

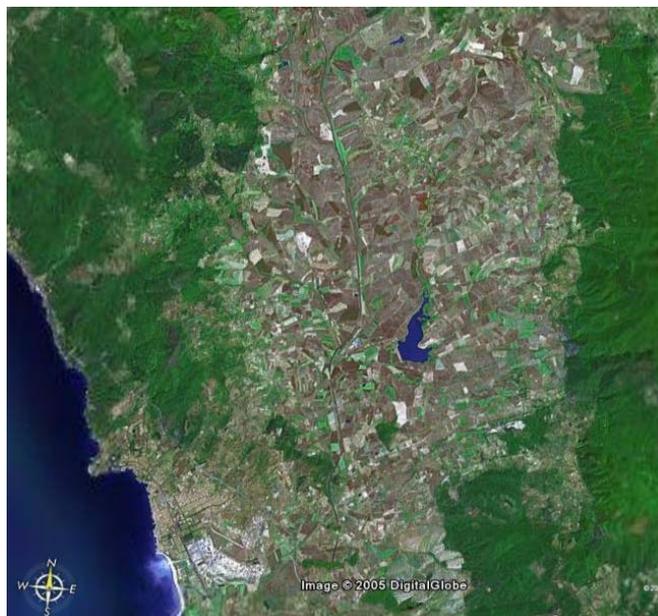
COMUNE DI ROSIGNANO MARITTIMO

Provincia di Livorno

COMUNE DI SANTA LUCE

Provincia di Pisa

REGIMAZIONE IDRAULICA DEL FIUME FINE



PROGETTO PRELIMINARE

Committente:



SOLVAY CHIMICA ITALIA S.p.A.
Via Piave, 6 - 57013 Rosignano Solvay (LI)

Progettazione:



H.S. Ingegneria S.r.l.

Via Don Aldo Mei 64k, 55012 Capannori (LU)

e.mail: hsingegneria@tin.it

Tel. Fax: 0583-429514

Ing. Simone Pozzolini

*Ordine degli ingegneri della
Provincia di Firenze n.4325*

ELABORATO
D

**Valutazione del rischio da
dinamica sedimentaria**

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA DINAMICA SEDIMENTARIA

1. Caratteristiche geomorfologiche generali.....	2
2. Rischio da colate detritiche (debris flow) nel bacino	5
3. Rischio di frana all'interno delle aree destinate a casse di espansione.....	5
4. Rischio di frana in alveo per crolli di sponda.....	5
5. Potenziale erosivo e apporti solidi dal bacino	6
6. Dinamica sedimentaria del tratto terminale del Fine e dei torrenti Savolano e Sanguigna	7
7. Rischio da fenomeni di sovralluvionamento ed effetti della diga di Santa Luce.....	16
8. Interazioni tra gli interventi proposti e la dinamica sedimentaria dei corsi d'acqua.....	17
9. Sezioni singolari e tratti geomorfologicamente critici.....	19
10. Interazioni fra fenomeni di rischio idraulico e fenomeni di rischio geomorfologico	23
10.1 Analisi di primo livello.....	23
10.1.1 Interventi nel tratto terminale del Fine	23
10.1.2 Cassa di espansione sul torrente Savolano	27
10.2 Analisi di secondo livello	28
10.2.1 Interventi nel tratto terminale del Fine	31
10.2.2 Cassa di espansione sul torrente Savolano	35
10.2.3 Allegati: risultati simulazioni	38

1. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI

Il bacino del fiume Fine è delimitato dal bacino del Cecina a sud e ad est, e dal bacino dell'Era a nord. Sul lato ovest è delimitato dallo spartiacque dei monti livornesi.

Si tratta di un bacino prevalentemente collinare. I rilievi maggiori sono costituiti dalle cime dei monti livornesi, di poco superiori a 400 metri e dalle alture di Castellina Marittima, che raggiungono i 674 m.s.l.m. con il monte Vitalba. Le pendenze dei versanti sono piuttosto limitate. Dall'analisi delle isoipse si nota come più della metà dell'area del bacino si trovi a quota inferiore ai 200 m.s.l.m. (all'incirca il 52% dell'area totale del bacino). La fascia compresa tra le quote 200 e 300 m.s.l.m. occupa il 38% della rimanente area, mentre la fascia a quota superiore a 300 m.s.l.m. occupa la rimanente area ubicata principalmente in prossimità dei monti di Castellina.

Il bacino idrografico del Fine, di area pari a circa 167.97 Km², ha forma compatta e densità di drenaggio piuttosto elevata, indice di suoli a bassa permeabilità. L'asta principale ha una lunghezza di circa 29.5 km.

Il Fine nasce a nord di Santa Luce. Nel primo tratto del suo corso scorre con direzione est-ovest, dopodiché nei pressi di località Molinaccio cambia direzione seguendo un orientamento nord-sud ed immettendosi poi nell'invaso artificiale Solvay, posto in località Casacce nel comune di Santa Luce. Il bacino sotteso a monte dell'invaso è di 40.4 km².

A valle dell'invaso Solvay il Fine riceve il suo maggior affluente, il torrente Savolano, dopodiché scorre con alveo molto incassato tra la statale 206 e la ferrovia Collesalveti-Vada fino ad aggirare la collina di Rosignano Marittimo, sottopassando la Statale 206.

A valle del ponte sulla 206 il Fine riceve il torrente Marmolaio, suo secondo maggior affluente, ed inizia il suo corso nella pianura costiera, caratterizzato da pendenze ridotte e presenza di numerosi meandri, prima di immettersi in mare con foce a estuario.

L'alveo del Fine si presenta generalmente inciso nei depositi alluvionali di fondo valle, con presenza di tratti arginati solo nel tratto terminale in corrispondenza dello stabilimento Aniense e degli attraversamenti della linea ferroviaria Livorno-Roma e della vecchia Aurelia.

Il reticolo idrografico principale è riportato nella tavola 1 (unitamente ai principali sottobacini) ed è stato ricavato dalla cartografia 1:10000 della Regione Toscana. Esso può essere considerato formato da tre sottobacini principali: quello del Fine stesso a monte della confluenza con il Savolano e quelli dei suoi due affluenti principali: il Savolano ed il Marmolaio.

Il principale affluente del Fine è il Savolano, il cui bacino ricopre una superficie di 48.91 Km². Il principale affluente del Savolano è il Botro della Sanguigna, con un'area drenata pari a 18.04 Km². Dopo il Savolano per importanza troviamo il Marmolaio, il cui bacino ricopre una superficie complessiva di 29.33 Km². Principale affluente del Marmolaio è il torrente Pescera, di area drenata pari a 12.13 Km².

Per le caratteristiche geologiche generali del bacino si rimanda alle allegate relazioni idrologica e geologica.

L'analisi geomorfologica del bacino effettuata seguendo l'approccio di Horton (Paris, Aminti, 1995) basandosi su cartografia 1:25000 fornisce un valore del rapporto di biforcazione pari a 2.99, del rapporto di lunghezza pari a 2.43 e del rapporto delle aree pari a 3.37.

Bacino	S (kmq)	Pendenza media di bacino	L asta principale (km)	Pendenza asta principale	Magnitudine rete	Diametro rete
Savolano	27.718	0.155526	12.73	0.010998	102	31
Vallicella	0.707	0.144600	1.04	0.001250		
Savolano 1	0.045	0.067500	0.24	0.001240		
Savolano 2	0.133	0.073500	0.44	0.001230		
Savolano 3	0.187	0.129600	0.92	0.001250		
Sanguigna	18.084	0.193918	8.23	0.016201	67	21
Riasco	3.080	0.204981	4.28	0.044860	16	14
Giunca	2.719	0.203384	3.07	0.052117		
Acquabona	2.136	0.232140	2.59	0.039640		
Ricavo	5.820	0.087727	6.04	0.015120	8	6
Gonnellino	9.192	0.204659	8.02	0.027764	19	12
Canale	3.783	0.142051	3.72	0.020430	12	8
Fine 1	1.583	0.070456	3.52	0.006390		
Fine 1A	0.283	0.097000	0.65	0.006350		
Fine 2	2.145	0.107259	1.19	0.001930		
Fine 3	1.831	0.166461	1.63	0.009020		
Fine 4	1.680	0.187500	1.57	0.000637		
Fine 5	2.984	0.146937	2.15	0.000465		
Fine 6	3.456	0.054815	1.92	0.002340		
Fine 7	0.916	0.015000	2.06	0.000728		
Pescera	12.125	0.260530	8.62	0.055684	57	24
Pescera 1	1.465	0.110792	2.00	0.008000		
Marmolaio	15.741	0.248266	11.13	0.035340	93	33
Lespa	10.130	0.222883	10.00	0.035200	63	31

Tabella 1: caratteristiche dei sottobacini e degli affluenti principali del fiume Fine

L'analisi seguente viene svolta a scala di bacino del Fine, ma con particolare riferimento al tratto del Fine compreso tra la confluenza con il Savolano e lo sbocco a mare ed ai tratti terminali del torrente Savolano e del Botro della Sanguigna. Queste zone rivestono infatti la maggior importanza per gli interventi previsti per la riduzione del rischio idraulico.

2. RISCHIO DA COLATE DETRITICHE (DEBRIS FLOW) NEL BACINO

In base agli studi di numerosi autori (ad esempio Seminara e Tubino, 1993) la situazione di maggior rischio per l'innescò di colate detritiche si ha in piccoli bacini idrografici, di area generalmente inferiore a 5 kmq, per pendenze dell'alveo superiori a 15° ($\tan 15^\circ = 0.2679$) ed area scolante a monte del tratto considerato superiore a 5 ha. Nel bacino devono inoltre essere presenti notevoli depositi di detriti oppure potenziali fenomeni franosi.

Nei sottobacini del fiume Fine non sono presenti tali condizioni sia per quel che riguarda le pendenze medie delle aste principali dei vari sottobacini (sempre inferiori a 0.06), sia per quel che riguarda eventuali accumuli di materiale detritico posti in situazioni morfologicamente a rischio. Possono essere presenti occasionali placche detritiche con estensione limitata e poste in posizione tale da non indurre particolare pericolo.

3. RISCHIO DI FRANA ALL'INTERNO DELLE AREE DESTINATE A CASSE DI ESPANSIONE

Non sono segnalate situazioni a rischio di frana all'interno delle aree poste sul Botro della Sanguigna e sul torrente Savolano in cui è prevista la realizzazione di casse di espansione. Si tratta di aree generalmente pianeggianti o debolmente acclivi, in cui anche a seguito di fenomeni di invaso e di svaso delle acque a seguito della realizzazione degli sbarramenti delle casse non sono da temere fenomeni gravitativi significativi. Per approfondimenti si rimanda all'allegata relazione geologica.

4. RISCHIO DI FRANA IN ALVEO PER CROLLI DI SPONDA

Il materiale delle sponde dei corsi d'acqua sia per quel che riguarda i tratti finali del Botro della Sanguigna e del Savolano che per quel che riguarda il tratto del Fine a monte della SS206 e quello che scorre nella pianura alluvionale è caratterizzato dalla presenza abbondante di materiali coesivi limosi - argillosi, visibile anche dalla sensibile pendenza delle sponde.

Le sponde del Savolano e della Sanguigna sono ricoperte da vegetazione piuttosto fitta con presenza prevalente di macchie di arbusti ma anche con alberi.

Anche le sponde del Fine fino a poco tempo fa erano interessate da folta vegetazione, in particolare nel tratto a monte della statale 206. Recenti interventi di manutenzione delle sponde da parte del Consorzio di Bonifica delle Colline Livornesi hanno tuttavia asportato buona parte della vegetazione riparia lungo il corso d'acqua.

Lungo le sponde dei corsi d'acqua in esame sono presenti limitati fenomeni erosivi di degradazione diffusa e piccole frane da scivolamento rotazionale (più marcate lungo il basso corso del Savolano) con volumi tuttavia generalmente limitati e non sufficienti ad indurre condizioni di rischio sedimentario od a causare ostruzioni significative dell'alveo. D'altronde la pendenza bassa dei corsi d'acqua in esame è insufficiente a propagare colate di fango anche in presenza di eventuali frane in alveo.

5. POTENZIALE EROSIVO E APPORTI SOLIDI DAL BACINO

Dal punto di vista della produzione di sedimenti si possono individuare tre macrozone principali: la parte di bacino a monte della diga Solvay, il bacino del Savolano e degli affluenti minore del Fine ed il bacino del Pescera-Marmolaio.

La fossa tettonica della Val di Fine è stata colmata in gran parte da depositi pleistocenici e pliocenici prevalentemente di origine marina e da depositi miocenici. Si ha la presenza di una serie di formazioni piuttosto omogenee costituite da argille, marne e marne argillose mioceniche. Particolare rilevanza sul comportamento idrologico del bacino idrografico hanno le argille azzurre plioceniche che coprono in gran parte i versanti collinari fino al limite delle alluvioni di fondo valle. I sedimenti che hanno origine dall'erosione di tali formazioni sono generalmente molto fini, con granulometria limoso-argillosa. Nella parte alta del bacino del Marmolaio e del bacino del Fine a monte della diga di Santa Luce sono presenti formazioni del Dominio Ligure, da cui può aversi produzione di sedimenti a granulometria maggiore di tipo sabbioso-ghiaioso.

Nel suo complesso il bacino del Fine è comunque caratterizzato dalla dominanza di formazioni argillose e da un uso del suolo prevalentemente seminativo agricolo.

Considerando più in dettaglio le tre macrozone prima introdotte è possibile fare le seguenti osservazioni.

La diga Solvay intercetta praticamente tutto il trasporto solido proveniente da monte. Sui suoi effetti si tornerà in seguito.

Per quel che riguarda le altre zone nei due periodi di precipitazione più intensa, tipicamente i periodi autunnali e primaverili, si hanno coperture del suolo diverse. Nel periodo autunnale in particolare si hanno le precipitazioni di maggiore intensità che già in passato (1993, 1949) hanno causato eventi di notevole criticità. In tale periodo gran parte delle aree del bacino del Fine si trovano con uso del suolo a maggese nudo (ovvero nella fase in cui il terreno viene lavorato e preparato per la semina), oppure con le colture nella fase di germinazione. Nella fase di maggese è lecito attendersi una considerevole erosione del suolo. Si tratta tuttavia principalmente di materiali fini di natura argillosa o limosa. Tali materiali non causano particolari rischi una volta raggiunto l'alveo dei vari corsi d'acqua del bacino in quanto il loro trasporto avviene generalmente in sospensione come portata solida di dilavamento (*wash load*, descritta di seguito) e non partecipa alla dinamica dell'alveo. Esso non sarà quindi causa di potenziali fenomeni di sovralluvionamento che sono legati essenzialmente al deposito in alveo di particelle di dimensioni maggiori.

Sedimenti di dimensioni maggiori possono provenire dal bacino del Marmolaio, nella cui parte superiore affiorano formazioni del Dominio Ligure. Da tali zone è teoricamente lecito attendersi un apporto di materiale solido con frazioni anche sensibili di materiale sabbioso e ghiaioso. Tuttavia data la limitata estensione di tali aree in rapporto alla superficie complessiva del bacino del Fine, considerando anche che la parte superiore del bacino del Marmolaio è ricoperta da boschi (e quindi a minor rischio di erosione), sono da attendersi apporti di materiale solido limitati e tali da non creare rischi di sovralluvionamento a valle. Ciò è confermato anche da campioni del materiale d'alveo del Fine raccolti a valle della confluenza con il Marmolaio per la redazione dello studio Paris-Aminti, commissionato dalla Provincia di Livorno nel 1995: tale materiale presenta infatti frazioni ridotte di sedimenti sabbiosi e ghiaiosi (si veda il paragrafo successivo).

Nel bacino alla data attuale non sono presenti aree con elementi di alterazione del suolo significative, come le aree percorse da incendio. Peraltro essendo l'uso del suolo prevalentemente agricolo con coltivazioni a cereali dopo la fase di trebbiatura del periodo di

giugno la copertura vegetale del suolo è limitata a stoppe che in caso di incendio non sono in grado di generare significative variazioni delle caratteristiche di erosività dei suoli né di produrre quantitativi significativi di detriti.

Nelle zone più alte del bacino (alture di Castellina Marittima, colline di Rosignano Marittimo e colline di Orciano) si ha anche presenza di aree boscate in buono stato di conservazione. Da tali aree poste ai margini del bacino idrografico non è ragionevole attendersi apporto di detriti vegetali e materiale flottante nelle aree di fondovalle.

Si può invece avere in condizioni di piena presenza di detriti vegetali a causa dell'asportazione di vegetazione di sponda con debole apparato radicale, ramaglie e tronchi di alberi secchi. Si tratta di fenomeni inevitabili in condizioni di piena, che possono essere fortemente ridotti con una periodica manutenzione dei corsi d'acqua. Peraltro considerando che generalmente non si hanno accumuli significativi di materiale vegetale in prossimità dei corsi d'acqua dei bacini del Fine tali fenomeni rimangono nell'ambito dell'ordinarietà.

6. DINAMICA SEDIMENTARIA DEL TRATTO TERMINALE DEL FINE E DEI TORRENTI SAVOLANO E SANGUIGNA

In linea generale il trasporto solido di un corso d'acqua può essere suddiviso in tre diversi contributi:

Portata solida per dilavamento (*wash load*): è costituita da materiale solido trasportato in sospensione, di dimensioni più piccole di quelle significativamente presenti nell'alveo del corso d'acqua. Tale materiale deriva in gran parte dal denudamento del bacino e dall'erosione di sponde coesive. Nella letteratura tecnica si assume che tale portata sia dovuta a materiali di diametro inferiori al d_{10} della curva granulometrica del materiale d'alveo (diametro tale che il 10% dei sedimenti d'alveo ha dimensioni inferiori a d_{10}). In alternativa si assume che tale portata sia dovuta a particelle di diametro inferiore a 0.062 mm, valore che separa convenzionalmente i sedimenti sabbiosi da quelli limosi ed argillosi.

Lo *wash load* è costituito da particelle solide la cui velocità di sedimentazione è così bassa che esse vengono trasportate in sospensione a velocità approssimativamente uguali a quelle della corrente liquida anche in presenza di portate defluenti minime. La loro sedimentazione avviene soltanto in caso di forte riduzione della velocità per tempi sufficientemente lunghi.

Portata solida per erosione del materiale d'alveo (*bed material load*): è la portata solida che ha importanza dal punto di vista della dinamica del corso d'acqua, relativa a sedimenti che si trovano nell'alveo in misura significativa. Collegandosi a quanto prima detto in proposito del *wash load* tale portata sarà costituita da particelle con diametro maggiore di d_{10} o seguendo l'altra definizione data da particelle con diametro $d > 0.0062$ mm (sedimenti sabbiosi e ghiaiosi).

A seconda della modalità di trasporto solido si distingue tra:

- portata solida in sospensione (*suspended load*);
- portata solida al fondo (*bed load*).

Si tratta della tipologia di trasporto cui fanno riferimento le ordinarie formule di trasporto solido in sospensione ed al fondo reperibili nella letteratura tecnica.

La figura seguente riporta la distinzione tra le diverse modalità di trasporto solido previste nei corsi d'acqua:

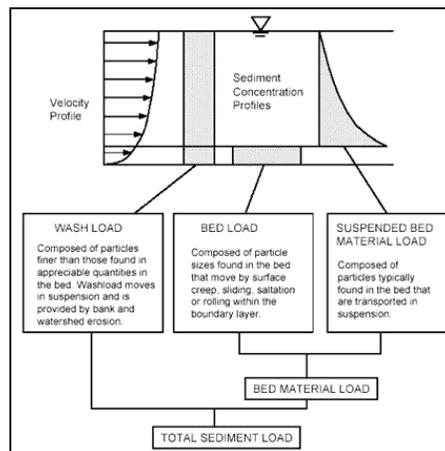


Figura 2: differenti modalità di trasporto solido dei corsi d'acqua

Dal punto di vista geomorfologico è la *bed material load* che è il responsabile primario delle tendenze evolutive del corso d'acqua, mentre lo *wash load* è concettualmente legato alle particelle fini provenienti dall'erosione dei versanti e della sezione trasversale e non ha effetto apprezzabile sulla morfologia dell'alveo.

Nel bacino del Fine (ed in particolare nel bacino del Savolano) i suoli sono prevalentemente argillo-limosi, per cui la maggior parte del materiale affluente ai corsi d'acqua in esame ha dimensioni estremamente ridotte così che una pur minima portata liquida è capace di trasportare tale materiale in sospensione. Il trasporto di tale frazione fine non è legato alle caratteristiche idrodinamiche della corrente ed alla capacità di trasporto del corso d'acqua, che generalmente risulta di gran lunga superiore all'apporto di materiale fine proveniente dall'erosione di bacino. Al contrario il *bed material load* è intimamente legato alle caratteristiche idrodinamiche della corrente e la sua entità è legata alla disponibilità di materiale solido in alveo.

Da un punto di vista qualitativo, in base all'analisi delle formazioni geologiche presenti nel bacino, della natura dei suoli e delle caratteristiche dei corsi d'acqua si può prevedere che la modalità di trasporto solido prevalente sia legata al trasporto in sospensione, con sensibili quantità di portata solida per dilavamento (*wash load*). Come detto precedentemente fa eccezione a questa tendenza generale il bacino del Marmolaio – Pescera, in cui si ha una presenza apprezzabile di sedimenti ghiaiosi.

Per effettuare un'analisi più dettagliata delle modalità di trasporto solido nei corsi d'acqua di interesse (ed in particolare nel Fine) si può fare utile riferimento ai campioni di materiale d'alveo riportati nello studio di Paris e Aminti commissionato dalla Provincia di Livorno. Gli Autori hanno prelevato lungo il corso del Fine 6 campioni di materiale d'alveo: 2 a monte della SS 206, 2 nella pianura costiera, 1 in prossimità della foce ed 1 relativo al materiale di spiaggia. I dati relativi ai vari campioni sono i seguenti:

N. campione	Diametro mediano d_{50} (mm)	Diametro medio d_m (mm)	Ubicazione
S1	0.2306	0.2436	Sezione in corrispondenza della foce del Fine
S2	0.0901	0.0938	Sezione a monte di circa 180m della confluenza Fine-Ricavo
S3	0.1588	0.1438	Sezione a valle di circa 200m della confluenza Fine-Pescera
S4	0.2662	0.2550	Sezione in corrispondenza del ponte Consorzio Agrario
S5	0.4335	0.4613	Sezione a valle di circa 200m della confluenza Fine-Savolano
S6	0.2223	0.2157	Materiale di spiaggia

Tabella 2: caratteristiche dei campioni di materiale d'alveo del Fine prelevati da Paris e Aminti

In base alle curve granulometriche riportate nello studio citato si evince come il materiale presente in prossimità della foce (S1) sia sabbia fine con tracce di limo. Nella pianura alluvionale di Rosignano Solvay si ha ancora materiale sabbioso fine, ma con maggiori tracce di limi ed argille (S2) e (S3). Nel tratto a monte della SS 206 (campioni S4 e S5) si ha la presenza in alveo di sabbie a granulometria media, con lievi tracce di ghiaia fine e limo. In prima approssimazione ed in assenza di dati diretti le caratteristiche granulometriche dei campioni S4 e S5 possono essere ritenute affini alle caratteristiche granulometriche degli alvei del Botro della Sanguigna e del Savolano nel loro tratto terminale, benché in tali corsi d'acqua si abbia presenza di sedimenti a granulometria minore.

Partendo da tali dati granulometrici si sono valutate le caratteristiche del trasporto solido nei tre tratti di maggiore interesse per lo studio: i tratti terminali della Sanguigna e del Savolano in cui sono previste le casse di espansione ed il tratto del Fine compreso tra la variante Aurelia ed il complesso dei tre attraversamenti finali (ponte FS Livorno-Roma, ponte vecchia Aurelia e attraversamento condotte Solvay).

Per semplicità si sono considerate delle grandezze medie rappresentative dei tratti in esame, ricavate in base alle sezioni rilevate e riportate nelle tavole di progetto allegate (sezioni 1-26 per il Fine, 1-13 per il Savolano, 1-12 per la Sanguigna).

Per ogni singolo corso d'acqua l'alveo è stato assunto prismatico a sezione trapezia con pendenza e scabrezza costanti lungo il tratto considerato. La portata assunta come significativa della dinamica d'alveo è la portata di modellamento, che nella letteratura tecnica viene generalmente posta pari alla portata a piene rive (*Q bankfull*, ovvero portata che si ha quando l'altezza d'acqua è pari all'altezza delle sponde dell'alveo inciso) od alla portata con tempo di ritorno all'incirca biennale. Nel seguito si è fatto riferimento alla prima definizione della portata di modellamento.

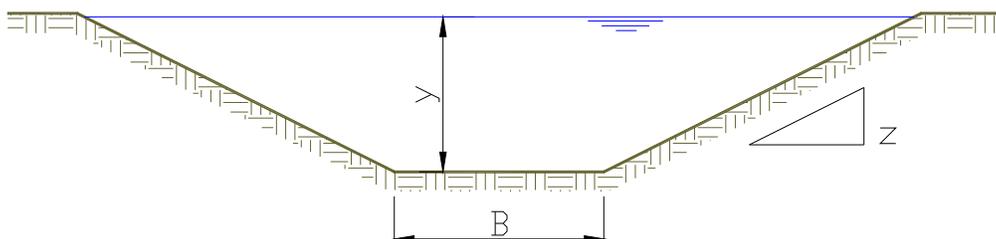


Figura 3. sezione trapezia tipo assunta per il calcolo della modalità di trasporto solido

Definite le caratteristiche idrauliche e sedimentologiche medie del tratto in esame per la valutazione della tipologia di trasporto solido si sono confrontate tra loro la velocità di sedimentazione ω e la velocità di taglio u^* .

Per l'esecuzione dei calcoli è stato approntato un foglio di calcolo elettronico. I calcoli vengono dettagliati nel seguito, assieme ai dati caratteristici dei tre corsi d'acqua nei tratti esaminati.

Introdotte le grandezze:

d_{50} (m)	diametro mediano della particella solida
u^* (m/sec)	velocità d'attrito
δ (m)	spessore strato limite laminare

τ (kg/mq)	tensione tangenziale media sulla sezione
τ_c (kg/mq)	tensione tangenziale critica dei sedimenti d'alveo
d^*	diametro adimensionale della particella solida
ω (m/sec)	velocità di sedimentazione
Re^*	numero di Reynolds dei sedimenti
Θ	tensione adimensionale di Shields
ϑ_{cr}	valore critico della tensione adimensionale di Shields
R_p	diametro caratteristico (o di attrito)
T (C°)	temperatura dell'acqua
ν (mq/sec)	viscosità cinematica dell'acqua
γ (kg/mc)	Peso specifico dell'acqua
γ_s (kg/mc)	Peso specifico dei sedimenti d'alveo
R_B	rapporto di aspetto della sezione trasversale
Q (mc/s)	portata defluente
R (m)	raggio idraulico
S_f	pendenza della linea dell'energia
S_0	pendenza della linea di fondo
z	scarpa delle sponde (H:V)
n (sec/m ^{1/3})	coefficiente di scabrezza di Manning
Fr	numero di Froude della corrente
B (m)	base minore della sezione trapezia
y (m)	altezza liquida della sezione trapezia
A (mq)	area liquida della sezione trapezia
U (m/sec)	velocità della corrente
Q_b (mc/sec)	portata di piene rive (Q bankfull)
Fr	numero di Froude della corrente
C (m)	contorno bagnato

Valgono le seguenti relazioni tra le grandezze idrauliche e sedimentologiche:

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S_0} = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S_f}$$

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} = \sqrt{gRS_f}$$

$$Re^* = \frac{u^* \cdot d_{50}}{\nu}$$

$$\omega = \frac{8v}{d_{50}} \left[\left(1 + \frac{d_*^3}{72} \right)^{0.5} - 1 \right]$$

$$d_* = d_{50} \left[\frac{\left(\frac{\gamma_s - 1}{\gamma} \right) g}{v^2} \right]^{1/3}$$

$$R_p = \frac{\sqrt{\left(\frac{\gamma_s - 1}{\gamma} \right) g d_{50}^3}}{v}$$

$$\vartheta = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d_{50}}$$

$$\vartheta_{cr} = 0.22 \cdot R_p + 0.06 \cdot \exp(-17.77 \cdot R_p^{-0.6})$$

$$\delta = \frac{11.6 \cdot u^*}{v}$$

per valutare la presenza di trasporto in sospensione si ha che:

$$\frac{u^*}{\omega} \geq 1 \Rightarrow \text{presenza di trasporto solido in sospensione}$$

per valutare la modalità di trasporto prevalente si ha che:

$$\frac{u^*}{\omega} \leq 0.4 \Rightarrow \text{prevalente trasporto solido al fondo}$$

$$0.4 < \frac{u^*}{\omega} \leq 2.5 \Rightarrow \text{trasporto solido al fondo ed in sospensione}$$

$$\frac{u^*}{\omega} > 2.5 \Rightarrow \text{prevalente trasporto solido in sospensione}$$

FIUME FINE						
PROPRIETA' DELL'ACQUA						
γ (kg/mc)	T (°C)	ν (mq/sec)				
1000	20	1.002E-06				
PROPRIETA' DEI SEDIMENTI						
γ_s (kg/mc)	γ'_s (kg/mc)					
2650	1650					
d_{50} (m)	Class. granulometrica con rif. al d_{50}					
0.0000901	Sabbia					
d^*	ω (m/sec)	R_p	$\vartheta_{cr}(R_p)$	τ_c (kg/mq)		
2.3	0.007	3.434	0.105	0.0156		
CARATTERISTICHE DELL'ALVEO E DELLA CORRENTE						
z(H:V)	B (m)	A (mq)	C (m)	R (m)	n (sec/m ^{1/3})	S_0
1.2	18.42	98.532	31.54	3.124	0.035	0.00217217
y (m)	U (m/sec)	Q_b (mc/sec)	S_f	Fr		
4.2	2.846	280.385	0.00217217	0.49		
y/d_s	Tipo di scabrezza	R_B	Tipo di corrente	δ (m)	Re*	Tipo di deflusso (con rif. al d_{50})
46614.87	microscabrezza	5.59	tridimensionale	0.00005	23.20	stato di transizione
MODALITA' DI TRASPORTO SOLIDO						
u^* (m/sec)	τ (kg/mq)	$(\gamma_s - \gamma)d_s$ (kg/mq)	ϑ	u^*/ω		
0.258	6.79	0.15	45.64	36.81		
Presenza di trasporto solido in sospensione			Modalità di trasporto solido prevalente			
si			trasporto in sospensione			

TORRENTE SAVOLANO						
PROPRIETA' DELL'ACQUA						
γ (kg/mc)	T (°C)	ν (mq/sec)				
1000	20	1.002E-06				
PROPRIETA' DEI SEDIMENTI						
γ_s (kg/mc)	γ'_s (kg/mc)					
2650	1650					
d_{50} (m)	Class. granulometrica con rif. al d_{50}					
0.0004335	Sabbia					
d^*	ω (m/sec)	R_p	$v_{cr}(R_p)$	τ_c (kg/mq)		
11.0	0.063	36.240	0.033	0.0237		
CARATTERISTICHE DELL'ALVEO E DELLA CORRENTE						
z(H:V)	B (m)	A (mq)	C (m)	R (m)	n (sec/m ^{1/3})	S_0
1.2	5.84	20.81212	13.31	1.564	0.04	0.004046966
y (m)	U (m/sec)	Q_m (mc/sec)	S_f	Fr		
2.39	2.143	44.599	0.004046966	0.51		
y/d_s	Tipo di scabrezza	R_B	Tipo di corrente	δ (m)	Re*	Tipo di deflusso (con rif. al d_{50})
5513.26	microscabrezza	3.64	tridimensionale	0.00005	107.81	idraulicamente scabro
MODALITA' DI TRASPORTO SOLIDO						
u^* (m/sec)	τ (kg/mq)	$(\gamma_s - \gamma)d_s$ (kg/mq)	v	u^*/ω		
0.249	6.33	0.72	8.85	3.98		
Presenza di trasporto solido in sospensione			Modalità di trasporto solido prevalente			
si			trasporto in sospensione			

BOTRO DELLA SANGUIGNA						
PROPRIETA' DELL'ACQUA						
γ (kg/mc)	T(°C)	ν (mq/sec)				
1000	20	1.002E-06				
PROPRIETA' DEI SEDIMENTI						
γ_s (kg/mc)	γ'_s (kg/mc)					
2650	1650					
d_{50} (m)	Class. granulometrica con rif. al d_{50}					
0.0004335	Sabbia					
d^*	ω (m/sec)	R_p	$v_{cr}(R_p)$	τ_c (kg/mq)		
11.0	0.063	36.240	0.033	0.0237		
CARATTERISTICHE DELL'ALVEO E DELLA CORRENTE						
$z(H:V)$	B (m)	A (mq)	C (m)	R (m)	n (sec/m ^{1/3})	S_0
1.2	4.44	17.568	11.94	1.472	0.04	0.003467942
y (m)	U (m/sec)	Q_m (mc/sec)	S_f	Fr		
2.4	1.905	33.463	0.003467942	0.46		
y/d_s	Tipo di scabrezza	R_B	Tipo di corrente	δ (m)	Re*	Tipo di deflusso (con rif. al d_{50})
5536.33	microscabrezza	3.05	tridimensionale	0.00005	96.80	idraulicamente scabro
MODALITA' DI TRASPORTO SOLIDO						
u^* (m/sec)	τ (kg/mq)	$(\gamma_s - \gamma)d_s$ (kg/mq)	v	u^*/ω		
0.224	5.10	0.72	7.14	3.57		
Presenza di trasporto solido in sospensione			Modalità di trasporto solido prevalente			
si			trasporto in sospensione			

Come si nota dai calcoli effettuati nei tre corsi d'acqua in esame si ha prevalenza nella dinamica d'alveo di trasporto solido in sospensione, come era intuitivo attendersi. I corsi d'acqua con prevalente trasporto solido in sospensione sono peraltro caratterizzati da un punto di vista geomorfologico da una certa stabilità e quindi da basso rischio da dinamica d'alveo. Tale aspetto è evidenziato dal seguente diagramma qualitativo di Schumm: i tratti del Savolano, della Sanguigna e del Fine esaminati ricadono essenzialmente nella tipologia di corsi d'acqua (3a), caratterizzata da prevalente trasporto in sospensione, aspetto meandrico ed alta stabilità della conformazione plano-altimetrica.

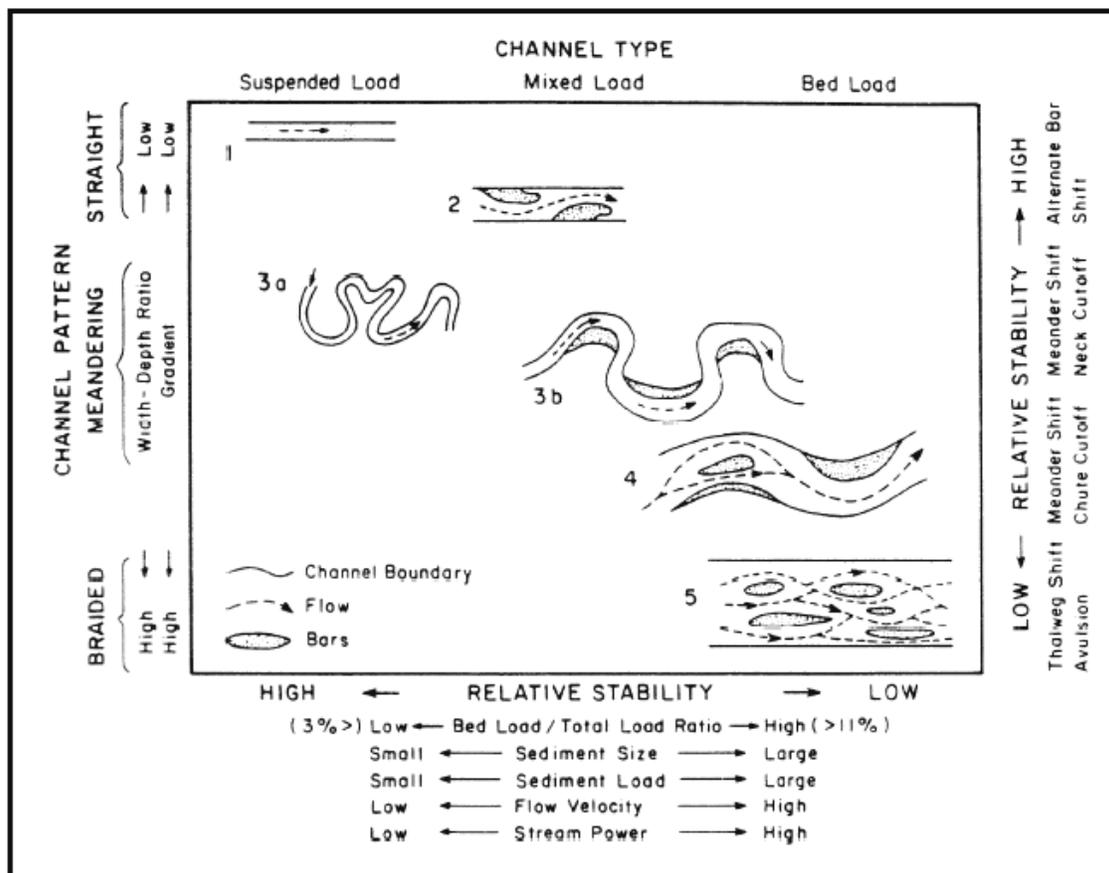


Figura 4: diagramma qualitativo di stabilità di Schumm

Per quel che riguarda la relazione tra la dinamica del litorale e la dinamica dei corsi d'acqua interessati i campioni prelevati presso la foce e la spiaggia limitrofa evidenziano come gli apporti di materiale solido di granulometria sabbiosa dal Fine siano molto limitati. Ciò come detto dipende principalmente dalle caratteristiche geologiche del bacino. Studi precedenti (riportati anche nella documentazione a corredo del nuovo Piano Strutturale del Comune di Rosignano) mostrano come gli apporti solidi dovuti agli scarichi di sabbie carbonatiche dello stabilimento Solvay abbiano di gran lunga l'importanza maggiore sulla dinamica del litorale, come dimostrano anche il particolare aspetto ed il nome (Spiagge Bianche) del tratto di costa in esame.

7. RISCHIO DA FENOMENI DI SOVRALLUVIONAMENTO ED EFFETTI DELLA DIGA DI SANTA LUCE

In base a quanto sopra esposto si nota come i corsi d'acqua del bacino del Fine siano caratterizzati da trasporto solido prevalentemente in sospensione, con notevoli quantità di *wash load* (materiale limoso-argilloso). In tale situazione rischi da dinamica d'alveo derivanti da fenomeni di sovralluvionamento sono da escludere, in quanto tali fenomeni sono legati essenzialmente al trasporto di materiale a granulometria più grossa od al verificarsi di colate detritiche.

I sopralluoghi effettuati lungo il corso del Fine e dei suoi affluenti principali, Savolano, Sanguigna, Pescera e Marmolaio non hanno evidenziato fenomeni di deposito o situazioni tali da poter indurre rischi da dinamica di sovralluvionamento. Non vi sono significative barre fluviali dovuti a depositi di sedimenti, forme sedimentarie tipiche dei corsi d'acqua con tendenza al deposito.

Le situazioni di deposito presenti sono essenzialmente legate alla normale dinamica fluviale dei corsi d'acqua naturali ad andamento meandriforme o pseudo rettilineo, che prevede l'alternarsi sulle sponde di aree locali di sedimentazione ed erosione. La presenza di sedimenti ghiaiosi risulta significativa solo sul Pescera e Marmolaio.

I fenomeni di sedimentazione di maggiore importanza nel bacino avvengono essenzialmente in corrispondenza del bacino della Diga Solvay di Santa Luce ed in prossimità della foce a mare del fiume.

L'accumulo di sedimenti all'interno della diga Solvay è destinato a ridurne la capacità di invaso. Ciò presenta interesse limitato ai fini del rischio idraulico in quanto le attuali modalità di gestione della diga da parte del Concessionario non prevedono comunque la destinazione di un'aliquota del volume di invaso a fini di laminazione delle portate di piena.

Nelle simulazioni idrologiche condotte si è ipotizzato cautelativamente che all'istante iniziale delle precipitazioni di progetto esaminate la diga di Santa Luce fosse già piena, con quota del pelo libero pari alla quota di massima regolazione. Vi è comunque da rilevare come la diga, a seconda dell'effettivo grado di riempimento che si ha al verificarsi di un evento di piena, possa comunque effettuare una sensibile laminazione dei deflussi provenienti da monte.

La diga di Santa Luce, arrestando il trasporto solido proveniente dal bacino di monte (che ha un'area di circa 40.4 kmq) può essere causa di fenomeni erosivi nel corso del Fine a valle dello sbarramento.

Dall'analisi di campo delle condizioni delle sponde del corso d'acqua e delle fondazioni dei manufatti presenti sul corso del Fine a valle della diga la tendenza all'erosione sembra tuttavia piuttosto limitata. Ciò può essere spiegato dal fatto che a valle della diga il Fine riceve i suoi due affluenti principali: il Savolano (con bacino di area 49.96 kmq) ed il Marmolaio (con bacino di area pari a 29.31 kmq), e gli apporti solidi che da questi derivano. La tendenza erosiva è inoltre contrastata dalla coesione dei sedimenti di sponda. Pertanto non si ritiene sussistano particolari condizioni di rischio ad essa legate.

In corrispondenza della foce del Fine si ha la presenza di un'altra area di deposito, con la formazione nel periodo estivo di una barra di foce. Tale barra durante le ordinarie piene invernali del corso d'acqua viene rimossa piuttosto facilmente, essendo costituita da materiali fini trasportati dal corso d'acqua e da sabbie carbonatiche Solvay. Il materiale fine limoso-argilloso viene asportato anche dalle correnti marine. Si ritiene pertanto che la barra di foce non costituisca fonte di rischi particolari in condizioni di piene eccezionali.

8. INTERAZIONI TRA GLI INTERVENTI PROPOSTI E LA DINAMICA SEDIMENTARIA DEI CORSI D'ACQUA

Nella valutazione di possibili interazioni si distinguono due diverse situazioni legate rispettivamente a condizioni di deflusso ordinarie (cioè alla normale dinamica sedimentaria dell'alveo) ed a condizioni eccezionali, rappresentate da eventi di piena duecentennali.

Per la valutazione delle caratteristiche del trasporto solido in condizioni ordinarie si fa riferimento alla portata geomorfologicamente più significativa, la portata dominante (o portata di modellamento) precedentemente definita.

Casse di espansione sul Savolano e sulla Sanguigna. Tali interventi vengono trattati congiuntamente, considerando che la tipologia delle opere da realizzare è la stessa (casse a bocca tarata) e viste le similitudini esistenti tra le caratteristiche geologiche dei due bacini.

Le casse di espansione a bocca tarata funzionano essenzialmente inducendo a monte un profilo di rigurgito di rigonfiamento che causa il rallentamento della corrente e l'invaso nelle aree golenali con condizioni di deflusso in un alveo a sezione composta costituito da un canale centrale e da aree golenali laterali.

In generale in una sezione composta le particelle di dimensioni maggiori (sedimenti ghiaiosi e sabbie grosse) si muovono nell'alveo centrale, in cui le velocità della corrente sono maggiori. Le particelle di dimensioni minori (sedimenti argillosi, limosi e sabbie fini) si muovono in sospensione all'interno dell'intera sezione composta. Il deposito di tali particelle fini può avvenire solitamente soltanto nelle aree golenali dove le velocità sono ridotte. Inoltre la possibilità di tali particelle di sedimentarsi è direttamente legata alla permanenza delle acque nelle aree golenali.

Con riferimento alla portata di modellamento l'effetto delle casse sul trasporto solido è senz'altro limitato in quanto il restringimento della sezione fluente operato dalla sezione a bocca tarata investe principalmente le aree golenali, lasciando nell'alveo centrale l'apertura di regolazione dei deflussi, che ha larghezza paragonabile alle attuali larghezze al fondo dei corsi d'acqua in esame e consente il passaggio dei sedimenti verso valle.

Per quel che riguarda invece il funzionamento delle casse con riferimento a piene duecentennali (o simili) l'effetto di rallentamento della corrente è più sensibile e le aree golenali della Sanguigna e del Savolano sono invase dalle acque di piena. Sono quindi teoricamente possibili depositi di sedimenti, che tuttavia saranno estremamente limitati, in considerazione dei seguenti fattori:

- le piogge critiche per i bacini del Savolano e della Sanguigna a monte delle casse (e quindi le durate delle relative onde di piena) hanno durata di poche ore.
- il trasporto solido complessivo dei due corsi d'acqua riguarda essenzialmente materiali fini di natura limoso -argillosa. Inoltre nelle aree golenali il trasporto solido interessa esclusivamente le frazioni più fini del materiale trasportato dalla corrente. Tali particelle sono caratterizzate da velocità di sedimentazione basse (e quindi tempi di deposito lunghi) e dalla tendenza a non adattarsi immediatamente alle variazioni delle condizioni idrodinamiche che sono presenti lungo il percorso (in proposito nella letteratura tecnica è stato introdotto il concetto di lunghezza di adattamento).

Nelle aree golenali si potranno avere quindi solo limitati depositi di sedimenti al deflusso della portata duecentennale.

Depositi di materiale possono teoricamente verificarsi anche nell'alveo centrale a monte della sezione di controllo. Tali depositi possono tuttavia essere costituiti soltanto da materiali sabbiosi-ghiaiosi, dato che nell'alveo centrale si ha comunque una certa velocità della corrente pur se rallentata dalla sezione di controllo. Essendo piuttosto limitate le frazioni sabbiose e ghiaiose anche gli eventuali depositi avranno lieve entità.

Nel caso ve ne sia il bisogno gli eventuali depositi potranno essere asportati con normali operazioni di manutenzione. Tuttavia, vista la prevalenza del trasporto in sospensione sia nella Sanguigna che nel Savolano, i depositi di sedimenti non saranno mai di entità tale da compromettere il funzionamento delle casse né da indurre possibili situazioni di rischio nelle aree limitrofe. L'argomento verrà ulteriormente dettagliato nel seguito, per dimostrare l'assenza di fenomeni di rischio da sovralluvionamento.

Per quel che riguarda possibili fenomeni erosivi essi normalmente interessano soltanto le aree d'alveo in immediata prossimità della sezione di controllo delle casse (cioè delle aperture negli sbarramenti), zone in cui la corrente accelera sensibilmente. Per evitare rischi di erosione la sezione di controllo verrà opportunamente protetta.

In conclusione si può dire che non sussistono condizioni perché la realizzazione delle opere di laminazione possa determinare incrementi di rischio nelle aree di monte o valle per effetti legati a fenomeni di trasporto solido.

Arginature a protezione dello stabilimento Solvay: si tratta fundamentalmente di un intervento di rinforzo e risagomatura degli argini esistenti, che hanno dimensioni insufficienti a far fronte ad un evento duecentennale. Essendo le arginature poste nell'area golenale del Fine ed interessate dalle acque soltanto in occasione di eventi di piena notevoli la loro influenza ai fini della dinamica dell'alveo è trascurabile sia con riferimento alla portata dominante che con riferimento alla portata duecentennale.

Interventi per la messa in sicurezza di Vada (adeguamento attraversamenti esistenti e realizzazione nuove arginature): si tratta di interventi che hanno lo scopo di riportare il corso d'acqua ad una situazione di naturalità con deflussi ordinari che avvengono nell'alveo centrale e deflussi in condizioni di piene notevoli che interessano anche le aree golenali.

Per quel che riguarda l'attraversamento delle condotte Solvay la sua eliminazione ed il passaggio in attraversamento subalveo delle condotte non fa che migliorare la situazione di smaltimento delle portate liquide e solide per qualsiasi portata proveniente da monte.

Per i due attraversamenti stradali e ferroviario l'intervento di ampliamento della sezione defluente avverrà nelle aree golenali, attualmente ostruite dai rilevati delle due infrastrutture. L'intervento previsto non influenza quindi l'ordinaria dinamica d'alveo (legata come detto alla "portata di piene rive", *Q bankfull*) ed in condizioni di piena duecentennale con deflusso che avverrà anche nelle aree golenali si avrà un miglioramento notevole della situazione attuale.

9. SEZIONI SINGOLARI E TRATTI GEOMORFOLOGICAMENTE CRITICI

L'analisi di eventuali punti critici per il deflusso delle portate solide e liquide viene effettuata per il tratto del Fine a valle della confluenza con il Savolano e per i tratti terminali della Sanguigna e del Savolano.

Lungo il corso del Fine e dei suoi affluenti principali non sono presenti significative zone di deposito legate a forti variazioni di pendenza (conoidi alluvionali). Le caratteristiche tipicamente collinari e con pendenze generalmente basse ed il litotipo argilloso dominante del bacino fanno sì che non si formino tali depositi. Le opere di regimazione previste peraltro interessano tratti con morfologia di pianura alluvionale.

Da un punto di vista geomorfologico per quel che riguarda Savolano e Sanguigna non si hanno restringimenti di sezione "naturali" tali da indurre significative variazioni della capacità di smaltire i deflussi solidi e liquidi. Il Fine presenta nel suo tratto finale aree golenali discretamente sviluppate, la cui estensione si riduce soltanto in corrispondenza del passaggio del fiume prima tra le alture dei Poggetti in sinistra idrografica e Poggio Iberna in destra idrografica (poco a valle della confluenza tra Fine e Botro Canale), e poco dopo tra le stesse alture dei Poggetti e Poggio Pipistrello, poco a valle della confluenza tra Fine e Pescera e prima di immettersi nell'ampia pianura alluvionale posta a monte della Variante Aurelia. Tali restringimenti interessano tuttavia soltanto le aree golenali pertanto la loro influenza ai fini del deflusso solido è secondaria. Ai fini del deflusso liquido si possono avere effetti più marcati ma comunque meno significativi in termini di sensibile aumento del rischio idraulico rispetto agli effetti dovuti alla presenza degli attraversamenti viari e ferroviari presenti lungo il corso del Fine. In corrispondenza delle alture dei Poggetti, di Poggio Iberna e di Poggio del Pipistrello non sono presenti situazioni di rischio da frane, che potrebbero aggravare la situazione esistente. In proposito si rimanda all'allegata relazione geologica.

I principali ostacoli al deflusso in condizioni di piena dei corsi d'acqua sono costituiti dagli attraversamenti delle infrastrutture esistenti nella zona. Di seguito si analizzano singolarmente tali attraversamenti, commentando il loro effetto sui deflussi liquidi e solidi:

FIUME FINE

Attraversamento della Via per Maccetti (a monte del Consorzio Agrario): si tratta di un ponte la cui sezione si presenta insufficiente allo smaltimento della portata duecentennale. A valle di esso sono presenti i resti di un manufatto in calcestruzzo che inducono localmente sensibili erosioni di sponda. Il ponte è posto in una zona in cui l'alveo del fiume si presenta ben incassato. La sua presenza incrementa il livello liquido a monte, ma il suo sormonto dalle acque di piena non causa particolari preoccupazioni, dato l'incassamento della sezione del corso d'acqua. Nella zona a monte del ponte in sinistra idrografica sono presenti alcune abitazioni, poste a quote più alte di qualche metro rispetto all'impalcato del ponte.

Attraversamento SR 206 Emilia e viadotto autostrada A12: il ponte sulla via Emilia è del tipo con struttura ad arco e trave superiore collegati da piedritti. A valle di esso sono presenti due piloni posti nell'alveo del Fine, che sostengono il viadotto dell'Autostrada A12. Il complesso costituito da tali due attraversamenti costituisce un sensibile ostacolo al deflusso delle acque di piena, con rigurgiti a monte che vanno a pregiudicare la possibilità di scarico delle acque del Botro Canale, affluente di sinistra del Fine, la cui confluenza con il corso d'acqua

principale è poco a monte del ponte in esame. Anche nel 1993 il ponte della SS 206 fu sormontato dalle acque di piena.

Nella zona sono possibili fenomeni erosivi localizzati in corrispondenza dei piloni in alveo. Sono tra l'altro presenti alcune protezioni di sponda realizzate in gabbioni. Il rischio indotto da tali attraversamenti, a parte i suddetti fenomeni erosivi localizzati, è essenzialmente di natura idraulica in quanto nella zona non sono verosimili tendenze al deposito ed al sovralluvionamento d'alveo, data la granulometria fine del materiale trasportato.

Guado in località le Fabbriche: in corrispondenza di tale guado, come degli altri guadi presenti sul basso corso del Fine si possono avere limitati fenomeni erosivi a valle degli attraversamenti e limitati depositi di materiale sabbioso – ghiaioso fine a monte. La presenza del guado comporta un aumento del livello del pelo libero in condizioni di piena, ma tale incremento ha importanza secondaria.

Attraversamento Variante Aurelia: si tratta di un attraversamento costituito da un ponte sul fiume Fine con impalcato in c.a.p. e da un tratto in viadotto, posto in sinistra idrografica sotto al quale transita la linea ferroviaria Cecina-Pisa. A monte della variante Aurelia in condizioni di piena il Fine defluisce nell'alveo centrale e nelle aree golenali, piuttosto ampie in tale zona. Il deflusso nelle aree golenali va poi ad interessare, oltre che il ponte sull'alveo centrale, anche le luci del viadotto.

La luce del ponte (circa 33 m) da sola sarebbe insufficiente a smaltire portate di piena notevoli, tuttavia una volta che il deflusso va ad interessare le aree golenali si ha deflusso anche sotto al tratto in viadotto, che ha una luce di circa 195 m, più che sufficiente quindi per garantire il transito delle portate di piena. Non sono da temersi quindi eventuali ostruzioni delle luci libere al di sotto della variante, mentre si segnala la possibilità di fenomeni erosivi localizzati in prossimità del ponte, già verificatisi in passato.

Guado in località Passo del Capriolo: si veda quanto sopra detto per i guadi.

Guado in località Polveroni: si veda quanto sopra detto per i guadi.

Nel tratto finale si ha il complesso di attraversamenti più critico, costituito da:

Attraversamento linea FS Livorno-Roma
Attraversamento vecchia Aurelia
Attraversamento condotte Solvay

}

Tali attraversamenti sono descritti dettagliatamente negli altri elaborati, insieme agli interventi necessari per il loro adeguamento. Il loro effetto in termini di rischio idraulico è il più importante. Per l'adeguamento dei tre attraversamenti, considerando che si trovano in un tratto con possibili tendenze naturali al deposito in alveo, si provvederà ad incrementare la capacità di deflusso nelle aree golenali. Si restituisce così a tali aree la loro naturale funzione geomorfologica.

BOTRO DELLA SANGUIGNA

Attraversamento SR 206 Emilia: si tratta di un ponte il cui impalcato si trova a quota sensibilmente più alta di qualche metro di quella del Botro della Sanguigna, che per altro in

questo tratto non ha ancora ricevuto le acque dei suoi affluenti Botro di San Giorgio e Botro di Campiano. Si ritiene che tale ponte non sia causa di particolari problemi.

Attraversamento - guado in località Lecciaglia (a monte della cassa di espansione di monte prevista sulla Sanguigna): si tratta di un piccolo ponticello carrabile, che in condizioni di piene di una certa entità viene facilmente sormontato dalle acque di piena. La facilità di sormonto è tale da escludere sensibili incrementi di rischio idraulico legati ad eventuali ostruzioni della luce al di sotto dell'impalcato del ponticello. Nella zona a monte della struttura peraltro non sono presenti insediamenti a quote tali da poter essere interessati da fenomeni di piena.

Viadotto autostrada A12: passa al di sopra della Sanguigna poco a valle dello sbocco della cassa di espansione di valle. La sede autostradale è molto alta rispetto al piano di campagna. La presenza dei piloni del viadotto non causa particolari problemi, essendovi luci libere notevoli.

TORRENTE SAVOLANO

Attraversamento linea ferroviaria Pisa-Cecina (a monte della cassa di espansione di progetto sul Savolano): si tratta di un attraversamento ad unica campata, recentemente rifatto. La sua influenza sui deflussi solidi è trascurabile, essendo il manufatto a campata unica interessante l'intero alveo centrale del Savolano e considerando la granulometria fine del trasporto solido del corso d'acqua. Tuttavia verosimilmente il ponte potrà essere tuttora fonte di fenomeni di rigurgito a monte al deflusso di portate di piena duecentennali. La sua sezione risulta infatti verosimilmente inadeguata a smaltire con adeguato franco la portata duecentennale di $Q=228$ mc/s.

Attraversamento linea ferroviaria Pisa-Cecina (a valle della cassa di espansione di progetto sul Savolano): si tratta di un attraversamento di sezione insufficiente allo smaltimento della portata duecentennale, come testimoniato anche dagli eventi alluvionali dei primi anni 90. Una volta realizzata la cassa e risagomato il tratto di corso d'acqua a monte ed a valle del ponte tale attraversamento risulterà adeguato alla portata duecentennale. La sua influenza sui deflussi solidi, essendo il ponte a campata unica sull'alveo del Savolano e considerando il trasporto solido prevalentemente fine del corso d'acqua, è trascurabile. Tuttavia in prossimità dell'attraversamento l'andamento planimetrico del torrente, (caratterizzato da una brusca deviazione prima di passare al di sotto del ponte stesso) è tale da indurre fenomeni di erosione e deposito sulle sponde del corso d'acqua che possono andare a pregiudicare l'efficienza di smaltimento delle portate di piena del ponte. In fase di successiva progettazione si valuterà anche la convenienza e l'utilità della realizzazione di interventi di difesa delle sponde. Tale tratto dovrà comunque essere soggetto a periodico controllo e ad interventi di manutenzione regolari da parte degli Enti preposti.

Attraversamento SP 51 Rosignanina : tale attraversamento è posto a valle della confluenza tra Savolano e Sanguigna. Allo stato attuale non si hanno condizioni di deflusso con adeguato franco di sicurezza al deflusso della portata duecentennale (che in questa sezione, a valle della confluenza con la Sanguigna, è pari a $Q=385$ mc/s). Essendo il ponte ad arco ed a campata unica sull'alveo del Savolano, considerando anche la granulometria fine del materiale trasportato, non sono da attendersi significative alterazioni in termini di deflussi solidi potendosi tuttavia avere dei limitati depositi a monte del ponte dovuti al rallentamento della

corrente che deve defluire attraverso al restringimento. Una volta realizzata la cassa di espansione sul Savolano la situazione del ponte migliorerà sensibilmente.

Attraversamenti SR 206 Emilia : si tratta di due attraversamenti con caratteristiche simili, posti tra loro a distanza di circa 400m, molto alti rispetto all'alveo del corso d'acqua, che peraltro in questo tratto si presenta piuttosto incassato nei depositi argillosi della Val di Fine. Il loro impalcato ha distanza dell'ordine di qualche metro dalle sponde del Savolano e non è in grado di interferire con la dinamica dell'alveo. Anche la loro influenza in condizioni di piena è trascurabile.

10. INTERAZIONI FRA FENOMENI DI RISCHIO IDRAULICO E FENOMENI DI RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Come integrazione alle analisi effettuate nello studio, riportate nei paragrafi precedenti, il Comitato Tecnico ha richiesto di valutare la possibilità che si verifichino fenomeni di sovralluvionamento dovuti a contemporaneità tra eventi di piena e fenomeni franosi.

L'analisi del rischio da sovralluvionamento può essere condotta secondo tre diversi livelli di analisi, secondo le indicazioni delle Agenzie Statunitensi FEMA e FHWA:

- 1) applicazione di semplici concetti di geomorfologia fluviale ed analisi qualitative;
- 2) applicazione di concetti di base di idraulica dei corsi d'acqua a fondo mobile;
- 3) modelli matematici o fisici a fondo mobile.

In genere se si riesce ad inquadrare il fenomeno con analisi di primo o secondo livello, non si passa alle analisi di terzo livello, che per essere attendibili richiedono una notevole mole di dati per la loro calibrazione. Nel seguito si eseguirà un'analisi di primo e secondo livello, ritenuta appropriata nei casi in esame.

10.1 ANALISI DI PRIMO LIVELLO

Si procede inizialmente ad una classificazione delle caratteristiche geomorfologiche dei tratti terminali del Fine e del Savolano, evidenziando la loro tipologia di alvei tendenzialmente stabili. Da tale classificazione si hanno indicazioni in merito al comportamento "normale" in condizioni di piena dei tratti esaminati, dove con "normale" si intende la dinamica sedimentaria dell'alveo in assenza di contemporaneità tra fenomeni di piena (pericolosità idraulica) e frane (pericolosità geomorfologica).

Si analizzano poi le possibili conseguenze derivanti dal verificarsi contemporaneo di eventi di piena e di fenomeni franosi.

10.1.1 Interventi nel tratto terminale del Fine

La classificazione dei tratti di corso d'acqua in esame ha lo scopo di inquadrare le tendenze dominanti della dinamica sedimentaria. Nel seguito si fa riferimento alle caratteristiche del tratto terminale del Fine (a valle della confluenza con la Pescera, ed in particolare a valle della Variante Aurelia), dove sono previsti l'adeguamento dei tre attraversamenti posti in prossimità della foce (ponte FS Livorno-Roma, ponte Vecchia Aurelia) e gli interventi a difesa dello stabilimento Solvay.

Considerando il seguente grafico adattato da Church (1992) si può notare come il tratto terminale del Fine sia un tipico corso d'acqua meandriforme, con trasporto solido di materiale fine e scarsa disponibilità di sedimenti in alveo. Si tratta di alvei di tipo B-C della classe *wash material supply dominated phase* (evidenziati in rosso nella figura seguente 5).

Anche considerando il diagramma qualitativo di stabilità di Schumm si possono trarre conclusioni analoghe, essendo in tal caso il tratto del Fine in esame classificabile come un alveo di tipo 3° (anch'esso evidenziato in rosso in figura 6).

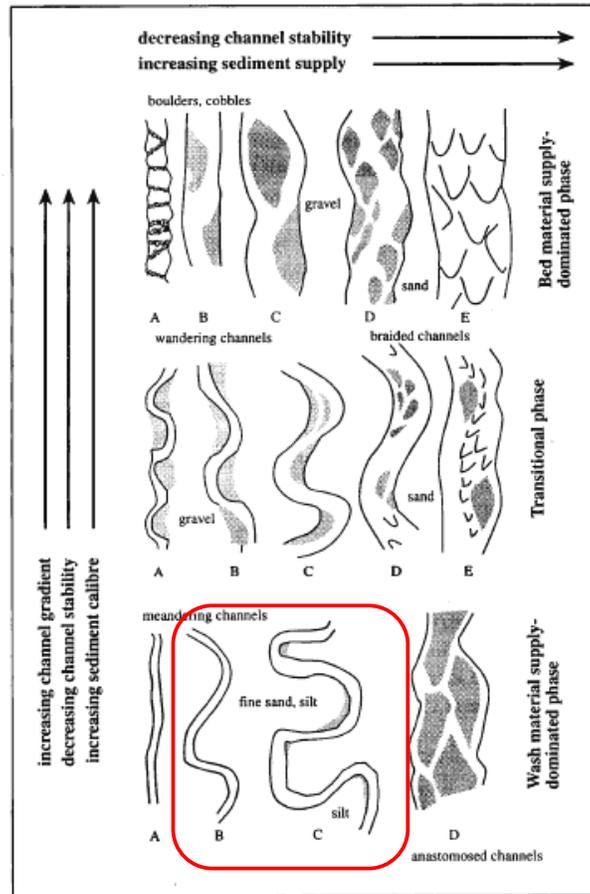


Figura 5 Classificazione degli alvei fluviali di Church con indicazione delle dinamiche sedimentarie prevalenti.



Figura 6 diagramma qualitativo di stabilità di Schumm.

Il tratto terminale del Fine presenta quindi caratteristiche di alveo meandriforme, defluente in depositi alluvionali con granulometria essenzialmente fine, e con prevalente trasporto solido in sospensione dovuto agli apporti di particelle solide da un bacino quasi completamente argilloso. Si tratta di corsi d'acqua in cui tendenzialmente non si hanno fenomeni di sovralluvionamento e con comportamento geomorfologicamente stabile, aiutato anche dalla presenza di sponde costituite da materiale coesivo, che limitano le variazioni geometriche dell'alveo.

In generale i fenomeni di sovralluvionamento hanno origine in corsi d'acqua con grande disponibilità di sedimenti (ed in particolare di sedimenti ghiaiosi o di sabbie grosse) e forte trasporto solido al fondo. In alternativa si può avere sovralluvionamento localizzato dell'alveo a causa della presenza di sensibili restringimenti di sezione in prossimità di punti in cui si hanno forti diminuzioni di pendenza (e quindi di capacità di trasporto solido).

Le aree di intervento non sono poste in tratti con caratteristiche simili. In prossimità di esse non si hanno brusche variazioni della pendenza dell'alveo. Inoltre tutto il tratto terminale del Fine non presenta forme deposizionali, ed in particolare barre di sedimenti, che evidenzino sovrabbondanza di sedimenti disponibili per il trasporto durante eventi di piena.

La generale carenza di sedimenti è evidenziata anche dallo scarso contributo dato alla dinamica costiera dal materiale solido trasportato dal Fine.

In condizioni "normali" nei tratti di intervento non si ravvisano quindi rischi da fenomeni di sovralluvionamento, dato il prevalente trasporto in sospensione. Vediamo adesso cosa può succedere nel caso di contemporaneità tra eventi di piena ed eventi di frana nel bacino del Pescera Marmolaio, da cui potrebbe derivare un apporto straordinario di sedimenti ai corsi d'acqua.

A tale scopo è utile un esame congiunto dei profili di fondo del Marmolaio e del Pescera con il profilo longitudinale del Fine a valle della confluenza col Pescera stesso.

Da tale esame si evidenzia come le aree di frana siano separate dalle aree di intervento da tratti a pendenza ridotta di lunghezza notevole, che forniscono ad eventuale materiale proveniente da fenomeni di instabilità dei versanti possibilità di depositarsi. La carta delle aree in frana è riportata in dettaglio nella relazione geologica.

La distanza tra le aree potenzialmente soggette a frane nel bacino del Pescera-Marmolaio e le aree oggetto di intervento nel tratto terminale del Fine è notevole. La frana attiva più vicina, ubicata su un affluente del torrente Marmolaio è posta a distanza 10.21 Km. La frana quiescente più vicina, posta in prossimità della Pescera, è posta a distanza di 10.59 Km. In questo lungo tratto si hanno aree golenali di buona estensione che vengono interessate dalle acque di piena prima di raggiungere gli attraversamenti da adeguare. La Pescera presenta un'area golenale piuttosto ampia, di larghezza media di circa 250 m, compresa tra la confluenza con il Marmolaio e l'immissione nel Fine, con presenza di tratti del corso d'acqua a pendenza ridotta e quindi a ridotta capacità di trasporto. Il Fine stesso prima di raggiungere la zona degli attraversamenti presenta tratti con ampie aree golenali. La prima area è compresa tra la strettoia delle Fabbriche (poco a valle della confluenza con la Pescera) e la variante SS1 Aurelia, presenta larghezza media di circa 700 m e viene allagata in condizioni di piena duecentennale (o simile). A valle della variante Aurelia il deflusso in condizioni di

piena avviene parimenti interessando aree golenali abbastanza estese. La larghezza della fascia golenale del Fine varia da circa 450m nel tratto compreso tra la variante Aurelia e le arginature a difesa dello stabilimento Solvay Aniense, a circa 240 m nel tratto che va dallo stabilimento Aniense al ponte FS Livorno-Roma.

In definitiva, prima di raggiungere le aree di intervento, il Fine scorre in tratti a pendenza ridotta e con aree golenali di sensibile estensione, in cui si può eventualmente depositare materiale solido proveniente da monte. Risultano pertanto fisicamente poco realistici scenari in cui il carico solido della corrente dovuto a fenomeni franosi nel bacino del Pescera Marmolaio, riesca a giungere in prossimità delle sezioni a monte degli attraversamenti da adeguare e si depositi soltanto nelle aree golenali a monte di questi, senza aver prima interessato con i depositi i tratti a monte, che presentano lunghezza e larghezza delle aree golenali notevoli (con conseguente disponibilità di aree di deposito).

Si deve anche notare come gli interventi di adeguamento in progetto mirino a diminuire i fenomeni di rigurgito causati dall'insufficienza della sezione del ponte della linea FS Tirrenica, della Vecchia Aurelia e delle condotte Solvay e a riattivare il deflusso nelle aree golenali, riducendo di molto quindi per loro natura la tendenza al deposito di sedimenti rispetto allo stato attuale.

Spunti utili per la definizione del rischio da dinamica sedimentaria possono ricavarsi anche dall'analisi di eventi storici. Dalle informazioni raccolte sugli eventi alluvionali del 1993 e 1949 risulta come a monte dell'attraversamento ferroviario della linea tirrenica non si siano verificati fenomeni di sovralluvionamento. Le esondazioni avvenute sono dovute alla sezione ristretta degli attraversamenti nei riguardi dei deflussi liquidi, avendo poca importanza i deflussi solidi perché costituiti essenzialmente da materiale fine. Essendo l'evento del 1993 assimilabile ad un evento duecentennale si ha almeno una conferma da un evento storico delle considerazioni effettuate per cui i fenomeni di sovralluvionamento non possano ritenersi fonte di rischi per il tratto terminale del Fine.

Si deve valutare inoltre la dinamica di formazione delle piene nel bacino del Fine. Le opere previste nel tratto terminale del Fine sono progettate con riferimento alla portata massima duecentennale proveniente da tutto il bacino (ed in particolare questo implica piena contemporanea del Pescera e del Fine). E' utile considerare cosa succede in queste ipotesi alla confluenza tra Fine e Pescera.

In condizioni di piena del Fine il torrente Pescera viene rigurgitato a causa delle altezze liquide elevate presenti allo sbocco del torrente stesso nel Fine. Questo porta ad una riduzione delle velocità della corrente ed al deposito delle particelle solide trasportate dal Pescera stesso nel suo tratto terminale. Il deposito di sedimenti avviene tra l'altro naturalmente in maniera selettiva, ovvero si ha deposito prima di sedimenti di dimensioni maggiori e poi di sedimenti di dimensioni minori. Ne deriva che del materiale trasportato in condizioni di piena dal Pescera solo una parte ridotta riuscirà ad immettersi nel Fine, e sarà la parte di materiale a granulometria fine.

A riprova di questo dai campionamenti del materiale d'alveo effettuati nello studio Paris-Aminti, commissionato dalla Provincia di Livorno nel 1995, emerge come il materiale presente nel tratto terminale del Fine sia essenzialmente materiale limoso e sabbioso fine. Questo malgrado nel Pescera - Marmolaio (data la geologia del bacino leggermente diversa dalla restante geologia del bacino del Fine, prevalentemente argillosa) si abbia anche una certa presenza di sedimenti sabbiosi-ghiaiosi che tuttavia non si ritrovano nell'alveo del Fine in misura significativa a valle della confluenza tra Fine e Pescera stesso.

La presenza di frane nell'alveo del Pescara-Marmolaio e loro affluenti non desta particolari preoccupazioni neppure in merito ad eventuali effetti diga. Le frane poste in prossimità del reticolo minore interessano bacini di estensione molto piccola, dell'ordine al massimo di pochi Km² a fronte di un bacino complessivo del Fine di 168 Km² che contribuisce al deflusso nella zona interessata dagli attraversamenti. Eventuali effetti diga locali in tali bacini non interessano il tratto finale, ma solo le condizioni di rischio idraulico locali a monte della frana. Sulle aste maggiori non sono presenti situazioni di frane per crollo tali da poter indurre ostruzioni del deflusso delle acque. Inoltre in tutto il bacino, data la geologia delle formazioni presenti, si hanno essenzialmente frane per meccanismi di rotazione (smottamenti) e non crolli, che sono i tipi di frane che possono portare effettivi apporti di sedimenti ai corsi d'acqua. Per approfondimenti si rimanda all'allegata relazione geologica.

In conclusione dall'analisi di primo livello condotta si può ritenere che nel tratto terminale del Fine non vi siano rischi da fenomeni di sovralluvionamento dovuti ad apporti di sedimenti da eventuali frane nel bacino della Pescara concomitanti a piene del Fine.

10.1.2 Cassa di espansione sul torrente Savolano

Anche per la cassa di espansione sul torrente Savolano valgono considerazioni generali analoghe a quelle fatte per il tratto terminale del Fine.

Pur avendo dimensioni minori rispetto al Fine il Savolano può esser classificato nella stessa categoria di corsi d'acqua: tipo meandriforme, con trasporto solido prevalentemente in sospensione. Il Savolano non presenta caratteristiche morfologiche tipiche di un corso d'acqua interessato da forte trasporto solido di fondo e non vi sono barre di sedimenti in alveo.

Considerando il grafico di Church (1992) precedentemente riportato si può notare come il tratto terminale del Savolano sia anch'esso classificabile come alveo di tipo B-C della classe *wash material supply dominated phase* (corso d'acqua meandriforme con trasporto solido di materiale fine). Anche dal diagramma qualitativo di stabilità di Schumm si nota come il tratto terminale del Savolano sia classificabile (analogamente al tratto terminale del Fine) come un alveo di tipo 3a, privo di tendenze al sovralluvionamento.

A scongiurare il rischio da fenomeni di sovralluvionamento provvede poi la natura geologica del bacino del Savolano, che è ricoperto quasi completamente da formazioni argillose, per cui il trasporto solido è costituito essenzialmente da particelle fini, trasportate in sospensione dalla corrente.

La cassa di espansione non è posta in prossimità di variazioni di pendenza dell'asta del torrente, che si mantiene costante per un lungo tratto a monte della cassa.

Anche nel caso del Savolano prima di raggiungere l'area destinata a cassa di espansione la piena scorre in tratti a pendenza ridotta interessando le aree golenali, che pure presentano estensione minore rispetto alle aree golenali del Fine, ma che comunque possono assolvere una funzione di deposito dei sedimenti solidi eventualmente trasportati dalla corrente.

In condizioni di "normale" rischio idraulico sono quindi da escludere fenomeni di sovralluvionamento. Consideriamo ora cosa può succedere nel caso di apporti straordinari di sedimenti dovuti a fenomeni franosi contemporanei alla piena duecentennale.

Nell'area interessata dalla cassa si segnala la presenza di aree in frana quiescenti poste in prossimità del reticolo idrografico minore che converge nella cassa stessa.

Allo stato attuale tali aree, interessanti le formazioni delle argille plioceniche, non mostrano segni di attività. Tuttavia, ipotizzando cautelativamente che tali frane si verificano non sono da prevedersi rischi particolari perché le aree in frana interessano formazioni argillose. Un eventuale apporto di materiali riguarderebbe quindi solamente sedimenti di granulometria estremamente fine, che non sono fonte di rischi. Date le ridotte pendenze dei versanti inoltre è prevedibile che del materiale franato solo una parte minima possa effettivamente raggiungere la zona destinata a cassa di espansione.

Considerando le caratteristiche del reticolo che converge nella cassa, date le pendenze medio-basse dei versanti e l'assenza di tratti con sezioni incassate, non sono ipotizzabili fenomeni di effetto diga dovuti a frane improvvise. Considerando inoltre l'esiguità dei bacini elementari dal reticolo minore che converge nell'area della cassa anche se si verificassero eventuali occlusioni della sezione di deflusso, queste interesserebbero volumi di acqua e portate molto limitati.

In definitiva anche in questo caso dall'analisi di primo livello condotta si può ritenere che nel tratto in esame non vi siano rischi da fenomeni di sovralluvionamento dovuti ad apporto di sedimenti da eventuali frane in prossimità del reticolo minore che converge nella cassa.

10.2 ANALISI DI SECONDO LIVELLO

In base all'analisi di primo livello condotta si potrebbe già escludere la possibilità di fenomeni di sovralluvionamento per le aree oggetto di intervento.

Tuttavia si procede nel seguito ad una valutazione più quantitativa del rischio da fenomeni di sovralluvionamento basata sulla valutazione delle tensioni tangenziali esercitate dalla corrente sulle particelle solide e sul loro confronto con i valori della tensione tangenziale critica, sotto la quale si ha il deposito dei sedimenti trasportati.

Nel caso di trasporto solido l'equazione di continuità dei sedimenti d'alveo può essere posta nella forma:

$$\frac{\partial(AC_s)}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} + (1-p) \cdot \left(\frac{\partial A_b}{\partial t} \right) = q_{ls}$$

in cui t è il tempo, x la coordinata longitudinale lungo l'alveo del corso d'acqua, A l'area liquida della sezione trasversale, A_b volume di sedimenti d'alveo per unità di lunghezza, C_s la concentrazione dei sedimenti media sulla sezione trasversale, p la porosità del materiale di fondo, q_{ls} l'apporto laterale (o la perdita) per unità di lunghezza dell'alveo di sedimenti provenienti dalle sponde o da eventuali affluenti e Q_s la portata solida effettiva, non necessariamente uguale alla capacità di trasporto solido della corrente.

La variazione di geometria dell'alveo, espressa dal termine $(1-p) \cdot \left(\frac{\partial A_b}{\partial t} \right)$, e dovuta ad eventuali depositi od erosioni nella sezione trasversale, è data da:

$$(1-p) \cdot \left(\frac{\partial A_b}{\partial t} \right) = D - E$$

in cui D (*deposition rate*) rappresenta il tasso di deposito di materiale solido nella generica sezione trasversale, ed E (*erosion rate*) il tasso di erosione. I termini D ed E rappresentano cioè fisicamente il materiale solido depositato od eroso nell'unità di tempo per unità di superficie dell'alveo.

Per la valutazione del rischio da fenomeni di sovralluvionamento interessa in particolare il termine di deposito D , che può essere posto nella forma (utilizzata ad esempio nel codice di calcolo MIKE11 ed in altri software):

$$D = C_s \omega PC$$

con ω velocità di sedimentazione della generica particella solida, C contorno bagnato (in generale larghezza d'alveo attivo su cui avviene il deposito di sedimenti) e P probabilità di deposito della particella solida, valutabile come:

$$P = \begin{cases} 0 & \text{per } \tau > \tau_d \\ \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d} \right) & \text{per } \tau \leq \tau_d \end{cases}$$

Per la valutazione della tendenza al sovralluvionamento si può quindi valutare l'entità del termine D che è funzione del rapporto tra la tensione tangenziale τ esercitata dalla corrente sulle particelle solide (fisicamente correlata alla turbolenza della corrente stessa) ed il valore critico τ_d della tensione tangenziale sotto al quale si ha deposito dei sedimenti.

La tensione tangenziale τ esercitata dalla corrente è pari a:

$$\tau = \gamma R S_f$$

con γ peso specifico dell'acqua, R raggio idraulico e S_f pendenza della linea dell'energia. Tale tensione viene tra l'altro fornita tra i risultati delle simulazioni effettuate con HEC-RAS in moto permanente od in moto vario.

La tensione critica τ_d per il deposito di una particella solida dipende dalla granulometria dei sedimenti ed è pari a:

$$\tau_d = \rho \omega^2$$

con ω velocità di sedimentazione della particella, espressa da:

$$\omega = \frac{8\nu}{d} \left[\left(1 + \frac{d_*^3}{72} \right)^{0.5} - 1 \right]$$

$$d_* = d \left[\frac{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) g}{\nu^2} \right]^{1/3}$$

in cui γ_s è il peso specifico del materiale solido, ν la viscosità cinematica dell'acqua e d il diametro della particella solida.

Si deve peraltro notare come τ_d sia concettualmente diversa dalla tensione tangenziale critica τ_{cr} di Shields: τ_{cr} è infatti associata all'inizio del moto dei sedimenti, mentre τ_d segna il passaggio della particella solida da uno stato di moto in sospensione ad uno stato di moto sul fondo, e non necessariamente di arresto. Tale concetto è ben evidenziato nel grafico seguente (ripreso dal Manuale dell'Ingegnere Zanichelli, vol. 1) in termini di tensioni critiche adimensionali ϑ .

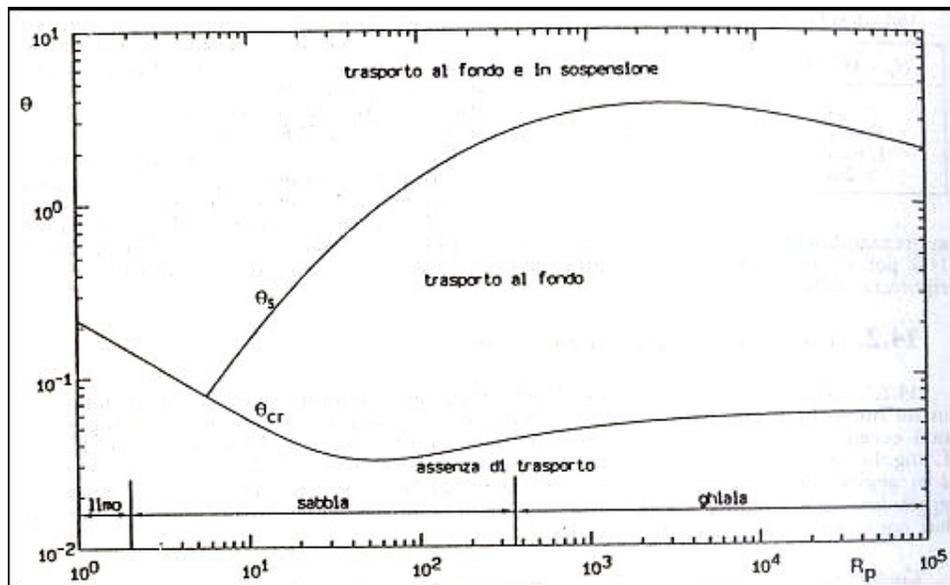


Figura 7 diagramma di Shields con indicate le zone di trasporto

$$\theta_{cr} = \frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma)d}$$

$$\theta_s = \frac{\tau_d}{(\gamma_s - \gamma)d}$$

$$R_p = \frac{\sqrt{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) g d^3}}{\nu}$$

Concludendo la valutazione del rischio da sovralluvionamento prevede i seguenti passi:

- calcolo in moto vario dell'andamento nel tempo durante il transito dell'onda di piena cui corrisponde la portata massima della tensione tangenziale τ agente nell'alveo inciso e nelle aree golenali allo stato di progetto.
- confronto dei valori di tensione trovati con i valori critici di τ_d . Nel caso si abbia $\tau < \tau_d$ si ha tendenza al deposito, in caso contrario il materiale solido

continua ad essere trasportato dalla corrente e non si hanno rischi da sovralluvionamento.

Non si valuta quindi l'entità del deposito ma la presenza di condizioni favorevoli o meno alla presenza di fenomeni di sovralluvionamento. Le verifiche sono state effettuate nelle aree interessate dalla cassa di espansione sul Savolano e nel tratto terminale del Fine.

10.2.1 Interventi nel tratto terminale del Fine

Il rischio da fenomeni di sovralluvionamento per il tratto terminale del Fine è teoricamente legato alle frane presenti nel bacino del Pescera Marmolaio.

In base alle considerazioni fatte precedentemente sulla natura dei sedimenti derivanti da tali frane che possono interessare il tratto in esame del Fine si può considerare un materiale a granulometria limoso-sabbiosa fine con presenza anche di rilevanti frazioni argillose. I dati raccolti da Paris e Aminti indicano nel tratto terminale del Fine la presenza di sedimenti con diametro caratteristico $d=0.0901$ mm. A favore di sicurezza si assume cautelativamente per il calcolo della tensione tangenziale τ_d critica per il deposito un diametro pari a $d = 0.125$ mm, corrispondente ad un materiale sabbioso fine. Si ha quindi:

$$\omega = 0.01275 \text{ m/s}$$

$$\tau_d = 0.16 \text{ N/mq}$$

Per il calcolo delle tensioni tangenziali τ si è provveduto a simulare a moto vario il comportamento del tratto terminale del Fine, utilizzando l'onda di piena massima duecentennale, con la stessa condizione al contorno di valle e la stessa geometria utilizzata per le simulazioni già condotte in moto permanente. Il confronto tra τ e τ_d è stato effettuato separatamente per l'alveo centrale (dove si hanno le velocità e quindi le tensioni maggiori) e per le aree golenali, interessate da velocità e tensioni minori.

Come risultati si riportano le tabelle con i valori di τ ad i vari istanti della simulazione, il profilo di τ lungo il tratto terminale del Fine corrispondente al profilo involuppo delle altezze liquide massime *Max WS* (nel paragrafo finale) ed i grafici rappresentativi della variazione di τ nel tempo in alcune sezioni significative. In particolare sono stati riportati i grafici relativi alle sezioni 22 e 21, poste presso le arginature a difesa dello stabilimento Aniene, 14, posta all'inizio del tratto arginato di valle, 10, posta a monte degli attraversamenti da adeguare, 6, posta a valle degli attraversamenti e 3, posta nel tratto finale delle arginature di progetto. Le tensioni tangenziali τ sono indicate con le sigle adottate su HEC-RAS: *Shear Chan* per l'alveo centrale, *Shear LOB* per l'area golenale sinistra e *Shear ROB* per l'area golenale destra. I valori numerici di τ relativi alle altre sezioni del tratto sono riportati nelle tabelle riportate nel paragrafo finale, l'andamento delle τ è comunque analogo a quanto riportato nei grafici relativi alle sezioni tipo.

Per confrontare la variazione nel tempo della tensione tangenziale τ e dell'onda di piena delle portate propagata a moto vario si riportano sullo stesso grafico sia le τ (in N/mq, sull'asse delle ordinate di sinistra) che le portate Q (in mc/s, sull'asse delle ordinate di destra).

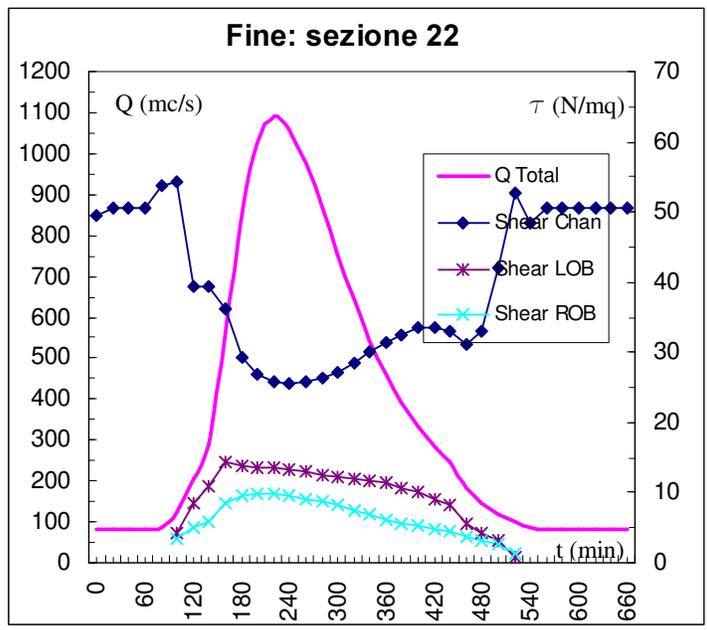


Figura 8

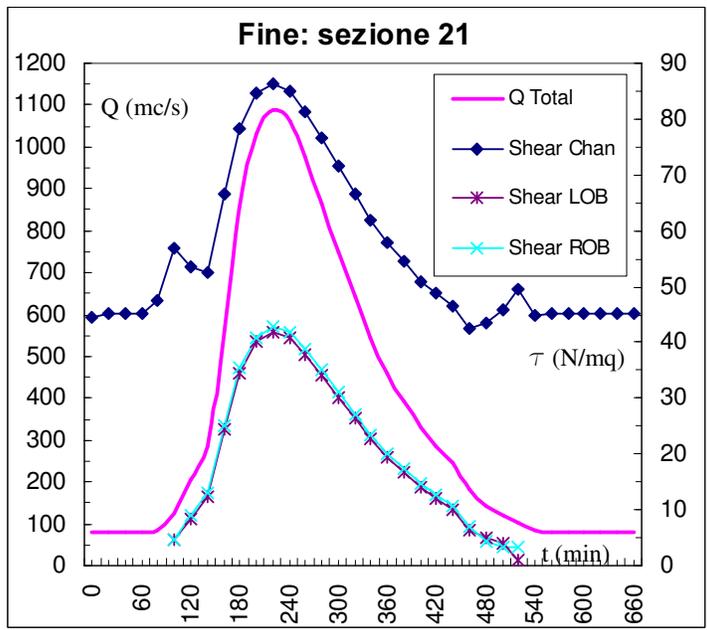


Figura 9

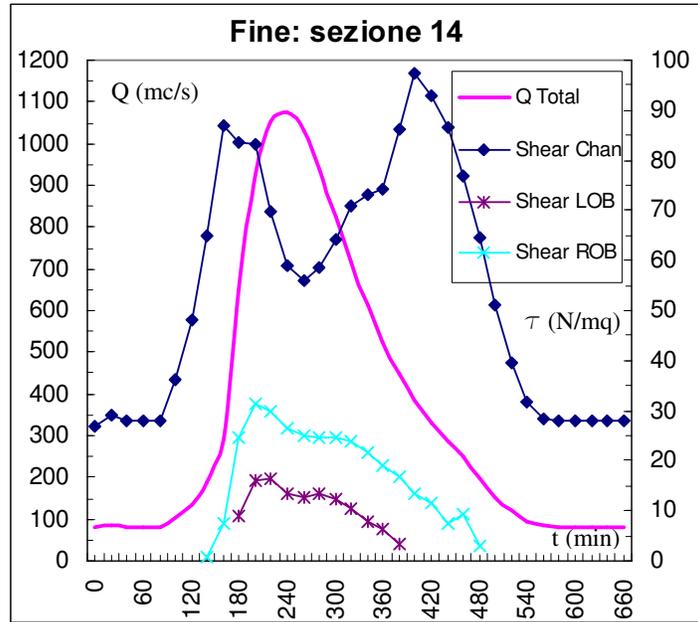


Figura 10

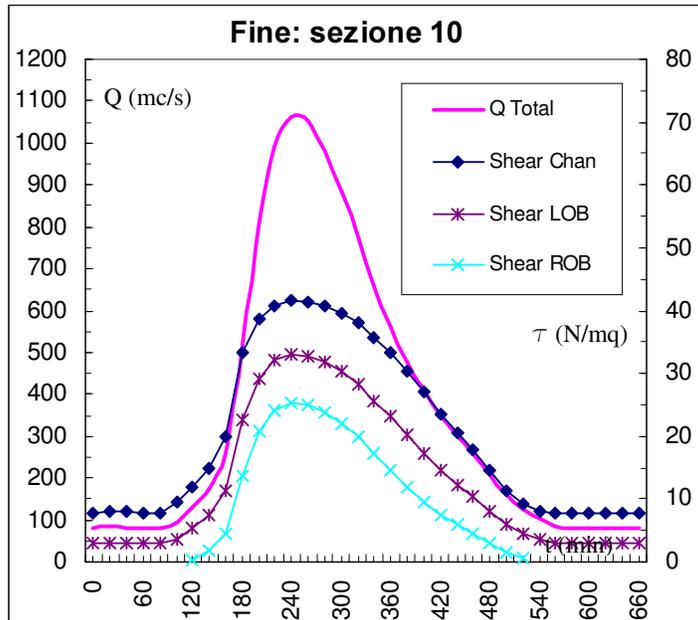


Figura 11

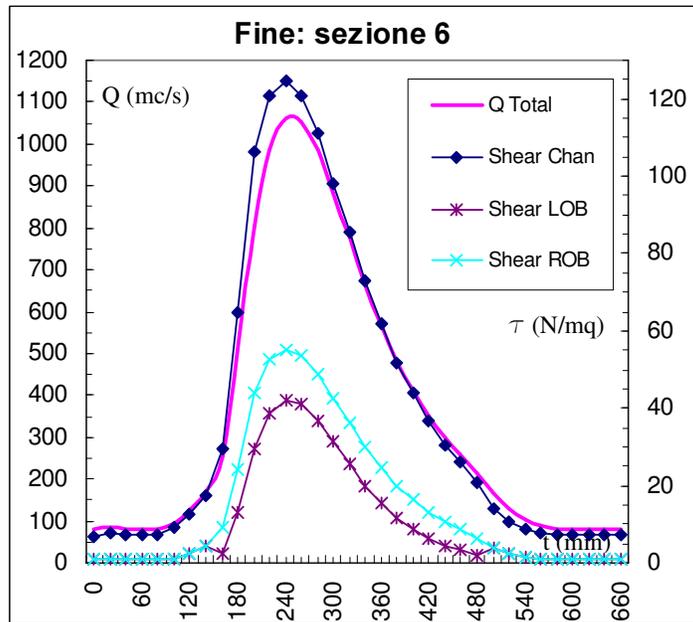


Figura 12

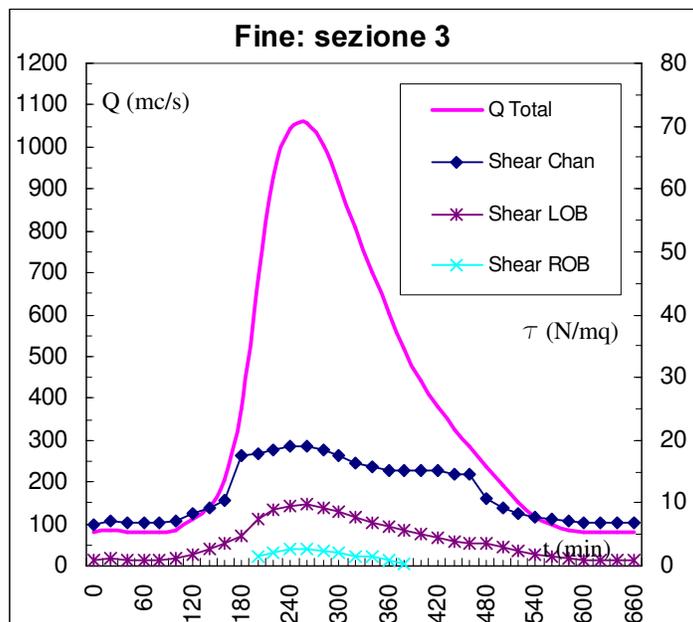


Figura 13

Dal confronto tra τ e τ_d si nota come si sia sempre in condizioni di $\tau > \tau_d$. Più in dettaglio dall'analisi dei grafici si nota come le tensioni tangenziali vadano generalmente aumentando durante l'evento di piena con il crescere delle portate in arrivo da monte, anche se in presenza di fenomeni di rigurgito si ha una tendenza diversa, con una minor crescita delle τ . Non si hanno comunque effetti di rigurgito tali da diminuire il valore delle tensioni a valori critici. Dall'analisi delle tabelle riportate in allegato si nota come in tutto il tratto terminale del Fine soltanto nella sezione 12, all'istante $t=520$ minuti durante la coda finale dell'onda di piena, con una portata defluente di $Q=122$ mc/s e con l'acqua che sta lasciando le aree golenali per

tornare in alveo, in presenza di altezze d'acqua limitate (2 centimetri) sull'area golenale destra si hanno condizioni per potenziali depositi, con una tensione tangenziale che assume un valore di 0.08 N/mq, inferiore al valore soglia ($\tau_d=0.16$ N/mq). Ma si tratta di un fenomeno non significativo dal punto di vista del rischio idraulico, con potenziali depositi che non hanno nessuna rilevanza pratica. La situazione della sezione 12 all'istante in cui si hanno potenziali depositi sulla golenale destra è riportata nella figura seguente, estratta dai risultati di HEC-RAS.

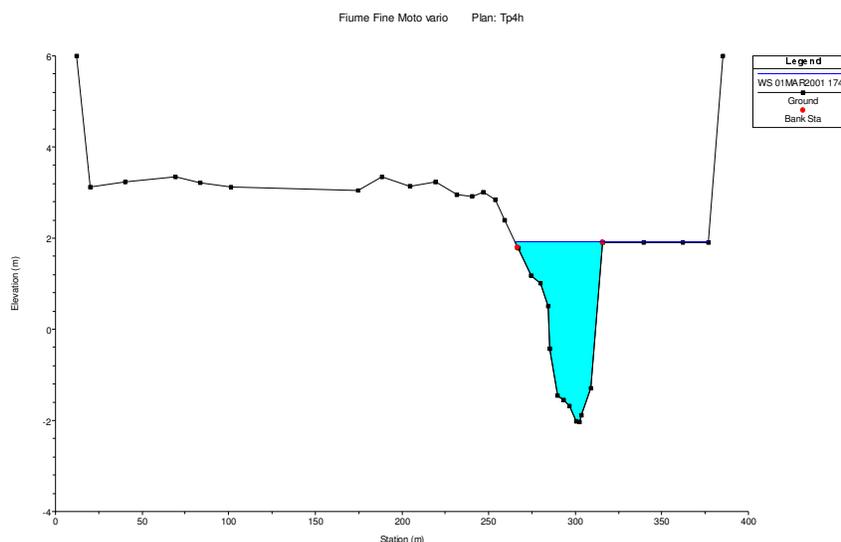


Figura 14 sezione 12 del Fine all'istante $t=520$ minuti. Sulla golenale destra sono presenti 2 cm di acqua.

In tutte le altre sezioni (e nella sezione 12 in tutti gli altri istanti temporali) durante il passaggio dell'onda di piena non si scende mai a valori di tensione inferiori al valore limite τ_d . Inoltre nella parte centrale dell'onda di piena, dove si ha il transito delle portate maggiori si è sempre ben lontani dal valore della tensione critica per il deposito dei sedimenti, come si nota dai grafici riportati.

In definitiva non si hanno condizioni per il deposito di materiale solido proveniente dalle aree potenzialmente in frana a monte del tratto in esame per cui non si ha rischio da fenomeni di sovralluvionamento.

10.2.2 Cassa di espansione sul torrente Savolano

Il rischio da fenomeni di sovralluvionamento per la cassa del Savolano è teoricamente legato alle frane quiescenti presenti sul reticolo minore che converge nella cassa.

Considerando che le aree in frana interessano formazioni argillose i sedimenti che possono interessare la cassa avranno granulometria limoso argillosa. Assumendo cautelativamente per il calcolo della tensione tangenziale τ_d critica per il deposito un diametro pari a $d=0.0234$ mm, corrispondente ad un materiale limoso medio si ha

$$\omega = 0.0004911 \text{ m/s}$$

$$\tau_d = \rho \omega^2 = 0.000241 \text{ N/mq}$$

Il confronto tra la tensione tangenziale τ esercitata dalla corrente e la tensione critica per il deposito τ_d è riportato nei grafici seguenti. Per ricavare l'andamento nel tempo di τ si sono utilizzati i risultati forniti dalle analisi a moto vario effettuate con HEC-RAS per la progettazione della cassa di espansione, facendo riferimento all'onda di piena cui compete la portata massima duecentennale.

Il confronto tra τ e τ_d è stato effettuato separatamente per l'alveo centrale (dove si hanno le velocità e quindi le tensioni maggiori) e per le aree golenali, interessate da velocità e tensioni minori.

Come risultati si riportano le tabelle con i valori di τ ad i vari istanti della simulazione, il profilo di τ a monte della cassa sul Savolano corrispondente al profilo involuppo delle altezze liquide massime *Max WS* (nel paragrafo finale) ed i grafici rappresentativi della variazione di τ nel tempo in alcune sezioni significative. In particolare sono stati riportati i grafici relativi alle sezioni 20, rappresentativa del tratto di monte della cassa di espansione, 17 rappresentativa della zona centrale della cassa e 14, posta a monte dello sbarramento. I valori di τ relativi alle altre sezioni sono riportati nelle tabelle suddette, l'andamento delle τ è comunque analogo a quanto riportato nei grafici relativi alle sezioni tipo. In particolare si nota il diverso andamento temporale delle tensioni τ rispetto alle portate Q nelle sezioni in cui sono presenti significativi effetti di rigurgito (sezioni 17 e 14), e la sezione 20, posta in testata della cassa.

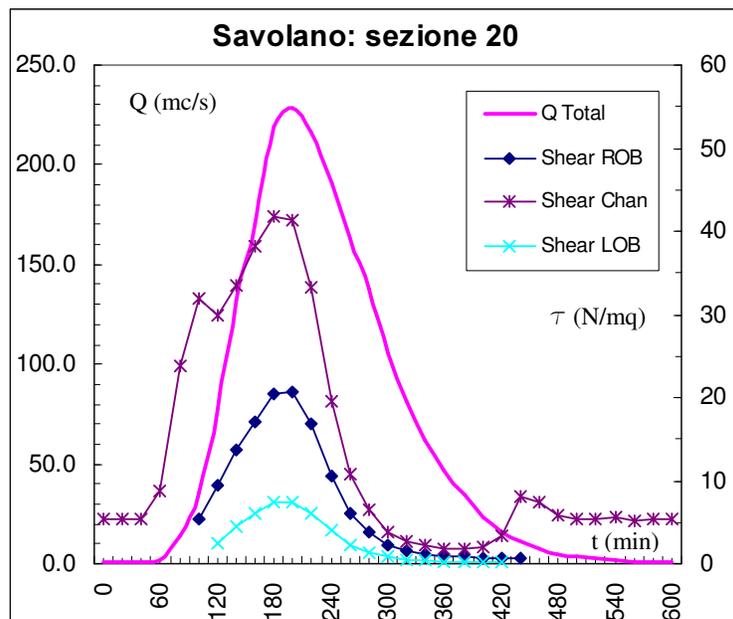


Figura 15

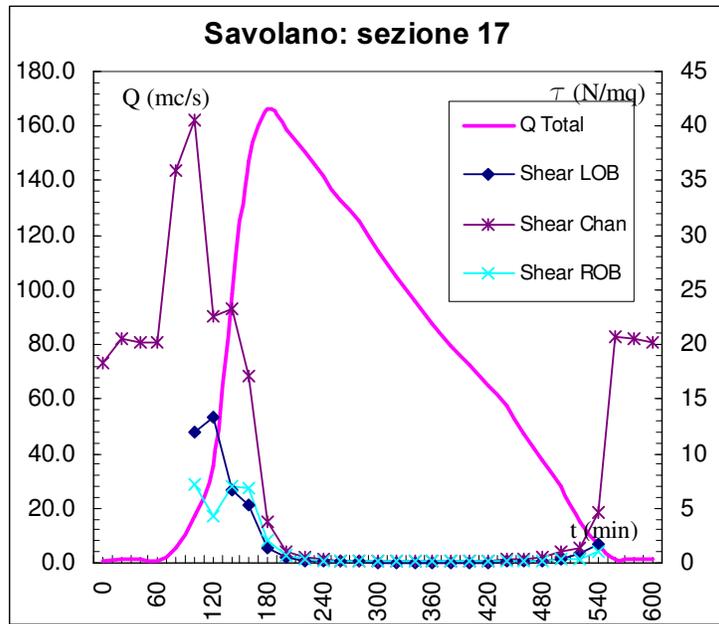


Figura 16

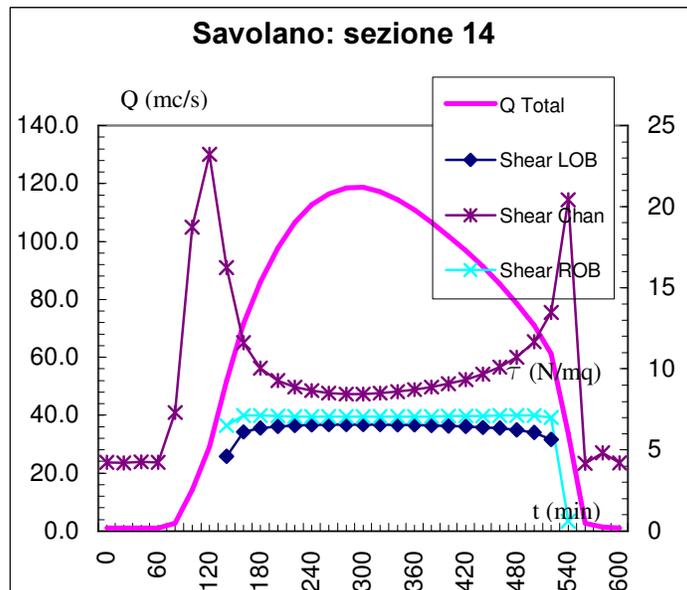
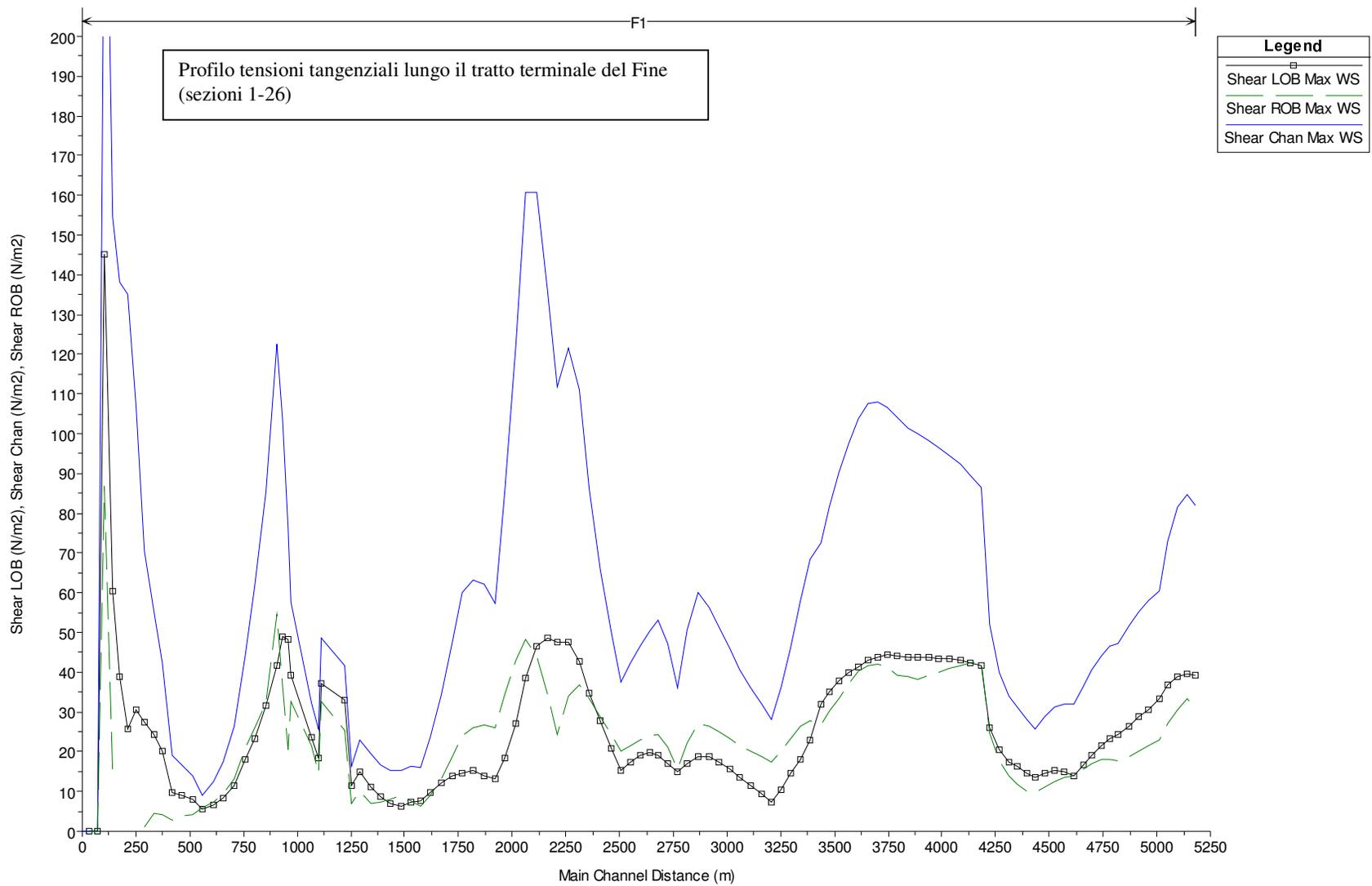


Figura 17

Confrontando τ con τ_d si nota come si sia sempre decisamente in condizioni di $\tau > \tau_d$, dato il valore estremamente ridotto di τ_d , dovuto alla granulometria fine dei sedimenti in esame. Non si hanno in definitiva condizioni per il deposito di materiale solido proveniente dalle aree potenzialmente in frana a monte della cassa per cui non si ha rischio da fenomeni di sovralluvionamento.

10.2.3 Allegati: risultati simulazioni

Si riportano a seguire i risultati dettagliati ottenuti per le varie simulazioni idrauliche effettuate, con i valori delle tensioni tangenziali che si verificano allo stato di progetto nei corsi d'acqua considerati durante il transito dell'onda di piena cui corrisponde la portata massima duecentennale. Si riportano anche i profili delle τ a monte della cassa sul Savolano e nel tratto terminale del Fine corrispondenti ai profili inviluppo delle altezze liquide massime *Max WS*. La tensione tangenziale τ agente nell'alveo inciso è indicata con *Shear Chan*, quella agente nelle aree golenali con *Shear LOB* (golena sinistra) e *Shear ROB* (golena destra). Quando non si hanno valori nelle caselle delle colonne contenenti i dati relativi alle aree golenali significa che per quella data portata non si ha deflusso al di fuori dell'alveo inciso. Per il fiume Fine si riporta anche la tabella dei risultati relativi alla simulazione a moto vario eseguita (con riferimento al profilo inviluppo *MaxWS*), perché non compresa tra quelle riportate nella Relazione Idraulica, in cui l'analisi del rischio nel tratto terminale del Fine è stata condotta a moto permanente.



HEC-RAS Plan: Tp4h River: Fine Reach: F1 Profile: Max WS												
Reach	River Sta	Profile	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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
F1	26	Max WS	1095.25	6.27	11.06		11.33	0.002954	3.1	522.32	417.9	0.57
F1	25	Max WS	1093.41	6.01	10.67		10.86	0.002053	2.7	608.05	433.66	0.49
F1	24	Max WS	1091.1	5.21	10.4		10.55	0.001525	2.4	684.58	461.85	0.41
F1	23	Max WS	1090.11	4.76	10.23		10.32	0.000909	2.02	832.22	499.41	0.33
F1	22	Max WS	1090.01	4.59	10.12		10.2	0.000694	1.83	909.29	519.32	0.29
F1	21	Max WS	1089.6	3.74	9.61		9.96	0.002286	3.36	442.68	204.78	0.52
F1	20	Max WS	1089.23	2.41	8.6		9	0.003009	3.63	425.91	238.23	0.59
F1	19	Max WS	1085.61	1.9	7.81		8.07	0.002004	3.06	536.67	321.28	0.49
F1	18	Max WS	1084.03	1.19	7.59		7.71	0.000911	1.85	753.72	405.7	0.32
F1	17	Max WS	1082.78	-1	7.14		7.28	0.000762	2.26	706.34	301.75	0.31
F1	16	Max WS	1082.5	-0.64	6.88		7.05	0.000794	2.3	616.95	216.49	0.32
F1	15	Max WS	1082.07	-1.06	6.11		6.65	0.002378	3.96	393.09	148.53	0.56
F1	14	Max WS	1067.29	-1.45	5.65		5.86	0.001384	2.78	627.15	308.61	0.41
F1	13	Max WS	1065.97	-1.62	5.5		5.56	0.000288	1.54	1166.15	408.25	0.2
F1	12	Max WS	1065.88	-2.03	5.47		5.54	0.000276	1.5	1102.45	370.19	0.2
F1	11	Max WS	1065.74	-2.18	5.38		5.49	0.000468	1.8	786.12	232.73	0.25
F1	10	Max WS	1065.7	-1.84	5.17	2.71	5.48	0.000721	2.5	430.94	206.81	0.32
F1	9.5	BR U	Max WS	-1.84	4.09	3.34	5.32	0.004377	5.43	228.68	53	0.76
F1	9.5	BR D	Max WS	-2.14	4.25	3.05	5.2	0.003805	4.58	252.14	53.32	0.62
F1	9.1	Max WS	1065.66	-2.14	4.64		4.99	0.000911	2.67	405.93	161.87	0.36
F1	9	Max WS	1065.7	-2.14	4.84		4.97	0.000462	1.96	705.63	162.63	0.26
F1	8	Max WS	1065.67	-1.92	4.68	2.52	4.96	0.000576	2.74	468.78	119.65	0.36
F1	7.5	BR U	Max WS	-1.92	3.27	3.27	4.81	0.006003	6.25	213.32	59.73	0.85
F1	7.5	BR D	Max WS	-1.77	2.8	2.8	4.37	0.008589	5.65	192.49	59.44	0.99
F1	7.1	Max WS	1064.05	-1.77	3.41		3.9	0.001377	3.25	345.84	126.31	0.5
F1	7	Max WS	1064.4	-1.74	3.44		3.89	0.001831	3.21	364.91	117	0.49
F1	6	Max WS	1061.72	-2.41	3.26		3.82	0.002934	4.07	439.33	212.73	0.62
F1	5	Max WS	1061.74	-1.65	3.23		3.35	0.001285	2.35	911.26	558.06	0.4
F1	4	Max WS	1061.28	-1.58	3.13		3.16	0.000332	1.03	1636.36	843.71	0.2
F1	3	Max WS	1061.17	-1.32	3.04		3.1	0.000617	1.53	1217.04	680.65	0.27
F1	2	Max WS	1060.95	-1.41	2.14	2.56	3.38	0.006811	5.46	373.08	639.88	1.22
F1	1	Max WS	1060.94	-0.92	1.04	1.68	3.32	0.023525	7.48	176.64	221.25	2.05

HEC-RAS Plan: Tp4h River: Fine Reach: Fine						
Reach	River Sta	t	Q Total	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB
		(min)	(m3/s)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
Fine	26	0	80	35.15	0.36	2.06
Fine	26	20	80	36.41	0.09	1.96
Fine	26	40	80	36.66		1.95
Fine	26	60	80	36.68		1.95
Fine	26	80	110.89	47.17	5.06	4.77
Fine	26	100	180.46	55.51	13.18	6.62
Fine	26	120	246.85	51.44	14.96	10.11
Fine	26	140	384.1	60.2	20.71	16.22
Fine	26	160	696.8	71.18	30.16	26.54
Fine	26	180	947.97	79.59	36.68	29.65
Fine	26	200	1070	82	38.92	30.77
Fine	26	220	1092.12	81.57	38.97	30.76
Fine	26	240	1036.47	79.44	37.54	29.72
Fine	26	260	937.23	76.13	35.19	28.37
Fine	26	280	817.68	73.01	32.56	27.31
Fine	26	300	704.68	68.56	29.37	25.86
Fine	26	320	596.77	64.01	26.12	22.75
Fine	26	340	503.6	61.58	23.73	19.88
Fine	26	360	424.39	58.06	21.1	16.95
Fine	26	380	357.84	55.25	18.74	14.59
Fine	26	400	303.66	54.11	17.01	12.65
Fine	26	420	262.04	51.52	15.39	10.71
Fine	26	440	216.74	46.14	12.91	8.49
Fine	26	460	146.4	47.9	10.03	4.58
Fine	26	480	122.93	43.86	7.51	3.45
Fine	26	500	104.61	42.34	4.44	4.25
Fine	26	520	90.13	38.02	1.75	3.18
Fine	26	540	80	35.7	0.25	2.01
Fine	26	560	80	36.57	0.05	1.95
Fine	26	580	80	36.66		1.95
Fine	26	600	80	36.68		1.95
Fine	26	620	80	36.68		1.95
Fine	26	640	80	36.68		1.95
Fine	26	660	80	36.68		1.95
Fine	25	0	83.36	29.19	3.77	2.26
Fine	25	20	80.11	31.22	3.64	2.05
Fine	25	40	80.01	31.63	3.65	2.04
Fine	25	60	80	31.66	3.65	2.04
Fine	25	80	104.89	35.49	5.45	3.63
Fine	25	100	169.96	35.27	9.35	5.1
Fine	25	120	241.74	37.73	12.31	7.06
Fine	25	140	363.83	47.21	18.26	10.15
Fine	25	160	679.73	57.45	27.35	17.83
Fine	25	180	937.45	63.27	33.08	21.77
Fine	25	200	1065.5	62.34	33.91	22.99
Fine	25	220	1092.53	60.49	33.26	22.82

Fine	25	240	1040.32	59.05	32.15	21.82
Fine	25	260	943.41	58.1	30.85	20.37
Fine	25	280	824.58	55.9	28.6	18.8
Fine	25	300	711.16	53.52	26.23	17.19
Fine	25	320	603.02	50.41	23.53	15.25
Fine	25	340	509.19	47.48	21.02	13.36
Fine	25	360	429.66	45.55	19.02	11.47
Fine	25	380	362.6	43.14	16.99	9.64
Fine	25	400	307.81	39.6	14.62	7.99
Fine	25	420	265.42	37.73	13.02	7.37
Fine	25	440	223.72	34.75	11.08	6.35
Fine	25	460	150.16	29.45	7.62	4.12
Fine	25	480	124.97	29.49	6.56	3.38
Fine	25	500	106.29	28.28	5.36	2.7
Fine	25	520	91.76	28.07	4.12	2.86
Fine	25	540	80.49	30.36	3.64	2.08
Fine	25	560	80.04	31.5	3.65	2.04
Fine	25	580	80	31.64	3.65	2.04
Fine	25	600	80	31.66	3.65	2.04
Fine	25	620	80	31.68	3.65	2.04
Fine	25	640	80	31.68	3.65	2.04
Fine	25	660	80	31.68	3.65	2.04
Fine	24	0	85.35	32.58	2.96	1.39
Fine	24	20	80.47	36.19	2.48	0.41
Fine	24	40	80.05	36.38	2.43	0.31
Fine	24	60	80.01	36.4	2.43	0.31
Fine	24	80	96.39	40.44	3.71	1.86
Fine	24	100	157.79	40.14	7.64	3.27
Fine	24	120	236.95	43.76	10.83	5.18
Fine	24	140	342.8	48.95	14.96	7.18
Fine	24	160	660.43	57.06	23.19	14.39
Fine	24	180	923.72	53.94	25.35	17.53
Fine	24	200	1058.89	49.65	24.91	17.9
Fine	24	220	1092.35	47.35	24.21	17.59
Fine	24	240	1044.76	46.24	23.38	16.87
Fine	24	260	950.56	46.07	22.54	15.97
Fine	24	280	832.86	46.47	21.61	14.84
Fine	24	300	719.19	47.24	20.68	13.62
Fine	24	320	610.52	47.86	19.53	12.16
Fine	24	340	515.88	47.62	18.06	10.59
Fine	24	360	435.44	47.63	16.67	9.17
Fine	24	380	367.67	46.92	15.12	7.66
Fine	24	400	312.52	44.13	13.16	6.26
Fine	24	420	269.4	43.58	11.87	5.56
Fine	24	440	229.38	41.57	10.23	4.89
Fine	24	460	155.91	34.45	6.88	3.13
Fine	24	480	128.78	34.84	5.74	2.29
Fine	24	500	108.92	35.38	4.37	2.27
Fine	24	520	95.1	35.71	3.46	2.03
Fine	24	540	81.68	35.78	2.6	0.64

Fine	24	560	80.16	36.29	2.45	0.35
Fine	24	580	80.01	36.36	2.43	0.31
Fine	24	600	80	36.4	2.43	0.31
Fine	24	620	80	36.41	2.43	0.3
Fine	24	640	80	36.41	2.43	0.3
Fine	24	660	80	36.41	2.43	0.3
Fine	23	0	87.17	21.99	0.26	5.49
Fine	23	20	80.97	24.7		5.33
Fine	23	40	80.15	27.03		5.43
Fine	23	60	80.02	27.58		5.45
Fine	23	80	89.67	23.85	0.22	5.88
Fine	23	100	147.15	24.15	0.85	5.95
Fine	23	120	230.99	30.55	3.81	6.9
Fine	23	140	323.93	34.39	6.3	9.01
Fine	23	160	634.79	39.82	12.03	13.65
Fine	23	180	904.28	34.94	13.46	14.02
Fine	23	200	1049.91	32.24	13.63	13.75
Fine	23	220	1091.54	32.1	13.94	14
Fine	23	240	1049.83	30.27	12.98	13.03
Fine	23	260	959.06	30.08	12.39	12.61
Fine	23	280	843.05	30.15	11.64	12.11
Fine	23	300	728.87	30.71	10.91	11.69
Fine	23	320	619.97	31.04	10	11.09
Fine	23	340	523.82	31.62	9.08	10.5
Fine	23	360	442.27	31.55	8.04	9.71
Fine	23	380	374	31.14	6.9	8.91
Fine	23	400	317.18	30.33	5.81	8.11
Fine	23	420	273.89	29.47	4.88	7.37
Fine	23	440	235.37	28.45	3.88	6.56
Fine	23	460	161.13	18.89	1.44	4.24
Fine	23	480	132.34	17.99	0.73	4.37
Fine	23	500	112.24	18.39	0.49	4.45
Fine	23	520	97.46	20.46	0.85	5.2
Fine	23	540	81.21	22.07		5.11
Fine	23	560	80.4	25.97		5.38
Fine	23	580	80.05	27.38		5.44
Fine	23	600	80.01	27.64		5.45
Fine	23	620	80	27.68		5.46
Fine	23	640	80	27.68		5.45
Fine	23	660	80	27.7		5.46
Fine	22	0	79.43	49.6		
Fine	22	20	81.29	50.63		
Fine	22	40	80.19	50.57		
Fine	22	60	80.03	50.58		
Fine	22	80	86.62	53.69		
Fine	22	100	133.49	54.2	4.33	3.58
Fine	22	120	223.9	39.29	8.5	5.05
Fine	22	140	308.57	39.3	10.89	5.82
Fine	22	160	607.36	36.2	14.44	8.58

Fine	22	180	885.5	29.24	13.94	9.56
Fine	22	200	1041.21	26.82	13.7	9.82
Fine	22	220	1090.56	25.92	13.52	9.81
Fine	22	240	1054.39	25.62	13.24	9.56
Fine	22	260	966.96	25.72	12.91	9.16
Fine	22	280	852.65	26.24	12.58	8.67
Fine	22	300	737.97	27.19	12.32	8.13
Fine	22	320	628.82	28.52	12.09	7.52
Fine	22	340	531.87	29.95	11.76	6.91
Fine	22	360	449.37	31.36	11.32	6.21
Fine	22	380	380.34	32.52	10.75	5.66
Fine	22	400	322.32	33.53	10.04	5.25
Fine	22	420	277.83	33.54	9.14	4.91
Fine	22	440	240.01	32.92	8.12	4.54
Fine	22	460	167.68	31.07	5.66	3.69
Fine	22	480	135.88	32.97	4.39	3.22
Fine	22	500	115.05	41.97	3.12	2.66
Fine	22	520	100.29	52.78	0.74	1.27
Fine	22	540	82.5	48.44		
Fine	22	560	80.57	50.54		
Fine	22	580	80.08	50.56		
Fine	22	600	80.01	50.57		
Fine	22	620	80	50.58		
Fine	22	640	80	50.57		
Fine	22	660	80	50.57		
Fine	21	0	79.94	44.38		
Fine	21	20	81.48	45.3		
Fine	21	40	80.23	45.09		
Fine	21	60	80.03	45.07		
Fine	21	80	84.65	47.39		
Fine	21	100	123.61	57.04	4.52	4.8
Fine	21	120	205.68	53.38	8.33	9.01
Fine	21	140	285.37	52.37	12.45	13.09
Fine	21	160	561.59	66.69	24.37	25.19
Fine	21	180	856.8	78.45	34.62	35.56
Fine	21	200	1028.47	84.64	40	40.98
Fine	21	220	1089.01	86.41	41.69	42.75
Fine	21	240	1060.83	84.97	40.68	41.7
Fine	21	260	978.14	81.42	37.95	38.86
Fine	21	280	866.59	76.77	34.26	35.08
Fine	21	300	751.38	71.61	30.25	31.16
Fine	21	320	642.47	66.67	26.38	27.21
Fine	21	340	544.47	62.03	22.74	23.5
Fine	21	360	460.65	57.88	19.49	20.19
Fine	21	380	390.57	54.39	16.65	17.3
Fine	21	400	331.18	51.01	14.05	14.67
Fine	21	420	284.93	48.92	12	12.6
Fine	21	440	247.1	46.47	10.12	10.69
Fine	21	460	180.8	42.52	6.47	7.01
Fine	21	480	144.29	43.54	5.14	4.47

Fine	21	500	120.87	45.97	3.93	3.4
Fine	21	520	101.42	49.63	0.9	3.51
Fine	21	540	85.17	44.97		
Fine	21	560	80.68	45.1		
Fine	21	580	80.1	45.07		
Fine	21	600	80.02	45.07		
Fine	21	620	80	45.08		
Fine	21	640	80	45.07		
Fine	21	660	80	45.07		
Fine	20	0	80.02	42.32		
Fine	20	20	81.8	43.48		
Fine	20	40	80.3	43.4		
Fine	20	60	80.04	43.42		
Fine	20	80	82.81	44.7		
Fine	20	100	119.1	52.64	2.7	
Fine	20	120	175.71	59.58	3.72	3.48
Fine	20	140	266.38	68.79	9.13	12.21
Fine	20	160	523.79	83.95	23.37	24.15
Fine	20	180	835.35	96.05	35.83	33.47
Fine	20	200	1018.85	102.73	42.26	38.1
Fine	20	220	1087.51	104.17	44.26	39.42
Fine	20	240	1064.99	102.57	43.27	38.64
Fine	20	260	985.93	99.51	40.55	36.68
Fine	20	280	876.35	94.81	36.57	33.75
Fine	20	300	761.08	90.2	32.34	30.63
Fine	20	320	652.64	85.12	28.01	27.34
Fine	20	340	554.1	80.27	23.85	24.11
Fine	20	360	469.87	76.94	20.21	21.3
Fine	20	380	398.8	72.45	16.67	18.39
Fine	20	400	339.17	72.31	13.73	16.21
Fine	20	420	291.58	68.87	10.82	13.71
Fine	20	440	253.71	64.07	8.49	11.16
Fine	20	460	196.87	59.37	5.28	6.51
Fine	20	480	152.56	52.27	2.85	1.29
Fine	20	500	128.72	48.27	5.3	
Fine	20	520	103.27	44.77	1.13	
Fine	20	540	89.35	44.31		
Fine	20	560	80.9	43.29		
Fine	20	580	80.14	43.4		
Fine	20	600	80.02	43.43		
Fine	20	620	80	43.43		
Fine	20	640	80	43.42		
Fine	20	660	80	43.42		
Fine	19	0	80.11	26.41		
Fine	19	20	82.18	27.27		
Fine	19	40	80.41	27.28		
Fine	19	60	80.06	27.32		
Fine	19	80	81.64	27.7		
Fine	19	100	115.44	31.24	0.66	2.52

Fine	19	120	159.48	39.94	2.22	2.17
Fine	19	140	251	41.99	7.61	6.39
Fine	19	160	485.86	57.1	16.47	15.17
Fine	19	180	813.1	69.13	26.14	24.69
Fine	19	200	1007.41	75.43	31.67	27.07
Fine	19	220	1084.39	73.98	32.38	27.07
Fine	19	240	1068.51	71.39	31.29	26.14
Fine	19	260	993.41	68.83	29.37	24.89
Fine	19	280	886.32	62.15	25.31	22.21
Fine	19	300	770.82	59.59	22.79	21.55
Fine	19	320	662.84	56.55	20.14	18.93
Fine	19	340	563.34	54.05	17.64	16.45
Fine	19	360	478.69	50.8	15.13	13.98
Fine	19	380	406.95	48.3	12.95	11.82
Fine	19	400	345.88	45.6	10.93	9.76
Fine	19	420	297.99	42.28	9.23	7.92
Fine	19	440	259.97	40.59	7.92	6.44
Fine	19	460	208.25	35.34	5.59	4.46
Fine	19	480	156.99	29.53	3.17	2.03
Fine	19	500	132.35	29.98	0.98	3.62
Fine	19	520	106.25	27.74	0.33	1.88
Fine	19	540	91.08	27.75		
Fine	19	560	81.26	27.17		
Fine	19	580	80.2	27.3		
Fine	19	600	80.03	27.32		
Fine	19	620	80.01	27.32		
Fine	19	640	80	27.32		
Fine	19	660	80	27.32		
Fine	18	0	80.04	71.14		
Fine	18	20	82.38	73.42		
Fine	18	40	80.47	72.83		
Fine	18	60	80.07	72.76		
Fine	18	80	81.09	73.52		
Fine	18	100	112.88	86.19		
Fine	18	120	149.17	84.14		2.49
Fine	18	140	238.79	39.83		9.57
Fine	18	160	452.2	36.65		14.56
Fine	18	180	785.81	36.16		19.3
Fine	18	200	992.3	30.98	6.92	18.41
Fine	18	220	1079.43	28.86	7.48	17.82
Fine	18	240	1071.45	27.88	7.32	17.26
Fine	18	260	1001.23	27.63	6.69	16.78
Fine	18	280	896.78	27.85	5.9	16.29
Fine	18	300	781.58	29.75	0.33	16.55
Fine	18	320	673.31	29.62		15.4
Fine	18	340	573.02	29.75		14.26
Fine	18	360	486.95	29.98		13.16
Fine	18	380	414.12	30.19		12.05
Fine	18	400	352.25	30.86		11.06
Fine	18	420	302.85	31.72		10.16

Fine	18	440	264.36	32.9		9.37
Fine	18	460	217.05	34.49		8.1
Fine	18	480	164.34	48.89		6.85
Fine	18	500	144.99	73.89		3.49
Fine	18	520	108.54	77.37		0.23
Fine	18	540	91.55	75.38		
Fine	18	560	81.5	72.75		
Fine	18	580	80.24	72.73		
Fine	18	600	80.04	72.76		
Fine	18	620	80.01	72.77		
Fine	18	640	80	72.76		
Fine	18	660	80	72.78		
Fine	17	0	80.07	30.99		
Fine	17	20	82.67	31.94		
Fine	17	40	80.61	31.46		
Fine	17	60	80.1	31.45		
Fine	17	80	80.59	31.71		
Fine	17	100	108.94	39.22		
Fine	17	120	143.71	40.68		
Fine	17	140	213	50.1	3.04	5.3
Fine	17	160	391.39	63.65	9.22	17.15
Fine	17	180	728.69	43.38	13.21	15.46
Fine	17	200	963.49	37.95	14.49	15.64
Fine	17	220	1069.71	36.7	15.01	15.81
Fine	17	240	1075.67	36.01	14.85	15.59
Fine	17	260	1013.96	35.51	14.23	15.09
Fine	17	280	914.61	35.27	13.34	14.45
Fine	17	300	800.56	35.44	12.33	13.76
Fine	17	320	692.51	36.08	11.32	13.11
Fine	17	340	591.27	37.57	10.29	12.75
Fine	17	360	502.83	39.8	9.19	13.22
Fine	17	380	428.37	43.15	7.97	14.02
Fine	17	400	365.15	47.58	6.46	14.05
Fine	17	420	313.68	43.36	6.52	11.35
Fine	17	440	272.67	41.61	6.65	9.53
Fine	17	460	230.73	39.28	4.91	7.33
Fine	17	480	177.22	36.18	1.84	3.42
Fine	17	500	149.42	37.88	0.75	0.1
Fine	17	520	112.17	33.14		
Fine	17	540	92.66	32.86		
Fine	17	560	82.07	31.3		
Fine	17	580	80.34	31.35		
Fine	17	600	80.06	31.44		
Fine	17	620	80.01	31.46		
Fine	17	640	80	31.46		
Fine	17	660	80	31.47		
Fine	16	0	80.03	29.87		
Fine	16	20	82.86	31.06		
Fine	16	40	80.72	30.64		

Fine	16	60	80.13	30.61		
Fine	16	80	80.37	30.77		
Fine	16	100	106.01	37.72		
Fine	16	120	141.14	42.38		0.38
Fine	16	140	201.21	46.49		3.57
Fine	16	160	353.52	33.91	5.37	9.65
Fine	16	180	695.07	32.32	10.83	14.68
Fine	16	200	947.93	35.88	13.7	18.36
Fine	16	220	1064.54	37.48	15.23	19.92
Fine	16	240	1077.48	37.43	15.33	19.99
Fine	16	260	1020.15	36.26	14.49	19.07
Fine	16	280	923.55	34.52	13.12	17.61
Fine	16	300	810.49	32.24	12.07	15.76
Fine	16	320	702.36	30.27	10.48	14.05
Fine	16	340	601.22	28.51	8.94	12.42
Fine	16	360	512	26.87	7.71	10.88
Fine	16	380	436.84	25.73	6.64	9.56
Fine	16	400	373.32	25.4	5.49	8.51
Fine	16	420	321.26	25.75	4.4	7.6
Fine	16	440	278.5	26.69	3.26	6.76
Fine	16	460	238.71	28.74	1.72	5.73
Fine	16	480	186.49	35.47		3.17
Fine	16	500	150.78	39.22		2.22
Fine	16	520	114.9	35.35		
Fine	16	540	93.77	31.97		
Fine	16	560	82.54	30.35		
Fine	16	580	80.44	30.49		
Fine	16	600	80.08	30.59		
Fine	16	620	80.01	30.62		
Fine	16	640	80	30.62		
Fine	16	660	80	30.63		
Fine	15	0	80.04	26.64		
Fine	15	20	83.08	28.19		
Fine	15	40	80.85	27.65		
Fine	15	60	80.16	27.56		
Fine	15	80	80.22	27.63		
Fine	15	100	103	33.7		
Fine	15	120	137.88	38.85		
Fine	15	140	192	41.49	5.68	1.96
Fine	15	160	317.47	44.18	9.08	5.92
Fine	15	180	670.64	71.63	25.63	9.84
Fine	15	200	936.94	97.45	39.3	19.08
Fine	15	220	1060.84	109.93	46.33	23.49
Fine	15	240	1078.55	111.2	47.21	24.08
Fine	15	260	1024.33	104.94	43.88	22.08
Fine	15	280	929.73	95.51	38.58	18.76
Fine	15	300	817.35	84.38	32.59	14.88
Fine	15	320	709.42	73.9	27.19	11.19
Fine	15	340	608.5	64.11	22.24	8.77
Fine	15	360	518.62	55.15	17.87	10

Fine	15	380	443.91	48.69	14.49	8.25
Fine	15	400	380.36	44.15	11.73	6.89
Fine	15	420	328.14	41.65	9.46	5.89
Fine	15	440	284.38	39.01	7.34	5.02
Fine	15	460	246.36	38.23	5.32	4.44
Fine	15	480	194.59	36.58	5.94	2.53
Fine	15	500	152.62	36.83	2.19	
Fine	15	520	117.79	33.23		
Fine	15	540	95.07	29.62		
Fine	15	560	83.18	27.51		
Fine	15	580	80.58	27.46		
Fine	15	600	80.1	27.53		
Fine	15	620	80.02	27.55		
Fine	15	640	80	27.55		
Fine	15	660	80	27.56		
Fine	14	0	80.09	26.73		
Fine	14	20	83.24	29.04		
Fine	14	40	80.96	28.14		
Fine	14	60	80.19	27.92		
Fine	14	80	80.14	27.95		
Fine	14	100	100.86	36.29		
Fine	14	120	135.45	48.23		
Fine	14	140	186.17	64.75		0.84
Fine	14	160	292.02	87.1		7.56
Fine	14	180	648.48	83.5	8.81	24.51
Fine	14	200	925.76	83.3	15.86	31.5
Fine	14	220	1052.11	69.9	16.27	29.87
Fine	14	240	1076.25	58.99	13.49	26.65
Fine	14	260	1029.1	56.11	12.85	25.1
Fine	14	280	938.29	58.53	13.58	24.67
Fine	14	300	825.86	64.31	12.47	24.55
Fine	14	320	716.97	70.85	10.62	23.9
Fine	14	340	615	73.01	7.97	21.68
Fine	14	360	524.97	74.29	6.24	18.95
Fine	14	380	449.71	86.16	3.5	16.74
Fine	14	400	385.21	97.41		13.39
Fine	14	420	332.76	93.03		11.61
Fine	14	440	288.71	86.45		7.54
Fine	14	460	250.41	76.77		9.22
Fine	14	480	199.22	64.64		3.11
Fine	14	500	154.14	50.96		
Fine	14	520	119.68	39.51		
Fine	14	540	96.21	31.9		
Fine	14	560	83.77	28.27		
Fine	14	580	80.73	27.86		
Fine	14	600	80.14	27.88		
Fine	14	620	80.03	27.89		
Fine	14	640	80.01	27.9		
Fine	14	660	80	27.9		

Fine	13	0	80.02	16.21		
Fine	13	20	83.35	18.06		
Fine	13	40	81.09	17.38		
Fine	13	60	80.23	17.2		
Fine	13	80	80.1	17.2		
Fine	13	100	98.93	23.44		
Fine	13	120	133.07	33.7	1.11	
Fine	13	140	181.85	46.55	4.76	2.32
Fine	13	160	275	63.6	11.03	8.85
Fine	13	180	609.72	63.58	12.85	19.83
Fine	13	200	876.43	26.31	9.81	11.34
Fine	13	220	1022.32	18.7	8.31	7.46
Fine	13	240	1069.14	16.34	7.66	6.35
Fine	13	260	1039.76	15.94	7.42	6.21
Fine	13	280	959.69	16.76	7.42	6.7
Fine	13	300	851.67	18.69	7.55	7.95
Fine	13	320	740.9	22.27	7.9	9.33
Fine	13	340	633.84	27.2	8.16	10.39
Fine	13	360	541.34	34.91	8.39	11.86
Fine	13	380	459.02	43.9	7.95	13.01
Fine	13	400	391.76	56.61	6.7	14.09
Fine	13	420	338.25	58.64	6.86	11.81
Fine	13	440	292.85	55.75	8.7	9.6
Fine	13	460	253.38	50.16	8.82	7.46
Fine	13	480	202.57	41.3	6.76	4.59
Fine	13	500	155.84	33.11	3.62	1.82
Fine	13	520	121.57	25.74	1.43	0.28
Fine	13	540	97.57	20.2		
Fine	13	560	84.51	17.45		
Fine	13	580	80.95	17.15		
Fine	13	600	80.19	17.16		
Fine	13	620	80.04	17.17		
Fine	13	640	80.01	17.18		
Fine	13	660	80	17.18		
Fine	12	0	79.93	7.99		
Fine	12	20	83.38	8.83		
Fine	12	40	81.13	8.52		
Fine	12	60	80.25	8.44		
Fine	12	80	80.1	8.44		
Fine	12	100	98.31	11.17		
Fine	12	120	132.13	15.3	0.16	
Fine	12	140	179.79	19.5	1.48	1.97
Fine	12	160	270.91	25.03	3.69	6.16
Fine	12	180	579.2	40.66	4.33	17.03
Fine	12	200	855.63	22.35	6.9	12
Fine	12	220	1012.05	17.02	6.6	9.88
Fine	12	240	1066.79	15.33	6.35	9.12
Fine	12	260	1043.35	15.09	6.2	8.95
Fine	12	280	966.98	15.77	6.09	9.14
Fine	12	300	861.11	17.33	5.97	9.65

Fine	12	320	750.51	19.96	5.76	10.49
Fine	12	340	642.67	23	5.19	11.25
Fine	12	360	548.9	27.07	4.19	12.12
Fine	12	380	465.59	29.66	2.53	12.05
Fine	12	400	396.53	28.58	1.39	10.52
Fine	12	420	340.65	26.07	2.38	8.64
Fine	12	440	294.4	23.39	4.03	6.9
Fine	12	460	254.55	20.87	3.21	5.39
Fine	12	480	204.15	17.53	2.15	3.46
Fine	12	500	156.96	14.55	1.15	1.57
Fine	12	520	122.41	11.91	0.37	0.08
Fine	12	540	98.08	9.62		
Fine	12	560	84.81	8.5		
Fine	12	580	81.05	8.4		
Fine	12	600	80.21	8.42		
Fine	12	620	80.04	8.42		
Fine	12	640	80.01	8.43		
Fine	12	660	80	8.43		
Fine	11	0	80.56	9.98		
Fine	11	20	83.43	10.97		
Fine	11	40	81.25	10.59		
Fine	11	60	80.29	10.48		
Fine	11	80	80.09	10.47		
Fine	11	100	96.71	13.7		
Fine	11	120	129.89	19.12		
Fine	11	140	176.11	26.92		
Fine	11	160	263.49	37.36	4.7	2.42
Fine	11	180	533.69	37.99	16.66	7.31
Fine	11	200	822.75	26.91	15.7	10.43
Fine	11	220	995.52	23.72	14.99	10.66
Fine	11	240	1062.99	22.89	14.81	10.24
Fine	11	260	1049.16	22.76	14.68	10.33
Fine	11	280	978.69	23.23	14.65	10.4
Fine	11	300	876.28	24.47	14.81	10.18
Fine	11	320	765.82	26.46	15.09	9.8
Fine	11	340	656.97	28.52	15.05	8.96
Fine	11	360	560.17	31.55	15.03	7.71
Fine	11	380	475.15	33.84	14.29	5.74
Fine	11	400	405.48	35.58	13.04	3.25
Fine	11	420	346.44	35.43	10.33	1.94
Fine	11	440	297.38	33.23	7.23	0.9
Fine	11	460	257.65	30.74	5.08	2.32
Fine	11	480	207.63	25.92	2.46	1.41
Fine	11	500	158.81	20.21		
Fine	11	520	124.23	15.13		
Fine	11	540	99.52	11.98		
Fine	11	560	85.66	10.58		
Fine	11	580	81.32	10.45		
Fine	11	600	80.28	10.46		
Fine	11	620	80.06	10.46		

Fine	11	640	80.01	10.47		
Fine	11	660	80	10.47		
Fine	10	0	81.65	7.59	2.83	
Fine	10	20	83.46	8.12	3	
Fine	10	40	81.32	7.91	2.88	
Fine	10	60	80.32	7.86	2.84	
Fine	10	80	80.09	7.87	2.83	
Fine	10	100	95.44	9.6	3.71	
Fine	10	120	128.05	11.95	5.34	0.25
Fine	10	140	173.46	14.77	7.44	1.73
Fine	10	160	258.55	19.82	11.31	4.57
Fine	10	180	519.6	33.3	22.48	13.55
Fine	10	200	811.58	38.7	29.08	20.74
Fine	10	220	989.89	40.86	31.99	24.08
Fine	10	240	1061.71	41.55	32.98	25.25
Fine	10	260	1051.1	41.45	32.83	25.08
Fine	10	280	982.62	40.66	31.79	23.9
Fine	10	300	881.46	39.48	30.2	22.07
Fine	10	320	771.01	38.08	28.29	19.87
Fine	10	340	661.81	35.72	25.68	17.19
Fine	10	360	563.83	33.41	23.14	14.58
Fine	10	380	478.33	30.22	20.17	11.91
Fine	10	400	408.27	26.98	17.39	9.58
Fine	10	420	348.51	23.59	14.7	7.52
Fine	10	440	298.7	20.42	12.32	5.83
Fine	10	460	258.98	17.88	10.45	4.53
Fine	10	480	209.94	14.55	8.1	3.01
Fine	10	500	160.36	11.36	5.89	1.61
Fine	10	520	125.67	9.32	4.45	0.68
Fine	10	540	100.74	8.09	3.5	
Fine	10	560	86.44	7.65	2.99	
Fine	10	580	81.57	7.78	2.87	
Fine	10	600	80.32	7.85	2.84	
Fine	10	620	80.06	7.86	2.83	
Fine	10	640	80.01	7.87	2.83	
Fine	10	660	80	7.87	2.83	
Fine	9.5	Ponte FS				
Fine	9	0	80.43	4.68	1.5	0.71
Fine	9	20	83.47	5.16	1.64	0.76
Fine	9	40	81.34	5.03	1.58	0.72
Fine	9	60	80.33	5.02	1.55	0.69
Fine	9	80	80.09	5.03	1.55	0.69
Fine	9	100	95.19	6.03	2.01	1.01
Fine	9	120	127.7	7.27	2.84	1.72
Fine	9	140	173.02	8.77	3.93	2.66
Fine	9	160	257.99	11.62	5.95	4.38
Fine	9	180	518.31	20.34	12.29	9.66
Fine	9	200	810.54	24.13	16.17	12.99

Fine	9	220	989.39	25.42	17.72	14.28
Fine	9	240	1061.6	25.8	18.21	14.69
Fine	9	260	1051.26	25.68	18.1	14.6
Fine	9	280	982.99	25.21	17.56	14.16
Fine	9	300	881.89	24.42	16.67	13.42
Fine	9	320	771.49	23.55	15.63	12.55
Fine	9	340	662.25	21.83	14.05	11.22
Fine	9	360	564.15	20.28	12.59	9.97
Fine	9	380	478.61	18.08	10.84	8.5
Fine	9	400	408.53	15.92	9.24	7.17
Fine	9	420	348.71	13.78	7.74	5.93
Fine	9	440	298.83	11.86	6.45	4.88
Fine	9	460	259.13	10.36	5.46	4.07
Fine	9	480	210.21	8.44	4.24	3.08
Fine	9	500	160.6	6.65	3.09	2.14
Fine	9	520	125.92	5.54	2.35	1.53
Fine	9	540	100.98	4.94	1.88	1.1
Fine	9	560	86.6	4.79	1.63	0.84
Fine	9	580	81.62	4.94	1.57	0.73
Fine	9	600	80.34	5.01	1.55	0.7
Fine	9	620	80.07	5.02	1.55	0.69
Fine	9	640	80.01	5.02	1.55	0.69
Fine	9	660	80	5.03	1.55	0.69
Fine	8	0	80.43	4.19	1.41	1.76
Fine	8	20	83.49	4.56	1.53	1.91
Fine	8	40	81.41	4.43	1.47	1.85
Fine	8	60	80.36	4.4	1.45	1.83
Fine	8	80	80.1	4.4	1.44	1.82
Fine	8	100	94.27	5.31	1.86	2.26
Fine	8	120	126.4	6.74	2.72	3.04
Fine	8	140	171.37	8.6	3.93	4.09
Fine	8	160	255.89	12.19	6.32	6.08
Fine	8	180	513.35	23.58	14.39	12.5
Fine	8	200	806.48	29.37	20.11	17.95
Fine	8	220	987.46	31.6	22.67	20.44
Fine	8	240	1061.18	32.33	23.56	21.32
Fine	8	260	1051.91	32.23	23.45	21.21
Fine	8	280	984.43	31.57	22.63	20.4
Fine	8	300	883.54	30.36	21.25	19.06
Fine	8	320	773.33	29.03	19.66	17.51
Fine	8	340	663.93	26.54	17.37	15.35
Fine	8	360	565.36	24.26	15.26	13.36
Fine	8	380	479.69	21.23	12.88	11.18
Fine	8	400	409.49	18.29	10.73	9.52
Fine	8	420	349.45	15.47	8.79	7.97
Fine	8	440	299.34	13.02	7.17	6.64
Fine	8	460	259.68	11.16	5.96	5.63
Fine	8	480	211.2	8.89	4.53	4.41
Fine	8	500	161.51	6.75	3.2	3.25
Fine	8	520	126.86	5.44	2.37	2.54

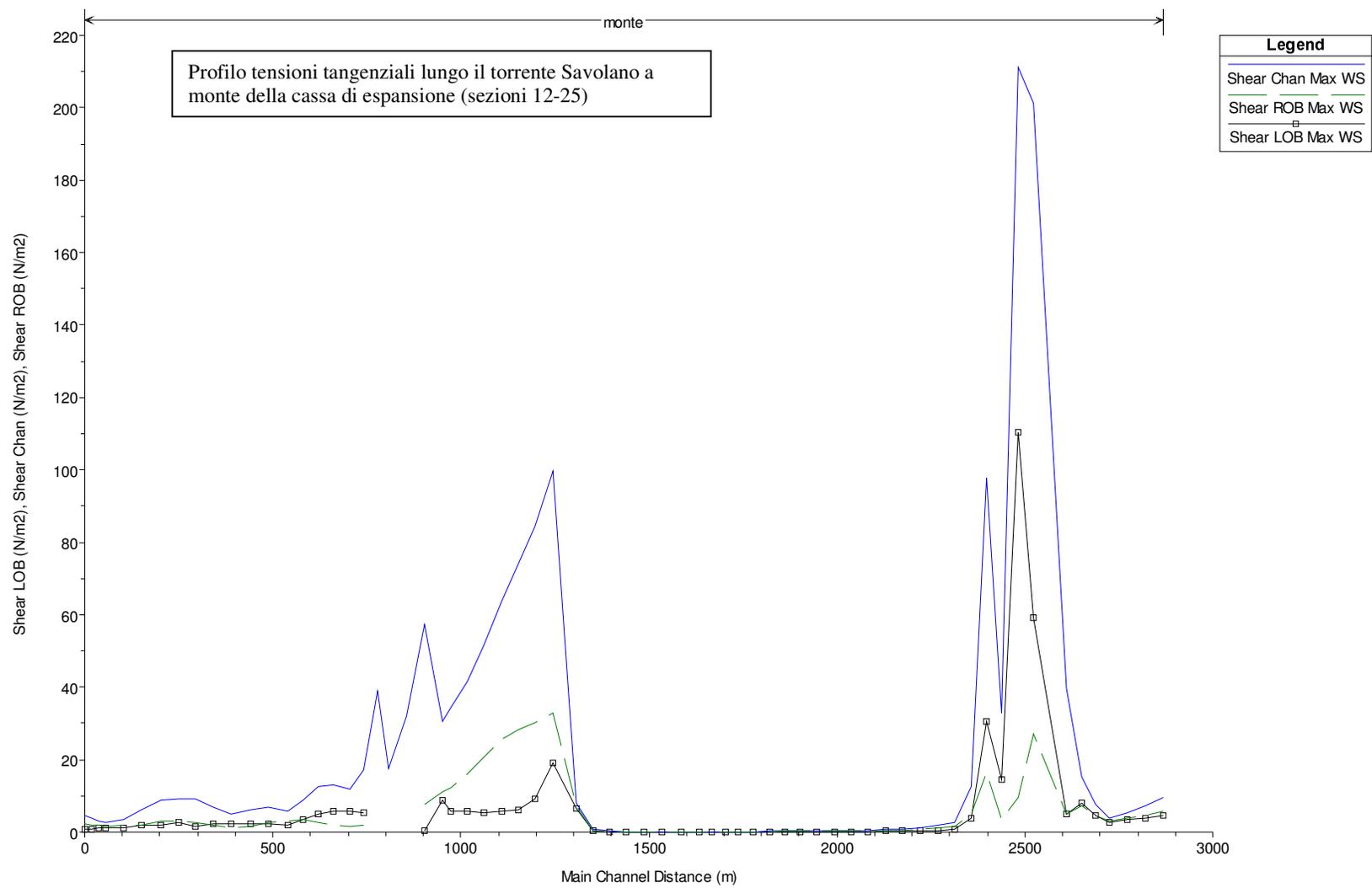
Fine	8	540	101.85	4.66	1.84	2.09
Fine	8	560	87.2	4.36	1.55	1.87
Fine	8	580	81.81	4.38	1.47	1.83
Fine	8	600	80.38	4.39	1.45	1.82
Fine	8	620	80.08	4.4	1.44	1.82
Fine	8	640	80.02	4.4	1.44	1.82
Fine	8	660	80	4.4	1.44	1.82
Fine	7.5	Ponte ex SS1				
Fine	7	0	80.53	5.09	1.91	0.33
Fine	7	20	83.49	5.54	2.06	0.35
Fine	7	40	81.42	5.39	1.99	0.33
Fine	7	60	80.36	5.36	1.96	0.31
Fine	7	80	80.1	5.35	1.95	0.31
Fine	7	100	94.1	6.44	2.49	0.46
Fine	7	120	126.17	8.11	3.55	0.87
Fine	7	140	171.08	10.33	5.04	1.47
Fine	7	160	255.51	15.58	7.68	2.8
Fine	7	180	512.83	33.88	19.22	7.66
Fine	7	200	806.19	57.78	35.09	14.53
Fine	7	220	987.3	71.29	44.69	18.83
Fine	7	240	1061.14	76.46	48.48	20.56
Fine	7	260	1051.94	74.86	47.49	20.14
Fine	7	280	984.51	68.43	43.13	18.23
Fine	7	300	883.64	59.5	37.06	15.56
Fine	7	320	773.46	50.57	30.97	12.89
Fine	7	340	664.06	42	25.21	10.37
Fine	7	360	565.5	34.7	20.35	8.26
Fine	7	380	479.82	28.52	16.31	6.53
Fine	7	400	409.61	23.69	13.19	5.2
Fine	7	420	349.57	19.61	10.63	4.12
Fine	7	440	299.42	16.29	8.59	3.27
Fine	7	460	259.77	13.9	7.11	2.66
Fine	7	480	211.37	11.08	5.41	1.96
Fine	7	500	161.68	7.96	4.03	1.23
Fine	7	520	127.02	6.43	3.03	0.84
Fine	7	540	102.01	5.56	2.4	0.57
Fine	7	560	87.31	5.24	2.07	0.41
Fine	7	580	81.84	5.31	1.98	0.34
Fine	7	600	80.39	5.34	1.96	0.31
Fine	7	620	80.08	5.35	1.95	0.31
Fine	7	640	80.02	5.35	1.95	0.31
Fine	7	660	80	5.35	1.95	0.31
Fine	6	0	80.11	7	0.82	0.81
Fine	6	20	83.5	7.64	0.89	0.87
Fine	6	40	81.49	7.38	0.83	0.81
Fine	6	60	80.39	7.28	0.79	0.77
Fine	6	80	80.1	7.26	0.77	0.76

Fine	6	100	93.05	8.98	1.18	1.16
Fine	6	120	124.68	12.55	2.45	2.39
Fine	6	140	169.2	17.47	4.5	4.34
Fine	6	160	252.65	29.44	2.51	9.11
Fine	6	180	508.84	64.73	13.26	24.38
Fine	6	200	803.54	106.4	29.27	43.96
Fine	6	220	985.72	121	38.64	52.6
Fine	6	240	1060.7	124.6	42.02	55.21
Fine	6	260	1052.15	120.75	41	53.63
Fine	6	280	985.18	111.07	36.91	48.96
Fine	6	300	884.6	98.26	31.25	42.65
Fine	6	320	774.55	85.55	25.51	36.32
Fine	6	340	665.16	72.78	20.04	30.08
Fine	6	360	566.67	61.8	15.43	24.73
Fine	6	380	480.9	51.69	11.6	20.01
Fine	6	400	410.63	43.76	8.67	16.33
Fine	6	420	350.46	36.56	6.33	13.14
Fine	6	440	300.09	30.53	4.54	10.56
Fine	6	460	260.56	26.28	3.22	8.7
Fine	6	480	212.61	20.85	1.78	6.45
Fine	6	500	162.98	14.02	4.02	3.86
Fine	6	520	128.15	10.73	2.61	2.52
Fine	6	540	103.07	8.72	1.67	1.63
Fine	6	560	88.09	7.66	1.11	1.09
Fine	6	580	82.09	7.36	0.86	0.85
Fine	6	600	80.44	7.28	0.79	0.78
Fine	6	620	80.09	7.26	0.77	0.76
Fine	6	640	80.02	7.26	0.77	0.76
Fine	6	660	80	7.26	0.77	0.76
Fine	5	0	80.1	13.83		
Fine	5	20	83.51	15.16		
Fine	5	40	81.63	14.61		
Fine	5	60	80.45	14.32		
Fine	5	80	80.11	14.25		
Fine	5	100	91.47	17.78		
Fine	5	120	121.64	27.2		
Fine	5	140	164.19	42.48		
Fine	5	160	243.74	75.83		
Fine	5	180	487.41	85.99	13.58	22.99
Fine	5	200	783.94	58.32	18.14	22.92
Fine	5	220	974.75	47.81	18.26	21.62
Fine	5	240	1057.41	45.1	18.35	21.36
Fine	5	260	1053.32	43.48	17.83	20.71
Fine	5	280	989.39	41.84	16.75	19.58
Fine	5	300	890.49	40.09	15.3	18.12
Fine	5	320	781.37	38.93	13.84	16.71
Fine	5	340	672.21	38.16	12.36	15.4
Fine	5	360	573.64	38.59	11.07	14.4
Fine	5	380	487.75	39.53	9.78	13.47
Fine	5	400	416.62	40.93	8.49	12.61

Fine	5	420	355.99	42.7	7.09	11.7
Fine	5	440	304.46	45.04	5.47	10.67
Fine	5	460	265.09	41.14	6.71	8.32
Fine	5	480	216.59	38.54	5.99	
Fine	5	500	167.64	36.5		
Fine	5	520	131.54	25.82		
Fine	5	540	105.47	19.47		
Fine	5	560	89.47	16.04		
Fine	5	580	82.5	14.7		
Fine	5	600	80.54	14.32		
Fine	5	620	80.11	14.24		
Fine	5	640	80.02	14.23		
Fine	5	660	80	14.22		
Fine	4	0	80.1	6.65	0.35	1.49
Fine	4	20	83.44	7.17	0.39	1.6
Fine	4	40	81.84	7.05	0.34	1.59
Fine	4	60	80.55	7.01	0.29	1.62
Fine	4	80	80.14	7	0.27	1.63
Fine	4	100	88.9	7.81	0.52	1.7
Fine	4	120	116.41	8.64	1.18	2.3
Fine	4	140	152.93	8.91	1.63	3.05
Fine	4	160	219.71	8.49	1.7	3.3
Fine	4	180	421.66	9.19	3.56	4.61
Fine	4	200	729.16	8.98	4.79	5.28
Fine	4	220	947.91	8.98	5.33	5.75
Fine	4	240	1049.52	9.17	5.63	6.02
Fine	4	260	1055.73	9.06	5.58	5.97
Fine	4	280	998.71	8.66	5.27	5.66
Fine	4	300	904.19	8.09	4.81	5.18
Fine	4	320	797.34	7.54	4.33	4.7
Fine	4	340	689.56	7.04	3.87	4.23
Fine	4	360	590.34	6.71	3.47	3.85
Fine	4	380	505.2	6.52	3.15	3.55
Fine	4	400	431.9	6.31	2.82	3.28
Fine	4	420	370.48	6.16	2.51	3.15
Fine	4	440	317.64	6.08	2.22	2.97
Fine	4	460	277.39	6.21	2.01	2.88
Fine	4	480	229.27	5.93	1.61	2.57
Fine	4	500	180.56	6.2	1.15	2.36
Fine	4	520	142.34	6.41	1.06	2.37
Fine	4	540	112.07	6.63	1.14	1.96
Fine	4	560	92.84	7	0.71	1.65
Fine	4	580	83.37	7.02	0.42	1.54
Fine	4	600	80.7	7	0.3	1.61
Fine	4	620	80.14	7	0.27	1.63
Fine	4	640	80.03	7	0.26	1.63
Fine	4	660	80.01	6.99	0.26	1.63
Fine	3	0	80.18	6.49	0.99	
Fine	3	20	83.33	7	1.07	

Fine	3	40	82.15	6.92	1.03	
Fine	3	60	80.71	6.83	0.98	
Fine	3	80	80.18	6.8	0.97	
Fine	3	100	86.18	7.26	1.15	
Fine	3	120	110.62	8.31	1.83	
Fine	3	140	144.13	9.23	2.54	
Fine	3	160	203.56	10.46	3.46	
Fine	3	180	374.4	17.53	4.84	
Fine	3	200	687.44	17.77	7.39	1.37
Fine	3	220	927.74	18.29	8.86	2.12
Fine	3	240	1043.59	19.05	9.66	2.7
Fine	3	260	1057.39	19.03	9.71	2.77
Fine	3	280	1005.33	18.41	9.25	2.52
Fine	3	300	914.24	17.43	8.48	2.07
Fine	3	320	808.92	16.5	7.66	1.51
Fine	3	340	702.32	15.7	6.85	1.62
Fine	3	360	602.74	15.26	6.14	0.89
Fine	3	380	517.99	15.31	5.57	0.17
Fine	3	400	443.09	15.14	4.91	
Fine	3	420	381.12	15.16	4.42	
Fine	3	440	327.14	14.54	3.91	
Fine	3	460	285.76	14.46	3.52	
Fine	3	480	237.92	10.76	3.7	
Fine	3	500	190.61	9.34	3.07	
Fine	3	520	150.44	8.31	2.46	
Fine	3	540	117.65	7.74	1.92	
Fine	3	560	96.03	7.49	1.44	
Fine	3	580	84.43	7.04	1.1	
Fine	3	600	80.97	6.85	0.99	
Fine	3	620	80.2	6.81	0.97	
Fine	3	640	80.04	6.8	0.96	
Fine	3	660	80.01	6.79	0.96	
Fine	2	0	80.09	10.72		
Fine	2	20	83.27	11.83		
Fine	2	40	82.31	11.59		
Fine	2	60	80.78	11.22		
Fine	2	80	80.2	11.07		
Fine	2	100	84.83	12.16		
Fine	2	120	107.87	17.83		
Fine	2	140	138.42	24.53		
Fine	2	160	195.99	36.03	2.13	
Fine	2	180	340.24	58.69	11.08	
Fine	2	200	638.43	96.04	10.86	
Fine	2	220	905.32	122.95	20.04	
Fine	2	240	1037.09	133.12	24.33	
Fine	2	260	1059	134.88	25.47	
Fine	2	280	1012.27	131.32	23.02	
Fine	2	300	925.25	124.72	20.61	
Fine	2	320	821.51	115.16	17.31	
Fine	2	340	716.77	104.81	13.67	

Fine	2	360	616.62	94.35	10.04	
Fine	2	380	530.3	83.63	14.56	
Fine	2	400	453.02	73.42	17.41	
Fine	2	420	389.62	66.07	14.03	
Fine	2	440	333.97	58.93	10.73	
Fine	2	460	292.02	53.77	8.2	
Fine	2	480	242.68	46.63	4.76	
Fine	2	500	196.38	36.29	2.12	
Fine	2	520	155.13	27.1	0.5	
Fine	2	540	121.84	20.91		
Fine	2	560	97.75	15.55		
Fine	2	580	84.97	12.28		
Fine	2	600	81.1	11.3		
Fine	2	620	80.22	11.08		
Fine	2	640	80.04	11.03		
Fine	2	660	80.01	11.02		
Fine	1	0	80.14	4.97	1.96	0.75
Fine	1	20	83.27	5.38	2.12	0.81
Fine	1	40	82.31	5.25	2.07	0.79
Fine	1	60	80.78	5.05	1.99	0.76
Fine	1	80	80.2	4.97	1.96	0.75
Fine	1	100	84.84	5.59	2.21	0.84
Fine	1	120	107.82	9.3	3.66	1.33
Fine	1	140	137.85	16.04	6.26	2.1
Fine	1	160	194	32.69	12.7	4.06
Fine	1	180	336.06	64.73	26.52	13.66
Fine	1	200	631.51	180.15	76.28	45.2
Fine	1	220	900.06	264.37	119.74	78.23
Fine	1	240	1035.37	304.13	141.16	95.18
Fine	1	260	1059.39	310.39	144.93	87.48
Fine	1	280	1013.98	302.34	139.48	93.34
Fine	1	300	927.74	275.6	125.26	82.21
Fine	1	320	824.15	256.53	112.95	70.97
Fine	1	340	719.33	223.21	95.52	57.54
Fine	1	360	618.51	176.96	74.51	43.76
Fine	1	380	532.12	138.84	57.81	33.05
Fine	1	400	454.53	107.62	44.54	24.53
Fine	1	420	390.57	84.17	34.63	18.34
Fine	1	440	334.79	65.27	26.7	13.59
Fine	1	460	293.82	54.41	22.06	10.52
Fine	1	480	243.46	47.49	18.67	6.79
Fine	1	500	197.33	33.65	13.09	4.22
Fine	1	520	155.45	21.22	8.24	2.58
Fine	1	540	122.05	12.28	4.81	1.68
Fine	1	560	97.72	7.56	2.98	1.1
Fine	1	580	84.95	5.61	2.22	0.84
Fine	1	600	81.09	5.09	2.01	0.77
Fine	1	620	80.22	4.97	1.97	0.75
Fine	1	640	80.04	4.95	1.96	0.75
Fine	1	660	80.01	4.95	1.96	0.75



HEC-RAS Plan: CasSavtp3h River: Savolano Reach: Savolano						
Reach	River Sta	t	Q Total	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB
		(min)	(m3/s)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
Savolano	25	0	1	18.07		
Savolano	25	20	1	17.9		
Savolano	25	40	1	17.72		
Savolano	25	60	4.68	36.29		
Savolano	25	80	20.88	55.82		4.46
Savolano	25	100	54.73	77.59	0.42	12.86
Savolano	25	120	104.21	107.73	11.47	21.6
Savolano	25	140	157.23	38.09	9.29	14.97
Savolano	25	160	200.48	11.79	4.86	6.75
Savolano	25	180	224.94	12.63	5.45	7.45
Savolano	25	200	227.08	12.27	5.36	7.3
Savolano	25	220	210.58	12.04	5.08	6.99
Savolano	25	240	183.02	12.48	4.79	6.82
Savolano	25	260	151.42	14.17	4.53	6.97
Savolano	25	280	120.57	32.36	7.05	11.44
Savolano	25	300	93.13	65.17	8.13	14.92
Savolano	25	320	70.2	82.05	3.93	15.8
Savolano	25	340	51.84	69.86	0.36	11.56
Savolano	25	360	37.65	65.32		6.33
Savolano	25	380	26.95	53.56		8.28
Savolano	25	400	19.06	43.09		4.13
Savolano	25	420	13.33	36.34		
Savolano	25	440	9.24	32.68		
Savolano	25	460	6.35	30.3		
Savolano	25	480	4.33	28.73		
Savolano	25	500	2.94	27.04		
Savolano	25	520	1.98	24.37		
Savolano	25	540	1.33	21.2		
Savolano	25	560	1	18.32		
Savolano	25	580	1	17.84		
Savolano	25	600	1	17.72		
Savolano	24	0	0.99	1.46		
Savolano	24	20	1.01	1.82		
Savolano	24	40	1	1.86		
Savolano	24	60	4	11.54		1.16
Savolano	24	80	19.09	21.71	1.57	9.41
Savolano	24	100	50.94	11.2	3.88	3.95
Savolano	24	120	96.19	7.9	4.02	4.29
Savolano	24	140	148.06	6.12	3.99	4.15
Savolano	24	160	204.88	4.35	3.38	3.47
Savolano	24	180	223.23	4.63	3.66	3.75
Savolano	24	200	227.57	4.66	3.7	3.79
Savolano	24	220	212.76	4.44	3.48	3.57
Savolano	24	240	186.91	4.19	3.18	3.27
Savolano	24	260	158.09	4.08	2.93	3.03
Savolano	24	280	127.42	5.56	3.48	3.63

Savolano	24	300	97.61	6.39	3.45	3.66
Savolano	24	320	73.43	7.05	3.21	3.48
Savolano	24	340	54.25	8.24	3.13	3.32
Savolano	24	360	39.14	9.72	3.07	3.01
Savolano	24	380	28.32	10.6	2.8	2.48
Savolano	24	400	19.89	10.86	2.08	2.12
Savolano	24	420	13.82	14.47	0.51	5.77
Savolano	24	440	9.51	14.06		3.99
Savolano	24	460	6.55	12.21		1.89
Savolano	24	480	4.48	8.95		1.69
Savolano	24	500	3.05	6.1		0.73
Savolano	24	520	2.07	3.89		0.19
Savolano	24	540	1.4	2.35		
Savolano	24	560	1.03	1.74		
Savolano	24	580	1	1.84		
Savolano	24	600	1	1.87		
Savolano	23	0	1.05	0.04		
Savolano	23	20	1.03	0.05		
Savolano	23	40	1	0.05		
Savolano	23	60	3.19	0.23		
Savolano	23	80	17	1.79	0.19	0.22
Savolano	23	100	48.89	7.72	2.45	2.18
Savolano	23	120	91.47	17.56	7.58	6.95
Savolano	23	140	142.6	28.69	14.97	13.91
Savolano	23	160	205.13	37.42	22.88	21.46
Savolano	23	180	222.31	42.18	26.1	24.5
Savolano	23	200	227.83	43.88	27.23	25.56
Savolano	23	220	213.95	39.8	24.5	22.99
Savolano	23	240	189.12	33.68	20.24	18.97
Savolano	23	260	162.11	27.95	16.17	15.12
Savolano	23	280	131.47	26.48	13.35	12.37
Savolano	23	300	100.24	19.47	8.78	8.07
Savolano	23	320	75.41	13.35	5.39	4.91
Savolano	23	340	56.01	9.02	3.16	2.84
Savolano	23	360	40.13	5.5	1.65	1.46
Savolano	23	380	29.25	3.37	0.87	0.75
Savolano	23	400	20.83	2.1	0.4	0.33
Savolano	23	420	14.43	1.4	0.13	0.15
Savolano	23	440	9.86	0.91	0.02	0.03
Savolano	23	460	6.78	0.57		
Savolano	23	480	4.65	0.36		
Savolano	23	500	3.18	0.21		
Savolano	23	520	2.17	0.12		
Savolano	23	540	1.5	0.07		
Savolano	23	560	1.09	0.05		
Savolano	23	580	1.02	0.05		
Savolano	23	600	1	0.05		
Savolano			Ponte FS a monte cassa			

Savolano	22	0	1.05	0.25		
Savolano	22	20	1.03	0.3		
Savolano	22	40	1	0.3		
Savolano	22	60	3.19	1.11		
Savolano	22	80	17	5.79		
Savolano	22	100	48.89	24.42		
Savolano	22	120	91.47	59.79	4.18	
Savolano	22	140	142.6	115.6	19.54	
Savolano	22	160	205.13	194.69	47.94	14.85
Savolano	22	180	222.31	211.27	57.83	23.1
Savolano	22	200	227.83	216.44	61.07	25.85
Savolano	22	220	213.95	202.43	53.05	19.29
Savolano	22	240	189.12	176.46	39.39	8.58
Savolano	22	260	162.11	141.39	27.03	1.43
Savolano	22	280	131.47	101.65	15.73	
Savolano	22	300	100.24	67.29	6.66	
Savolano	22	320	75.41	43.23	1.8	
Savolano	22	340	56.01	28.49		
Savolano	22	360	40.13	16.97		
Savolano	22	380	29.25	10.3		
Savolano	22	400	20.83	6.49		
Savolano	22	420	14.43	4.52		
Savolano	22	440	9.86	3.12		
Savolano	22	460	6.78	2.15		
Savolano	22	480	4.65	1.46		
Savolano	22	500	3.18	0.97		
Savolano	22	520	2.17	0.62		
Savolano	22	540	1.5	0.4		
Savolano	22	560	1.09	0.3		
Savolano	22	580	1.02	0.3		
Savolano	22	600	1	0.3		
Savolano	21	0	1.09	10.48		
Savolano	21	20	1.03	13.83		
Savolano	21	40	1.01	14.43		
Savolano	21	60	2.88	17.39		
Savolano	21	80	16.6	33.43		
Savolano	21	100	46.87	72.51	21.92	
Savolano	21	120	89.92	126.09	39.3	
Savolano	21	140	141.14	158.5	67.89	
Savolano	21	160	200.93	200.46	100.64	5.31
Savolano	21	180	221.84	204.3	107.56	9.7
Savolano	21	200	227.95	205.86	109.67	10.89
Savolano	21	220	214.46	201.49	104.61	8.31
Savolano	21	240	189.73	192.87	94.8	3.35
Savolano	21	260	162.57	177.02	81.03	
Savolano	21	280	132.46	151.34	62.73	
Savolano	21	300	100.96	129.66	45.05	
Savolano	21	320	76.07	106.59	30.07	
Savolano	21	340	56.66	76.06	20.92	
Savolano	21	360	41.2	53.94	15.99	

Savolano	21	380	29.34	53.59		
Savolano	21	400	20.95	32.69		
Savolano	21	420	14.56	27.49		
Savolano	21	440	9.97	23.5		
Savolano	21	460	6.86	20.16		
Savolano	21	480	4.72	17.91		
Savolano	21	500	3.24	15.83		
Savolano	21	520	2.22	13.53		
Savolano	21	540	1.53	11.79		
Savolano	21	560	1.11	12.55		
Savolano	21	580	1.02	14.14		
Savolano	21	600	1	14.49		
Savolano	20	0	1.01	5.3		
Savolano	20	20	1.05	5.39		
Savolano	20	40	1.01	5.44		
Savolano	20	60	1.76	8.8		
Savolano	20	80	14.44	23.87		
Savolano	20	100	35.93	31.86		5.31
Savolano	20	120	77.29	29.98	2.58	9.51
Savolano	20	140	132.47	33.54	4.52	13.79
Savolano	20	160	170.68	38.16	6.03	17.12
Savolano	20	180	219.32	41.85	7.34	20.47
Savolano	20	200	228.28	41.3	7.43	20.58
Savolano	20	220	216.28	33.27	6.16	16.93
Savolano	20	240	191.46	19.48	3.96	10.47
Savolano	20	260	162.99	10.73	2.2	6.06
Savolano	20	280	137.24	6.56	1.34	3.8
Savolano	20	300	105.38	3.92	0.8	2.26
Savolano	20	320	81.29	2.74	0.56	1.54
Savolano	20	340	62.09	2.14	0.43	1.14
Savolano	20	360	46.83	1.88	0.33	0.92
Savolano	20	380	34.42	1.87	0.28	0.8
Savolano	20	400	22.97	2.02	0.19	0.69
Savolano	20	420	15.8	3.31	0.28	0.75
Savolano	20	440	10.97	8.15		0.58
Savolano	20	460	7.32	7.35		
Savolano	20	480	5.11	5.86		
Savolano	20	500	3.57	5.35		
Savolano	20	520	2.45	5.35		
Savolano	20	540	1.68	5.51		
Savolano	20	560	1.19	5.28		
Savolano	20	580	1.03	5.35		
Savolano	20	600	1.01	5.45		
Savolano	19	0	1.03	20.95		
Savolano	19	20	1.09	24.41		
Savolano	19	40	1.03	24.43		
Savolano	19	60	1.08	24.95		
Savolano	19	80	8.97	32.9		4.98
Savolano	19	100	25.4	34.98	3.77	6.27

Savolano	19	120	63.97	42.55	5.9	9.88
Savolano	19	140	119.84	41.67	8.02	12.26
Savolano	19	160	161.68	43.69	10.45	14.55
Savolano	19	180	214.35	41.31	11.88	14.7
Savolano	19	200	219.03	19.91	6.38	8.18
Savolano	19	220	199.83	6.47	1.9	3.24
Savolano	19	240	175.89	2.78	0.63	1.55
Savolano	19	260	152.21	1.5	0.36	0.88
Savolano	19	280	133.51	1	0.25	0.61
Savolano	19	300	108.63	0.66	0.17	0.4
Savolano	19	320	89.78	0.51	0.12	0.3
Savolano	19	340	73.82	0.43	0.1	0.24
Savolano	19	360	60.82	0.4	0.09	0.22
Savolano	19	380	48.82	0.41	0.12	0.2
Savolano	19	400	39.81	0.5	0.16	0.22
Savolano	19	420	32.05	0.7	0.21	0.26
Savolano	19	440	24.77	1.17	0.27	0.38
Savolano	19	460	15.42	2.05	0.29	0.49
Savolano	19	480	8.07	3.2	0.37	0.58
Savolano	19	500	4.66	4.26		0.7
Savolano	19	520	3.21	6.55		0.92
Savolano	19	540	2.08	19.74		
Savolano	19	560	1.38	23.07		
Savolano	19	580	1.08	24.32		
Savolano	19	600	1.02	24.45		
Savolano	18	0	1	12.54		
Savolano	18	20	1.1	13.78		
Savolano	18	40	1.04	13.44		
Savolano	18	60	1.02	13.55		
Savolano	18	80	7.17	33.88		
Savolano	18	100	18.72	41.07		
Savolano	18	120	50.29	24.94		5.76
Savolano	18	140	111.43	23.6	2.02	9.51
Savolano	18	160	158.26	26	3.33	12.17
Savolano	18	180	202.9	19.16	1.45	10.64
Savolano	18	200	197.17	6.41	0.92	4.18
Savolano	18	220	179.82	2.52	0.66	1.79
Savolano	18	240	161.55	1.3	0.43	0.97
Savolano	18	260	143.78	0.81	0.3	0.62
Savolano	18	280	130.21	0.59	0.23	0.45
Savolano	18	300	110.96	0.43	0.16	0.33
Savolano	18	320	96.09	0.35	0.13	0.27
Savolano	18	340	83.11	0.31	0.11	0.23
Savolano	18	360	72.17	0.29	0.09	0.22
Savolano	18	380	61.36	0.29	0.08	0.21
Savolano	18	400	53.2	0.33	0.07	0.22
Savolano	18	420	44.9	0.38	0.05	0.24
Savolano	18	440	37.5	0.47	0.04	0.28
Savolano	18	460	27.83	0.5	0.08	0.26
Savolano	18	480	18.92	0.64	0.06	0.26

Savolano	18	500	11.22	1.33		0.3
Savolano	18	520	4.51	1.88		
Savolano	18	540	3.41	5.66		
Savolano	18	560	1.49	15.15		
Savolano	18	580	1.12	13.5		
Savolano	18	600	1.02	13.42		
Savolano	17	0	1.02	18.23		
Savolano	17	20	1.09	20.45		
Savolano	17	40	1.05	20.21		
Savolano	17	60	1.01	20.18		
Savolano	17	80	5.65	35.94		
Savolano	17	100	16.97	40.63	12	7.17
Savolano	17	120	35.42	22.66	13.35	4.27
Savolano	17	140	98.72	23.19	6.75	6.96
Savolano	17	160	147.42	17.15	5.31	6.8
Savolano	17	180	166.63	3.77	1.37	2.06
Savolano	17	200	159	1.11	0.45	0.72
Savolano	17	220	150.69	0.56	0.25	0.39
Savolano	17	240	141.83	0.34	0.16	0.25
Savolano	17	260	132.54	0.24	0.12	0.18
Savolano	17	280	125.53	0.2	0.1	0.15
Savolano	17	300	114.09	0.16	0.08	0.12
Savolano	17	320	104.65	0.15	0.07	0.11
Savolano	17	340	95.75	0.14	0.07	0.1
Savolano	17	360	87.77	0.15	0.07	0.1
Savolano	17	380	79.27	0.15	0.07	0.11
Savolano	17	400	72.63	0.18	0.08	0.12
Savolano	17	420	64.95	0.2	0.08	0.13
Savolano	17	440	57.37	0.26	0.1	0.15
Savolano	17	460	47.49	0.34	0.12	0.18
Savolano	17	480	37.69	0.53	0.16	0.24
Savolano	17	500	28.04	1.04	0.31	0.36
Savolano	17	520	14.76	1.43	0.92	0.35
Savolano	17	540	6.83	4.7	1.66	1.07
Savolano	17	560	1.64	20.64		
Savolano	17	580	1.17	20.52		
Savolano	17	600	1.04	20.13		
Savolano	16	0	1.01	4.2		
Savolano	16	20	1.08	4.79		
Savolano	16	40	1.06	4.67		
Savolano	16	60	1.01	4.56		
Savolano	16	80	4.7	16.95		
Savolano	16	100	15.99	30.31		
Savolano	16	120	32.08	40.31	4.45	
Savolano	16	140	90.41	62.95	18.92	6.68
Savolano	16	160	126.24	10.85	3.09	3.67
Savolano	16	180	136.65	2.52	0.55	1.28
Savolano	16	200	135.13	0.9	0.31	0.54
Savolano	16	220	133.07	0.5	0.21	0.32

Savolano	16	240	130.1	0.34	0.16	0.23
Savolano	16	260	126.01	0.27	0.13	0.19
Savolano	16	280	122.74	0.23	0.11	0.16
Savolano	16	300	115.93	0.2	0.1	0.15
Savolano	16	320	109.69	0.2	0.1	0.14
Savolano	16	340	103.26	0.2	0.09	0.14
Savolano	16	360	97	0.21	0.09	0.14
Savolano	16	380	90.14	0.23	0.09	0.15
Savolano	16	400	84.19	0.26	0.1	0.17
Savolano	16	420	77.34	0.32	0.11	0.19
Savolano	16	440	70.41	0.41	0.11	0.23
Savolano	16	460	61.68	0.55	0.12	0.27
Savolano	16	480	52.33	0.76	0.14	0.33
Savolano	16	500	42.03	1.32	0.43	0.43
Savolano	16	520	27.65	3.69	1.16	0.55
Savolano	16	540	9.94	5.79		
Savolano	16	560	1.81	6.7		
Savolano	16	580	1.21	4.95		
Savolano	16	600	1.04	4.63		
Savolano	15	0	1.01	17.88		
Savolano	15	20	1.07	19.34		
Savolano	15	40	1.07	19.26		
Savolano	15	60	1.02	18.78		
Savolano	15	80	3.52	33.57		
Savolano	15	100	15.05	67.06		
Savolano	15	120	30.21	70.14		
Savolano	15	140	77.16	24.82	2.89	8.22
Savolano	15	160	104.36	3.07	0.96	1.59
Savolano	15	180	113.87	1	0.43	0.63
Savolano	15	200	118.28	0.51	0.27	0.35
Savolano	15	220	121.07	0.34	0.2	0.25
Savolano	15	240	122.21	0.27	0.17	0.2
Savolano	15	260	121.67	0.23	0.15	0.18
Savolano	15	280	120.86	0.21	0.14	0.16
Savolano	15	300	117.16	0.2	0.13	0.15
Savolano	15	320	113.05	0.19	0.12	0.15
Savolano	15	340	108.3	0.2	0.12	0.15
Savolano	15	360	103.28	0.21	0.13	0.16
Savolano	15	380	97.58	0.22	0.13	0.16
Savolano	15	400	92.2	0.25	0.14	0.18
Savolano	15	420	86.12	0.28	0.15	0.2
Savolano	15	440	79.86	0.34	0.16	0.23
Savolano	15	460	72.38	0.42	0.18	0.27
Savolano	15	480	63.98	0.58	0.21	0.34
Savolano	15	500	53.76	0.84	0.26	0.43
Savolano	15	520	41.43	1.82	0.42	0.7
Savolano	15	540	15.68	11.45		0.45
Savolano	15	560	2.17	19.34		
Savolano	15	580	1.26	20.62		
Savolano	15	600	1.05	19.14		

Savolano	14 monte	0	0.99	4.23		
Savolano	14 monte	20	1.06	4.22		
Savolano	14 monte	40	1.07	4.26		
Savolano	14 monte	60	1.02	4.25		
Savolano	14 monte	80	2.68	7.3		
Savolano	14 monte	100	14.36	18.72		
Savolano	14 monte	120	29.01	23.23		
Savolano	14 monte	140	51.98	16.26	4.62	6.5
Savolano	14 monte	160	71.49	11.6	6.1	7.12
Savolano	14 monte	180	86.02	10.05	6.35	7.11
Savolano	14 monte	200	97.77	9.28	6.45	7.08
Savolano	14 monte	220	106.53	8.88	6.51	7.07
Savolano	14 monte	240	112.68	8.65	6.54	7.07
Savolano	14 monte	260	116.47	8.52	6.56	7.07
Savolano	14 monte	280	118.58	8.46	6.57	7.07
Savolano	14 monte	300	118.66	8.46	6.57	7.07
Savolano	14 monte	320	117.13	8.5	6.57	7.07
Savolano	14 monte	340	114.43	8.59	6.55	7.07
Savolano	14 monte	360	110.87	8.71	6.53	7.07
Savolano	14 monte	380	106.64	8.87	6.51	7.07
Savolano	14 monte	400	101.88	9.08	6.48	7.08
Savolano	14 monte	420	96.76	9.34	6.45	7.09
Savolano	14 monte	440	91.31	9.67	6.4	7.1
Savolano	14 monte	460	85.36	10.1	6.35	7.11
Savolano	14 monte	480	78.68	10.72	6.25	7.12
Savolano	14 monte	500	71.1	11.66	6.09	7.12
Savolano	14 monte	520	61.26	13.48	5.65	7
Savolano	14 monte	540	33.46	20.42		0.6
Savolano	14 monte	560	2.71	4.19		
Savolano	14 monte	580	1.29	4.81		
Savolano	14 monte	600	1.06	4.22		
Savolano	Sbarramento cassa	Bridge				
Savolano	14 valle	0	0.99	7.65		
Savolano	14 valle	20	1.06	8.72		
Savolano	14 valle	40	1.07	8.6		
Savolano	14 valle	60	1.02	8.67		
Savolano	14 valle	80	2.68	14.61		
Savolano	14 valle	100	14.36	20.59		
Savolano	14 valle	120	29.01	26.92		
Savolano	14 valle	140	51.98	37.84		1.17
Savolano	14 valle	160	71.49	46.56	2.32	9.54
Savolano	14 valle	180	86.02	53.72	6.92	14.77
Savolano	14 valle	200	97.77	60.07	10.53	18.94
Savolano	14 valle	220	106.53	65.9	13.14	22.16
Savolano	14 valle	240	112.68	69.26	15.11	24.41
Savolano	14 valle	260	116.47	71.27	16.33	25.8
Savolano	14 valle	280	118.58	73.25	16.96	26.68
Savolano	14 valle	300	118.66	74.23	16.93	26.81

Savolano	14 valle	320	117.13	73.72	16.41	26.27
Savolano	14 valle	340	114.43	71.9	15.54	25.22
Savolano	14 valle	360	110.87	69.01	14.46	23.81
Savolano	14 valle	380	106.64	65.49	13.23	22.17
Savolano	14 valle	400	101.88	62.05	11.83	20.39
Savolano	14 valle	420	96.76	57.71	10.46	18.49
Savolano	14 valle	440	91.31	53.86	8.97	16.58
Savolano	14 valle	460	85.36	49.93	7.38	14.55
Savolano	14 valle	480	78.68	46.1	5.55	12.34
Savolano	14 valle	500	71.1	41.99	3.46	9.85
Savolano	14 valle	520	61.26	37.32	1.23	6.5
Savolano	14 valle	540	33.46	19.81		
Savolano	14 valle	560	2.71	3.46		
Savolano	14 valle	580	1.29	7.58		
Savolano	14 valle	600	1.06	8.43		
Savolano	13	0	1.01	7.02		
Savolano	13	20	1.05	7.82		
Savolano	13	40	1.08	7.96		
Savolano	13	60	1.05	7.78		
Savolano	13	80	1.12	8.38		
Savolano	13	100	11.33	35.6		
Savolano	13	120	25.43	37.42		
Savolano	13	140	47.03	51.03		
Savolano	13	160	66.56	68.11	0.86	3.77
Savolano	13	180	80.36	60.07	5.75	9.65
Savolano	13	200	90.56	38.98	6.29	10.65
Savolano	13	220	98	24.34	6.15	8.27
Savolano	13	240	107.1	21.12	6.22	7.8
Savolano	13	260	115.18	22.28	6.82	8.41
Savolano	13	280	121.09	27.14	7.97	10.01
Savolano	13	300	122.95	36.47	9.46	12.56
Savolano	13	320	120.66	51.55	10.62	15.78
Savolano	13	340	116.67	65.22	10.44	17.75
Savolano	13	360	113.12	72.29	9.63	18.21
Savolano	13	380	109.32	75.88	8.61	17.77
Savolano	13	400	104.45	79.31	8.28	16.77
Savolano	13	420	98.8	81.85	7.92	15.05
Savolano	13	440	93.48	83.87	8.14	12.85
Savolano	13	460	87.91	82.5	6.93	10.22
Savolano	13	480	81.04	79.48	4.99	8.18
Savolano	13	500	73.74	73.8	2.99	6.04
Savolano	13	520	64.28	66.94		2.89
Savolano	13	540	43.69	43.18		
Savolano	13	560	6.57	9.61		
Savolano	13	580	2.02	8.02		
Savolano	13	600	1.18	7.86		
Savolano	12	0	1.02	1.04		

Savolano	12	20	1.05	1.16		
Savolano	12	40	1.08	1.16		
Savolano	12	60	1.06	1.13		
Savolano	12	80	1.06	1.2		
Savolano	12	100	9.69	1.8		
Savolano	12	120	23.98	2.92		
Savolano	12	140	46.13	5.78		
Savolano	12	160	65.79	9.16		
Savolano	12	180	79.53	10.66		
Savolano	12	200	89.28	11.13		
Savolano	12	220	97.06	11.21		
Savolano	12	240	106.56	12.47		
Savolano	12	260	115.29	14.44		
Savolano	12	280	121.75	16.92		
Savolano	12	300	123.76	19.39		
Savolano	12	320	121.38	21.16		
Savolano	12	340	116.99	21.25		
Savolano	12	360	113.29	20.52		
Savolano	12	380	109.47	19.62		
Savolano	12	400	104.64	18.39		
Savolano	12	420	98.93	16.9		
Savolano	12	440	93.62	15.59		
Savolano	12	460	88.09	14.28		
Savolano	12	480	81.24	12.74		
Savolano	12	500	73.97	11.12		
Savolano	12	520	64.58	9.13		
Savolano	12	540	45.18	5.38		
Savolano	12	560	8.42	0.9		
Savolano	12	580	2.56	0.57		
Savolano	12	600	1.33	0.72		