

# Città di Vercelli

## Piano Regolatore Generale

Verifica della compatibilità idraulica e idrogeologica, con le condizioni di dissesto ai sensi dell'art.18 delle N.d.A. del Piano di assetto Idrogeologico.

Studio geologico a supporto del nuovo P.R.G.C.

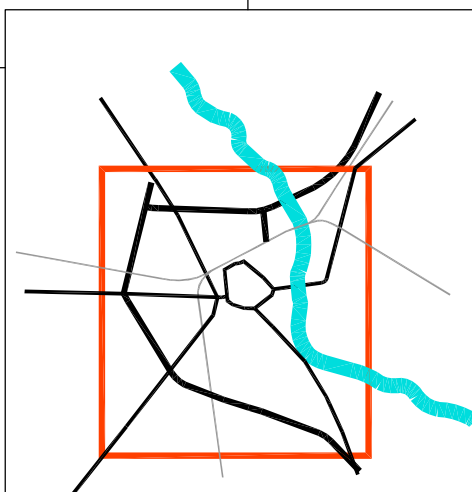
### Relazione Generale

D.I

febbraio 2007

Progettista:  
architetto Liliana Patriarca

Consulenti:  
Ing. Mario OLMO  
Via Borgogna n.2, Vercelli  
Ing. Giorgio VIAZZO  
Via Chivasso n.27/B, Vercelli  
Dott. Geol. Piercarlo BOCCA  
Via Circonvallazione n.2, Sostegno (BI)



P.R.G.C.

Il Sindaco

Approvato con D.G.R. n. 18-2704 del 12 ottobre 2011

Il Direttore del Settore  
Sviluppo Urbano ed Economico  
Responsabile Unico del Procedimento  
Arch. Lilliana PATRIARCA

Il Segretario Generale



## SOMMARIO

1	Premesse.....	2
2	Fiume Sesia.....	4
2.1	L'evento alluvionale del 1968.....	4
2.2	Gli interventi di difesa spondale posteriori all'evento del 1968.....	7
2.3	La situazione attuale delle difese spondali.....	8
3	La rete dei canali Nord.....	10
3.1	Cenni all'idrografia del comprensorio vercellese.....	10
3.2	La sistemazione idraulica del territorio del Comune di Vercelli.....	16
4	Interventi in corso di attuazione.....	18
5	Rilievi topografici e preparazione della cartografia di base.....	19
5.1	Rilievi.....	19
5.2	Elenco coordinate GAUSS-BOAGA utilizzate per la restituzione del F Sesia.....	20
5.3	Elenco delle coordinate dei punti di quota ortometrica nota.....	20



## 1 PREMESSE

La presente Relazione Generale ha lo scopo di introdurre alla lettura delle relazioni idrauliche di dettaglio e di analisi della Verifica di compatibilità idraulica ed Idrogeologica delle previsioni di P.R.G. ai sensi dell'art. 18 del Piano di Assetto Idrogeologico.

Per meglio comprendere quanto sarà illustrato nel seguito, è opportuno fare riferimento alla Corografia al 25.000 ( Tav. 2 ) del territorio Comunale; questo elaborato costituisce parte integrante alla verifica effettuata.

Il territorio del comune di Vercelli è interessato da un corso d'acqua principale, il fiume Sesia e da corsi minori presenti sul territorio con funzioni irrigue e di drenaggio delle acque di pioggia provenienti non solo dalla città stessa ma dall'intero bacino di competenza ( v. punti 3 e segg. della presente Relazione).

Per quanto riguarda il fiume Sesia, la realizzazione di adeguate arginature ( dopo l'alluvione del 1968) ha, di fatto, protetto la città dagli eventi che si sono succeduti in questi ultimi anni (1993,1994,2000).

Nel seguito saranno illustrati gli interventi effettuati dopo l'alluvione del 1968 a difesa della città e le situazioni localizzate ancora da sanare per una efficace protezione dei territori prossimi all'alveo.

L'altro aspetto che interessa il territorio comunale, è relativo alla presenza canali colatori che attraversano la città.

La crescita delle urbanizzazioni, infatti, ha inglobato i corsi d'acqua minori diventati così cavi interni alla città, limitandone la capacità di deflusso e provocando localmente situazioni di possibile criticità.

In questi anni la rete è stata sempre governata, con grande attenzione, dal personale della Associazione di Irrigazione Ovest Sesia che ha "amministrato" il funzionamento del complesso sistema di canali ripartendo le portate, a volte decisamente rilevanti provenienti da monte, impedendo così il verificarsi di situazioni più gravi.

Questo problema è noto ed è stato ampiamente dibattuto; fin dal 1986 l'Amministrazione aveva proceduto all'effettuazione di una gara di Appalto Concorso per la realizzazione di uno Scolmatore delle acque della città di Vercelli, in grado di "alleggerire" la rete di canali e deviare le portate che attualmente gravano sulla città e sul suo hinterland.

Nel seguito ricorreranno, più volte, i richiami a tale situazione, peraltro tuttora irrisolta, allo scopo di illustrare l'idrografia dell'area che, pur non soggetto a situazioni di pericolo, trova il suo

sviluppo urbanistico condizionato dall'assenza di un'opera determinante ad un assetto stabile del territorio.

Le valutazioni idrauliche sui corsi d'acqua sono riportate nelle relazioni specifiche sono state organizzate come segue:

- Fiume Sesia - Relazione Idraulica
- Relazione idraulica Canali Nord e Vassalla

e comprendono :

- disposizioni legislative e richiami normativi
- l'inquadramento generale
- l'analisi idrologica delle portate ( per il fiume Sesia )
  - individuazione delle portate massime compatibili con gli alvei per i canali regimati
- le ipotesi di verifica ( portate e procedure di analisi)
- i metodi di verifica
- i tabulati di calcolo riportanti i principali parametri idraulici
- le considerazioni sui risultati ottenuti dalle verifiche
- le definizioni delle fasce fluviali ( per il fiume Sesia)

## **2 FIUME SESIA**

### **2.1 L'evento alluvionale del 1968**

Nella settimana tra domenica 27 ottobre e sabato 2 novembre 1968 si instaurarono sul Piemonte nord orientale le tipiche condizioni atmosferiche che hanno sempre portato forti precipitazioni ed alluvioni. Nelle settimane precedenti era già nevicato in montagna, per cui quando correnti molto umide e calde risalirono la penisola scaricando piogge intensissime sulle prealpi biellesi, si ebbe lo scioglimento della neve appena caduta.

La situazione andò via via peggiorando verso il fine settimana, quando si cominciarono a registrare esondazioni nel Biellese, e sabato 2 novembre si ebbero i primi interventi dei Vigili del Fuoco un poco in tutta la provincia di Vercelli, a cominciare da Casanova Elvo, dove il torrente Elvo esondò in sponda sinistra.

La situazione precipitò nella notte tra sabato e domenica quando, per quanto ci riguarda, il Torrente Elvo e Cervo esondarono sia in sponda sinistra, che in sponda destra.

Le loro acque arrivarono fino a Vercelli, non più incanalate nei naturali alvei ma espandendosi lungo i campi, nei quali erano ancora presenti le paglie del taglio del riso, che finirono per intasare i vari ponti e ponticelli, contribuendo in modo notevole alla fuori uscita delle acque dai canali.

A 35 anni di distanza é stato abbastanza difficile trovare le spiegazioni del fenomeno idraulico, essendo nel frattempo il territorio abbastanza cambiato.

In particolare non era ben chiaro come fosse stato allagato il Comune di Olcengo da cui arrivarono le acque a Vercelli da nord ovest.

Da fotogrammi aerei ripresi circa il 20 novembre 1968 dalla ditta IRTA di Milano, ora scomparsa, ma il cui archivio é presso la Compagnia Generale Ripreseeree di Parma, e che si allegano nella apposita tavola, si vede perfettamente che il Torrente Elvo e il Torrente Cervo nel comune di Quinto Vercellese, non hanno argini. Dagli originali di tali fotogrammi si vedono perfettamente i detriti lasciati dalla esondazione che aveva raggiunto almeno un metro di altezza sui terreni agricoli, al di fuori della golena ( dato ottenuto dal fotointerprete del CNR IRPI drsa Maraga).

Quindi l'acqua dilagò lungo la pendenza naturale del terreno, circa verso sud, riempiendo i canali, tracimando dagli stessi, e quindi riversandosi verso Vercelli.

Il fenomeno si divise in due parti: quello che interessò il lato est della strada statale che attraversa Caresanablot e quello che interessò il lato ovest.

La strada statale rimase sempre percorribile verso Biella, mentre verso la Val Sesia ci fu una interruzione sul ponte dello scaricatore Volante prima del Ponte sul Cervo al bivio di Quinto.

Il Torrente Elvo esondò in sponda sinistra praticamente dalla frazione S Damiano fino a Quinto. Le acque invasero Olcenengo e poi si riversarono verso Vercelli, anche convogliate dai vari canali che poi confluiscono nel Roggione di Vercelli, che corre pressoché parallelo alla strada statale di Caresanablot . Tale canale di fatto funziona da canale di gronda per la città di Vercelli e non fu in grado di reggere la enorme portata in arrivo, che fuori uscì dalla sua sede naturale espandendosi nei campi. La pendenza del terreno indirizzò l'acqua verso sud est dove trovò come sbarramento la strada statale. Pertanto si trovò incanalata verso quei pochi varchi sotto la stessa che sono i ponti ( sia sulla tangenziale che su via Manzone) dello scaricatore Dossero , e della roggia Vercellina ( ambedue con origine dal Roggione di Vercelli). Quindi dilagò verso il rione Isola, dopo aver demolito il ponte della Vercellina sulla via W Manzone e aver invaso lo stabilimento Faini e le zone contigue, riversandosi infine nel Colatore Cervetto.

Le acque che esondarono dal T Elvo a valle del ponte sulla strada per Biella ( che come detto rimase sempre percorribile), unendosi a quelle del T Cervo poco a monte del Ponte di Quinto - Oldenico trovarono come ostacolo la tangenziale di Quinto, quindi furono costrette ad incanalarsi nello scaricatore Volante che passa sotto la strada per la Valsesia. Il ponte resistette, tanto che venne in seguito mantenuto, ma furono scalzati i rilevati di destra e sinistra permettendo così alle acque di aggirare il grande rilevato del ponte sul T Cervo e si riversarono nella golena del F Sesia, peraltro già di per sé allagata, quindi superarono l'argine esistente ( ma più basso di adesso) a protezione di Caresanablot, alla cascina Dossi e dilagarono verso tale abitato ( allora molto esiguo) e poi ancora verso il rione Isola di Vercelli.

La pendenza del terreno nel suddetto rione é verso sud - est, per cui le acque presero tale direzione, ma trovarono ad est l'argine del fiume Sesia ed a sud il rilevato della ferrovia. Pertanto le stesse dovettero per forza incanalarsi nel Colatore Cervetto ed in un altro piccolo canale che sottopassa la ferrovia. Inoltre questa ha un passaggio di alcuni metri di larghezza in corrispondenza dello stabilimento ex Chatilon.

Da questi tre passaggi l'acqua entro nella parte est di Vercelli e allagò le zone adiacenti al Cervetto.



Dalle fotografie pubblicate nel libro “Vercelli il diluvio di novembre dramma di una città sconvolta” edito dal giornale "La Sesia" nel dicembre 1968, si hanno notevoli informazioni sull'altezza raggiunta dalle acque in Vercelli.

In via Restano c'era circa 1 m d'acqua, poco meno in via Trento all'altezza della centrale Enel.

La via W Manzone non venne raggiunta dalle acque che però spazzarono via il ponte sulla Roggia Vercellina, demolendo parte del muro di cinta dello stabilimento Faini, dove le acque raggiunsero almeno il metro di altezza.

In piazzale Galilei, l'acqua raggiunse almeno 40 cm, che arrivò ad almeno 1 metro all'interno dello stabilimento Chatillon. La via Lagrange fu allagata fino alla via Lullo, mentre corso Rigola rimase sempre asciutto (ma non i cortili, più bassi, ai lati).

Non si hanno fotografie di altre parti della città, segno che anche dove arrivarono, i danni furono molto limitati

Queste zone furono via Vnizaglio, un tratto di corso Magenta, via Bezzecca, che ricevettero al massimo venti centimetri di acqua proveniente dal Cervetto o dalle fognature e Roggione di Vercelli rigurgitati.

Anche tutta la zona in sponda destra del F Sesia tra l'attuale Cso Bormida ed i Capuccini venne invasa da acque di rigurgito del Cervetto, che si riversarono nella Sesia attraverso la Roggia Rantiva.

Si segnalano anche allagamenti in ulteriori parti della città, come in via Chivasso, Aosta e Failla, nonché sulla strada per Olcenengo, ma si tratta di rigurgiti di fognature.

In base a quanto sopra esposto è stata tracciata la mappa delle esondazioni, che divide la città in due sottozone: quella veramente inondata e quella in cui vi furono segnalazioni di danni, ma senza acqua in scorrimento.

A trentaquattro anni di distanza, anche se si ripetesse un evento come quello del 68, si ritiene che la città di Vercelli non dovrebbe essere più così pesantemente colpita. Infatti vennero costruiti gli argini in sponda destra del T Elvo e Cervo, e furono rinforzati quelli del F Sesia.

Tuttavia in caso di inondazioni della pianura a ovest di Vercelli dovuta magari, come qualcuno in un passato recente ha temuto, ad un cedimento delle sponde del canale Cavour con la fuoriuscita dei suoi 90 mc/sec d'acqua, le acque non possono che riversarsi nel Roggione di Vercelli e da lì nel Dossero e Vercellina, e quindi nel Cervetto.

## **2.2 Gli interventi di difesa spondale posteriori all'evento del 1968**

A partire dal 1969 vennero realizzati argini in sponda sinistra e soprattutto destra del Torrente Elvo e Cervo. Inoltre gli argini del F Sesia vennero rialzati in più occasioni. Gli ultimi sopralzi, appena a valle del Ponte stradale verso Novara sono stati eseguiti nei primi anni 80.

### 2.3 La situazione attuale delle difese spondali

- stato di conservazione

Gli argini esistenti appaiono in buono stato di conservazione. La maggior parte ha un rivestimento verso il fiume, in lastre di calcestruzzo o un asfalto. In un punto, in sponda sinistra, ma forse già in comune di Palestro, c'è stato un piccolo cedimento verso l'esterno che deve essere riparato, per il resto occorre una manutenzione ordinaria, con taglio della vegetazione.

- problema dei sottopassi delle arginature a scopo irriguo e di scarico ecc.

Il verso problema degli argini attuali sono i sottopassi a scopi irrigui, tutti dotati di paratoie, che sono in un numero considerevole, soprattutto in sponda sinistra. Tuttavia la maggior parte degli stessi sono in zone dove la fuoriuscita di acque potrebbe interessare la città di Vercelli.

Solo in un caso la città potrebbe avere pericolo, e cioè se restasse aperta la paratoia sullo scaricatore delle acque di Caresanablot, che è di discrete dimensioni. Tuttavia si fa presente che la stessa si trova in territorio di tale comune, ed in ogni caso se la stessa fosse chiusa a lungo le acque che naturalmente si riverserebbero nei corsi d'acqua vicini, dell'ordine di 4 mc /sec, si riverserebbero attraverso il colatore Sorgianino verso il Cervetto.

- descrizioni di particolari situazioni localizzate e, in particolare:

A monte del ponte ferroviario, in sponda sinistra, sfocia la Roggia Sesiella, che attraversa l'argine, che quindi è interrotto per una lunghezza di almeno 40 – 50 m. Attraverso tale varco l'acqua della Sesia rigurgiterebbe all'indietro, invadendo un territorio notevole, evidenziato sulle tavole di disegno, occupato solo da terreno agricolo, con alcuni cascinali. Parte di tale territorio è comunque in territorio di Borgovercelli. La Sesiella ha un argine in sponda sinistra che dovrebbe limitare il riversamento delle acque sue o rigurgitate verso l'abitato di Borgovercelli, ma poiché si trova quasi totalmente in territorio non vercellese, non è stato verificato sotto il profilo idraulico.

Un'altra situazione particolare riscontrata durante le indagini è rappresentata dalla presenza di un argine in sponda destra, che parte da sotto il ponte autostradale e che costeggia la Sesia per un certo tratto. Tale argine, insufficiente a contenere la portata 500 anni ed in alcuni punti anche quella 200 anni, ha un percorso che porta ad un restringimento dell'alveo, come si può ben vedere dalle carte. Pertanto una sua ipotesi di innalzamento deve essere scartata, a favore della realizzazione di un nuovo argine che si raccordi ad un altro argine già esistente e che si ferma a

poche centinaia di metri dal suddetto ponte. Tuttavia si fa presente che lo stesso dovrebbe essere realizzato in comune di Prarolo e che in ogni caso l'eventuale sorpasso dell'argine esistente da un evento alluvionale eccezionale provocherebbe allagamenti di territori agricoli del Comune di Vercelli, dove non vi è un solo cascinale. Resta comunque il fatto che tali acque finirebbero per riversarsi poi verso il centro abitato di Prarolo.

### 3 LA RETE DEI CANALI NORD

#### 3.1 Cenni all'idrografia del comprensorio vercellese

Per comprendere la particolare situazione del territorio Vercellese e' opportuno esaminare la situazione orografica.

Si e' ritenuto utile riportare uno stralcio dalla pubblicazione " Storie di Canali e di Mulini" edito a cura dell'Associazione di Irrigazione Ovest Sesia- Prefazione dell'Ing. Giampiero Barasolo - Direttore dell'Associazione).

"Se osserviamo attentamente la planimetria del comprensorio all'Ovest della Sesia, balza subito agli occhi come la città di Vercelli si trovi quasi al vertice di un cono idraulico che la domina altimetricamente.

Al vertice cioè di un imbuto di cui costituisce il naturale *cul de sac*, la sezione idraulica terminale di un bacino imbrifero della superficie di oltre 60 kmq. (6.000 ettari) che da Nord-Ovest e da Sud incombe sull'abitato.

Abitato che è interessato direttamente da colatori naturali, scaricatori, rogge e fossi nel loro percorso verso il naturale recapito finale - fiume Sesia - e da canali artificiali che lo attraversano, sia direttamente verso i territori da irrigare posti a valle, sia indirettamente con le loro derivazioni, ora quasi tutte soppresse, che irrigavano i terreni occupati dall'espansione urbana oltre la cerchia delle antiche mura - gli attuali viali - e lungo le direttrici stradali principali (verso Biella, Torino, Trino, Casale).

Così con lo sviluppo urbano dell'ultimo secolo, quella che costituiva il motivo determinante per l'antico insediamento celtico, poi romano, indi longobardo per giungere al Medio Evo fino all'età dei Comuni, e cioè la grande dovizia d'acqua su cui fondare un centro abitato all'incrocio della via della Gallia con quella del mare, costituisce ora un novello cavallo di Troia che consente alle acque della campagna di penetrare in città, di attraversarla e, in alcuni casi, di allagarla (alluvione del novembre 1968 ed altri fenomeni pluviometrici eccezionali)."

# COMPENSORIO IRRIGUO VERCELLESE

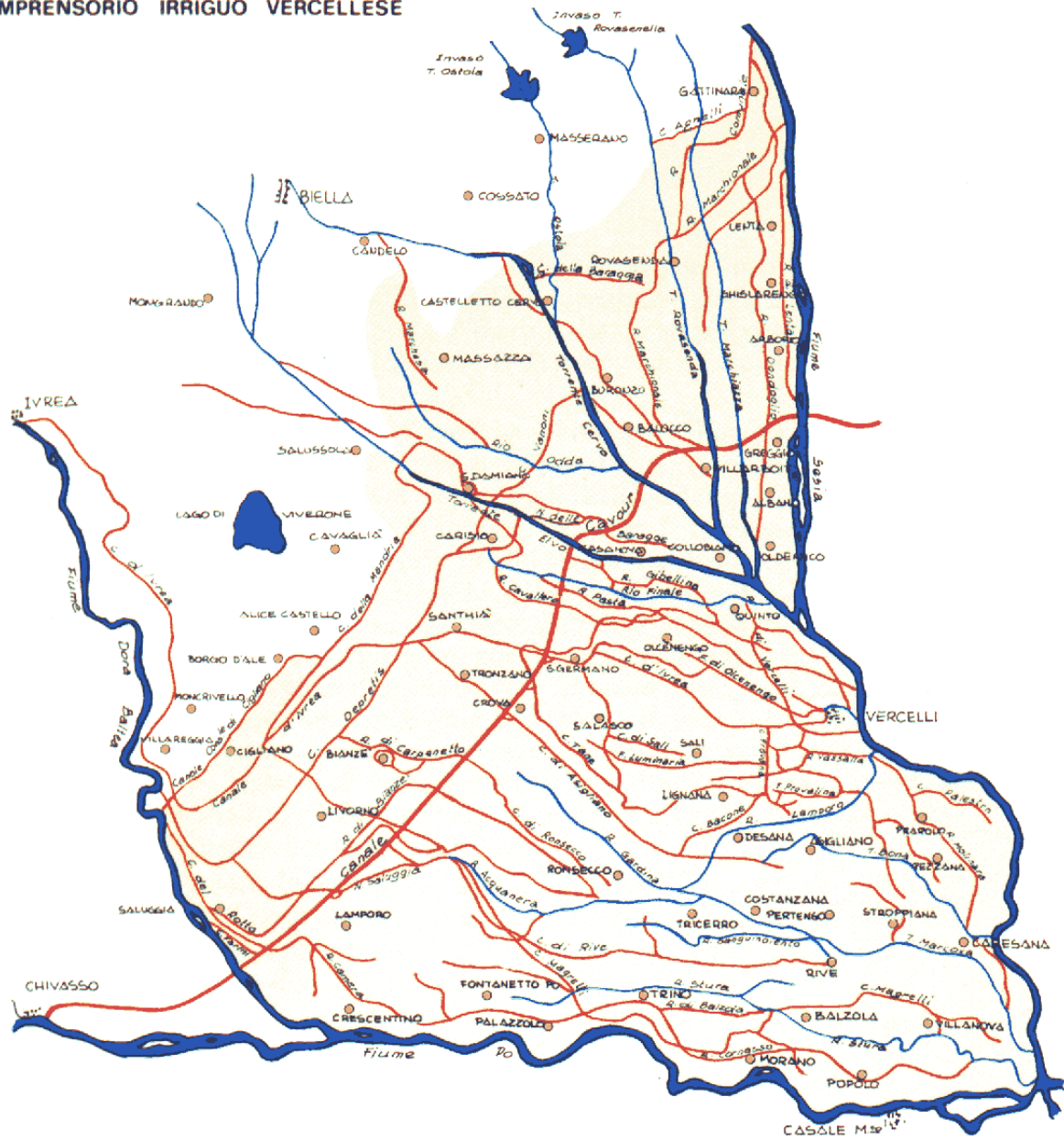


Fig.1- Il Compensorio Irriguo Vercellese

Le considerazioni, sopra riportate, su questa caratteristica del comprensorio vercellese, sono alla base di tutte le valutazioni conseguenti relative alla difesa idraulica della città

La struttura del territorio vercellese ha richiesto, infatti, dopo i recenti e purtroppo frequenti eventi alluvionali, una attenta valutazione delle strategie più idonee a difendere l'abitato dal ripetersi di simili eventi che, per quanto eccezionali, possono ripetersi.

Nel dicembre 1986 è stata indetta dal Comune di Vercelli una gara di appalto concorso avente per oggetto la progettazione e costruzione di uno scolmatore delle acque meteoriche della Città di Vercelli.

L'opera, di particolare impegno, aveva lo scopo di intercettare le acque provenienti dal Nord-Ovest e convogliarle al fiume Sesia in località Cappuccini.

È risultato vincitore il Progetto presentato dal Raggruppamento di Imprese Italimpresit/CIS/Bocca/Cavebit/CCPL.

La costruzione dello scolmatore è iniziata a partire dallo sbocco in Sesia in località Cappuccini e ha raggiunto il sottopasso della tangenziale di Vercelli.

Negli ultimi anni è emersa la possibilità di variarne il percorso dal vecchio tracciato all'interno della tangenziale ad una nuova via che, percorrendo un sedime occupato da cavi irrigui, attualmente in funzione, consentisse di raccogliere le acque della Area Industriale Attrezzata di Vercelli, ma soprattutto, si allontanasse da una zona ormai intensamente urbanizzata quale è quella prevista dal Progetto originale.

Nel marzo 1999, è stato redatto, dagli ingg. Olmo e Viazzo, su incarico dell'Ovest Sesia, uno studio di fattibilità tecnica, prendendo spunto da una proposta redatta dalla Provincia di Vercelli in accordo con la Associazione di Irrigazione Ovest Sesia.

I presupposti per la realizzazione dell'opera e i criteri di dimensionamento, sono risultati sostanzialmente gli stessi, con alcune modifiche di lieve entità dovute alle zone di nuova espansione dell'abitato. Lo studio prendeva in esame, invece, un nuovo percorso, più lontano dall'abitato e di minore impatto ambientale.

Le motivazioni e le considerazioni sull'opportunità di tale variante, sono, compiutamente esposte nella Relazione Tecnica allegata allo Studio di Fattibilità.

Nella Relazione, oltre ad una rivisitazione delle considerazioni sulle portate di dimensionamento dello scolmatore, alla luce degli sviluppi più recenti delle urbanizzazioni, sono riportate alcune considerazioni sulle funzioni della rete interna di canali scaricatori che attraversano l'abitato e che per la loro giacitura sul territorio sono indicati brevemente come Canali Nord.

L'area oggetto dell'attuale sistemazione e' costituita dalla zona situata a Nord del Naviglio di Ivrea che assume rilevanza in quanto tributaria delle portate convogliate dal Roggione di Vercelli; in tale zona, nel progetto originario, non erano previsti interventi significativi.

Il Progetto vincitore della gara di A.C. del 1986 ,infatti, prevedendo di convogliare le portate provenienti dall'asta del Roggione di Vercelli allo scolmatore, annullava l'importanza dei cavi scaricatori ( Dossero, Vercellina, S.Martino e Verga )che si prevedeva di mantenere al solo fine di assicurare una superiore elasticità al sistema;

Una importante variazione nell'impostazione dello studio per una variante di tracciato dello scolmatore, e' la previsione di utilizzo di questi cavi per aumentare l'affidabilità dell'intero sistema a fronte di eventi particolarmente intensi.

Come illustrato più dettagliatamente nel seguito della presente relazione ove si esporranno i motivi che hanno condizionato le scelte progettuali, queste vie d'acqua "storiche" possono svolgere un importante servizio di sussidio a fronte di portate che, per diversi motivi, hanno subito un notevole incremento.



## **Considerazioni sull'utilizzo dei cavi scaricatori sussidiari.**

Considerata l'importanza delle opere che verranno ad insistere sul territorio e' opportuno fare alcune considerazioni sull'intero sistema di canali che e' alla base della difesa idraulica del territorio e considerare la rete ( nuovo scolmatore, canali nord ecc.), nella sua complessità e sotto un'unica strategia di governo delle acque.

Sara' più chiaro in seguito come gli interventi previsti sui canali Nord, interagiscano con lo scolmatore e siano utili ad un funzionamento più efficiente del sistema di drenaggio dell'intero comprensorio.

Nel caso dello scolmatore ,poiché si tratta di opera idraulica interessata da portate di pioggia, occorre fare riferimento al concetto generale di tempo di ritorno dell'evento assunto a base della progettazione, anche se questo parametro non entra direttamente nella determinazione delle portate di dimensionamento dei Canali Nord.

E' intuitivo come il suo valore prescelto del tempo di ritorno abbia forte influenze sulla sicurezza dell'opera e sui costi di costruzione.

All'aumentare del tempo di ritorno, infatti, aumenta la sicurezza che l'opera può assicurare, ma anche salgono i costi di realizzazione.

Per affrontare con maggiore consapevolezza la scelta occorre introdurre il concetto di rischio d'insufficienza; del rischio, cioè, che occasionalmente si possano manifestare eventi estremi più intensi di quelli compatibili con le caratteristiche idrauliche della rete. Ad essi, infatti, conseguono nel sistema di drenaggio, portate maggiori di quelle previste, e quindi esondazioni, ristagni d'acqua, allagamenti e danni a cose e persone di entità talora elevata.

In altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno  $T$  di progetto, già definito come il numero di anni che mediamente intercorre tra due eventi produttori portate  $Q$  superiori a quella di progetto, in rapporto anche al numero di anni che si prevede l'opera resterà in esercizio.

La scelta di  $T$  discende da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle esondazioni e l'esigenza di contenere le dimensioni dei cavi drenanti e comunque delle strutture di controllo delle piene entro limiti economicamente accettabili.

Il compromesso, che dovrebbe discendere da analisi tipo costi – benefici , conduce, in base all'esperienza, ad adottare valori variabili in funzione del tipo di opere da realizzare e dalle caratteristiche del territorio attraversato.

Richiamando il concetto di tempo di ritorno  $T$  esprimibile come il numero di anni entro il quale la portata  $Q(T)$  viene, mediamente ( in senso statistico) uguagliata o superata una sola volta, la probabilità  $P(Q(T))$  indica la possibilità di superamento in 1 anno.

Per es. affermare che si ammette un Tempo di ritorno di 100 anni equivale a dire che l'evento ha 1 probabilità su 100 che si verifichi nel corso dell'anno.

E' dimostrabile, applicando le tecniche a base delle valutazioni idrologiche, che per una difesa dalle esondazioni provocate da eventi di particolare intensità non conviene scegliere valori di  $T$  elevati per ridurre il rischio di esondazioni, quanto piuttosto ridurre tale rischio **affiancando ai collettori altre strutture di controllo delle portate meteoriche eccedenti**.

Ove e' possibile e' quindi senz'altro opportuno prevedere che vie d'acqua sussidiarie possano essere utilizzate per assicurare al sistema una effettiva capacita' di affrontare eventi particolarmente intensi. Su questo concetto di progettazione, cosiddetto "*duale*", si basano molte normative nordamericane; in esse si richiede il dimensionamento di *due* sistemi di drenaggio e controllo delle acque meteoriche : il primo, detto sistema minore, è quello costituito dai cavi esistenti ( Dossero, Vercellina, Sorgianino, Cervetto ecc.), da verificare per valori contenuti del tempo di ritorno ( $T=2-10$  anni); il secondo, detto sistema maggiore,( scolmatore) deve essere invece dimensionato per elevati valori del tempo di ritorno ( $T=50-100$ anni), ed è costituito dalle circolazioni idriche superficiali e dagli invasi di laminazione che vengono interessati solo in occasione degli eventi più intensi.

In definitiva, da quanto esposto, si può dedurre che un'opera destinata a rimanere in vita per molti decenni potrà essere soggetta a sopportare eventi ben maggiori di quelli previsti in base al solo tempo di ritorno.

E' pertanto importante, nell'impostazione di un progetto la ricerca dei criteri di impostazione in grado di fornire riserve di sicurezza e garanzie di affidabilita' anche in realazione al rischio di insufficienza.

Questa considerazione e' alla base della corretta previsione di utilizzo della rete di scaricatori secondari quali il Dossero,il Vercellina,il S.Martino, il cavo Verga, che vengono a svolgere funzioni di sistema minore.

### 3.2 La sistemazione idraulica del territorio del Comune di Vercelli.

Il 28 febbraio 2000 tra il Comune di Vercelli e l'Associazione d'Irrigazione dell'Agro all'Ovest Sesia, e' stato perfezionato un :

**Accordo di programma, al sensi della l. 7/8/1990 n. 241, della l. 8/6/1990 n. 142 e successive modifiche ed integrazioni, per la regimazione dei corsi d'acqua, la salvaguardia e la sistemazione idraulica del territorio del Comune di Vercelli.**

Le premesse dell'accordo erano le problematiche, inerenti l'assetto idrogeologico del territorio urbano della città di Vercelli e quelle derivanti dal regime degli importanti corsi d'acqua che lambiscono e attraversano la Città e che hanno assunto, a seguito delle recenti gravi alluvioni, notevole rilevanza nell'ambito dei provvedimenti adottati dall'Autorità di Bacino del fiume Po, di concerto con la Regione Piemonte e la Provincia di Vercelli;

nel Piano Stralcio di Bacino del fiume Po, infatti, il nodo idraulico della confluenza del torrente Cervo nel fiume Sesia a Vercelli, è stato riconosciuto come una delle situazioni di squilibrio e, pertanto, inserito nel programma di attuazione degli interventi di breve periodo inerenti i punti critici.

I presupposti di tale accordo erano costituiti dalle seguenti considerazioni:

- lo smaltimento dei maggiori quantitativi d'acqua di soprassuolo derivanti dello sviluppo urbanistico di Vercelli e la necessità di assicurare il recapito degli esistenti tronchi fognari nei canali e corsi d'acqua attraversanti l'abitato della città hanno posto in prim'ordine l'urgenza di pervenire ad una definitiva sistemazione dell'assetto idraulico dei canali che scorrono entro e attorno il centro urbano;
- in ragione della urgenza e della importanza delle problematiche sopra esposte, il Comune di Vercelli, la Provincia di Vercelli e l'Associazione d'Irrigazione dell'Agro all'Ovest Sesia hanno ritenuto di operare congiuntamente, mediante la costituzione di un **Gruppo di lavoro interistituzionale** tra gli Enti medesimi, per l'individuazione delle soluzioni più idonee da adottare; le risultanze emerse dagli studi svolti dal predetto Gruppo di lavoro sono state sintetizzate nella "**Ipotesi Progettuale di Insieme**",

In questa proposta , la realizzazione del canale Scolmatore di Vercelli risulta essere un intervento di importanza strategica su cui, da tempo, si è posta l'attenzione da parte degli enti e delle istituzioni competenti in materia di "difesa del suolo" e di "governo del territorio", al fine di risolvere in termini unitari i problemi legati alla sicurezza idraulica della città e della

**cintura urbana di Vercelli**, con particolare riferimento a quelli derivanti dalla confluenza verso di essa di un ampio bacino imbrifero;

La modifica di tracciato emersa dagli studi effettuati, determina vantaggi e complessivi miglioramenti funzionali del progetto originale, Vassalla, il fosso San Martino e la fontana Varola. A tal proposito è doveroso sottolineare la contestuale esigenza di predisporre un piano per il risanamento degli alvei sopra citati, con la eliminazione degli scarichi fognari residui e la realizzazione di idonee opere per la riqualificazione ambientale ed il loro utilizzo per attività sociali;

Il Comune di Vercelli individuava nell'Associazione Ovest Sesia, il soggetto istituzionalmente abilitato ai sensi dell' art. 1 comma 4 della Legge 18.5.1989, n. 183, del R.D. 13.2.1933, n. 215 e successive e dalla L.R. 9.8.1999 n. 21, quale Ente di riferimento per la Difesa del Suolo, ed attuatore del presente accordo, conferendogli altresì i compiti di coordinamento delle azioni conseguenti.

L' accordo prevedeva la progettazione e la realizzazione degli interventi urgenti indispensabili per lo smaltimento delle acque di soprassuolo ad oggi decadenti dall'Area Industriale Attrezzata (AIA) in attesa del completamento dello Scolmatore e in particolare:

- area extraurbana: interventi di adeguamento funzionale della roggia Molinara di Larizzate, della roggia Provalina e della roggia Lamporo, fino alla confluenza nel tratto di canale Scolmatore già realizzato;
- area urbana: interventi di adeguamento funzionale della roggia Vassalla; e inoltre la progettazione e la realizzazione degli interventi urgenti previsti per il settore Nord di Vercelli, ricompresi nella "Ipotesi Progettuale di Insieme", indicati come segue:
- area extraurbana: interventi di adeguamento funzionale degli scaricatori Dossero, Vercellina e Sorgianino;
- area urbana: interventi di adeguamento funzionale dello scaricatore San Martino e del Colatore Cervetto (corso d'acqua inserito negli elenchi delle acque pubbliche della Provincia di Vercelli);

L'adeguamento funzionale dei canali prevedeva l'adozione di criteri di ingegneria ambientale e con l'obiettivo primario di perseguire una maggiore capacità di deflusso che consentisse lo scarico delle nuove aree urbanizzate, nonché l'eliminazione degli scarichi di acque nere dai canali con il conseguente risanamento degli stessi.

## 4 INTERVENTI IN CORSO DI ATTUAZIONE

Attualmente sono in corso di attuazione alcuni interventi, per i quali sono già stati predisposti i progetti definitivi o esecutivi, che hanno lo scopo di mitigare gli effetti di portate notevoli che si potrebbero riversare incontrollate nei canali che interessano la città.

In particolare in tempi brevi saranno appaltati i seguenti lavori:

- pulizia delle sponde del Cercetto e realizzazione di rampe per accedervi con mezzi meccanici per un importo di euro 244 000,00
- sistemazione dei canali Nord cioè Roggia Vercellina, Scaricatore Dossero, Scaricatore Sorgianino per un importo di euro 1 032 000,00
- sistemazione dei canali Sud, cioè ristrutturazione del nodo Aramino per un importo di 619 000,00 euro, primo intervento per una radicale sistemazione dei canali che dovrebbero diventare il nuovo scolmatore di Vercelli

Sono inoltre in fase di progettazione piccoli interventi che attingendo da limitati finanziamenti vanno a sistemare situazioni locali. Fra queste si deve segnalare il prossimo appalto del ponte sulla Roggia Rantiva ai Capuccini, che eliminerà il rigurgito nella Roggia Vassalla, e l'ordinanza di demolizione della Riseria Franchini, detta anche Pileria, che si trova sulla Molinara di Larizzate e che pur non impedendo un regolare deflusso delle acque, desta preoccupazione in quanto essendo fatiscente, un suo eventuale crollo comporterebbe un rigurgito a monte della roggia stessa che finirebbe per interessare l'area industriale.

## 5 RILIEVI TOPOGRAFICI E PREPARAZIONE DELLA CARTOGRAFIA DI BASE

### 5.1 Rilievi

Al fine di eseguire le necessarie verifiche idrauliche sul F Sesia e sui canali interni ed esterni sono stati eseguiti rilievi aerofotogrammetrici, integrati da rilievi a terra di tipo tradizionale.

Nel febbraio 2001 sono state eseguite riprese aeree sul fiume Sesia per tutta l'asta interessante il territorio comunale ed estesa fino alla diga di Palestro, che rappresenta un punto critico per il tracciamento del profilo idraulico.

Inoltre erano già a disposizione diversi voli sulla città, eseguiti in epoche diverse, ma comunque recenti.

Da tali riprese si sono eseguite restituzioni alla scala nominale 1/2000, con il dettaglio tipico di tale scala, su tutto il fiume Sesia, per una fascia che comprende gli argini, salvo per brevi tratti dove è mancata la ricopertura stereoscopica dei fotogrammi. In tali zone sono state effettuate integrazioni a terra.

Come sistema di riferimento è stato adottato quello di Gauss-Boaga, utilizzando strumentazione GPS per la determinazione delle coordinate dei punti di riferimento.

Per l'altimetria è stato individuato un geoide locale, utilizzando le quote ortometriche di alcuni punti tratti dalla livellazione eseguita negli anni 70 per l'inquadrimento del rilievo aerofotogrammetrico della città, e di altri punti, in sponda sinistra, forniti dall'Est Sesia, compreso quello che individua la quota della diga di Palestro, tutte agganciate a capisaldi di livellazione IGM. Pertanto le quote altimetriche del rilievo sul Fiume Sesia sono paragonabili a quelle della Carta Tecnica Regionale (CTR).

Il rilievo aerofotogrammetrico dei canali interni della città ha avuto invece altri riferimenti.

Infatti lo stesso venne eseguito al fine di progettare alcuni interventi di manutenzione sugli stessi, in tempi diversi ed a macchia di leopardo, con riferimenti diversi. Le restituzioni erano già praticamente pronte quando ci venne conferito l'incarico del presente lavoro.

Si pensò allora che sarebbe stato sufficiente omogeneizzare le restituzioni, relative ai vari canali, riportandole ad uno stesso sistema di riferimento. Ciò fu facilmente attuabile per quanto riguardava la planimetria, ma presentò non poche difficoltà per l'altimetria per via di piccole variazioni dell'ondulazione del geoide, magari dovute anche al fatto che parte dei rilievi erano stati eseguiti con strumentazione tradizionale e non con GPS.

Pertanto, dato che erano già state eseguite numerose verifiche idrauliche, si è ritenuto di lasciare le due restituzioni (quella relativa al fiume Sesia e quella relativa ai canali interni che hanno un solo punto di contatto, cioè quello dello sbocco del Cervetto nella Sesia) ognuna con il proprio riferimento altimetrico. La differenza pari a 4.80 m, è stata chiaramente scritta sulla planimetria dei canali interni, le cui quote non sono paragonabili a quelle della CTR.

Quindi lette le quote altimetriche sulla planimetria dei canali interni (e sulle relative sezioni), le stesse quote riferite al sistema del F Sesia si ottengono sommando alle prime il valore di 4.80.

Sia del F Sesia che dei canali interni principali, sono state eseguite sezioni trasversali utilizzando in parte le restituzioni aerofotogrammetriche, in parte misure a terra. Sul F Sesia sono state eseguite anche misure batimetriche, integrando le misure GPS con scandaglio a fune.

## 5.2 Elenco coordinate GAUSS-BOAGA utilizzate per la restituzione del F Sesia

VC001	1453983.402	5019278.938	160.991	
101	1457214.354	5019278.902	122.587	CLSCNASGIUSEPPE
102	1458459.003	5018974.350	121.281	CLSA26
103	1452887.492	5021608.467	132.197	CSA18
104	1454621.789	5019828.598	127.715	CSA48PTOFOT
105	1455948.133	5020627.909	127.647	CSA39MAGISPO8P
106	1455698.619	5018141.758	124.404	CSOLMONUM1PTOFOT
107	1455680.215	5018649.996	125.462	CSA76PTOFOT
108	1460889.372	5017924.354	117.826	CSA95BRAROLACIMITERO
200	1460729.681	5017386.596	116.865	STABRAROLA
95	1463813.384	5014608.914	111.215	DIGA-0.5
96	1463174.247	5016175.878	114.048	CLSSTA
97	1463367.750	5016551.168	120.471	PALESTRO
110	1456762.795	5021302.595	128.891	TETTONW
111	1456772.935	5021292.681	125.835	LAMIERAVICINOCSA31
98	1464037.371	5014750.369	116.116	CASELLOAIES
112	1455112.834	5022905.795	127.520	VICCSA5
96	1463174.247	5016175.878	114.048	
201	1464074.790	5014679.577	118.175	CLS
202	1464042.067	5015380.712	115.296	CLS
203	1463821.848	5015204.763	114.740	PC
204	1462887.325	5016417.687	114.859	PONTESE
205	1462483.156	5016973.911	117.702	RB
206	1462469.288	5016960.044	116.182	CLS
207	1461621.603	5017481.446	118.068	PONTESXM
208	1461643.313	5017509.923	117.460	CLS
209	1461282.445	5017086.452	116.692	PONTESXM
210	1460688.190	5016874.647	120.737	CSA
200	1460729.681	5017386.596	116.865	CSA
211	1460279.571	5016777.890	121.177	PC
212	1459743.483	5017115.173	121.537	PC
213	1459790.471	5017216.285	118.367	CLS
2400	1460946.344	5015691.241	118.096	1.50
1001	1460950.587	5015686.925	117.135	CLSPONTE
1002	1460883.951	5015725.605	118.901	CSA18MAGISPO
1003	1461525.287	5015668.125	115.419	CLSPONTE
1004	1461783.016	5015223.270	115.359	PASSERELLA
1005	1462306.479	5014820.968	114.902	PASSERELLA
1006	1463503.974	5014526.873	114.373	MURO
1007	1463506.404	5014540.129	110.712	MURO4444
1008	1463487.534	5014535.948	117.204	TETTONE
1009	1463487.534	5014535.948	117.201	TETTONE
1010	1462932.692	5014191.741	115.858	PC
1011	1460650.096	5014676.814	115.328	CLS
1012	1459955.455	5015073.515	117.752	PONTE
1013	1459188.739	5016193.565	118.469	CLS
1014	1458343.632	5016017.952	120.843	CLS
1015	1457804.691	5016434.979	121.161	CLS
GPS029	1455809.292	5019285.400	127.340	

## 5.3 Elenco delle coordinate dei punti di quota ortometrica nota

utilizzate per la determinazione del geoide locale. Le quote altimetriche sono tratte dalle monografie ottenute dal Comune di Vercelli o dall'Est Sesia. L'ultimo valore numerico della nota rappresenta l'ondulazione dei geoide

2015	1454822.715	5018043.168	127.602	AGRARIA 43.73
2017	1452229.763	5019955.826	132.716	GAS TANG 44.12
2018	1452887.495	5021608.319	132.268	vMANZONE n205 4
2019	1453182.327	5018611.106	132.073	vDonizzetti 43
2020	1456714.419	5016612.640	124.169	CSA 004 43.45
2021	1457437.571	5016677.165	122.785	vPrarolo 43.38
103	1452887.481	5021608.349	132.260	CSA18 44.10
104	1454621.777	5019828.450	127.670	CSA48 43.86
105	1455948.100	5020627.761	127.625	CSA39 43.84
107	1455680.203	5018649.847	125.250	CSA76 43.80
95	1463813.416	5014608.765	110.800	DIGA 43.14
97	1463367.782	5016551.019	120.470	PALESTRO 43.23
111	1456772.923	5021292.563	125.979	VIC CSA31 43.7
98	1464037.382	5014750.220	116.110	CAS AIES 43.14

112	1455112.823	5022905.677	127.510		VICCSA5 44.06
GPS029	1455809.171	5019285.191	127.340		SS11 ponte 43.6
130	1454822.757	5018043.355	127.602		Agraria 43.727



## RELAZIONE IDRAULICA CANALI NORD E ROGGIA VASSALLA



---

## SOMMARIO

Premesse.....	2
1 Descrizione dei cavi Nord e percorso .....	3
2 Descrizione della Roggia Vassalla e percorso .....	4
2.1 Criteri di verifica idraulica della rete dei canali secondari .....	6
2.2 Portate di verifica .....	6
2.2.1 Canali Nord.....	6
2.2.2 Roggia Vassalla.....	7
3 Descrizione degli interventi di prossima realizzazione sui canali nord .....	8
4 Metodo di verifica.....	9
4.1 Condizioni al contorno.....	11
5 Tabulati di calcolo.....	13
5.1 Canali Nord.....	14
5.1.1 Tabella 2.....	14
5.1.2 Tabella 3.....	19
5.2 Roggia Vassalla.....	24
5.2.1 Tabella 4.....	24
5.2.2 Tabella 5.....	30
6 Commenti ai risultati della verifica idraulica.....	36
6.1 Canali Nord.....	36
6.2 Vassalla .....	37



## PREMESSE

La presente Relazione riguarda la verifica idraulica dei canali minori ( non soggetti alla delimitazione delle fasce ) che coinvolgono il territorio comunale di Vercelli.

In particolare, la verifica si propone di esaminare il problema delle aree di rispetto dei corsi d'acqua minori : Art. 29 della L.R. n. 56/77 e R.D. 523/04.

Ai sensi della Circolare 7/LAP della Regione Piemonte, il presupposto della verifica idraulica esposta nella presente Relazione, e' l'individuazione della possibile pericolosità del corso d'acqua.

Le esperienze di questi anni, hanno dimostrato che, anche in occasione di eventi di notevole intensità, succedutisi nel '93, nel '94, e nel 2000, i problemi sulla rete interna sono sempre stati di modesta entità e dovuti piu' a rigurgiti di reti fognarie che ad esondazioni dei corsi d'acqua interni alla città.

Nell'esame dei risultati della verifica si e' posta l'attenzione alle situazioni di modesta pericolosità e in particolare al verificarsi di quelle condizioni che la circolare 7/LAP della R. Piemonte individua come valore approssimativo per definire la classe di pericolosità e cioè i 30-40 cm di battente sopra il piano di campagna.

E' stato riscontrato che al di sopra di tale limite, il rapporto altezza d'acqua/danni rilevati, aumenta in modo esponenziale.

Lo studio idraulico sulla rete minore e' stato affrontato nel dettaglio, avendo come base un rilievo piano-altimetrico di tutta la rete, delle sue interconnessioni e delle caratteristiche fisiche ( scabrezza, ponti, sottopassi, tombature, particolari situazioni localizzate, ecc) dei canali.

Per quanto riguarda le portate di verifica, queste sono state definite in accordo alla Associazione di Irrigazione Ovest Sesia che gestisce l'intera rete.

Si ribadisce, a questo proposito, come già riportato nella Relazione Generale, che i corsi d'acqua minori che interessano il territorio comunale sono canali regimati; soggetti cioè al controllo costante di personale che e' in grado di limitare le portate massime che in esso vengono immesse.

Non sarebbe rappresentativo della situazione reale, studiare la rete nei confronti di una " risposta idrologica" del territorio sotteso.

Lo scopo della verifica e' l'individuazione delle massime portate che in essa si possono immettere " in sicurezza" per le infrastrutture presenti sul territorio.

I canali esaminati sono:

- la rete di canali Dossero, Vercellina, Sorgianino, Cervetto e S. Marino, sinteticamente indicati come Canali Nord;
- la roggia Vassalla che lambisce l'abitato e che periodicamente, in occasione di rogge intense, crea problemi di allagamenti seppure molto modesti.

## 1 DESCRIZIONE DEI CAVI NORD E PERCORSO

La rete dei Canali Nord e' costituita da:

- **scaricatore Dossero** che, dall'intersezione con il Roggione di Vercelli, si immette nel Sorgianino alla progressiva 1092;
- **cavo Sorgianino** che, dal territorio in comune di Caresanablot, si immette nel Cervetto;
- **scaricatore Vercellina** che, dall'intersezione con il Roggione di Vercelli, si immette nel Sorgianino in localita' C.na Bassa;
- **cavo S.Martino** che dalla localita' Ruggerina, attraversa la citta' e si immette nel Cervetto
- **colatore Cervetto** che, dalla confluenza con il S.Martino, recapita in Sesia le portate ricevute dai cavi citati.

Per migliore comprensione si puo' fare riferimento allo schema di figura 1.

Il colatore Cervetto costituisce il recapito finale delle acque dei quattro scaricatori e assume una notevole importanza nel deflusso delle acque dei cavi interni all'abitato.

Dopo l'alluvione del 1968 esso venne in parte ripulito e risistemato, spostando lo sbocco nel fiume Sesia più a valle, in modo che le piene del fiume non lo rigurgitassero. In tale occasione venne riprofilato il fondo, in modo che oggi pare eccessivo.

I rilievi hanno permesso di appurare che il fondo é notevolmente più basso delle soglie che regolano il deflusso naturale e che sono poste sotto il ponte di via Giffenga e di C.so Matteotti.

Questa ultima é stata realizzata non troppi anni or sono, ma non vi é, per il momento traccia dei motivi per cui é stata realizzata, e soprattutto il perché della quota, che risulta notevolmente più alta, sia rispetto al fondo di valle che di monte.

Dopo tali interventi però il canale non fu più oggetto di sistematiche manutenzioni, per cui, a poco a poco, si sono ostruite alcune campate di ponti, le sponde si sono riempite di vegetazione o sono diventate ricettacolo di rifiuti di ogni genere.

Con altro progetto si prevede la pulizia delle sponde, la realizzazione di rampe per accedere con facilità all'alveo, per le operazioni di manutenzione.

## 2 DESCRIZIONE DELLA ROGGIA VASSALLA E PERCORSO

( da Storie di Mulini e Canali- a cura dell'associazione Ovest Sesia)

La roggia Vassalla ha origine da una fontana nei pressi della frazione Casalrosso del Comune di Lignana ove viene detta "Bottalla".

Presso la frazione Larizzate, riceve le acque esuberanti della Roggia Luminaria e della Molinara di Larizzate e prosegue verso est sottopassando la strada tangenziale del capoluogo.

Attraversata la strada per Trino nei pressi dell'ex Ospedale Neuropsichiatrico, esisteva fino all'anno 1978 un barraggio per la derivazione d'acqua irrigua a favore dei terreni della cascina San Giovanni, edificio demolito per i numerosi e continui allagamenti che determinava alla zona limitrofa.

La Roggia si dirige, quindi, verso il rione Aravecchia e, dopo aver sottopassato anche la ferrovia Vercelli-Valenza, sfruttando il salto dell'ex molino dell'Aravecchia (soppresso nella seconda metà del 1800 i cui ruderi sono ancora visibili), dà origine al cavo Pellegrino tuttora attivo per l'irrigazione dei terreni ubicati nelle regioni Canton Billiemme e Lamporo della frazione Cappuccini.

Il cavo sottopassa con tombinatura, costruita nel 1928, il campo d'aviazione "del Prete": notevoli sono state le variazioni di percorso che ha dovuto subire a causa dell'ampliamento del cimitero e della costruzione delle nuove carceri. Fino agli inizi del 1900, il cavo superava la Roggia Vassalla con un ponte-canale demolito nel 1980 (ma sono ancora visibili le spalle) a valle della cascina Commenda, per l'irrigazione dei suoi terreni: dopo la ristrutturazione del cavo Commenda o Sussidio nel 1900, il ponte-canale è stato disattivato e l'irrigazione dei terreni della cascina Commenda è avvenuta dal fosso Dabasso fino alla costruzione della Caserma Scalise.

Il Cavo Pellegrino termina nella Roggia Lamporo dopo aver superato il costruendo scolmatore della città con due sifoni.

La roggia Vassalla prosegue costeggiando il campo d'aviazione "Del Prete"; nei pressi dell'attuale edificio della clinica "Santa Rita" alimentava il "jufificio" tramite un salto il cui livello è stato abbassato nel 1973 per ridurre gli effetti del rigurgito a monte. Subito prima del sottopasso del cimitero di Billiemme, la Roggia riceve le acque della fontana Pedocchio o Varola e, costeggiando la Caserma Scalise, raggiunge la frazione Cappuccini ove, ricevute le acque della roggia Lamporo, origina la roggia Rantiva per confluire nel fiume Sesia, dopo aver derivato in sponda destra la nuova roggia Molinara di Prarolo.

La fontana Pedocchio o Varola ha origine da un "occhio" di sorgente nei pressi dell'attuale stabilimento "Cerutti" lungo la strada per Trino e scende verso la città attraversando, dopo la modifica del suo percorso originale avvenuta nel 1937 per la costruzione dell'ex Ospedale Neuropsichiatrico, la strada tangenziale e quella per Trino, costeggiando il predetto ospedale e delimitando, a sud, il campo

---

d'aviazione "Del Prete". La Fontana termina il suo percorso nella roggia Vassalla subito a monte del cimitero di Billiemme.



## 2.1 Criteri di verifica idraulica della rete dei canali secondari

Il lavoro di verifica idraulica sulla rete dei Canali e Sud ( roggia Vassalla), ha richiesto:

1. il rilievo delle sezioni e delle quote di fondo e di sponda
2. il rilievo dei ponti e dei manufatti suscettibili di interferire con il deflusso delle acque
3. l'individuazione delle portate di verifica
4. la simulazione dei livelli conseguenti alle portate di verifica
5. confronto tra le quote assolute del livello idrico, le quote delle sponde e individuazione di problemi localizzati.

Per quanto riguarda i punti 1 e 2 la base e' il rilievo effettuato dall'Ing. Giorgio Viazzo ed e' parte integrante del progetto.

Nel seguito sono sviluppati i i criteri utilizzati per definire portate e comportamento del corso l'acqua.

## 2.2 Portate di verifica

### 2.2.1 Canali Nord

L'intero sistema di Canali Nord e' alimentato da paratoie di derivazione dal Roggione di Vercelli che consentono di modulare le portate che vengono derivate.

Il personale di campagna della Associazione di Irrigazione Ovest Sesia e' deputato alla regolazione delle portate da scaricare e con grande perizia " modula" le paratoie impedendo che le portate del Roggione si riversino sull'abitato in modo incontrollato.

Con il progredire delle urbanizzazioni e delle massicce impermeabilizzazioni di nuove aree le portate che questi cavi ricevono sono in progressivo aumento.

Le esperienze di questi ultimi anni, hanno dimostrato che a fronte di interventi anche intensi si e' sempre riusciti a evitare esondazioni.

Certamente in queste occasioni lo stato dei livelli d'acqua ha creato qualche allarme ma senza il verificarsi di danni.

E' stato pertanto necessario ridefinire, in accordo con l'AIOS, le massime portate che possono essere scaricate, in sicurezza, dal Roggione di Vercelli e che sono state assunte come portate di verifica della rete.

E' da ricordare che questo stato di cose perdurera' fino alla realizzazione del nuovo scolmatore che, intercettando le acque del bacino che si chiude su Vercelli, mettera' definitivamente in sicurezza la citta.'

Sulla base di informazioni, assunte presso l'Associazione di Irrigazione Ovest Sesia, le portate massime che potranno raggiungere il Cervetto sono indicate nella Tabella 1.

Scaricatore	Sezione iniziale	Sezione finale	Portata iniziale	Portata finale	Confluenze
<b>Sorgianino</b>	303	301	4 mc/s	4 mc/s	In Cervetto alla sez. 101 ( Enel Vc)
<b>Dossero</b>	120	105	7 mc/s	8,5 mc/s	in Sorgianino alla progr. 1092,4
<b>Vercellina</b>	208	201.6	7 mc/s	7 mc/s	in Sorgianino in C.na Bassa
<b>S.Martino</b>	39.2	18	13 mc/s	20 mc/s	in Cervetto alla sez. 101 ( Enel Vc)
<b>Cervetto</b>	17	1	40 mc/s	40 mc/s	in Sesia

**Tabella 1**-Portate di verifica,sezioni e confluenze.

### 2.2.2 Roggia Vassalla

Per quanto riguarda la Roggia Vassalla la portata attuale stimata di circa 20 mc/s,in condizioni di pioggia, crea problemi di allagamenti periodici, seppure di debole entita'.

Le condizioni si normalizzeranno solo con la costruzione del nuovo Scolmatore della citta' di Vercelli, che consentira' il raggiungimento di una situazione di stabilita' anche per quanto riguarda i cavi posti a sud della citta'.

La verifica idraulica e' stata effettuata in due condizioni:

- situazione attuale 20 mc/s ( stimati)
- situazione futura ( dopo la realizzazione dello Scolmatore ) 4 mc/s

---

### **3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROSSIMA REALIZZAZIONE SUI CANALI NORD**

Per quanto riguarda i Cavi Nord, sono previsti interventi di sistemazione e risezionamenti. I lavori sono già finanziati ed è già stato redatto il progetto esecutivo.

Gli interventi sono descritti nel seguito.

Le aste del Sorgianino, Dossero, Vercellina e Cervetto sono state risezionate ridisegnando la sezione attuale a sezione trapezia con pendenza delle scarpate 1:1. Ove insufficienti, sono state adeguate intervenendo sulla quota delle sponde, per assicurare un franco minimo di 50 cm.

È stato verificato che tutti i ponti consentano il deflusso a pelo libero (non in pressione).

Il profilo del fondo è stato, localmente, rettificato mantenendo la livelletta originale.

## 4 METODO DI VERIFICA

Definite le portate di verifica e la “ geometria” della rete, sono stati calcolati i profili idraulici a pelo libero in condizioni di moto permanente .

Nell'alveo, infatti, ben difficilmente saranno possibili condizioni di moto uniforme ma si verificheranno piu' verosimilmente condizioni di moto permanente per effetto della presenza di variazioni graduali o localizzate lungo l'alveo, ponti, immissioni ecc., nelle quali il profilo del pelo libero si avvicinerà a quello di moto uniforme ma sarà sostanzialmente diverso.

Le condizioni di moto uniforme che si instaurano nell'alveo, utilizzabili per una prima definizione del livello, sono piu' una eccezione che una regola. Il moto uniforme è una condizione asintotica a cui tende la corrente in un alveo a sezione, pendenza e scabrezza costante e che mantiene tali caratteristiche per una sufficiente lunghezza. Tali condizioni sono abbastanza rare in un alveo naturale. Secondo la Direttiva riportante “ *Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica...*” del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali allegata alla Delibera n. 2/99, tale procedura di calcolo non è ammissibile in quanto approssimata.

La procedura corretta è rappresentata da simulazioni di moto permanente mono o bi-dimensionale.

La scelta del metodo è determinata dalle caratteristiche del corso d'acqua. Ove le variazioni trasversali siano di un ordine di grandezza inferiore delle lunghezze, il moto permanente mono-dimensionale fornisce risultati cautelativi grazie all'analisi degli effetti di rigurgito. È richiesto l'inserimento di sezioni trasversali dettagliate.

Entrambe queste condizioni sono verificate nel caso della rete dei Canali Nord

Sono stati definiti i profili di rigurgito utilizzando una procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.

I profili sono definiti da una sezione trasversale all'altra, risolvendo l'equazione dell'Energia con una procedura iterativa chiamata appunto Standard Step Method;

l'equazione dell'energia è scritta come segue:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + H_e \quad \text{ove:}$$

$Y_1$  e  $Y_2$  = altezza d'acqua nelle sezioni 1 e 2

$Z_1$  e  $Z_2$  = quota assoluta del fondo in 1 e 2

$V_1$  e  $V_2$  = Velocità in 1 e 2

$\alpha_1$  e  $\alpha_2$  = coeffic. di Coriolis

$g$  = accelerazione di gravità 9,81 m/s<sup>2</sup>

$h_e$  = perdite di carico tra 1 e 2

Per perfezionare i calcoli in prossimità dei ponti e delle confluenze, è stata applicata l'equazione del momento, descritta dalla relazione:

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

ove:

$P_1$  e  $P_2$  = pressione idrostatica in 1 e 2

$W_x$  = componente sull'asse x della forza peso della massa d'acqua considerata;

$F_f$  = forze di attrito nelle sezioni 1 e 2

$Q$  = portata defluente

$\rho$  = densità dell'acqua

$\Delta V_x$  = componente sull'asse x della differenza di velocità tra la sezione 1 e la 2

Questo modo di procedere è adeguato alle finalità del calcolo che è volto a definire i livelli d'acqua con precisione sufficiente per individuare un “franco di sponda”.

Nel caso in esame, i calcoli sono stati eseguiti utilizzando un software integrato costituito da un'interfaccia grafica, da moduli per l'analisi idraulica e dalle routines per la graficizzazione e presentazione dei risultati.

Il calcolo consente un'analisi idraulica monodimensionale.

Il procedimento è di verifica e pertanto utilizza i dati di geometria del sistema per perfezionare i calcoli. Sono state introdotte le geometrie delle sezioni (a partire da valle verso monte, in coordinate x,y), intese come dimensioni fisiche delle sezioni di progetto, le livellette di fondo e i coefficienti di scabrezza.

Definita la geometria del sistema (sezioni e livellette), sono introdotte le portate di verifica e le condizioni al contorno.

Le condizioni al contorno, servono per la determinazione dell'integrale particolare dell'equazione differenziale che regola il moto permanente. In regime di corrente lenta, la condizione al contorno necessaria al calcolo, è quella di valle; in regime di corrente veloce, la condizione al contorno è quella di monte; in regime di flusso misto, le condizioni al contorno sono immesse per entrambe le estremità della rete.

## 4.1 Condizioni al contorno

### Condizioni al contorno previste sulla rete dei Canali Nord

Tronco	Monte	Valle	
Vercellina principale	H moto unif. $i= 0,0029$	Confl.Cna Bassa	
Cervetto-S.Martino	H moto unif. $i= 0,0018$	Confl.ENEL Vc	
Cervetto valle	Confl.ENEL Vc	Livello noto Sesia	117,38
Dossero Princ.	H moto unif. $i= 0,0026$	Confl.Cna Bassa	
Sorgianino	H moto unif. $i= 0,0018$	Confl. prg.1092,04	

Dalla elaborazione dei dati ( geometrie delle sezioni,portate,pendenze ) sono ricavabili i profili del pelo libero calcolati in condizioni di moto permanente.

Per la condizione di valle e' stato considerato il livello d'acqua del fiume Sesia.

Dalle osservazioni fatte durante gli ultimi eventi alluvionali (in particolare quello dell'ottobre 2000, per il quale la Direzione Regionale dei Servizi Tecnici della Regione Piemonte aveva stimato un tempo di ritorno prossimo ai 200 anni), il livello del Cervetto e' stato misurato e pari a 117,38 (ore 12 del 15/10/2000).

Nel presente calcolo di verifica e' stato assunto tale livello come condizione al contorno di valle.

I tabulati di calcolo sono esposti nel seguito;

sono riportate n. 2 tabelle per evidenziare in modo esauriente i parametri geometrici ed idraulici :

Allo scopo di definire la geometria dei singoli tronchi per effettuare la simulazione, la denominazione dei singoli rami e' stata leggermente variata; pertanto nella lettura delle tabelle riportanti i parametri idraulici e' opportuno ricordare che:

- Cervetto-S.Martino e' da intendersi S.Martino ( propriamente detto) nel tronco di monte dalla sezione 39,2 alla immissione nel Cervetto-Ramo di valle

Il Sorgianino e' stato suddiviso in:

- Sorgianino esterno – dalla sezione 303 alla progressiva 1092,04
- Sorgianino tratto 1- dalla progressiva 1092,04 all'immissione della Vercellina ( C.na Bassa)
- Sorgianino tratto 2- dall'immissione della Vercellina ( C.na Bassa) alla confluenza con il S.Martino ( immissione nel Cervetto-ramo di valle).

Le sezioni con asterisco sono sezioni interpolate tra quelle rilevate; questa operazione e' stata effettuata ove la distanza tra le sezioni rilevate e immesse nella geometria del sistema era tale da non consentire un calcolo corretto del profilo idraulico.

Roggia Vassalla -condizioni al contorno

La roggia Vassalla si presenta piu' semplice nella impostazione della verifica idraulica.

L'immissione, in prossimita' della Frazione Larizzate e' regolata da un barrageo attraverso il quale viene immessa una portata in scarico che attualmente,raggiunge i 20 mc/s.

**Condizioni al contorno previste sulla roggia Vassalla**

<b>Ramo</b>	<b>Monte</b>	<b>Valle</b>
Vassalla	H moto unif. $i= 0,0008$	immissione in Rantiva-quota pelo libero 122,35

Mentre non vi sono particolari commenti per quanto riguarda le condizioni di monte, la condizione di valle e' determinata dal livello d'acqua che si determina in Rantiva.

La roggia Rantiva e' divenuta sede del nuovo Scolmatore di Vercelli che e' gia' stato realizzato nel tratto dal fiume Sesia alla tangenziale di Vercelli.

La Vassalla pertanto, e' influenzata dal livello massimo che si verifica nello scolmatore in occasione di eventi di particolare intensita'.

La quota del pelo libero e' stata determinata a 122,35 s.l.m. nello studio di fattibilita' del nuovo scolmatore di Vercelli effettuato dagli scriventi per conto della Associazione di Irrigazione Ovest Sesia nel 1999.

## 5 TABULATI DI CALCOLO

Nel seguito sono riportati i significati dei parametri riportati nelle Tabelle 2 e 3.

### Tabella 2

- colonna 1 ; reach : e' riportato il nome del ramo in esame ( Cervetto,Sorgianino,Vercellina ecc)
- colonna 2 ; River Station : identifica le sezioni,siano esse rilevate che interpolate; le sezioni interpolate sono contrassegnate dall'asterisco;
- colonna 3; Q total : riporta la portata di verifica 40 mc/s
- colonna 4; Min.Ch.El: quota assoluta di fondo
- colonna 5; W.S.Elev.:quota assoluta del pelo d'acqua
- colonna 6; Crit.W.S. riporta la quota assoluta dell'altezza in condizioni critiche
- colonna 7; E G Elev: quota assoluta dell'Energia totale
- colonna 8; E.G. Slope: pendenza della linea dei carichi totali
- colonna 9; Vel Chnl : velocita' della corrente
- colonna 10; Flow Area : sezione bagnata
- colonna 11; Top Width : larghezza del pelo libero
- colonna 12; Froude # Chl : Numero di Froude ( <1 corrente lenta; >1 corrente veloce)

in Tabella 3 sono riportati altri parametri; alcuni sono comuni alla Tabella 1

nel seguito si riportano solo quelli non ancora esaminati:

- colonna 5 ; Vel Head : termine cinetico della corrente (  $V^2/2g$  )
- colonna 6 ; Frctn Loss: perdite di carico
- colonna 7 ; C& E Loss perdite localizzate

Per quanto riguarda i ponti, questi sono stati compiutamente rilevati nelle loro caratteristiche geometriche. Sono state rilevate le pile e ogni altra caratteristica in grado di influenzare la corrente.

Ogni ponte e' corredato da 2 sezioni ( oltre alla propria ) e cioe' una sezione di monte,posta a circa 4 volte la larghezza media della costrizione laterale causata dalle spalle del ponte,e una sezione di valle, posta a circa 1 volta la larghezza media della costrizione laterale causata dalle spalle del ponte.

Il programma esegue il calcolo delle condizioni di deflusso sotto i ponte con diversi metodi.

In questo caso e' stato assunto il metodo dell'Energia dissipata. Sono calcolate le perdite di carico dovute alla contrazione ed all'espansione provocata dal ponte.



## 5.1 Canali Nord

### 5.1.1 Tabella 2

<i>RAS Plan:</i> 7-7-13	<i>Reach</i>	<i>River Sta</i>	<i>Q Total</i>	<i>Min Ch</i> <i>El</i>	<i>W.S.</i> <i>Elev</i>	<i>Crit W.S.</i> <i>(m)</i>	<i>E.G.</i> <i>Elev</i>	<i>E.G. Slope</i> <i>(m/m)</i>	<i>Vel Chnl</i> <i>(m/s)</i>	<i>Flow Area</i> <i>(m2)</i>	<i>Top</i> <i>Width</i> <i>(m)</i>	<i>Froude</i> <i># Chl</i>
cervetto	S.Martino	39.2	13.00	124.66	126.20	125.39	126.27	0.000760	1.21	10.78	8.31	0.31
cervetto	S.Martino	39.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	39.1	13.00	124.66	126.14	125.38	126.21	0.001084	1.17	11.16	8.26	0.32
cervetto	S.Martino	38	13.00	124.50	126.02	125.36	126.10	0.001365	1.25	10.37	9.19	0.38
cervetto	S.Martino	37.8*	13.00	124.46	125.99	125.27	126.06	0.001216	1.22	10.65	8.77	0.35
cervetto	S.Martino	37.6*	13.00	124.42	125.96	125.18	126.03	0.001087	1.18	10.99	8.34	0.33
cervetto	S.Martino	37.4*	13.00	124.37	125.93	125.09	126.00	0.001011	1.15	11.29	7.85	0.31
cervetto	S.Martino	37.2	13.00	124.33	125.92	125.01	125.98	0.000659	1.11	11.68	7.87	0.28
cervetto	S.Martino	36.25	Bridge									
cervetto	S.Martino	36.2	13.00	123.91	125.77	125.07	125.88	0.001745	1.47	8.84	6.38	0.40
cervetto	S.Martino	36.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	36.1	13.00	123.91	125.65	125.07	125.79	0.002513	1.68	7.74	5.73	0.46
cervetto	S.Martino	35.2	13.00	123.70	125.58	124.71	125.66	0.001006	1.18	11.04	7.02	0.30
cervetto	S.Martino	35.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	35.1	13.00	123.70	125.53	124.71	125.60	0.001116	1.22	10.65	7.02	0.32
cervetto	S.Martino	34.1	13.00	123.66	125.50	124.61	125.55	0.000812	1.05	12.38	9.59	0.29
cervetto	S.Martino	34	13.00	123.64	125.45	124.79	125.50	0.001666	0.99	13.07	20.01	0.39
cervetto	S.Martino	33.3	13.00	123.63	125.26	124.57	125.33	0.001576	1.14	11.40	13.49	0.40
cervetto	S.Martino	33.2	13.00	123.54	125.19	124.33	125.27	0.000737	1.23	10.54	8.31	0.31
cervetto	S.Martino	33.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	33.1	13.00	123.54	125.07	124.32	125.16	0.000946	1.32	9.83	8.18	0.35
cervetto	S.Martino	32.2	13.00	123.37	124.97	124.35	125.09	0.001704	1.54	8.46	7.10	0.44
cervetto	S.Martino	32.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	32.1	13.00	123.37	124.78	124.36	124.94	0.002714	1.80	7.21	6.74	0.54
cervetto	S.Martino	31.2	13.00	123.20	124.72	123.96	124.79	0.001165	1.20	10.79	7.89	0.33
cervetto	S.Martino	31.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	31.1	13.00	123.20	124.63	123.96	124.72	0.001401	1.28	10.14	7.83	0.36
cervetto	S.Martino	30	13.00	122.96	124.45	123.95	124.63	0.003455	1.90	6.86	5.32	0.53
cervetto	S.Martino	29.2	13.00	122.67	124.43	123.48	124.50	0.000603	1.15	11.30	8.26	0.28
cervetto	S.Martino	29.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	29.1	13.00	122.67	124.38	123.48	124.45	0.000667	1.19	10.96	8.21	0.30
cervetto	S.Martino	28.2	13.00	122.28	124.29	123.43	124.39	0.001118	1.40	9.27	6.16	0.36
cervetto	S.Martino	28.15	Culvert									
cervetto	S.Martino	28.1	13.00	122.28	124.11	123.43	124.24	0.000567	1.59	8.18	5.94	0.43
cervetto	S.Martino	27.2	13.00	121.77	124.09	122.62	124.12	0.000374	0.81	16.00	7.45	0.18
cervetto	S.Martino	27.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	27.1	13.00	121.77	124.07	122.48	124.10	0.000328	0.77	16.86	7.45	0.16
cervetto	S.Martino	26.2	13.00	122.10	123.97	123.19	124.08	0.001721	1.47	8.85	6.13	0.39
cervetto	S.Martino	26.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	26	13.00	122.13	123.86	123.23	124.01	0.002559	1.72	7.58	5.43	0.46
cervetto	S.Martino	25.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	25.1	13.00	122.35	123.85	123.21	123.94	0.001462	1.30	10.01	7.96	0.37
cervetto	S.Martino	24.2	13.00	122.28	123.54	123.09	123.67	0.001907	1.59	8.16	7.79	0.47
cervetto	S.Martino	24.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	24.1	13.00	122.28	123.08	123.08	123.42	0.012058	2.58	5.03	7.51	1.01
cervetto	S.Martino	23	13.00	121.54	122.81	122.31	122.94	0.002511	1.60	8.12	6.90	0.47
cervetto	S.Martino	22.2	13.00	121.23	122.54	122.17	122.79	0.003014	2.18	5.95	9.33	0.61
cervetto	S.Martino	22.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	22.1	13.00	121.23	122.06	122.18	122.67	0.004278	3.48	3.74	8.99	1.23
cervetto	S.Martino	21.2	13.00	121.23	121.99	121.89	122.22	0.007300	2.10	6.20	8.94	0.80
cervetto	S.Martino	21	13.00	120.77	121.68	121.68	122.13	0.009180	2.99	4.35	5.75	1.00
cervetto	S.Martino	20.20	Culvert									
cervetto	S.Martino	20.15	13.00	119.91	121.37	120.71	121.49	0.002250	1.55	8.40	5.75	0.41
cervetto	S.Martino	20.1	13.00	119.91	121.20	120.71	121.36	0.003218	1.75	7.42	5.75	0.49
cervetto	S.Martino	19.875*	13.00	119.79	121.10	120.54	121.23	0.002464	1.57	8.27	6.31	0.44
cervetto	S.Martino	19.65*	13.00	119.67	121.04	120.38	121.14	0.001766	1.38	9.41	6.87	0.38
cervetto	S.Martino	19.425*	13.00	119.55	121.00	120.23	121.07	0.001242	1.21	10.77	7.44	0.32
cervetto	S.Martino	19.2	13.00	119.43	120.97	120.07	121.03	0.000868	1.05	12.33	8.00	0.27
cervetto	S.Martino	19.15	Bridge									
cervetto	S.Martino	19.1	13.00	119.43	120.94	120.07	121.00	0.000923	1.08	12.08	8.00	0.28

<b>RAS Plan:</b>	<b>Reach</b>	<b>River Sta</b>	<b>Q Total</b>	<b>Min Ch</b>	<b>W.S.</b>	<b>Crit W.S.</b>	<b>E.G.</b>	<b>E.G. Slope</b>	<b>Vel</b>	<b>Chnl Flow</b>	<b>Area</b>	<b>Top</b>	<b>Froude</b>
<b>7-7-13</b>			<b>(m3/s)</b>	<b>El</b>	<b>Elev</b>	<b>(m)</b>	<b>Elev</b>	<b>(m/m)</b>	<b>(m/s)</b>	<b>(m2)</b>	<b>(m)</b>	<b>Width</b>	<b># Chl</b>
cervetto	S.Martino	18	20.00	119.19	120.83	120.04	120.92	0.001358	1.39	14.39	9.54	0.36	
cervetto	Ramo di valle	17	40.00	118.15	120.26	119.46	120.45	0.002009	1.92	20.78	12.00	0.47	
cervetto	Ramo di valle	16.2	40.00	117.90	120.19	119.37	120.37	0.001757	1.85	21.57	12.13	0.44	
cervetto	Ramo di valle	16.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	16.1	40.00	117.90	120.00	119.37	120.22	0.002453	2.08	19.24	11.85	0.52	
cervetto	Ramo di valle	15.2	40.00	117.79	119.84	119.10	119.96	0.001344	1.49	26.85	19.33	0.40	
cervetto	Ramo di valle	15.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	15.1	40.00	117.79	119.66	119.10	119.81	0.002055	1.72	23.27	18.61	0.49	
cervetto	Ramo di valle	14	40.00	117.71	119.45	118.85	119.65	0.002586	2.01	19.91	13.75	0.53	
cervetto	Ramo di valle	13.2	40.00	117.81	119.41	119.01	119.54	0.000602	1.59	25.18	24.18	0.50	
cervetto	Ramo di valle	13.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	13.1	40.00	117.81	119.26	119.01	119.44	0.000982	1.85	21.63	24.08	0.62	
cervetto	Ramo di valle	12.2	40.00	117.54	119.25	118.44	119.31	0.000763	1.11	35.92	26.03	0.30	
cervetto	Ramo di valle	12.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	12.1	40.00	117.54	119.15	118.44	119.22	0.000950	1.19	33.49	25.82	0.33	
cervetto	Ramo di valle	11	40.00	117.12	119.10	118.08	119.17	0.000718	1.11	36.09	25.14	0.30	
cervetto	Ramo di valle	10.2	40.00	116.61	118.81	117.89	118.93	0.001261	1.57	25.55	13.65	0.37	
cervetto	Ramo di valle	10.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	10.1	40.00	116.61	118.68	117.89	118.83	0.001557	1.68	23.85	13.65	0.41	
cervetto	Ramo di valle	9.2	40.00	116.56	118.60	117.70	118.72	0.001385	1.57	25.49	14.44	0.38	
cervetto	Ramo di valle	9.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	9.1	40.00	116.56	118.47	117.71	118.62	0.001728	1.69	23.73	14.44	0.42	
cervetto	Ramo di valle	8.2	40.00	115.23	118.55	116.36	118.57	0.000092	0.56	72.06	28.20	0.11	
cervetto	Ramo di valle	8.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	8.1	40.00	115.23	118.54	116.35	118.56	0.000093	0.56	71.79	28.20	0.11	
cervetto	Ramo di valle	7.2	40.00	116.11	118.34	117.64	118.53	0.002003	1.92	20.85	12.65	0.48	
cervetto	Ramo di valle	7.1	40.00	116.04	118.10	117.56	118.34	0.002808	2.16	18.49	12.45	0.57	
cervetto	Ramo di valle	7	40.00	115.86	118.07	117.11	118.16	0.001079	1.36	29.45	19.99	0.36	
cervetto	Ramo di valle	6.4	40.00	115.97	117.75	117.43	118.04	0.004183	2.41	16.62	13.30	0.69	
cervetto	Ramo di valle	6.3	40.00	115.53	117.69	116.92	117.83	0.001542	1.67	24.01	15.54	0.43	
cervetto	Ramo di valle	6.2	40.00	115.99	117.70	116.85	117.74	0.000587	0.90	44.64	37.32	0.26	
cervetto	Ramo di valle	6.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	6.12	40.00	115.99	117.62	116.85	117.67	0.000738	0.96	41.56	37.14	0.29	
cervetto	Ramo di valle	6.1	40.00	115.08	117.60	115.98	117.63	0.000459	0.80	50.26	39.30	0.22	
cervetto	Ramo di valle	5.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	5.1	40.00	115.08	117.54	115.98	117.57	0.000540	0.84	47.81	39.30	0.24	
cervetto	Ramo di valle	4	40.00	114.93	117.48	115.86	117.51	0.000273	0.79	50.94	28.45	0.19	
cervetto	Ramo di valle	3.2	40.00	113.96	117.41	115.33	117.44	0.000207	0.81	49.59	20.24	0.16	
cervetto	Ramo di valle	3.15	Bridge										
cervetto	Ramo di valle	3.1	40.00	113.96	117.38	115.33	117.41	0.000215	0.82	48.98	20.16	0.17	
cervetto	Ramo di valle	2	40.00	113.84	117.38	114.70	117.39	0.000067	0.49	82.14	31.33	0.10	
cervetto	Ramo di valle 1.91666*	40.00	113.67	117.38	114.64	117.39	0.000061	0.47	85.63	32.24	0.09		
cervetto	Ramo di valle 1.83333*	40.00	113.49	117.38	114.57	117.39	0.000054	0.45	89.62	33.17	0.09		
cervetto	Ramo di valle 1.75*	40.00	113.31	117.38	114.50	117.39	0.000048	0.42	94.14	34.34	0.08		
cervetto	Ramo di valle 1.66666*	40.00	113.14	117.38	114.36	117.39	0.000044	0.40	99.25	37.04	0.08		
cervetto	Ramo di valle 1.58333*	40.00	112.97	117.38	114.19	117.39	0.000040	0.38	105.36	40.25	0.07		
cervetto	Ramo di valle 1.5*	40.00	112.79	117.38	114.00	117.39	0.000034	0.36	112.05	41.43	0.07		
cervetto	Ramo di valle 1.41666*	40.00	112.62	117.38	113.79	117.39	0.000028	0.34	119.22	42.30	0.06		
cervetto	Ramo di valle 1.33333*	40.00	112.44	117.38	113.58	117.39	0.000024	0.32	126.85	43.05	0.06		
cervetto	Ramo di valle 1.25*	40.00	112.26	117.38	113.37	117.38	0.000020	0.30	134.91	43.71	0.05		
cervetto	Ramo di valle 1.16666*	40.00	112.09	117.38	113.09	117.38	0.000016	0.28	143.42	44.29	0.05		
cervetto	Ramo di valle 1.08333*	40.00	111.91	117.38	112.88	117.38	0.000014	0.26	152.35	44.85	0.05		
cervetto	Ramo di valle 1	40.00	111.74	117.38	112.66	117.38	0.000012	0.25	161.71	45.40	0.04		
Sorgianino	esterno 303	4.00	122.54	123.46	123.03	123.52	0.001721	1.05	3.80	4.73	0.37		
Sorgianino	esterno 302.922*	4.00	122.46	123.38	122.95	123.44	0.001721	1.05	3.80	4.73	0.37		
Sorgianino	esterno 302.844*	4.00	122.38	123.30	122.87	123.36	0.001721	1.05	3.80	4.73	0.37		
Sorgianino	esterno 302.766*	4.00	122.29	123.22	122.79	123.27	0.001715	1.05	3.80	4.73	0.37		
Sorgianino	esterno 302.688*	4.00	122.21	123.14	122.70	123.19	0.001714	1.05	3.80	4.73	0.37		
Sorgianino	esterno 302.611*	4.00	122.13	123.04	122.62	123.10	0.001769	1.06	3.76	4.72	0.38		
Sorgianino	esterno 302.533*	4.00	122.05	122.95	122.54	123.01	0.001825	1.07	3.72	4.71	0.39		
Sorgianino	esterno 302.455*	4.00	121.96	122.86	122.46	122.92	0.001875	1.08	3.69	4.70	0.39		
Sorgianino	esterno 302.377*	4.00	121.88	122.77	122.37	122.83	0.001936	1.10	3.65	4.69	0.40		
Sorgianino	esterno 302.3	4.00	121.80	122.68	122.29	122.75	0.002000	1.11	3.61	4.67	0.40		
Sorgianino	esterno 302.292*	4.00	121.75	122.64	122.24	122.70	0.001953	1.10	3.64	4.68	0.40		
Sorgianino	esterno 302.285*	4.00	121.70	122.60	122.19	122.66	0.001851	1.08	3.70	4.70	0.39		
Sorgianino	esterno 302.278*	4.00	121.65	122.56	122.14	122.62	0.001763	1.06	3.77	4.72	0.38		
Sorgianino	esterno 302.271*	4.00	121.59	122.53	122.09	122.58	0.001673	1.04	3.84	4.74	0.37		

<i>RAS Plan:</i>	<i>Reach</i>	<i>River Sta</i>	<i>Q Total</i>	<i>Min Ch</i>	<i>W.S.</i>	<i>Crit W.S.</i>	<i>E.G.</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel Chnl</i>	<i>Flow Area</i>	<i>Top Width</i>	<i>Froude #</i>	<i>Chl</i>
<i>7-7-13</i>			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		
Sorgianino	esterno	302.264*	4.00	121.54	122.49	122.04	122.55	0.001556	1.02	3.93	4.77	0.36	
Sorgianino	esterno	302.257*	4.00	121.49	122.46	121.98	122.51	0.001444	0.99	4.04	4.80	0.34	
Sorgianino	esterno	302.25	4.00	121.44	122.43	121.93	122.48	0.001347	0.97	4.14	4.82	0.33	
Sorgianino	esterno	302.2	4.00	121.44	122.40	121.93	122.46	0.001256	1.06	3.76	4.78	0.35	
Sorgianino	esterno	302.1	Bridge										
Sorgianino	esterno	302	4.00	121.44	122.35	121.93	122.42	0.001525	1.13	3.55	4.71	0.38	
Sorgianino	esterno	301.9*	4.00	121.35	122.27	121.84	122.32	0.001777	1.06	3.76	4.72	0.38	
Sorgianino	esterno	301.8*	4.00	121.26	122.16	121.76	122.22	0.001876	1.08	3.69	4.70	0.39	
Sorgianino	esterno	301.7*	4.00	121.18	122.06	121.67	122.12	0.001981	1.11	3.62	4.68	0.40	
Sorgianino	esterno	301.6*	4.00	121.09	121.95	121.58	122.02	0.002169	1.14	3.51	4.65	0.42	
Sorgianino	esterno	301.5	4.00	121.00	121.83	121.49	121.90	0.002477	1.19	3.35	4.60	0.45	
Sorgianino	esterno	301	4.00	121.00	121.79	121.49	121.87	0.002535	1.31	3.05	4.54	0.48	
Sorgianino	esterno	300	Bridge										
Sorgianino	esterno	299	4.00	121.00	121.71	121.49	121.82	0.003587	1.46	2.75	4.44	0.56	
Sorgianino	tratto1	104	12.50	120.15	121.73	120.96	121.80	0.001211	1.24	10.08	7.49	0.34	
Sorgianino	tratto1	103.15	12.50	120.19	121.61	121.16	121.72	0.002264	1.50	8.32	7.66	0.46	
Sorgianino	tratto1	103.1	Bridge										
Sorgianino	tratto1	103.05	12.50	120.19	121.57	121.16	121.70	0.002485	1.55	8.06	7.66	0.48	
Sorgianino	tratto1	103	12.50	120.12	121.56	120.93	121.65	0.001569	1.34	9.34	7.99	0.40	
Sorgianino	tratto 2	102.1	19.50	119.68	121.38	120.72	121.45	0.000997	1.10	17.68	14.67	0.32	
Sorgianino	tratto 2	102.091*	19.50	119.63	121.34	120.68	121.40	0.001000	1.10	17.66	14.67	0.32	
Sorgianino	tratto 2	102.083*	19.50	119.59	121.28	120.63	121.34	0.001027	1.11	17.52	14.67	0.33	
Sorgianino	tratto 2	102.075*	19.50	119.54	121.22	120.58	121.29	0.001051	1.12	17.39	14.66	0.33	
Sorgianino	tratto 2	102.066*	19.50	119.49	121.17	120.54	121.23	0.001077	1.13	17.25	14.66	0.33	
Sorgianino	tratto 2	102.058*	19.50	119.45	121.11	120.49	121.18	0.001105	1.14	17.11	14.65	0.34	
Sorgianino	tratto 2	102.05*	19.50	119.40	121.06	120.44	121.12	0.001132	1.15	16.98	14.64	0.34	
Sorgianino	tratto 2	102.041*	19.50	119.35	121.00	120.40	121.07	0.001161	1.16	16.84	14.64	0.34	
Sorgianino	tratto 2	102.033*	19.50	119.31	120.94	120.35	121.01	0.001219	1.18	16.58	14.63	0.35	
Sorgianino	tratto 2	102.025*	19.50	119.26	120.87	120.30	120.94	0.001279	1.19	16.33	14.62	0.36	
Sorgianino	tratto 2	102.016*	19.50	119.21	120.81	120.26	120.88	0.001342	1.21	16.08	14.60	0.37	
Sorgianino	tratto 2	102.008*	19.50	119.17	120.74	120.21	120.82	0.001444	1.24	15.71	14.59	0.38	
Sorgianino	tratto 2	102	19.50	119.12	120.65	120.16	120.74	0.001605	1.28	15.19	14.57	0.40	
Sorgianino	tratto 2	101.6	19.50	119.12	120.55	120.16	120.66	0.002218	1.42	13.71	14.50	0.47	
Sorgianino	tratto 2	101.5	Bridge										
Sorgianino	tratto 2	101.4	19.50	119.12	120.37	120.16	120.53	0.004434	1.77	11.03	14.38	0.64	
Sorgianino	tratto 2	101	20.00	118.92	120.38	119.78	120.50	0.001984	1.57	12.70	9.92	0.44	
Dossero	principale	120	7.00	128.37	129.13	128.96	129.28	0.005486	1.76	3.99	6.02	0.69	
Dossero	principale	119	7.00	128.18	128.96	128.78	129.11	0.004992	1.70	4.12	6.06	0.66	
Dossero	principale	118	7.00	127.68	128.86	128.41	129.00	0.002027	1.67	4.20	6.35	0.49	
Dossero	principale	117.5	Bridge										
Dossero	principale	117	7.00	127.68	128.66	128.41	128.86	0.003709	2.00	3.50	5.96	0.64	
Dossero	principale	116.85*	7.00	127.58	128.61	128.22	128.71	0.002363	1.34	5.22	6.07	0.46	
Dossero	principale	116.7*	7.00	127.47	128.51	128.11	128.60	0.002357	1.34	5.22	6.07	0.46	
Dossero	principale	116.55*	7.00	127.37	128.41	128.01	128.50	0.002356	1.34	5.22	6.07	0.46	
Dossero	principale	116.4*	7.00	127.27	128.30	127.91	128.40	0.002357	1.34	5.22	6.08	0.46	
Dossero	principale	116.25*	7.00	127.16	128.20	127.80	128.29	0.002348	1.34	5.23	6.08	0.46	
Dossero	principale	116.1	7.00	127.06	128.10	127.70	128.19	0.002348	1.34	5.23	6.08	0.46	
Dossero	principale	116.088*	7.00	126.96	128.00	127.60	128.09	0.002331	1.33	5.25	6.12	0.46	
Dossero	principale	116.077*	7.00	126.85	127.89	127.49	127.98	0.002302	1.33	5.28	6.17	0.46	
Dossero	principale	116.066*	7.00	126.75	127.79	127.39	127.88	0.002284	1.32	5.30	6.21	0.46	
Dossero	principale	116.055*	7.00	126.65	127.69	127.28	127.78	0.002203	1.30	5.38	6.27	0.45	
Dossero	principale	116.044*	7.00	126.54	127.60	127.18	127.68	0.002116	1.28	5.46	6.34	0.44	
Dossero	principale	116.033*	7.00	126.44	127.52	127.07	127.60	0.001966	1.25	5.61	6.43	0.43	
Dossero	principale	116.022*	7.00	126.34	127.43	126.97	127.51	0.001830	1.21	5.77	6.51	0.41	
Dossero	principale	116.011*	7.00	126.23	127.35	126.87	127.42	0.001699	1.18	5.93	6.61	0.40	
Dossero	principale	116	7.00	126.13	127.26	126.75	127.35	0.001473	1.31	5.36	6.68	0.40	
Dossero	principale	115.5	Bridge										
Dossero	principale	115	7.00	126.12	127.19	126.75	127.29	0.001842	1.39	5.04	6.14	0.44	
Dossero	principale	114	7.00	125.91	126.82	126.54	126.95	0.003287	1.63	4.29	5.81	0.56	
Dossero	principale	113.5	Bridge										
Dossero	principale	113	7.00	125.75	126.49	126.38	126.70	0.006669	2.02	3.47	5.49	0.77	
Dossero	principale	112	7.00	124.97	126.17	125.63	126.27	0.001406	1.40	4.99	6.41	0.41	
Dossero	principale	111.5	Bridge										
Dossero	principale	111	7.00	124.93	126.05	125.59	126.17	0.001809	1.51	4.63	6.24	0.46	
Dossero	principale	110.1	7.00	124.75	125.92	125.39	125.99	0.001500	1.14	6.15	6.50	0.37	
Dossero	principale	110.075*	7.00	124.66	125.87	125.30	125.93	0.001355	1.10	6.37	6.54	0.36	
Dossero	principale	110.05*	7.00	124.57	125.82	125.20	125.88	0.001215	1.05	6.66	6.73	0.34	

<i>RAS Plan: 7-7-13</i>	<i>Reach</i>	<i>River Sta</i>	<i>Q Total</i>	<i>Min Ch El</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>Crit W.S.</i>	<i>E.G. Elev</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel</i>	<i>Chnl Flow Area</i>	<i>Top Width</i>	<i>Froude # Chl</i>
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
Dossero	principale	110.025*	7.00	124.47	125.77	125.11	125.83	0.001071	1.00	6.99	6.95	0.32
Dossero	principale	110	7.00	124.38	125.68	125.05	125.77	0.001120	1.33	5.28	6.61	0.37
Dossero	principale	109.5	Bridge									
Dossero	principale	109	7.00	124.14	124.82	124.81	125.15	0.009682	2.54	2.76	5.37	0.98
Dossero	principale	108.5*	7.00	123.95	124.66	124.54	124.84	0.006611	1.87	3.73	5.81	0.75
Dossero	principale	108.*	7.00	123.77	124.51	124.31	124.64	0.004653	1.63	4.29	6.24	0.63
Dossero	principale	107.5	7.00	123.58	124.43	124.09	124.51	0.002498	1.30	5.39	6.71	0.46
Dossero	principale	107.45	Bridge									
Dossero	principale	107.4	7.00	123.28	124.04	123.79	124.15	0.003680	1.48	4.74	6.55	0.55
Dossero	principale	107.3	7.00	123.15	123.93	123.66	124.03	0.003340	1.43	4.90	6.62	0.53
Dossero	principale	107.2	7.00	123.00	123.86	123.51	123.95	0.002395	1.28	5.47	6.69	0.45
Dossero	principale	107.15	Bridge									
Dossero	principale	107.1	7.00	122.70	123.40	123.21	123.53	0.004645	1.59	4.40	6.56	0.62
Dossero	principale	106.2	7.00	122.15	123.21	122.78	123.29	0.002097	1.28	5.49	6.37	0.44
Dossero	principale	106.18*	7.00	122.06	123.12	122.70	123.20	0.002115	1.28	5.46	6.32	0.44
Dossero	principale	106.16*	7.00	121.97	123.03	122.61	123.11	0.002135	1.29	5.43	6.27	0.44
Dossero	principale	106.14*	7.00	121.88	122.94	122.52	123.02	0.002157	1.30	5.40	6.21	0.44
Dossero	principale	106.12*	7.00	121.79	122.85	122.43	122.94	0.002177	1.30	5.38	6.16	0.44
Dossero	principale	106.1	7.00	121.70	122.76	122.34	122.85	0.002201	1.31	5.35	6.10	0.45
Dossero	principale	106.075*	7.00	121.63	122.67	122.26	122.76	0.002304	1.33	5.27	6.09	0.46
Dossero	principale	106.05*	7.00	121.55	122.57	122.19	122.66	0.002511	1.37	5.11	6.05	0.48
Dossero	principale	106.025*	7.00	121.48	122.47	122.11	122.57	0.002745	1.41	4.96	6.00	0.50
Dossero	principale	106	7.00	121.40	122.33	122.03	122.46	0.002996	1.59	4.41	5.88	0.54
Dossero	principale	105.5	Bridge									
Dossero	principale	105	7.00	121.20	121.96	121.84	122.15	0.006873	1.94	3.61	5.52	0.76
Dossero	principale	104.1	7.00	120.79	121.73	121.35	121.81	0.002132	1.25	5.58	6.71	0.44
Vercellina	principale	208	7.00	127.22	128.09	127.86	128.23	0.003019	1.66	4.22	5.74	0.62
Vercellina	principale	207.6	7.00	126.94	127.96	127.57	128.06	0.001485	1.45	4.84	6.27	0.47
Vercellina	principale	207.5	Bridge									
Vercellina	principale	207	7.00	126.94	127.81	127.56	127.96	0.002524	1.70	4.13	6.08	0.60
Vercellina	principale	206.9	7.00	126.94	127.78	127.57	127.92	0.003124	1.66	4.23	6.02	0.63
Vercellina	principale	206.833*	7.00	126.79	127.63	127.42	127.77	0.003185	1.67	4.20	6.01	0.64
Vercellina	principale	206.766*	7.00	126.64	127.48	127.27	127.62	0.003247	1.68	4.17	6.00	0.64
Vercellina	principale	206.7*	7.00	126.49	127.32	127.13	127.47	0.003311	1.69	4.14	5.99	0.65
Vercellina	principale	206.633*	7.00	126.34	127.18	126.98	127.32	0.003249	1.68	4.17	6.00	0.64
Vercellina	principale	206.566*	7.00	126.19	127.03	126.83	127.17	0.003201	1.67	4.19	6.01	0.64
Vercellina	principale	206.5*	7.00	126.04	126.89	126.68	127.03	0.003153	1.66	4.22	6.02	0.63
Vercellina	principale	206.433*	7.00	125.90	126.75	126.53	126.89	0.002980	1.63	4.30	6.06	0.62
Vercellina	principale	206.366*	7.00	125.75	126.63	126.38	126.76	0.002646	1.56	4.48	6.14	0.58
Vercellina	principale	206.3*	7.00	125.60	126.53	126.23	126.64	0.002235	1.47	4.75	6.25	0.54
Vercellina	principale	206.233*	7.00	125.45	126.46	126.08	126.55	0.001649	1.32	5.29	6.46	0.47
Vercellina	principale	206.166*	7.00	125.30	126.41	125.93	126.48	0.001171	1.17	5.97	6.72	0.40
Vercellina	principale	206.1	7.00	125.15	126.36	125.78	126.42	0.000855	1.05	6.67	6.98	0.34
Vercellina	principale	206	7.00	125.13	126.30	125.79	126.40	0.001080	1.46	4.80	5.42	0.43
Vercellina	principale	205.5	Bridge									
Vercellina	principale	205	7.00	125.04	125.99	125.71	126.16	0.002188	1.80	3.90	5.91	0.59
Vercellina	principale	204.857*	7.00	124.96	125.91	125.61	126.06	0.002127	1.75	4.00	5.90	0.57
Vercellina	principale	204.714*	7.00	124.87	125.83	125.52	125.98	0.002016	1.69	4.13	5.92	0.56
Vercellina	principale	204.571*	7.00	124.79	125.75	125.43	125.89	0.001921	1.64	4.26	5.93	0.54
Vercellina	principale	204.428*	7.00	124.71	125.69	125.34	125.82	0.001783	1.58	4.42	5.96	0.52
Vercellina	principale	204.285*	7.00	124.63	125.62	125.26	125.74	0.001659	1.53	4.58	5.99	0.50
Vercellina	principale	204.142*	7.00	124.54	125.56	125.17	125.67	0.001506	1.46	4.79	6.04	0.47
Vercellina	principale	204	7.00	124.46	125.51	125.09	125.61	0.001373	1.40	4.99	6.09	0.45
Vercellina	principale	203.6	7.00	124.46	125.38	125.09	125.51	0.002132	1.60	4.37	5.85	0.55
Vercellina	principale	203.5	Bridge									
Vercellina	principale	203.4	7.00	124.46	125.20	125.09	125.41	0.004733	2.03	3.44	5.48	0.78
Vercellina	principale	203	7.00	124.30	125.04	124.94	125.25	0.004732	2.03	3.44	5.48	0.78
Vercellina	principale	202.6	7.00	123.96	124.61	124.46	124.74	0.003659	1.62	4.31	7.30	0.67
Vercellina	principale	202.5	7.00	122.98	123.75	123.48	123.84	0.002037	1.34	5.23	7.55	0.51
Vercellina	principale	202.4	7.00	122.55	123.05	123.05	123.29	0.008633	2.15	3.26	7.00	1.01
Vercellina	principale	202.35	7.00	121.14	122.00	121.64	122.07	0.001438	1.19	5.87	7.71	0.44
Vercellina	principale	202.3	7.00	120.86	121.76	121.37	121.83	0.001332	1.18	5.95	7.17	0.41
Vercellina	principale	202.2	7.00	120.67	121.63	121.17	121.69	0.001041	1.08	6.48	7.50	0.37
Vercellina	principale	202	7.00	120.59	121.58	121.09	121.63	0.000897	1.02	6.88	7.88	0.35
Vercellina	principale	201.6	7.00	120.60	121.51	121.23	121.61	0.002238	1.33	5.24	7.60	0.51
Vercellina	principale	201.5	Bridge									
Vercellina	principale	201.4	7.00	120.60	121.42	121.23	121.54	0.003467	1.55	4.51	7.30	0.63

<i>RAS Plan:</i>	<i>Reach</i>	<i>River Sta</i>	<i>Q Total</i>	<i>Min Ch</i>	<i>W.S.</i>	<i>Crit W.S.</i>	<i>E.G.</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel Chnl</i>	<i>Flow Area</i>	<i>Top</i>	<i>Froude</i>
<i>7-7-13</i>			<i>(m<sup>3</sup>/s)</i>	<i>El</i>	<i>Elev</i>		<i>Elev</i>		<i>(m/s)</i>	<i>(m<sup>2</sup>)</i>	<i>Width</i>	<i># Chl</i>
				<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m/m)</i>			<i>(m)</i>	
Vercellina	principale	201	7.00	120.33	121.44	120.83	121.48	0.000583	0.88	7.92	8.23	0.29

## 5.1.2 Tabella 3

<i>RAS Plan: 7-7- 13</i>	<i>Reach River Sta</i>	<i>E.G. Elev</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>Vel Head</i>	<i>Frctn Loss</i>	<i>C &amp; EQ Channel Top Width Loss</i>			
		<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m3/s)</i>	<i>(m)</i>	
cervetto	S.Martino	39.2	126.27	126.20	0.07	0.01	0.00	13.00	8.31
cervetto	S.Martino	39.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	39.1	126.21	126.14	0.07	0.11	0.00	13.00	8.26
cervetto	S.Martino	38	126.10	126.02	0.08	0.04	0.00	13.00	9.19
cervetto	S.Martino	37.8*	126.06	125.99	0.08	0.04	0.00	13.00	8.77
cervetto	S.Martino	37.6*	126.03	125.96	0.07	0.03	0.00	13.00	8.34
cervetto	S.Martino	37.4*	126.00	125.93	0.07	0.03	0.00	13.00	7.85
cervetto	S.Martino	37.2	125.98	125.92	0.06	0.01	0.00	13.00	7.87
cervetto	S.Martino	36.25	Bridge						
cervetto	S.Martino	36.2	125.88	125.77	0.11	0.02	0.00	13.00	6.38
cervetto	S.Martino	36.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	36.1	125.79	125.65	0.14	0.11	0.02	13.00	5.73
cervetto	S.Martino	35.2	125.66	125.58	0.07	0.01	0.00	13.00	7.02
cervetto	S.Martino	35.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	35.1	125.60	125.53	0.08	0.04	0.01	13.00	7.02
cervetto	S.Martino	34.1	125.55	125.50	0.06	0.05	0.00	13.00	9.59
cervetto	S.Martino	34	125.50	125.45	0.05	0.17	0.00	13.00	20.01
cervetto	S.Martino	33.3	125.33	125.26	0.07	0.06	0.00	13.00	13.49
cervetto	S.Martino	33.2	125.27	125.19	0.08	0.01	0.00	13.00	8.31
cervetto	S.Martino	33.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	33.1	125.16	125.07	0.09	0.07	0.00	13.00	8.18
cervetto	S.Martino	32.2	125.09	124.97	0.12	0.02	0.00	13.00	7.10
cervetto	S.Martino	32.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	32.1	124.94	124.78	0.17	0.13	0.03	13.00	6.74
cervetto	S.Martino	31.2	124.79	124.72	0.07	0.02	0.00	13.00	7.89
cervetto	S.Martino	31.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	31.1	124.72	124.63	0.08	0.08	0.01	13.00	7.83
cervetto	S.Martino	30	124.63	124.45	0.18	0.10	0.03	13.00	5.32
cervetto	S.Martino	29.2	124.50	124.43	0.07	0.01	0.00	13.00	8.26
cervetto	S.Martino	29.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	29.1	124.45	124.38	0.07	0.06	0.00	13.00	8.21
cervetto	S.Martino	28.2	124.39	124.29	0.10			13.00	6.16
cervetto	S.Martino	28.15	Culvert						
cervetto	S.Martino	28.1	124.24	124.11	0.13	0.09	0.03	13.00	5.94
cervetto	S.Martino	27.2	124.12	124.09	0.03	0.01	0.00	13.00	7.45
cervetto	S.Martino	27.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	27.1	124.10	124.07	0.03	0.01	0.01	13.00	7.45
cervetto	S.Martino	26.2	124.08	123.97	0.11	0.03	0.00	13.00	6.13
cervetto	S.Martino	26.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	26	124.01	123.86	0.15	0.01	0.00	13.00	5.43
cervetto	S.Martino	25.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	25.1	123.94	123.85	0.09	0.26	0.00	13.00	7.96
cervetto	S.Martino	24.2	123.67	123.54	0.13	0.02	0.00	13.00	7.79
cervetto	S.Martino	24.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	24.1	123.42	123.08	0.34	0.27	0.06	13.00	7.51
cervetto	S.Martino	23	122.94	122.81	0.13	0.15	0.01	13.00	6.90
cervetto	S.Martino	22.2	122.79	122.54	0.24			13.00	9.33
cervetto	S.Martino	22.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	22.1	122.67	122.06	0.62			13.00	8.99
cervetto	S.Martino	21.2	122.22	121.99	0.22	0.06	0.02	13.00	8.94
cervetto	S.Martino	21	122.13	121.68	0.46			13.00	5.75
cervetto	S.Martino	20.20	Culvert						
cervetto	S.Martino	20.15	121.49	121.37	0.12	0.13	0.00	13.00	5.75
cervetto	S.Martino	20.1	121.36	121.20	0.16	0.12	0.01	13.00	5.75
cervetto	S.Martino	19.875*	121.23	121.10	0.13	0.09	0.01	13.00	6.31
cervetto	S.Martino	19.65*	121.14	121.04	0.10	0.06	0.01	13.00	6.87
cervetto	S.Martino	19.425*	121.07	121.00	0.07	0.04	0.01	13.00	7.44
cervetto	S.Martino	19.2	121.03	120.97	0.06	0.01	0.00	13.00	8.00
cervetto	S.Martino	19.15	Bridge						
cervetto	S.Martino	19.1	121.00	120.94	0.06	0.07	0.00	13.00	8.00

<b>RAS</b>		<b>Reach</b>	<b>River Sta</b>	<b>E.G. Elev</b>	<b>W.S. Elev</b>	<b>Vel</b>	<b>Head Frctn</b>	<b>Loss</b>	<b>C &amp; EQ</b>	<b>Channel Top</b>	<b>Width</b>
<b>Plan: 7-7-13</b>									<b>Loss</b>		
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	
cervetto	S.Martino	18	120.92	120.83	0.10	0.46	0.01	20.00	9.54		
cervetto	Ramo di valle	17	120.45	120.26	0.19	0.08	0.00	40.00	12.00		
cervetto	Ramo di valle	16.2	120.37	120.19	0.18	0.03	0.00	40.00	12.13		
cervetto	Ramo di valle	16.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	16.1	120.22	120.00	0.22	0.23	0.03	40.00	11.85		
cervetto	Ramo di valle	15.2	119.96	119.84	0.11	0.02	0.00	40.00	19.33		
cervetto	Ramo di valle	15.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	15.1	119.81	119.66	0.15	0.15	0.01	40.00	18.61		
cervetto	Ramo di valle	14	119.65	119.45	0.21	0.09	0.02	40.00	13.75		
cervetto	Ramo di valle	13.2	119.54	119.41	0.13	0.01	0.01	40.00	24.18		
cervetto	Ramo di valle	13.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	13.1	119.44	119.26	0.17	0.09	0.03	40.00	24.08		
cervetto	Ramo di valle	12.2	119.31	119.25	0.06	0.02	0.00	40.00	26.03		
cervetto	Ramo di valle	12.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	12.1	119.22	119.15	0.07	0.06	0.00	40.00	25.82		
cervetto	Ramo di valle	11	119.17	119.10	0.06	0.23	0.01	40.00	25.14		
cervetto	Ramo di valle	10.2	118.93	118.81	0.12	0.02	0.00	40.00	13.65		
cervetto	Ramo di valle	10.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	10.1	118.83	118.68	0.14	0.10	0.01	40.00	13.65		
cervetto	Ramo di valle	9.2	118.72	118.60	0.13	0.03	0.00	40.00	14.44		
cervetto	Ramo di valle	9.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	9.1	118.62	118.47	0.14	0.01	0.04	40.00	14.44		
cervetto	Ramo di valle	8.2	118.57	118.55	0.02	0.00	0.00	40.00	28.20		
cervetto	Ramo di valle	8.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	8.1	118.56	118.54	0.02	0.02	0.02	40.00	28.20		
cervetto	Ramo di valle	7.2	118.53	118.34	0.19	0.18	0.01	40.00	12.65		
cervetto	Ramo di valle	7.1	118.34	118.10	0.24	0.13	0.04	40.00	12.45		
cervetto	Ramo di valle	7	118.16	118.07	0.09	0.10	0.02	40.00	19.99		
cervetto	Ramo di valle	6.4	118.04	117.75	0.29	0.17	0.05	40.00	13.30		
cervetto	Ramo di valle	6.3	117.83	117.69	0.14	0.06	0.03	40.00	15.54		
cervetto	Ramo di valle	6.2	117.74	117.70	0.04	0.01	0.00	40.00	37.32		
cervetto	Ramo di valle	6.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	6.12	117.67	117.62	0.05	0.02	0.00	40.00	37.14		
cervetto	Ramo di valle	6.1	117.63	117.60	0.03	0.02	0.00	40.00	39.30		
cervetto	Ramo di valle	5.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	5.1	117.57	117.54	0.04	0.06	0.00	40.00	39.30		
cervetto	Ramo di valle	4	117.51	117.48	0.03	0.07	0.00	40.00	28.45		
cervetto	Ramo di valle	3.2	117.44	117.41	0.03	0.00	0.00	40.00	20.24		
cervetto	Ramo di valle	3.15	Bridge								
cervetto	Ramo di valle	3.1	117.41	117.38	0.03	0.01	0.01	40.00	20.16		
cervetto	Ramo di valle	2	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	31.33		
cervetto	Ramo di valle	1.91666*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	32.24		
cervetto	Ramo di valle	1.83333*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	33.17		
cervetto	Ramo di valle	1.75*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	34.34		
cervetto	Ramo di valle	1.66666*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	37.04		
cervetto	Ramo di valle	1.58333*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	40.25		
cervetto	Ramo di valle	1.5*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	41.43		
cervetto	Ramo di valle	1.41666*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	42.30		
cervetto	Ramo di valle	1.33333*	117.39	117.38	0.01	0.00	0.00	40.00	43.05		
cervetto	Ramo di valle	1.25*	117.38	117.38	0.00	0.00	0.00	40.00	43.71		
cervetto	Ramo di valle	1.16666*	117.38	117.38	0.00	0.00	0.00	40.00	44.29		
cervetto	Ramo di valle	1.08333*	117.38	117.38	0.00	0.00	0.00	40.00	44.85		
cervetto	Ramo di valle	1	117.38	117.38	0.00	0.00		40.00	45.40		
Sorgianino	esterno	303	123.52	123.46	0.06	0.08	0.00	4.00	4.73		
Sorgianino	esterno	302.922*	123.44	123.38	0.06	0.08	0.00	4.00	4.73		
Sorgianino	esterno	302.844*	123.36	123.30	0.06	0.08	0.00	4.00	4.73		
Sorgianino	esterno	302.766*	123.27	123.22	0.06	0.08	0.00	4.00	4.73		
Sorgianino	esterno	302.688*	123.19	123.14	0.06	0.08	0.00	4.00	4.73		
Sorgianino	esterno	302.611*	123.10	123.04	0.06	0.08	0.00	4.00	4.72		
Sorgianino	esterno	302.533*	123.01	122.95	0.06	0.08	0.00	4.00	4.71		
Sorgianino	esterno	302.455*	122.92	122.86	0.06	0.09	0.00	4.00	4.70		
Sorgianino	esterno	302.377*	122.83	122.77	0.06	0.09	0.00	4.00	4.69		
Sorgianino	esterno	302.3	122.75	122.68	0.06	0.05	0.00	4.00	4.67		
Sorgianino	esterno	302.292*	122.70	122.64	0.06	0.05	0.00	4.00	4.68		
Sorgianino	esterno	302.285*	122.66	122.60	0.06	0.04	0.00	4.00	4.70		
Sorgianino	esterno	302.278*	122.62	122.56	0.06	0.04	0.00	4.00	4.72		

<b>RAS</b>	<b>Reach</b>	<b>River Sta</b>	<b>E.G. Elev</b>	<b>W.S. Elev</b>	<b>Vel</b>	<b>Head Frctn</b>	<b>Loss</b>	<b>C &amp; EQ</b>	<b>Channel Top</b>	<b>Width</b>
<b>Plan: 7-7-13</b>								<b>Loss</b>		
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)
Sorgianino	esterno	302.271*	122.58	122.53	0.06	0.04	0.00	4.00	4.74	
Sorgianino	esterno	302.264*	122.55	122.49	0.05	0.04	0.00	4.00	4.77	
Sorgianino	esterno	302.257*	122.51	122.46	0.05	0.03	0.00	4.00	4.80	
Sorgianino	esterno	302.25	122.48	122.43	0.05	0.03	0.00	4.00	4.82	
Sorgianino	esterno	302.2	122.46	122.40	0.06	0.01	0.00	4.00	4.78	
Sorgianino	esterno	302.1	Bridge							
Sorgianino	esterno	302	122.42	122.35	0.06	0.08	0.00	4.00	4.71	
Sorgianino	esterno	301.9*	122.32	122.27	0.06	0.09	0.00	4.00	4.72	
Sorgianino	esterno	301.8*	122.22	122.16	0.06	0.10	0.00	4.00	4.70	
Sorgianino	esterno	301.7*	122.12	122.06	0.06	0.10	0.00	4.00	4.68	
Sorgianino	esterno	301.6*	122.02	121.95	0.07	0.12	0.00	4.00	4.65	
Sorgianino	esterno	301.5	121.90	121.83	0.07	0.03	0.00	4.00	4.60	
Sorgianino	esterno	301	121.87	121.79	0.09	0.00	0.00	4.00	4.54	
Sorgianino	esterno	300	Bridge							
Sorgianino	esterno	299	121.82	121.71	0.11	0.00	0.01	4.00	4.44	
Sorgianino	tratto1	104	121.80	121.73	0.08	0.08	0.00	12.50	7.49	
Sorgianino	tratto1	103.15	121.72	121.61	0.12	0.01	0.00	12.50	7.66	
Sorgianino	tratto1	103.1	Bridge							
Sorgianino	tratto1	103.05	121.70	121.57	0.12	0.04	0.01	12.50	7.66	
Sorgianino	tratto1	103	121.65	121.56	0.09	0.19	0.01	12.50	7.99	
Sorgianino	tratto 2	102.1	121.45	121.38	0.06	0.04	0.00	19.50	14.67	
Sorgianino	tratto 2	102.091*	121.40	121.34	0.06	0.04	0.00	19.50	14.67	
Sorgianino	tratto 2	102.083*	121.34	121.28	0.06	0.05	0.00	19.50	14.67	
Sorgianino	tratto 2	102.075*	121.29	121.22	0.06	0.05	0.00	19.50	14.66	
Sorgianino	tratto 2	102.066*	121.23	121.17	0.07	0.05	0.00	19.50	14.66	
Sorgianino	tratto 2	102.058*	121.18	121.11	0.07	0.05	0.00	19.50	14.65	
Sorgianino	tratto 2	102.05*	121.12	121.06	0.07	0.05	0.00	19.50	14.64	
Sorgianino	tratto 2	102.041*	121.07	121.00	0.07	0.05	0.00	19.50	14.64	
Sorgianino	tratto 2	102.033*	121.01	120.94	0.07	0.06	0.00	19.50	14.63	
Sorgianino	tratto 2	102.025*	120.94	120.87	0.07	0.06	0.00	19.50	14.62	
Sorgianino	tratto 2	102.016*	120.88	120.81	0.07	0.06	0.00	19.50	14.60	
Sorgianino	tratto 2	102.008*	120.82	120.74	0.08	0.07	0.00	19.50	14.59	
Sorgianino	tratto 2	102	120.74	120.65	0.08	0.08	0.00	19.50	14.57	
Sorgianino	tratto 2	101.6	120.66	120.55	0.10	0.01	0.00	19.50	14.50	
Sorgianino	tratto 2	101.5	Bridge							
Sorgianino	tratto 2	101.4	120.53	120.37	0.16	0.01	0.01	19.50	14.38	
Sorgianino	tratto 2	101	120.50	120.38	0.13	0.04	0.01	20.00	9.92	
Dossero	principale	120	129.28	129.13	0.16	0.17	0.00	7.00	6.02	
Dossero	principale	119	129.11	128.96	0.15	0.10	0.00	7.00	6.06	
Dossero	principale	118	129.00	128.86	0.14	0.07	0.00	7.00	6.35	
Dossero	principale	117.5	Bridge							
Dossero	principale	117	128.86	128.66	0.20	0.13	0.03	7.00	5.96	
Dossero	principale	116.85*	128.71	128.61	0.09	0.10	0.00	7.00	6.07	
Dossero	principale	116.7*	128.60	128.51	0.09	0.10	0.00	7.00	6.07	
Dossero	principale	116.55*	128.50	128.41	0.09	0.10	0.00	7.00	6.07	
Dossero	principale	116.4*	128.40	128.30	0.09	0.10	0.00	7.00	6.08	
Dossero	principale	116.25*	128.29	128.20	0.09	0.10	0.00	7.00	6.08	
Dossero	principale	116.1	128.19	128.10	0.09	0.11	0.00	7.00	6.08	
Dossero	principale	116.088*	128.09	128.00	0.09	0.11	0.00	7.00	6.12	
Dossero	principale	116.077*	127.98	127.89	0.09	0.11	0.00	7.00	6.17	
Dossero	principale	116.066*	127.88	127.79	0.09	0.10	0.00	7.00	6.21	
Dossero	principale	116.055*	127.78	127.69	0.09	0.10	0.00	7.00	6.27	
Dossero	principale	116.044*	127.68	127.60	0.08	0.10	0.00	7.00	6.34	
Dossero	principale	116.033*	127.60	127.52	0.08	0.09	0.00	7.00	6.43	
Dossero	principale	116.022*	127.51	127.43	0.08	0.08	0.00	7.00	6.51	
Dossero	principale	116.011*	127.42	127.35	0.07	0.07	0.00	7.00	6.61	
Dossero	principale	116	127.35	127.26	0.09	0.02	0.00	7.00	6.68	
Dossero	principale	115.5	Bridge							
Dossero	principale	115	127.29	127.19	0.10	0.33	0.00	7.00	6.14	
Dossero	principale	114	126.95	126.82	0.14	0.07	0.01	7.00	5.81	
Dossero	principale	113.5	Bridge							
Dossero	principale	113	126.70	126.49	0.21	0.39	0.03	7.00	5.49	
Dossero	principale	112	126.27	126.17	0.10	0.05	0.00	7.00	6.41	
Dossero	principale	111.5	Bridge							
Dossero	principale	111	126.17	126.05	0.12	0.16	0.02	7.00	6.24	
Dossero	principale	110.1	125.99	125.92	0.07	0.06	0.00	7.00	6.50	



<b>RAS</b>		<b>Reach</b>	<b>River Sta</b>	<b>E.G. Elev</b>	<b>W.S. Elev</b>	<b>Vel</b>	<b>Head Frctn</b>	<b>Loss</b>	<b>C &amp; EQ</b>	<b>Channel Top</b>	<b>Width</b>
<b>Plan: 7-7-13</b>									<b>Loss</b>		
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	
Dossero	principale	110.075*	125.93	125.87	0.06	0.06	0.00	7.00	6.54		
Dossero	principale	110.05*	125.88	125.82	0.06	0.05	0.00	7.00	6.73		
Dossero	principale	110.025*	125.83	125.77	0.05	0.05	0.00	7.00	6.95		
Dossero	principale	110	125.77	125.68	0.09	0.36	0.02	7.00	6.61		
Dossero	principale	109.5	Bridge								
Dossero	principale	109	125.15	124.82	0.33	0.27	0.04	7.00	5.37		
Dossero	principale	108.5*	124.84	124.66	0.18	0.19	0.01	7.00	5.81		
Dossero	principale	108.*	124.64	124.51	0.14	0.11	0.01	7.00	6.24		
Dossero	principale	107.5	124.51	124.43	0.09	0.13	0.01	7.00	6.71		
Dossero	principale	107.45	Bridge								
Dossero	principale	107.4	124.15	124.04	0.11	0.11	0.00	7.00	6.55		
Dossero	principale	107.3	124.03	123.93	0.10	0.08	0.01	7.00	6.62		
Dossero	principale	107.2	123.95	123.86	0.08	0.16	0.01	7.00	6.69		
Dossero	principale	107.15	Bridge								
Dossero	principale	107.1	123.53	123.40	0.13	0.22	0.01	7.00	6.56		
Dossero	principale	106.2	123.29	123.21	0.08	0.09	0.00	7.00	6.37		
Dossero	principale	106.18*	123.20	123.12	0.08	0.09	0.00	7.00	6.32		
Dossero	principale	106.16*	123.11	123.03	0.08	0.09	0.00	7.00	6.27		
Dossero	principale	106.14*	123.02	122.94	0.09	0.09	0.00	7.00	6.21		
Dossero	principale	106.12*	122.94	122.85	0.09	0.09	0.00	7.00	6.16		
Dossero	principale	106.1	122.85	122.76	0.09	0.08	0.00	7.00	6.10		
Dossero	principale	106.075*	122.76	122.67	0.09	0.09	0.00	7.00	6.09		
Dossero	principale	106.05*	122.66	122.57	0.10	0.09	0.00	7.00	6.05		
Dossero	principale	106.025*	122.57	122.47	0.10	0.10	0.00	7.00	6.00		
Dossero	principale	106	122.46	122.33	0.13	0.11	0.02	7.00	5.88		
Dossero	principale	105.5	Bridge								
Dossero	principale	105	122.15	121.96	0.19	0.30	0.03	7.00	5.52		
Dossero	principale	104.1	121.81	121.73	0.08	0.01	0.00	7.00	6.71		
Vercellina	principale	208	128.23	128.09	0.14	0.16	0.01	7.00	5.74		
Vercellina	principale	207.6	128.06	127.96	0.11	0.07	0.00	7.00	6.27		
Vercellina	principale	207.5	Bridge								
Vercellina	principale	207	127.96	127.81	0.15	0.03	0.00	7.00	6.08		
Vercellina	principale	206.9	127.92	127.78	0.14	0.15	0.00	7.00	6.02		
Vercellina	principale	206.833*	127.77	127.63	0.14	0.15	0.00	7.00	6.01		
Vercellina	principale	206.766*	127.62	127.48	0.14	0.16	0.00	7.00	6.00		
Vercellina	principale	206.7*	127.47	127.32	0.15	0.16	0.00	7.00	5.99		
Vercellina	principale	206.633*	127.32	127.18	0.14	0.15	0.00	7.00	6.00		
Vercellina	principale	206.566*	127.17	127.03	0.14	0.15	0.00	7.00	6.01		
Vercellina	principale	206.5*	127.03	126.89	0.14	0.15	0.00	7.00	6.02		
Vercellina	principale	206.433*	126.89	126.75	0.14	0.13	0.00	7.00	6.06		
Vercellina	principale	206.366*	126.76	126.63	0.12	0.12	0.00	7.00	6.14		
Vercellina	principale	206.3*	126.64	126.53	0.11	0.09	0.01	7.00	6.25		
Vercellina	principale	206.233*	126.55	126.46	0.09	0.07	0.01	7.00	6.46		
Vercellina	principale	206.166*	126.48	126.41	0.07	0.05	0.00	7.00	6.72		
Vercellina	principale	206.1	126.42	126.36	0.06	0.01	0.01	7.00	6.98		
Vercellina	principale	206	126.40	126.30	0.11	0.15	0.01	7.00	5.42		
Vercellina	principale	205.5	Bridge								
Vercellina	principale	205	126.16	125.99	0.16	0.10	0.00	7.00	5.91		
Vercellina	principale	204.857*	126.06	125.91	0.16	0.09	0.00	7.00	5.90		
Vercellina	principale	204.714*	125.98	125.83	0.15	0.09	0.00	7.00	5.92		
Vercellina	principale	204.571*	125.89	125.75	0.14	0.08	0.00	7.00	5.93		
Vercellina	principale	204.428*	125.82	125.69	0.13	0.08	0.00	7.00	5.96		
Vercellina	principale	204.285*	125.74	125.62	0.12	0.07	0.00	7.00	5.99		
Vercellina	principale	204.142*	125.67	125.56	0.11	0.06	0.00	7.00	6.04		
Vercellina	principale	204	125.61	125.51	0.10	0.09	0.00	7.00	6.09		
Vercellina	principale	203.6	125.51	125.38	0.13	0.03	0.00	7.00	5.85		
Vercellina	principale	203.5	Bridge								
Vercellina	principale	203.4	125.41	125.20	0.21	0.16	0.00	7.00	5.48		
Vercellina	principale	203	125.25	125.04	0.21	0.49	0.02	7.00	5.48		
Vercellina	principale	202.6	124.74	124.61	0.13	0.89	0.01	7.00	7.30		
Vercellina	principale	202.5	123.84	123.75	0.09	0.55	0.01	7.00	7.55		
Vercellina	principale	202.4	123.29	123.05	0.24	0.22	0.05	7.00	7.00		
Vercellina	principale	202.35	122.07	122.00	0.07	0.24	0.00	7.00	7.71		
Vercellina	principale	202.3	121.83	121.76	0.07	0.14	0.00	7.00	7.17		
Vercellina	principale	202.2	121.69	121.63	0.06	0.05	0.00	7.00	7.50		
Vercellina	principale	202	121.63	121.58	0.05	0.02	0.00	7.00	7.88		

<i>RAS</i>	<i>Reach River Sta</i>	<i>E.G. Elev</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>Vel Head Frctn</i>	<i>Loss</i>	<i>C &amp; EQ</i>	<i>Channel Top</i>	<i>Width</i>	
<i>Plan: 7-7-13</i>						<i>Loss</i>			
			<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m3/s)</i>	<i>(m)</i>	
Vercellina	principale	201.6	121.61	121.51	0.09	0.01	0.00	7.00	7.60
Vercellina	principale	201.5	Bridge						
Vercellina	principale	201.4	121.54	121.42	0.12	0.03	0.02	7.00	7.30
Vercellina	principale	201	121.48	121.44	0.04	0.04	0.00	7.00	8.23

## 5.2 Roggia Vassalla

I tabulati relativi alla roggia Vassalla sono esposti nel seguito:

Le notazioni dei parametri idraulici riportate nei titoli delle Tabelle, hanno gli stessi significati già illustrati per la verifica effettuata sui Canali Nord

### 5.2.1 Tabella 4

RAS vassalla	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #	Chl
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)		
principale	200.1	4.00	120.65	122.35	120.92	122.35	0.000029	0.22	18.43	12.48		0.06
principale	200.1	20.00	120.65	122.35	121.41	122.41	0.000733	1.08	18.43	12.48		0.28
principale	200.108*	4.00	120.66	122.35		122.35	0.000033	0.23	17.63	12.30		0.06
principale	200.108*	20.00	120.66	122.38		122.45	0.000766	1.11	18.03	12.36		0.29
principale	200.116*	4.00	120.66	122.35		122.35	0.000036	0.24	16.91	12.12		0.06
principale	200.116*	20.00	120.66	122.42		122.48	0.000797	1.13	17.71	12.25		0.30
principale	200.125*	4.00	120.67	122.35		122.35	0.000040	0.25	16.29	11.95		0.07
principale	200.125*	20.00	120.67	122.45		122.51	0.000822	1.14	17.48	12.14		0.30
principale	200.133*	4.00	120.67	122.35		122.35	0.000044	0.25	15.77	11.78		0.07
principale	200.133*	20.00	120.67	122.48		122.55	0.000838	1.15	17.33	12.03		0.31
principale	200.141*	4.00	120.68	122.35		122.35	0.000048	0.26	15.33	11.61		0.07
principale	200.141*	20.00	120.68	122.51		122.58	0.000845	1.16	17.25	11.92		0.31
principale	200.15*	4.00	120.69	122.35		122.35	0.000051	0.27	14.98	11.44		0.07
principale	200.15*	20.00	120.69	122.55		122.61	0.000840	1.16	17.26	11.80		0.31
principale	200.158*	4.00	120.69	122.35		122.35	0.000053	0.27	14.71	11.27		0.08
principale	200.158*	20.00	120.69	122.58		122.65	0.000823	1.15	17.34	11.69		0.30
principale	200.166*	4.00	120.70	122.35		122.35	0.000055	0.28	14.54	11.10		0.08
principale	200.166*	20.00	120.70	122.61		122.68	0.000794	1.14	17.51	11.57		0.30
principale	200.175*	4.00	120.70	122.35		122.35	0.000055	0.28	14.47	10.94		0.08
principale	200.175*	20.00	120.70	122.64		122.71	0.000755	1.13	17.77	11.45		0.29
principale	200.183*	4.00	120.71	122.35		122.35	0.000054	0.28	14.48	10.77		0.08
principale	200.183*	20.00	120.71	122.68		122.74	0.000708	1.11	18.09	11.33		0.28
principale	200.191*	4.00	120.71	122.35		122.36	0.000052	0.27	14.60	10.60		0.07
principale	200.191*	20.00	120.71	122.71		122.77	0.000656	1.08	18.50	11.21		0.27
principale	200.2	4.00	120.72	122.35		122.36	0.000049	0.27	14.81	10.44		0.07
principale	200.2	20.00	120.72	122.74		122.80	0.000601	1.05	18.99	11.09		0.26
principale	200.3	4.00	120.73	122.36	121.03	122.36	0.000048	0.32	12.53	10.43		0.08
principale	200.3	20.00	120.73	122.78	121.61	122.86	0.000558	1.27	15.77	11.13		0.28
principale	201	Bridge										
principale	201.1	4.00	120.73	122.36	121.03	122.37	0.000047	0.32	12.57	10.44		0.08
principale	201.1	20.00	120.73	122.82	121.61	122.90	0.000520	1.24	16.11	11.20		0.27
principale	201.11	4.00	120.73	122.36	121.03	122.37	0.000047	0.32	12.59	10.44		0.08
principale	201.11	20.00	120.73	122.82	121.61	122.90	0.000519	1.24	16.11	11.20		0.27
principale	201.118*	4.00	120.81	122.36		122.37	0.000075	0.31	13.02	10.58		0.09
principale	201.118*	20.00	120.81	122.86		122.92	0.000665	1.08	18.51	11.45		0.27
principale	201.126*	4.00	120.89	122.37		122.37	0.000101	0.34	11.82	10.71		0.10
principale	201.126*	20.00	120.89	122.89		122.96	0.000768	1.13	17.71	11.67		0.29
principale	201.134*	4.00	120.98	122.37		122.37	0.000120	0.36	11.21	10.81		0.11
principale	201.134*	20.00	120.98	122.92		122.99	0.000803	1.14	17.49	11.87		0.30
principale	201.142*	4.00	121.06	122.37		122.38	0.000115	0.35	11.27	10.54		0.11
principale	201.142*	20.00	121.06	122.95		123.02	0.000758	1.12	17.88	12.06		0.29

RAS	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
vassalla											
principale	201.15	4.00	121.14	122.37		122.38	0.000104	0.34	11.83	10.92	0.10
principale	201.15	20.00	121.14	122.98		123.04	0.000658	1.06	18.88	12.21	0.27
principale	201.154*	4.00	121.24	122.37		122.38	0.000145	0.38	10.52	10.47	0.12
principale	201.154*	20.00	121.24	123.01		123.08	0.000793	1.14	17.60	11.75	0.30
principale	201.159*	4.00	121.35	122.37		122.38	0.000208	0.43	9.28	10.04	0.14
principale	201.159*	20.00	121.35	123.04		123.12	0.000963	1.22	16.38	11.31	0.32
principale	201.163*	4.00	121.46	122.38		122.39	0.000308	0.49	8.11	9.64	0.17
principale	201.163*	20.00	121.46	123.07		123.16	0.001175	1.31	15.22	10.90	0.35
principale	201.168*	4.00	121.56	122.39		122.40	0.000460	0.57	7.07	9.28	0.21
principale	201.168*	20.00	121.56	123.11		123.21	0.001402	1.40	14.26	10.53	0.38
principale	201.172*	4.00	121.67	122.41		122.43	0.000689	0.65	6.17	8.96	0.25
principale	201.172*	20.00	121.67	123.17		123.28	0.001638	1.49	13.45	10.19	0.41
principale	201.177*	4.00	121.77	122.43		122.46	0.001031	0.74	5.39	8.66	0.30
principale	201.177*	20.00	121.77	123.23		123.36	0.001876	1.56	12.79	9.89	0.44
principale	201.181*	4.00	121.88	122.48		122.51	0.001471	0.84	4.78	8.41	0.35
principale	201.181*	20.00	121.88	123.31		123.44	0.002094	1.63	12.26	9.62	0.46
principale	201.186*	4.00	121.98	122.54		122.58	0.001939	0.92	4.35	8.20	0.40
principale	201.186*	20.00	121.98	123.39		123.54	0.002289	1.69	11.84	9.37	0.48
principale	201.190*	4.00	122.09	122.63		122.67	0.002269	0.97	4.12	8.02	0.43
principale	201.190*	20.00	122.09	123.49		123.64	0.002443	1.73	11.53	9.14	0.49
principale	201.195*	4.00	122.19	122.73		122.78	0.002442	1.00	4.00	7.86	0.45
principale	201.195*	20.00	122.19	123.59		123.75	0.002566	1.77	11.29	8.93	0.50
principale	201.2	4.00	122.30	122.83	122.62	122.89	0.002507	1.09	3.68	7.71	0.48
principale	201.2	20.00	122.30	123.67	123.24	123.89	0.002599	2.09	9.56	8.68	0.57
principale	202	Bridge									
principale	202.1	4.00	122.30	122.99	122.62	123.02	0.001022	0.83	4.82	7.90	0.32
principale	202.1	20.00	122.30	123.91	123.24	124.07	0.001493	1.77	11.29	8.97	0.45
principale	202.11	4.00	122.30	123.00		123.03	0.001023	0.76	5.26	7.91	0.30
principale	202.11	20.00	122.30	123.96		124.07	0.001540	1.50	13.37	9.02	0.39
principale	202.119*	4.00	122.54	123.05		123.11	0.002826	1.05	3.80	7.70	0.48
principale	202.119*	20.00	122.54	124.01		124.16	0.002267	1.71	11.72	8.79	0.47
principale	202.128*	4.00	122.78	123.20		123.29	0.005330	1.29	3.11	7.61	0.64
principale	202.128*	20.00	122.78	124.11		124.29	0.003201	1.92	10.43	8.60	0.56
principale	202.137*	4.00	123.02	123.44		123.53	0.005315	1.28	3.12	7.61	0.64
principale	202.137*	20.00	123.02	124.24		124.46	0.004165	2.09	9.55	8.48	0.63
principale	202.146*	4.00	123.26	123.68		123.77	0.005300	1.28	3.12	7.62	0.64
principale	202.146*	20.00	123.26	124.42		124.67	0.004861	2.21	9.07	8.40	0.68
principale	202.155*	4.00	123.50	123.92		124.00	0.005298	1.28	3.12	7.63	0.64
principale	202.155*	20.00	123.50	124.64		124.90	0.005209	2.26	8.86	8.36	0.70
principale	202.164*	4.00	123.74	124.16		124.24	0.005285	1.28	3.13	7.64	0.64
principale	202.164*	20.00	123.74	124.87		125.13	0.005414	2.29	8.75	8.33	0.71
principale	202.173*	4.00	123.98	124.40		124.48	0.005285	1.28	3.13	7.64	0.64
principale	202.173*	20.00	123.98	125.10		125.37	0.005476	2.29	8.72	8.31	0.71
principale	202.182*	4.00	124.22	124.64		124.72	0.005272	1.28	3.13	7.65	0.64
principale	202.182*	20.00	124.22	125.34		125.61	0.005536	2.30	8.69	8.29	0.72
principale	202.191*	4.00	124.46	124.88		124.96	0.005260	1.27	3.14	7.65	0.64
principale	202.191*	20.00	124.46	125.57		125.85	0.005598	2.31	8.66	8.27	0.72
principale	202.2	4.00	124.70	125.11	125.01	125.20	0.005427	1.35	2.97	7.65	0.67
principale	202.2	20.00	124.70	125.77	125.62	126.11	0.005394	2.56	7.80	8.22	0.79
principale	203	Bridge									
principale	203.1	4.00	124.70	125.28	125.01	125.32	0.001706	0.95	4.20	7.79	0.40

RAS	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #	Chl
vassalla principale	203.1	20.00	124.70	126.06	125.61	126.27	0.002450	2.02	9.89	8.47		0.55
principale	203.101	4.00	124.71	125.31		125.35	0.001481	0.84	4.77	8.03		0.35
principale	203.101	20.00	124.71	126.18		126.32	0.002257	1.69	11.87	8.37		0.45
principale	203.102	4.00	124.88	125.69		125.71	0.000587	0.62	6.41	8.11		0.22
principale	203.102	20.00	124.88	126.81		126.89	0.000923	1.26	16.26	9.95		0.29
principale	203.103*	4.00	124.76	125.75		125.77	0.000318	0.52	7.74	8.12		0.17
principale	203.103*	20.00	124.76	126.94		127.00	0.000671	1.12	17.84	8.92		0.25
principale	203.104*	4.00	124.78	125.77		125.78	0.000321	0.52	7.73	8.11		0.17
principale	203.104*	20.00	124.78	126.97		127.03	0.000664	1.12	17.91	8.84		0.25
principale	203.105*	4.00	124.79	125.78		125.80	0.000324	0.52	7.71	8.09		0.17
principale	203.105*	20.00	124.79	127.00		127.06	0.000659	1.11	17.97	8.75		0.25
principale	203.106*	4.00	124.81	125.80		125.81	0.000328	0.52	7.69	8.07		0.17
principale	203.106*	20.00	124.81	127.03		127.09	0.000656	1.11	18.02	8.65		0.25
principale	203.107*	4.00	124.83	125.81		125.83	0.000331	0.52	7.68	8.04		0.17
principale	203.107*	20.00	124.83	127.06		127.13	0.000654	1.11	18.07	8.55		0.24
principale	203.108*	4.00	124.85	125.83		125.84	0.000335	0.52	7.66	8.02		0.17
principale	203.108*	20.00	124.85	127.10		127.16	0.000653	1.10	18.10	8.43		0.24
principale	203.109*	4.00	124.87	125.84		125.86	0.000340	0.52	7.64	7.99		0.17
principale	203.109*	20.00	124.87	127.13		127.19	0.000654	1.10	18.12	8.31		0.24
principale	203.11	4.00	124.89	125.86		125.87	0.000345	0.53	7.61	7.96		0.17
principale	203.11	20.00	124.89	127.16		127.22	0.000656	1.10	18.14	8.18		0.24
principale	203.13	4.00	125.76	126.06	126.06	126.21	0.014607	1.71	2.33	7.86		1.00
principale	203.13	20.00	125.76	127.13		127.30	0.002917	1.84	10.88	8.07		0.50
principale	203.14	4.00	125.78	126.41	126.08	126.45	0.001139	0.83	4.83	9.50		0.33
principale	203.14	20.00	125.78	127.32	126.67	127.47	0.001456	1.70	11.79	12.24		0.44
principale	204	Bridge										
principale	204.1	4.00	125.78	126.46	126.08	126.49	0.000896	0.77	5.19	9.64		0.30
principale	204.1	20.00	125.78	127.46	126.66	127.59	0.001090	1.56	12.86	12.66		0.38
principale	204.11	4.00	125.78	126.48		126.50	0.000796	0.67	6.01	9.69		0.27
principale	204.11	20.00	125.78	127.53		127.59	0.000803	1.12	17.90	12.86		0.30
principale	204.12*	4.00	125.82	126.50		126.53	0.000870	0.69	5.78	9.33		0.28
principale	204.12*	20.00	125.82	127.56		127.63	0.000879	1.17	17.08	12.04		0.31
principale	204.13*	4.00	125.86	126.53		126.56	0.000949	0.72	5.57	9.01		0.29
principale	204.13*	20.00	125.86	127.59		127.67	0.000959	1.22	16.36	11.34		0.33
principale	204.14*	4.00	125.90	126.57		126.60	0.000991	0.73	5.46	8.76		0.30
principale	204.14*	20.00	125.90	127.62		127.71	0.001042	1.27	15.72	10.73		0.34
principale	204.15*	4.00	125.94	126.61		126.64	0.001034	0.75	5.35	8.53		0.30
principale	204.15*	20.00	125.94	127.66		127.75	0.001113	1.31	15.23	10.21		0.34
principale	204.16*	4.00	125.98	126.65		126.68	0.001078	0.76	5.25	8.33		0.31
principale	204.16*	20.00	125.98	127.70		127.80	0.001186	1.35	14.80	9.74		0.35
principale	204.17*	4.00	126.02	126.68		126.71	0.001123	0.78	5.16	8.14		0.31
principale	204.17*	20.00	126.02	127.74		127.84	0.001264	1.39	14.40	9.32		0.36
principale	204.18*	4.00	126.06	126.73		126.76	0.001129	0.78	5.13	7.98		0.31
principale	204.18*	20.00	126.06	127.79		127.89	0.001323	1.42	14.12	8.95		0.36
principale	204.19*	4.00	126.10	126.77		126.81	0.001133	0.78	5.11	7.83		0.31
principale	204.19*	20.00	126.10	127.84		127.94	0.001383	1.44	13.86	8.62		0.36
principale	204.2	4.00	126.14	126.82	126.47	126.86	0.001150	0.87	4.58	7.69		0.34
principale	204.2	20.00	126.14	127.87	127.10	128.02	0.001270	1.71	11.67	8.30		0.42
principale	205	Bridge										
principale	205.1	4.00	126.15	126.94	126.48	126.97	0.000687	0.75	5.34	8.06		0.27
principale	205.1	20.00	126.15	128.07	127.11	128.19	0.000897	1.54	12.96	8.71		0.36

RAS vassalla	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
principale	205.11	4.00	126.15	126.95		126.97	0.000613	0.64	6.28	8.06	0.23
principale	205.11	20.00	126.15	128.12		128.20	0.000908	1.24	16.10	8.74	0.29
principale	205.119*	4.00	126.18	126.97		127.00	0.000613	0.63	6.30	8.15	0.23
principale	205.119*	20.00	126.18	128.17		128.24	0.000854	1.21	16.47	8.88	0.28
principale	205.128*	4.00	126.21	127.00		127.02	0.000613	0.63	6.32	8.24	0.23
principale	205.128*	20.00	126.21	128.22		128.29	0.000804	1.19	16.84	9.02	0.28
principale	205.137*	4.00	126.23	127.02		127.04	0.000613	0.63	6.33	8.33	0.23
principale	205.137*	20.00	126.23	128.26		128.33	0.000756	1.16	17.23	9.16	0.27
principale	205.146*	4.00	126.26	127.04		127.06	0.000613	0.63	6.35	8.42	0.23
principale	205.146*	20.00	126.26	128.30		128.37	0.000721	1.14	17.55	9.30	0.26
principale	205.155*	4.00	126.29	127.06		127.08	0.000613	0.63	6.37	8.51	0.23
principale	205.155*	20.00	126.29	128.34		128.41	0.000687	1.12	17.87	9.45	0.26
principale	205.164*	4.00	126.32	127.09		127.11	0.000614	0.63	6.38	8.61	0.23
principale	205.164*	20.00	126.32	128.38		128.45	0.000655	1.10	18.19	9.60	0.25
principale	205.173*	4.00	126.35	127.11		127.13	0.000616	0.63	6.40	8.70	0.23
principale	205.173*	20.00	126.35	128.42		128.48	0.000625	1.08	18.52	9.74	0.25
principale	205.182*	4.00	126.37	127.13		127.15	0.000617	0.62	6.41	8.79	0.23
principale	205.182*	20.00	126.37	128.46		128.51	0.000603	1.06	18.79	9.89	0.25
principale	205.191*	4.00	126.40	127.15		127.17	0.000619	0.62	6.42	8.88	0.23
principale	205.191*	20.00	126.40	128.49		128.54	0.000582	1.05	19.06	10.04	0.24
principale	205.2	4.00	126.43	127.17	126.72	127.20	0.000564	0.65	6.15	8.97	0.24
principale	205.2	20.00	126.43	128.51	127.27	128.58	0.000460	1.16	17.17	10.18	0.26
principale	205.21	4.00	126.43	127.18		127.20	0.000597	0.61	6.52	8.98	0.23
principale	205.21	20.00	126.43	128.53		128.58	0.000555	1.03	19.40	10.19	0.24
principale	206	Bridge									
principale	206.1	4.00	126.43	127.24	126.72	127.26	0.000430	0.60	6.68	9.00	0.21
principale	206.1	20.00	126.43	128.56	127.27	128.63	0.000425	1.14	17.59	10.21	0.25
principale	206.16*	4.00	126.48	127.25		127.27	0.000581	0.61	6.53	8.86	0.23
principale	206.16*	20.00	126.48	128.60		128.65	0.000558	1.04	19.32	10.18	0.24
principale	206.22*	4.00	126.53	127.28		127.30	0.000679	0.65	6.18	8.72	0.25
principale	206.22*	20.00	126.53	128.63		128.69	0.000585	1.05	18.96	10.14	0.25
principale	206.28*	4.00	126.58	127.30		127.32	0.000796	0.68	5.84	8.57	0.26
principale	206.28*	20.00	126.58	128.67		128.72	0.000614	1.07	18.61	10.11	0.25
principale	206.34*	4.00	126.63	127.33		127.36	0.000892	0.71	5.60	8.44	0.28
principale	206.34*	20.00	126.63	128.70		128.76	0.000645	1.09	18.27	10.07	0.26
principale	206.4*	4.00	126.69	127.37		127.40	0.001008	0.75	5.36	8.30	0.30
principale	206.4*	20.00	126.69	128.74		128.80	0.000679	1.12	17.91	10.03	0.27
principale	206.46*	4.00	126.74	127.41		127.44	0.001081	0.77	5.21	8.18	0.31
principale	206.46*	20.00	126.74	128.77		128.84	0.000714	1.14	17.58	10.00	0.27
principale	206.52*	4.00	126.79	127.46		127.49	0.001161	0.79	5.07	8.06	0.32
principale	206.52*	20.00	126.79	128.81		128.88	0.000752	1.16	17.24	9.97	0.28
principale	206.58*	4.00	126.84	127.51		127.54	0.001207	0.80	4.98	7.95	0.32
principale	206.58*	20.00	126.84	128.84		128.91	0.000793	1.18	16.90	9.93	0.29
principale	206.64*	4.00	126.89	127.56		127.60	0.001249	0.82	4.90	7.84	0.33
principale	206.64*	20.00	126.89	128.88		128.95	0.000836	1.21	16.58	9.90	0.30
principale	206.7*	4.00	126.94	127.61		127.65	0.001295	0.83	4.82	7.73	0.34
principale	206.7*	20.00	126.94	128.91		128.99	0.000883	1.23	16.25	9.87	0.31
principale	206.76*	4.00	126.99	127.67		127.70	0.001348	0.85	4.73	7.62	0.34
principale	206.76*	20.00	126.99	128.95		129.03	0.000934	1.26	15.92	9.84	0.32
principale	206.82*	4.00	127.05	127.73		127.76	0.001345	0.85	4.71	7.53	0.34
principale	206.82*	20.00	127.05	128.98		129.07	0.000987	1.28	15.61	9.81	0.32

RAS vassalla	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
principale	206.88*	4.00	127.10	127.79		127.83	0.001341	0.85	4.69	7.44	0.34
principale	206.88*	20.00	127.10	129.03		129.11	0.001030	1.30	15.37	9.80	0.33
principale	206.94*	4.00	127.15	127.85		127.89	0.001347	0.86	4.66	7.36	0.34
principale	206.94*	20.00	127.15	129.07		129.16	0.001078	1.32	15.12	9.78	0.34
principale	207	4.00	127.20	127.91		127.95	0.001347	0.86	4.64	7.27	0.34
principale	207	20.00	127.20	129.11		129.20	0.001127	1.34	14.89	9.77	0.35
principale	207.012*	4.00	127.23	128.02		128.05	0.000946	0.77	5.21	7.39	0.29
principale	207.012*	20.00	127.23	129.22		129.30	0.001002	1.29	15.49	9.78	0.33
principale	207.025*	4.00	127.27	128.11		128.14	0.000749	0.71	5.63	7.46	0.26
principale	207.025*	20.00	127.27	129.32		129.40	0.000908	1.25	16.00	9.77	0.31
principale	207.037*	4.00	127.30	128.19		128.21	0.000645	0.68	5.91	7.48	0.24
principale	207.037*	20.00	127.30	129.41		129.48	0.000840	1.22	16.41	9.73	0.30
principale	207.05*	4.00	127.34	128.25		128.27	0.000582	0.66	6.10	7.47	0.23
principale	207.05*	20.00	127.34	129.49		129.56	0.000790	1.20	16.73	9.67	0.29
principale	207.062*	4.00	127.37	128.31		128.34	0.000528	0.63	6.30	7.46	0.22
principale	207.062*	20.00	127.37	129.57		129.64	0.000745	1.17	17.05	9.60	0.28
principale	207.075*	4.00	127.40	128.37		128.39	0.000496	0.62	6.42	7.43	0.21
principale	207.075*	20.00	127.40	129.65		129.72	0.000714	1.16	17.28	9.50	0.27
principale	207.087*	4.00	127.44	128.42		128.44	0.000468	0.61	6.54	7.40	0.21
principale	207.087*	20.00	127.44	129.72		129.79	0.000686	1.14	17.48	9.40	0.27
principale	207.1*	4.00	127.47	128.47		128.49	0.000444	0.60	6.65	7.36	0.20
principale	207.1*	20.00	127.47	129.80		129.86	0.000662	1.13	17.67	9.29	0.26
principale	207.112*	4.00	127.50	128.52		128.54	0.000432	0.60	6.70	7.31	0.20
principale	207.112*	20.00	127.50	129.86		129.93	0.000648	1.12	17.78	9.16	0.26
principale	207.125*	4.00	127.54	128.56		128.58	0.000420	0.59	6.76	7.25	0.20
principale	207.125*	20.00	127.54	129.93		129.99	0.000634	1.12	17.88	9.02	0.25
principale	207.137*	4.00	127.57	128.61		128.62	0.000410	0.59	6.80	7.20	0.19
principale	207.137*	20.00	127.57	130.00		130.06	0.000623	1.11	17.97	8.88	0.25
principale	207.15*	4.00	127.61	128.65		128.67	0.000401	0.58	6.85	7.14	0.19
principale	207.15*	20.00	127.61	130.06		130.12	0.000615	1.11	18.03	8.73	0.25
principale	207.162*	4.00	127.64	128.70		128.71	0.000392	0.58	6.89	7.07	0.19
principale	207.162*	20.00	127.64	130.13		130.19	0.000607	1.11	18.09	8.58	0.24
principale	207.175*	4.00	127.67	128.74		128.76	0.000384	0.58	6.93	7.01	0.19
principale	207.175*	20.00	127.67	130.19		130.26	0.000602	1.10	18.14	11.97	0.24
principale	207.187*	4.00	127.71	128.79		128.80	0.000376	0.57	6.98	6.94	0.18
principale	207.187*	20.00	127.71	130.26		130.32	0.000590	1.10	18.32	11.81	0.24
principale	207.2	4.00	127.74	128.82	128.10	128.84	0.000310	0.62	6.48	6.86	0.19
principale	207.2	20.00	127.74	130.32	128.78	130.38	0.000587	1.10	18.40	11.64	0.23
principale	208	Bridge									
principale	208.1	4.00	127.74	128.85	128.10	128.87	0.000281	0.60	6.67	6.89	0.18
principale	208.1	20.00	127.74	130.48	128.78	130.53	0.000726	1.17	17.74	11.64	0.26
principale	208.19*	4.00	127.83	128.88		128.89	0.000401	0.58	6.85	6.94	0.19
principale	208.19*	20.00	127.83	130.56		130.61	0.000454	1.01	20.32	11.70	0.21
principale	208.28*	4.00	127.91	128.91		128.93	0.000455	0.61	6.59	7.01	0.20
principale	208.28*	20.00	127.91	130.60		130.65	0.000474	1.02	19.95	11.76	0.21
principale	208.37*	4.00	128.00	128.94		128.96	0.000521	0.63	6.32	7.07	0.21
principale	208.37*	20.00	128.00	130.64		130.69	0.000494	1.03	19.58	11.82	0.22
principale	208.46*	4.00	128.08	128.99		129.01	0.000581	0.65	6.13	7.14	0.23
principale	208.46*	20.00	128.08	130.68		130.73	0.000508	1.03	19.36	8.52	0.22
principale	208.55*	4.00	128.17	129.03		129.06	0.000652	0.68	5.92	7.21	0.24
principale	208.55*	20.00	128.17	130.72		130.78	0.000518	1.04	19.25	8.60	0.22

RAS vassalla	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
principale	208.64*	4.00	128.26	129.09		129.11	0.000704	0.69	5.80	7.29	0.25
principale	208.64*	20.00	128.26	130.76		130.82	0.000530	1.05	19.13	8.67	0.22
principale	208.73*	4.00	128.34	129.15		129.17	0.000766	0.71	5.66	7.37	0.26
principale	208.73*	20.00	128.34	130.80		130.86	0.000543	1.05	19.00	8.74	0.23
principale	208.82*	4.00	128.43	129.21		129.24	0.000800	0.71	5.60	7.46	0.26
principale	208.82*	20.00	128.43	130.84		130.90	0.000556	1.06	18.87	8.82	0.23
principale	208.91*	4.00	128.51	129.28		129.31	0.000838	0.72	5.54	7.54	0.27
principale	208.91*	20.00	128.51	130.89		130.94	0.000571	1.07	18.72	8.89	0.23
principale	209	4.00	128.60	129.36		129.38	0.000853	0.72	5.53	7.64	0.27
principale	209	20.00	128.60	130.93		130.99	0.000582	1.07	18.64	8.97	0.24



## 5.2.2 Tabella 5

RAS Plan: vassalla	River Sta	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
principale	200.1	122.35	122.35	0.00				4.00		12.48
principale	200.1	122.41	122.35	0.06				20.00		12.48
principale	200.108*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		12.30
principale	200.108*	122.45	122.38	0.06	0.03	0.00		20.00		12.36
principale	200.116*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		12.12
principale	200.116*	122.48	122.42	0.06	0.04	0.00		20.00		12.25
principale	200.125*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		11.95
principale	200.125*	122.51	122.45	0.07	0.04	0.00		20.00		12.14
principale	200.133*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		11.78
principale	200.133*	122.55	122.48	0.07	0.04	0.00		20.00		12.03
principale	200.141*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		11.61
principale	200.141*	122.58	122.51	0.07	0.04	0.00		20.00		11.92
principale	200.15*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		11.44
principale	200.15*	122.61	122.55	0.07	0.04	0.00		20.00		11.80
principale	200.158*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		11.27
principale	200.158*	122.65	122.58	0.07	0.04	0.00		20.00		11.69
principale	200.166*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		11.10
principale	200.166*	122.68	122.61	0.07	0.04	0.00		20.00		11.57
principale	200.175*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		10.94
principale	200.175*	122.71	122.64	0.06	0.04	0.00		20.00		11.45
principale	200.183*	122.35	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		10.77
principale	200.183*	122.74	122.68	0.06	0.03	0.00		20.00		11.33
principale	200.191*	122.36	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		10.60
principale	200.191*	122.77	122.71	0.06	0.03	0.00		20.00		11.21
principale	200.2	122.36	122.35	0.00	0.00	0.00		4.00		10.44
principale	200.2	122.80	122.74	0.06	0.03	0.00		20.00		11.09
principale	200.3	122.36	122.36	0.01	0.00	0.00		4.00		10.43
principale	200.3	122.86	122.78	0.08	0.05	0.01		20.00		11.13
principale	201	Bridge								
principale	201.1	122.37	122.36	0.01	0.00	0.00		4.00		10.44
principale	201.1	122.90	122.82	0.08	0.00	0.00		20.00		11.20
principale	201.11	122.37	122.36	0.01	0.00	0.00		4.00		10.44
principale	201.11	122.90	122.82	0.08	0.00	0.00		20.00		11.20
principale	201.118*	122.37	122.36	0.00	0.00	0.00		4.00		10.58
principale	201.118*	122.92	122.86	0.06	0.02	0.00		20.00		11.45
principale	201.126*	122.37	122.37	0.01	0.00	0.00		4.00		10.71
principale	201.126*	122.96	122.89	0.06	0.03	0.00		20.00		11.67
principale	201.134*	122.37	122.37	0.01	0.00	0.00		4.00		10.81
principale	201.134*	122.99	122.92	0.07	0.03	0.00		20.00		11.87
principale	201.142*	122.38	122.37	0.01	0.00	0.00		4.00		10.54
principale	201.142*	123.02	122.95	0.06	0.03	0.00		20.00		12.06
principale	201.15	122.38	122.37	0.01	0.00	0.00		4.00		10.92
principale	201.15	123.04	122.98	0.06	0.03	0.00		20.00		12.21
principale	201.154*	122.38	122.37	0.01	0.01	0.00		4.00		10.47
principale	201.154*	123.08	123.01	0.07	0.03	0.00		20.00		11.75
principale	201.159*	122.38	122.37	0.01	0.01	0.00		4.00		10.04
principale	201.159*	123.12	123.04	0.08	0.04	0.00		20.00		11.31

RAS Plan:	River Sta	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn Loss	C & E Loss	Q Left	Q Channel	Q Right	Top Width
vassalla										
principale	201.163*	122.39	122.38	0.01	0.01	0.00		4.00		9.64
principale	201.163*	123.16	123.07	0.09	0.05	0.00		20.00		10.90
principale	201.168*	122.40	122.39	0.02	0.02	0.00		4.00		9.28
principale	201.168*	123.21	123.11	0.10	0.06	0.00		20.00		10.53
principale	201.172*	122.43	122.41	0.02	0.03	0.00		4.00		8.96
principale	201.172*	123.28	123.17	0.11	0.07	0.00		20.00		10.19
principale	201.177*	122.46	122.43	0.03	0.04	0.00		4.00		8.66
principale	201.177*	123.36	123.23	0.12	0.08	0.00		20.00		9.89
principale	201.181*	122.51	122.48	0.04	0.05	0.00		4.00		8.41
principale	201.181*	123.44	123.31	0.14	0.09	0.00		20.00		9.62
principale	201.186*	122.58	122.54	0.04	0.08	0.00		4.00		8.20
principale	201.186*	123.54	123.39	0.15	0.10	0.00		20.00		9.37
principale	201.190*	122.67	122.63	0.05	0.09	0.00		4.00		8.02
principale	201.190*	123.64	123.49	0.15	0.11	0.00		20.00		9.14
principale	201.195*	122.78	122.73	0.05	0.11	0.00		4.00		7.86
principale	201.195*	123.75	123.59	0.16	0.11	0.00		20.00		8.93
principale	201.2	122.89	122.83	0.06	0.11	0.00		4.00		7.71
principale	201.2	123.89	123.67	0.22	0.12	0.02		20.00		8.68
principale	202	Bridge								
principale	202.1	123.02	122.99	0.04	0.02	0.00		4.00		7.90
principale	202.1	124.07	123.91	0.16	0.03	0.00		20.00		8.97
principale	202.11	123.03	123.00	0.03	0.00	0.00		4.00		7.91
principale	202.11	124.07	123.96	0.11	0.00	0.00		20.00		9.02
principale	202.119*	123.11	123.05	0.06	0.07	0.01		4.00		7.70
principale	202.119*	124.16	124.01	0.15	0.08	0.01		20.00		8.79
principale	202.128*	123.29	123.20	0.08	0.17	0.01		4.00		7.61
principale	202.128*	124.29	124.11	0.19	0.12	0.01		20.00		8.60
principale	202.137*	123.53	123.44	0.08	0.24	0.00		4.00		7.61
principale	202.137*	124.46	124.24	0.22	0.16	0.01		20.00		8.48
principale	202.146*	123.77	123.68	0.08	0.24	0.00		4.00		7.62
principale	202.146*	124.67	124.42	0.25	0.20	0.01		20.00		8.40
principale	202.155*	124.00	123.92	0.08	0.24	0.00		4.00		7.63
principale	202.155*	124.90	124.64	0.26	0.22	0.00		20.00		8.36
principale	202.164*	124.24	124.16	0.08	0.23	0.00		4.00		7.64
principale	202.164*	125.13	124.87	0.27	0.24	0.00		20.00		8.33
principale	202.173*	124.48	124.40	0.08	0.23	0.00		4.00		7.64
principale	202.173*	125.37	125.10	0.27	0.24	0.00		20.00		8.31
principale	202.182*	124.72	124.64	0.08	0.23	0.00		4.00		7.65
principale	202.182*	125.61	125.34	0.27	0.24	0.00		20.00		8.29
principale	202.191*	124.96	124.88	0.08	0.23	0.00		4.00		7.65
principale	202.191*	125.85	125.57	0.27	0.25	0.00		20.00		8.27
principale	202.2	125.20	125.11	0.09	0.24	0.00		4.00		7.65
principale	202.2	126.11	125.77	0.33	0.24	0.02		20.00		8.22
principale	203	Bridge								
principale	203.1	125.32	125.28	0.05	0.01	0.00		4.00		7.79
principale	203.1	126.27	126.06	0.21	0.02	0.00		20.00		8.47
principale	203.101	125.35	125.31	0.04	0.03	0.00		4.00		8.03
principale	203.101	126.32	126.18	0.14	0.05	0.01		20.00		8.37
principale	203.102	125.71	125.69	0.02	0.35	0.00		4.00		8.11
principale	203.102	126.89	126.81	0.08	0.55	0.01	19.78		0.22	9.95
principale	203.103*	125.77	125.75	0.01	0.06	0.00		4.00		8.12

RAS Plan:	River Sta	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn Loss	C & E Loss	Q Left	Q Channel	Q Right	Top Width
vassalla principale	203.103*	127.00	126.94	0.06	0.11	0.00		20.00		8.92
principale	203.104*	125.78	125.77	0.01	0.01	0.00		4.00		8.11
principale	203.104*	127.03	126.97	0.06	0.03	0.00		20.00		8.84
principale	203.105*	125.80	125.78	0.01	0.02	0.00		4.00		8.09
principale	203.105*	127.06	127.00	0.06	0.03	0.00		20.00		8.75
principale	203.106*	125.81	125.80	0.01	0.02	0.00		4.00		8.07
principale	203.106*	127.09	127.03	0.06	0.03	0.00		20.00		8.65
principale	203.107*	125.83	125.81	0.01	0.02	0.00		4.00		8.04
principale	203.107*	127.13	127.06	0.06	0.03	0.00		20.00		8.55
principale	203.108*	125.84	125.83	0.01	0.02	0.00		4.00		8.02
principale	203.108*	127.16	127.10	0.06	0.03	0.00		20.00		8.43
principale	203.109*	125.86	125.84	0.01	0.02	0.00		4.00		7.99
principale	203.109*	127.19	127.13	0.06	0.03	0.00		20.00		8.31
principale	203.11	125.87	125.86	0.01	0.02	0.00		4.00		7.96
principale	203.11	127.22	127.16	0.06	0.03	0.00		20.00		8.18
principale	203.13	126.21	126.06	0.15	0.04	0.04		4.00		7.86
principale	203.13	127.30	127.13	0.17	0.05	0.03		20.00		8.07
principale	203.14	126.45	126.41	0.03	0.23	0.01		4.00		9.50
principale	203.14	127.47	127.32	0.15	0.17	0.00		20.00		12.24
principale	204	Bridge								
principale	204.1	126.49	126.46	0.03	0.01	0.00		4.00		9.64
principale	204.1	127.59	127.46	0.12	0.01	0.01		20.00		12.66
principale	204.11	126.50	126.48	0.02	0.00	0.00		4.00		9.69
principale	204.11	127.59	127.53	0.06	0.00	0.01		20.00		12.86
principale	204.12*	126.53	126.50	0.02	0.04	0.00		4.00		9.33
principale	204.12*	127.63	127.56	0.07	0.04	0.00		20.00		12.04
principale	204.13*	126.56	126.53	0.03	0.04	0.00		4.00		9.01
principale	204.13*	127.67	127.59	0.08	0.04	0.00		20.00		11.34
principale	204.14*	126.60	126.57	0.03	0.04	0.00		4.00		8.76
principale	204.14*	127.71	127.62	0.08	0.04	0.00		20.00		10.73
principale	204.15*	126.64	126.61	0.03	0.04	0.00		4.00		8.53
principale	204.15*	127.75	127.66	0.09	0.05	0.00		20.00		10.21
principale	204.16*	126.68	126.65	0.03	0.05	0.00		4.00		8.33
principale	204.16*	127.80	127.70	0.09	0.05	0.00		20.00		9.74
principale	204.17*	126.71	126.68	0.03	0.05	0.00		4.00		8.14
principale	204.17*	127.84	127.74	0.10	0.05	0.00		20.00		9.32
principale	204.18*	126.76	126.73	0.03	0.05	0.00		4.00		7.98
principale	204.18*	127.89	127.79	0.10	0.06	0.00		20.00		8.95
principale	204.19*	126.81	126.77	0.03	0.05	0.00		4.00		7.83
principale	204.19*	127.94	127.84	0.11	0.06	0.00		20.00		8.62
principale	204.2	126.86	126.82	0.04	0.05	0.00		4.00		7.69
principale	204.2	128.02	127.87	0.15	0.06	0.01		20.00		8.30
principale	205	Bridge								
principale	205.1	126.97	126.94	0.03	0.01	0.00		4.00		8.06
principale	205.1	128.19	128.07	0.12	0.02	0.00		20.00		8.71
principale	205.11	126.97	126.95	0.02	0.00	0.00		4.00		8.06
principale	205.11	128.20	128.12	0.08	0.00	0.00		20.00		8.74
principale	205.119*	127.00	126.97	0.02	0.03	0.00		4.00		8.15
principale	205.119*	128.24	128.17	0.08	0.04	0.00		20.00		8.88
principale	205.128*	127.02	127.00	0.02	0.03	0.00		4.00		8.24
principale	205.128*	128.29	128.22	0.07	0.04	0.00		20.00		9.02

RAS Plan: vassalla	River Sta	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn Loss	C & E Loss	Q Left	Q Channel	Q Right	Top Width
principale	205.137*	127.04	127.02	0.02	0.03	0.00		4.00		8.33
principale	205.137*	128.33	128.26	0.07	0.03	0.00		20.00		9.16
principale	205.146*	127.06	127.04	0.02	0.03	0.00		4.00		8.42
principale	205.146*	128.37	128.30	0.07	0.03	0.00		20.00		9.30
principale	205.155*	127.08	127.06	0.02	0.03	0.00		4.00		8.51
principale	205.155*	128.41	128.34	0.06	0.03	0.00		20.00		9.45
principale	205.164*	127.11	127.09	0.02	0.03	0.00		4.00		8.61
principale	205.164*	128.45	128.38	0.06	0.03	0.00		20.00		9.60
principale	205.173*	127.13	127.11	0.02	0.03	0.00		4.00		8.70
principale	205.173*	128.48	128.42	0.06	0.03	0.00		20.00		9.74
principale	205.182*	127.15	127.13	0.02	0.03	0.00		4.00		8.79
principale	205.182*	128.51	128.46	0.06	0.03	0.00		20.00		9.89
principale	205.191*	127.17	127.15	0.02	0.03	0.00		4.00		8.88
principale	205.191*	128.54	128.49	0.06	0.03	0.00		20.00		10.04
principale	205.2	127.20	127.17	0.02	0.03	0.00		4.00		8.97
principale	205.2	128.58	128.51	0.07	0.02	0.00		20.00		10.18
principale	205.21	127.20	127.18	0.02	0.00	0.00		4.00		8.98
principale	205.21	128.58	128.53	0.05	0.00	0.00		20.00		10.19
principale	206	Bridge								
principale	206.1	127.26	127.24	0.02	0.01	0.00		4.00		9.00
principale	206.1	128.63	128.56	0.07	0.01	0.00		20.00		10.21
principale	206.16*	127.27	127.25	0.02	0.02	0.00		4.00		8.86
principale	206.16*	128.65	128.60	0.05	0.02	0.00		20.00		10.18
principale	206.22*	127.30	127.28	0.02	0.03	0.00		4.00		8.72
principale	206.22*	128.69	128.63	0.06	0.03	0.00		20.00		10.14
principale	206.28*	127.32	127.30	0.02	0.03	0.00		4.00		8.57
principale	206.28*	128.72	128.67	0.06	0.03	0.00		20.00		10.11
principale	206.34*	127.36	127.33	0.03	0.04	0.00		4.00		8.44
principale	206.34*	128.76	128.70	0.06	0.03	0.00		20.00		10.07
principale	206.4*	127.40	127.37	0.03	0.04	0.00		4.00		8.30
principale	206.4*	128.80	128.74	0.06	0.03	0.00		20.00		10.03
principale	206.46*	127.44	127.41	0.03	0.05	0.00		4.00		8.18
principale	206.46*	128.84	128.77	0.07	0.03	0.00		20.00		10.00
principale	206.52*	127.49	127.46	0.03	0.05	0.00		4.00		8.06
principale	206.52*	128.88	128.81	0.07	0.03	0.00		20.00		9.97
principale	206.58*	127.54	127.51	0.03	0.06	0.00		4.00		7.95
principale	206.58*	128.91	128.84	0.07	0.04	0.00		20.00		9.93
principale	206.64*	127.60	127.56	0.03	0.06	0.00		4.00		7.84
principale	206.64*	128.95	128.88	0.07	0.04	0.00		20.00		9.90
principale	206.7*	127.65	127.61	0.04	0.06	0.00		4.00		7.73
principale	206.7*	128.99	128.91	0.08	0.04	0.00		20.00		9.87
principale	206.76*	127.70	127.67	0.04	0.06	0.00		4.00		7.62
principale	206.76*	129.03	128.95	0.08	0.04	0.00		20.00		9.84
principale	206.82*	127.76	127.73	0.04	0.06	0.00		4.00		7.53
principale	206.82*	129.07	128.98	0.08	0.05	0.00		20.00		9.81
principale	206.88*	127.83	127.79	0.04	0.06	0.00		4.00		7.44
principale	206.88*	129.11	129.03	0.09	0.05	0.00		20.00		9.80
principale	206.94*	127.89	127.85	0.04	0.06	0.00		4.00		7.36
principale	206.94*	129.16	129.07	0.09	0.05	0.00		20.00		9.78
principale	207	127.95	127.91	0.04	0.06	0.00		4.00		7.27
principale	207	129.20	129.11	0.09	0.05	0.00		20.00		9.77

RAS Plan: vassalla	River Sta	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn Loss	C & E Loss	Q Left	Q Channel	Q Right	Top Width
principale	207.012*	128.05	128.02	0.03	0.10	0.00		4.00		7.39
principale	207.012*	129.30	129.22	0.08	0.10	0.00		20.00		9.78
principale	207.025*	128.14	128.11	0.03	0.08	0.00		4.00		7.46
principale	207.025*	129.40	129.32	0.08	0.09	0.00		20.00		9.77
principale	207.037*	128.21	128.19	0.02	0.07	0.00		4.00		7.48
principale	207.037*	129.48	129.41	0.08	0.08	0.00		20.00		9.73
principale	207.05*	128.27	128.25	0.02	0.06	0.00		4.00		7.47
principale	207.05*	129.56	129.49	0.07	0.08	0.00		20.00		9.67
principale	207.062*	128.34	128.31	0.02	0.05	0.00		4.00		7.46
principale	207.062*	129.64	129.57	0.07	0.07	0.00		20.00		9.60
principale	207.075*	128.39	128.37	0.02	0.05	0.00		4.00		7.43
principale	207.075*	129.72	129.65	0.07	0.07	0.00		20.00		9.50
principale	207.087*	128.44	128.42	0.02	0.05	0.00		4.00		7.40
principale	207.087*	129.79	129.72	0.07	0.07	0.00		20.00		9.40
principale	207.1*	128.49	128.47	0.02	0.04	0.00		4.00		7.36
principale	207.1*	129.86	129.80	0.07	0.06	0.00		20.00		9.29
principale	207.112*	128.54	128.52	0.02	0.04	0.00		4.00		7.31
principale	207.112*	129.93	129.86	0.06	0.06	0.00		20.00		9.16
principale	207.125*	128.58	128.56	0.02	0.04	0.00		4.00		7.25
principale	207.125*	129.99	129.93	0.06	0.06	0.00		20.00		9.02
principale	207.137*	128.62	128.61	0.02	0.04	0.00		4.00		7.20
principale	207.137*	130.06	130.00	0.06	0.06	0.00		20.00		8.88
principale	207.15*	128.67	128.65	0.02	0.04	0.00		4.00		7.14
principale	207.15*	130.12	130.06	0.06	0.06	0.00		20.00		8.73
principale	207.162*	128.71	128.70	0.02	0.04	0.00		4.00		7.07
principale	207.162*	130.19	130.13	0.06	0.06	0.00		20.00		8.58
principale	207.175*	128.76	128.74	0.02	0.04	0.00		4.00		7.01
principale	207.175*	130.26	130.19	0.06	0.06	0.00	0.00	20.00	0.00	11.97
principale	207.187*	128.80	128.79	0.02	0.04	0.00		4.00		6.94
principale	207.187*	130.32	130.26	0.06	0.06	0.00	0.01	19.98	0.01	11.81
principale	207.2	128.84	128.82	0.02	0.03	0.00		4.00		6.86
principale	207.2	130.38	130.32	0.06	0.06	0.00	0.01	19.96	0.03	11.64
principale	208	Bridge								
principale	208.1	128.87	128.85	0.02	0.00	0.00		4.00		6.89
principale	208.1	130.53	130.48	0.07	0.01	0.01	0.10	19.73	0.17	11.64
principale	208.19*	128.89	128.88	0.02	0.03	0.00		4.00		6.94
principale	208.19*	130.61	130.56	0.05	0.05	0.00	0.06	19.85	0.10	11.70
principale	208.28*	128.93	128.91	0.02	0.04	0.00		4.00		7.01
principale	208.28*	130.65	130.60	0.05	0.04	0.00	0.02	19.93	0.04	11.76
principale	208.37*	128.96	128.94	0.02	0.04	0.00		4.00		7.07
principale	208.37*	130.69	130.64	0.05	0.04	0.00	0.00	19.99	0.01	11.82
principale	208.46*	129.01	128.99	0.02	0.05	0.00		4.00		7.14
principale	208.46*	130.73	130.68	0.05	0.05	0.00		20.00		8.52
principale	208.55*	129.06	129.03	0.02	0.06	0.00		4.00		7.21
principale	208.55*	130.78	130.72	0.05	0.05	0.00		20.00		8.60
principale	208.64*	129.11	129.09	0.02	0.06	0.00		4.00		7.29
principale	208.64*	130.82	130.76	0.06	0.05	0.00		20.00		8.67
principale	208.73*	129.17	129.15	0.03	0.07	0.00		4.00		7.37
principale	208.73*	130.86	130.80	0.06	0.05	0.00		20.00		8.74
principale	208.82*	129.24	129.21	0.03	0.07	0.00		4.00		7.46
principale	208.82*	130.90	130.84	0.06	0.05	0.00		20.00		8.82
principale	208.91*	129.31	129.28	0.03	0.07	0.00		4.00		7.54

---

RAS Plan:	River Sta	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn Loss	C & E Loss	Q Left	Q Channel	Q Right	Top Width
vassalla principale	208.91*	130.94	130.89	0.06	0.05	0.00		20.00		8.89
principale	209	129.38	129.36	0.03	0.08	0.00		4.00		7.64
principale	209	130.99	130.93	0.06	0.05	0.00		20.00		8.97

## 6 Commenti ai risultati della verifica idraulica

### 6.1 Canali Nord

La verifica ha evidenziato alcune situazioni meritevoli di attenzione:

Cervetto - partendo da valle e procedendo verso monte

- per effetto dell'altezza d'acqua del Sesia, assunta ( molto prudenzialmente ) a quota 117,38 rilevata in occasione dell'evento meteorico dell'ottobre 2000 (corrispondente ad un tempo di ritorno di circa 200 anni) il Cervetto risulta rigurgitato per un tratto di circa 750 mt a partire dalla sezione di sbocco; il rigurgito arriva in prossimita' del ponte di Corso Bormida.
- in queste condizioni la portata e' contenuta in alveo con un franco di circa 1,60 m. ; alla sezione 2, circa 529 mt a monte dello sbocco in Sesia,il franco di sponda e' circa 3,35 mt.
- sotto il ponte di Corso Bormida il pelo d'acqua transita con una altezza di circa 1,50 cm sotto l'intradosso
- alla sezione 4 ( circa intermedia tra il ponte di C.so Bormida e quello interno alla sede Atena ) il pelo d'acqua presenta un franco piu' ridotto in sponda sinistra
- in corrispondenza del ponte interno all'area Atena, il franco rispetto all'intradosso e' circa 2,40 m.
- sotto il ponte di Corso Matteotti il franco rispetto alla sommita' dell'intradosso e' circa 2,80 m.
- al ponte 4 di via Lagrangia il franco rispetto all'intradosso si riduce a 63 cm.
- al ponte 5 di via Attone il franco,rispetto all'intradosso e' circa 1,15 m.
- al ponte 6 di corso Marconi il franco,rispetto all'intradosso e' circa 2,24 m.
- al ponte 7 di via Giffenga il franco,rispetto all'intradosso e' circa 1,90 m.
- al ponte 8 – Ferrovia il franco,rispetto all'intradosso e' circa 1,90 m.
- al ponte 9 di via Restano il franco,rispetto all'intradosso e' circa 1,81 m.
- al ponte 6 di via Trento il franco ,rispetto all'intradosso e' piu' ridotto e pari a circa 0,35m.
- in tutte queste sezioni il franco di sponda e' almeno 1,5-2 mt con situazioni nelle quali si raggiungono 1 2,5-3,5 m.
- Alla sezione 7, in prossimita' del campo sportivo tra il Ponte di via Lagrange e il Ponte di via Matteotti e' riscontrabile una possibilita' di esondazione per un'altezza d'acqua di pochi cm, in sponda sinistra in un'area non utilizzata e perimetrata da muratura in cls in quanto evidentemente soggetta a allagamento. ( v. Figura 2 ).

Considerate le condizioni di verifica, particolarmente gravose,in quanto sono stati assunti valori misurati, ma corrispondenti ai massimi livelli storici, il Cervetto risulta idoneo a convogliare le portate di progetto.

### **S.Martino.**

Sul S.Martino non vengono effettuati interventi di risistemazione dell'alveo.

La portata assunta per la verifica 13 mc/s non crea particolari problemi di deflusso ne' per i ponti, nessuno dei quali e' in pressione, ne' in altre sezioni. Nel tratto del San.Martino lungo via Torino, la massima portata interessa la banchina in sponda sinistra, ora occupata dagli orti ( pare abusivamente); questa situazione e' destinata a creare qualche problema di deflusso,.

Per questo motivo la naturale destinazione delle sponde dovrebbe essere ripristinata.

### **Sorgianino**

Il tratto esterno del Sorgianino e' stato verificato per una portata di 4 mc/s e in alcune sezioni, le sponde sono state rialzate per ottenere il franco minimo di 50 cm.

Non sono stati evidenziati altri problemi.

Tratto 1 : e' stata adeguata la sponda in corrispondenza della sezione 103

### **Dossero**

Sono state adeguate le sezioni 111,110,105.5 per ottenere il franco di 50 cm.

### **Vercellina**

Sono state adeguate le sezioni 205.5,205,202.4, e i tratti di sponda intermedi, per ottenere il franco di 50 cm.

## **6.2 Vassalla**

L'analisi dei risultati delle verifiche sulla Roggia Vassalla ha consentito di evidenziare quanto segue:

- per effetto della immissione in Rantiva, la Vassalla risente di un rigurgito che si propaga verso monte per poco piu' di 1000 mt, quando e' interessata da una portata di 4 mc/s, prevista dopo la realizzazione dello Scolmatore delle acque;

Il rigurgito e' quasi inesistente nelle condizioni attuali di portata ( 20 mc/s) essendo il pelo libero in Vassalla sensibilmente maggiore;

- nelle condizioni attuali di portata si possono verificare esondazioni in sponda destra tra le sezioni 203,1 ( ponte aeroporto ) e 203/11 ( zona Mulino Aravecchia ) per una tratta di circa 380 metri e per una altezza d'acqua di circa 30-40 cm.
- esiste ancora una zona di possibile esondazione ( poche decine di cm.) in proximita' del ponte di Larizzate alla sezione 207.2 .

Quest'ultima situazione e' da assumere come indicazione di una probabile insufficienza dell'alveo, essendo evidente che le condizioni del corso d'acqua hanno una influenza determinante sugli effetti che ne possono derivare.

E' possibile concludere che l'alveo della Vassalla presenta una marcata insufficienza nelle condizioni attuali di portata dovendo smaltire una notevole portata che, dal Roggione di Vercelli e dal Naviglio di



---

Ivrea e altri cavi minori, viene deviata intorno all'abitato di Vercelli a causa della limitata capacità dei cavi interni.

Con la realizzazione dello scolmatore sarà possibile alleggerire la rete naturale consentendo condizioni di deflusso più aderenti alla effettiva capacità degli alvei.



## RELAZIONE IDRAULICA FIUME SESIA



Indice:

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1 DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E RICHIAMI NORMATIVI .....	2
<b>2. PROCEDURA PER LA SIMULAZIONE IDRAULICA DELLE ASTE TORRENTIZIE CONSIDERATE.....</b>	<b>2</b>
2.1 SINTETICO INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEI LUOGHI OGGETTO DI STUDIO. ....	3
2.2 PROCEDIMENTO SEGUITO PER LA SIMULAZIONE IDRAULICA .....	3
2.3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI CORSI D'ACQUA NEI TRATTI INDAGATI.....	3
2.4 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI CORSI D'ACQUA .....	4
2.4.1 <i>Analisi idrologica degli eventi estremi</i> .....	4
2.5 PRESENZA DI OPERE DI DIFESA.....	12
2.6 PRESENZA IN ALVEO DI MANUFATTI INTERFERENTI .....	12
2.7 SIMULAZIONE NUMERICA .....	12
2.7.1 <i>Metodo di calcolo: Uso del software Hec-Ras</i> .....	12
2.7.1.1 Descrizione del modello di simulazione idraulica.....	12
2.7.1.2 Calcolo del profilo di moto permanente .....	14
2.7.1.3 Perdite di carico dovute alle pile dei ponti .....	19
2.7.1.4 Flusso regolare al disotto dell'intradosso .....	19
2.7.1.5 Condizioni al contorno per la simulazione .....	21
2.7.1.6 Dati inseriti.....	23
2.7.1.7 Opzioni di calcolo .....	24
2.7.1.8 Aree inefficaci .....	24
2.7.1.9 Condizioni di simulazione.....	24
2.7.1.10 Condizioni al contorno .....	25
2.7.1.11 Coefficiente di scabrezza.....	25
2.7.1.12 Effetto di rigurgito provocato da restringimenti e da pile.....	26
2.7.1.13 Erosioni localizzate attorno alle fondazioni (scalzamento) .....	26
<b>3. SIMULAZIONE DELL'ASTA DEL FIUME SESIA NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI VERCELLI ..</b>	<b>27</b>
3.1 SIMULAZIONI CON MODELLO NUMERICO .....	27
3.1.1 <i>Condizioni al contorno</i> .....	28
3.1.2 <i>Taratura del modello sull'evento di piena del 14/15 ottobre 2000</i> .....	29
3.2 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI E TRACCIAMENTO DELLE FASCE DI ESONDAZIONE.....	30
3.2.1 <i>Definizione delle fasce di esondazione B e C</i> .....	31
3.2.2 <i>Definizione della fascia di esondazione A</i> .....	33
<b>ALLEGATO 1 ANALISI IDROLOGICA DELLE PORTATE DI PIENA DEL FIUME SESIA</b>	
<b>ALLEGATO 2 INDAGINE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO E TARATURA DEL MODELLO</b>	
<b>ALLEGATO 3 SIMULAZIONE FIUME SESIA: PROFILO, SEZIONI TRASVERSALI E RELATIVI TABULATI DEL MODELLO DI SIMULAZIONE</b>	



## 1. PREMESSA

Il presente rapporto va inquadrato nell'ambito dell'attività di Perimetrazione delle aree potenzialmente esondabili del fiume Sesia, nei tratti non fasciati dall'Autorità di Bacino del fiume Po di Parma nel territorio del Comune di Vercelli.

L'ing. Olmo Mario, incaricato della redazione delle fasce da parte Comune di Vercelli, si è avvalso della consulenza specifica dello "Studio di Ingegneria Associato Isola ing. Lorenzo Isola ing. Riccardo Boasso ing. Paolo" con sede in Vercelli, corso Marcello Prestinari 86, per la redazione dello studio idrologico – idraulico.

### 1.1 Disposizioni legislative e richiami normativi

I riferimenti legislativi in ambito idraulico che sono stati presi in considerazione risultano:

- **Autorità di Bacino del fiume Po** *"Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione"* (piano stralcio PS 45);
- **Autorità di Bacino del fiume Po** *"Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po"* – "Direttiva tecnica relativa ai criteri generali e alle prescrizioni per la verifica dei ponti".

In particolare lo studio idraulico delle aste fluviali ed il metodo di delimitazione delle fasce è stato condotto nell'osservanza delle disposizioni contenute in:

- **Autorità di Bacino del fiume Po** *"Piano stralcio delle fasce fluviali – Allegato 3 alle Norme di attuazione. Metodo di delimitazione delle fasce fluviali. Adottato con deliberazione n. 26/97 del 11 dicembre 1997"*.

## 2. PROCEDURA PER LA SIMULAZIONE IDRAULICA DELLE ASTE TORRENTIZIE CONSIDERATE

La procedura di simulazione dei torrenti in oggetto si articola secondo i seguenti punti:

- Sintetico inquadramento territoriale dei luoghi oggetto di studio;
- Caratteristiche geometriche del corso d'acqua nel tratto di attraversamento;
- Caratteristiche morfologiche dell'alveo;
- Caratteristiche idrologiche del corso d'acqua;
- Caratterizzazione dell'assetto delle opere di difesa esistenti nel tratto di corso d'acqua soggetto all'attraversamento;
- Individuazione dei manufatti interferenti, presenti sul tronco di corso d'acqua analizzato;
- Modalità di deflusso in piena;
- Simulazione numerica in moto permanente.

## 2.1 Sintetico inquadramento territoriale dei luoghi oggetto di studio.

L'area oggetto della simulazione idraulica, si estende in tutto il territorio del Comune di Vercelli in aderenza con il tracciato del fiume Sesia.

Il tratto simulato con modello numerico ha una estensione di 15,8 km, a partire da 3,4 km a monte del ponte della ferrovia Milano-Torino, fino ad arrivare alla traversa di derivazione della roggia Sartirana in Comune di Palestro.

L'estensione più a valle del modello, in territorio del Comune di Palestro, è stata necessaria per garantire una maggiore affidabilità del modello (in corrente lenta, e quindi comandato da valle) e, non secondario, per poter ricavare le condizioni al contorno di valle per le simulazioni: è stata infatti indagata la curva di deflusso della traversa, grazie alla quale sono state poi estrapolate le condizioni al contorno.

Il tratto di asta considerato, comprende tre ponti principali:

- Il ponte FF. SS. della linea Milano-Torino;
- Il ponte della S.S. 11 Vercelli-Novara;
- Il ponte dell'Autostrada A26 Genova-Gravellona Toce.

Il ponte della ferrovia è quello più a monte, è costituito da 13 campate della luce media di 19,80 m.

Il fiume Sesia all'altezza della S.S. 11 al km 75+020 è attraversato dal ponte in una zona relativamente ampia, interessata da un materiale d'alveo sostanzialmente ghiaioso, con la presenza sia in destra che in sinistra idrografica di rilevati arginali. Soprattutto in sponda destra vi sono difese spondali realizzate con prismate di calcestruzzo, ubicate nelle immediate vicinanze del ponte.

L'attraversamento è costituito da un ponte a 13 campate della luce netta di circa 21 metri con pile di dimensioni medie pari a 3.6 x 12.6 m circa, con forma rettangolare a bordi smussati. Si precisa che due pile centrali sono di dimensioni maggiori.

Più a valle di tutti si erge il ponte della autostrada A26, costituito da 44 campate, con pile circolari doppie. La lunghezza totale del ponte è di circa 2 km.

## 2.2 Procedimento seguito per la simulazione idraulica

Lo schema del lavoro seguito per il tracciamento delle fasce fluviali è il seguente:

- Sopralluogo sui tratti di asta fluviale in oggetto;
- Indagine delle carte delle piene storiche;
- Studio idrologico per la scelta delle portate di simulazione con i vari tempi di ritorno;
- Esame delle geometrie d'alveo rilevate da apposita ditta del settore;
- Inserimento delle geometrie d'alveo nel modello numerico di simulazione;
- Scelta delle condizioni al contorno per la simulazione, delle scabrezze da utilizzare nelle sezioni ecc;
- Prime simulazioni per la taratura del modello;
- Simulazioni di "assestamento" e definitive, stampa dei tabulati di calcolo;

## 2.3 Caratteristiche geometriche dei corsi d'acqua nei tratti indagati.

La descrizione geometrica dell'alveo, funzionale allo studio idraulico, è effettuata sulla base di un supporto planimetrico da Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, integrata da un rilievo aerofotogrammetrico restituito dall'ing. Viazzo per il territorio del Comune di Vercelli, e da sezioni trasversali topografiche restituite dal suddetto rilievo.



Le sezioni topografiche rappresentano dettagliatamente la geometria attuale dei tratti di fiume oggetto dello studio.

Le sezioni sono posizionate in modo in modo tale da rappresentare le singolarità presenti e la variazione delle dimensioni dell'alveo lungo il tratto.

Si è provveduto, in funzione alle esigenze di dettaglio dei calcoli idraulici, a definire l'estensione di tratto di fiume da rilevare topograficamente.

Il rilievo topografico si estende a monte ed a valle dell'abitato di Vercelli. Data la lunghezza del tratto simulato (15.000 m circa) ed il numero delle sezioni rilevate (31) e tenuto conto che la larghezza media delle sezioni trasversali del fiume nei tratti analizzati è di circa 900, il rilievo eseguito risulta, sia come estensione che come numero di sezioni, sicuramente adatto per lo studio delle fasce fluviali, in quanto fedele riproduzione della realtà morfologica ed idraulica del tratto di corso d'acqua interessato. Il piano quotato delle zone adiacenti al fiume, permette inoltre una precisa delimitazione delle fasce nei casi di esondazione dagli argini.

## 2.4 Caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua

Lo studio idrologico ha per finalità la determinazione delle portate di piena dei per vari tempi ritorno.

Nel caso in esame è disponibile una serie storica di misurazioni di portata all'idrometro della traversa di Palestro per cui, invece di effettuare il calcolo della portata di progetto sulla base di semplici modelli "afflussi - deflussi" che legano direttamente il valore del picco di piena alla precipitazione di durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  come di solito si effettua in mancanza di misurazioni dirette degli idrogrammi di piena, è stato possibile regolarizzare statisticamente la serie storica ed ottenere delle portate di piena che, come dimostra la pratica ingegneristica, sono maggiormente affidabili delle portate indagate coi normali modelli afflussi-deflussi.

L'analisi idrologica è stata condotta per eventi di progetto con tempo di ritorno di 20, 50, 100, 200 e 500 anni: infatti, ai fini di una migliore caratterizzazione idrologica, si sono considerati sia eventi di minore gravosità, contraddistinti da un tempo di ritorno di 20 e 50 anni, che eventi di maggior gravosità, contraddistinti da un tempo di ritorno di 100, 200 e 500 anni.

Le piene di riferimento per la delimitazione delle fasce sono:

- Fascia A: piena con tempo di ritorno di 200 anni definita come al citato Allegato 3 delle Norme di Attuazione dell'Autorità di Bacino Fiume Po;
- Fascia B: piena con tempo di ritorno di 200 anni definita come al citato Allegato 3 delle Norme di Attuazione dell'Autorità di Bacino Fiume Po;
- Fascia C: piena con tempo di ritorno di 500 anni definita come al citato Allegato 3 delle Norme di Attuazione dell'Autorità di Bacino Fiume Po; in questo caso particolare, la fascia C è stata tracciata nel caso più sfavorevole di assenza di argini, utilizzando i livelli della piena duecentenaria.

### 2.4.1 Analisi idrologica degli eventi estremi.

Nella tabella 13.7 del titolo 13.1.6.3 "Portate di piena" del sotto paragrafo 13.1.6 "Aspetti idrologici" del paragrafo 13.1 "Caratteristiche generali" del capitolo 13 "LINEE GENERALI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO E QUADRO DEGLI INTERVENTI NEL BACINO DEL FIUME SESIA" dell'allegato 4.3 "Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi Bacini del Piemonte e Valle d'Aosta (Sesia, Dora Baltea, Stura di Lanzo, Dora Riparia, Sangone, Chisola, Pellice, Varaita, Maira, Tanaro, Scrivia)" del "PIANO

**STRALCIO PER LA DIFESA IDROGEOLOGICA E DELLA RETE IDROGRAFICA DEL BACINO DEL FIUME PO** emanato da "AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO", sono riportati valori delle portate di piena regolarizzate nelle stazioni di misura nel bacino del Sesia.

Più specificatamente, per il tratto di corso d'acqua oggetto del presente studio, sono riportati i valori di portata con tempi di ritorno rispettivamente di 20 e 200 anni, con sezione di chiusura alla traversa di Palestro.

Tali valori sono:

$$Q_{20 \text{ anni}} = 3370 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{a cui corrisponde una portata specifica } q_{20 \text{ anni}} = 1.48 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$$

$$Q_{200 \text{ anni}} = 4900 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{a cui corrisponde una portata specifica } q_{200 \text{ anni}} = 2.15 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2,$$

con la superficie del bacino che vale  $S = 2274 \text{ km}^2$ .

Sugli annali idrologici pubblicati dal Servizio Idrografico sono stati reperiti i dati idrometrici relativi al fiume Sesia con sezione di chiusura a Palestro. Più specificatamente si sono utilizzati i dati relativi alla stazione idrometrica di Palestro ubicata proprio alla traversa di Palestro: in questi annali sono stati reperite le portate massime al colmo degli anni 1932, 1933, 1934.

Data la scarsità dei dati a disposizione, abbiamo effettuato una accurata ricerca dei dati storici di portata riguardo al fiume Sesia. Presso l'Ufficio della Sezione di Torino del Servizio Idrografico della Regione Piemonte, sito in via Bolzano 44, sono stati ritrovati dei dati di portata del Sesia, mai stati pubblicati negli annali (non se ne conosce il motivo), ma che si ritengono validi per una scelta delle portate di progetto, utilizzandoli nella regolarizzazione statistica delle portate, soprattutto se poi verranno confrontati, come si farà, con le portate consigliate dall'Autorità di bacino del fiume Po nel già citato documento "Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po" – Allegato 4.3 Linee generali di Assetto Idrogeologico... al punto 13.1.6.3. e riportate poco sopra.

In totale sono stati reperiti 27 valori di portate storiche, che comprendono, in maniera discontinua, il periodo che va dall'anno 1925 all'anno 1969.

Vengono riportati in tabella 2.4.1.1 i dati di portata ottenuti dalla ricerca.

tab. 2.4.1.1: Portate storiche di piena del fiume Sesia all'idrometro della traversa di Palestro.

CAMPIONE	Q (m <sup>3</sup> /s)	ANNO
1	1490	1925
2	2560	1926
3	760	1927
4	1830	1928
5	1100	1929
6	1344	1932
7	936	1933
8	2970	1934
9	2340	1951
10	2340	1952
11	1470	1953
12	1830	1954
13	1070	1955
14	2800	1956
15	1620	1957
16	690	1958
17	1870	1959
18	2490	1960
19	1020	1961
20	2130	1962
21	2190	1963
22	1290	1964
23	1800	1965
24	2080	1966
25	440	1967
26	3900	1968
27	1550	1969

Questi dati sono poi oggetto di elaborazione statistica al fine di ricavare dei valori di portata al colmo relativi ai tempi di ritorno di interesse.

La regolarizzazione statistica è stata effettuata utilizzando il software ELASTA distribuito nel cd-rom "Perimetrazione delle aree inondabili", sviluppato dal dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale dell'Università degli Studi di Pavia.

Nel seguito descriviamo brevemente i fondamenti teorici alla base di tale elaborazione.

L'analisi della frequenza dei valori misurati della grandezza idrologica consente di definire quantitativamente il rischio idraulico in termini di *tempo di ritorno* (T) che è legato alla probabilità di non superamento  $P(X_T) = P(x \leq X_T)$  dalla espressione:

$$P = \frac{1}{1-T} \quad (2.4.1.1)$$

L'analisi della frequenza del campione (o dei campioni) delle misure della variabile idrologica ha lo scopo di definire, secondo una procedura efficiente e robusta, la forma della funzione di distribuzione (o ripartizione) di probabilità (FDP) della variabile, ossia il legame tra la variabile e il tempo di ritorno:  $X_T = X(T)$ .

Al solito il legame tra la variabile e il tempo di ritorno viene individuato elaborando i suoi massimi annui anche non consecutivi, questa procedura viene definita come elaborazione delle *serie dei massimi annui*. Il calcolo statistico ipotizza che la variabile di interesse (ad es. la portata al colmo della massima piena dell'anno) sia distribuita in probabilità secondo una legge sconosciuta che dobbiamo identificare.

Il campione dei valori registrati nel passato (serie storica) è una delle infinite possibili realizzazioni del processo casuale che segue la legge sconosciuta.

Dalla misura della frequenza con la quale sono stati misurati i valori storici stimiamo la probabilità delle future realizzazioni.

La distribuzione di probabilità di una variabile casuale è completamente definita quando, dopo aver scelto la legge teorica, ne siano stati determinati i parametri. Per la stima dei parametri si possono usare diverse procedure:

- Il metodo dei momenti (MOM);
- Il metodo della massima verosimiglianza (MV);
- Il metodo dei momenti pesati in probabilità (PWM).

Sono disponibili e utilizzabili, a seconda dei casi, varie formulazioni di ripartizione di probabilità a 2 o 3 parametri, ad esempio le leggi:

- NORMALE:  $N(\mu, \sigma)$ : Nel nostro campo è difficile pensare che la distribuzione di probabilità sia ben interpretata dalla legge normale (o di GAUSS) la quale avendo campo di validità  $(-\infty, +\infty)$  mal si adatta a grandezze sempre positive;
- LOG-NORMALE:  $LN(\mu_L, \sigma_L)$ : La legge log-normale (o di GALTON) gode di largo favore in quanto è limitata al solo campo positivo ed è asimmetrica;
- GAMMA:  $G(k, \lambda)$ : La distribuzione Gamma dà risultati analoghi a quelli della legge log-normale anche se, rispetto a questa, è di meno agevole rappresentazione su carta probabilistica;
- di GUMBEL: EV1  $(\mu, \alpha)$ : La distribuzione del massimo valore, tra M valori di una variabile casuale, segue la cosiddetta "Prima legge asintotica del massimo valore" (o di Gumbel), quando M è sufficientemente grande;
- di WEIBULL: EV3  $(u, k)$ : La terza legge asintotica del massimo valore ha tre parametri: la stima dei parametri risulta semplificata se il limite inferiore è posto uguale a zero.

Occorre poi eseguire sempre dei test d'adattamento per controllare se la distribuzione di frequenza dei dati devia in maniera statisticamente significativa dalle previsioni del modello teorico. Tra i vari test disponibili sono stati utilizzati i test  $\chi^2$  proposto da PEARSON che misura lo scostamento medio tra l'istogramma empirico e quello teorico della variabile casuale e il test di KOLMOGOROV – SMIRNOV, proposto da Kolmogorov nel 1933, che considera il massimo scostamento tra la funzione di distribuzione empirica e quella teorica.

Operativamente si è proceduto al calcolo della frequenza cumulata, secondo la seguente relazione (nota come formula di Weibull) :

$$F(x) = \frac{n}{N+1} \quad (2.4.1.2)$$

dove:

n : rappresenta il numero d'ordine della portata al colmo massima annua in (m<sup>3</sup>/s);

N : rappresenta la dimensione del campione (31 nel nostro caso).

Il denominatore, come definito dalla formula di Weibull, è posto pari a N+1 per non ottenere all'ennesima classe la frequenza cumulata pari a 1 (certezza) valore a cui tende asintoticamente per  $n \rightarrow \infty$ .

A questo punto è possibile procedere alla regolarizzazione dei valori campionari di portata andando a considerare dapprima la distribuzione Log-normale e successivamente quella di Gumbel;

Regolarizzazione dei valori campionari

Nella forma più generale la legge Log-normale o di Galton-Gibrat è espressa come

$$P(x) = \frac{1}{x \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sigma(y)} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(x) - \mu(y)}{\sigma(y)} \right)^2} \quad (2.4.1.3)$$

con  $y = \ln x$ .

Di solito non si utilizza tale relazione ma si preferisce usare per comodità la distribuzione normale, per cui serve normalizzare la curva in funzione di un solo parametro:

$$u = \frac{y - \mu(y)}{\sigma(y)} = a \ln x + b \quad (2.4.1.4)$$

I parametri della curva sono stati stimati facendo ricorso al metodo dei momenti.

Metodo dei momenti

Tale metodo consente di eguagliare i momenti relativi alla popolazione ai momenti propri del campione in esame :

$\mu(x)$  = media della popolazione =  $\bar{x}(x)$  = media del campione di N osservazioni;

$\sigma(x)$  = scarto quadratico medio =  $S(x)$  = scarto quadratico medio del campione;

$p(x)$  = probabilità di non superamento =  $F(x)$  = frequenza cumulata del campione;

Facendo riferimento alla variabile idrologica delle portate  $Q_c$ , in luogo della  $x$  i momenti del campione sono:

$$\text{Valor medio: } \bar{Q}_c = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{ci}}{N} \quad (2.4.1.5)$$

$$\text{Varianza: } S^2(Q_c) = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2}{N} \quad (2.4.1.6)$$

$$\text{Scarto Quadratico medio: } S(Q_c) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2}{N-1}} \quad (2.4.1.7)$$

Una volta definiti i momenti del campione si è potuto procedere al calcolo dei parametri  $a$  e  $b$  della curva normalizzata come:

$$a = \frac{1}{\sigma(y)} = \frac{1}{\sqrt{\ln\left(1 + \frac{\sigma^2(x)}{\mu^2(x)}\right)}} \quad (2.4.1.8)$$

$$b = -\frac{\mu(y)}{\sigma(y)} = \frac{1}{2a} - a \ln(\mu(x)) \quad (2.4.1.9)$$

Noti i valori di  $a$  e  $b$  si calcola la variabile ridotta  $u$  come:

$$u = a \ln(x) + b \quad (2.4.1.10)$$

da notare come  $x = Q_{ci}$  sia definita da  $(0, +\infty)$  mentre  $u$  è definita da  $(-\infty, +\infty)$

Per il calcolo della probabilità di non superamento  $P(u)$  si può far uso ad esempio di un polinomio di sesto grado della variabile  $u$  con la seguente espressione valida per  $0 \leq u \leq \infty$ :

$$P(u) = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 + d_1 u + d_2 u^2 + d_3 u^3 + d_4 u^4 + d_5 u^5 + d_6 u^6\right)^{-16} + \varepsilon(u) \quad |\varepsilon(u)| < 1.5 \cdot 10^{-7} \quad (2.4.1.11)$$

dove:  $d_1 - d_6$  sono dei coefficienti numerici.

Questo polinomio svolge la funzione delle classiche tabelle della probabilità della curva Normalizzata di Gauss.

Utilizzando la variabile ridotta bisogna fare attenzione al suo segno in quanto il grafico a cui si fa riferimento non è più quello della legge Log-normale, definito solo per valori positivi, ma quello di una distribuzione normalizzata, definita da  $-\infty$  a  $+\infty$ .

Lo stesso procedimento fin qui visto va ripetuto per la legge di Gumbel espressa in forma generale da:

$$P(x) = 1 - \frac{1}{n} \cdot e^{-\alpha(x-u)} \quad (2.4.1.12)$$

Da notare come la distribuzione di Gumbel essendo una distribuzione degli estremi valori sia spesso utilizzata nell'idrologia per lo studio di opere idrauliche (portate al colmo massime) e per il calcolo di bacini di recupero (valori minimi stagionali dovuti ai periodi di secca).

Analogamente a quello visto in precedenza per la legge Log-normale, risulta assai complicato utilizzare l'equazione generale per cui si sceglie di utilizzare una nuova variabile ridotta y definita come:

$$y = \alpha(x-u) \quad (2.4.1.13)$$

Il calcolo dei parametri caratteristici della distribuzione di Gumbel  $\alpha$  e  $u$  avviene, analogamente a quello visto prima, con il metodo dei momenti, si ottengono quindi le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma(x)} \quad (2.4.1.14)$$

$$u = \mu(x) - 0.45 \cdot \sigma(x) \quad (2.4.1.15)$$

Noti i valori di  $\alpha$  e  $u$  si calcola la variabile ridotta  $y$ , in seguito risulta semplice determinare il valore della probabilità  $P(y)$  con la seguente espressione:

$$P(y) = e^{-e^{-y}} = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (2.4.1.16)$$

A questo punto, avendo a disposizione tutti i dati analitici, sia per la distribuzione log-normale che per quella di Gumbel, si può passare alla costruzione dei grafici che conterranno la curva teorica della popolazione, la quale per la caratteristica scala scelta sulle carte probabilistiche risulterà essere una retta o una parabola; attorno a tale curva andranno a distribuirsi i vari punti dei valori campionari ottenuti dalle coppie  $(Q_c, F(Q_c))$ .

### Test statistici

Una volta determinate le distribuzioni bisogna verificare quanto il campione si adatti alle distribuzioni sperimentali utilizzate per l'approssimazione adottando un livello di significatività  $\alpha=0.05$  ad esempio.

Gli strumenti utilizzati per eseguire tali verifiche consistono in test statistici detti di adattamento che consentono di misurare, sulla base dei dati disponibili, la validità dell'ipotesi statistica e quindi di accettarla o no a seconda del risultato ottenuto.

### Test del chiquadro $\chi^2$

Tra i vari test effettuabili ha particolare importanza e uso consolidato il test del chiquadro o di Pearson.

Il test chiquadro ( $\chi^2$ ) analogamente a quello del segno e di Kolmogorov-Smirnov è un test di adattamento che si ottiene costruendo una nuova variabile, definita dalla divisione del campione considerato in  $K$  classi equiprobabili.

Il campione viene quindi diviso in un numero di classi  $K$  tali che

$$P_i \cdot N \geq 5 \quad (2.4.1.17)$$

dove

$P_i$  : probabilità di classe che si calcola con la relazione  $P_i = \frac{1}{K}$  ;

K: numero di classi.

Nel caso in esame  $N = 27$  per cui si è utilizzato  $K=5$  e quindi si avranno classi equiprobabili con probabilità  $P_i = 0,2$ .

Il test consiste nel porre a confronto una distribuzione  $\chi^2$  posta nella forma  $\chi^2 = u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_f^2$  (dove  $u_i$  sono le variabili statistiche indipendenti distribuite come una Gaussiana con  $f$  gradi di libertà pari a  $f = n - 1$  dove  $n$  rappresenta il n° di classi) con una nuova variabile statistica H:

$$H = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - N \cdot P_i)^2}{N \cdot P_i} \quad (2.4.1.18)$$

dove:

$N = n^\circ$  del campione;

$P_i =$  probabilità della classe;

$n_i =$  numero di elementi della classe.

La variabile H è caratterizzata da gradi di libertà  $\nu = K - s - 1$  dove  $s$  è il numero di parametri della distribuzione utilizzata (2 nel nostro caso) sia per la distribuzione Log-normale che per quella di Gumbel.

Il test viene quindi superato se abbiamo valori di H minori di un certo valore  $\chi^2$ , funzione del livello di confidenza  $(1 - \alpha) = 0.95$  e del numero di gradi di libertà  $\nu$ , determinato sulla base di varie tabelle.

### Tempo di ritorno

Regularizzati i valori campionari delle portate al colmo massime con le due diverse distribuzioni teoriche, dopo averne verificato la validità per mezzo dei precedenti test statistici, è quindi possibile sulla base delle leggi precedentemente utilizzate fare una previsione delle portate che si verificheranno in futuro sulla base di tempi di ritorno di 20, 50, 100, 200 e 500 anni ad esempio.

Per tempo di ritorno T del massimo valore di  $x = Q_c$  si intende quel numero di anni T in cui mediamente  $x$  è superato una sola volta.

Tale valore T è calcolabile con la espressione inversa della (2.4.1.1), ossia

$$T = \frac{1}{1 - P(x)} \quad (2.4.1.19)$$

dove  $P(x)$  rappresenta la probabilità di non superamento dell'evento precedentemente calcolata.

Conoscendo T è invece possibile ricavare  $P(x) = P(u)$ , per quanto visto precedentemente, utilizzando la (2.4.1.1) nella seguente maniera:

$$P(x) = \frac{T - 1}{T} = P(u) \quad (2.4.1.20)$$

Una volta nota tale probabilità è necessario individuare il valore della variabile  $u$  corrispondente facendo l'inversa della funzione di probabilità di non superamento:

➤ per la legge di Gumbel essendo  $P(y) = e^{-e^{-y}} = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$  risulta:

$$Q_c = u \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (2.4.1.21)$$

➤ Per la distribuzione Log-normale, sulla base della tabella della sua distribuzione, con una opportuna interpolazione lineare si calcola il valore della variabile ridotta grazie alla quale si può immediatamente risalire alla portata massima: in particolare

- si ricava  $P(u)$  come:  $P(u) = \frac{T-1}{T}$ ;
- sulla base della curva normalizzata determino il corrispondente valore di  $u$ ;
- è possibile quindi calcolare la portata massima  $Q$  con la seguente relazione:

$$Q_c = e^{\frac{u-b}{a}} \quad (2.4.1.22)$$

dove  $a$  e  $b$  sono i parametri della Log-normale determinati in precedenza.

Negli allegati sono riportate in dettaglio le fasi eseguite; il software utilizzato esegue automaticamente le operazioni suddette, utilizzando 3 leggi statistiche: la legge Log-normale a due parametri con il metodo dei momenti (la cui teoria è stata ampiamente descritta), la legge Log-normale a due parametri con il metodo della massima verosimiglianza e la legge di Gumbel con il metodo dei momenti (descritta in precedenza).

Di seguito in tab.2.4.1.2 sono riassunte le portate di progetto secondo l'elaborazione statistica, avendo scelto di utilizzare la distribuzione log-normale 2-MOM (che, stando ai test statistici, si adatta ai dati in esame meglio della distribuzione Lognormale con il metodo della massima verosimiglianza, leggermente meno bene della distribuzione di Gumbel, però fornisce risultati più confrontabili con i dati assunti dall'Autorità di bacino) per i tempi di ritorno rispettivamente di 20, 50, 100, 200 e 500anni.  
Si rimanda all'Allegato 1 per maggiori dettagli operativi.

tab. 2.4.1.2: Portate di progetto ottenute con la regolarizzazione statistica dei dati di tab.2.4.1.1.

TEMPO DI RITORNO (anni)	PORTATE DI PROGETTO (m <sup>3</sup> /s)	PORTATE SPECIFICHE (m <sup>3</sup> /s km <sup>2</sup> )
20	3300	1.45
50	3900	1.72
100	4400	1.94
200	4900	2.16
500	5500	2.42

Sulla base di questi valori di portata è stata eseguita la simulazione idraulica dell'asta del fiume Sesia nel territorio di Vercelli.



## 2.5 Presenza di opere di difesa

Nel tratto in esame, a seguito di attenti e ripetuti sopralluoghi, sono stati rilevati tratti di difese in massi o prismatiche, che sono stati accuratamente inseriti nelle sezioni rilevate ed a sua volta nelle parti di modello pertinenti.

## 2.6 Presenza in alveo di manufatti interferenti

Nei tratti di corso d'acqua in esame, sono presenti i suddetti ponti, e soglie e traverse di derivazione minori.

In sede di preparazione del modello idraulico per il tracciamento delle fasce, tali manufatti sono stati tenuti in conto per verificare gli effetti che producono ed osservare gli eventuali effetti di rigurgito da loro provocati.

## 2.7 Simulazione numerica

Al fine di ottenere risultati utili per il tracciamento delle fasce fluviali è stato utilizzato un software di calcolo in moto permanente molto diffuso nella pratica ingegneristica, denominato Hec-Ras.

### 2.7.1 Metodo di calcolo: Uso del software Hec-Ras

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS<sup>®</sup> ed è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

Di seguito viene presentata una descrizione del software ed i suoi fondamenti teorici.

#### *2.7.1.1 Descrizione del modello di simulazione idraulica*

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

E' rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala...) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

### 2.7.1.2 Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico (fig. 2.7.1.2.1).

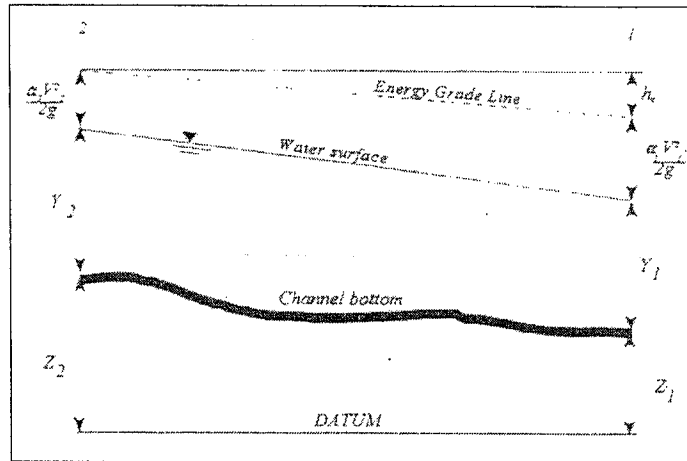


fig. 2.7.1.2.1: Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico.

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

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

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

dove:

$WS_1, WS_2$  : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

$V_1, V_2$  : velocità media;

$\alpha_1, \alpha_2$  : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

$g$  : accelerazione gravitazionale;

$h_e$  : perdita di carico;

$L$  : distanza fra le sezioni trasversali;

$Sf$  : pendenza media;

$C$  : coefficiente di perdita per contrazione o espansione (vedi tab.2.7.1.2.1).

La distanza  $L$  viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

dove

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la golena di sinistra, il canale di magra e la golena di destra;

$\overline{Q_{lob}}, \overline{Q_{ch}}, \overline{Q_{rob}}$  : sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice  $Sf$  viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$Sf = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

tab. 2.7.1.2.1: Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione.

TRANSITION CLASS	CONTRACTION	EXPANSION
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa x = 0) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differente in alveo. In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso (fig. 2.7.1.2.2).

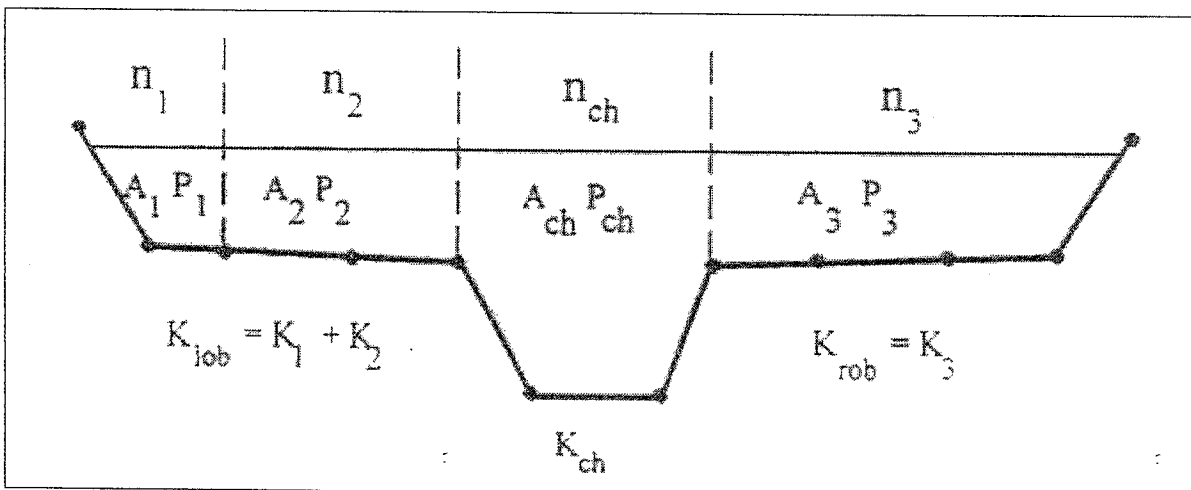


fig. 2.7.1.2.2: Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso.

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove

- Q : portata per unità elementare;
- K : capacità di deflusso per unità elementare;
- n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;
- a : area di deflusso dell'unità elementare;
- R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente  $\alpha$ , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione (fig.2.7.1.2.3):

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

dove:

$A_t$  : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

$A_{lob}$ ,  $A_{ch}$ ,  $A_{rob}$  : area di deflusso per golena sinistra, canale principale, golena destra;

$K_t$  : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

$K_{lob}$ ,  $K_{ch}$ ,  $K_{rob}$  : capacità di deflusso di golena sinistra, canale principale e golena destra.

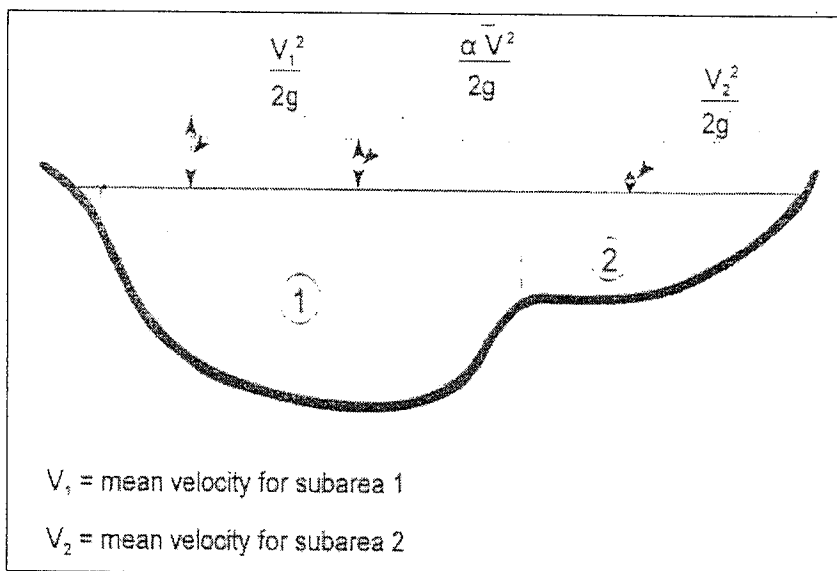


fig. 2.7.1.2.3: Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale.

Il coefficiente  $\alpha$  si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice  $S_f$  e della distanza  $L$  fra due sezioni trasversali consecutive.

Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

Dove  $C$  rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione (vedi tab. 2.7.1.2.1).

La determinazione della profondità critica, che corrisponde alla situazione di minima energia (vedi fig. 2.7.1.2.4) si ottiene in maniera iterativa ricercando appunto la condizione di minimo dell'energia, ossia ricercando il minimo della funzione

$$H = WS + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

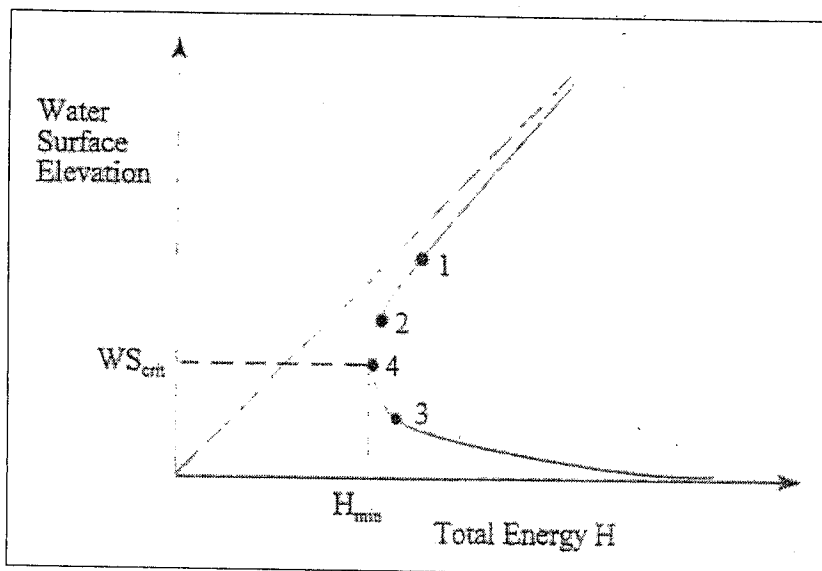


fig. 2.7.1.2.4: Diagramma carico-altezza del pelo libero.

La ricerca della profondità critica viene eseguita secondo due metodi numerici: parabolici o delle secanti.

In particolare, in caso di regime misto, cioè in caso di corrente lenta e veloce con presenza quindi di risalto idraulico (situazione simulata nel nostro modello), non è più possibile utilizzare le equazioni menzionate in precedenza perché siamo in presenza di moto vario e non permanente in corrispondenza dei risalti. Occorre allora applicare l'equazione di momento  $\sum F_x = m \cdot a$  ad un elemento di corrente fluida in movimento (fig. 2.7.1.2.5).

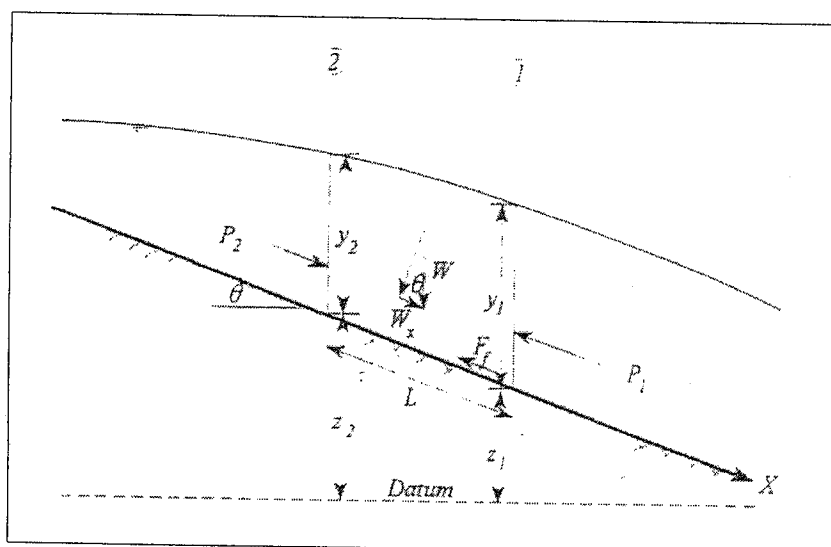


fig. 2.7.1.2.5: Applicazione dell'equazione di momento.

Si ottiene l'equazione:

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

dove

- P : forze risultanti della pressione idrostatica nelle sezioni 1 e 2;
- $W_x$  : componente nell'asse x della forza peso della massa d'acqua considerata;
- $F_f$  : forza di attrito esterno tra le sezioni 1 e 2;
- Q : portata defluente;

$\rho$  : densità dell'acqua;

$\Delta V_x$  : componente nella direzione dell'asse x della differenza di velocità tra la sezione 2 e la 1.

Sostituendo nella precedente le espressioni delle varie grandezze e trascurando la forza di attrito (si può considerarla piccola se l'elemento considerato è piccolo) si ottiene la formulazione risolutiva

$$\frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 = \frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2$$

dove

Q : portata della sezione;

$\beta$  : coefficiente di momento (simile ad  $\alpha$ );

A : area totale di efflusso;

$\bar{Y}$  : profondità del pelo libero dal baricentro dell'area;

g : accelerazione di gravità.

I due membri dell'equazione sono analoghi, potendosi quindi rappresentare come una funzione generale, del tipo

$$SF = \frac{Q^2 \beta}{g A} - A \bar{Y}$$

Questa è la nota funzione G di risalto idraulico, chiamata anche forza specifica (*specific force*): il primo termine rappresenta il momento della corrente esercitato sulla sezione per unità di tempo, è cioè la componente dinamica della spinta, mentre il secondo termine rappresenta la componente statica, cioè l'azione esercitata dalla pressione idrostatica. Entrambi i termini hanno le dimensioni di una forza per unità di peso di acqua considerata.

La procedura di calcolo in generale può essere pertanto riassunta nelle seguenti fasi:

- Definizione della altezza d'acqua alla sezione di partenza;
- Calcolo della velocità e della capacità totale di trasporto in funzione della quota definita del pelo libero;
- Risoluzione dell'equazione esprime le perdite energetiche e definizione della pendenza media tramite i valori determinati al punto precedente;
- Calcolo della quota del pelo libero alla sezione incognita con i valori ottenuti dai 2 punti precedenti;
- Confronto tra il valore  $WS_2$  calcolato e i valori adottati all'inizio.

Nel caso di regime misto, al fine di individuare i risalti idraulici, rientrano nel processo appena descritto anche i seguenti passi:

- Viene calcolato il profilo in condizioni subcritiche, in corrente lenta cioè, a partire dalla condizione al contorno di valle (che vanno preventivamente inserite); in questa fase vengono calcolate le altezze critiche che saranno poi verificate per localizzare il risalto;
- Viene calcolato il profilo in condizioni supercritiche, in corrente veloce, a partire dalla condizione al contorno di monte;
- Il calcolo del profilo in condizioni supercritiche prosegue da monte verso valle, fino a quando si trova una sezione nella quale è possibile sia una situazione supercritica che subcritica (calcolata in precedenza), cioè un possibile passaggio allo stato critico;

a questo punto si valuta quale è la forza specifica  $SF$  maggiore: quella darà la giusta situazione in quella sezione. Ad esempio se la condizione supercritica ha forza specifica maggiore il programma assegna questa condizione alla sezione e prosegue alla sezione immediatamente a valle;

quando viene trovata una forza specifica maggiore per il profilo subcritico, a quella sezione viene assegnato tale profilo, e viene localizzato il risalto tra questa sezione e la precedente.

- Il calcolo riparte verso valle fino a trovare un passaggio allo stato critico.

### 2.7.1.3 Perdite di carico dovute alle pile dei ponti

Le perdite di carico causate da queste strutture eventualmente presenti sono calcolate in due tempi e modalità. Inizialmente si determinano le perdite dovute ad espansione e restringimento della sezione trasversale nelle parti di valle e monte della struttura con il metodo implementato (Standard Step Method) per il calcolo della quota del pelo libero.

In un secondo tempo le perdite sono integrate dal calcolo delle perdite di carico che si verificano nell'attraversamento della struttura, queste ultime determinate con le relative opzioni di calcolo.

Il modello distingue quattro tipi di deflusso possibile in corrispondenza dei ponti (ai fini della simulazione la traversa si comporta come un ponte, con le sue pile, in quanto le paratoie in occasione delle piene sono totalmente alzate):

- Flusso regolare al disotto dell'intradosso;
- Moto in pressione;
- Vena liquida stramazante sul piano rotabile;
- Deflusso combinato (combinazione dei tre precedenti).

### 2.7.1.4 Flusso regolare al disotto dell'intradosso

Viene ora posta l'attenzione sulla procedura di simulazione del flusso attraverso le pile della traversa. Il flusso viene considerato suddiviso in ulteriori sottoclassi a seconda che il ponte sia dotato o meno di pile e del livello raggiunto dal pelo libero (superiore o inferiore all'altezza critica).

L'equazione utilizzata è quella proposta da Koch-Carstanjen, basata sulla risoluzione della seguente equazione di momento:

$$m_1 - m_{p1} + Q^2/gA_1^2 (A_1 - C_D \cdot A_{p1}/2) = m_2 + Q^2/gA_2 = m_3 - m_{p3} + Q^2/gA_3$$

dove:

$A_1, A_3$  : aree liquide alle sezioni di monte e valle, rispettivamente (fig. 2.7.1.4.1)

$A_2$  : area liquida relativa ad una sezione ubicata entro il restringimento dovuto alla struttura (area totale - area occupata dalle pile);

$A_{p1}, A_{p3}$  : area ostruita alle sezioni di monte e valle, rispettivamente;

$Y_1, Y_2, Y_3$  : distanza verticale dal pelo libero al baricentro delle aree  $A_1, A_2, A_3$ ;

$m_1, m_2, m_3 = A_1 Y_1, A_2 Y_2, A_3 Y_3$  rispettivamente;

$m_{p1}, m_{p3} = A_{p1} Y_{p1}, A_{p3} Y_{p3}$ , rispettivamente;

$C_D$  : coefficiente di ingombro legato alla forma delle pile (vedi tab. 2.7.1.4.1);

$Y_{p1}, Y_{p3}$  : distanza verticale dal pelo libero al baricentro delle aree  $A_{p1}, A_{p3}$  rispettivamente;

$Q$  : portata;

$g$  : accelerazione di gravità.



tab. 2.7.1.4.1: Tabella di riferimento dei coefficienti di forma delle pile  $C_D$ .

PIER SHAPE	$C_D$
Circular pier	1,20
Elongated piers with semi-circular ends	1,33
Elliptical piers with 2:1 length to width	0,60
90° triangular nose and tail	1,60
Square nose and tail	1,72

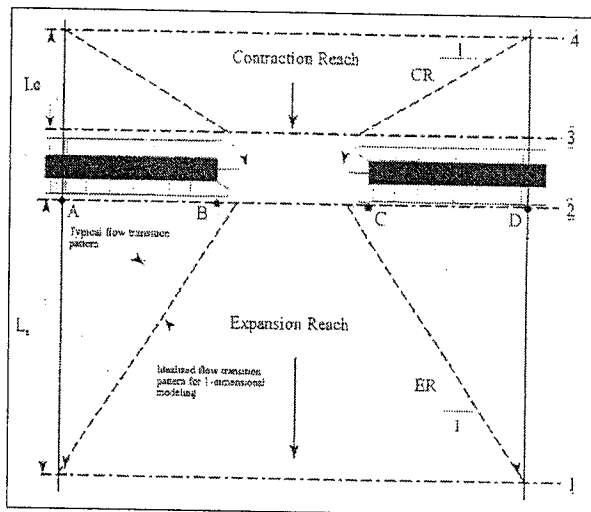


fig. 2.7.1.4.1: Localizzazione delle sezioni in corrispondenza della traversa.

I tre termini dell'equazione di momento rappresentano il momento totale nella strozzatura del tratto in esame, espresso in termini di morfologia del corso d'acqua e profondità della corrente a monte, sul restringimento e a valle del restringimento stesso.

Nel caso in cui la quota del pelo libero si mantenga superiore a quella dell'altezza critica, per determinare la differenza di quota risultante dall'attraversamento della struttura viene utilizzata l'equazione di Yarnell:

$$H_{3-2} = 2 \cdot K \cdot (K + 10\omega - 0,6) \cdot (\alpha + 15 \cdot \alpha^4) \cdot V_2^2 / 2g$$

dove:

$H_{3-2}$  : differenza di carico fra le sezioni di monte e valle della struttura;

$K$  : coefficiente relativo alla forma delle pile di Yarnell (vedi tab. 2.7.1.4.2);

$\omega$  : rapporto velocità/profondità a valle della struttura;

$\alpha$  : area ostruita/area libera;

$V_3$  : velocità a valle della struttura.

tab. 2.7.1.4.2: Tabella di riferimento dei coefficienti di forma delle pile  $K$  di Yarnell.

PIER SHAPE	$K$
Semicircular nose and tail	0,09
Twin-cylinder piers with connections diaphragm	0,95
Twin-cylinder piers without diaphragm	1,05
90° triangular nose and tail	1,05
Square nose and tail	1,25

L'equazione di calcolo delle perdite di carico si ottiene dall'applicazione della equazione dell'energia in punti situati immediatamente a valle del ponte e a monte.

#### 2.7.1.5 Condizioni al contorno per la simulazione

Tra le varie condizioni al contorno necessarie, fondamentale importanza assume la quota iniziale del pelo libero: essa può essere assunta seguendo diversi criteri.

Il più comune è tracciare la scala di deflusso relativamente alla sezione di partenza del profilo tenendo conto dell'interazione eventuale con altri corsi d'acqua e della situazione idraulica delle aree circostanti provvedendo alle maggiorazioni del caso sulla quota qualora intervengano fattori condizionanti di tale entità.

Qualora vi siano manufatti tali da condizionare la relazione portata defluente-carico, come nel caso in esame, sarà l'esame delle quote che possano verificarsi in alveo a fornire le indicazioni sulla quota di partenza per il tracciamento del profilo.

Altre metodologie più raffinate sono basate sul metodo delle secanti per definire la quota di tolleranza nella differenza tra quota presunta e calcolata.

I dati necessari affinché il modello possa produrre l'output desiderato (cioè la quota del pelo libero alle sezioni trasversali desiderate e il profilo di moto permanente) comprendono:

- tipo di corrente (lenta, veloce, mista);
- quota iniziale del pelo libero;
- valore/i di portata;
- coefficienti rappresentativi delle perdite;
- geometria delle sezioni trasversali;
- distanze (golene e alveo principale) tra le sezioni trasversali.

Le opzioni di calcolo riguardano la determinazione del profilo in caso di presenza di strutture in alveo e simulazioni di interventi nelle aree golenali con deviazioni del corso d'acqua o costruzione di arginature.

Determinato il tipo di corrente, la quota iniziale del pelo libero, i valori di portata per cui occorre tracciare i profili di moto permanente, è necessario definire i valori di scabrezza. Il modello utilizzato nelle elaborazioni consente molteplici soluzioni per definire la scabrezza delle singole sezioni trasversali, la qual cosa permette di ridurre moltissimo i margini di dubbio e incertezza legati all'individuazione di questo coefficiente particolarmente importante.

Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente "n" di Manning, e all'equazione di Manning descritta in precedenza, è possibile valutare le perdite di transizione per allargamento/restringimento attraverso i coefficienti di espansione/contrazione, le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti e tombini in seguito alla forma del manufatto, alla configurazione delle pile, al tipo di moto e alle condizioni di imbocco/sbocco. Come accennato in precedenza, il coefficiente di scabrezza può assumere diversi valori in una singola sezione trasversale, al fine di poter rappresentare realisticamente la morfologia della stessa.

Oltre a definire un valore di scabrezza per ciascuna suddivisione (golene, alveo principale) è possibile definire la scabrezza in funzione della progressiva della singola sezione trasversale oppure in funzione della quota raggiunta dal pelo libero.

Nella determinazione dei valori del parametro scabrezza si cerca di correlare quella che è la situazione appurata in situ del corso d'acqua con i risultati delle esperienze condotte dai ricercatori.

La geometria delle sezioni trasversali e la conoscenza del territorio circostante l'area inondabile, unite alla completa definizione dei manufatti che il corso d'acqua incontra lungo il suo percorso, sono sfruttate al meglio dal modello per riprodurre fedelmente le condizioni che in realtà si verificano al defluire della portata in esame.

La collocazione delle sezioni trasversali lungo il corso d'acqua è quindi volta ad individuare le aree effettive di deflusso per distinguerle da quelle ineffettive o che possono venire attivate sotto un determinato carico idraulico.

Tra le varie opzioni di calcolo di cui è dotato il modello numerico in questione è disponibile l'organizzazione dei dati in modo da specificare dette aree inefficaci al deflusso, sia che esse si trovino nelle aree golenali sia che si trovino nel canale principale sotto forma di sedimenti o ostruzioni di qualsivoglia forma.

Le sezioni trasversali sono quindi ubicate in modo da rappresentare non solo l'area immediatamente circostante il corso d'acqua, ma anche la probabile via di piena.

In generale la disposizione planimetrica delle sezioni è effettuata tenendo conto di:

- variazioni nella portata;
- modifiche sostanziali della pendenza di fondo;
- cambiamenti della morfologia del corso d'acqua;
- mutamenti rilevanti nella granulometria e nella copertura vegetale;
- presenza di ponti, traverse, tombini, ostruzioni artificiali.

La distanza fra le varie sezioni trasversali viene specificata come distanza fra le golene (destra e sinistra) e lungo il canale principale di deflusso. La distanza viene stabilita in modo da poter individuare le variazioni delle dimensioni trasversali del corso d'acqua nel caso queste si verificano.

A seconda della morfologia del corso d'acqua e dei manufatti in alveo la presenza delle sezioni può essere o meno infittita.

Il modello numerico è in grado di produrre una notevole quantità di dati di output, mirati a rendere efficace e completa sotto tutti i punti di vista l'analisi del corso d'acqua. I dati di output di maggiore interesse sono quelli relativi alle sezioni trasversali, per le quali è previsto un elenco standard di quaranta variabili per singola sezione volte a definire completamente i parametri fisici.

Il notevole numero di dati permette di avere sotto controllo l'intera fenomenologia idraulica e strutturale che ne deriva. Tra i valori riportati figurano:

Q : portata totale;

Q<sub>LOB</sub>, Q<sub>CH</sub>, Q<sub>ROB</sub> : portata, così ripartita: golena sinistra, canale principale, golena destra;

DEPTH : profondità, misurata come differenza di quota fra pelo libero e punto più depresso nella sezione;

CWSEL : quota calcolata del pelo libero;

CRIWS : quota dell'altezza critica;

WSELK : quota dell'altezza d'acqua, quando costituisce dato di input;

EG : quota dei carichi totali (gradiente energetico);

V<sub>LOB</sub>, V<sub>CH</sub>, V<sub>ROB</sub> : velocità media, così riferita: golena sinistra, canale principale, golena destra;

A<sub>LOB</sub>, A<sub>CH</sub>, A<sub>ROB</sub> : area liquida, così riferita: golena sinistra, canale principale, golena destra;

X<sub>NL</sub>, X<sub>NCH</sub>, X<sub>NR</sub> : coefficiente "n" di Manning riferito rispettivamente a: golena sinistra, canale principale, golena destra;

SLOPE : pendenza della linea dei carichi nella sezione di calcolo;

TOPWIDTH : ampiezza del pelo libero;

L-BANK ELEV : quota della sponda sinistra;

R-BANK ELEV : quota della sponda destra.

I dati raccolti mostrano la distribuzione della massa liquida nelle tre suddivisioni principali della singola sezione trasversale: golena sinistra, alveo (o canale) principale, golena destra.

Il modello è in grado inoltre di fornire:

- stampa delle sezioni, nelle quali viene evidenziato il profilo del terreno così come descritto nel file di input, la quota del pelo libero, la quota dell'altezza critica, la quota della linea dei carichi, la rappresentazione delle strutture in alveo;
- stampa del profilo di moto permanente, creato a partire dalla geometria delle sezioni trasversali, nel quale sono riportati la collocazione delle sezioni trasversali, le distanze progressive, quota del fondo misurata lungo l'alveo principale secondo la linea di thalweg, quota del pelo libero, quota dell'altezza critica, quota della linea dei carichi, quota delle sponde dell'alveo principale, quota del punto più basso tra i punti che individuano la geometria delle sezioni trasversali.

Un ulteriore contributo alla comprensione del fenomeno fisico studiato è fornito dalla creazione di tabelle riassuntive contenenti una notevole quantità di informazioni.

Oltre a tabelle predefinite per l'output di parametri idraulici e morfologici ed alla possibilità di selezionare fra una vasta quantità di variabili relative a condizioni particolari di deflusso (manufatti presenti in alveo), sono disponibili tavole redatte dai maggiori enti statunitensi per il controllo del rischio idraulico (Flood Insurance Study, Guidelines and Specifications, U.S. Department of Housing and Urban Development, Federal Insurance Administration).

### *2.7.1.6 Dati inseriti*

Per ottenere le informazioni che andranno a costituire i dati di input del modello numerico è necessario eseguire un accurato studio del corso d'acqua.

In particolare è necessario un esame approfondito delle aree non solo pertinenti ad alveo e golene, ma anche delle aree ad esse circostanti, al fine di poter individuare al meglio le zone maggiormente soggette a rischio idraulico e consentire una progettazione integrata al meglio con il territorio.

L'ubicazione delle sezioni trasversali nasce da considerazioni di carattere pratico, relative cioè alla situazione attuale di utilizzazione del corso d'acqua e interazione con l'ambiente circostante, e da considerazioni teoriche mirate a compiere un dettagliato studio idraulico del fenomeno di piena ai fini della progettazione delle strutture in alveo.

Per la loro individuazione si è proceduto con la seguente metodologia:

- disposizione planimetria dei manufatti in alveo e in golena;
- determinazione delle caratteristiche morfologiche del tratto di corso d'acqua in studio;
- individuazione di aree omogenee in relazione al parametro scabrezza, determinato in funzione del tipo di materiale lapideo in alveo e della copertura vegetale;
- individuazione di tratti caratterizzati dai valori omogenei di pendenza del fondo alveo e altri parametri idraulici.

Nella scelta dell'ubicazione planimetrica delle sezioni è stata valutata la distanza fra sezioni successive in modo da poter fornire una serie di dati significativi al modello anche nel senso dello sviluppo longitudinale. Infatti è necessario tenere in conto anche la variazione della scabrezza non solo entro una singola sezione trasversale, ma fornire una valida descrizione della sua variazione fra sezione e sezione. Le sezioni principali rilevate per il fiume Sesia sono state 31.

Per quanto riguarda la pendenza di fondo del corso d'acqua, il modello numerico è in grado di determinare questa grandezza secondo procedura di calcolo automatica in funzione della geometria delle sezioni trasversali e della distanza tra sezioni successive.

La pendenza di fondo calcolata e che viene riportata sul profilo di moto permanente è da intendersi riferita alla linea di thalweg.

I calcoli del profilo sono comunque svolti anche in funzione della pendenza di fondo delle aree golenali in quanto le elaborazioni numeriche prevedono la suddivisione del corso d'acqua in tre aree

distinte, ma omogenee, al fine del calcolo del profilo e dei parametri idraulici relativi che sono la golena di destra, di sinistra e il canale principale.

La suddivisione delle sezioni trasversali mediante una griglia di punti (x, y) ripartita nelle tre zone fondamentali di calcolo consente l'individuazione dei principali parametri (portata, velocità, scabrezza) in queste aree di deflusso il che permette di definire completamente le caratteristiche salienti del moto entro l'intera via di piena consentendo di intervenire globalmente e puntualmente.

La determinazione delle aree soggette ad esondazione consente di porre particolare cura nell'individuazione di eventuali vie preferenziali di propagazione della portata defluente.

#### *2.7.1.7 Opzioni di calcolo*

Il modello è dotato di numerose opzioni che permettono di determinare la via di piena (zona maggiormente interessata dal deflusso idrico) nonché calcolare le perdite di energia dovute alla presenza di ostruzioni come soglie di sfioro, tombini e ponti e definire i miglioramenti apportabili con rimodellamenti in alveo.

Possono essere selezionate diverse equazioni al fine di calcolare le perdite di carico, determinare l'altezza critica, calcolare la scabrezza secondo formule dirette.

Il modello può inoltre generare automaticamente sezioni trasversali in un tronco di calcolo interpolando i dati tra le due sezioni di estremità, definire le aree ineffettive al deflusso, analizzare le zone di confluenza fra corsi d'acqua, calcolare l'influenza di un'eventuale copertura di ghiaccio sul pelo libero.

Con un'unica elaborazione si possono calcolare più profili variando la quota iniziale del pelo libero e/o la portata per ciascun profilo di calcolo. Così operando è possibile stabilire, note condizioni iniziali e al contorno, quando il profilo di corrente raggiunge la profondità che gli compete a prescindere dalle quote di tentativo imposte alla sezione iniziale del tracciamento.

#### *2.7.1.8 Aree inefficaci*

Come opzione sono definibili ad esempio le "aree inefficaci al deflusso". Questa opzione è indispensabile quando occorre rimodellare la sezione trasversale per confinare il deflusso entro vincoli (artificiali o naturali) presenti entro lo sviluppo della sezione trasversale.

In questo modo si possono specificare le ostruzioni dovute a sedimenti, gli innalzamenti causati dall'aumento della quota degli argini eventualmente presenti a protezione delle sponde, analizzare gli effetti di sbarramenti golenali e di tutto quanto ubicato nella sezione in studio tale da condizionare il deflusso verso aree preposte.

#### *2.7.1.9 Condizioni di simulazione*

Le condizioni di simulazione sono limitate alla situazione dell'alveo attuale, avendo scelto di inserire le sezioni rilevate senza le parti relative ai fabbricati non interferenti direttamente con l'alveo: in caso di esondazione la via d'acqua ha carattere di moto bidimensionale (ad esempio tra le vie del centro abitato), e non sarebbe correttamente gestibile dal programma di simulazione, che anzi darebbe dei risultati falsati. È parso quindi ragionevole non considerare le case, bensì cercare di ipotizzare il percorso dell'acqua sulla base dei livelli idrici e del piano quotato.

### 2.7.1.10 Condizioni al contorno

Una volta realizzato al calcolatore il modello numerico, è stato utilizzato per simulare il comportamento idraulico dell'asta fluviale schematizzata, al defluire delle portate di piena indagate in precedenza.

Nel modello, le condizioni al contorno utilizzate sono state quelle di valle e di monte, per una migliore caratterizzazione idraulica.

Particolare rilevanza ha in questo caso, la condizione di valle, essendo il modello in corrente lenta.

E' possibile anticipare già ora che le simulazioni, che verranno descritte nel seguito, hanno evidenziato la predominanza dei parametri di scabrezza e di geometria della sezione rispetto alle condizioni al contorno puramente idrauliche, che influiscono viceversa solo in parti limitate agli estremi del modello: il modello cioè si autoequilibra, il che garantisce quindi già di per se dei risultati attendibili. Le condizioni al contorno inserite nelle varie simulazioni verranno riprese e descritte nei paragrafi che seguono.

### 2.7.1.11 Coefficiente di scabrezza

Per il calcolo dei coefficienti di scabrezza si è fatto riferimento al punto 4.8.4 della bozza di discussione del "PIANO STRALCIO PER LA DIFESA IDROGEOLOGICA E DELLA RETE IDROGRAFICA DEL BACINO DEL FIUME PO", "Direttiva tecnica relativa ai criteri generali e alle prescrizioni per la verifica idraulica dei ponti" redatto dalla **AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO**. Con riferimento alla tabella 1 e 2 di tale punto sono stati assunti due valori di scabrezza, uno relativo all'alveo principale, l'altro relativo golene laterali ed alle aree di espansione laterale. Sono stati raggiunti i seguenti risultati, utilizzando in alternativa la formulazione proposta di  $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$  oppure la tabella 2.

Alveo principale		
n0:	0.024	(Alluvione fine)
n1:	0.003	(Trascurabile-Bassa)
n2:	0.000	(Graduale)
n3:	0.009	(Modesto)
n4:	0.005	(Basso)
m5:	1.000	(Modesto)
n:	0.04	1/n= 25

Golene laterali, argini in terra, area di espansione laterale		
n0:	0.028	(Alluvione grossolana)
n1:	0.010	(Moderata)
n2:	0.005	(Variazione occasionalmente)
n3:	0.020	(Apprezzabile)
n4:	0.037	(Alto)
m5:	1.000	(Modesto)
n:	0.100	1/n= 10.00

### 2.7.1.12 Effetto di rigurgito provocato da restringimenti e da pile

L'effetto di rigurgito provocato da eventuali restringimenti della sezione di efflusso causati dai manufatti interferenti in alveo con pile, sono calcolati con il modulo di calcolo di Hec-Ras, che permette l'utilizzo di diverse formule sperimentali adatte allo svolgimento di questi calcoli e di scegliere quella che meglio si adatta al caso in esame.

### 2.7.1.13 Erosioni localizzate attorno alle fondazioni (scalzamento)

L'erosione è provocata dal restringimento che il flusso della corrente d'acqua subisce, per effetto della restrizione dell'area di efflusso causata dalla presenza delle pile, ed anche ed anche l'erosione provocata dalla turbolenza che si crea per effetto delle pile che ostacolano l'efflusso dell'acqua (vedi fig. 2.7.1.13.1)

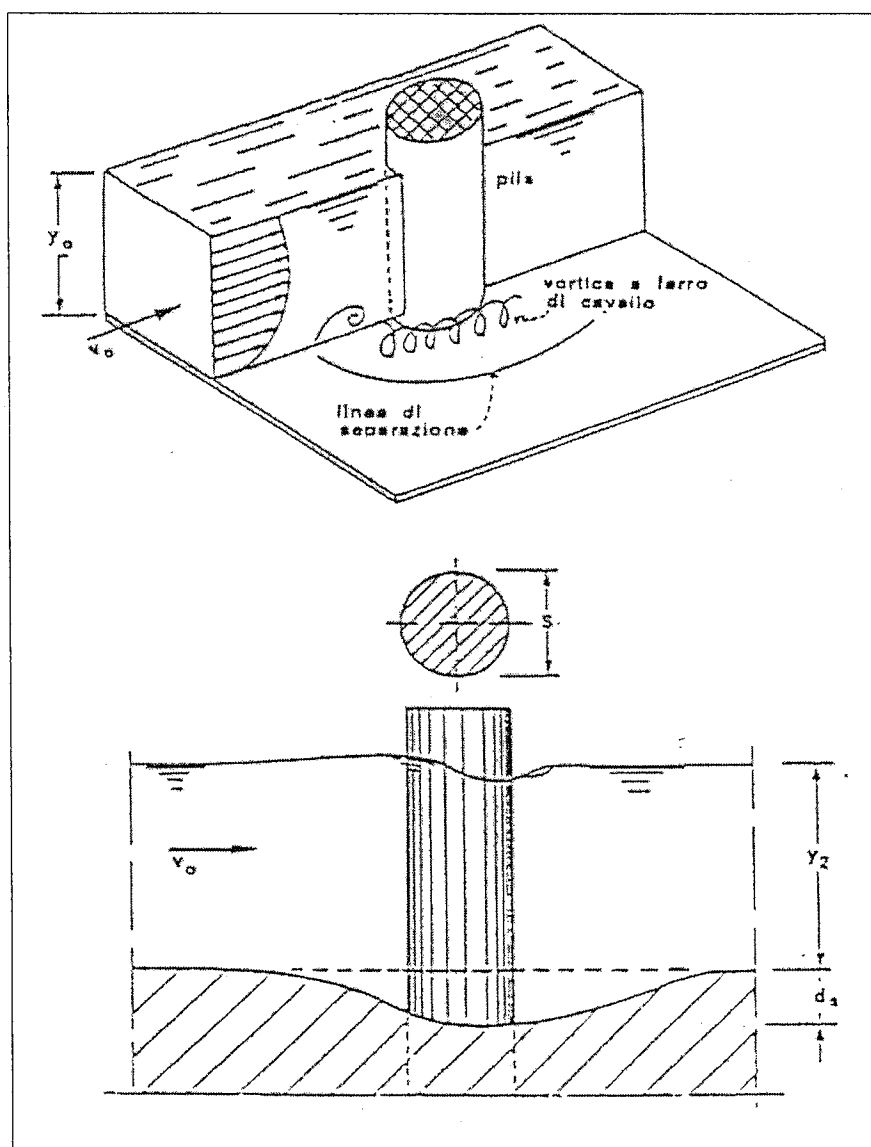


Fig. 2.7.1.13.1: Effetto di erosione provocato dalla presenza delle pile del ponte

Nel caso in esame sono presenti pile, ma non si calcola l'erosione in quanto non direttamente oggetto dello studio né rilevante ai fini del tracciamento delle fasce fluviali, in quanto non si considera l'effetto del trasporto solido.

### 3. SIMULAZIONE DELL'ASTA DEL FIUME SESIA NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI VERCELLI

#### 3.1 Simulazioni con modello numerico

Il modello numerico è stato costruito inserendo le geometrie rilevate, rispettando tutte le assunzioni ed i criteri illustrati in precedenza.

Sono state inserite le sezioni trasversali rilevate, le 3 distanze longitudinali tra loro, misurate in maniera curvilinea, in asse all'alveo, in golena destra ed in golena sinistra (medie), in maniera da descrivere compiutamente la reciproca giacitura. Sono stati altresì inseriti i coefficienti di scabrezza indagati in precedenza ed i coefficienti di contrazione / espansione del flusso idrico tra una sezione e l'altra.

Vengono poi inseriti gli impalcati dei ponti, le sezioni duplicate di controllo sui ponti per la loro caratterizzazione idraulica, i parametri di deflusso e di calcolo dei ponti. Esempi di sezioni ed impalcati inseriti sono visibili nelle figure 3.1.1.

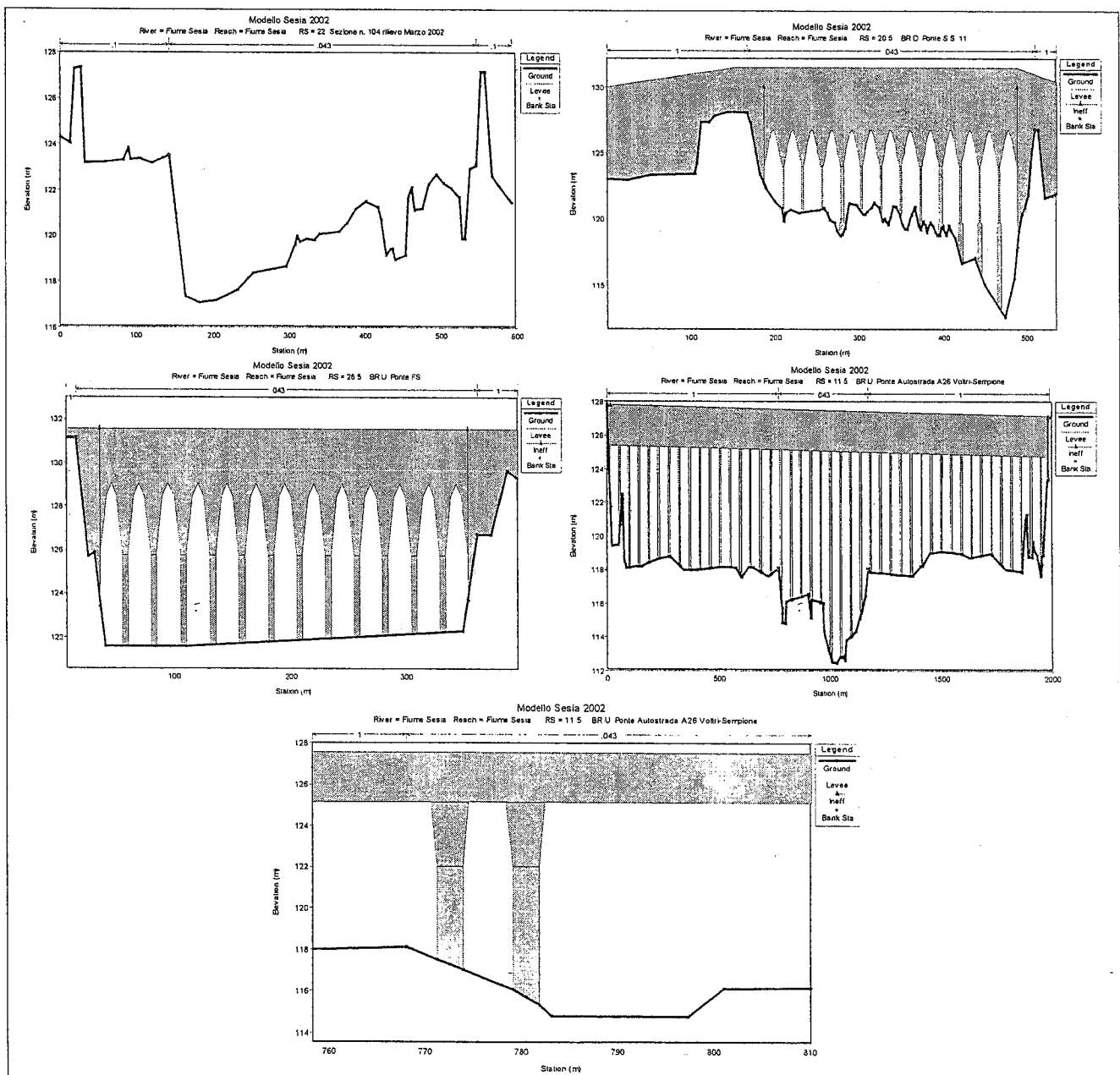


fig. 3.1.1: Alcuni esempi di ponti e guadi inseriti.



Per ultime sono state inserite le portate di piena defluenti, che sono quelle riportate in precedenza (tab. 2.4.1.2).

### 3.1.1 Condizioni al contorno

Come illustrato nei paragrafi precedenti, le condizioni al contorno utilizzate permettono la definizione dei livelli idrici agli estremi del modello.

Nel caso in esame, si è scelto di utilizzare il modello in regime di corrente mista, lenta o veloce, che viene calcolata automaticamente dal programma simulatore. Sono quindi necessarie due tipi di condizioni al contorno, sia di monte sia di valle.

Effettuando le prime simulazioni, si è notato che il modello risulta in corrente lenta, per cui fondamentale è la congruenza e la rispondenza alla realtà della condizione al contorno di valle.

La tipologia di condizioni al contorno di monte utilizzata è stata quella di pendenza di moto uniforme (*normal depth*) che è stata assunta coincidente con la pendenza dell'alveo nel tratto iniziale, mancando in questo tratto sicuri riferimenti di portata e corrispondente livello idrico.

La condizione al contorno di monte inserita è pari a  $5.1362 \times 10^{-04}$  m/m.

L'indagine delle condizioni al contorno di valle è stata effettuata tenendo conto della presenza della traversa di derivazione della roggia Sartirana a Palestro, e dell'asta idrometrica presente su quella traversa.

In corrispondenza di questa traversa infatti, si ha un profilo tipo Creager o similare, che crea per le portate medio-basse un passaggio allo stato critico della corrente, che rende univoco ed ottimale il funzionamento dell'idrometro. Nello scivolo la corrente assume carattere veloce ed a valle, nella vasca di dissipazione, avviene il risalto idraulico, e l'energia dissipata riporta la corrente in regime lento. In queste condizioni le portate sono collegate ai livelli idrici sulla soglia della traversa da una legge di deflusso univoca e proporzionale.

Per le portate di piena rilevanti il risalto nella vasca di dissipazione risulta annegato, e l'idrometro in queste condizioni segnala livelli e portate con una curva di deflusso diversa, che è possibile determinare solo sperimentalmente, perché influenzata da tutta la geometria della sezione, anche esterna ai limiti della traversa.

Se si volesse diagrammare su un unico grafico livello-portata, la curva avrebbe uno scartamento, un gradino verso l'alto, in corrispondenza della portata che crea il rigurgito della traversa.

Le condizioni al contorno di valle che si vuole inserire nel modello sono quelle che assegnano per la data portata, un livello idrico a valle, dal quale il software parte per il calcolo dei successivi tiranti idrici a monte. Per ottenere questo si necessita della curva di deflusso (scala delle portate) della traversa in questione, grazie alla quale si avrà la corrispondenza dei livelli idrici alla traversa con le portate di simulazione.

Le portate indagate nelle simulazioni effettuate, sono tali da provocare sicuramente il risalto annegato, e quindi appartenenti ad una curva di deflusso dello stramazzone rigurgitato, inoltre le condizioni al contorno che si ricercano, affidabili proprio perché derivano da dati di portata e livello misurati sono proprio quelle delle portate per cui si ha risalto annegato alla traversa.

Per ricercare le condizioni al contorno di valle sono stati effettuati quindi i seguenti passi:

- È stato ricercato il valore della portata che provoca il risalto annegato sulla traversa di Palestro, in maniera tale da poter ricostruire la curva di deflusso con regressione statistica solo sulle portate pertinenti, e non influenzare quindi la curva da portate che

appartengono al ramo iniziale della curva di deflusso, che si ha cioè solo per portate minori, e per le quali lo stramazzo non è rigurgitato;

- È stata ricostruita la curva di deflusso dello stramazzo rigurgitato, con le coppie di valori livello-portata disponibili in letteratura (ad esempio *Bollettino Marius edito dalla Regione Piemonte, Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche*), per le quali la portata risulta maggiore della portata di risalto annegato trovata in precedenza;
- Sono state ricavate le condizioni al contorno di valle, imponendo le portate di piena per 20, 50, 100, 200, 500 anni, e ricavando di conseguenza i relativi livelli utilizzando la curva di deflusso.

Per ricercare il valore di portata che provoca il risalto annegato, è stato simulato più volte il modello, imponendo per portate sempre maggiori il passaggio allo stato critico sulla traversa, ed osservando i relativi tiranti idrici sulla traversa.

Per le portate medio-basse si ha una sostanziale corrispondenza tra i tiranti forniti dalla simulazione e quelli misurati e disponibili in letteratura, appartenenti cioè alla curva di deflusso per lo stramazzo non rigurgitato; al salire della portata però, si ha un crescente divario tra i livelli calcolati e quelli di letteratura, ossia lo stramazzo è diventato rigurgitato, e nel modello non ha più senso imporre a valle le condizioni al contorno di passaggio allo stato critico.

Sperimentalmente si è determinato che il “ginocchio” della curva di deflusso si ha intorno ai 1'000 m<sup>3</sup>/s.

La curva di deflusso extrapolata, ha quindi utilizzato solo le coppie livello-portata con portata maggiore di 1000 m<sup>3</sup>/s. (si veda allegato 2 per maggiori dettagli).

Alla luce dei risultati ottenuti quindi, l'estensione a valle del modello fino alla traversa di Palestro, anche se in una parte di territorio del Comune di Palestro e quindi non interessata dal tracciamento delle fasce, ha garantito una assoluta garanzia di ragionevolezza e congruenza dei risultati ottenuti, dovuta anche alle tarature, proprio grazie alle condizioni al contorno di valle desunte in corrispondenza della traversa.

Le condizioni al contorno di valle sono quindi risultate, avendole ottenute dalla curva di deflusso indagata in precedenza, le seguenti:

- Q20 (3300 m<sup>3</sup>/s), quota pelo libero a valle (sulla traversa) pari a 114,53 m.s.l.m;
- Q50 (3900 m<sup>3</sup>/s), quota pelo libero a valle (sulla traversa) pari a 115,07 m.s.l.m;
- Q100 (4400 m<sup>3</sup>/s), quota pelo libero a valle (sulla traversa) pari a 115,52 m.s.l.m;
- Q200 (4900 m<sup>3</sup>/s), quota pelo libero a valle (sulla traversa) pari a 115,97 m.s.l.m;
- Q500 (5500 m<sup>3</sup>/s), quota pelo libero a valle (sulla traversa) pari a 116,51 m.s.l.m;

### 3.1.2 Taratura del modello sull'evento di piena del 14/15 ottobre 2000

Una volta inseriti tutti i dati necessari, il modello numerico è pronto per essere utilizzato, ma per essere sicuri della congruenza dei risultati che fornirà, risulta fondamentale tararlo su di un evento di piena noto, ossia si ricostruisce l'evento di piena noto (portata e condizioni al contorno) e si verifica se ad esempio si ottengono i livelli idrici che si sono verificati in realtà.

Nel nostro caso, l'evento di riferimento è stata la piena del 14/15 ottobre 2000, cui si attribuisce una portata di 3550 m<sup>3</sup>/s (*Rapporto sull'evento alluvionale del 13/16 ottobre 2000 a cura della Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione*), mentre i punti di osservazione dei livelli sono i ponti FF.SS. e della S.S. 11, dove gli scriventi hanno effettuato dei sopralluoghi proprio durante la piena. (fig. 3.1.2.1).

Al fine di evitare fraintendimenti, si evidenzia che sul citato bollettino Marius, nel numero 8 di Dicembre 2001, viene riportata una portata per quell'evento pari a  $2900 \text{ m}^3/\text{s}$ , ma essa è intesa come media giornaliera, così come evidenziato nell'intestazione della tabella delle portate di quel bollettino.

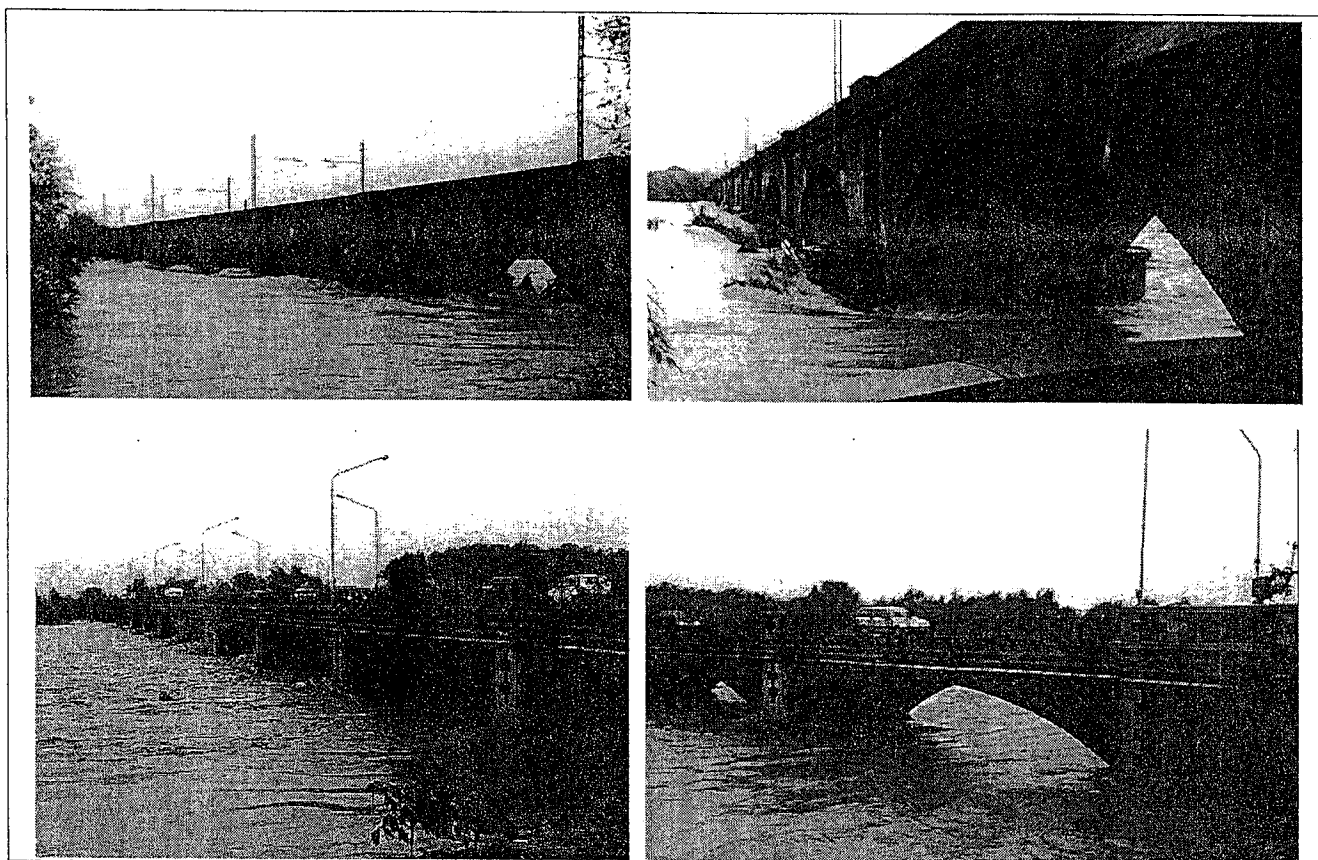


Fig. 3.1.2.1: Ponte FF.SS. della linea TO-MI e ponte della S.S. 11 Vercelli-Novara durante la piena del 14/15 ottobre 2000, cui si attribuisce una portata di  $3550 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nelle simulazioni di taratura, si è operato sulla scabrezza del canale di deflusso principale (alveo di magra) per ottenere al ponte della ferrovia e della statale gli stessi livelli riscontrati in occasione di quell'evento. La portata di taratura è stata di  $3550 \text{ m}^3/\text{s}$ , con la condizione di valle desunta dalla stessa curva di deflusso indagata in precedenza.

Si è ottenuto un valore di scabrezza finale pari a 0.043 di Manning (23,46 di Strickler), partendo come già evidenziato, da un valore di 0,04 (25 di Manning), avendo cura di ottenere al ponte della S.S. 11 un livello idrico per la piena suddetta pari a circa 15-20 cm sotto il pulvino del ponte, quota che si è verificata in realtà, come visibile nella foto di fig. 3.1.2.1.

Le simulazioni definitive hanno utilizzato questi valori di scabrezza, le portate di piena e le condizioni al contorno esposte in precedenza.

### 3.2 Analisi dei risultati ottenuti e tracciamento delle Fasce di Esondazione

Il programma di simulazione fornisce tabulati e diagrammi dei vari profili idrici per vari tempi di ritorno, nonché diagrammi e tabulati delle sezioni trasversali, compresa la distribuzione di velocità dell'acqua lungo la sezione trasversale, che viene utilizzata per il calcolo rigoroso della Fascia di Esondazione A. Detti risultati sono visibili nei dettagli nell'Allegato 3 alla presente relazione, mentre a titolo di esempio, nelle figure che seguono, viene presentato il profilo del fiume Sesia per la portata duecentennale ottenuto (fig. 3.2.1) ed alcuni ponti modellizzati.

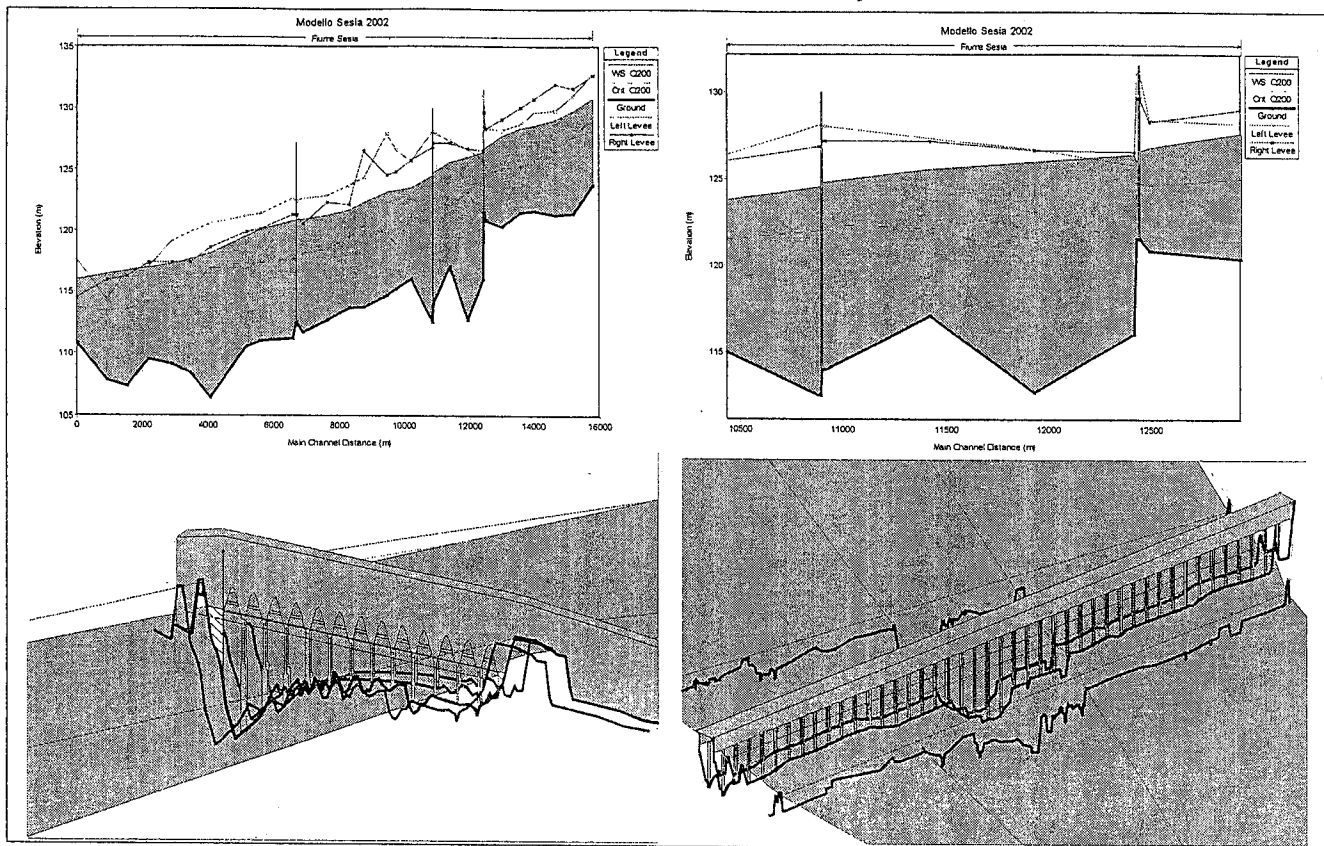


Fig. 3.2.1: Profilo idraulico del fiume Sesia ottenuto dalle simulazioni.

Le simulazioni hanno evidenziato una sostanziale adeguatezza degli argini per le portate simulate, in tante sezioni anche per la portata cinquecentenaria.

In alcune sezioni, nella parte iniziale e centrale del modello, si hanno esondazioni laterali, con fronti di altezza dell'ordine delle decine di centimetri, provocate per lo più da abbassamenti localizzati degli argini, mentre solo nella parte finale del modello, ma già in territorio comunale di Palestro, si hanno fronti di esondazione più gravosi.

Come già anticipato, i risultati delle simulazione sono visibili in allegato 3. Tali tabulati sono stati utilizzati per il tracciamento delle fasce fluviali, in base alle considerazioni generali che verranno espone nei prossimi paragrafi.

### 3.2.1 Definizione delle fasce di esondazione B e C

Il tracciamento delle fasce di esondazione si effettua sulla base delle indicazioni fornite dall'Autorità di Bacino del fiume Po nel documento *"Piano stralcio delle fasce fluviali – Allegato 3 alle Norme di attuazione. Metodo di delimitazione delle fasce fluviali. Adottato con deliberazione n. 26/97 del 11 dicembre 1997"*.

Lo schema di riferimento che si adotta è indicato schematicamente in figura 3.2.1.1.

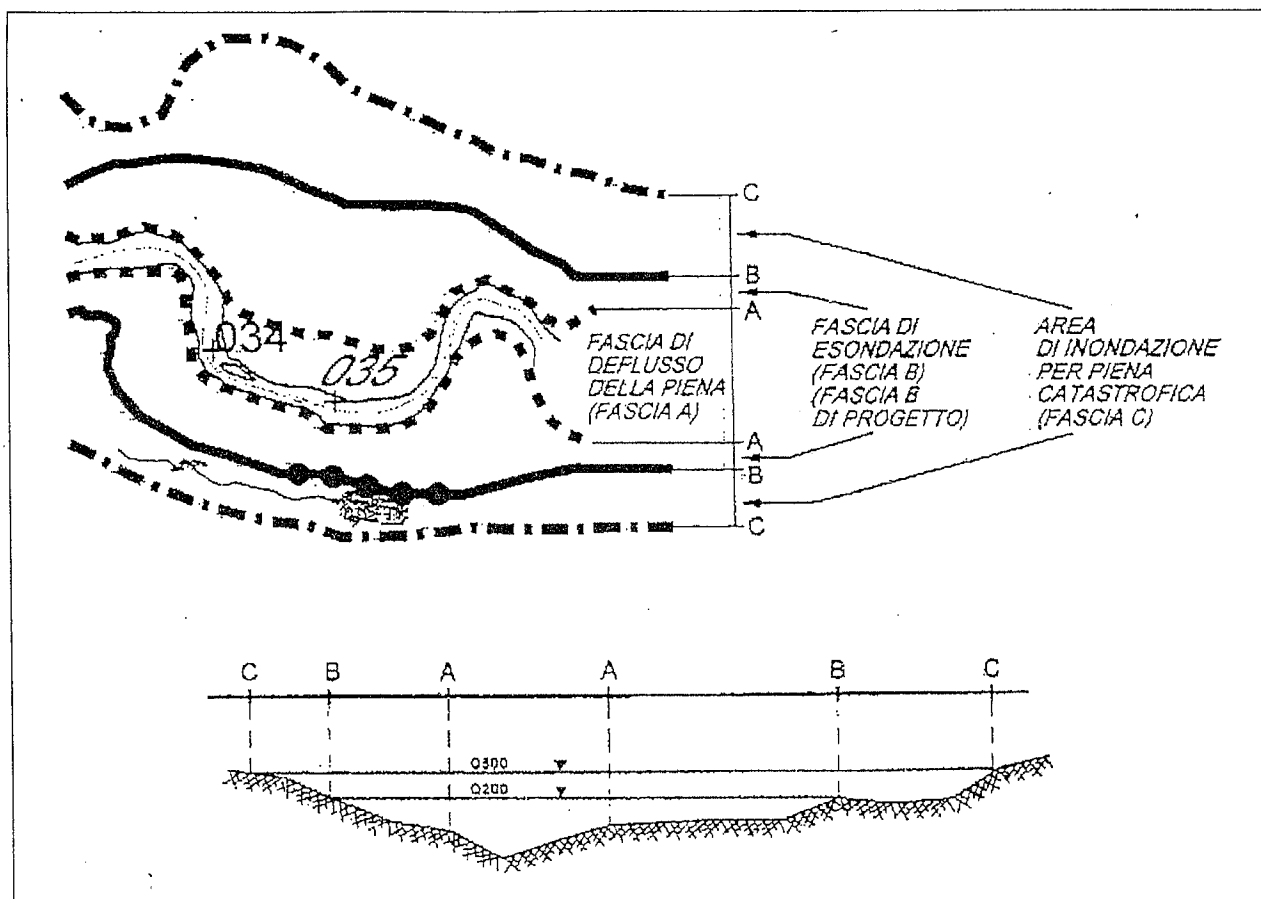


fig. 3.2.1.1: Schema esplicativo per la delimitazione delle fasce, pianta e sezione.

Come si nota il livello della portata duecentennale definisce la fascia B, mentre la piena catastrofica con tempo di ritorno di 500 anni definisce la fascia C.

Per la Fascia di esondazione (Fascia B) si assume come portata di riferimento la piena con TR di 200 anni. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

La delimitazione sulla base dei livelli idrici va integrata con:

- le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
- le aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.

Per l'Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C) si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

Nel caso in esame invece, come già accennato, la fascia C è stata tracciata nel caso più sfavorevole utilizzando i livelli della piena duecentennale, considerando l'assenza degli argini, ed andando quindi a delimitare le fasce lungo l'alveo, includendo le zone a quota inferiore alla quota del corrispondente livello idrico della Q200 della sezione trasversale più prossima: in questo senso la fascia C si può considerare di tipo "morfologico".

### 3.2.2 Definizione della fascia di esondazione A

Il tracciamento della fascia A segue sempre lo schema di figura 3.2.1.1 e quanto definito nel citato Allegato 3 dell'Autorità di Bacino, che dispone nell'art. 2 "Assunzioni per la delimitazione delle fasce fluviali" che per Fascia di deflusso della piena (Fascia A) si assume la delimitazione più ampia tra le seguenti:

- fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0.4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
- limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati).

Il procedimento citato viene effettuato utilizzando i dati delle simulazioni. Il modello numerico infatti, fornisce i dati dei flussi della corrente in varie subsezioni della sezione trasversale principale (vedasi fig. 3.2.2.1 dove sono visibili graficamente le varie velocità della corrente, e tabellati i valori di tali velocità ed altri parametri, tra cui i limiti sinistro e destro della subsezione).

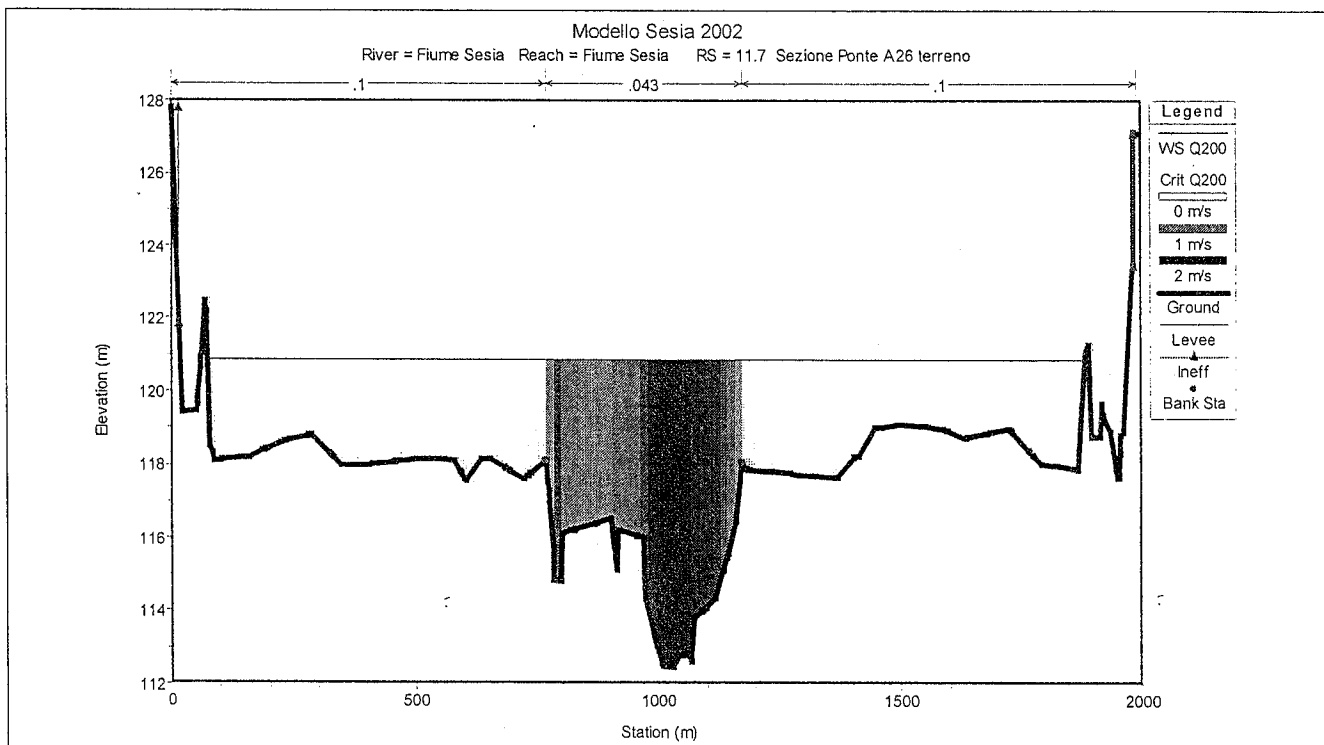


fig. 3.2.2.1.a: Immagine di una sezione trasversale con la divisione in subsezioni (varie fasce colorate). Ad ogni diverso colore corrisponde una diversa velocità media della corrente.

E' quindi possibile trovare quella porzione di sezione trasversale che soddisfa entrambi i requisiti proposti. In pratica si opera come segue:

- Si individuano le due subsezioni di destra e sinistra esterne alla quali i valori di velocità sono minori di 0,4 m/s (che vanno sicuramente comprese in fascia A);
- Si calcola la somma del contributo percentuale al deflusso della portata Q200 di tutte le subsezioni comprese tra le due di estremità precedentemente determinate;

- Se la somma è maggiore dell'80% gli estremi trovati sono quelli della fascia, altrimenti si estende passo-passo in destra e sinistra la fascia, finché la somma di contributi è maggiore dell'80%;
- In qualche caso il procedimento sopra descritto ha delle variazioni in quanto il moto permanente "riempie" le golene delle sezioni trasversali d'acqua con lo stesso livello che in alveo (aggiungendo teoricamente portata, l'ipotesi di base del moto permanente appunto) e quindi se la golena esternamente si abbassa ad esempio, ci si ritrova ad avere velocità crescenti verso l'esterno della sezione, fenomeno che in realtà non avviene perché fuoriuscendo dagli argini la lama d'acqua si deprime: in tal caso la sezione viene valutata specificamente, con il ricorso al piano quotato ed alla piena trentennale, che viene assunta, anche in base alla letteratura ed alla pratica ingegneristica, come indicativa per il tracciamento della fascia A.

The screenshot shows a software window titled "Flow Distribution Output" with a menu bar (File, Type, Options, Help) and several input fields: River (Fiume Sesia), Profile (0200), Reach (Fiume Sesia), and Riv. Sta (16). Below the inputs is a table with the following data:

Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m <sup>3</sup> /s)	Area (m <sup>2</sup> )	W.F. (m)	% Conv	Hyd. D. (m)	Velocity (m/s)
303.70	316.95	0.16	1.06	2.30	0.00	0.51	0.15
LB 316.95	339.67	73.41	69.19	24.91	1.50	3.04	1.06
339.67	362.40	40.20	46.47	22.72	0.82	2.04	0.87
362.40	385.12	32.92	41.21	22.72	0.67	1.81	0.80
385.12	407.84	27.53	37.02	22.72	0.56	1.63	0.74
407.84	430.57	39.88	47.28	24.02	0.81	2.08	0.84
430.57	453.29	97.82	80.31	23.51	2.00	3.53	1.22
453.29	476.01	162.96	107.62	22.73	3.33	4.74	1.51
476.01	498.74	174.89	112.27	22.72	3.57	4.94	1.56
498.74	521.46	280.73	150.35	23.19	5.73	6.62	1.87
521.46	544.18	386.95	180.98	22.78	7.90	7.96	2.14
544.18	566.91	247.57	138.93	22.98	5.05	6.11	1.78
566.91	589.63	177.66	113.64	22.88	3.63	5.00	1.56

fig. 3.2.2.1.b: Esempio di dati di flusso della corrente delle varie subsezioni calcolati dal programma di simulazione. Nelle prime due colonne grigie di sinistra sono presenti i limiti delle subsezioni. L'ultima colonna di destra è la velocità media della subsezione.

Considerazioni aggiuntive inoltre, sono state effettuate sezione per sezione, in quanto i dati del modello, proprio perché in moto permanente e non vario, servono per un primo tracciamento della fascia, che va verificato in base ai dati di letteratura ed in base alle fasce già esistenti.

Nel caso in esame, nella parte iniziale del modello la fascia A è sostanzialmente contenuta entro gli argini, mentre esondazioni rilevanti sono state evidenziate solo nella parte finale del modello, quindi solo nel territorio del Comune di Palestro. Di conseguenza non è stato necessario per il tracciamento, applicare il procedimento di ricerca della fascia A in base alle velocità delle subsezioni.