

Approfondimento progettuale dell'intervento di laminazione golenale n. 2 del fiume Po in destra idrografica a valle del ponte di Crescentino

Assetto morfologico



Data redazione: marzo 2011	Realizzato da:	Verificato da:
Versione: 01		

Indice

Premessa.....	4
1. Descrizione generale del tratto di fiume Po e dell'area golenale.....	5
1.1 Opere di difesa	5
1.2 Analisi morfologico- idraulica.....	8
1.3 Sintesi dell'assetto attuale del corso d'acqua.....	10
2. Bilancio del trasporto solido	11
2.2 Analisi geomorfologica e tendenze evolutive dell'alveo.....	11
2.2 Forme di fondo.....	16
2.3 Condizioni geomorfologiche generali.....	16
2.4 Bilancio del trasporto solido	19
3. Bibliografia	21

Premessa

La presente attività riguarda l'analisi geomorfologia del F. Po nel tratto di studio, la documentazione utilizzata o consultata fa capo allo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro" e al "Programma generale di gestione dei sedimenti alluvionali dell'alveo del fiume Po - Stralcio da confluenza Stura di Lanzo a confluenza Tanaro". Scopo principale è quello di individuare ed aggiornare le modificazioni intervenute nell'alveo del Po e nelle aree di golenale rispetto ad una situazione preesistente documentata, e di valutare particolari aspetti relativi ad alcune forme, i principali dei quali sono i seguenti:

- le eventuali interazioni tra alvei fluviali abbandonati e l'attuale sistema arginale;
- le caratteristiche dei predetti alvei in funzione della capacità di riconnettersi all'ambiente fluviale ovvero di essere sede di deflusso durante le piene, valutandole mediante parametri morfologici e topografici ove possibile;
- l'intensità dei fenomeni erosivi che hanno interessato le sponde in modo da individuare i tratti del sistema arginale potenzialmente esposti ad erosione laterale;
- le altezze delle scarpate dei terrazzi fluviali, in modo da evidenziare quelli che possono fisicamente limitare l'espansione di eventuali acque di esondazione.

Di conseguenza, per raggiungere alcuni di questi obiettivi si è reso necessario analizzare anche vaste aree dell'ambiente esterno agli argini maestri e comprese nella fascia fluviale "C".

Nel corso del lavoro sono stati tuttavia affrontati tutti gli aspetti morfologici presenti nell'area di studio, sia naturali che d'origine antropica, alcuni dei quali, seppur marginali ai temi suesposti, possono essere utili per una migliore e più completa caratterizzazione dell'alveo e dell'ambiente golenale.

1. Descrizione generale del tratto di fiume Po e dell'area golenale

1.1 Opere di difesa

Le opere di difesa sono state distinte in *longitudinali* o *trasversali* secondo la loro posizione rispetto all'attuale alveo. Possono essere state quindi classificate del primo tipo anche alcune opere che in origine erano diversamente orientate rispetto all'alveo, ma che oggi hanno assunto funzione di sponda a seguito degli effetti prodotti dalla loro presenza.

Lungo il Po è presente un doppio sistema di difese: gli argini principali, posti all'estremità delle aree golenali che delimitano l'alveo di piena; le difese spondali e gli argini secondari, che delimitano l'alveo inciso e difendono le aree golenali.

Gli argini principali sono presenti generalmente laddove le quote del piano campagna sono insufficienti a proteggere dai deflussi di piena gli abitati e gli insediamenti. In alcuni casi i tracciati degli argini presentano andamenti assai poco giustificabili dal punto di vista dell'idraulica fluviale, con molte tortuosità, angolature e restringimenti che inducono criticità idrauliche assai spinte.

Le difese spondali e gli argini secondari sono presenti solo saltuariamente laddove più intense si sono manifestate nel tempo le azioni erosive della corrente fluviale e le conseguenti richieste di difesa delle aree golenali, sovente interessate soprattutto nel passato da attività economiche.

Anche gli argini golenali e le difese spondali presentano spesso tracciati e sviluppi che risentono delle variabili necessità di protezione locale delle aree golenali.

È qui da sottolineare come la visione culturale e la gestione amministrativa e politica degli alvei fluviali si sia profondamente modificata negli ultimi anni a seguito della Legge 183/89 e dell'approvazione dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) con le relative delimitazioni delle fasce fluviali A, B, C. Ad una visione ed un'impostazione legislativa che prevedeva la difesa idraulica "dal fiume" delle aree poste subito all'esterno delle linee di sponda, definite dall'alveo inciso interessato da portate grosso modo non superiori a quelle di piena ordinaria, si è passati ad un'impostazione che prevede la conservazione e la tutela "del fiume" e in particolare delle aree di pertinenza fluviale per portate fino a quelle della massima piena straordinaria di riferimento (tempo di ritorno 200 anni per la fascia B, 500 anni per la fascia C). Le aree golenali, demaniali o private che siano, sono oggi da considerare come parte integrante dell'alveo fluviale e come tali possono ancora richiedere consolidamenti e protezioni delle sponde prospicienti l'alveo inciso, ma solo laddove siano presenti precise esigenze di carattere idraulico o di protezione di insediamenti e infrastrutture strategiche.

Nel tratto di Po considerato dal presente studio le opere trasversali non sono numerose. Le più importanti sono state individuate solo in sponda idrografica sinistra; la prima, circa due chilometri a valle della confluenza del fiume Dora Baltea, dove esse sono rappresentate da una serie di corte scogliere orientate normalmente alla sponda, create per ridurre l'azione erosiva sulla retrostante difesa, la seconda, situata poco a monte della traversa di Pontestura, la quale era stata appena costruita all'inizio del 2002.

Il confronto tra i risultati forniti dall'analisi geomorfologica e quelli contenuti nel catasto ha evidenziato, come nel caso degli argini, che esistono delle discrepanze tra i due tipi di documenti. Ciò si deve in parte al fatto che alcune opere sono state costruite in epoca posteriore al 2002, ma soprattutto alla oggettiva difficoltà di individuare, specialmente sul campo, vecchie opere coincidenti con le sponde, poiché spesso esse sono completamente mascherate dalla presenza di vegetazione ripariale. Inoltre, è da tener presente che alcuni concetti adottati nella caratterizzazione geomorfologica dell'alveo e delle aree inondabili possono differire da quelli di carattere idraulico che hanno regolato la costruzione del catasto.

L'attuale sistema di difesa delle sponde, rispetto alla situazione rappresentata sulle basi topografiche aggiornate al 1979, è caratterizzato da una maggiore consistenza di opere, dipendente dalla costruzione di numerosi nuovi tratti eseguiti in epoche successive alla predetta data, ma soprattutto dopo il 1988 e per certe zone durante il periodo 2002/2005. Le opere eseguite tra gli anni 1979 e 1988, infatti, sono di numero abbastanza modesto e sono state realizzate quasi esclusivamente nei tratti di Po situati immediatamente a valle della confluenza del fiume Dora Baltea e tra Valenza e Mugarone.

L'analisi della documentazione disponibile non ha individuato opere che hanno creato effetti deleteri su quelle preesistenti, producendo la loro parziale distruzione, o sulle sponde naturali situate a valle di questi interventi, causando pronunciati effetti erosivi con conseguente arretramento della sponda stessa. Questa considerazione evidentemente non vale per quelle di recente costruzione, per le quali non esistono ancora elementi di confronto. Tuttavia, alcuni tratti o intere opere di difesa che esistevano negli anni 1979 e/o 1988 sono in parte o completamente scomparse sulle foto del 2002, alcune delle quali forse volutamente demolite per sostituirle con opere più adeguate.

Nel tratto analizzato, ad eccezione di quelle precedentemente descritte, l'unica opera che in origine è stata probabilmente realizzata in posizione trasversale all'alveo è quella ancora esistente in corrispondenza del meandro di Frassineto, la quale da tempo ha assunto funzione di opera longitudinale

Per maggiori dettagli si può fare riferimento alla figura n.1.

1.2 Analisi morfologico- idraulica

Così come dettagliato nel seguito, il tratto di Po compreso tra la confluenza della Dora Baltea e la confluenza con il fiume Tanaro, è stato suddiviso in 6 tratti e per quanto riguarda il complessivo intervallo temporale considerato (1982 – 2002) si possono trarre le seguenti considerazioni:

- nei primi quattro tratti omogenei prevalgono, complessivamente, i fenomeni erosivi, di rimobilizzazione delle forme di fondo;
- il “tratto omogeneo 3”, di nostro interesse e compreso tra la Dora Baltea e la località S. Maria (progr. km 160, a monte di Palazzolo Vercellese), è caratterizzato da un innalzamento delle quote di fondo medio (valore massimo pari a 1.5 m).

I caratteri morfologici generali del Po nel tratto di interesse, compreso tra foce Stura di Lanzo e foce Tanaro, sono ben descritti elaborando in forma integrata le informazioni che scaturiscono dall'andamento planimetrico e altimetrico dell'alveo, dalle caratteristiche granulometriche dei suoi sedimenti e dai valori di portata a piene rive dell'alveo inciso.

Prendendo in considerazione i tratti in cui, secondo quanto più oltre esposto, può essere suddiviso il corso d'acqua, la pianura alluvionale dalla Dora Baltea fino alla progressiva km 160.0 presenta una pendenza media pari a 0.14%.

L'alveo inciso del fiume presenta oggi un profilo altimetrico (fig.2) dell'ordine dello 0,14%, pari a quella della pianura; in tale tratto il fiume ha un assetto monocursale con andamento sinuoso.

Nel presente caso le cartografie storiche indicano che tale tratto era caratterizzato da un andamento molto ramificato, a causa dell'assenza di opere di difesa e di arginature (fig.3).

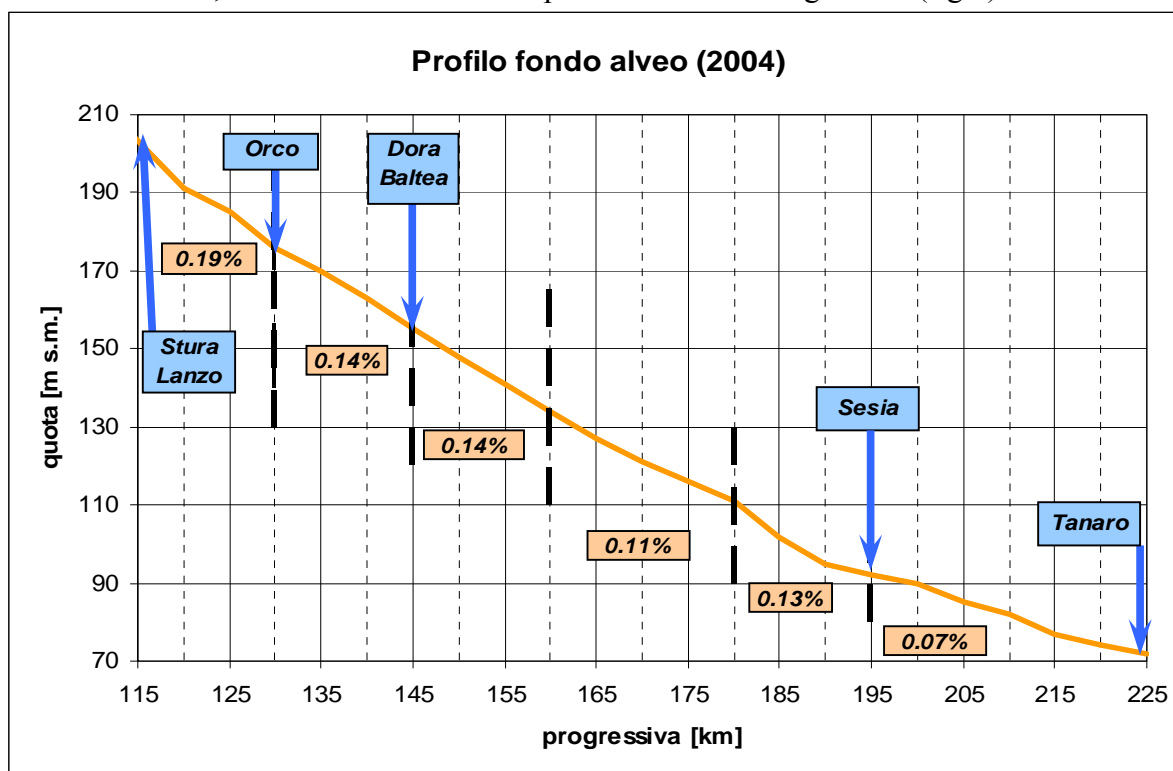


Fig.2: “Profili longitudinali generali del F. Po nel tratto studiato nell’ambito del PGS”.

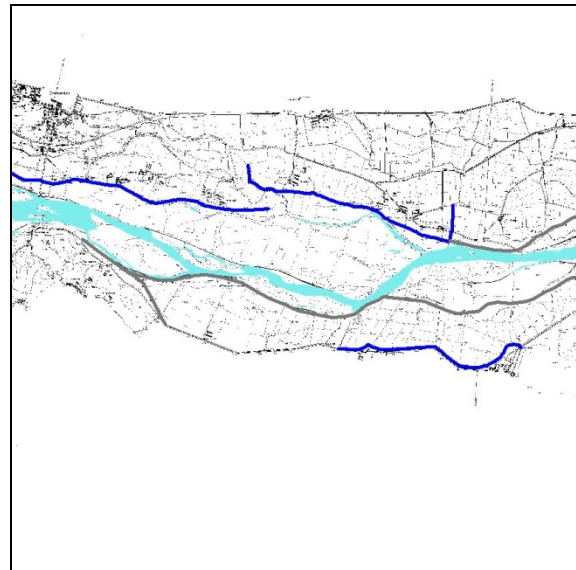
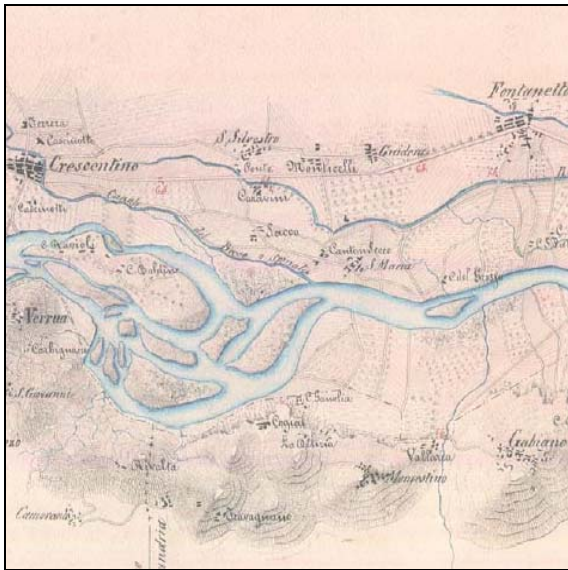


Fig. 3: “Tratto 3: a valle di Crescentino nella carta Brioschi del 1873 e nell’assetto attuale”.

Osservando le precedenti figure si può notare come il sistema delle opere di difesa (scogliere e arginature) e gli effetti di abbassamento del fondo alveo, abbiano ridotto l’assetto pluricursale del Po rendendolo prevalentemente monocursale.

1.3 Sintesi dell'assetto attuale del corso d'acqua

Qui di seguito si propone una sintesi dell'analisi dei diversi elementi, analizzati nel corso del presente documento, che concorrono a rappresentare lo stato attuale del corso d'acqua (presenza di usi antropici, ponti, argini, stato delle opere di difesa, dinamiche in atto nell'alveo inciso).

Il tratto 3 oggetto di indagine nell'ambito dello studio di fattibilità dell'area di laminazione, compreso tra la confluenza con la Dora Baltea (km 147) alla località S. Maria (km 160, a monte di Palazzolo Vercellese), presenta il seguente assetto:

- *alveo inciso:*
 - evoluzione fondo medio alveo: il fondo medio dell'alveo nel periodo 1999 – 2004 è caratterizzato da un innalzamento delle quote di fondo medio (valore massimo pari a 1.5 m). Si segnala che i dati per la valutazione della dinamica in atto nel fondo alveo sono costituiti da 5 serie di sezioni;
 - depositi di sponda e di barra: il tratto risulta interessato dalla presenza di forme di fondo, alcune delle quali indirizzano la corrente ordinaria contro opere di difesa strategiche. Si rimanda alla cartografia di dettaglio per la localizzazione e la caratterizzazione di tali forme di fondo;
 - fenomeni erosivi: l'intero tratto è interessato da ridotti fenomeni erosivi lungo entrambe le sponde. L'unico fenomeno rilevante si è manifestato a monte del ponte di Crescentino, in sponda destra.
- *sistema difensivo:*
 - argini: il sistema arginale presente è sostanzialmente continuo in sponda sinistra, mentre in sponda destra è praticamente assente, fatto salvo un tratto di circa 3 km ubicato nei comuni di Moncestino e Gabiano (AL). I tratti di argine principale posti ad una distanza ridotta dalla sponda incisa (minore di 200 m) sono protetti da opere di difesa (scogliere e/o diaframmi);
 - opere di difesa: all'interno del tratto in oggetto sono presenti opere di difesa longitudinali. Per la caratterizzazione dello stato delle opere presenti (strategiche - soggette o non soggette a sollecitazioni critiche – e non strategiche – che inducono o non inducono sollecitazioni su opere strategiche) si rimanda alla cartografia. Si segnala la presenza di opere non strategiche in grado di indurre sollecitazioni critiche su opere strategiche (dal km 154 al km 155 in sponda sinistra);
- *usi antropici*: all'interno del tratto non sono presenti opere di presa. Nelle aree golenali sono presenti alcune cave per l'estrazione di inerti, sia attive che inattive. Si segnala la presenza di pioppeti a tergo di alcune sponde in erosione attiva. All'interno del tratto è presente un manufatto di attraversamento (S.P. 107 a Crescentino);
- *trasporto solido*: il tratto è caratterizzato inizialmente, fino alla progr. 151,00 (ponte di Crescentino), da una portata solida costante, pari a circa 650'000 m³/anno. Dal ponte di Crescentino fino alla fine del tratto si ha una progressiva riduzione della portata solida fino a valori di circa 490'000 m³/anno. Tale riduzione è imputabile prevalentemente al deposito lungo il fondo alveo, in quanto le dinamiche evolutive in atto nelle forme di fondo (erosioni e depositi di barre e sponde) sono tra loro in equilibrio.

2. Bilancio del trasporto solido

2.2 Analisi geomorfologica e tendenze evolutive dell'alveo

Le varie forme geomorfologiche rilevate sul territorio analizzato sono di seguito descritte sinteticamente nelle caratteristiche fondamentali (Fig. 4).

Alveo fluviale

Nella cartografia tematica si evidenzia *l'alveo di magra* nello stato in cui si presentava nel Gennaio del 2002 e le forme che lo definivano, quali le sponde alte o basse, i limiti di barre e le opere di difesa.

Le sponde sono state classificate alte quando sono definite da una netta scarpata, la cui altezza fa presumere che essa possa continuare a svolgere la sua funzione anche nel caso di un innalzamento delle acque in periodo di morbida.

Differente è il concetto di *alveo a piene rive*, definito dallo stesso tipo di forme, così come desumibili dai dati ricavabili dall'analisi delle fotografie aeree, specialmente quelle relative all'alluvione del 2000, e dal confronto tra quote presenti nelle basi topografiche. Di conseguenza, mentre l'alveo di magra è definito esattamente dall'area occupata dall'acqua, quello a piene rive è stato ottenuto mediante varie valutazioni che possono essere state talvolta soggettive, specialmente nel caso di porzioni di barre le cui quote non sono note.

Processi evolutivi delle sponde

Le *sponde alte* attuali sono state analizzate per verificare le eventuali modificazioni rispetto alle situazioni rappresentate nelle carte topografiche aggiornate al 1979, in modo di poter definire un loro grado d'evoluzione (tasso medio in metri/anno dell'arretramento o dell'avanzamento della sponda).

Il valore in metri attribuito alle variazioni di sponda rappresenta, quindi, il valore medio rispetto al periodo confrontato e non ha alcuna relazione con particolari eventi che possono aver contribuito in maggior misura.

Nei processi evolutivi in oggetto sono state inserite con simbolo puntuale anche le *frane di sponda* individuate sulle fotografie aeree del 2002, le quali sono pertanto da considerarsi eventi verificatisi prevalentemente a seguito della piena del 2000.

Inoltre, sono state evidenziate anche le *variazioni di confluenza*, ossia sono stati indicati i punti di confluenza degli affluenti che hanno subito una migrazione apprezzabile a seguito delle variazioni del corso del Po. Le loro posizioni pregresse sono state individuate mediante l'analisi di foto aeree e cartografia storica, e ad esse è stata associata la data in cui il fenomeno era attivo.

Barre

Le barre fluviali, particolarmente estese per lo stato di magra al momento della ripresa aerea, sono state classificate individualmente secondo la loro forma e posizione. La classificazione adottata distingue le barre nelle seguenti tipologie.

- Barra longitudinale, disposta nella parte centrale dell'alveo e con la dimensione maggiore generalmente parallela alla direzione del flusso della corrente.
- Barra laterale, simile alla precedente ma aderente ad una sponda.
- Barra di flesso, identica a quella longitudinale ma disposta nella zona di flesso compresa tra due meandri contigui.
- Barra di meandro, disposta in corrispondenza del lobo di un meandro.

Alla tipologia delle barre è stata associata la caratterizzazione della copertura del suolo, distinta nelle classi nuda, con vegetazione a cespugli o arborea (questa seconda è stata classificata tale indipendentemente dal fatto d'essere spontanea o piantata), coltivata e edificata.

Alvei abbandonati

Sono generalmente definiti con il termine di *alvei abbandonati* quei corsi fluviali inattivi, la cui esistenza, in taluni casi, può essere fatta risalire ad epoche così remote da essere definibili con il termine più appropriato di *paleoalvei*.

Gli alvei abbandonati possono presentarsi talvolta in maniera evidente perché definiti da forme morfologiche, come modeste rotture di pendio o vere e proprie scarpate, la disposizione delle viabilità, del drenaggio e della tessitura degli appezzamenti agricoli, ma più spesso gran parte di loro è riconoscibile solo attraverso tracce relativamente deboli, oltretutto destinate ad essere completamente obliterate o mascherate dagli agenti dinamici superficiali e dalle attività antropiche.

Le forme morfologiche che permettono di individuare le posizioni occupate dagli alvei abbandonati, spesso rappresentate da labili tracce, appaiono generalmente più evidenti nelle zone situate sul retro degli argini maestri rispetto a quelle poste in area di golenale. Infatti, mentre le prime sono soggette ad essere obliterate solo per effetto di modificazioni ambientali di natura antropica, sebbene in taluni casi queste abbiano favorito la loro individuazione, le seconde, come precedentemente detto, sono alterate ciclicamente anche dagli effetti devastanti delle acque di esondazione o mascherate dall'accumulo di nuovi sedimenti. Di conseguenza, gli alvei abbandonati più vecchi o antichi situati in ambito extra golenale sono individuabili con forme pressoché identiche nella documentazione fotografica storica, mentre le tracce di quelli attribuibili ad epoche più recenti e/o più prossimi all'alveo attuale non presentano tali caratteristiche.

Per i suddetti motivi, le forme degli alvei abbandonati sono state spesso interrotte in corrispondenza degli argini maestri, poiché in ambito golenale non sempre è possibile riconoscere il proseguimento del loro sviluppo. Tuttavia, questo fatto è da considerarsi più che probabile nella maggior parte dei casi e ogni intersezione tra alvei abbandonati e il sistema arginale, evidenziata o presunta, può rappresentare un potenziale punto di debolezza dell'opera per le diverse caratteristiche litologiche e idrogeologiche dei terreni di fondazione.

Orli di terrazzi

Sono stati rilevati ed evidenziati i terrazzi morfologici esistenti nell'area di studio, situati generalmente all'esterno degli argini maestri o ad essi contigui, i quali oltre a rappresentare una forma particolare del terreno possono costituire un ostacolo alle acque di esondazione.

Forme dovute alla presenza e all'azione delle acque

Questa sezione contiene vari tipi d'informazioni connessi alla presenza di acque di falda o all'azione delle acque di esondazione.

1. Rotta di argine golenale

Le rotte consistono nella parziale o totale demolizione di tratti d'opere che non sono state in grado di contrastare la pressione esercitata dalle acque di esondazione, e quindi evidenziano gli argini golenali che sono stati sottoposti a tale azione e la loro debolezza strutturale.

Alle rotte sono spesso associati alcuni tipici fenomeni erosivi e di accumulo, la cui presenza talvolta condiziona la ricostruzione delle porzioni di argine demolite, in modo tale che l'opera assume una forma caratteristica e diversa dalla preesistente. Di conseguenza, questi elementi possono favorire l'individuazione anche di rotte avvenute in tempi relativamente lontani.

Le rotte verificatesi sugli argini golenali a seguito delle alluvioni del 1994 e del 2000, non rappresentate nella carta topografica, sono state individuate e correlate ai due predetti eventi in base alla loro presenza sulle foto aeree del 1994 o del 2002.

2. Ventaglio di esondazione

Questi fenomeni sono sempre associati ad una rotta arginale o di sponda, e sono stati segnalati evidenziando la forma dei materiali accumulati in seguito a questi eventi, che nell'area esaminata sono particolarmente numerosi e frequentemente sfruttati da un'attività estrattiva temporanea. Talvolta, anche a distanza di tempo, essi conservano ancora la loro caratteristica forma a ventaglio, che può presentarsi più o meno regolare in base alla presenza di uno o più punti di tracimazione.

3. Deposito di esondazione

Le caratteristiche di questo tipo di depositi sono molto simili a quelle del predetto ventaglio, ma presentano origini e forme diverse, e sono sempre situati in posizioni che non hanno alcuna relazione diretta con la tracimazione di un tratto di sponda o con la rotta di un argine golenale. Essi in genere sono caratterizzati da una granulometria fine, perché formati soprattutto per sedimentazione dei materiali in sospensione piuttosto che per l'accumulo di quelli mobilizzati dall'irruenza delle acque, e possono occupare vaste aree con consistenti spessori, anche in questo caso sfruttati da un'attività estrattiva temporanea. Queste forme sono sicuramente più numerose di quante rappresentate nella cartografia tematica, perché spesso mascherate dalla presenza di pioppeti.

4. Linea d'avanzamento o ritiro delle acque, vecchia sponda

Sono rappresentate da forme lineari, riconoscibili sulle fotografie aeree per impronte generalmente evidenziate da tenui tonalità di grigio e talvolta da modestissime differenze di quota. Rappresentano i limiti raggiunti dalle acque di esondazione o le posizioni intermedie in cui esse sono rimaste stazionarie per un determinato periodo. In alcuni casi queste forme sono situate in corrispondenza del piede di una modesta scarpata preesistente, che ha localmente impedito l'espansione delle acque ed ha assunto temporaneamente funzione di sponda.

5. Area occupata da acque di falda o stagnanti

Rappresentano tutte quelle situazioni in cui sono state individuate superfici occupate da acqua alla data delle riprese aeree analizzate, non correlabili con quella del Po o di suoi tributari, sia in ambito golenale che al suo esterno. La loro presenza è connessa alla morfologia del terreno, ossia a depressioni situate all'interno degli alvei abbandonati e di altre forme di origine naturale o artificiale, come solchi erosivi ed escavazioni effettuate per creare riserve idriche per uso agricolo.

6. Area situata all'esterno della fascia C alluvionata nel 2000

Nella legenda della cartografia tematica in scala 1:25.000 è stata mantenuta questa particolare voce, non solo per coerenza con lo studio relativo al corso del Po a valle della confluenza del Tanaro, ma perché nel tratto in questione sono state individuate vaste aree esterne al limite della fascia "C" che sono state alluvionate durante gli eventi eccezionali del 1994 e del 2000, rispettivamente in maggiore e minore misura. Per la messa in sicurezza di tali territori, nel periodo 2002-2004 in queste zone sono stati costruiti diversi nuovi tratti di argini maestri, come documentato dall'analisi delle foto aeree e, soprattutto, dal catasto delle opere.

7. Orlo di scarpata, solco erosivo

Sono stati inseriti in questa voce gli orli di scarpata d'origine prettamente erosiva, prendendo in considerazione sia quelli esistenti nelle barre che nelle aree golenali ed esterne agli argini maestri. Il simbolo di scarpata, se isolato, definisce una vera e propria rottura di pendio, mentre l'insieme di due elementi contrapposti, aperti o legati, definisce la presenza di un solco o di una depressione originata dall'azione erosiva delle acque.

8. Argini

Gli argini presenti nell'area di studio sono stati evidenziati distinguendoli in *golenali* e *maestri*, utilizzando come documento di riferimento il catasto delle opere eseguito nell'ambito dello studio di fattibilità.

Il confronto tra i dati desunti dall'interpretazione delle foto aeree del 2002 e quelli del predetto catasto ha evidenziato alcune discrepanze, dovute soprattutto alla presenza di nuove opere costruite successivamente all'esecuzione del volo di riferimento e, in alcuni casi, alla sottovalutazione dello sviluppo degli argini golenali, oppure anche semplicemente al fatto che i due sistemi di classificazione sono basati su principi concettuali diversi.

2.2 Forme di fondo

In questa parte dello studio vengono esposti i risultati ed principi metodologici utilizzati nell'analisi geomorfologica quantitativa delle modificazioni delle forme di fondo del fiume Po, manifestatesi nell'intervallo di tempo compreso tra il 1982 e il 2002, a supporto delle successive fasi di predisposizione del bilancio del trasporto solido.

Premesso che nel breve e medio periodo le forme di fondo (barre) di un corso d'acqua sono il prodotto dell'azione risultante dalla combinazione di eventi di natura ordinaria e straordinaria, la scelta dell'intervallo temporale di analisi è stata guidata, oltre che dalla necessità di elaborare un modello concettuale la cui configurazione finale corrisponda all'incirca a quella attuale, riscontrabile in campo, anche dall'esigenza di avere una rappresentazione sufficientemente approssimata del "comportamento medio" del fiume Po nel breve e medio periodo.

Infatti, nell'intervallo temporale esaminato, per l'intero tratto da confluenza Stura di Lanzo a confluenza Tanaro, sono compresi due eventi di piena straordinaria (piena del 1994 e piena del 2000), seguiti ad un periodo relativamente esteso (1980 – 1993) di "quiescenza", in cui l'attività del corso d'acqua è stata determinata essenzialmente dalle condizioni di regime ordinario.

L'analisi è stata supportata da una cospicua documentazione cartografica d'archivio e le tendenze evolutive delle forme di fondo risultanti dall'analisi sono state verificate attraverso il confronto con la condizione al 2004, quest'ultima desunta dalle ortofoto della magra 2004 e dal rilievo laser-scanner (Modello Digitale del Terreno - DTM), eseguito anch'esso nel 2004.

2.3 Condizioni geomorfologiche generali

Il segmento fluviale esaminato negli studi citati in premessa si estende per circa 110 km a partire dalla confluenza con il fiume Stura di Lanzo fino alla confluenza Tanaro. L'analisi geomorfologica dell'alveo condotta nell'ambito del "Programma generale di gestione dei sedimenti alluvionali dell'alveo del fiume Po - Stralcio da confluenza Stura di Lanzo a confluenza Tanaro" ha portato a suddividere l'asta fluviale in studio in 6 "tratti omogenei", l'area oggetto di studio ricade nel "tratto omogeneo 3" approssimativamente dalla progressiva km 147 alla progressiva km 158 (località S. Maria).

Il "tratto omogeneo 3" è in continuità geomorfologica con il precedente "tratto 2".

L'alveo è monocursale, da rettilineo a sinuoso omogeneamente incassato in depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, costituenti anche le sponde incise. Le forme di fondo (barre) sono costituite da ghiaie e ghiaie-sabbiose.

Le caratteristiche sostanziali di questo tratto sono di seguito sintetizzate (tab.1):

Tabella 1 - Volumi dinamiche evolutive tratto 3 – intervallo 1982 - 2002

SINTESI TRATTO 3° - Intervallo temporale di osservazione = 1982 - 2002	
TOTALE EROSIONE (mc) =	1.941.066
TOTALE DEPOSITO (mc) =	1.956.039
BILANCIO (EROSIONE-DEPOSITO) (mc) =	-14.973
TOTALE SPONDE STABILI O CON TENDENZA ALLA STABILIZZAZIONE (mc) =	0
TOTALE BARRE STABILI O CON TENDENZA ALLA STABILIZZAZIONE (mc) =	492.942
TOT. DEPOSITI DI CANALE STAB. O CON TENDENZA ALLA STABILIZZ. (mc) =	0
TENDENZA (volume movimentabile per sottrazione dalle barre mobili) (mc) =	915.826
TENDENZA (volume in ingresso per erosione di sponda in cond. ordinarie) (mc) =	164.754
Vol. annuo movimentabile (trasporto) per sottrazione dalle barre mobili (mc/anno) =	45.791
Volume annuo in ingresso per erosione di sponda in cond. ordinarie (mc/anno) =	8.238
Volume annuo sottratto al sistema per deposito di barra o canale stabile (mc/anno) =	-24.647
Volume annuo sottratto al sistema per accrezione di sponda (mc/anno) =	0

- il volume di materiale complessivamente eroso dalle sponde e attraverso la rimobilizzazione delle barre, nel periodo complessivamente esaminato, risulta pari a circa 1.950.000 metri cubi, di cui 1.700.000 circa (88%) derivano dalla rimobilizzazione di forme di fondo (barre);
- il volume complessivamente depositato ammonta a 1.950.000 di metri cubi circa, da cui risulta un bilancio “erosione – deposito” in sostanziale equilibrio, nel periodo di osservazione;
- anche in questo tratto, la maggior parte dei depositi risulta instabile (quasi il 75%);
- il 46% circa del materiale complessivamente eroso dalle sponde e dalle barre risulta essere stato mobilizzato in condizioni di regime straordinario. Questo dato evidenzia un comportamento relativamente più sensibile all’attività ordinaria del corso d’acqua;

Nel grafico della figura 5 vengono riportati i volumi cumulati lungo la progressiva, con riferimento ai diversi fenomeni evolutivi in atto (depositi ed erosioni di barra, accrescimenti ed erosioni di sponda, ecc.), nell’intervallo temporale esaminato (1982 – 2002).

Per quanto riguarda l’intervallo temporale considerato (1982 – 2002) si può concludere che nei primi quattro tratti omogenei prevalgono, complessivamente, i fenomeni erosivi, di rimobilizzazione delle forme di fondo. Nello specifico per il tratto 3 i fenomeni di erosione risultano più sensibili al regime ordinario.

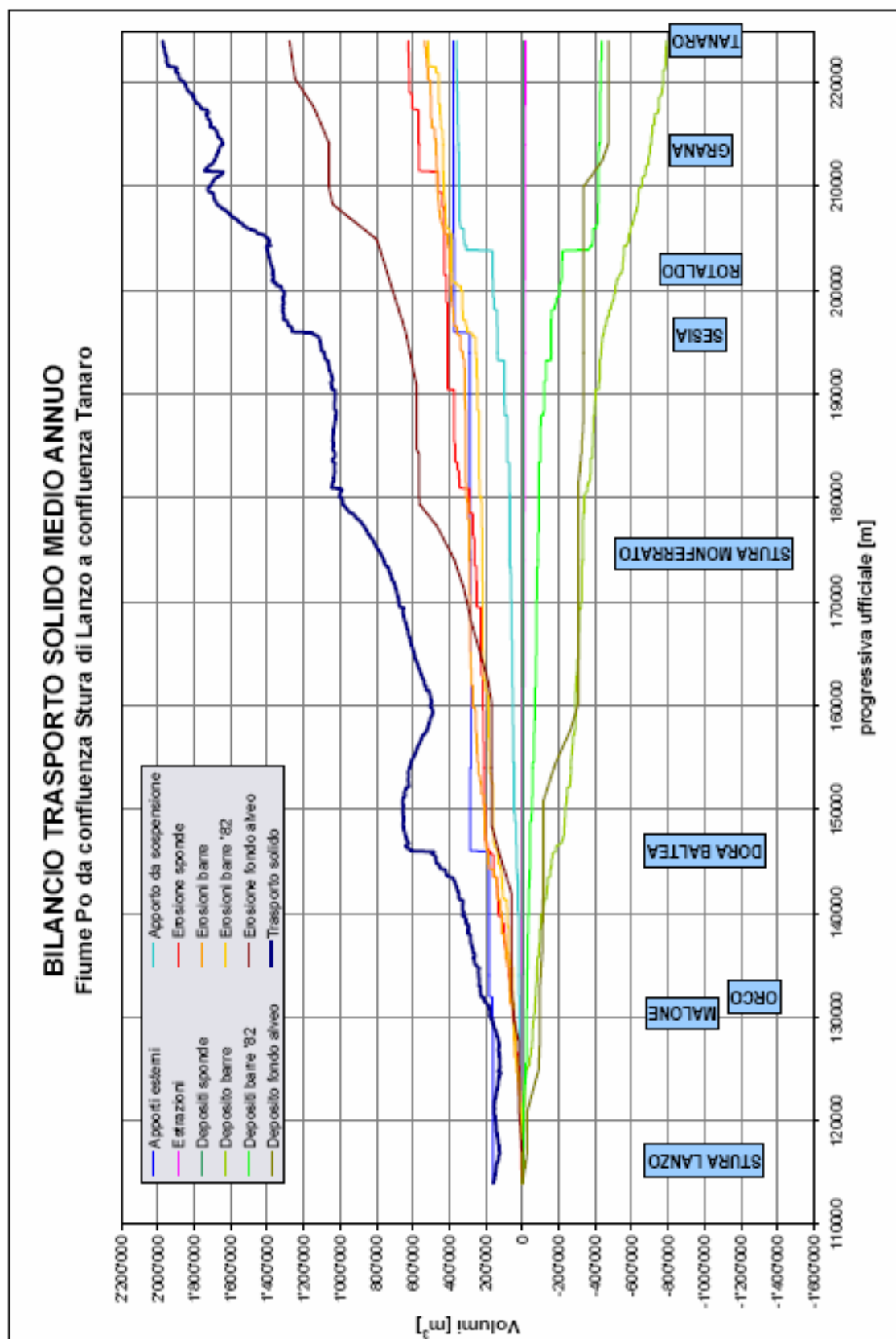


Fig.5: “Bilancio del trasporto solido”.

2.4 Bilancio del trasporto solido

Nel capitolo precedente è stata descritta l'analisi geomorfologica delle tendenze evolutive con riferimento alle forme di fondo (barre ed isole) e alle dinamiche in atto lungo le sponde dell'alveo inciso (erosioni ed accrecimenti). I dati utilizzati per l'analisi dell'intero tratto in esame sono sostanzialmente le carte geomorfologiche per gli anni 1982 e 2002, le ortofoto e il rilievo laser-scan per l'anno 2004. Tali elementi permettono di individuare ed analizzare tutte le forme poste al di sopra del pelo libero dell'acqua.

Ovviamente l'analisi descritta nel capitolo precedente nulla dice a riguardo del fondo alveo, in quanto non rilevabile a livello cartografico ma unicamente attraverso sezioni e batimetrie.

Gli unici elementi a disposizione per poter analizzare l'evoluzione del fondo alveo sono le sezioni topografiche rilevate dall'AIPO (Agenzia Interregionale per il Po). I rilievi topografici sono stati ripetuti in diversi anni, quindi confrontando tra loro le sezioni rilevate negli stessi punti è possibile analizzare le dinamiche evolutive in atto nel fondo alveo, con le approssimazioni dettate dalla densità del dato e dalla precisione dello stesso.

Le campagne dei rilievi sono state condotte nei seguenti anni: 1979, 1991, 1999 e 2004.

Si segnala che all'interno del periodo 1999 – 2004 si è verificato un evento di piena eccezionale (piena 2000), pertanto l'analisi tiene in conto sia gli effetti di deflussi ordinari sia gli effetti di piene straordinarie.

L'applicazione della metodologia descritta nel paragrafo precedente ha portato a determinare il profilo di fondo medio solo per gli anni 1999 e 2004. Tali profili sono riportati nelle figure 6 e 7.

Dall'analisi dei suddetti profili si possono trarre le seguenti osservazioni:

- a valle della confluenza con la Dora Baltea (dal km 150) fino a monte di Palazzolo Vercellese (km 160) si è verificato un innalzamento delle quote di fondo alveo, con valori massimi di circa 1.5 m;
- il “tratto omogeneo 3”, compreso tra la Dora Baltea e la località S. Maria, è caratterizzato da un innalzamento delle quote di fondo medio (valore massimo pari a 1.5 m);
- il tratto 3 è caratterizzato complessivamente da un maggior volume di depositi rispetto ai volumi erosi.

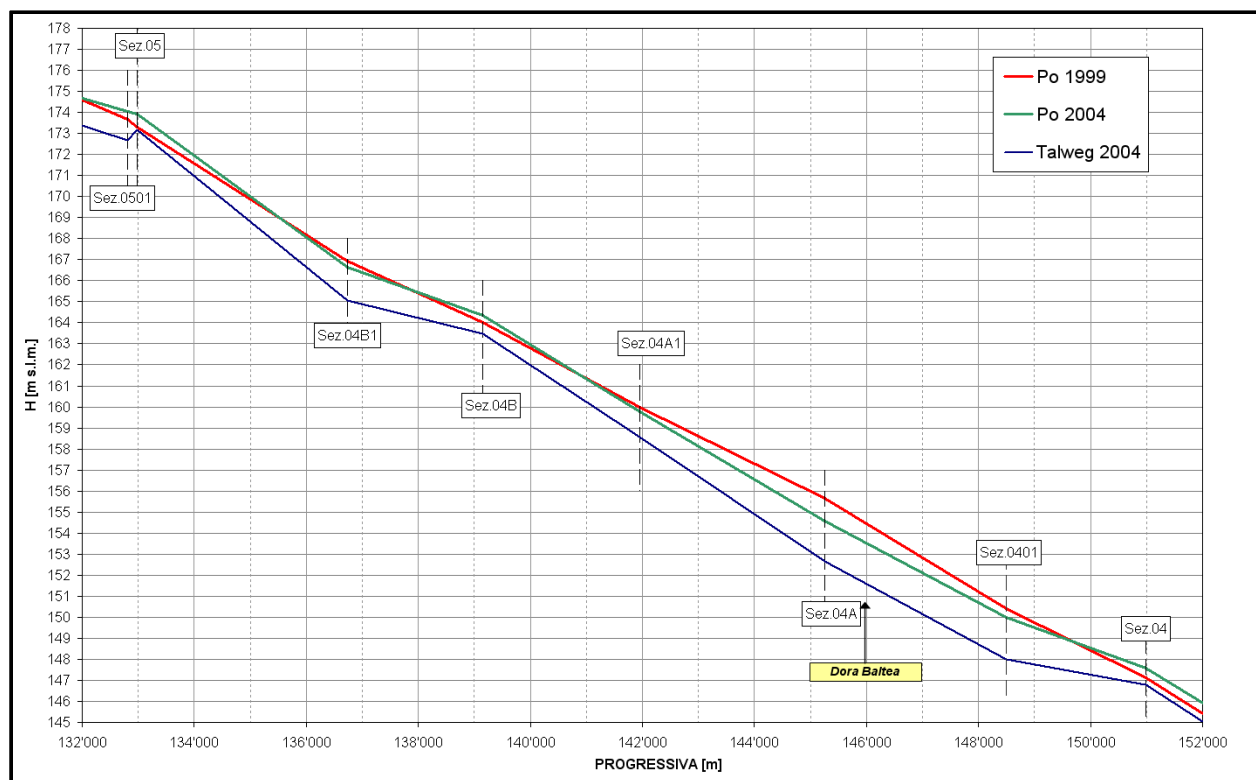


Fig.6: “Profili di fondo medio multitemporali dalla sezione 05 alla sezione 04”.

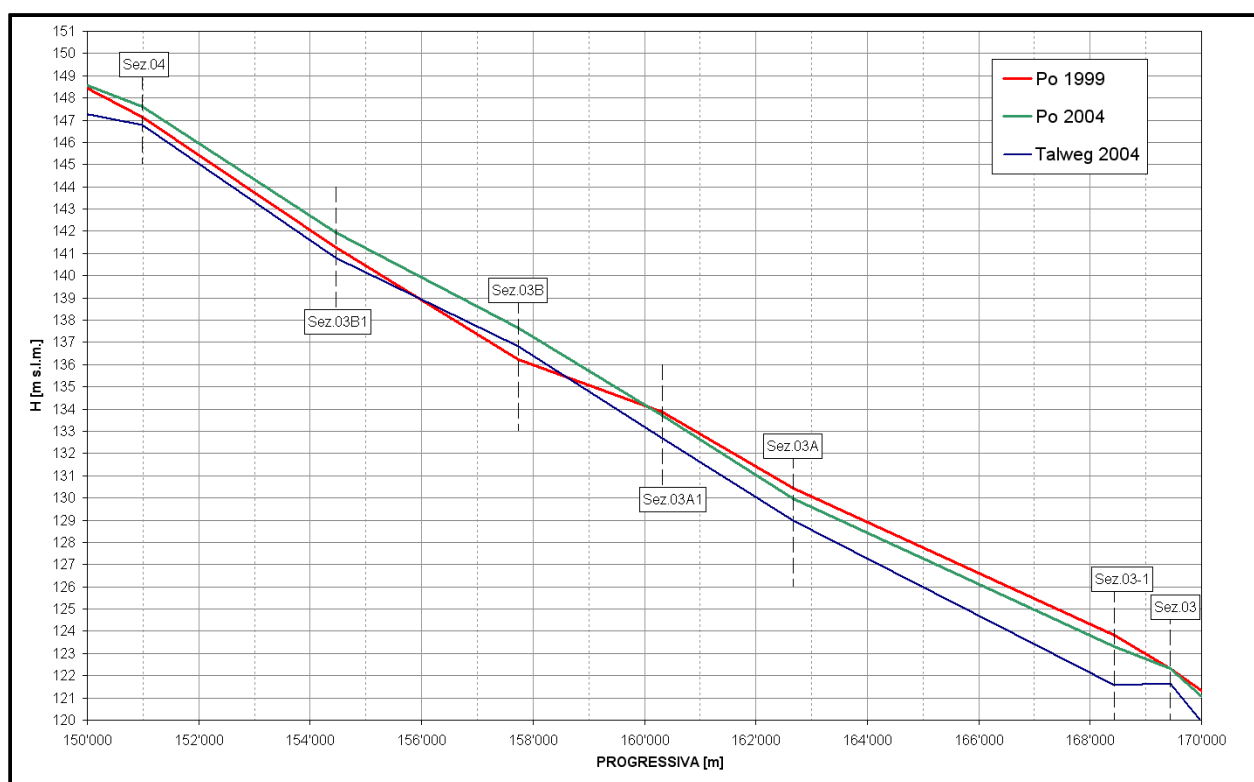


Fig.7: “Profili di fondo medio multitemporali dalla sezione 04 alla sezione 03”.

3. Bibliografia

Autorità di Bacino del Fiume Po, Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con DPCM del 24 agosto 2001

B. BACCHI, A. BRATH. (1990): Stima delle leggi di attenuazione delle massime portate in assegnata durata, *L'Energia Elettrica*, 67 (4), pp.157-170.

B. BACCHI, M. FRANCHINI, G. GALEATI, R. RANZI (2000): Parametrizzazione e regionalizzazione della curva di riduzione dei massimi annuali delle portate medie su assegnata durata, *Atti del XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Genova, 12-15 Settembre 2000, vol.2, pp.129-136.

C. BALLARIN, U. MAJONE, P. MIGNOSA, M. TOMIROTTI (2001): Una metodologia di stima indiretta degli idrogrammi sintetici per il progetto di opere di difesa idraulica del territorio, *L'Acqua*, n.3, pp. 9-16.

A. BRATH. (1992): Un'impostazione stocastica del problema di previsione dei volumi di piena, *L'Energia Elettrica*, 67 (10), pp.411-426C.

A. BRATH, M. FIORENTINO, P. VILLANI (1992): Identificazione di alcune proprietà dei fenomeni di piena attraverso l'analisi delle leggi di riduzione dei volumi, *Atti del XXIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Firenze, 31 Agosto-4 Settembre 1992, vol.3, pp.D.51-D.62.

CATI L. (1981) – “Idrografia e Idrologia del bacino del Po”. Pubbl. n. 19 dell'Ufficio Idrografico del Po

P. CLAPS (2003): Scale di deflusso di piena di corsi d'acqua naturali, *Atti del Convegno La difesa idraulica del territorio 2003*, Trieste 10-12 Sett. 2003.

T. DARLYMPE (1960): Flood frequency methods. U.S. Geol. Survey, Water Supply Paper 1543 A.

M. FIORENTINO, M.R. MARGIOTTA (1999): La valutazione dei volumi di piena e il calcolo semplificato dell'effetto di laminazione di grandi invasi. In G. Frega (ed.), *Tecniche per la difesa dall'inquinamento*, Editoriale Bios, Cosenza, pp.203-222.

A. F. JENKINSON (1955): The Frequency Distribution of the Annual Maximum (or Minimum) of Meteorological Elements, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 81, pp.158-171.

U. MAJONE, U. MOISELLO (1993): *Elementi di Statistica per l'Idrologia*, La Goliardica Pavese, Pavia.

F. MARAGA: Riduzione del campo di attività fluviale e disponibilità di sedimento nei tratti d'alveo pluricursali: casi di studio nella pianura padana. Estratto da: “Fenomeni di erosione e di alluvionamento degli alvei fluviali” – Università degli Studi di Ancona, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra (1991).