore di profondità calcolato.*
- Hydr Depth (m): hydraulic depth for cross section – *profondità idraulica profondità della sezione “rettangolarizzata”*
- W.P. Total (m): wetted perimeter of main channel – *Perimetro bagnato del canale principale*
- Conv. Total (m³/s): conveyance of total cross section - *Portata che può defluire (smaltibile) attraverso (dalla) sezione trasversale*
- Top Width (m): top width of the wetted cross section – *larghezza del pelo libero*
- Frctn Loss (m): friction loss between two cross sections – *perdite di carico distribuite tra due sezioni*
- C & E Loss (m): contraction or espansion loss between two cross section – *perdite di carico per brusco restringimento o allargamento di sezione*
- Shear Total (N/m²): shear stress in total section – *Forze resistenti relative alla sezione totale - oppure - risultante delle forze tangenziali agenti sul perimetro della sezione – oppure – risultante delle forze di attrito sul contorno della sezione.*
- Power Total (N/m s): total stream power – *potenza totale della corrente*

Roggia Cornasso

Interferenza CO2

CODICE INTERFERENZA: ROGGIA CORNASSO Co2 (loc. Cavallino)

L'interferenza è stata individuata in prossimità della S.S. 31, dove il corso d'acqua attraversa un nucleo urbanizzato ubicato in una zona periferica e composto da case e cascine ravvicinate.

La roggia Cornasso nel tratto di monte ha un alveo irregolare con sponde fortemente vegetate ad arbusti e alberi di diametro variabile che ostacolano il deflusso anche in alveo.

L'interferenza è costituita da due attraversamenti posti ad una distanza di circa 10 metri, di cui il primo è costituito da un ponte canale realizzato ad arco in mattoni (sezione 47) mentre il secondo, sempre con tipologia ad arco, presenta una luce maggiore e serve la viabilità esistente.

La criticità evidenziata potrebbe coinvolgere le abitazioni ivi presenti e la viabilità stradale.

Per la verifica dell'interferenza, con ipotesi di $Tr=200$ anni, sono state calcolate ed utilizzate le portate nelle due situazioni di AMCII e AMCIII, che rispettivamente valgono:

$$Q_{AMCII} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{AMCIII} = 8,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Il tratto studiato è caratterizzato da:

- N.10 sezioni di calcolo;
- Lunghezza totale circa 70 m;
- Condizioni idrauliche al contorno:
 - $i_{valle}=0,00528 \text{ m/m}$; $i_{monte}=0,00325 \text{ m/m}$
 - scabrezza di Manning: in alveo= $0,035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$; fuori = $0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Si riporta di seguito la tabella dei risultati ottenuti dal calcolo con le due portate duecentennali.

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per $Tr=200$ anni)
PER LA ROGGIA CORNASSO NEL TRATTO CONSIDERATO**

Plan 01	River Sta	Profile	Q Total (m^3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Levee El Left (m)	Levee El Right (m)	Crit W.S. (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Froude Chl
Cornasso	70	AMCII	8.70	8.52	10.06	10.42	10.04	9.40	0.65	15.67	0.20
Cornasso	70	AMCIII	13.00	8.52	10.95	10.42	10.04	9.62	0.46	32.92	0.11
Cornasso	60	AMCII	8.70	8.43	9.98	10.51	10.41	9.38	1.21	7.18	0.38
Cornasso	60	AMCIII	13.00	8.43	10.92	10.51	10.41	9.59	0.81	17.96	0.20
Cornasso	50	AMCII	8.70	7.75	9.98	10.51	10.41	8.76	1.09	7.98	0.25
Cornasso	50	AMCIII	13.00	7.75	10.92	10.51	10.41	9.01	0.65	22.69	0.14
Cornasso	47	Bridge Co2	Quota intradosso impalcato = 9,40 → Franco Idraulico=0 (in pressione) (non verificato con 32 cm di sormonto per la QAMCIII – estradosso a 10,60)								
Cornasso	45	AMCII	8.70	7.75	9.78	10.51	10.41	8.76	1.21	7.17	0.29
Cornasso	45	AMCIII	13.00	7.75	10.65	10.51	10.41	9.00	0.76	18.93	0.17
Cornasso	40	AMCII	8.70	7.88	9.78	11.01	10.00	8.98	1.07	8.16	0.31
Cornasso	40	AMCIII	13.00	7.88	10.65	11.01	10.00	9.19	0.75	20.69	0.17
Cornasso	30	AMCII	8.70	8.11	9.60	10.29	10.00	9.15	2.06	4.21	0.56
Cornasso	30	AMCIII	13.00	8.11	10.64	10.29	10.00	9.44	0.79	20.43	0.19
Cornasso	27	Bridge Co2	Quota intradosso impalcato = 10,16 → Franco Idraulico=0 (in pressione) (non verificato con 6 cm di sormonto per la QAMCIII – estradosso 10,57)								
Cornasso	25	AMCII	8.70	8.11	9.49	10.29	10.00	9.16	2.25	3.87	0.64
Cornasso	25	AMCIII	13.00	8.11	9.77	10.29	10.00	9.44	2.75	4.73	0.71
Cornasso	22.5*	AMCII	8.70	8.16	9.58	10.29	10.10	9.07	1.40	6.20	0.44

Cornasso	22.5*	AMCIII	13.00	8.16	9.94	10.29	10.10	9.30	1.53	8.49	0.44
Cornasso	20	AMCII	8.70	8.21	9.59	10.29	10.21	8.99	1.28	6.82	0.39
Cornasso	20	AMCIII	13.00	8.21	9.94	10.29	10.21	9.21	1.41	9.19	0.40
Cornasso	10	AMCII	8.70	8.16	9.50	10.12	10.28	8.99	1.50	5.81	0.46
Cornasso	10	AMCIII	13.00	8.16	9.85	10.12	10.28	9.22	1.67	7.76	0.46

Le caselle evidenziate indicano le sezioni di calcolo per le quali non vi è un sufficiente margine di sicurezza idraulica. Quelle con il testo evidenziato in grassetto indicano dove il sormonto arginale si è già verificato:

- nella sezione 70 (in sinistra +52 cm; in destra +90 cm) → esondazione
- nella sezione 60 (in sinistra +40 cm; in destra +50 cm) → esondazione
- nella sezione 45 (in sinistra +14 cm; in destra +24 cm) → esondazione
- nella sezione 30 (in sinistra +35 cm; in destra +64 cm) → esondazione

Risulta evidente come nel tratto ubicato a monte del ponte canale (sezione 47) e a valle dello stesso fino all'attraversamento di sezione 27, vi sia una insufficienza idraulica legata alla scarsità di area destinata al deflusso. In particolare per l'attraversamento di sezione 47 (figura seguente), si riporta la tabella con i risultati del calcolo ottenuti con $Q_{AMCIII} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$.

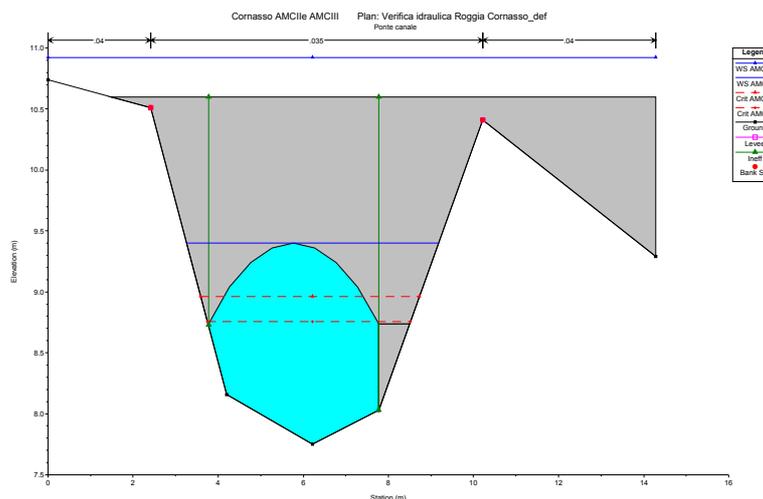


Tabella riassuntiva dei principali dati idraulici calcolati per l'attraversamento alla sezione 47 con ipotesi di $Q_{AMCIII} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$

Roggia Cornasso		RS: 47 Profile: AMC III Bridge		
<i>E.G. US (m)</i>	10.94	<i>Element</i>	<i>Inside BR US</i>	<i>Inside BR DS</i>
<i>W.S. US (m)</i>	10.92	<i>E.G. Elev (m)</i>	10.94	10.91
<i>Q Total (m³/s)</i>	13.00	<i>W.S. Elev (m)</i>	10.92	10.81
<i>Q Bridge (m³/s)</i>	9.12	<i>Crit W.S. (m)</i>	8.96	8.96
<i>Q Weir (m³/s)</i>	3.98	<i>Max Chl Dpth (m)</i>	3.17	3.06
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	0.00	<i>Vel Total (m/s)</i>	1.41	1.71
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	14.29	<i>Flow Area (m²)</i>	9.26	7.66
<i>Weir Submerg</i>	0.15	<i>Froude # Chl</i>	0.14	0.17
<i>Weir Max Depth (m)</i>	0.34	<i>Specif Force (m³)</i>	13.83	13.31
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	10.60	<i>Hydr Depth (m)</i>	0.65	0.54
<i>Min El Prs (m)</i>	9.40	<i>W.P. Total (m)</i>	24.14	23.92
<i>Delta EG (m)</i>	0.26	<i>Conv. Total (m³/s)</i>	-	-
<i>Delta WS (m)</i>	0.27	<i>Top Width (m)</i>	14.29	14.29
<i>BR Open Area (m²)</i>	4.78	<i>Frctn Loss (m)</i>	-	-
<i>BR Open Vel (m/s)</i>	1.91	<i>C & E Loss (m)</i>	-	-
<i>Coef of Q</i>	-	<i>Shear Total (N/m²)</i>	-	-
<i>Br Sel Method</i>	Press/Weir	<i>Power Total (N/m s)</i>	-	-

La massima portata che defluisce in pressione al disotto del ponte canale è poco più di 9 m³/s, la restante (pari a circa 4) invece stramazza defluendo sopra i ponte con un lama d'acqua di circa 35 cm. L'ostruzione induce un rigurgito che alle sezioni poste poco a monte (50 e 60) provoca il sormonto arginale un battente d'acqua di circa 50 cm. A valle il livello di esondazione permane tale, fino al secondo attraversamento di sezione 27, dove la struttura entra in crisi con un deflusso totalmente in pressione come mostra la seguente figura e la tabella che segue.

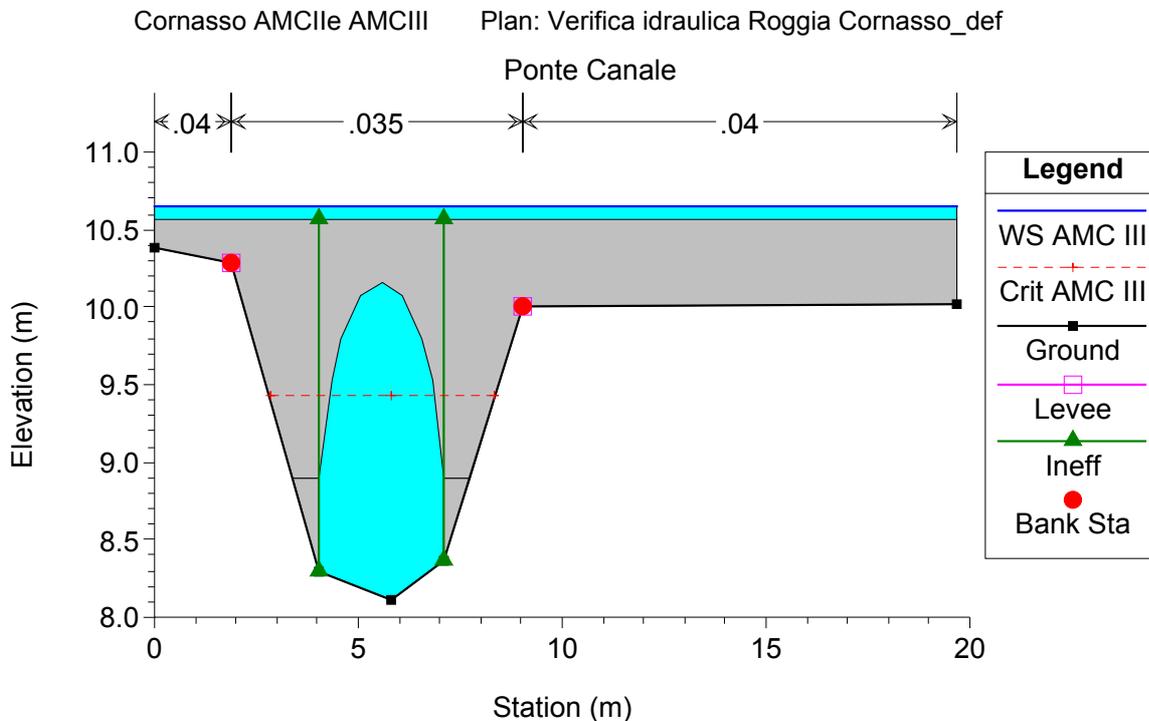
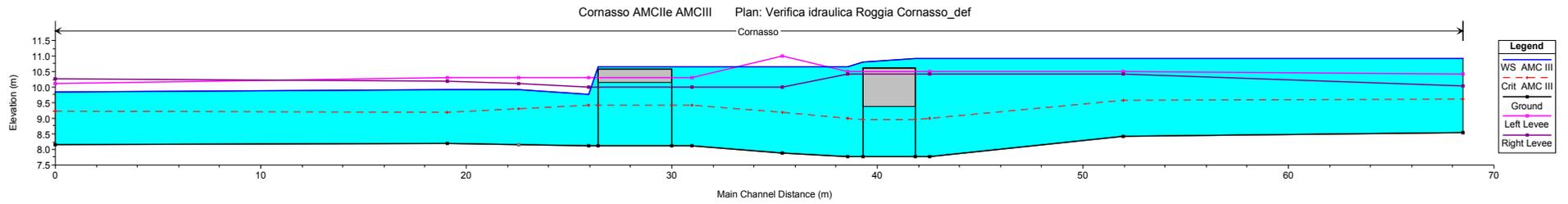


Tabella riassuntiva dei principali dati idraulici calcolati per l'attraversamento 27 con ipotesi di $Q_{AMCIII} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$

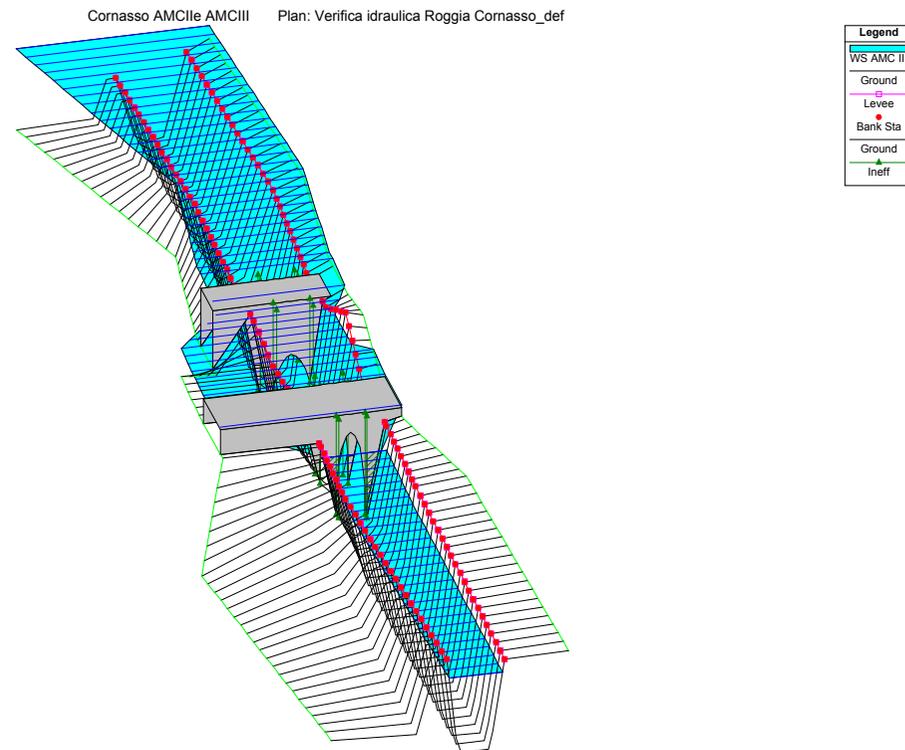
<i>Roggia Cornasso</i>	<i>RS: 27 Profile: AMC III Bridge</i>			
<i>E.G. US. (m)</i>	10.67	<i>Element</i>	<i>Inside BR US</i>	<i>Inside BR DS</i>
<i>W.S. US. (m)</i>	10.65	<i>E.G. Elev (m)</i>	10.67	10.66
<i>Q Total (m3/s)</i>	13.00	<i>W.S. Elev (m)</i>	10.65	10.64
<i>Q Bridge (m3/s)</i>	12.20	<i>Crit W.S. (m)</i>	9.42	9.42
<i>Q Weir (m3/s)</i>	0.90	<i>Max Chl Dpth (m)</i>	2.54	2.53
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	-	<i>Vel Total (m/s)</i>	2.05	2.10
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	19.69	<i>Flow Area (m2)</i>	6.39	6.24
<i>Weir Submerg</i>	-	<i>Froude # Chl</i>	0.20	0.21
<i>Weir Max Depth (m)</i>	0.10	<i>Specif Force (m3)</i>	10.79	10.81
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	10.57	<i>Hydr Depth (m)</i>	0.32	0.32
<i>Min El Prs (m)</i>	10.16	<i>W.P. Total (m)</i>	28.34	28.32
<i>Delta EG (m)</i>	0.51	<i>Conv. Total (m3/s)</i>	-	-
<i>Delta WS (m)</i>	0.87	<i>Top Width (m)</i>	19.69	19.69
<i>BR Open Area (m2)</i>	4.90	<i>Frctn Loss (m)</i>	-	-
<i>BR Open Vel (m/s)</i>	2.49	<i>C & E Loss (m)</i>	-	-
<i>Coef of Q</i>	-	<i>Shear Total (N/m2)</i>	-	-
<i>Br Sel Method</i>	Press/Weir	<i>Power Total (N/m s)</i>	157.89	180.22

In pratica per questo secondo attraversamento valgono le stesse considerazioni già fatte per il primo, tranne per il valore di massima portata che defluisce in pressione, che raggiunge quasi il valore di 13 m³/s.

PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CON IPOTESI DI $Q_{AMCIII}=13 \text{ m}^3/\text{s}$

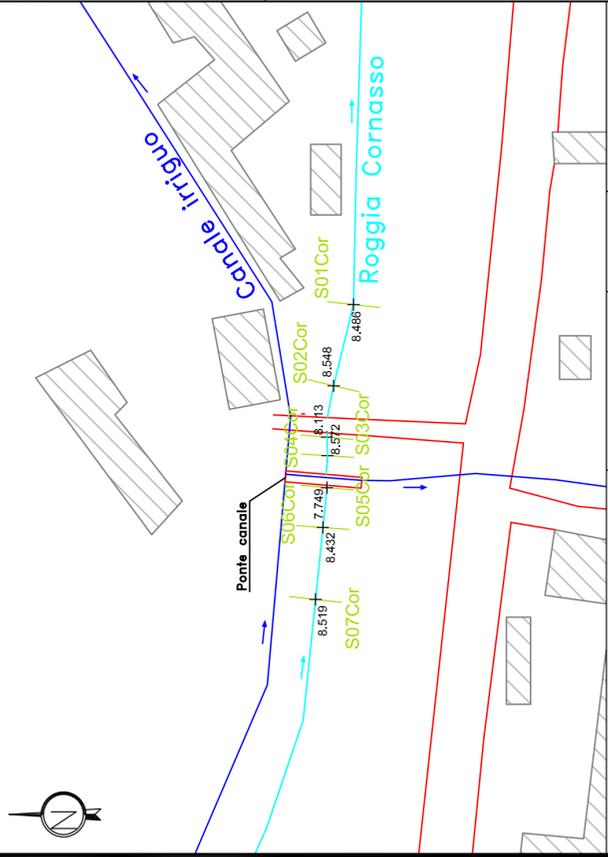


VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 70 m)



INTERFERENZA CO2: Roggia Cornasso

PLANIMETRIA SCALA 1:1.000



CRITICITA':  **ALTA**

OSSERVAZIONI

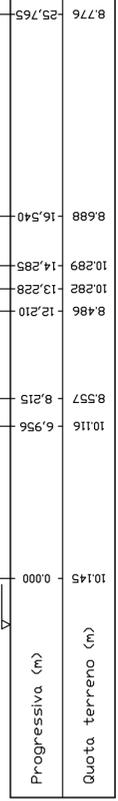
L'interferenza è stata individuata in prossimità della S.S. 31 dove il corso d'acqua attraversa un nucleo urbanizzato ubicato in una zona periferica e composto da case e cascine ravvicinate.
 La roggia Cornasso nel tratto di monte ha un alveo irregolare con sponde fortemente vegetate ad arbusti e alberi di diametro variabile che ostacolano il deflusso anche in alveo.
 L'interferenza è costituita da due attraversamenti posti ad una distanza di circa 10 metri di cui il primo è costituito da un ponte canale realizzato ad arco in mattoni (sez 05Cor) mentre il secondo, sempre con tipologia ad arco, presenta una luce maggiore e serve la viabilità esistente (sez 03Cor).
 La criticità evidenziata potrebbe coinvolgere le abitazioni ivi presenti e la viabilità stradale.
 Per la verifica dell'interferenza, con ipotesi di T=200 anni sono state calcolate ed utilizzate le portate nelle due situazioni di AMCII e AMCIII, che rispettivamente valgono:

QAMCII = 13 m³/s
 QAMCIII = 8,7 m³/s

Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S01Cor

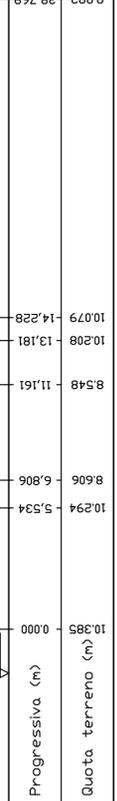
Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S02Cor

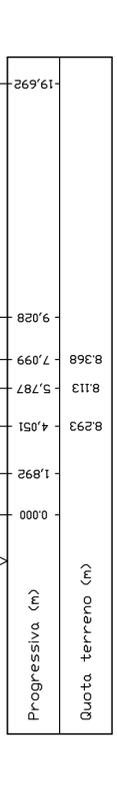
Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S03Cor

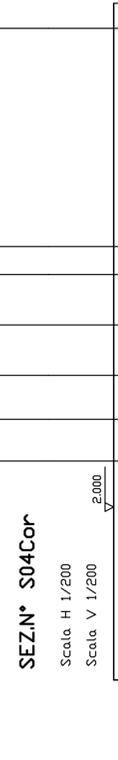
Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S04Cor

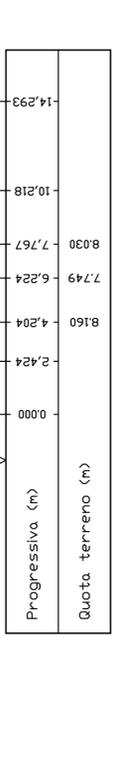
Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S05Cor

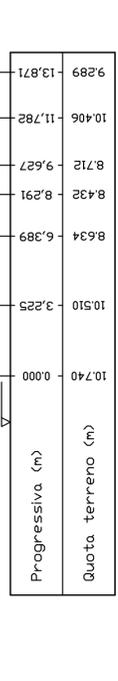
Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S06Cor

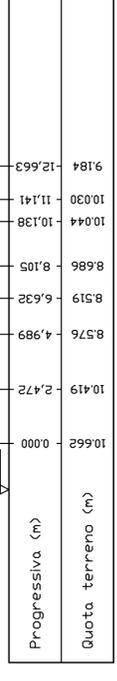
Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Q.AMC II
 Q.AMC III

SEZN° S07Cor

Scala H 1/200
 Scala V 1/200



Comune di Casale Monferrato
 Settore Pianificazione Urbana e Territoriale
 Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.C.C. ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del Piano Urbanistico Comunale del P.G.R. n. 1000 del 1997, approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 17 del 8 maggio 1998 n.704/P.

Commessa: del n°57 del 04/10/2001

R&C Studio Associato
 CONSULTAZIA E PROGETTAZIONE INGEGNERIA ARCHITETTICA

Dott. Ing. Cristiano CAVALLO
 Centro degli Ingegneri della Provincia di Casale Monferrato n. 01711

Gruppo di lavoro:
 Dott. Ing. Roberto SESENNA
 Dott. Ing. Fabio AMBROGIO

INTERFERENZA CO2

Roggia Castagna

Interferenze CA1 – CA2

CODICE INTERFERENZA: ROGGIA CASTAGNA – Ca1 e Ca2 (loc. Casc. Gaggioni)

Nella presente scheda si presentano i risultati ottenuti dall'analisi idraulica di un tratto lungo circa 180 metri e caratterizzato dalla presenza di due criticità codificate come Ca1 e Ca2.

Le due interferenze, ubicate consecutivamente lungo la roggia Castagna ed entrambe in prossimità della Cascina Gaggioni, sono costituite la prima (Ca1 - Criticità alta) da un attraversamento della strada statale N.31, costituito da un ponte ad arco in cemento armato con luce di larghezza 3 m circa e altezza 1,5 – 2 m; la seconda (Ca2 - Criticità media) è ubicata poco più a valle e trattasi invece di uno scatolare di lunghezza di circa 40 metri e di sezione 4 x 2 m.

La criticità idraulica è principalmente legata alle scarse dimensioni del primo manufatto, ma anche alle scarse condizioni di manutenzione sia delle sponde che del fondo alveo, ritenendo che per eventi che si manifestano con portata eccezionale le abitazioni poste in sinistra e lo stabilimento industriale ubicato sulla destra non abbiano un sufficiente margine di sicurezza, così come dimostrato nei calcoli allegati.

Le portate di verifica duecentennale sono state calcolate nelle due situazioni di AMCII e AMCIII e valgono rispettivamente: $Q_{AMCII}=4,60 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{AMCIII}=8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per tutto il tratto in studio si propongono i risultati di calcolo ottenuti in entrambe le situazioni, mentre solo per i due attraversamenti si approfondirà la situazione ritenuta più cautelativa nella condizione di AMCIII, alla quale corrisponde una portata di massima piena pari a $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il tratto studiato è lungo circa 183 metri ed è caratterizzato da complessive 13 sezioni di calcolo, studiate con le seguenti condizioni idrauliche al contorno:

$$i_{\text{monte}}=0,1\% ; i_{\text{valle}}= 0,4\%$$

$$\text{scabrezza di Manning: in alveo}= 0,025\div 0,06 \text{ m}^{-1/3} \text{ s; fuori}=0,025\div 0,05 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$$

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per $Tr=200$ anni)
PER LA ROGGIA CASTAGNA NEL TRATTO CONSIDERATO**

Plan 01	River Sta	Profile	Q Total (m^3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Levee El Left (m)	Levee El Right (m)	Crit W.S. (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Froud e Chl
Castagna	80	AMCII	4.60	7.16	8.71	9.02	9.06	7.86	0.75	6.12	0.23
Castagna	80	AMCIII	8.00	7.16	9.24	9.02	9.06	8.11	0.82	10.47	0.22
Castagna	70	AMCII	4.60	7.15	8.68	9.89	9.26	7.83	0.79	5.84	0.24
Castagna	70	AMCIII	8.00	7.15	9.22	9.89	9.26	8.09	0.88	9.04	0.24
Castagna	60	AMCII	4.60	7.06	8.64	9.65	9.86	7.74	1.03	4.46	0.27
Castagna	60	AMCIII	8.00	7.06	9.14	9.65	9.86	8.02	1.35	5.93	0.30
Castagna	57	Bridge Ca1	Quota intradosso impalcato = 9,26 → Franco Idraulico=12 cm (non verificato)								
Castagna	55	AMCII	4.60	7.06	8.55	9.65	9.86	7.74	1.09	4.22	0.29
Castagna	55	AMCIII	8.00	7.06	8.97	9.65	9.86	8.02	1.47	5.43	0.34
Castagna	50	AMCII	4.60	7.00	8.53	9.49	9.17	7.68	0.72	6.38	0.22
Castagna	50	AMCIII	8.00	7.00	8.96	9.49	9.17	7.91	0.88	9.08	0.24
Castagna	40	AMCII	4.60	7.33	8.45	9.07	9.07	7.88	0.86	5.36	0.30
Castagna	40	AMCIII	8.00	7.33	8.88	9.07	9.07	8.09	0.97	8.26	0.29
Castagna	35	AMCII	4.60	7.33	8.37	9.07	9.07	7.87	1.22	3.78	0.38
Castagna	35	AMCIII	8.00	7.33	8.76	9.07	9.07	8.12	1.54	5.20	0.41
Castagna	33	Culvert	Quota intradosso impalcato = 9,37 → Franco Idraulico=61 cm								

Castagna	31	AMCII	4.60	7.28	8.05	9.28	9.28	7.83	1.64	2.81	0.59
Castagna	31	AMCIII	8.00	7.28	8.38	9.28	9.28	8.07	2.00	4.00	0.61
Castagna	30	AMCII	4.60	7.26	8.04	9.28	9.28	7.79	1.53	3.01	0.56
Castagna	30	AMCIII	8.00	7.26	8.38	9.28	9.28	8.03	1.85	4.32	0.56
Castagna	20	AMCII	4.60	7.27	7.98	9.27	9.27	7.79	1.65	2.79	0.62
Castagna	20	AMCIII	8.00	7.27	8.31	9.27	9.27	8.02	1.96	4.07	0.61
Castagna	10	AMCII	4.60	7.20	7.91	9.20	9.20	7.72	1.64	2.80	0.62
Castagna	10	AMCIII	8.00	7.20	8.24	9.20	9.20	7.95	1.96	4.08	0.61

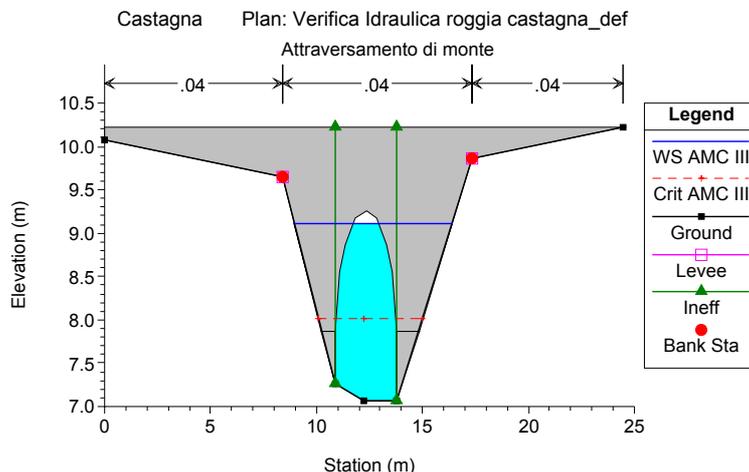
Le caselle evidenziate indicano le sezione di calcolo per le quali non vi è un sufficiente margine di sicurezza idraulica. Quelle con il testo evidenziato in grassetto indicano dove il sormonto arginale è incipiente o si è già verificato:

- nella sezione 80 (in sinistra +22 cm; in destra +18 cm) → esondazione
- nella sezione 70 (in destra -4 cm all'esondazione)
- nella sezione 50 (in destra -21 cm all'esondazione)
- nella sezione 35 (in destra e in sinistra - 19 cm all'esondazione)

Tutto il tratto a monte del primo attraversamento risulta quindi al limite di esondazione e lo stesso attraversamento ubicato in sezione 57 (Ca1) non è idraulicamente verificato, in quanto il livello della corrente in piena lambisce quasi l'intradosso della trave, lasciando solo 12 cm di franco.

Le principali variabili idrauliche del moto sono riassunte nella tabella che segue.

Roggia Castagna		RS: 57 Profile: AMC III		
<i>E.G. US. (m)</i>	9.23	<i>Element</i>	<i>Inside BR US</i>	<i>Inside BR DS</i>
<i>W.S. US. (m)</i>	9.14	<i>E.G. Elev (m)</i>	9.23	9.09
<i>Q Total (m³/s)</i>	8.00	<i>W.S. Elev (m)</i>	9.10	8.96
<i>Q Bridge (m³/s)</i>	8.00	<i>Crit W.S. (m)</i>	8.01	8.01
<i>Q Weir (m³/s)</i>	-	<i>Max Chl Dpth (m)</i>	2.04	1.90
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	-	<i>Vel Total (m/s)</i>	1.55	1.61
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	-	<i>Flow Area (m²)</i>	5.16	4.95
<i>Weir Submerg</i>	-	<i>Froude # Chl</i>	0.16	0.17
<i>Weir Max Depth (m)</i>	-	<i>Specif Force (m3)</i>	6.85	6.19
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	10.22	<i>Hydr Depth (m)</i>	4.24	2.96
<i>Min El Prs (m)</i>	9.26	<i>W.P. Total (m)</i>	7.49	6.95
<i>Delta EG (m)</i>	0.15	<i>Conv. Total (m³/s)</i>	100.6	65.9
<i>Delta WS (m)</i>	0.17	<i>Top Width (m)</i>	1.22	1.67
<i>BR Open Area (m²)</i>	5.28	<i>Frctn Loss (m)</i>	0.13	0.00
<i>BR Open Vel (m/s)</i>	1.61	<i>C & E Loss (m)</i>	0.00	0.01
<i>Coef of Q</i>		<i>Shear Total (N/m²)</i>	42.73	103.08
<i>Br Sel Method</i>	Energy only	<i>Power Total (N/m s)</i>	66.28	166.47

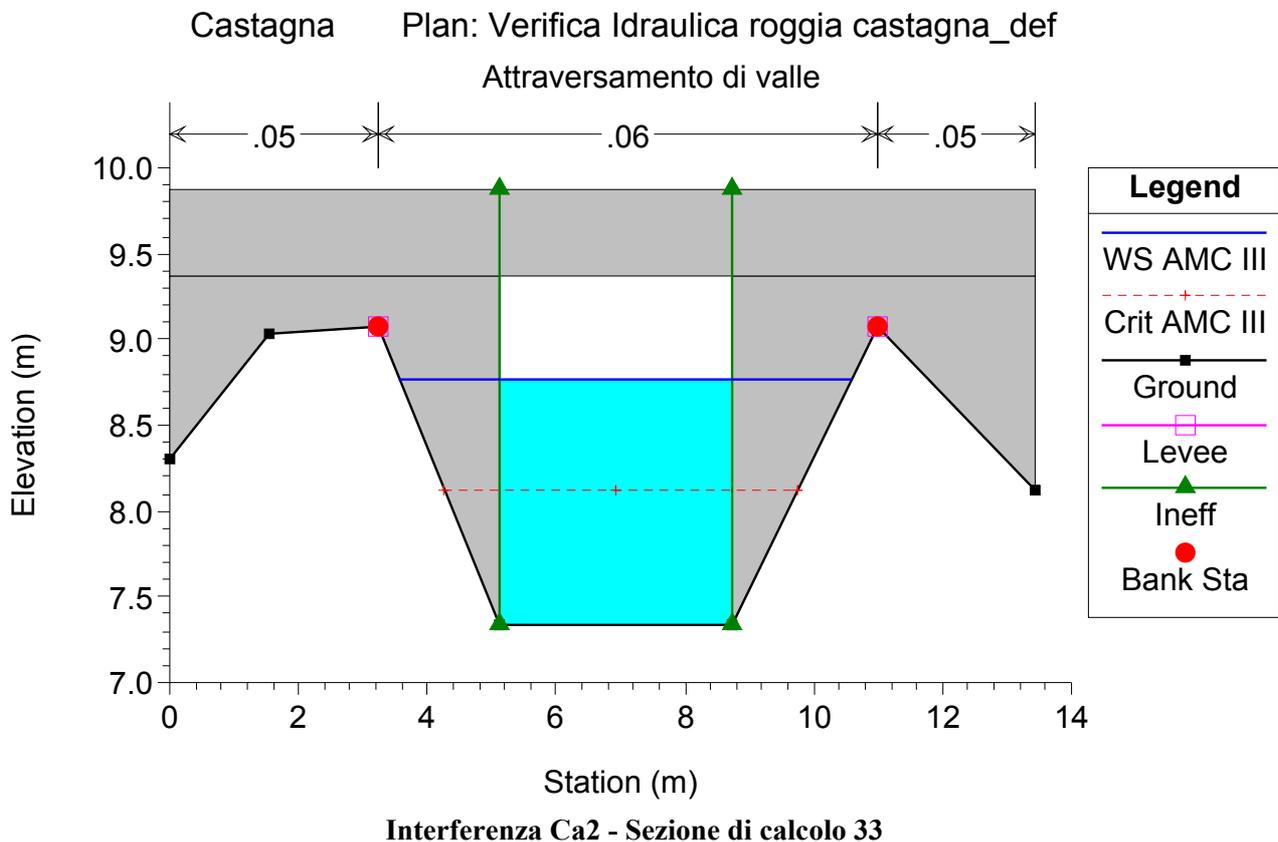


Per continuità idraulica, le rilevazioni topografiche sono state proseguite verso valle fino alla seconda interferenza ubicata in corrispondenza della sezione di calcolo 33 ed è classificata come Ca2.

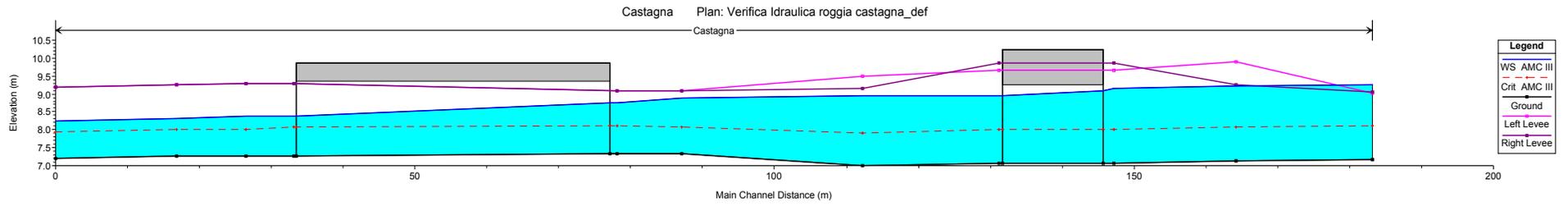
Questo secondo manufatto è costituito un tombino lungo circa 40 metri e realizzato con uno scatolare di luce larga 4 x 2 m. Nella prima fase di analisi qualitativa, il tombino è stato classificato con criticità media e in effetti in questa seconda fase di studio con approccio numerico, si è verificato che la struttura è idraulicamente verificata (franco 60 cm), a meno però di un trasporto solido che in forma di materiale flottante, costituito da vegetazione arbustiva o legnosa, potrebbe essere trasportato dalle acque in piena essendo presente in grande quantità nei tratti di monte.

La seguente tabella sintetizza i principali dati calcolati per la struttura in oggetto.

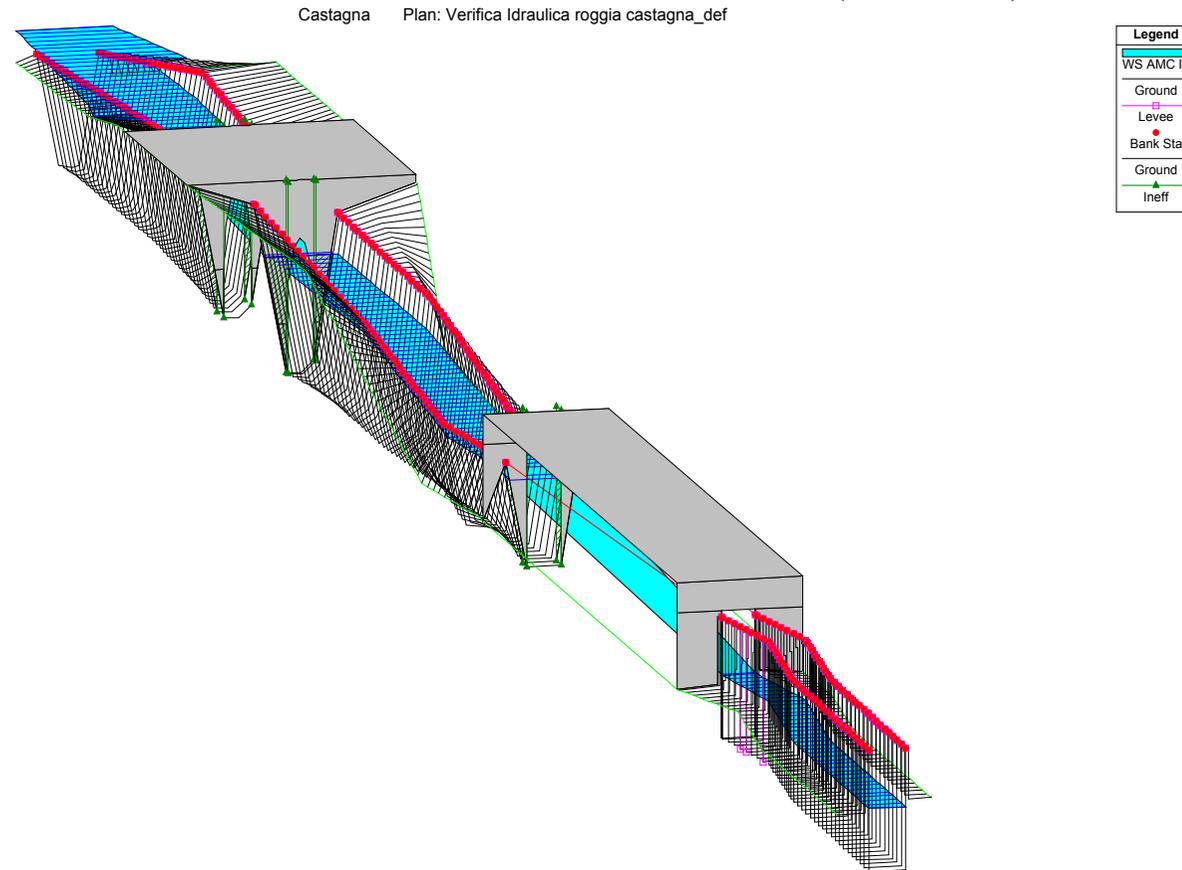
Roggia Castagna	RS: 33 Profile Culvert: AMC III			
<i>E.G. US. (m)</i>	8.88	<i>Element</i>	<i>Inside BR US</i>	<i>Inside BR DS</i>
<i>W.S. US. (m)</i>	8.76	<i>E.G. Elev (m)</i>	8.88	8.59
<i>Q Total (m³/s)</i>	8.00	<i>W.S. Elev (m)</i>	8.76	8.39
<i>Q Culvert (m³/s)</i>	8.00	<i>Crit W.S. (m)</i>	8.12	8.07
<i>Q Weir (m³/s)</i>	-	<i>Max Chl Dpth (m)</i>	1.43	1.11
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	-	<i>Vel Total (m/s)</i>	1.54	1.99
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	-	<i>Flow Area (m²)</i>	5.20	4.02
<i>Weir Submerg</i>	-	<i>Froude # Chl</i>	0.41	0.60
<i>Weir Max Depth (m)</i>	-	<i>Specif Force (m³)</i>	4.98	3.85
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	9.87	<i>Hydr Depth (m)</i>	1.43	1.11
<i>Min El Prs (m)</i>	9.37	<i>W.P. Total (m)</i>	6.50	5.84
<i>Delta EG (m)</i>	0.30	<i>Conv. Total (m³/s)</i>	74.8	125.1
<i>Delta WS (m)</i>	0.38	<i>Top Width (m)</i>	3.63	3.63
<i>Open Area (m²)</i>	7.40	<i>Frctn Loss (m)</i>	0.28	0.00
<i>Open Vel (m/s)</i>	1.99	<i>C & E Loss (m)</i>	0.01	0.00
<i>Coef of Q</i>	-	<i>Shear Total (N/m²)</i>	89.88	27.55
<i>Sel Method</i>	Energy only	<i>Power Total (N/m s)</i>	138.21	54.87



PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA ROGGIA CASTAGNA CON IPOTESI DI $Q_{AMCIII} = 8 \text{ m}^3/\text{s}$

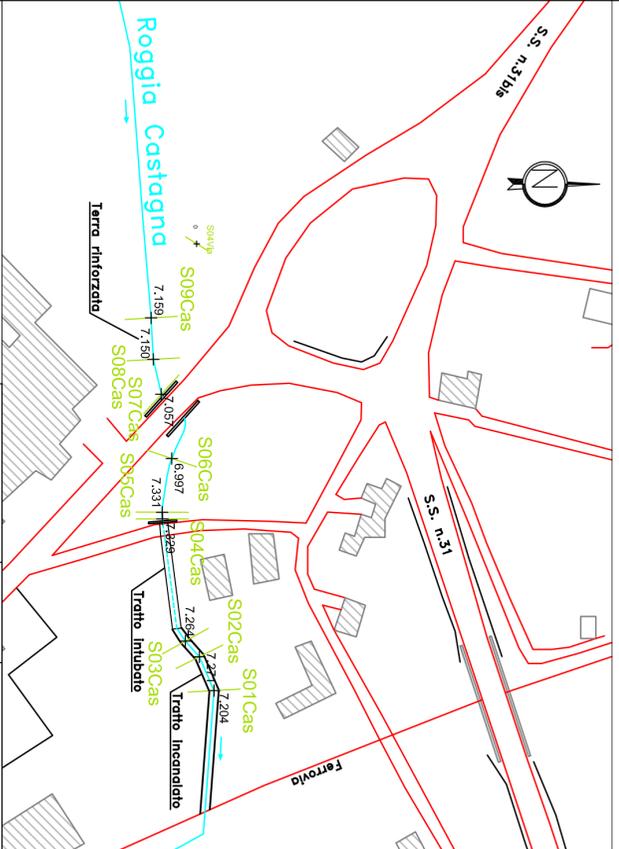


VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 183 m)



INTERFERENZA CA1-CA2: Roggia Castagna

PLANIMETRIA SCALA 1:2.000



CRITICITA':



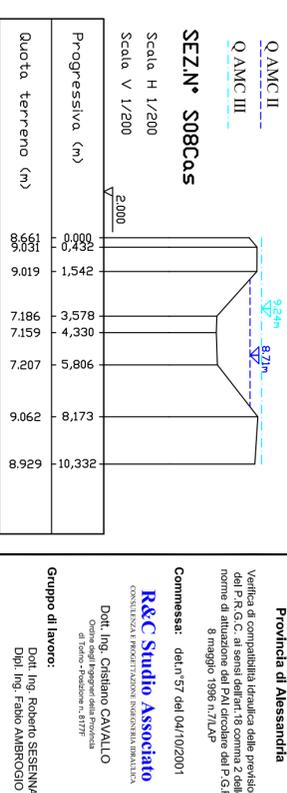
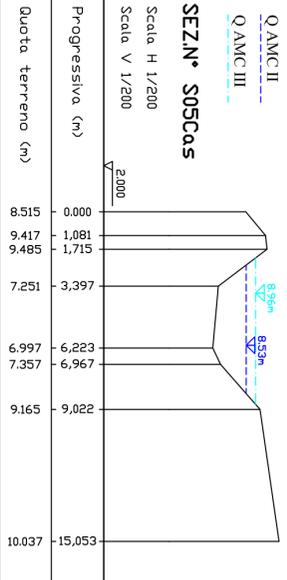
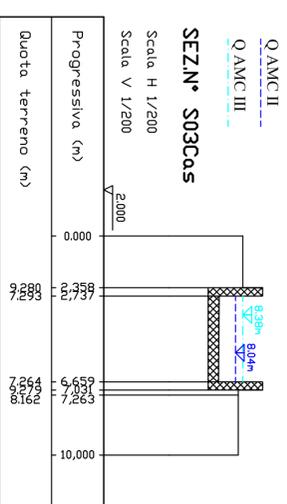
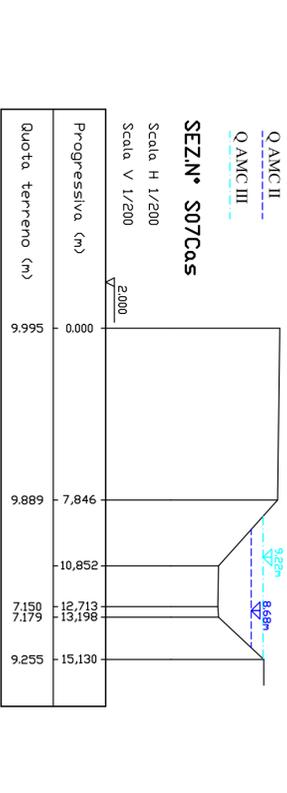
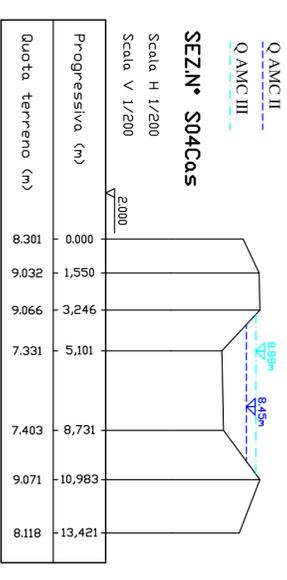
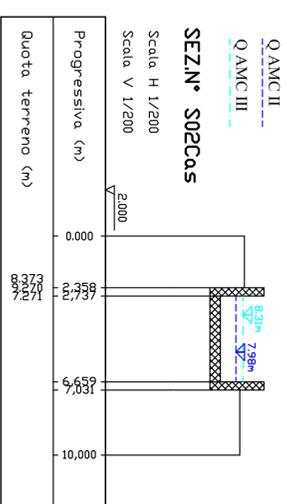
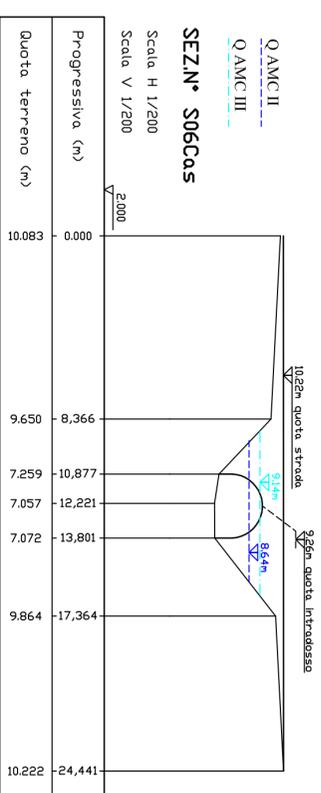
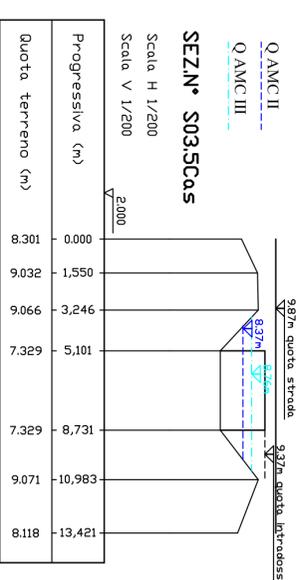
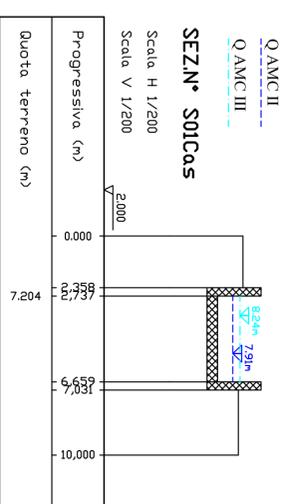
ALTA - MEDIA

OSSERVAZIONI

Le due interferenze, ubicate consecutivamente lungo la roggia Castagna ed entrambe in prossimità della Cascina Caggioni, sono costituite la prima (Ca1 - Criticità alta) da un attraversamento della strada statale N.31 costituito da un ponte ad arco in cemento armato con luce di larghezza 3 m circa e altezza 1,5-2 m; la seconda (Ca2 - Criticità media) è ubicata poco più a valle e trattasi invece di uno scollatore di lunghezza di circa 40 metri e di sezione 4 x 2 m. La criticità idraulica è principalmente legata alle scarse dimensioni del primo manufatto, ma anche alle scarse condizioni di manutenzione sia delle sponde che del fondo alveo, ritenendo che per eventi che si manifestano con portata eccezionale le abitudini poste in sinistra e lo stabilimento industriale ubicato sulla destra non abbiano un sufficiente margine di sicurezza, così come dimostrato nei calcoli allegati.

Le portate di verifica di sicurezza sono state calcolate nelle due situazioni di AMCII e AMCIII e valgono rispettivamente:

QAMCII=4,60 m³/s
QAMCIII=8 m³/s



Comune di Casale Monferrato
Settore Pianificazione Urbana e Territoriale
Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.C. ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I. emanate dal P.G.R. 9 maggio 1989 n.11/49

Commisari: del n°57 del 04/10/2001
R&C Studio Associato
CONSULENZA INGENNERIA ED ARCHITETTURA

Dott. Ing. Cristiano CAVALLO
Oltre agli ingegneri della Provincia di Torino - Sezione n.8177

Gruppo di lavoro:
Dott. Ing. Roberto SESENA
Dott. Ing. Fabio ALLIBONDI

INTERFERENZE CA1- CA2

Rio della Rizza

Interferenza RI1

CODICE INTERFERENZA: RIO DELLA RIZZA Ri1 (loc. C.P.te Rizza)

Trattasi di una interferenza ritenuta ad alta criticità per la presenza della confluenza dei due rami principali del corso d'acqua in corrispondenza di una tombinatura e di un attraversamento stradale, realizzati con aree insufficienti al deflusso della portata duecentennale di massima piena, calcolata pari a 22,80 m³/s nella situazione di AMCII.

La criticità evidenziata potrebbe coinvolgere le abitazioni ivi presenti e la viabilità stradale.

Il tratto studiato è caratterizzato da:

- N.11 sezioni di calcolo;
- Lunghezza totale circa 122 m;
- Condizioni idrauliche al contorno:
 - $i_{valle}=0,014$ (in assenza di rigurgito di fiume Po)
 - $i_{monte}=0,017$
 - scabrezza di Manning: in alveo e fuori = $0,03 \div 0,035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (variabile)

Di seguito si riporta la tabella dei risultati ottenuti dal calcolo dei livelli con un portata duecentennale di 22,80 m³/s nella situazione di AMCII.

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per Tr=200 anni)
PER IL RIO DELLA RIZZA NEL TRATTO CONSIDERATO**

Plan 01	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Levee El Left (m)	Levee El Right (m)	Crit W.S. (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Froude # Chl
Rizza	Ri80	AMCII	22.80	8.00	10.73	12.91	10.50	9.94	1.83	13.80	0.46
Rizza	Ri70	AMCII	22.80	7.64	9.69	10.00	10.50	9.69	4.49	5.08	1.00
Rizza	Ri65	AMCII	Culvert RII	Quota intradosso = 9.84 → Franco Idraulico=0 (in pressione)							
Rizza	Ri60	AMCII	22.80	6.94	9.03	9.42	9.93	9.89	4.49	4.49	1
Rizza	Ri 50	AMCII	22.80	6.40	9.47	9.23	9.68	7.99	1.58	14.72	0.35
Rizza	Ri 45	AMCII	22.80	6.01	9.43	9.00	8.84	7.93	1.79	13.50	0.33
Rizza	Ri 40	AMCII	Bridge RII	Quota intradosso impalcato = 7.87 → Franco Idraulico=0 (in pressione) (non verificato con 13 cm di sormonto per la QAMCIII – estradosso 9.30)							
Rizza	Ri 35	AMCII	22.80	6.01	7.93	9.00	8.84	7.93	4.30	5.31	1.00
Rizza	Ri 30	AMCII	22.80	5.92	7.32	9.75	9.35	7.74	5.07	4.49	1.74
Rizza	Ri 20	AMCII	22.80	5.94	8.02	8.46	8.94	7.49	2.16	10.55	0.58
Rizza	Ri 10	AMCII	22.80	5.80	7.57	7.79	8.82	7.57	3.38	6.74	1.01

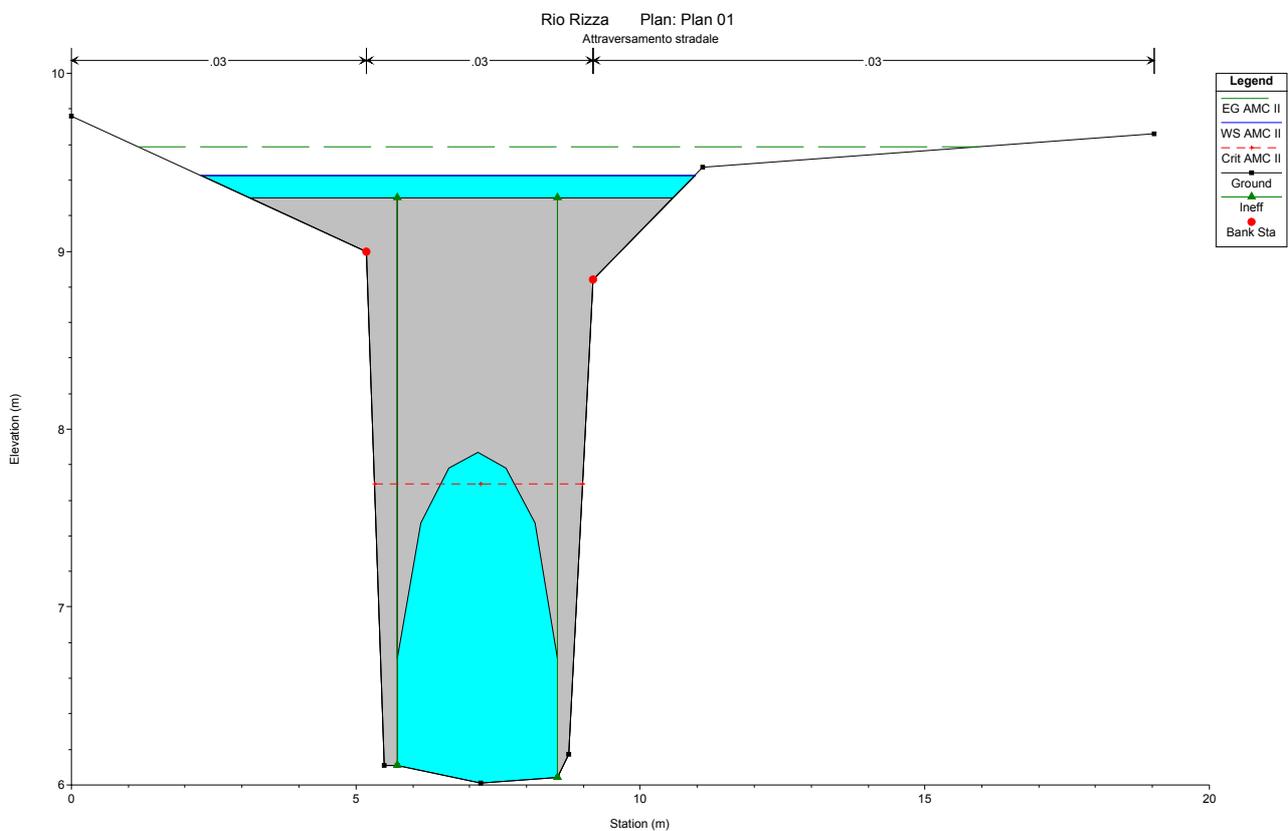
Le caselle evidenziate indicano le sezione di calcolo per le quali non vi è un sufficiente margine di sicurezza idraulica in conseguenza al deflusso di piena nella condizione di AMCII pari a 22,80 m³/s. Quelle con il testo evidenziato in grassetto indicano dove il sormonto arginale è si è già verificato:

- nella sezione 80 (in destra +23 cm) → esondazione
- nella sezione 60 (in sinistra +47 cm) → esondazione
- nella sezione 50 (in sinistra +24 cm) → esondazione
- nella sezione 45 (in sinistra +43 cm; in destra +59 cm) → esondazione

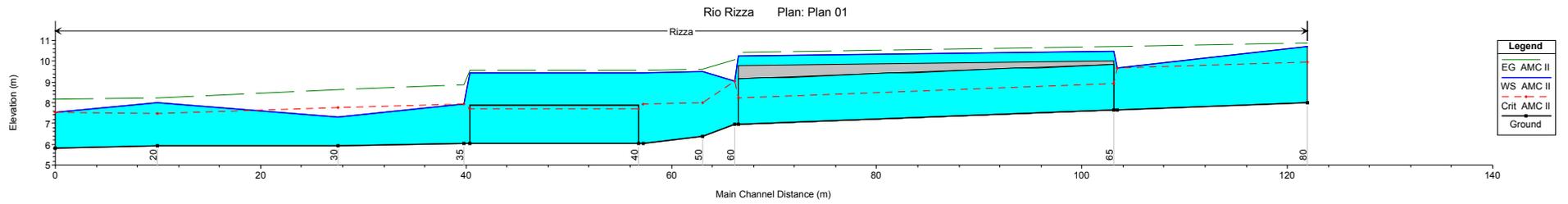
Riguardo l'attraversamento posto immediatamente a valle (R45), questo sottopassa la strada provinciale per Coniolo e Vialarda e trattasi di un piccolo ponticello anch'esso caratterizzato da una insufficiente luce di deflusso, ma comunque tale da far defluire una portata maggiore rispetto alla tombinatura di monte (19,28 m³/s a fronte di 11,52 m³/s). Anche in questo caso il deflusso avviene in pressione con una lama d'acqua di circa 30 cm che stramazza superiormente così come evidenziato nella sezione riportata nella figura che segue la tabella dei risultati di calcolo.

Tabella riassuntiva dei principali dati idraulici calcolati per l'attraversamento 40

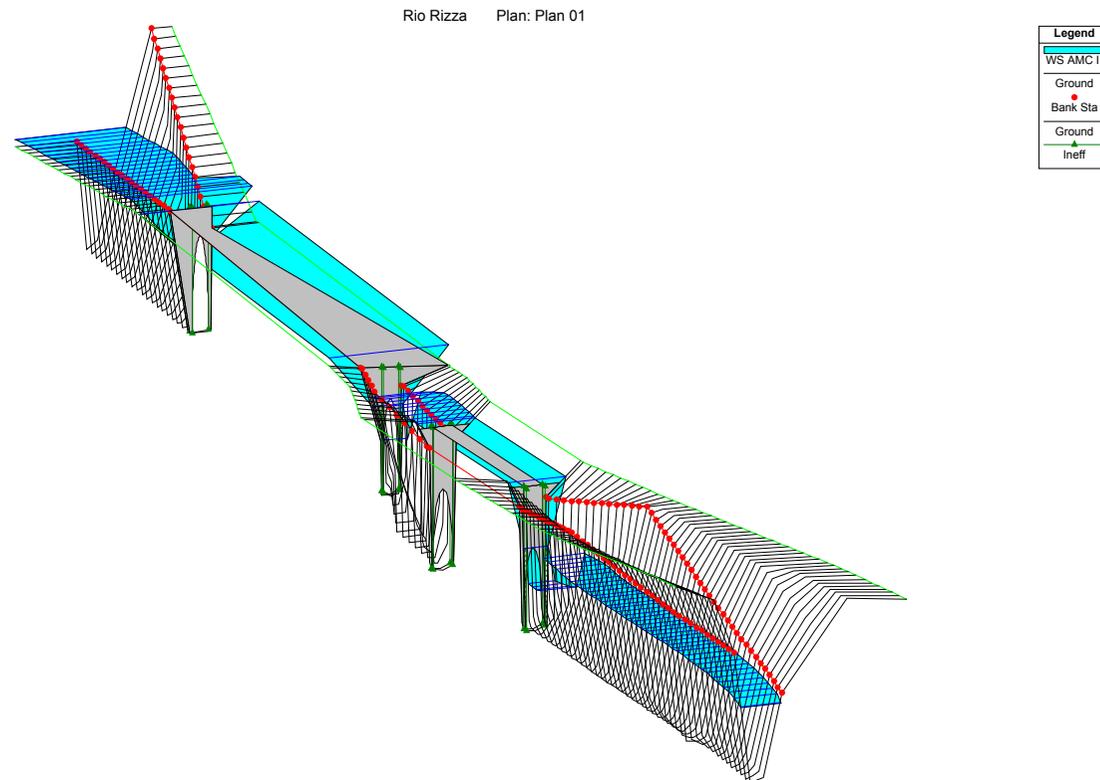
Rio Rizza		RS: 40 Profile: AMC II		
<i>Opening: Single BR E.G. US. (m)</i>	9.59	<i>Element</i>	<i>Inside BR US</i>	<i>Inside BR DS</i>
<i>W.S. US. (m)</i>	9.43	<i>E.G. Elev (m)</i>	9.59	9.59
<i>Q Total (m3/s)</i>	22.80	<i>W.S. Elev (m)</i>	9.43	9.43
<i>Q Bridge (m3/s)</i>	19.28	<i>Crit W.S. (m)</i>	7.69	7.69
<i>Q Weir (m3/s)</i>	3.52	<i>Max Chl Dpth (m)</i>	3.42	3.42
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	1.19	<i>Vel Total (m/s)</i>	4.35	4.35
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	15.93	<i>Flow Area (m2)</i>	5.24	5.24
<i>Weir Submerg</i>	0.00	<i>Froude # Chl</i>	0.45	0.45
<i>Weir Max Depth (m)</i>	0.29	<i>Specif Force (m3)</i>	21.48	21.48
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	9.30	<i>Hydr Depth (m)</i>	0.60	0.60
<i>Min El Prs (m)</i>	7.87	<i>W.P. Total (m)</i>	16.72	16.72
<i>Delta EG (m)</i>	0.35	<i>Conv. Total (m3/s)</i>	-	-
<i>Delta WS (m)</i>	1.50	<i>Top Width (m)</i>	8.68	8.68
<i>BR Open Area (m2)</i>	4.22	<i>Frctn Loss (m)</i>	-	-
<i>BR Open Vel (m/s)</i>	4.57	<i>C & E Loss (m)</i>	-	-
<i>Coef of Q</i>	-	<i>Shear Total (N/m2)</i>	-	-
<i>Br Sel Method</i>	Press/Weir	<i>Power Total (N/m s)</i>	-	-



PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CON IPOTESI DI $Q_{AMCII}=22,80 \text{ m}^3/\text{s}$

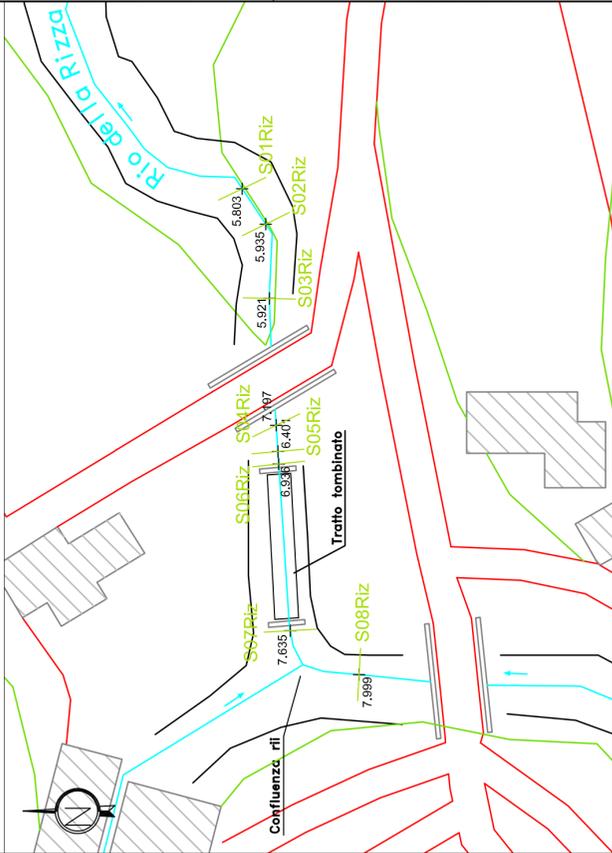


VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 122 m)



INTERFERENZA R11: Rio della Rizza

PLANIMETRIA SCALA 1:1.000



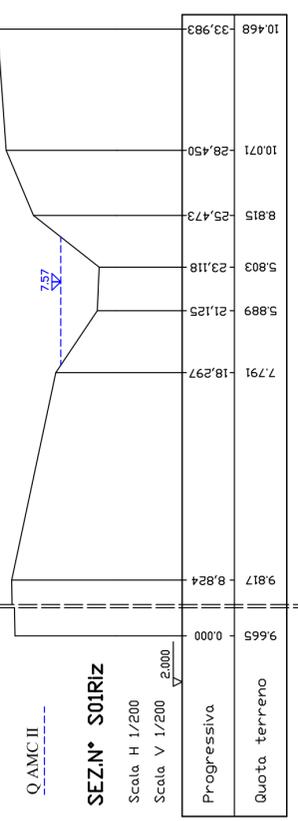
CRITICITA': ● **ALTA**

OSSERVAZIONI

Traffasi di una interferenza ritenuta ad alta criticità per la presenza della confluenza dei due rami principali del corso d'acqua in corrispondenza di una tombinatura e di un attraversamento stradale, realizzati con aree insufficienti al deflusso della portata biennennale di massima piena, calcolata pari a:

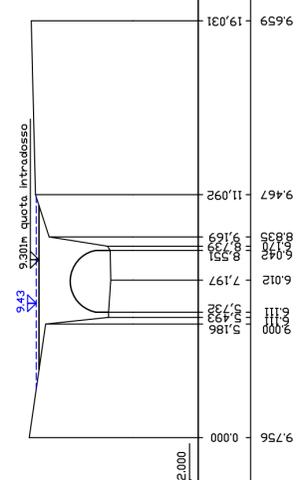
$$Q_{AMCII} = 22,80 \text{ m}^3/\text{s}$$

La criticità evidenziata potrebbe coinvolgere le abitazioni ivi presenti e la viabilità stradale.



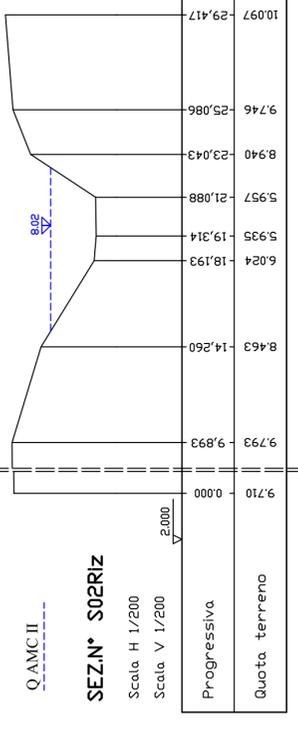
SEZN° S01Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



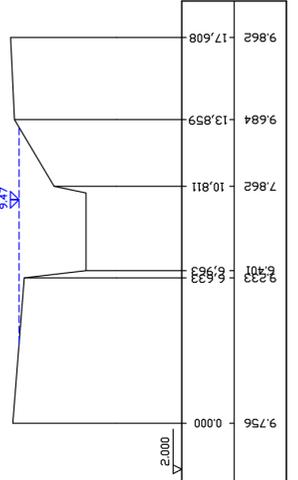
SEZN° S04Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



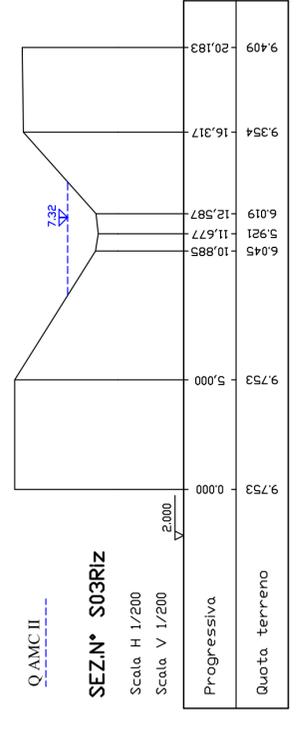
SEZN° S02Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



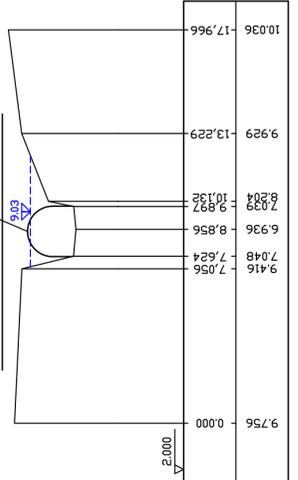
SEZN° S05Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



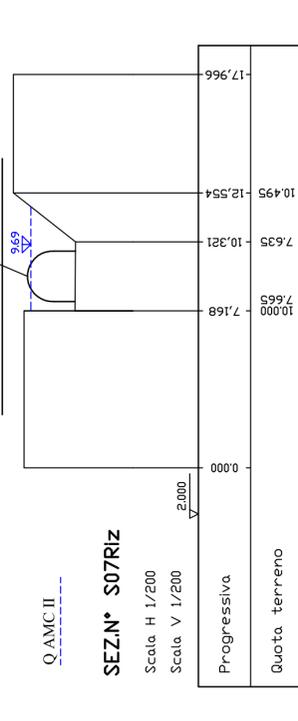
SEZN° S03Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



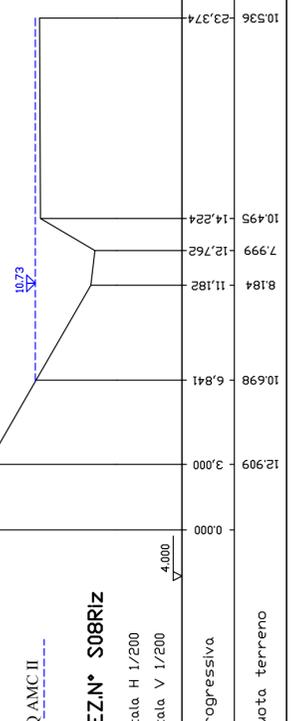
SEZN° S06Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



SEZN° S07Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200



SEZN° S08Riz

Scala H 1/200
Scala V 1/200

Comune di Casale Monferrato
Settore Pianificazione Urbana e Territoriale
Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.C.C. ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del Piano Urbanistico Comunale del P.G.R. 8 maggio 1999 n.704/P

Commessa: del n°57 del 04/10/2001

R&C Studio Associato
CONSULENZA E PROGETTAZIONE INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Dott. Ing. Cristiano CAVALLO
Centro Studi Ingegneri della Provincia di Torino - Pessione n. 31711

Gruppo di lavoro:
Dott. Ing. Roberto SESENA
Dott. Ing. Fabio AMBROGIO

INTERFERENZA R11

Torrente Gattola

Interferenza GA3

CODICE INTERFERENZA: TORRENTE GATTOLA – Ga3 (loc. Pozzo S. Gervasio)

Il tratto studiato è ubicato in prossimità della SS 57, della ferrovia sulla linea Asti-Casale M.to e della S.P. 42, ed è idraulicamente caratterizzato dalla presenza della confluenza nel torrente Gattola del rio Viale, affluente minore che scorre in sinistra orografica. In zona è presente anche un piccolo nucleo di edifici oltre ai già citati collegamenti viari.

Entrambi i corsi d'acqua presentano sponde irregolari con vegetazione infestante, anche ad alto fusto. Il rio Viale è intubato a partire da una strada secondaria posta a monte dell'area urbanizzata e torna nel suo alveo naturale a valle della ferrovia. Il tombino presenta una sezione di deflusso inferiore a quella naturale del corso d'acqua, con possibili fenomeni di rigurgito ed esondazioni con coinvolgimento dell'area edificata.

Le portate di verifica duecentennale sono entrambe calcolate nella situazione AMCII e valgono rispettivamente:

$$\begin{aligned} \text{per il Viale:} & \quad Q = 6,20 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{per il Gattola:} & \quad Q = 36,00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (a monte della confluenza)} \end{aligned}$$

Il tratto studiato è caratterizzato da:

- N.7 sezioni di calcolo del rio Viale per complessivi 61 m risalendo dalla confluenza;
- N.5 sezioni di calcolo del torrente Gattola per complessivi 114 m;
- Condizioni idrauliche al contorno:

per il rio Viale: $i_{\text{monte}}=1,39\%$; $i_{\text{valle}}=$ nodo di confluenza con il Gattola

scabrezza di Manning: in alveo e fuori= variabile $0,03 \div 0,035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ù

per il t.Gattola: $i_{\text{monte}}=0,19\%$; $i_{\text{valle}}= 0,55\%$

scabrezza di Manning: in alveo= $0,03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$; fuori= $0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Come si vedrà meglio dall'analisi dei risultati ottenuti, l'intero nodo di confluenza risulta condizionato dai livelli del torrente Gattola che rigurgitano nel Viale. Tale fenomeno è altresì amplificato dalla brusca diminuzione di pendenza che il rio Viale incontra confluendo nello stesso Gattola. La tombinatura del Viale (sezione V37,5) risulta ovviamente idraulicamente insufficiente, con livelli di esondazione che a monte della stessa raggiungono i 120 cm lungo la sponda sinistra. Situazione analoga si riscontra anche lungo il Gattola, il cui tratto studiato ha la particolarità di avere sempre la sponda sinistra ribassata rispetto a quella destra e quindi via preferenziale di tracimazione anche per portate inferiori a quelle utilizzate nel calcolo.

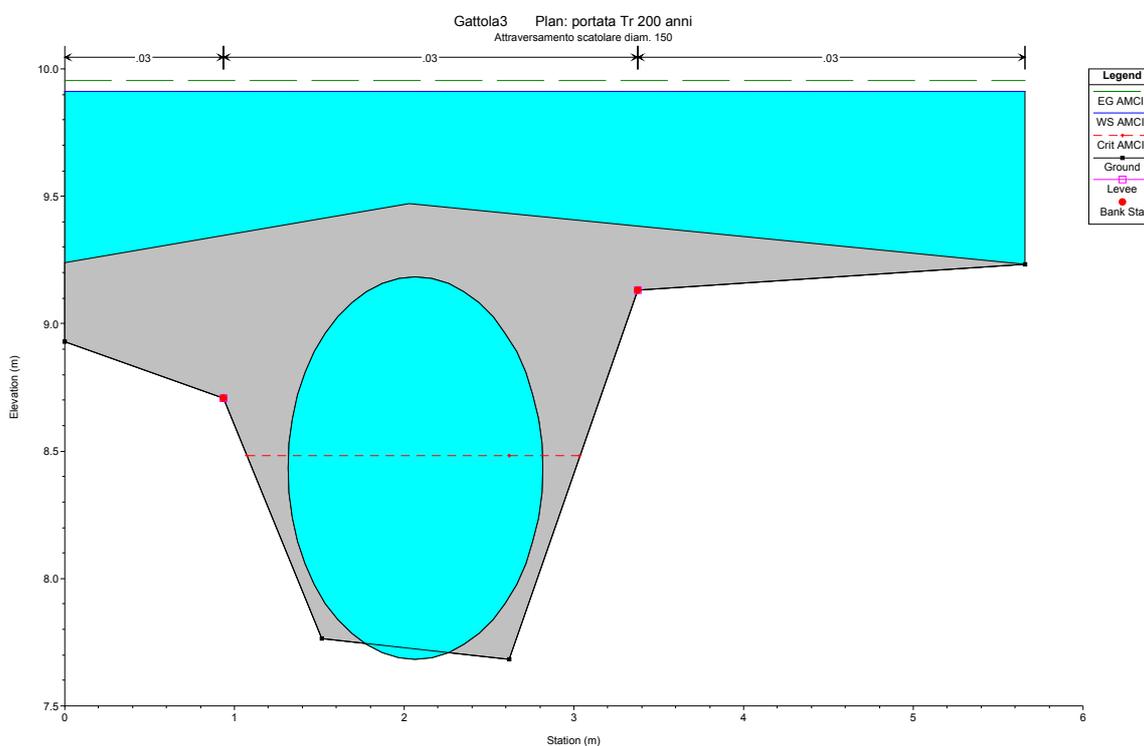
**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per $Tr=200$ anni)
PER IL TRATTO DI CONFLUENZA VIALE-GATTOLA**

<i>Plan: T200</i>	<i>Reach</i>	<i>River Sta</i>	<i>Profile</i>	<i>Q Total</i> (m^3/s)	<i>Min Ch El</i> (m)	<i>W.S. Elev</i> (m)	<i>Levee El Left</i> (m)	<i>Levee El Right</i> (m)	<i>Crit W.S.</i> (m)	<i>Vel Chnl</i> (m/s)	<i>Flow Area</i> (m^2)	<i>Froude # Chl</i>
Rio Viale	Viale	V50	AMCII	6.20	8.17	9.96	10.31	9.29	9.21	0.69	10.27	0.20
Rio Viale	Viale	V40	AMCII	6.20	7.68	9.91	8.71	9.13	8.96	1.01	7.21	0.24
Rio Viale	Viale	V37.5	Culvert	In pressione (rigurgitato da valle)								
Rio Viale	Viale	V35	AMCII	6.20	7.61	9.76	8.63	9.06	8.89	1.07	6.76	0.26
Rio Viale	Viale	V30	AMCII	6.20	7.61	9.77	8.86	9.04	8.64	0.77	9.37	0.18
Rio Viale	Viale	V20	AMCII	6.20	7.26	9.78	8.68	8.88	8.25	0.55	13.36	0.12
Rio Viale	Viale	V10	AMCII	6.20	7.19	9.78	8.73	8.76	8.15	0.49	14.98	0.13
Torrente Gattola	Gat monte	G50	AMCII	36.00	7.28	9.91	8.72	9.38	9.44	2.14	22.15	0.47
Torrente Gattola	Gat monte	G40	AMCII	36.00	7.16	9.75	8.60	9.13	9.35	2.26	21.34	0.50
Torrente Gattola	Gat monte	G30	AMCII	36.00	7.11	9.58	8.69	8.92		2.76	17.12	0.62
Torrente Gattola	Gat valle	G20	AMCII	42.20	7.02	9.23	8.55	8.52		3.58	14.87	0.84
Torrente Gattola	Gat valle	G10	AMCII	42.20	6.97	9.07	8.50	8.74	9.22	3.76	14.36	0.93

Praticamente lungo tutti e due i tratti considerati si osservano dei livelli idrici superiori alle quote spondali. Il fenomeno già descritto, infatti, comporta lungo il Gattola un sormonto variabile tra i 60 e i 160 cm (in corrispondenza della sezione 30 posta a monte della confluenza), mentre lungo il Viale il battente è mediamente di circa 100 cm al disopra della quota spondale.

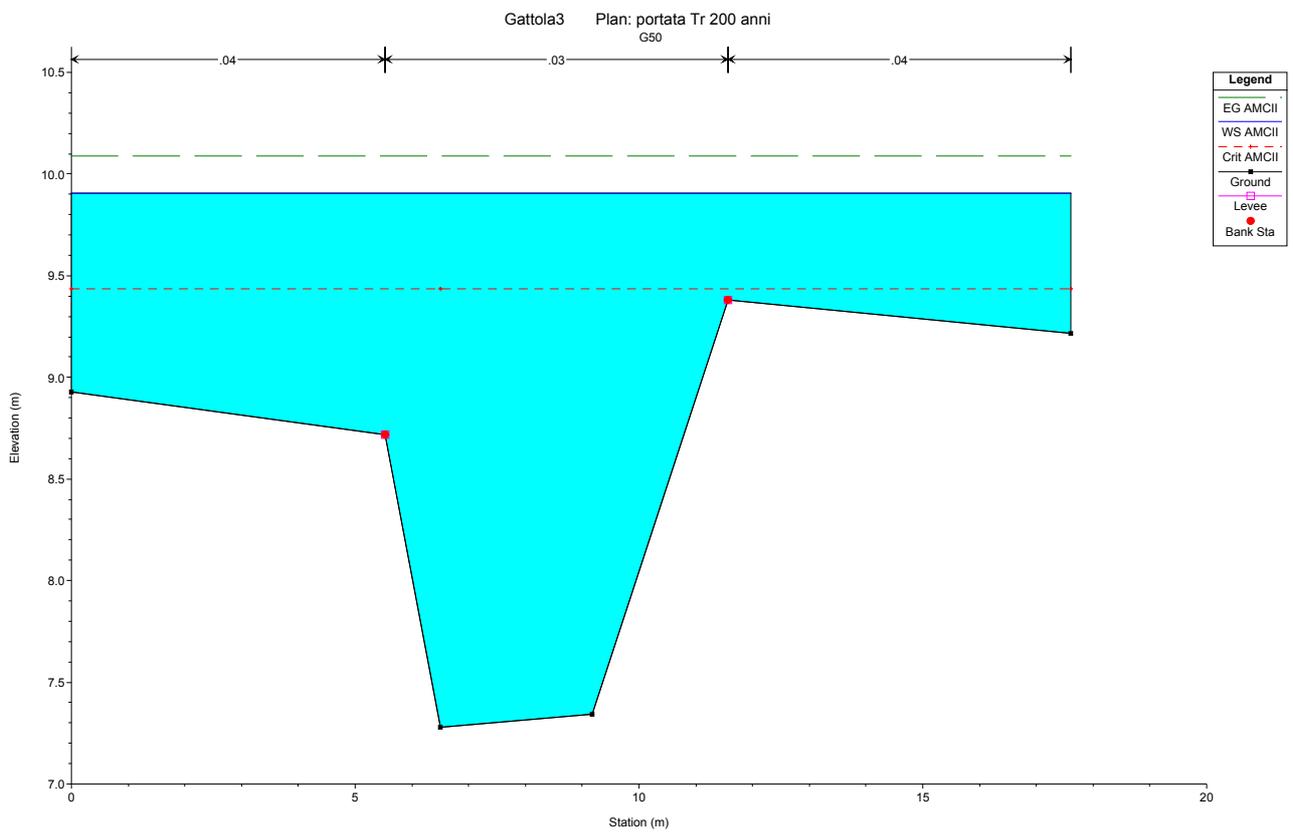
In particolare il tombino presente lungo il rio Viale è caratterizzato dai seguenti risultati numerici che, evidenziano come nella situazione ipotizzata di concomitanza delle due piene alla confluenza, la massima portata smaltibile dal manufatto è pari a circa 2,40 m³/s, meno della metà del valore calcolato di massima piena 6,20 m³/s.

<i>Rio Viale</i>	<i>RS: 37.5 Profile T200: AMCII Culvert</i>		
<i>Q (m³/s)</i>	2.39	<i>Culv Ful Lngh (m)</i>	3.83
<i># Barrels</i>	1	<i>Culv Vel US (m/s)</i>	1.35
<i>Q Barrel (m³/s)</i>	2.39	<i>Culv Vel DS (m/s)</i>	1.35
<i>E.G. US. (m)</i>	9.96	<i>Culv Inv El Up (m)</i>	7.68
<i>W.S. US. (m)</i>	9.91	<i>Culv Inv El Dn (m)</i>	7.61
<i>E.G. DS (m)</i>	9.81	<i>Culv Frctn Ls (m)</i>	0.01
<i>W.S. DS (m)</i>	9.76	<i>Culv Ext Lss (m)</i>	0.04
<i>Delta EG (m)</i>	0.15	<i>Culv Ent Lss (m)</i>	0.09
<i>Delta WS (m)</i>	0.15	<i>Q Weir (m³/s)</i>	3.81
<i>E.G. IC (m)</i>	9.81	<i>Weir Sta Lft (m)</i>	0.00
<i>E.G. OC (m)</i>	9.96	<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	5.66
<i>Culvert Control</i>	Outlet	<i>Weir Submerg</i>	0.67
<i>Culv WS Inlet (m)</i>	9.18	<i>Weir Max Depth (m)</i>	0.72
<i>Culv WS Outlet (m)</i>	9.11	<i>Weir Avg Depth (m)</i>	0.60
<i>Culv Nml Depth (m)</i>		<i>Wr Flw Area (m²)</i>	3.41
<i>Culv Crt Depth (m)</i>	0.80	<i>Min El Weir Flow (m)</i>	9.24

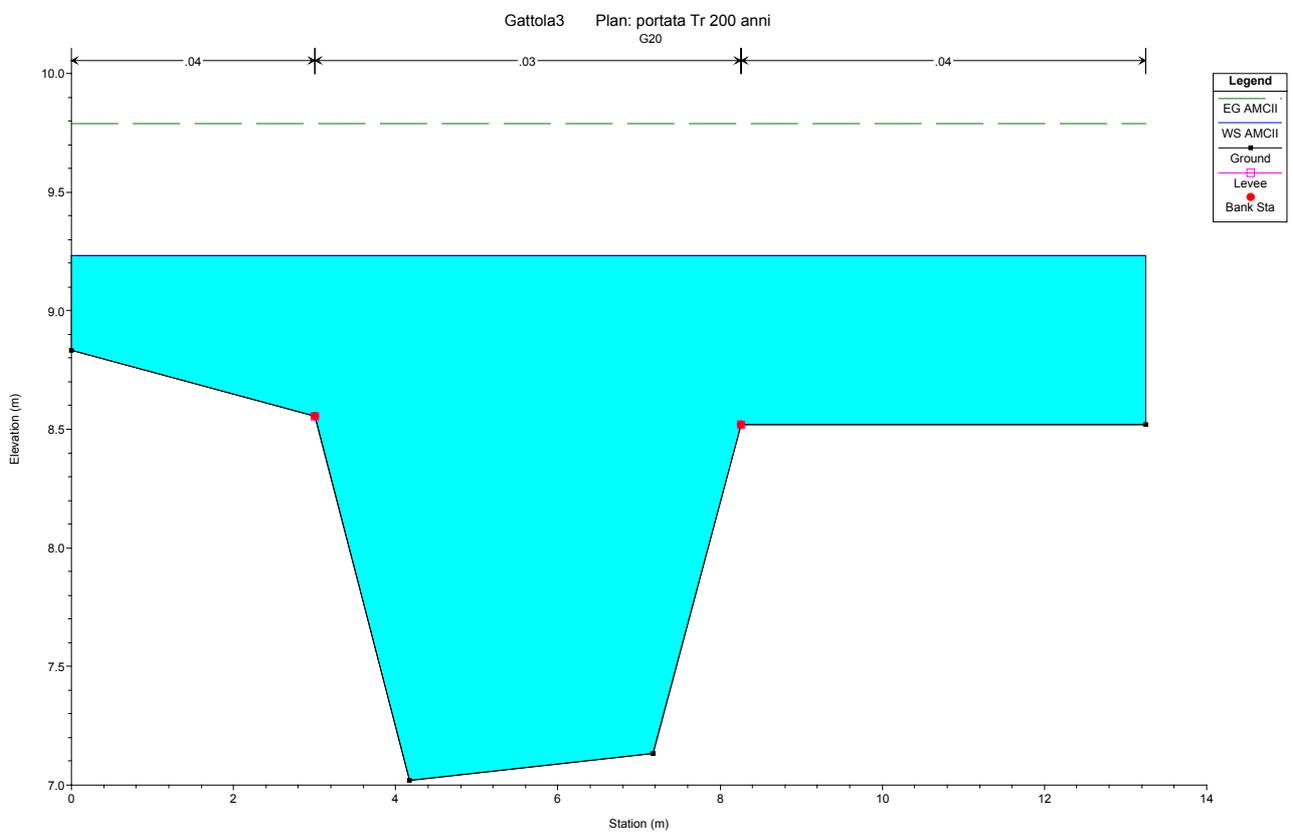


Sezione di attraversamento pedonale del rio vialè con indicazione del livello idrico calcolato

Data la diffusa esondazione calcolata, non si approfondisce ulteriormente l'analisi delle sezioni idrauliche di entrambi i corsi d'acqua, rimandando alle seguenti figure quanto già descritto numericamente.

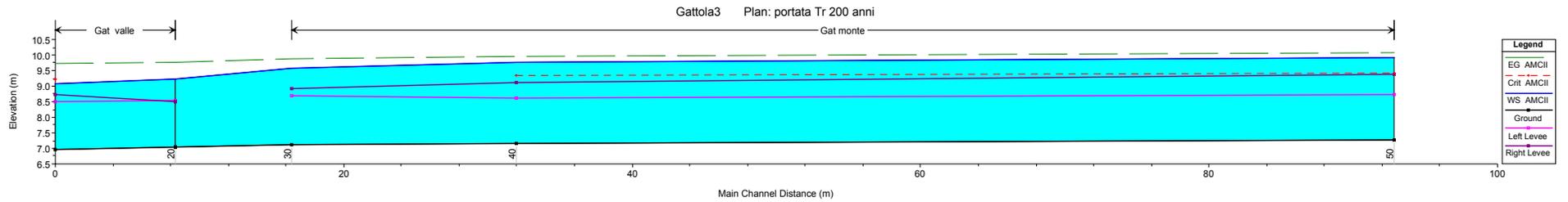


Sezione G50 del torrente Gattola a monte della confluenza

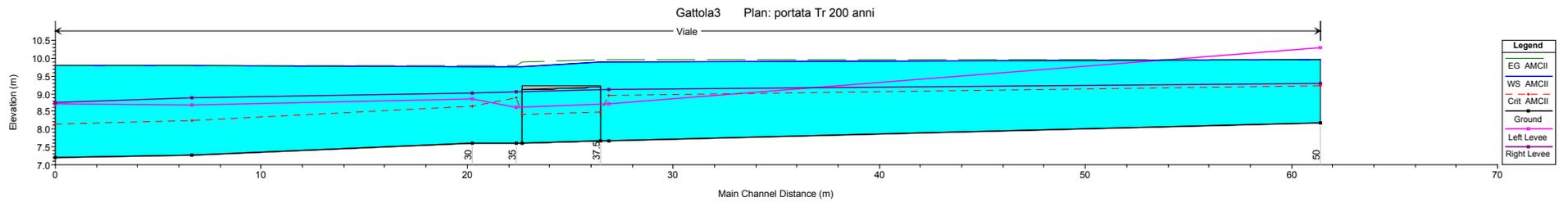


Sezione G20 del torrente Gattola a valle della confluenza

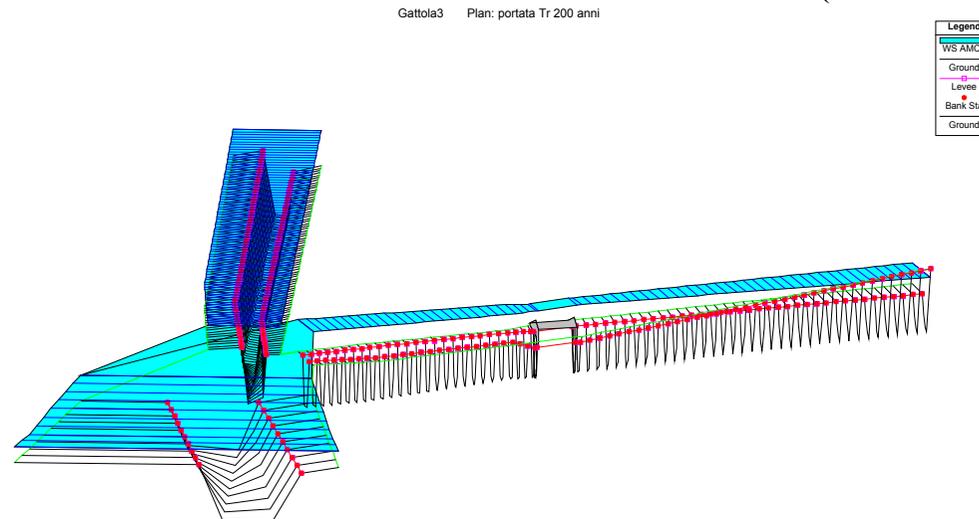
PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DEL TORRENTE GATTOLA CON IPOTESI DI $Q_{AMCII} = 36,00 \text{ m}^3/\text{s} + 6,20 \text{ m}^3/\text{s}$



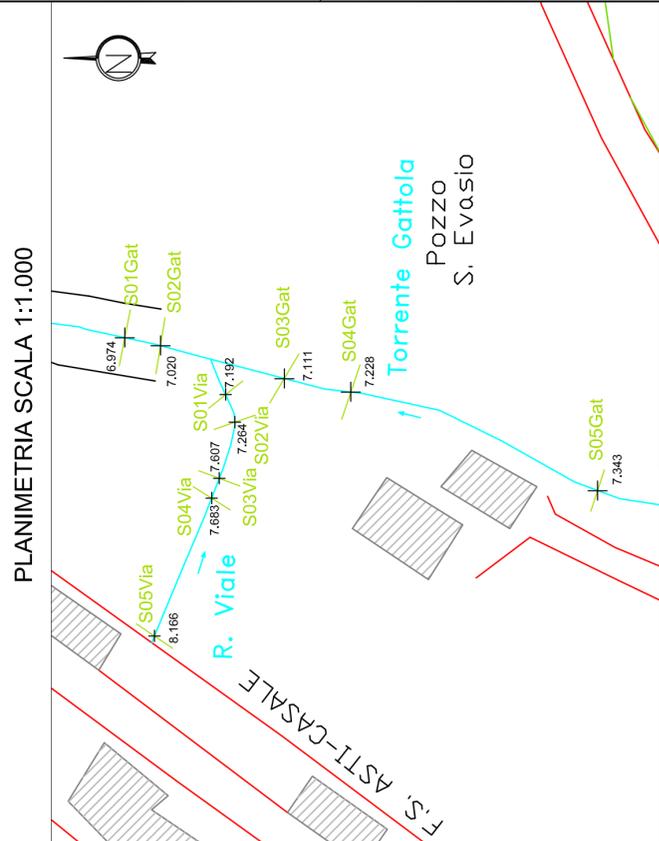
PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DEL RIO VIALE CON IPOTESI DI $Q_{AMCII} = 6,20 \text{ m}^3/\text{s}$



VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 122 m)

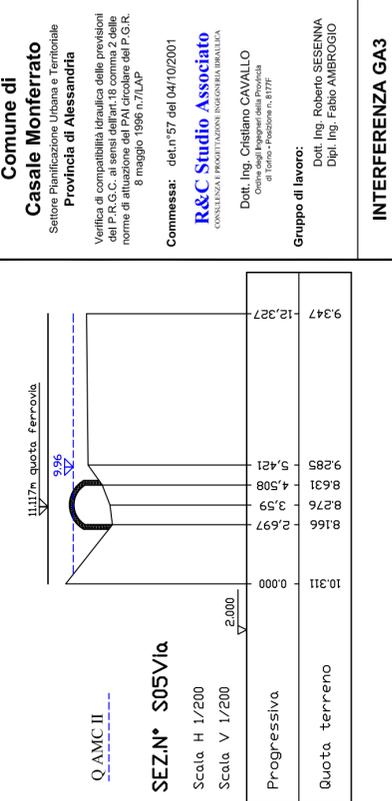
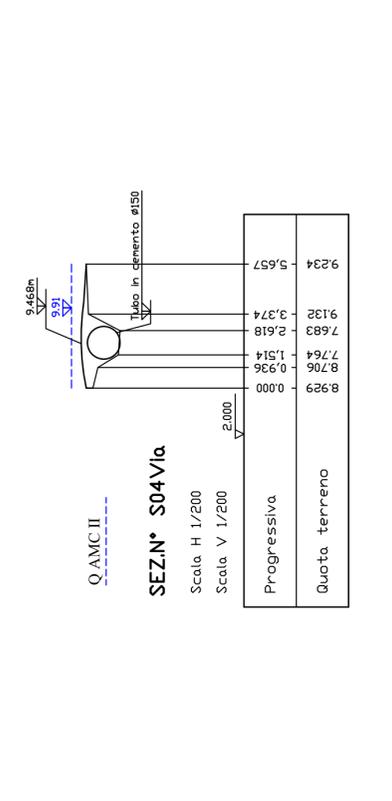
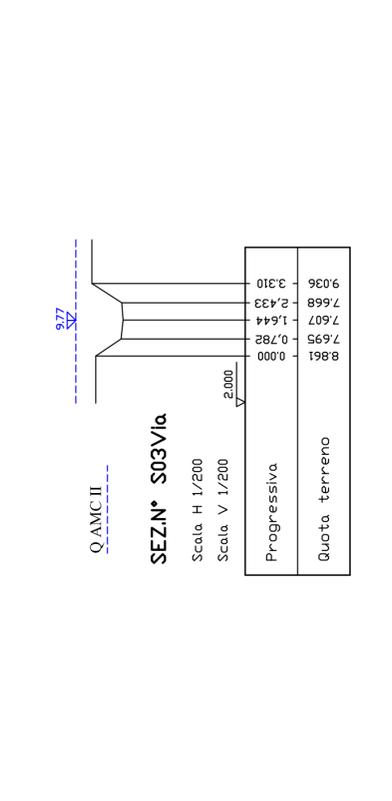
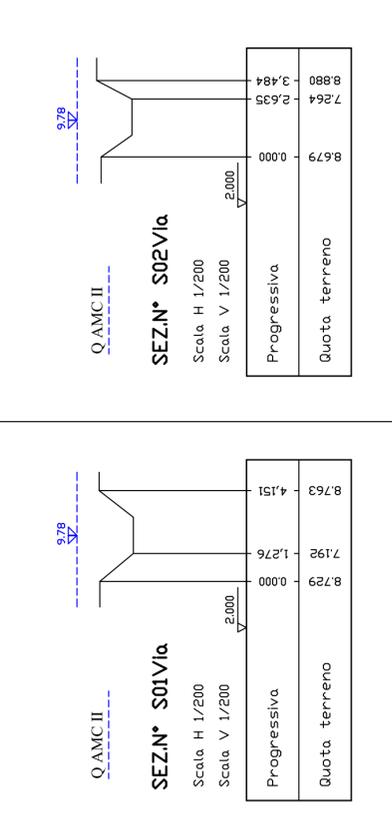
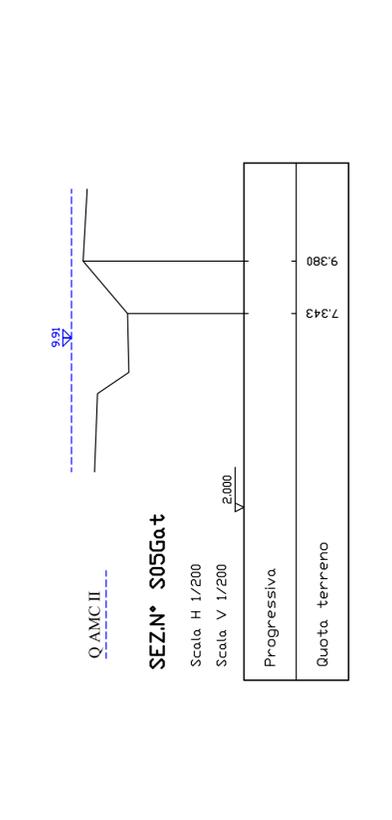
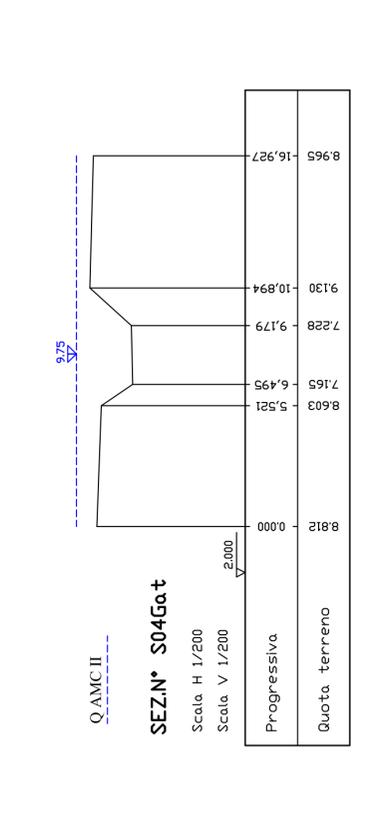
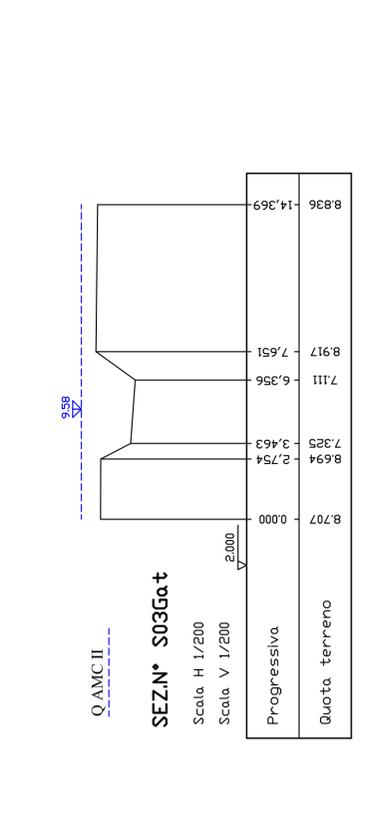
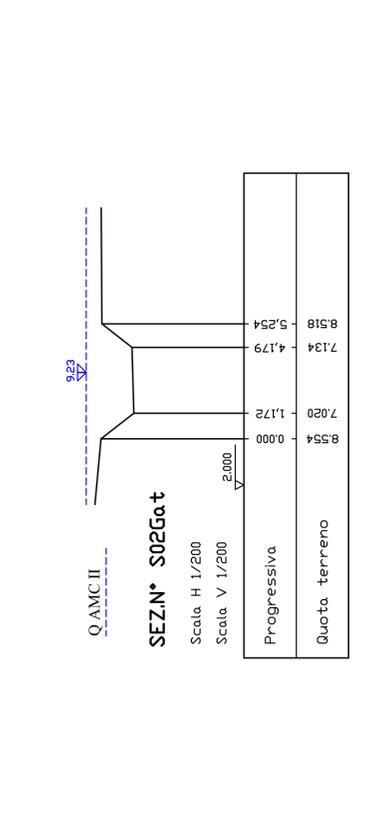
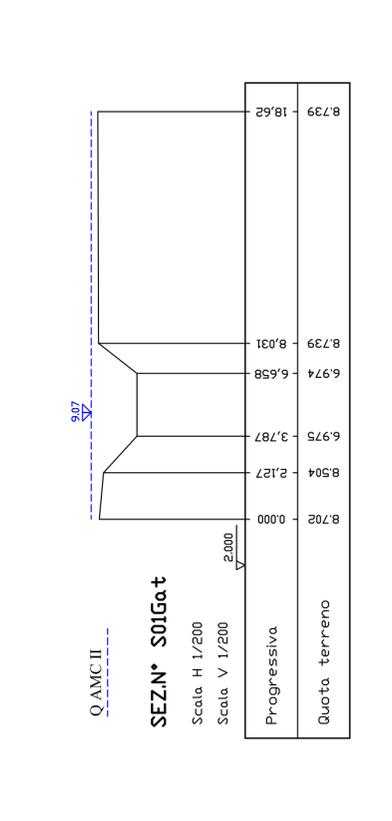


INTERFERENZA GA3: Confluenza Torrente Gattola - Rio Viale



CRITICITA': ● **ALTA**

OSSERVAZIONI
 Il tratto studiato è ubicato in prossimità della SS 57, della ferrovia sulla linea Asti-Casale M.to e della S.P. 42, ed è idraulicamente caratterizzato dalla presenza della confluenza nel torrente Gattola del rio Viale, affluente minore che scorre in sinistra orografica. In zona è presente anche un piccolo nucleo di edifici oltre ai già citati collegamenti viari. Entrambi i corsi d'acqua presentano sponde irregolari con vegetazione infestante, anche ad alto fusto. Il rio Viale è intubato a partire da una strada secondaria posta a monte dell'area urbanizzata e torna nel suo alveo naturale a valle della ferrovia. Il tombino presenta una sezione di deflusso inferiore a quella naturale del corso d'acqua, con possibili fenomeni di rigurgito ed esondazioni con coinvolgimento dell'area edificata.
 Le portate di verifica ducentennale sono entrambe calcolate nella situazione AMCII e valgono rispettivamente:
 per il Viale: $Q=6,20 \text{ m}^3/\text{s}$
 per il Gattola: $Q=36,00 \text{ m}^3/\text{s}$ (a monte della confluenza)



Comune di Casale Monferrato
 Settore Pianificazione Urbana e Territoriale
 Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.C.C. ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del Piano Urbanistico del P.G.R. n. 1000/2001 del 15/05/2001 e del P.G.R. n. 1000/2001 del 15/05/2001.
 Commessa: del n°57 del 04/10/2001

R&C Studio Associato
 CONSULTAZIONE PROFESSIONALE INGENGERIA E ARCHITETTURA

Dott. Ing. Cristiano CAVALLO
 Centro Studi Ingegneri della Provincia di Asti - Via S. Pietro, 101111
 Gruppo di lavoro:
 Dott. Ing. Roberto SESSANA
 Dip. Ing. Fabio AMBERGIO

INTERFERENZA GA3

Torrente Gattola

Interferenza GA4

CODICE INTERFERENZA: TORRENTE GATTOLA – Ga4 (loc. Pozzo S. Gervasio)

Trattasi di una interferenza ubicata a valle della confluenza con il rio Viale e costituita da un ponte in cemento armato, a campata unica con una luce di 3,5 metri, con funzione di collegamento di due viabilità principali costituite dalla S.S. 457 e la S.P. 42.

Le problematiche idrauliche sono relative non solo all'attraversamento analizzato, ma risultano diffuse lungo tutto il tratto studiato in relazione alla scarsa sezione disponibile per il deflusso della portata duecentennale calcolata per la situazione AMCII e utilizzata per le verifiche ($Q=42,20 \text{ m}^3/\text{s}$). Sono evidenti anche alcuni fenomeni di erosione spondale con la presenza di opere spondali scalzate in fondazione il cui collasso potrebbe determinare un effetto di ostruzione al regolare deflusso di piena.

La portata di verifica duecentennale è stata calcolata nella situazione AMCII e vale $Q = 42,20 \text{ m}^3/\text{s}$. Il tratto studiato è caratterizzato da N.10 sezioni di calcolo per complessivi 139 m.

Le condizioni idrauliche al contorno sono le seguenti:

Torrente Gattola Interferenza Ga4:

$$i_{\text{monte}}=0,98\%$$

$$i_{\text{valle}}=0,81\%$$

Coefficiente di scabrezza di Manning:

$$\text{in alveo} = 0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$$

$$\text{fuori alveo} = 0,045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$$

Il tratto posto a monte dell'attraversamento risulta idraulicamente insufficiente, in quanto caratterizzato dalla sponda sinistra con una quota sommitale inferiore di quella destra mediamente di 65 cm, comportando battenti di tracimazione che superano il metro tra le sezioni 60 e la 50.

Decisamente diversa è la situazione del tratto di valle dove, tranne per la prima sezione posta immediatamente a valle del ponte, la corrente defluisce in alveo non comportando particolari problemi.

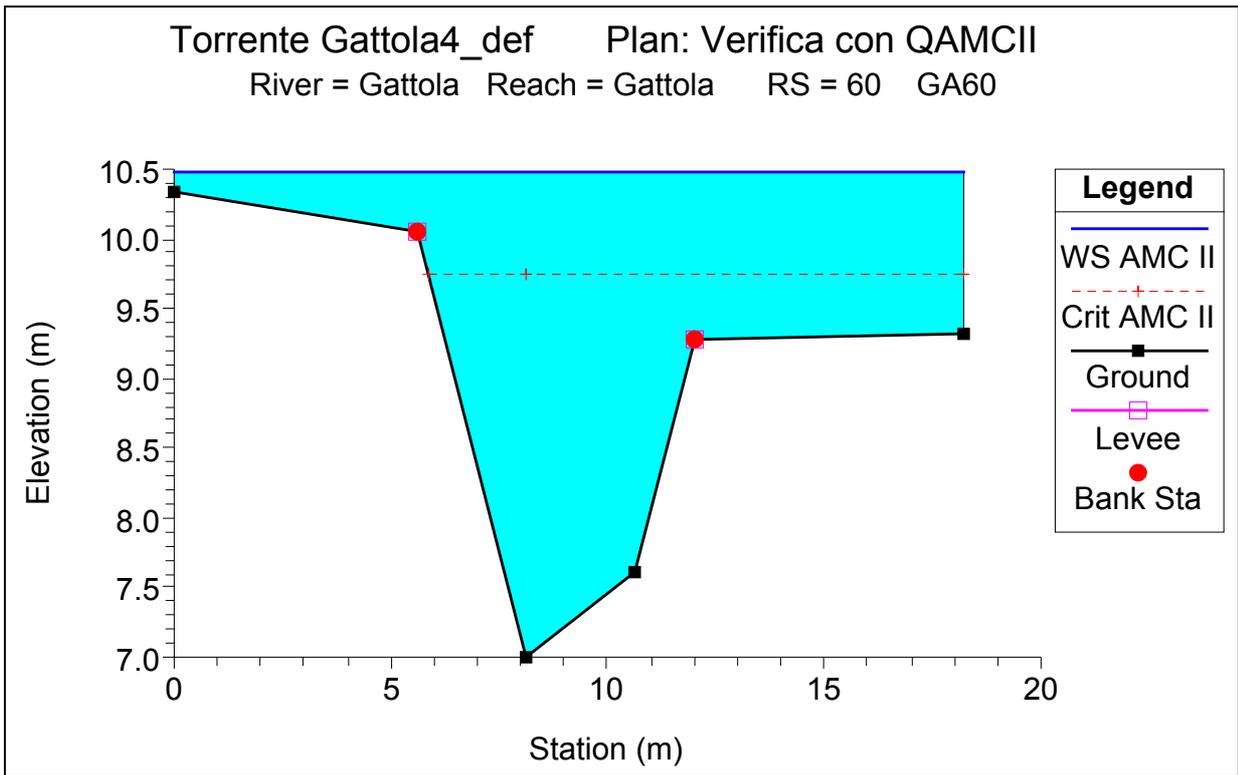
**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per $Tr=200$ anni)
PER IL TORRENTE GATTOLA NEL TRATTO DI INTERFERENZA Ga4**

Plan T200	River Sta	Profile	Q Total (m^3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Levee El Left (m)	Levee El Right (m)	Crit W.S. (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Froude # Chl
Gattola	80	AMC II	42.20	7.21	10.54	10.04	9.58	10.04	2.37	22.49	0.48
Gattola	70	AMC II	42.20	7.00	10.63	10.00	9.55	8.88	1.22	39.64	0.24
Gattola	60	AMC II	42.20	7.00	10.48	10.06	9.28	9.75	2.07	24.48	0.42
Gattola	50	AMC II	42.20	7.48	10.47	10.30	9.36	9.51	1.80	27.34	0.37
Gattola	45	AMC II	42.20	7.03	10.43	10.03	9.65	10.14	1.49	37.36	0.29
Gattola	40	Bridge	Quote (m) Intradosso=9,33 Viabile=10,14		Franco Idraulico=0 (in pressione) (non verificato con 40 cm di sormonto)						
Gattola	35	AMC II	42.20	7.03	10.14	10.03	9.65	10.14	1.90	27.05	0.40
Gattola	30	AMC II	42.20	6.51	9.31	9.50	9.80	8.79	2.80	15.06	0.67
Gattola	20	AMC II	42.20	6.39	8.84	9.40	9.70	8.64	3.38	12.49	0.85
Gattola	10	AMC II	42.20	6.21	8.75	8.99	9.63	8.32	2.79	15.15	0.70

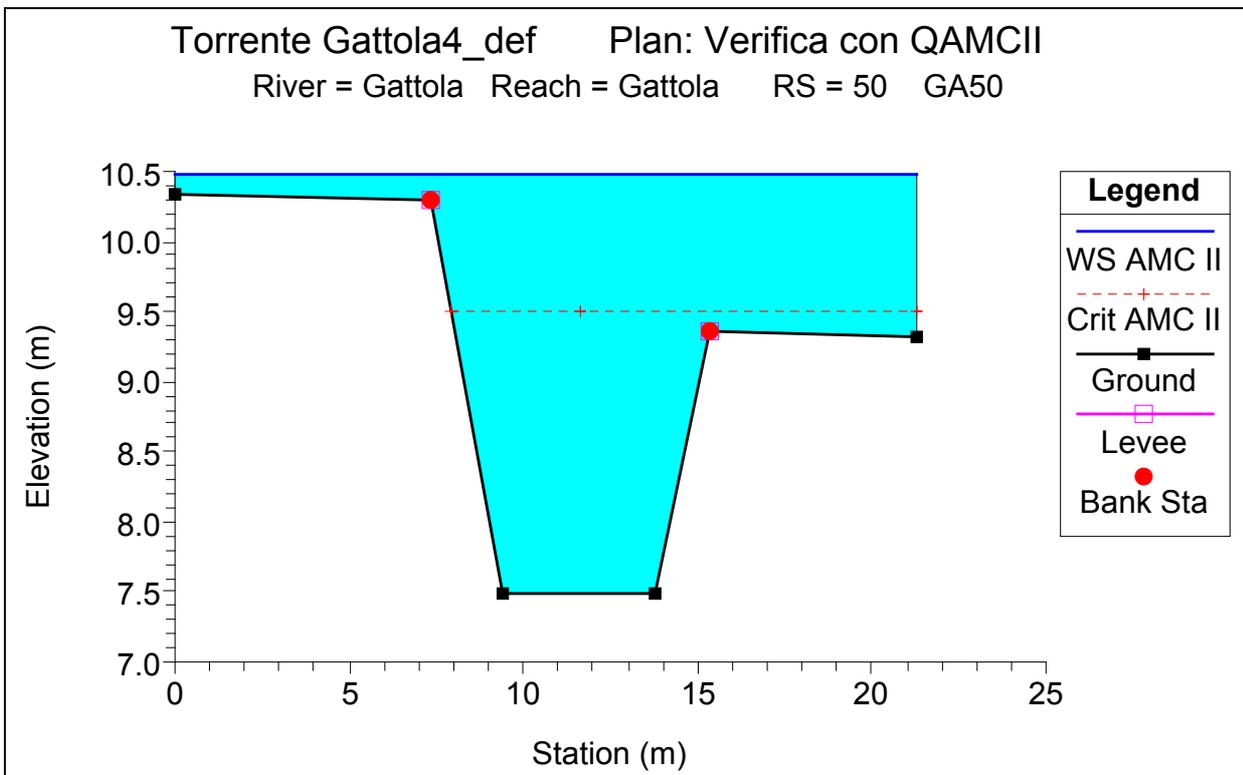
Le caselle evidenziate indicano le sezione di calcolo nelle quali il sormonto arginale si è già verificato:

- nella sezione 80 (in sinistra +50 cm; in destra +96 cm) → esondazione
- nella sezione 70 (in sinistra +63 cm; in destra +108 cm) → esondazione
- nella sezione 60 (in sinistra +42 cm; in destra +120 cm) → esondazione
- nella sezione 50 (in sinistra +17 cm; in destra +111 cm) → esondazione

Il ponte non è verificato come si potrà meglio analizzare dai dati riportati nel seguente prospetto riassuntivo, dove sono riassunti i principali dati idraulici risultati dal calcolo.

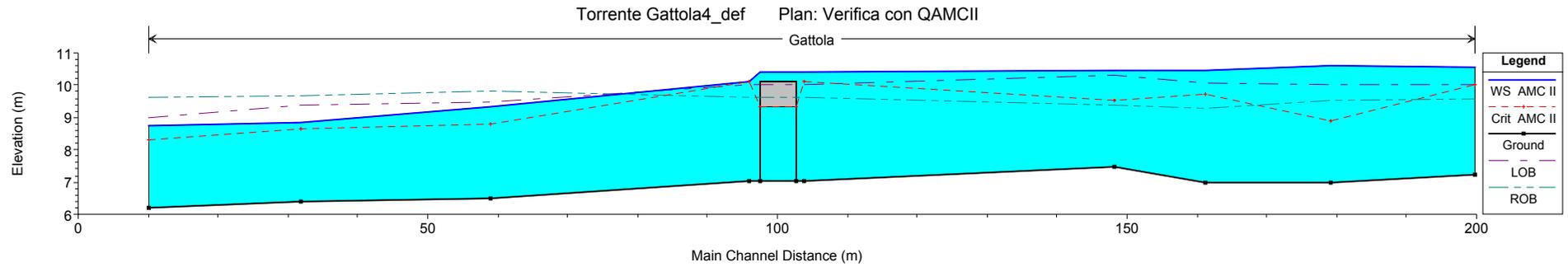


Sezione GA60 del torrente Gattola

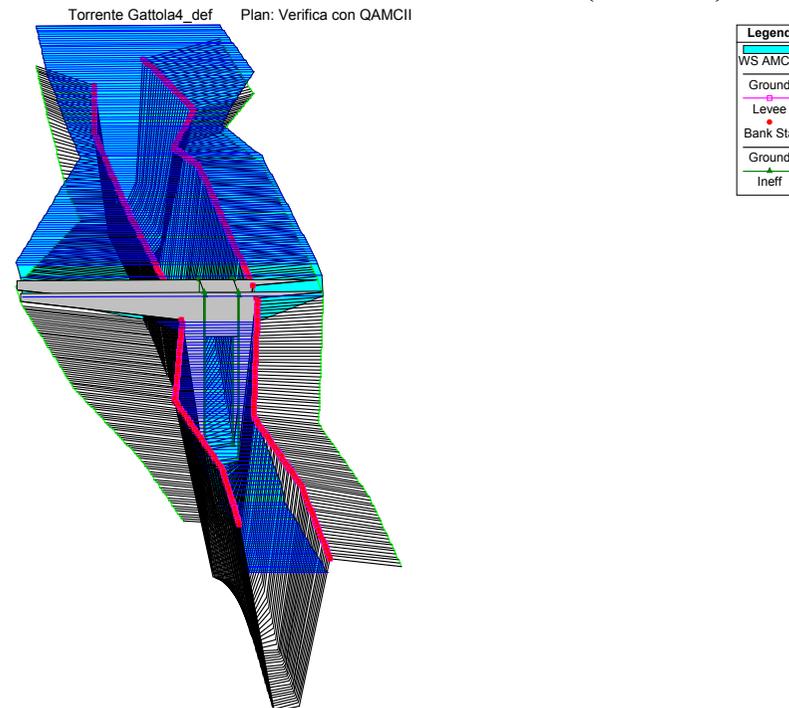


Sezione GA50 ubicata poco a monte dell'attraversamento

PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DEL TORRENTE GATTOLA CON IPOTESI DI $Q_{AMCII} = 42,20 \text{ m}^3/\text{s}$



VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (L=189 m)



Torrente Gattola

Interferenza GA8

CODICE INTERFERENZA: TORRENTE GATTOLA – Ga8 (loc. Cascina Tre Torri)

L'interferenza è costituita da un attraversamento di una strada vicinale posta a monte della cascina denominata Tre Torri. Tale attraversamento è realizzato con una struttura in cemento armato con una luce larga circa 3 metri e alta 1,5 m e dotata a monte di due paratoie che consentono la derivazione del torrente verso un canale irriguo.

Il rischio idraulico rilevato è legato essenzialmente alle elevate portate di piena con cui defluisce il torrente Gattola nel tratto in esame e quindi ad una diffusa insufficienza della sezione idraulica di deflusso, ma anche alla corretta gestione delle due citate paratoie.

Le portate di verifica duecentennale utilizzate è quella calcolata nella situazione di AMCII e vale $Q = 42,40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il tratto studiato è lungo 118 metri ed è stato caratterizzato da N.9 sezioni di calcolo rilevate topograficamente.

Le condizioni idrauliche utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

$$i_{\text{monte}}=0,09\% ; i_{\text{valle}}=0,33\%$$

$$\text{scabrezza di Manning: in alveo}=0,035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s; fuori}=0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$$

Tutto il tratto analizzato risulta idraulicamente insufficiente a far defluire la portata utilizzata per il calcolo. Tale insufficienza è legata sia alla scarsa area delle sezioni di deflusso, ma soprattutto alla ridotta pendenza dell'alveo specie nella zona di valle. La tabella che segue evidenzia tali risultati indicando livelli di esondazione, che in prossimità della struttura raggiungono i 150 cm.

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per Tr=200 anni)
PER IL TORRENTE GATTOLA NEL TRATTO DI INTERFERENZA Ga4**

AMC II	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Levee El Left (m)	Levee El Right (m)	Crit W.S. (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Froude # Chl
Gattola	70	AMCII	42.40	8.62	12.23	10.57	10.83	11.10	1.49	37.67	0.27
Gattola	60	AMCII	42.40	8.65	12.20	10.60	10.68	11.03	1.48	37.80	0.27
Gattola	50	AMCII	42.40	8.59	12.17	10.65	10.61	11.10	1.53	36.97	0.28
Gattola	40	AMCII	42.40	8.94	12.16	10.65	10.61	11.08	1.54	36.75	0.29
Gattola	37	Bridge	Struttura non verificata con funzionamento in pressione e stramazzo								
Gattola	35	AMCII	42.40	8.94	12.09	10.65	10.61	11.08	1.60	35.57	0.30
Gattola	30	AMCII	42.40	8.93	12.00	10.51	10.66	11.18	2.04	26.13	0.40
Gattola	20	AMCII	42.40	8.61	11.91	10.44	10.57	11.21	2.32	23.08	0.45
Gattola	10	AMCII	42.40	8.56	11.86	10.37	10.57	11.20	2.37	22.53	0.46

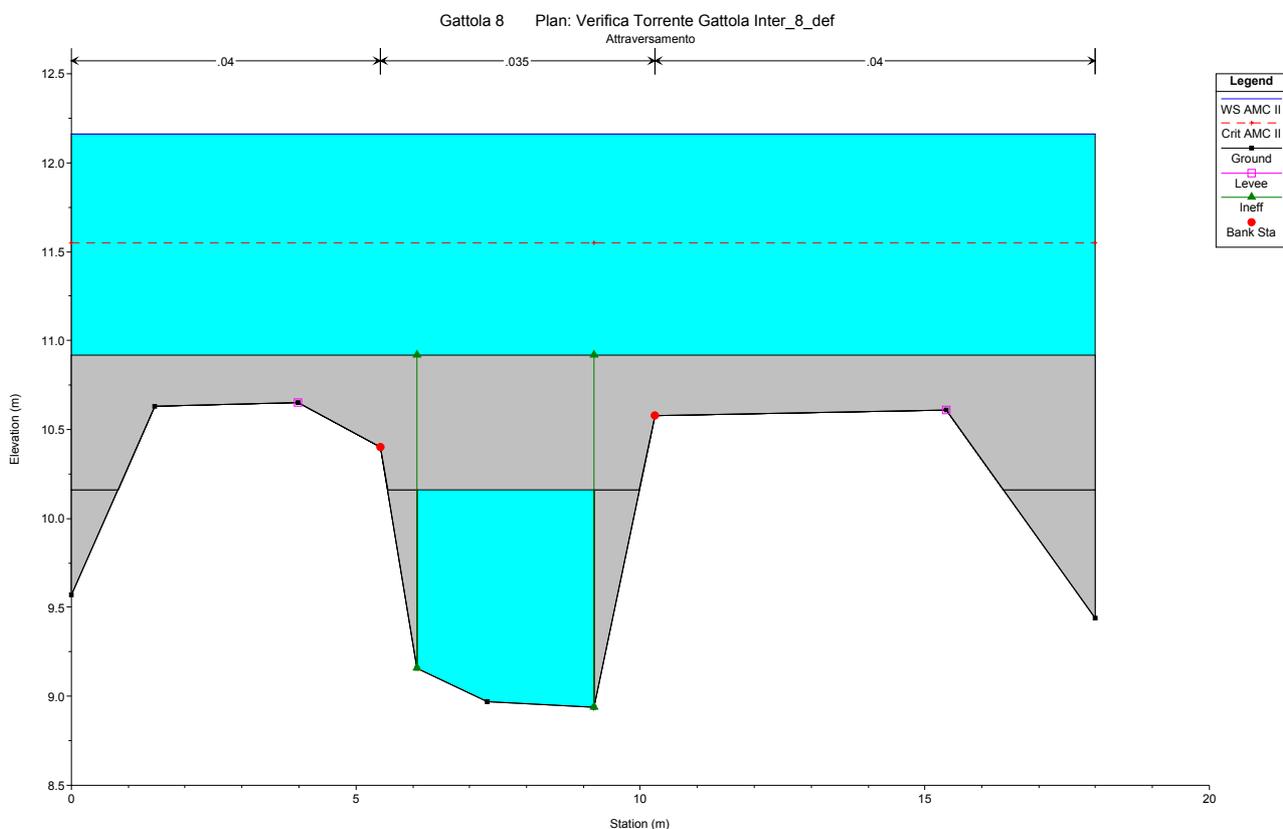
Le caselle con il testo evidenziato in grassetto indicano dove il sormonto arginale si è già verificato con i livelli idrici di esondazione riassunti nel seguente prospetto.

River Sta	Q Total (m ³ /s)	Livello Idrico (m)	Quota sponda sinistra SX (m)	Livello di esondazione (m)	Quota sponda destra DX (m)	Livello di esondazione (m)
70	42.40	12.23	10.57	1.66	10.83	1.40
60	42.40	12.20	10.60	1.60	10.68	1.52
50	42.40	12.17	10.65	1.52	10.61	1.56
40	42.40	12.16	10.65	1.51	10.61	1.55
35	42.40	12.09	10.65	1.44	10.61	1.48
30	42.40	12.00	10.51	1.49	10.66	1.34
20	42.40	11.91	10.44	1.47	10.57	1.34
10	42.40	11.86	10.37	1.49	10.57	1.29

La struttura non permette assolutamente il deflusso della portata di calcolo, riuscendo a smaltire la massimo una portata di circa 5 m³/s a fronte dei totali 42,40, così come evidenziato nella seguente tabella che riassume i principali risultati ottenuti dal calcolo.

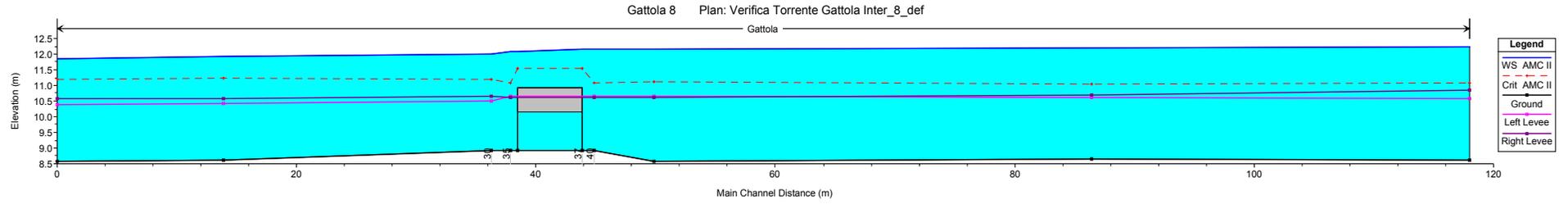
Torrente Gattola	RS: 37 Profile Tr=200: AMC II Bridge			
		Element	Inside BR US	Inside BR DS
<i>E.G. US. (m)</i>	12.24	E.G. Elev (m)	12.24	12.18
<i>W.S. US. (m)</i>	12.16	W.S. Elev (m)	12.16	12.09
<i>Q Total (m³/s)</i>	42.40	Crit W.S. (m)	11.55	11.55
<i>Q Bridge (m³/s)</i>	4.93	Max Chl Dpth (m)	3.22	3.15
<i>Q Weir (m³/s)</i>	37.47	Vel Total (m/s)	1.64	1.71
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	0.00	Flow Area (m ²)	25.92	24.74
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	18.00	Froude # Chl	0.15	0.16
<i>Weir Submerg</i>	0.89	Specif Force (m ³)	30.24	28.91
<i>Weir Max Depth (m)</i>	1.32	Hydr Depth (m)	1.44	1.37
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	10.92	W.P. Total (m)	28.93	28.80
<i>Min El Prs (m)</i>	10.16	Conv. Total (m ³ /s)	-	-
<i>Delta EG (m)</i>	0.06	Top Width (m)	18.00	18.00
<i>Delta WS (m)</i>	0.07	Frctn Loss (m)	-	-
<i>BR Open Area (m²)</i>	3.61	C & E Loss (m)	-	-
<i>BR Open Vel (m/s)</i>	1.37	Shear Total (N/m ²)	-	-
<i>Coef of Q</i>	-	Power Total (N/m s)	-	-
<i>Br Sel Method</i>	Press/Weir			

Sono quindi prevedibili, all'accadere di un evento con tempo di ritorno duecentennale, allagamenti diffusi di prati e coltivi a monte e a valle dell'attraversamento con la realistica possibilità che vi sia un coinvolgimento anche delle aree su cui sorge la cascina Tre Torri.

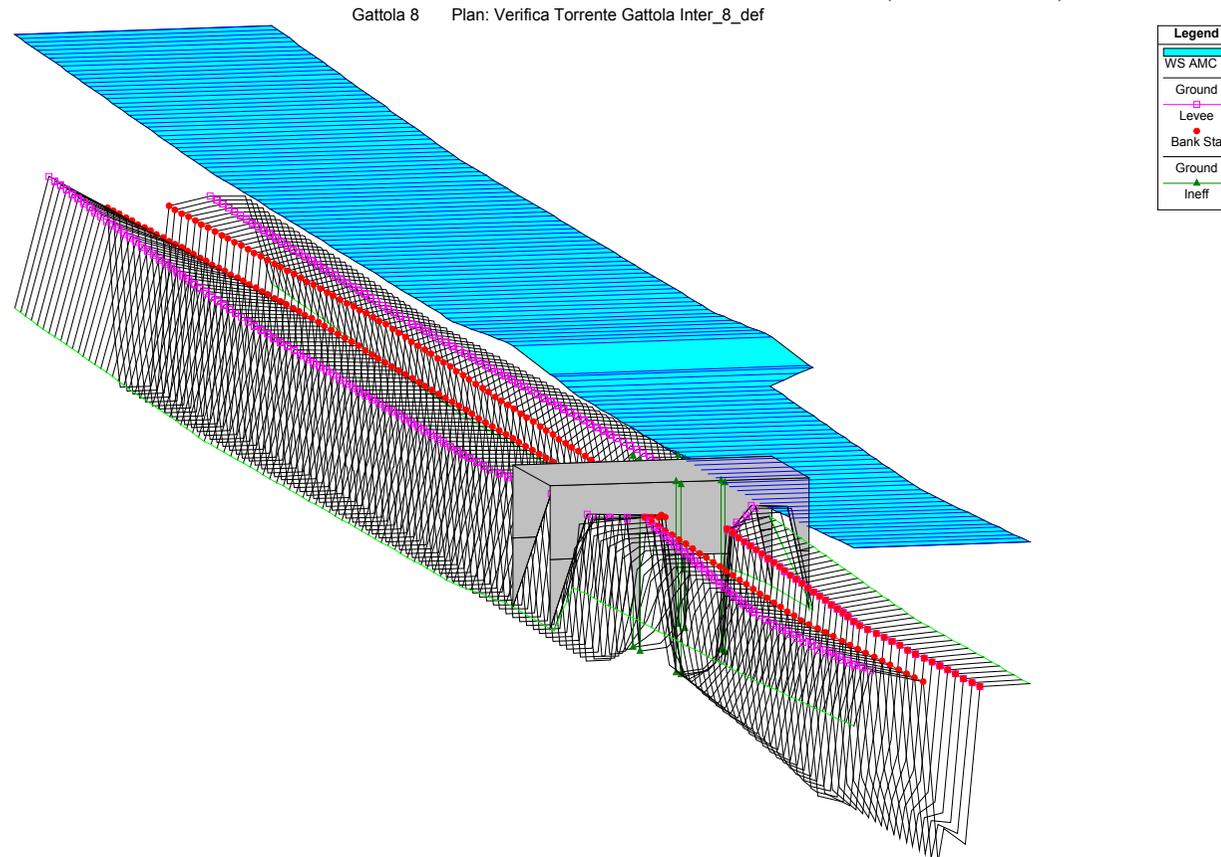


Sezione di attraversamento oggetto di verifica idraulica

PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DEL TORRENTE GATTOLA CON IPOTESI DI $Q_{AMCII} = 42,40 \text{ m}^3/\text{s}$

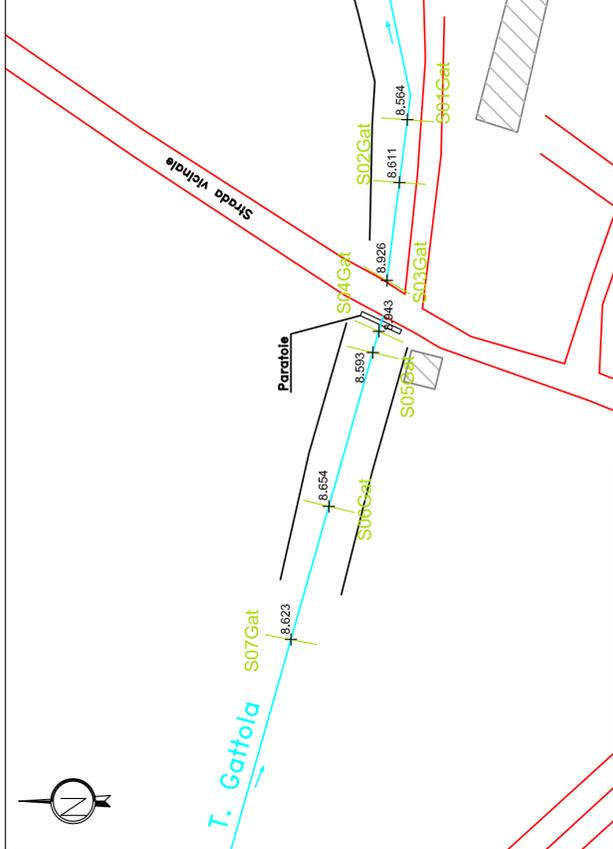


VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 122 m)



INTERFERENZA GA8: Torrente Gattola

PLANIMETRIA SCALA 1:1.000

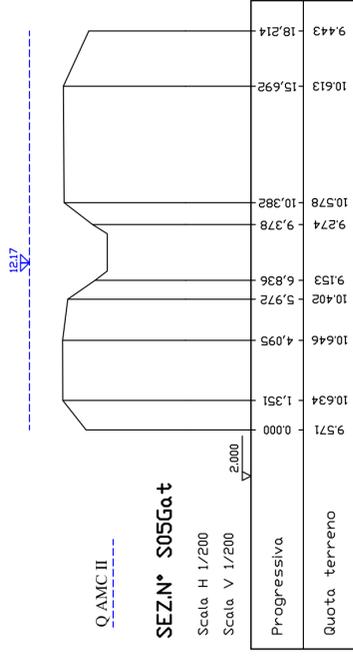
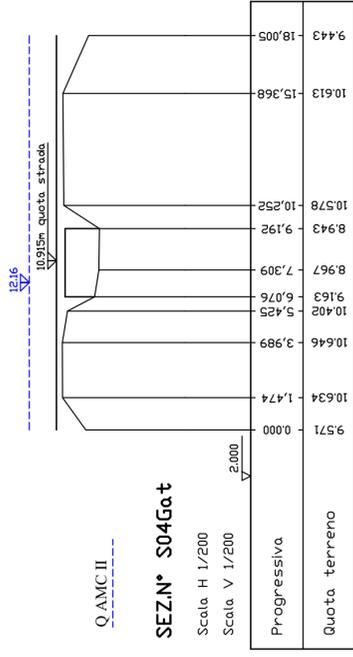
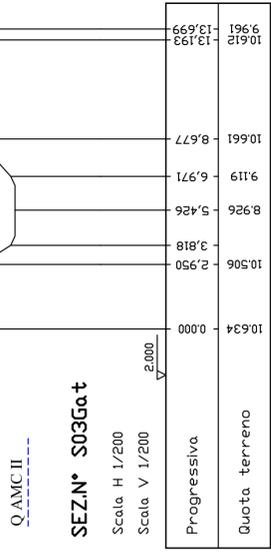
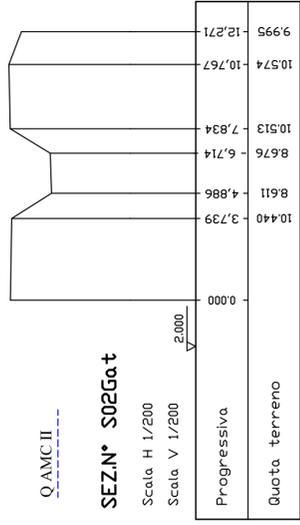
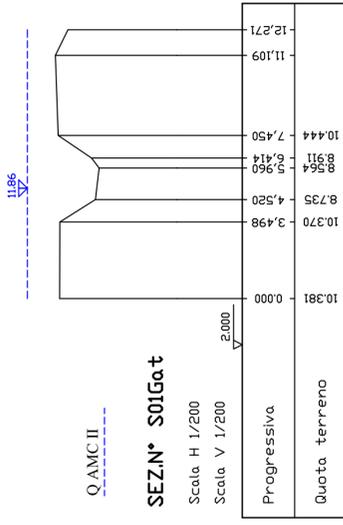


CRITICITA': ● **ALTA**

OSSERVAZIONI

L'interferenza è costituita da un attraversamento di una strada vicinale posta a monte della cascina denominata Tre Torri. Tale attraversamento è realizzato con una struttura in cemento armato con una luce larga circa 3 metri e alta 1,5 m e dotata a monte di due paratoie che consentono la derivazione del torrente verso un canale irriguo. Il rischio idraulico rilevato è legato essenzialmente alle elevate portate di piena con cui defluisce il torrente Gattola nel tratto in esame e quindi ad una diffusa insufficienza della sezione idraulica di deflusso, ma anche alla corretta gestione delle due citate paratoie. Le portate di verifica duecentennale utilizzate è quella calcolata nella situazione di AMCII e vale:

$$Q_{AMCII} = 42,40 \text{ m}^3/\text{s}$$



Torrente Rotaldo

Interferenza RO2

CODICE INTERFERENZA: TORRENTE ROTALDO Ro2 (loc. C. Faremo)

L'interferenza è stata individuata dove il torrente Rotaldo in corrispondenza del confine con il comune di Conzano incontra una strada per l'abitato di S. Maurizio e di Occimiano.

L'attraversamento è realizzato in muratura ad arco avente luce di altezza massima circa 3,50 metri e larghezza 6 metri. Si evidenzia a monte e a valle la presenza di vegetazione che ostacola il regolare deflusso della corrente.

Come si vede dalle analisi idrauliche condotte sulla base di topografia di dettaglio, tutto il tratto risulta idraulicamente insufficiente con livelli di esondazione che raggiungono anche i 3 metri che, vista la vicinanza a circa 350 metri delle prime abitazioni, richiederebbero ulteriori approfondimenti con codici di calcolo bidimensionali in modo da poter simulare l'effetto di laminazione e le aree effettivamente coinvolte.

La criticità evidenziata coinvolge i campi e i prati ivi presenti nonché la viabilità stradale.

Per la verifica dell'interferenza, con ipotesi di $T_r=200$ anni è stata utilizzata la portata AMCII, che vale $Q_{AMCII} = 140,60 \text{ m}^3/\text{s}$

Il tratto studiato è caratterizzato da una lunghezza totale di 107 metri ed è stato schematizzato con N.8 sezioni di calcolo rilevate topograficamente.

Le condizioni idrauliche al contorno utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

- $i_{valle}=0,22\%$; $i_{monte}=0,56\%$
- scabrezza di Manning: in alveo= $0,033 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$; fuori = $0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Si riporta di seguito la tabella dei risultati ottenuti dal calcolo.

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per $T_r=200$ anni - Q_{AMCII})
PER IL TORRENTE ROTALDO NEL TRATTO CONSIDERATO**

<i>Plan:</i>	<i>River Sta</i>	<i>Profile</i>	<i>Q Total</i>	<i>Min Ch El</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>Levee El Left</i>	<i>Levee El Right</i>	<i>Crit W.S.</i>	<i>Vel Chnl</i>	<i>Flow Area</i>	<i>Froude Chl</i>
<i>Rotaldo2</i>			<i>(m³/s)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m/s)</i>	<i>(m²)</i>	
Rotaldo	60	AMCII	140.60	5.62	11.11	9.38	9.24	9.80	2.11	83.16	0.34
Rotaldo	50	AMCII	140.60	5.50	11.17	10.10	8.62	9.65	1.51	130.83	0.22
Rotaldo	40	AMCII	140.60	5.36	11.05	10.14	9.00	9.47	2.09	86.08	0.31
Rotaldo	35	AMCII	140.60	5.03	11.03	10.14	9.00	8.83	2.02	85.63	0.30
Rotaldo	33	AMCII	Bridge Ro2	Struttura non verificata funzionante in pressione							
Rotaldo	30	AMCII	140.60	5.03	10.15	10.00	9.00	8.82	2.80	59.87	0.46
Rotaldo	20	AMCII	140.60	4.94	9.21	9.61	9.60	9.21	4.78	29.72	0.98
Rotaldo	10	AMCII	140.60	4.27	8.40	9.35	9.48	8.40	4.69	29.97	1.01

Le caselle con il testo evidenziato in grassetto indicano dove il sormonto arginale si è già verificato con i seguenti livelli idrici di esondazione:

<i>River Sta</i>	<i>Q Total</i>	<i>Livello Idrico</i>	<i>Quota sponda sinistra SX</i>	<i>Livello di esondazione SX</i>	<i>Quota sponda destra DX</i>	<i>Livello di esondazione DX</i>
	<i>(m³/s)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>
60	140.60	11.11	9.38	1.73	9.24	1.87
50	140.60	11.17	10.10	1.07	8.62	2.49
40	140.60	12.16	10.14	2.02	9.00	3.16
35	140.60	12.09	10.14	1.95	9.00	3.09
30	140.60	12.00	10.00	2.00	9.00	3.00

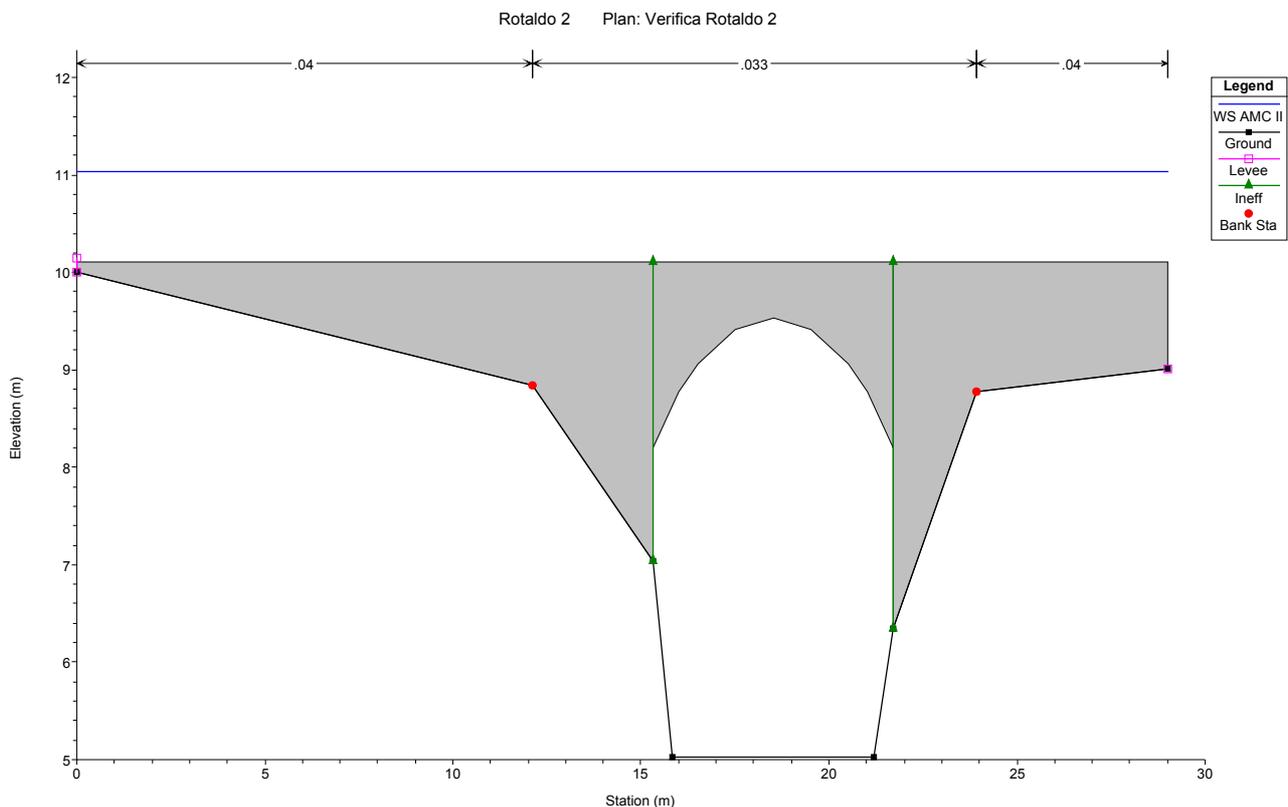
I livelli idrici calcolati sono da intendersi relativi all'alveo principale e indicano come lo stesso sia assolutamente insufficiente a contenere le acqua in piena nell'ipotesi di un evento duecentennale.

I risultati ottenuti indicano per il tratto in esame la necessità di una modellizzazione bidimensionale per introdurre l'ipotesi di laminazione nelle aree esondate, nonché per individuare quelle che effettivamente sarebbero coinvolte.

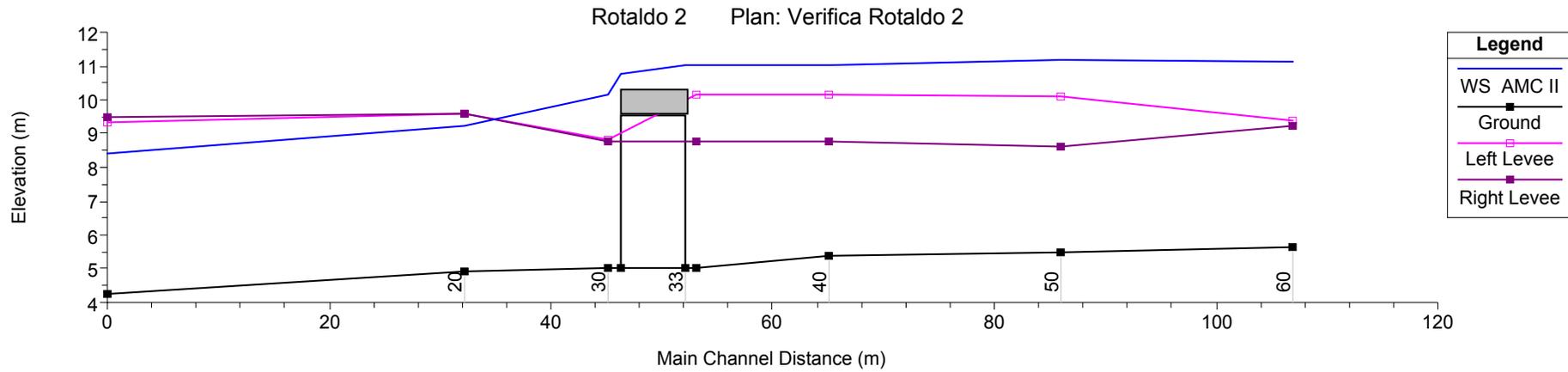
Riguardo l'attraversamento di sezione 33 (criticità Ro2) questo è chiaramente insufficiente funzionando in pressione con una lama stramazzone superiormente di circa 110 cm, così come indicato nella tabella che segue. La massima portata che defluisce in pressione (e quindi comunque in assenza di franco idraulico di sicurezza) è pari a circa 92 m³/s, la restante è destinata inevitabilmente ad esondare.

Tabella riassuntiva dei principali dati idraulici calcolati per l'attraversamento alla sezione 33 con ipotesi di $Q_{AMCII} = 140,60\text{m}^3/\text{s}$

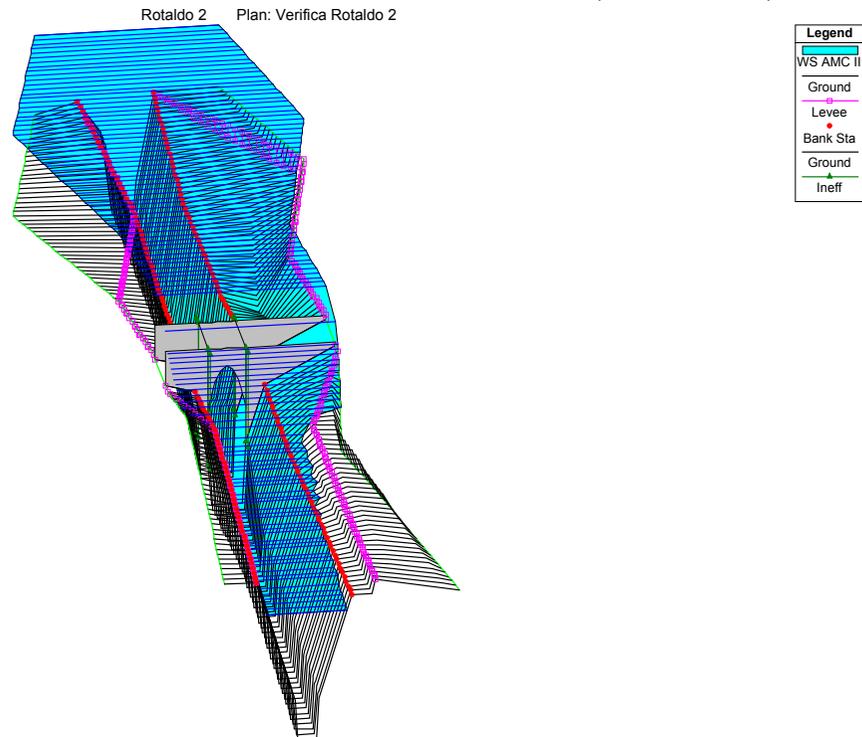
Torrente Rotaldo Ro2		RS: 33 Profile: AMC II		
		Element	Inside BR US	Inside BR DS
E.G. US. (m)	11.21	E.G. Elev (m)	11.21	11.21
W.S. US. (m)	11.03	W.S. Elev (m)	11.03	10.78
Q Total (m ³ /s)	140.60	Crit W.S. (m)	8.64	10.68
Q Bridge (m ³ /s)	92.37	Max Chl Dpth (m)	6.00	5.74
Q Weir (m ³ /s)	48.23	Vel Total (m/s)	2.71	3.16
Weir Sta Lft (m)	0.00	Flow Area (m ²)	51.93	44.47
Weir Sta Rgt (m)	29.02	Froude # Chl	0.26	0.31
Weir Submerg	0.03	Specif Force (m ³)	150.51	145.43
Weir Max Depth (m)	1.10	Hydr Depth (m)	1.79	1.53
Min El Weir Flow (m)	10.11	W.P. Total (m)	49.84	49.32
Min El Prs (m)	9.53	Conv. Total (m ³ /s)	-	-
Delta EG (m)	0.70	Top Width (m)	29.02	29.02
Delta WS (m)	0.89	Frctn Loss (m)	-	-
BR Open Area (m ²)	25.16	C & E Loss (m)	-	-
BR Open Vel (m/s)	3.67	Shear Total (N/m ²)	-	-
Coef of Q		Power Total (N/m s)	-	-
Br Sel Method	Press/Weir			



PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CON IPOTESI DI $Q_{AMCIII}=140,60 \text{ m}^3/\text{s}$

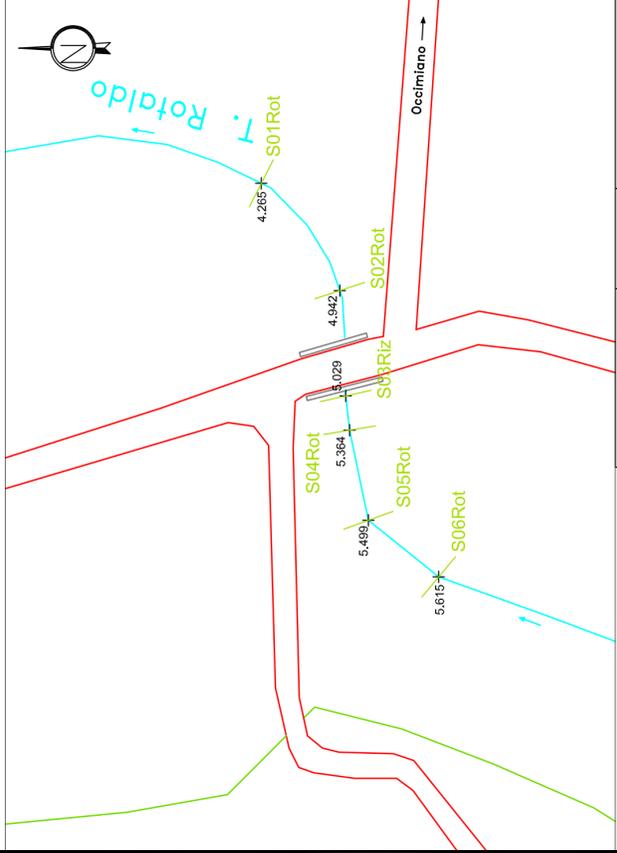


VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 107 m)



INTERFERENZA RO2: Torrente Rotaldo

PLANIMETRIA SCALA 1:1.000



CRITICITA': ● **ALTA**

OSSERVAZIONI

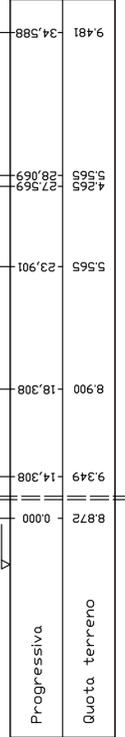
L'interferenza è stata individuata dove il torrente Rotaldo in corrispondenza del confine con il comune di Conzano incontra una strada per l'abitato di S. Maurizio e di Occimiano.
L'attraversamento è realizzato in muratura ad arco avente luce di altezza massima circa 3,50 metri e larghezza 6 metri. Si evidenzia a monte e a valle la presenza di vegetazione che ostacola il regolare deflusso della corrente.
Come si vedrà dalle analisi idrauliche condotte sulla base di topografia di dettaglio, tutto il tratto risulta idraulicamente insufficiente con livelli di esondazione che superano anche i 2 metri che, vista la vicinanza a circa 350 metri delle prime abitazioni, richiederebbero ulteriori approfondimenti con codici di calcolo bidimensionali in modo da poter simulare l'effetto di laminazione e le aree effettivamente coinvolte.
La criticità evidenziata coinvolge i campi e i prati ivi presenti nonché la viabilità stradale.
Per la verifica dell'interferenza, con ipotesi di $T=200$ anni è stata utilizzata la portata AMCII, che vale:

$$Q_{AMCII} = 140,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q AMC II

SEZN° S01Rot

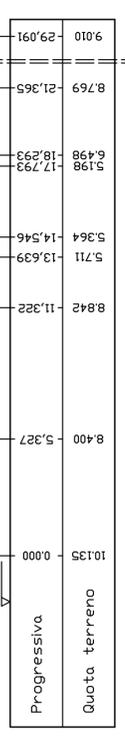
Scala H 1/200
Scala V 1/200



Q AMC II

SEZN° S04Rot

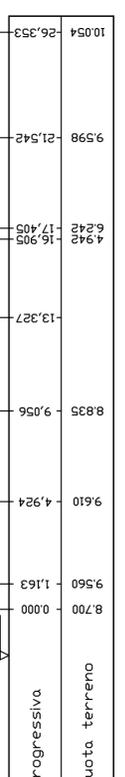
Scala H 1/200
Scala V 1/200



Q AMC II

SEZN° S02Rot

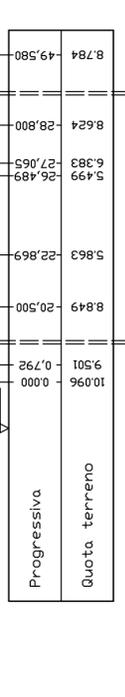
Scala H 1/200
Scala V 1/200



Q AMC II

SEZN° S05Rot

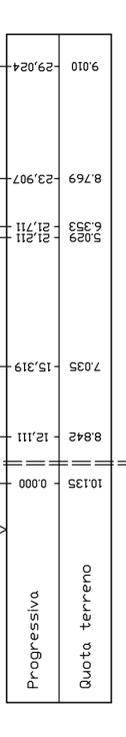
Scala H 1/200
Scala V 1/200



Q AMC II

SEZN° S03Rot

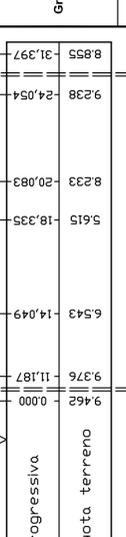
Scala H 1/200
Scala V 1/200



Q AMC II

SEZN° S06Rot

Scala H 1/200
Scala V 1/200



Comune di Casale Monferrato
Settore Pianificazione Urbana e Territoriale
Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.G.C. ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del Piano del P.G.R. n. 18 del 1986 n.7/L.P.

Commissa: del.n°57 del 04/10/2001
R&C Studio Associato
CONSULENZA PROGETTAZIONE INGEGNERIA IDRAULICA

Dott. Ing. Ciriaco CAVALLO
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino - Pubblicazione n. 01/177

Gruppo di lavoro:
Dott. Ing. Roberto SESSANA
Dott. Ing. Fabio AMBROSIO

INTERFERENZA RO2

Torrente Rotaldo

Interferenza RO3

CODICE INTERFERENZA: TORRENTE ROTALDO Ro3 (loc. C.na Nuova)

L'interferenza è stata individuata dove il torrente Rotaldo in corrispondenza del confine con il comune di Occimiano incontra la strada statale N.31 del basso Monferrato. Trattasi di un ponte in muratura ad arco ribassato avente luce di altezza circa 3 m e larghezza circa 6 m, a monte del quale sono presenti alcune cascine, mentre sulla destra vi sono dei capannoni artigianali/industriali.

Il tratto ritenuto più critico è quello posto a monte dell'attraversamento dove il corso d'acqua ha un andamento planimetrico molto tortuoso e presenta sponde depresse senza arginatura.

Come si vedrà dalle analisi idrauliche condotte sulla base di topografia di dettaglio, tutto il tratto risulta idraulicamente insufficiente con livelli di esondazione che raggiungono anche i 2 metri; tali risultati richiederebbero ulteriori approfondimenti con codici di calcolo bidimensionali in modo da poter simulare l'effetto di laminazione e le aree effettivamente coinvolte.

La criticità evidenziata coinvolge i campi e i prati ivi presenti nonché la viabilità stradale e gli insediamenti ivi presenti.

Per la verifica dell'interferenza, con ipotesi di $T_r=200$ anni è stata utilizzata la portata AMCII, che corrisponde ad un valore di $Q_{AMCII} = 166,80 \text{ m}^3/\text{s}$

Il tratto studiato è caratterizzato da: una lunghezza totale di 178 metri ed è stato schematizzato con N.8 sezioni di calcolo rilevate topograficamente.

Le condizioni idrauliche al contorno utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

- $i_{valle}=0,27\%$; $i_{monte}=0,92\%$;
- scabrezza di Manning: in alveo= $0,03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$; fuori = $0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

Si riporta di seguito la tabella dei risultati ottenuti dal calcolo.

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO (per $T_r=200$ anni - QAMCII)
PER IL TORRENTE ROTALDO NEL TRATTO CONSIDERATO**

<i>Plan:</i>	<i>River Sta</i>	<i>Profile</i>	<i>Q Total</i> (m^3/s)	<i>Min Ch El</i> (m)	<i>W.S. Elev</i> (m)	<i>Levee El Left</i> (m)	<i>Levee El Right</i> (m)	<i>Crit W.S.</i> (m)	<i>Vel Chnl</i> (m/s)	<i>Flow Area</i> (m^2)	<i>Froud Chl</i>
Rotaldo3	60	AMCII	166.80	10.00	15.42	13.26	13.67	14.35	3.23	61.68	0.53
Rotaldo	50	AMCII	166.80	9.77	15.42	13.24	13.56	14.34	3.07	68.50	0.50
Rotaldo	40	AMCII	166.80	9.78	15.53	13.44	13.83	13.93	2.10	105.76	0.31
Rotaldo	37	AMCII	Bridge	Struttura non verificata funzionante in pressione							
Rotaldo	35	AMCII	166.80	9.41	14.95	13.44	13.83	13.88	2.50	87.96	0.39
Rotaldo	30	AMCII	166.80	8.92	14.89	13.70	13.67	13.69	2.53	80.40	0.43
Rotaldo	20	AMCII	166.80	8.55	14.71	13.95	13.64	13.74	3.02	69.15	0.51
Rotaldo	10	AMCII	166.80	8.90	14.55	13.82	13.45	13.97	3.23	64.84	0.57

Le caselle con il testo evidenziato in grassetto indicano dove il sormonto arginale si è già verificato con i seguenti livelli idrici di esondazione:

<i>River Sta</i>	<i>Q Total</i> (m^3/s)	<i>Livello Idrico</i> (m)	<i>Quota sponda sinistra SX</i> (m)	<i>Livello di esondazione SX</i> (m)	<i>Quota sponda destra DX</i> (m)	<i>Livello di esondazione DX</i> (m)
60	166.80	15.42	13.26	2.16	13.67	1.75
50	166.80	15.42	13.24	2.18	13.56	1.86
40	166.80	15.53	13.44	2.09	13.83	1.70
35	166.80	14.95	13.44	1.51	13.83	1.12
30	166.80	14.89	13.70	1.19	13.67	1.22
20	166.80	14.71	13.95	0.76	13.64	1.07
10	166.80	14.55	13.82	0.73	13.45	1.10

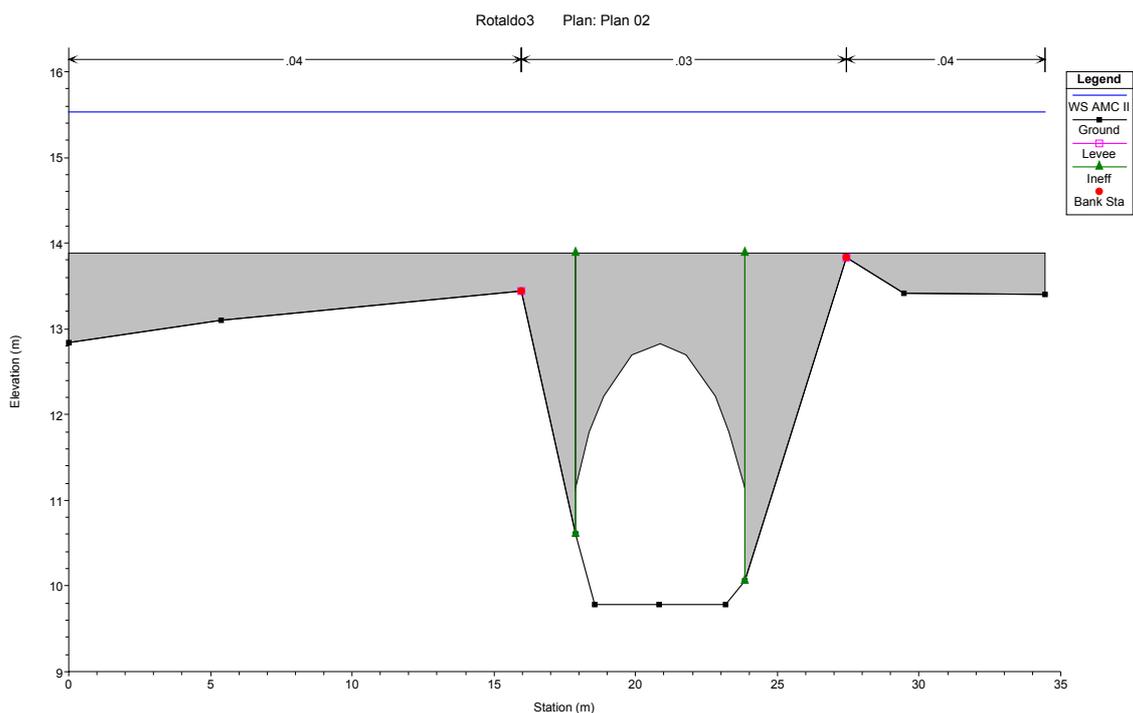
I livelli idrici calcolati sono da intendersi relativi all'alveo principale e indicano come lo stesso sia assolutamente insufficiente a contenere le acqua in piena nell'ipotesi di un evento duecentennale, che si manifesta con le condizioni idrologiche AMCII.

I risultati ottenuti indicano per il tratto in esame la necessità di una modellizzazione bidimensionale, per introdurre l'ipotesi di laminazione nelle aree esondate nonché per individuare quelle che effettivamente sarebbero coinvolte.

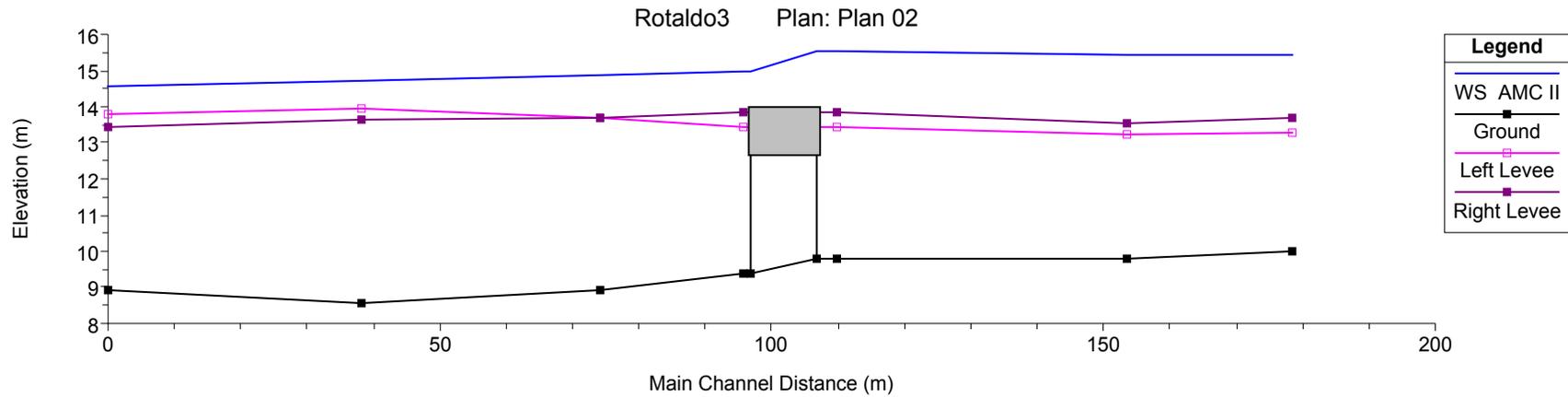
Riguardo l'attraversamento di sezione 37 (criticità Ro3) questo è chiaramente insufficiente funzionando in pressione con una lama stramazante superiormente di circa 182 cm, così come indicato nella tabella che segue. La massima portata che defluisce in pressione (e quindi comunque in assenza di franco idraulico di sicurezza) è pari a circa 45 m³/s, la restante è destinata inevitabilmente ad esondare.

Tabella riassuntiva dei principali dati idraulici calcolati per l'attraversamento alla sezione 37 con ipotesi di $Q_{AMCII} = 166,80 \text{ m}^3/\text{s}$

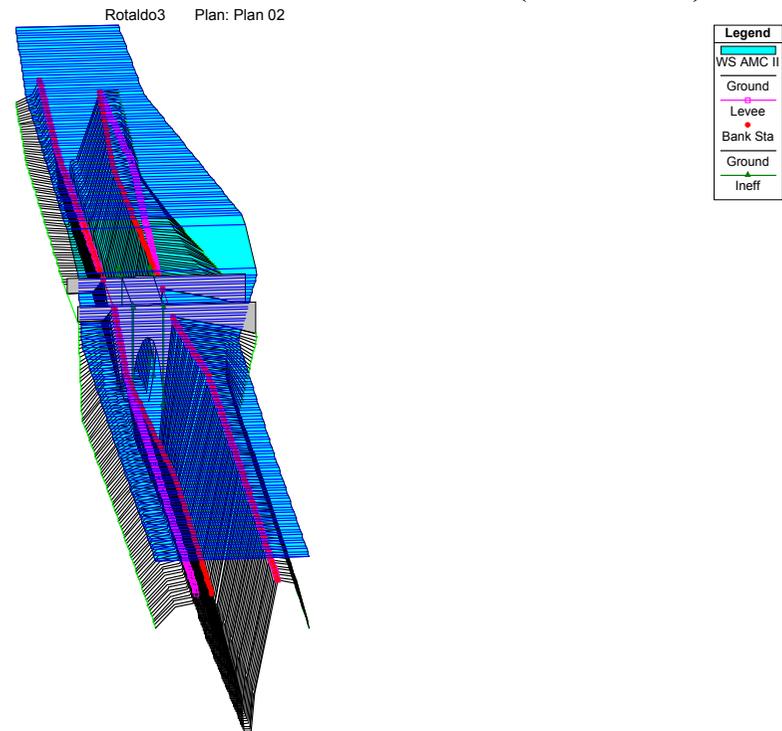
<i>Torrente Rotaldo Ro3</i>		<i>RS: 37 Profile: AMC II</i>		
<i>E.G. US. (m)</i>	15.70	Element	Inside BR US	Inside BR DS
<i>W.S. US. (m)</i>	15.53	E.G. Elev (m)	15.70	15.55
<i>Q Total (m³/s)</i>	166.80	W.S. Elev (m)	15.53	14.99
<i>Q Bridge (m³/s)</i>	45.10	Crit W.S. (m)	14.86	14.82
<i>Q Weir (m³/s)</i>	121.70	Max Chl Dpth (m)	5.75	5.58
<i>Weir Sta Lft (m)</i>	0.00	Vel Total (m/s)	2.33	3.04
<i>Weir Sta Rgt (m)</i>	34.45	Flow Area (m ²)	71.53	54.95
<i>Weir Submerg</i>	0.59	Froude # Chl	0.19	0.25
<i>Weir Max Depth (m)</i>	1.82	Specif Force (m ³)	151.94	141.88
<i>Min El Weir Flow (m)</i>	13.88	Hydr Depth (m)	2.08	1.60
<i>Min El Prs (m)</i>	12.83	W.P. Total (m)	52.97	52.40
<i>Delta EG (m)</i>	0.49	Conv. Total (m ³ /s)	-	-
<i>Delta WS (m)</i>	0.57	Top Width (m)	34.45	34.45
<i>BR Open Area (m²)</i>	14.75	Frctn Loss (m)	-	-
<i>BR Open Vel (m/s)</i>	3.06	C & E Loss (m)	-	-
<i>Coef of Q</i>	-	Shear Total (N/m ²)	-	-
<i>Br Sel Method</i>	Press/Weir	Power Total (N/m s)	-	-



PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CON IPOTESI DI $Q_{AMCIII} = 166,80 \text{ m}^3/\text{s}$

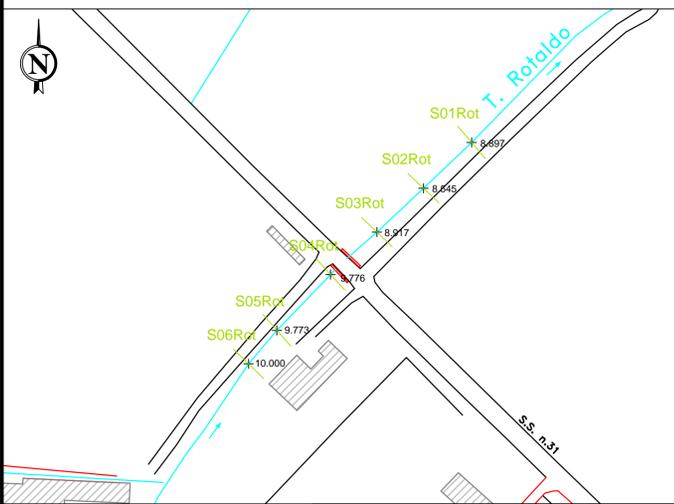


VISTA TRIDIMENSIONALE DEL TRATTO STUDIATO (Circa 178 m)



INTERFERENZA RO3: Torrente Rotaldo

PLANIMETRIA SCALA 1:2.000



CRITICITA': ● **ALTA**

OSSERVAZIONI

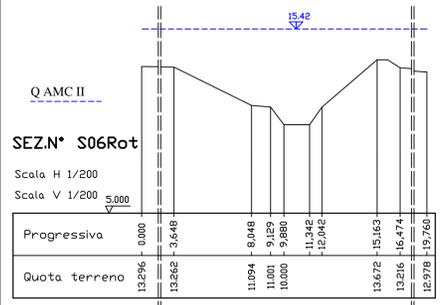
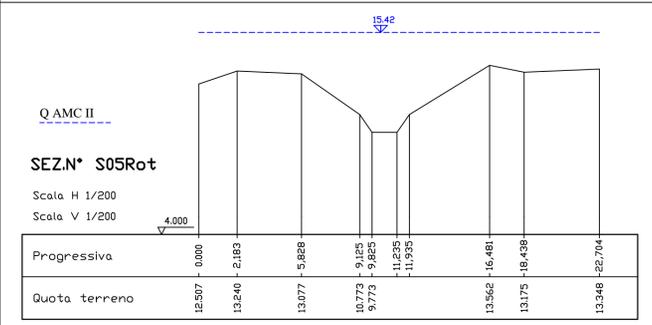
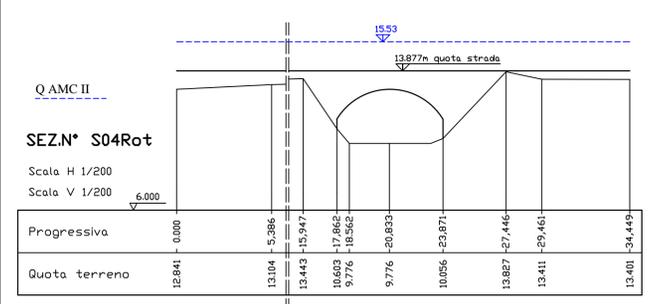
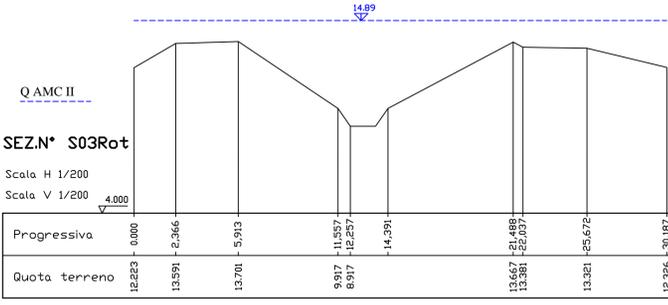
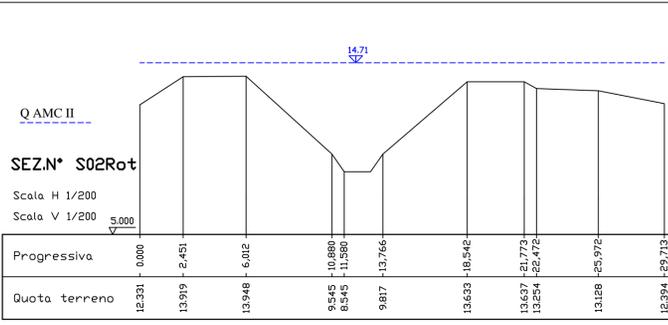
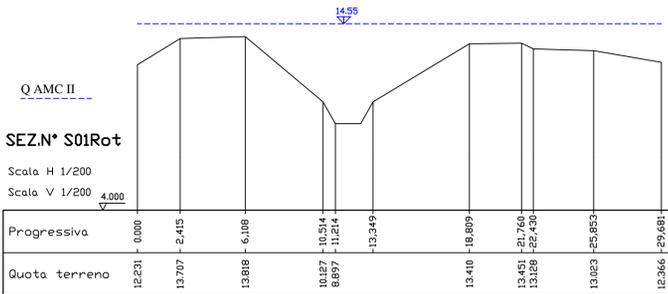
L'interferenza è stata individuata dove il torrente Rotaldo in corrispondenza del confine con il comune di Occimiano incontra la strada statale N.31 del basso Monferrato. Trattasi di un ponte in muratura ad arco ribassato avente luce di altezza circa 3 m e larghezza circa 6 m, a monte del quale sono presenti alcune cascate, mentre sulla destra vi sono dei capannoni artigianali/industriali.

Il tratto ritenuto più critico è quello posto a monte dell'attraversamento dove il corso d'acqua ha un andamento planimetrico molto tortuoso e presenta sponde depresse senza arginatura.

Come si vedrà dalle analisi idrauliche condotte sulla base di topografia di dettaglio, tutto il tratto risulta idraulicamente insufficiente con livelli di esondazione che raggiungono anche i 2 metri; tali risultati richiederebbero ulteriori approfondimenti con codici di calcolo bidimensionali, in modo da poter simulare l'effetto di laminazione e le aree effettivamente coinvolte. La criticità evidenziata coinvolge i campi e i prati ivi presenti, nonché la viabilità stradale e gli insediamenti ivi presenti.

Per la verifica dell'interferenza, con ipotesi di $T_r=200$ anni è stata utilizzata la portata AMCII, che corrisponde ad un valore di:

$$Q_{AMCII} = 166,80 \text{ m}^3/\text{s}$$



Comune di Casale Monferrato
Settore Pianificazione Urbana e Territoriale
Provincia di Alessandria

Verifica di compatibilità idraulica delle previsioni del P.R.G.C. ai sensi dell'art.18 comma 2 delle norme di attuazione del PAI circolare del P.G.R. 8 maggio 1996 n.7/LAP

Commessa: det.n°57 del 04/10/2001

R&C Studio Associato
CONSULENZA E PROGETTAZIONE INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Dott. Ing. Cristiano CAVALLIO
Collaboratori: Ing. Roberto SESENA
Dipl. Ing. Fabio AMBROGIO

Gruppo di lavoro:
Dott. Ing. Roberto SESENA
Dipl. Ing. Fabio AMBROGIO

INTERFERENZA RO3