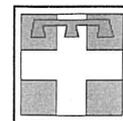




PROVINCIA DI VERCELLI  
(Settore Assetto Ambientale)



REGIONE PIEMONTE  
(Servizio Geologico)

EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELL'ALVEO  
DEL T. CERVO NEL TRATTO DI PIANURA  
E STUDIO FOTOINTERPRETATIVO  
DELL'INONDAZIONE VERIFICATASI  
IL 2-3 NOVEMBRE 1968

*Manlio Ramasco - Piero Rossanigo*

EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELL'ALVEO  
DEL T. CERVO NEL TRATTO DI PIANURA  
E STUDIO FOTOINTERPRETATIVO  
DELL'INONDAZIONE VERIFICATASI  
IL 2-3 NOVEMBRE 1968

Con queste note, il Settore Assetto Ambientale dell'Amministrazione Provinciale di Vercelli, ed il Servizio Geologico della Regione Piemonte, in collaborazione con il C.N.R. - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica del Bacino Padano, nell'ambito delle competenze riguardanti la difesa idrogeologica del territorio, ha inteso fornire contributi tecnico-scientifici relativi all'evoluzione geomorfologica del Torrente Cervo, nel tratto di pianura fra Biella e la confluenza con il F. Sesia.

Il fine di tale ricerca è di ottenere risultati immediatamente trasferibili sul piano pratico, soprattutto in riferimento alle opere di attraversamento e di difesa fluviale. La conoscenza approfondita del comportamento dei corsi d'acqua e della loro evoluzione nel tempo può fornire orientamenti circa le priorità di intervento ed inoltre rendere disponibili criteri generali da seguire nella progettazione delle opere di sistemazione.

Il presente lavoro costituisce un esempio di come l'attività antropica, nella fattispecie il prelievo di inerti nell'alveo attivo dei corsi d'acqua, che solitamente non è soggetto a nessun tipo di programmazione, vada a modificare la naturale evoluzione del corso d'acqua con conseguenze difficilmente prevedibili e controllabili.

Il Presidente della Giunta  
Regionale del Piemonte  
VITTORIO BELTRAME

Il Presidente della Giunta  
Provinciale di Vercelli  
RAIMONDO CANTONO

L'Assessore all'Ambiente  
FRANCO SMERIERI

# EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELL'ALVEO DEL T. CERVO NEL TRATTO DI PIANURA E STUDIO FOTOINTERPRETATIVO DELL'INONDAZIONE VERIFICATASI IL 2-3 NOVEMBRE 1968

*Manlio Ramasco\* - Piero Rossanigo\*\**

## INDICE

Riassunto . . . . .	pag.	7
1. <i>Lineamenti geologici del bacino</i> . . . . .	"	7
2. <i>Caratteristiche idrometriche</i> . . . . .	"	9
3. <i>Caratteristiche litologiche rilevate lungo l'alveo</i> . . . . .	"	9
4. <i>Evoluzione plano-altimetrica dell'alveo</i> . . . . .	"	10
4.1. <i>Evoluzione storica</i> . . . . .	"	10
4.2. <i>Sezioni trasversali</i> . . . . .	"	13
4.2.1. <i>Rilievo e stesura delle sezioni</i> . . . . .	"	13
4.3. <i>Profilo longitudinale</i> . . . . .	"	18
5. <i>Studio fotointerpretativo dell'evento alluvionale del 2-3 Novembre 1968</i> . . . . .	"	18
6. <i>Conclusioni</i> . . . . .	"	21
7. <i>Bibliografia</i> . . . . .	"	22

## RIASSUNTO

La presente nota ha come obiettivo la valutazione, in termini quantitativi, delle variazioni plano-altimetriche del Torrente Cervo manifestatesi negli ultimi anni.

A questo proposito è stata disegnata una carta delle trasformazioni idrografiche avvenute nell'ultimo secolo, utilizzando una serie di fotografie aeree ripetute nel tempo e la cartografia reperibile.

Sono stati inoltre effettuati rilevamenti topografici di sezioni trasversali e della sezione longitudinale dell'alveo, dove erano già state eseguite operazioni analoghe in anni precedenti: il confronto fra queste sezioni ha completato il quadro delle conoscenze sulle modificazioni prodottesi nella geometria dell'alveo. Esso ha palesato accentuati fenomeni di erosione e di approfondimento del canale di deflusso, le cui cause sono in massima parte imputabili alla massiccia estrazione di inerti attuata negli ultimi 30 anni.

Una carta delle inondazioni e dei dissesti provocati dall'evento alluvionale del 2-3 Novembre 1968 ha permesso di identificare le aree allagabili, di localizzare i punti più vulnerabili dove si sono verificati i danni alle opere di attraversamento ed alla viabilità, nonché di verificare l'efficacia delle opere di sistemazione allora esistenti.

Le modificazioni morfologiche dell'alveo che si sono prodotte successivamente, consistenti in forti abbassamenti e restringimenti del canale di deflusso, determinano una differente risposta del corso d'acqua durante le piene, con gravi ripercussioni sulle opere trasversali e di difesa fluviale, soprattutto a causa della aumentata velocità di propagazione dell'onda di piena.

## 1. LINEAMENTI GEOLOGICI DEL BACINO

Il Torrente Cervo, affluente di destra del Fiume Sesia, sottende un bacino di Km<sup>2</sup> 9.943, è lungo circa 64 Km. ed ha una pendenza media complessiva dello 0,5% (SERTEC S.p.A., 1976).

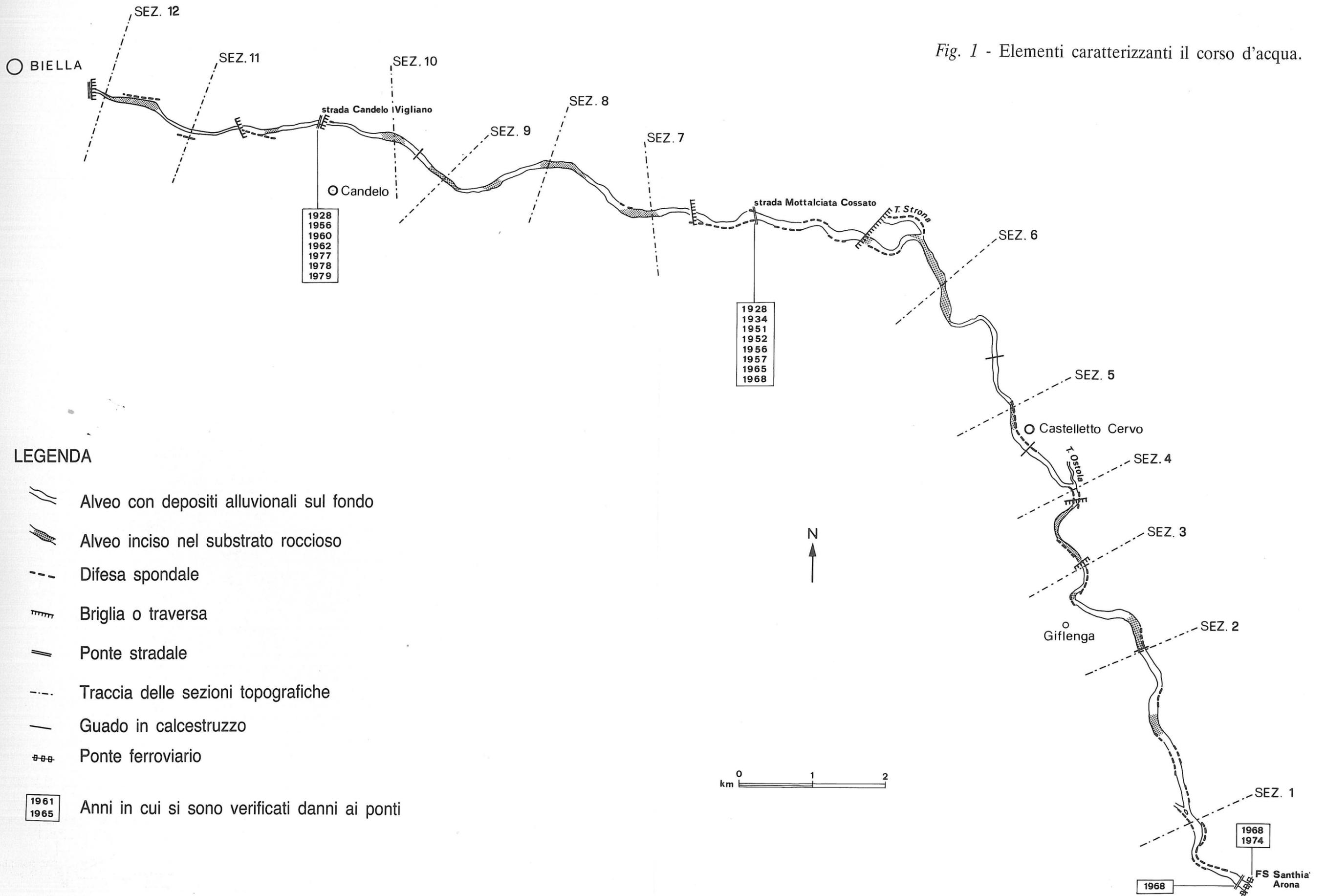
Il bacino montano si chiude praticamente a Biella, dove riceve il Torrente Oropa. In quest'area attraversa, da monte a valle, litologie della Serie Sesia - Val di Lanzo (gneiss a mica chiara, gneiss biotitici, micascisti eclogitici, ecc.), rocce del Plutone della Valle del Cervo (graniti, sieniti, monzoniti, ecc.) e, nei pressi di Tollegno, litotipi della Serie Dioritico-Kinzigitiga (dioriti, gneiss biotitico-sillamanitici a granato e grafite, ecc.).

\* Servizio Geologico - Regione Piemonte.

\*\* Settore Assetto Ambientale - Provincia di Vercelli.

Gli scriventi intendono ringraziare il Dott. Mario Govi Direttore dell'I.R.P.I. di Torino del C.N.R. per aver messo a disposizione l'archivio, la fototeca e le attrezzature dell'istituto, nonché per le proficue discussioni al riguardo di molti argomenti trattati in queste note; la Dottoressa Franca Maraga per le indicazioni bibliografiche ed i preziosi consigli forniti. Si intende inoltre ringraziare il Dott. Bosco e l'Ing. Colasuoanno del Servizio Geologico della Regione Piemonte e il Geom. Ferraris della Provincia di Vercelli per aver contribuito alla realizzazione dei rilievi topografici.

Fig. 1 - Elementi caratterizzanti il corso d'acqua.



LEGENDA

- Alveo con depositi alluvionali sul fondo
- Alveo inciso nel substrato roccioso
- Difesa spondale
- Briglia o traversa
- Ponte stradale
- Traccia delle sezioni topografiche
- Guado in calcestruzzo
- Ponte ferroviario

Anni in cui si sono verificati danni ai ponti

Nella parte di pianura, da Biella alla confluenza con il Fiume Sesia, incide terreni alluvionali Olocenici che affiorano lungo una fascia larga un paio di chilometri, affiancata da depositi alluvionali Pleistocenici e separata da questi ultimi, da una serie di terrazzi piuttosto marcati; attualmente, in molti tratti, il Torrente erode terreni Villafranchiani e Pliocenici marini sottostanti ai depositi Olocenici che, a monte di Buronzo, risultano essere poco potenti.

## 2. CARATTERISTICHE IDROMETRICHE

Il Torrente Cervo, per quanto concerne il comportamento idraulico, ha un regime tipicamente torrentizio. Una valutazione delle portate di piena è possibile solo tramite procedimenti teorici, in quanto non sono stati rilevati dati inerenti le piene passate.

Una stazione di misura ha funzionato saltuariamente soltanto a Passobreve (bacino sotteso 74 Km<sup>2</sup>); in essa è stata stimata il 25.5.1951 una portata massima di 200 mc/s, non interpretabile come dato significativo di piena poichè probabilmente, tale dato non si riferisce neppure al colmo della piena.

In uno studio per la "Sistemazione idraulica del Torrente Cervo", commissionato dalla Regione Piemonte e dall'Amministrazione Provinciale di Vercelli (BUTERA, 1980) è stata svolta un'indagine al fine di inquadrare le piene del Cervo nel contesto più generale delle portate di piena dei corsi d'acqua piemontesi nei tratti montani e pedemontani.

Per mezzo di relazioni matematiche che prendono in considerazione i contributi relativi ad una determinata superficie sono stati previsti, in corrispondenza della traversa Silit (Biella), con un tempo di ritorno di 100 anni, portate dell'ordine di 900 mc/s.

Con procedimenti analoghi la ditta SERTEC S.p.A. (1976), in uno studio di "Sistemazione idrogeologica e forestale del Bacino del Fiume Sesia" ha previsto portate di piena a ricorrenza secolare dell'ordine di 2.170 mc/s in corrispondenza della confluenza con il Fiume Sesia.

Un'indagine molto articolata sull'alto Bacino del Torrente Cervo condotta dallo STUDIO STIGE (1982), per la Comunità Montana Alta Valle del Cervo, propone portate di massima piena di 961 e 1.047 mc/s, rispettivamente calcolate per tempi di ritorno di 100 e 200 anni alla stazione di Passobreve, utilizzando i dati idrologici della Stazione di Oropa confrontati con quelli di altre stazioni e adottando il metodo di calcolo del tempo di corruzione o metodo cinematico.

## 3. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE RILEVATE LUNGO L'ALVEO

Pur non volendo approfondire, in questa sede, un discorso di tipo sedimentologico e stratigrafico, forniamo tuttavia una descrizione dei sedimenti che affiorano nell'alveo del Torrente Cervo, in quanto la litologia ha una notevole rilevanza per quanto concerne i fenomeni di erosione e di trasporto.

Le rocce del substrato affiorano, come detto, in vari tratti del corso d'acqua (fig. 1), ma gli affioramenti più significativi sono in corrispondenza delle scarpate che limitano l'alveo e i terrazzi posti lungo il corso d'acqua. Sulle pareti di tali scarpate è osservabile un chiaro contatto erosionale fra i depositi attuali-recenti, costituiti da ghiaie grossolane a matrice sabbiosa (fig. 10) e i depositi sottostanti. È possibile individuare in questi ultimi una riduzione granulometrica, da monte verso valle, con presenza di strutture deposizionali molto diversificate.

Nel tratto compreso fra Biella e Candelo, il substrato è costituito da ciottoli più o meno arrotondati, di diverse dimensioni (da pochi centimetri a un paio di decimetri), con una matrice da microconglomeratica a sabbiosa. Questi depositi, caratterizzati da cementazione variabile, presentano una colorazione arancione-rossastra, sono generalmente molto alterati e i ciottoli si sgretolano facilmente; in alcuni punti è distinguibile una rozza stratificazione; solo raramente si osserva una embriatura dei ciottoli.

A valle della sezione 10 si passa abbastanza bruscamente ad una litologia costituita principalmente da arenarie più o meno cementate, con intercalati rari livelli ghiaiosi di alcuni centimetri.

Fra le sezioni 9 e 8, sulla scarpata del terrazzo che delimita la Baraggia di Candelo, è possibile constatare come queste arenarie presentino una potenza di alcune decine di metri. Si tratta di arenarie la cui granulometria rientra nel campo delle sabbie da fini a grossolane, di colore giallo-rossastro; spesso sono visibili lamine parallele od oblique e strutture da sfuggita d'acqua; in altri casi un'intensa bioturbazione oblitera le strutture deposizionali. Soprattutto in corrispondenza della sez. 6 sono visibili strati limitati da superfici curve non parallele che limitano talora lamine oblique a grande scala.

Alternati alle arenarie si ritrovano sedimenti con una percentuale argilloso-siltosa più abbondante a stratificazione indistinta. Da Castelletto Cervo verso valle affiorano, lungo l'alveo, più abbondanti le litologie a granulometria fine; in particolare, fra le sezioni 4 e 2 si rinvencono peliti grigio-azzurre, bioturbate, con rari livelli a lamine parallele, in cui si rinvencono sottili stra-

relli di torba e di residui carboniosi.

Poco a monte della sezione 6 ed in località Bocca del Lupo si rinvennero grandi quantità di tracce fossili (strutture raggiate, tracce di limivori, ecc.) ed associazioni di bivalvi, gasteropodi, echinoidi, ecc. (AIMONE & FERRERO MORTARA, 1983).

#### 4. EVOLUZIONE PLANO-ALTIMETRICA DELL'ALVEO

##### 4.1. Evoluzione storica

È stato effettuato uno studio sull'evoluzione storica dell'alveo del Torrente Cervo nel tratto compreso fra Biella e la confluenza con il Fiume Sesia, al fine di valutare le modificazioni planimetriche del Torrente nell'ultimo secolo.

Oltre ai rilevamenti di campagna finalizzati a questo scopo, è stato esaminato tutto il materiale fotografico e cartografico reperibile.

In particolare sono state esaminate le riprese aeree del:

- 1954, Volo GAI - Bianco e Nero (I.G.M., Firenze); \*
- 1968, Biellese - Bianco e Nero (Soc. I.R.T.A., Milano); \*
- 1970, T. Cervo - Bianco e Nero (Imp. Luigi Rossi, Brescia); \*
- 1971, T. Cervo - Infrarosso Bianco e Nero (Soc. Alifoto, Torino); \*
- 1976, Regione Piemonte - Colore (Compagnia Generale Riprese Aeree, Parma); §
- 1979, Provincia di Vercelli - Infrarosso Bianco e Nero (Soc. Alifoto, Torino); §

Relativamente alla documentazione cartografica sono state prese in esame:

- Gran Carta degli Stati Sardi in terraferma del 1824-25 (scala 1:50.000); §
- Gran Carta degli Stati Sardi in terraferma del 1852 (scala 1:50.000); §
- Rilievo topografico I.G.M. del 1882 (scala 1:25.000); §
- Rilievo aereofotogrammetrico del 1969 eseguito per il Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato per il Po, Ufficio Speciale del Genio Civile di Vercelli (scala 1:5.000);
- Rilievo aereofotogrammetrico del 1971 effettuato dall'impresa Luigi Rossi di Brescia per il Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato per il Po, Ufficio Speciale del Genio Civile di Vercelli (scala 1:5.000).

Al fine di evidenziare le divagazioni dell'alveo del Torrente Cervo, sono stati riportati, sulla base cartografica del 1969, ridotta dalla scala 1:5.000 alla scala 1:20.000, gli alvei occupati dalle piene contenute entro le rive incise, riferiti agli anni 1882, 1954 e 1979 (Tav. 1a - 1b - 1c). I dati sono stati trasferiti sulla cartografia di base per mezzo di apparecchiatura Bausch & Lomb - Stereo Zoom Transfer Scope TM.

Non sono stati invece riportati gli alvei delle vecchie cartografie del 1824-25 e del 1852 poiché la precisione di tali rilievi non è risultata compatibile con la cartografia utilizzata come base e con i dati desunti dalle fotografie aeree.

L'analisi dei dati ricavati ha permesso di ricostruire l'evoluzione planimetrica dell'alveo occupato dalle piene contenute entro le rive incise (bank-full) del Torrente Cervo, negli ultimi 100 anni. In particolare si evidenziano i seguenti elementi:

- La confluenza T. Cervo - F. Sesia si è spostata, fra il 1882 e il 1954, di circa 450 m verso ESE. Dal 1954 al 1979 il deposito alluvionale che separa i due corsi d'acqua si è accresciuto di circa 800 m, spostando la confluenza verso SE <sup>(1)</sup>.
- La confluenza T. Elvo-T. Cervo si è spostata verso SE di circa 450 m fra il 1882 e il 1954; nel 1979 la confluenza si trova invece spostata più a Nord di circa 400 m.
- Tra il 1882 e il 1954 la confluenza T. Marchiazza-T. Cervo si è spostata a Nord di circa 800 m, in conseguenza della migrazione dell'alveo del T. Cervo verso Est di circa 400 m. Questa tendenza si è mantenuta per i successivi 25 anni, fino al 1979, con uno spostamento di altri 100 m nella stessa direzione.
- Non mostra significative modificazioni la posizione della confluenza T. Rovasenda-T. Cervo.
- In un tratto di circa 1800 m compreso tra Giffenga e la strada Santhià-Buronzo, il corso del Cervo nel 1882 appare spostato verso Est di circa 200-300 m rispetto a quello del 1979.

<sup>(1)</sup> Particolarmente interessanti sono i risultati di uno studio storico-geografico (REIS, 1987), riguardante lo spostamento della confluenza T. Cervo-F. Sesia, a partire dagli inizi del 1600. Secondo l'Autore la confluenza era localizzata all'inizio del XVII° secolo, a SE di Vercelli; una serie di opere di canalizzazione, che risalgono a quel periodo, deviarono di poche centinaia di metri il corso del Torrente Cervo che minacciava le mura di Vercelli nel settore Nord della città.

Successivamente la confluenza si sarebbe spostata progressivamente verso Nord per cause naturali fino a raggiungere una localizzazione molto vicina a quella attuale, già agli inizi del 1700 (REIS, in stampa). Questo contrasta con quanto sostenuto da autori precedenti che indicavano lo spostamento della confluenza verso Nord causato da opere di canalizzazione che avrebbero direttamente collegato il T. Cervo ed il F. Sesia.

\* Archivio Servizio Geologico Regione Piemonte

§ Archivio Assessorato Ambiente Provincia di Vercelli

§ Archivio C.N.R.-I.R.P.I. Torino

- Prima della confluenza con il T. Strona, il T. Cervo nel 1882, scorre circa 200 m più a Nord, mostrando un alveo pluricursale più ampio di quello attuale.
- Nell'intervallo di tempo considerato le anse del corso d'acqua non mostrano, in genere, una netta migrazione in una direzione, ma tendono ad oscillare in una fascia di 200-300 m. Nei tratti più incisi questa oscillazione è più ridotta, poichè il torrente ha esplicitato la sua capacità erosiva prevalentemente approfondendo l'alveo.

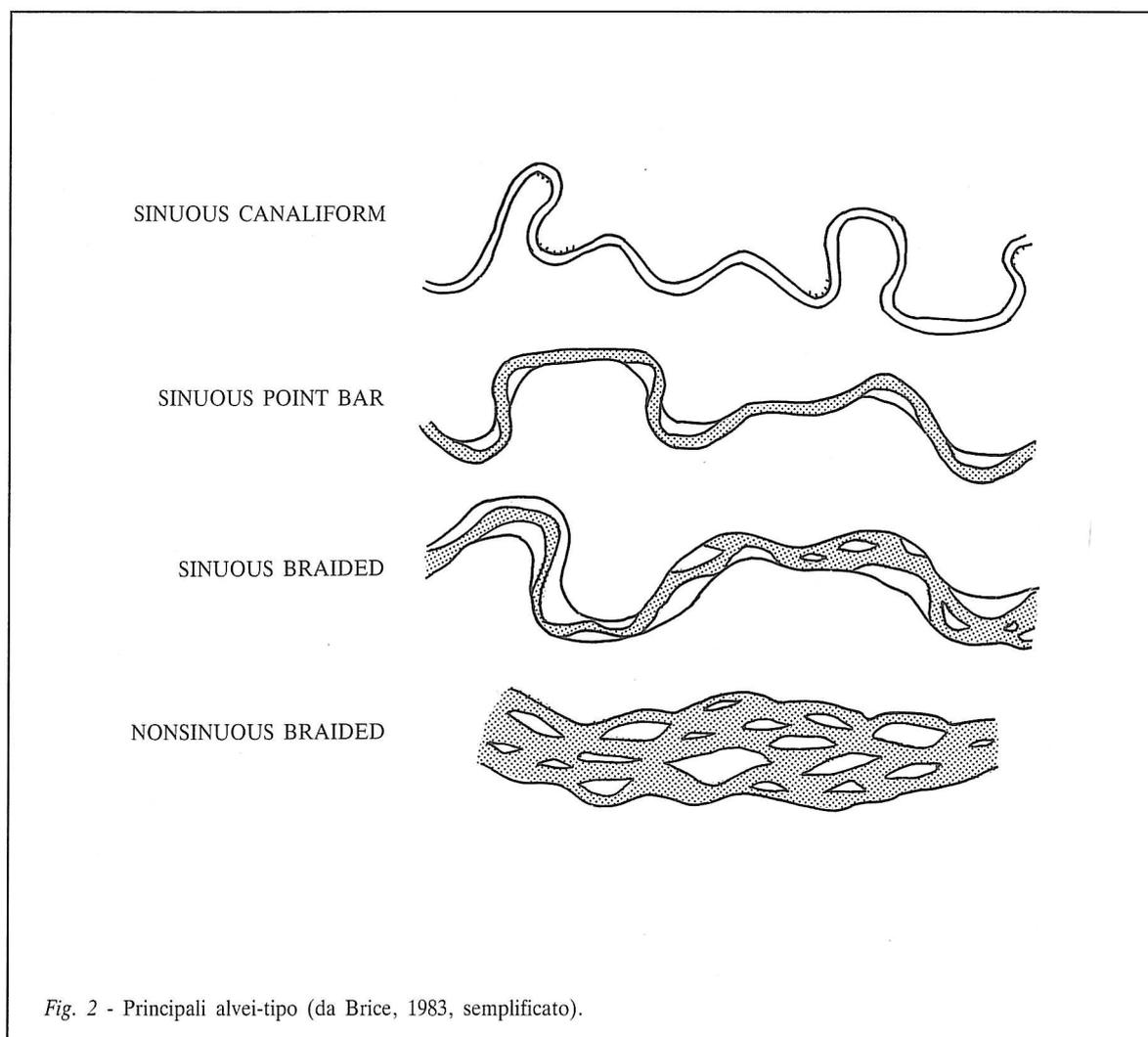
Le fotografie aeree del 1954 e le tavolette I.G.M. del 1882 mostrano, nel tratto a valle di Biella, per circa 2 Km, una morfologia di tipo *nonsinuuous braided* secondo la classificazione proposta da BRICE (1983).

Più a valle l'andamento del corso d'acqua appare sinuoso ed è identificabile la morfologia definita dallo stesso autore come *sinuous braided* (fig. 2). Il numero delle barre e delle isole ve-

tate diminuisce nettamente; questi depositi in alveo sono tuttavia presenti lungo tutto il corso d'acqua e spesso si giustappongono gli uni agli altri in modo da consentire la formazione di due e anche tre canali di deflusso.

Sempre nelle foto aeree del 1954, considerando come variabile la frequenza e la disposizione delle barre fluviali, è possibile apprezzare una morfologia che cambia da monte a valle in accordo con lo schema proposto da CHURCH & JONES (1982) (fig. 3): partendo da una morfologia del tipo *braided channel*, ben individuabile nel tratto a valle di Biella, si passa successivamente ad una morfologia del tipo pluricursale instabile, *wandering channel*, con la presenza di *medial bars* e *diagonal riffles*.

Verso la confluenza con il F. Sesia alcuni tratti possono considerarsi del tipo *talweg meanders* (CHURCH & JONES, 1982), anche se alle *lateral bars* e ai *diagonal riffles* si associano talora le *point bars*.



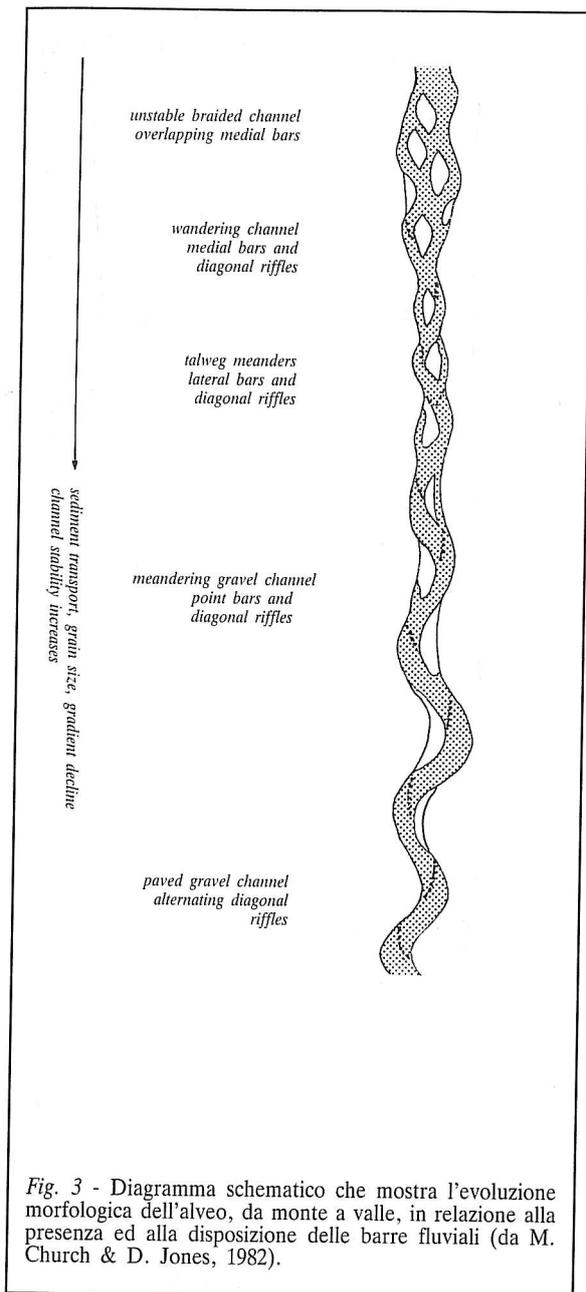


Fig. 3 - Diagramma schematico che mostra l'evoluzione morfologica dell'alveo, da monte a valle, in relazione alla presenza ed alla disposizione delle barre fluviali (da M. Church & D. Jones, 1982).

La sequenza qui schematizzata non risulta perfettamente evidente in corrispondenza dei tributari: la maggior quantità di sedimenti trasportati modifica localmente il *trend* proposto; in alcuni tratti, inoltre, data la presenza di *side channels* e *chutes* (KELLERHALS et al., 1976), che determinano tipiche forme all'interno del *bank-full* (fig. 4), non è possibile schematizzare un ben preciso modello. Morfologie di questo tipo sono state descritte da questo autore come caratteristiche di alvei attivi a letto ghiaioso.

L'alveo pluricursale descritto presenta una larghezza notevole, mediamente compresa fra 100 e 300 m che, nel tratto a monte di Castelletto

Cervo, raggiunge anche 500 m.

L'esame delle fotografie aeree del 1979 mostra una situazione decisamente differente.

Nel tratto compreso fra Biella e la confluenza con il T. Ostola, si alternano porzioni di alveo pluricursale caratterizzato da *medial bars* e *lateral bars*, a porzioni di alveo unicursale più o meno inciso.

A valle della suddetta confluenza il T. Cervo presenta, per quasi tutta la sua lunghezza, un canale unico di deflusso con *point bars* e ben evidenti *diagonal riffles*; riferendosi allo schema proposto in fig. 3, si passa da una morfologia definita *talweg meanders* ad una morfologia definita *meandering gravel channel*.

Non è più visibile il *braided channel* e la morfologia *wandering channel* è evidente solo in brevissimi tratti.

La mancanza di fotografie aeree dopo il volo del 1979 non ha permesso di cartografare la situazione attuale che mostra una fase già successiva della tendenza evolutiva riconosciuta. La tendenza del Torrente Cervo a configurarsi come corso d'acqua unicursale (fig. 7-9) si è fortemente accentuata negli ultimi 10 anni lungo tutto il tratto considerato, soprattutto in corrispondenza dei tratti in cui il corso d'acqua sta erodendo le rocce a granulometria fine del substrato.

La fig. 1 ci permette di localizzare questi tratti soggetti ad erosione accelerata in cui si formano veri e propri *canyons* molto stretti e profondi (fig. 8).

Relitti della morfologia pluricursale (canali divaganti e depositi ghiaiosi) sono ancora visibili, sospesi ai lati dell'incisione principale; solo piene cospicue invadono queste porzioni di alveo abbandonato e rimobilizzano parzialmente i depositi di ghiaia ivi rimasti (fig. 7).

È possibile affermare che, in circa 30 anni, si è passati da un alveo essenzialmente di tipo *sinuous braided* ad uno classificabile come *sinuous point bar* in alcuni tratti (fig. 10), o come *sinuous*

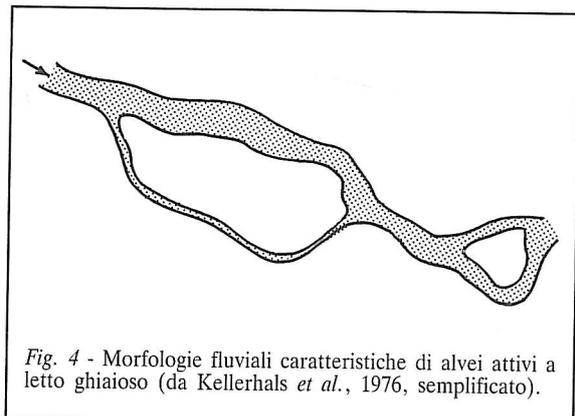


Fig. 4 - Morfologie fluviali caratteristiche di alvei attivi a letto ghiaioso (da Kellerhals et al., 1976, semplificato).

*canaliform* in altri (BRICE, 1983) (fig. 2). Questa evoluzione è determinata principalmente dal decremento dei depositi in alveo ed in particolare la tipologia *sinuous canaliform* è associata alla presenza di un alveo inciso nel substrato costituito da arenarie e siltiti (fig. 7-8-9).

## 4.2. Sezioni trasversali

Il Magistrato per il Po ha disposto nel 1971, la misura di 33 sezioni trasversali lungo l'asta del Torrente Cervo, nel tratto compreso tra Biella e la confluenza con il Fiume Sesia. Gli scriventi, nell'autunno-inverno 1986, hanno ripetuto le misure su queste 12 sezioni, nel tratto compreso fra Biella e Buronzo. Più a valle l'intensa attività antropica connessa con la coltivazione del riso e l'escavazione di inerti in alveo non ha invece permesso di ritrovare i punti di riferimento necessari per ripetere le vecchie sezioni misurate.

Il confronto fra le due serie di sezioni misurate (fig. 5a - 5b) fornisce utilissime indicazioni sull'evoluzione planoaltimetrica dell'alveo nei 15 anni intercorsi fra le due rilevazioni. È evidente la tendenza del corso d'acqua a scavare un canale preferenziale, il quale viene velocemente approfondito, soprattutto nei tratti in cui scorre su rocce a granulometria fine.

In molti tratti il canale preferenziale è profondamente scavato fra pareti verticali (sez. 6 - 9 - 10); a lato di questo, sulle superfici terrazzate più elevate, spesso si osservano altri canali simili subparalleli, affluenti al canale principale, alcuni dei quali utilizzati nei periodi di piena (fig. 8).

Sul fondo dell'alveo, durante il periodo di magra, si notano sottili e discontinui livelli di ciottoli che, durante le portate di piena, vengono mobilizzati e utilizzati per scavare il substrato. Talora si riconoscono caratteristiche forme di erosione tipo "marmitte" dovute al movimento rotatorio impresso dall'acqua ai ciottoli negli incavi esistenti.

Lungo tutto il tratto misurato si sono registrati abbassamenti dell'alveo mediamente fra 3 e 4 m, con punte di 8,27 m corrispondentemente alla sez. 9 e 8,91 m corrispondentemente alla sez. 6 (fig. 5a - 5b).

In generale gli abbassamenti più significativi si sono verificati nel tratto compreso fra Biella e Castelletto Cervo.

### 4.2.1. Rilievo e stesura delle sezioni (a cura di F. Godone, C.N.R.-I.R.P.I., Torino)

Alcune settimane prima dei rilevamenti sono stati eseguiti sopralluoghi per verificare lo stato

dei capisaldi, controllare la visibilità lungo l'asse della sezione, rimuovere eventuali rami o arbusti che impedivano il collegamento visuale fra i punti da rilevare.

In talune situazioni la costruzione di nuove strade e manufatti ha reso il lavoro più oneroso, in quanto si sono dovuti estendere i controlli ad una zona di terreno più ampia da utilizzare per la realizzazione di rilevamenti di controllo, al fine di assicurarne, al momento del rilevamento definitivo, la possibilità di seguire esattamente l'asse della sezione.

I punti delle sezioni sono stati rilevati per coordinate polari facendo stazione su una delle sponde; i punti di stazione sono stati collegati ai capisaldi mediante poligoni aperte rilevate con teodolite e distanziometro a raggi infrarossi. In tutte le sezioni sono stati rilevati anche due punti ubicati rispettivamente a valle e a monte della sezione, in modo da determinare la pendenza del corso d'acqua nel tratto considerato.

Nel corso dei rilevamenti sono state continuamente rilevate temperatura dell'aria e pressione barometrica, di cui si è tenuto conto per la correzione atmosferica delle distanze inserite nel calcolo dei punti.

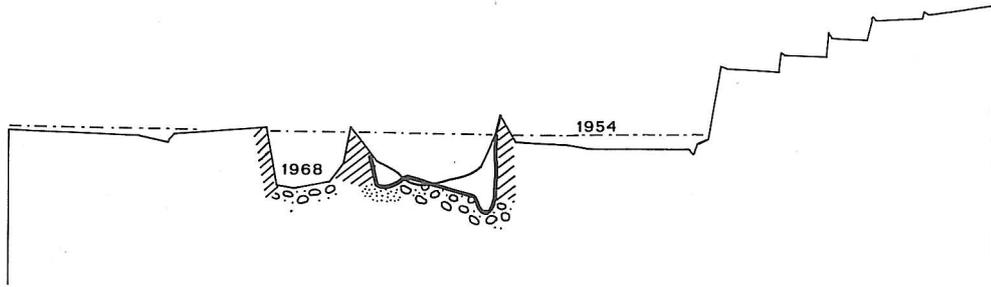
Il rilevamento delle sezioni, malgrado il lavoro di preparazione, ha spesso presentato notevoli difficoltà che hanno direttamente condizionato la scelta degli strumenti utilizzati per i rilievi. In presenza di alveo molto largo e con vegetazione rada per le misure è stato impiegato un teodolite Sokkisha mod. TM 1A al secondo provvisto di cannocchiale a 32 ingrandimenti; per la misura delle distanze si è utilizzato un distanziometro Sokkisha mod. RED 2 a raggi infrarossi in grado di misurare le distanze con la precisione di "+ - (5 mm + 5 mm/Km)".

Le stazioni riflettenti per la misura delle distanze erano costruite da una mira di collimazione Sokkisha mod. ST 1 e da un prisma retro-riflettente con costante di 3 cm, montate su bastone telescopico dotato di bolla sferica.

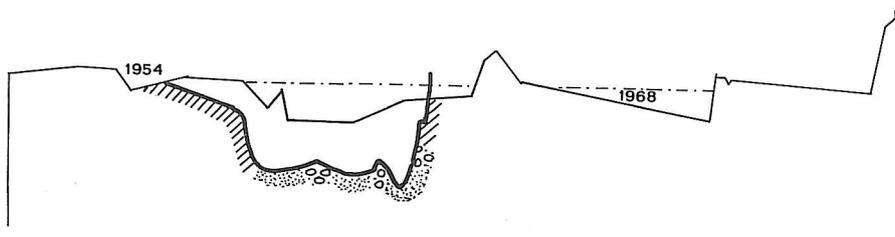
In presenza di sezioni con andamento accidentato si è preferito impiegare un tacheometro Wild T16 e stadia, in quanto questo tipo di strumentazione è più maneggevole negli spostamenti. Le poligoni aperte, realizzate per collegare i capisaldi ai punti di stazione, sono state rilevate con teodolite e distanziometro.

Le misure ottenute dai rilievi di campagna sono state elaborate mediante appositi programmi che hanno fornito le coordinate planimetriche dei punti e le quote riferite ai capisaldi. I dati così ottenuti sono stati ulteriormente elaborati con rappresentazioni di grafica automatica che hanno fornito le planimetrie, in scala, dei punti rilevati e il disegno delle sezioni. Il disegno delle planime-

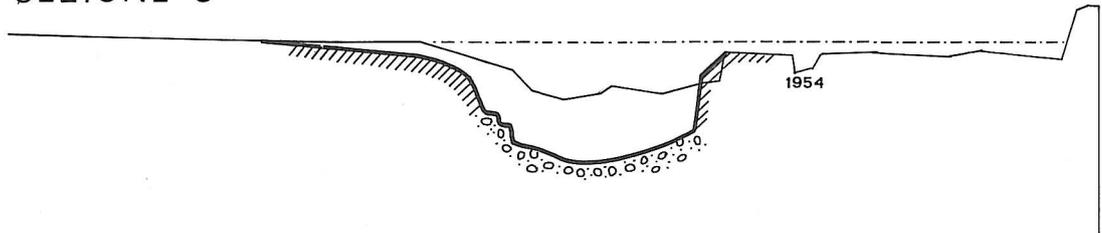
## SEZIONE 1



## SEZIONE 2



## SEZIONE 3



## SEZIONE 4

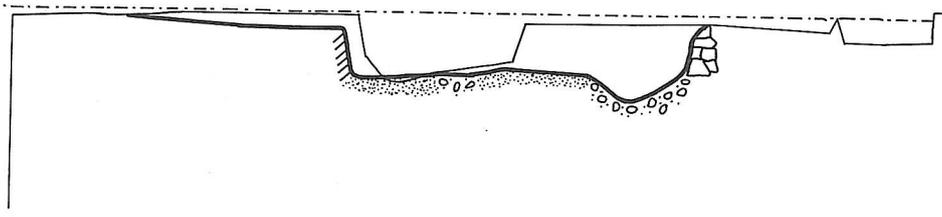
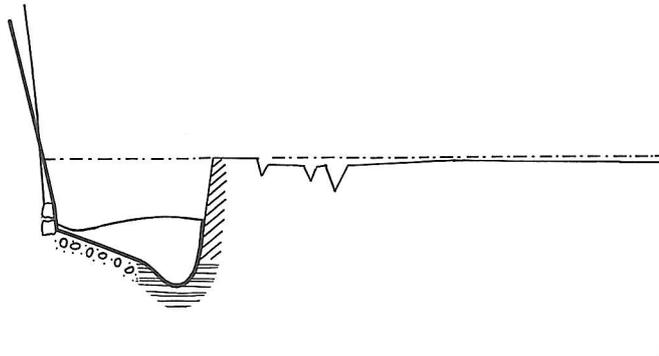
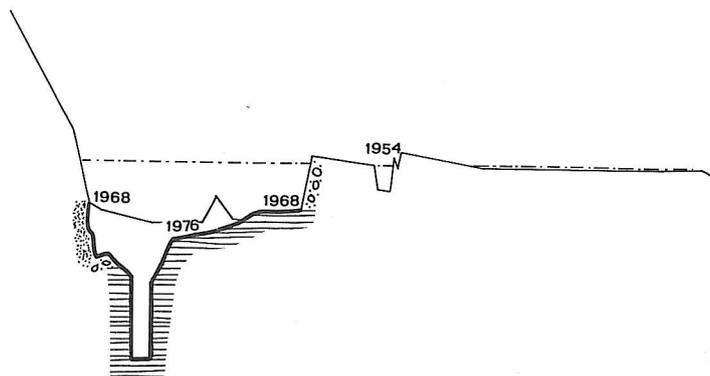


Fig. 5a - Evoluzione dell'alveo evidenziata dal confronto tra i rilievi del 1971 e del 1986; sono inoltre rappresentati il livello di massima piena raggiunto nel 1968 ed i canali attivi nell'anno indicato.

## SEZIONE 5



## SEZIONE 6



## LEGENDA

— Rilievo topografico del 1986

— Rilievo topografico del 1971

- - - Livello di massima piena del 1968  
(da fotointerpretazione)



Alluvioni prevalentemente ghiaiose



Alluvioni prevalentemente sabbiose



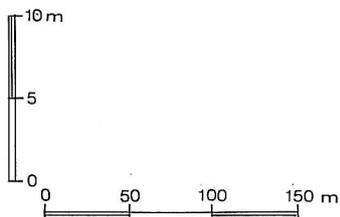
Substrato roccioso (arenarie e siltiti,  
talora argillose)



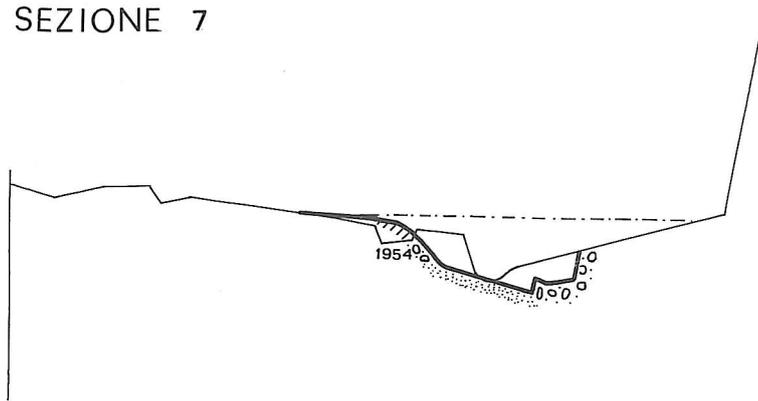
Copertura (suolo, terreno di riporto, ecc.)



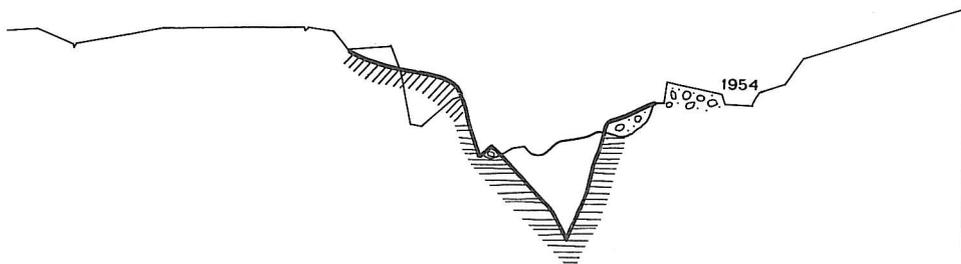
Difesa spondale



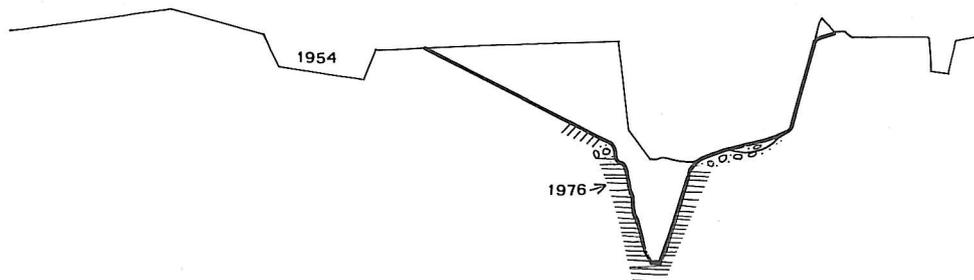
## SEZIONE 7



## SEZIONE 8



## SEZIONE 9



## SEZIONE 10

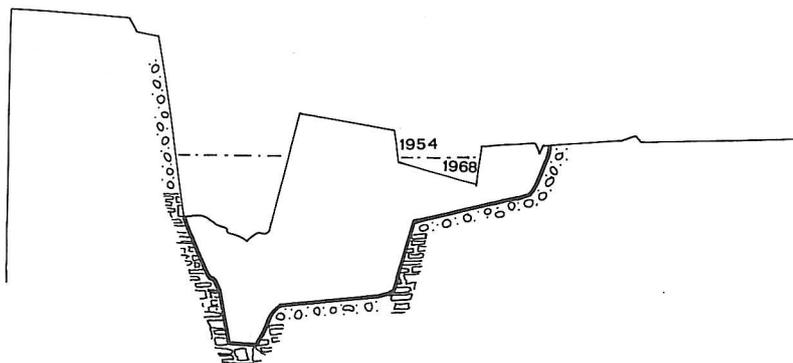
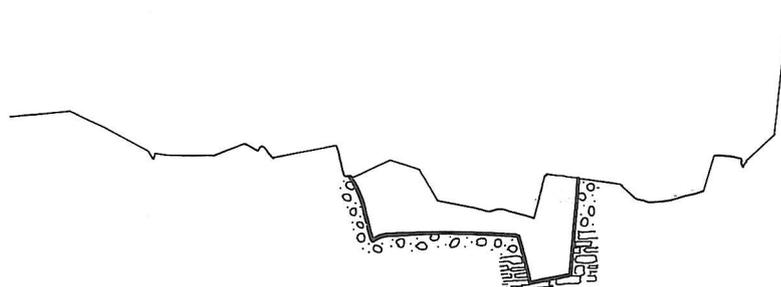


Fig. 5b - Evoluzione dell'alveo evidenziata dal confronto tra i rilievi del 1971 e del 1986; sono inoltre rappresentati il livello di massima piena raggiunto nel 1968 ed i canali attivi nell'anno indicato.

## SEZIONE 11



## SEZIONE 12



## LEGENDA

— Rilievo topografico del 1986

— Rilievo topografico del 1971

- - - - - Livello di massima piena del 1968  
(da fotointerpretazione)



Alluvioni prevalentemente ghiaiose



Alluvioni prevalentemente sabbiose



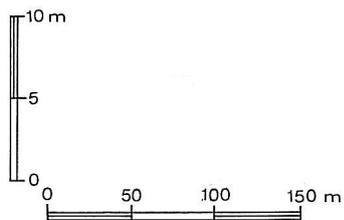
Substrato roccioso (conglomerato  
sabbioso, alterato)



Substrato roccioso (arenarie e silti,  
talora argillose)



Copertura (suolo, terreno di riporto,  
ecc.)



trie dei punti ha consentito di verificare se il tracciato seguito nel corso del rilevamento era congruente con quello seguito nella prima misura avvenuta nel 1971.

Utilizzando questo elaborato grafico, si è potuto valutare se accettare le misure eseguite o decidere il rifacimento di quelle sezioni che si discostavano dal tracciato originale.

Il disegno delle sezioni è stato realizzato con scale alterate: asse x 1:2.000, asse y 1:200, come già fatto nel precedente rilievo; le sezioni sono poi state ridotte per esigenze di stampa. Per sovrapposizione con i vecchi disegni, sono state evidenziate le modificazioni dell'alveo e si è proceduto alla misura delle aree delle sezioni che si differenziavano dalle precedenti.

L'elaborazione dei dati di campagna è stata eseguita con la seguente attrezzatura: calcolatore PC IBM AT, *plotter* Houston DMP 56 E, *digitizer* Calcomp 9100.

#### 4.3 Profilo longitudinale

I profili longitudinali del Torrente Cervo riportati in fig. 6, misurati nel 1971 su disposizione del Magistrato per il Po, Ufficio Speciale del Genio Civile di Vercelli e nel 1986 dagli scriventi, messi a confronto, mostrano, per questi anni, un forte e generalizzato abbassamento dell'alveo del torrente, nel tratto esaminato di circa 20 Km tra Biella e Buronzo.

L'unico tratto in cui non si osserva un tale abbassamento è quello compreso tra la traversa del Consorzio Irriguo di Castellengo e quella dell'Ovest Sesia, dove il profilo è praticamente sostenuto da quest'ultima, costruita 4 metri più alta sul profilo dell'alveo del 1971.

Significativa è la forma assunta dal profilo longitudinale del 1986, contraddistinto da netti segmenti di erosione a forma concava asimmetrica, con la convessità più marcata spostata verso monte ad indicare un processo in atto di erosione regressiva caratterizzato da abbassamenti che raggiungono profondità massime di 12,56, 8,58 e 3,76 m (fig. 6).

Le variazioni di pendenza assunte dal corso d'acqua tra il 1971 e il 1986 costituiscono l'altro aspetto molto significativo che caratterizza la rapida evoluzione del Torrente Cervo in questi ultimi anni. Osservando la tab. 1, emerge che le pendenze sono diminuite, tratto per tratto, su tutta la lunghezza presa in esame. Il confronto tra le pendenze è ovviamente stato fatto per tratti compresi tra le varie soglie di fondo o, quando assenti nel 1971, tenendo come riferimento le sezioni contigue ed è rappresentato nella successiva tabella.

PUNTI DI RIFERIMENTO	1986	1971
Sezione 2	14,86‰	15,44‰
Traversa Roggia Marchesa	13,08‰	
Briglia Ponte S.P. Vigliano-Candelo	10,10‰	12,43‰
Sezione 7	7,86‰	9,08‰
Traversa Ovest Sesia	3,49‰	4,01‰
Sezione 4	2,84‰	2,92‰
Sezione 1		

Tab. 1 - Variazioni delle pendenze in diversi tratti del Torrente Cervo rilevate sui profili longitudinali del 1986 e del 1971.

Le maggiori variazioni di pendenza, dell'ordine del 2‰, si osservano nel segmento a valle della briglia che si trova sotto il ponte della S.P. Vigliano-Candelo e nel tratto compreso tra la sezione 4 e la sezione 6, a monte della quale non si è ancora esplicitata l'azione di erosione regressiva (fig. 6).

#### 5. STUDIO FOTOINTERPRETATIVO DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 2-3 NOVEMBRE 1968

Lungo il corso del Torrente Cervo, nel tratto compreso fra Biella e la confluenza con il Fiume Sesia, è stato effettuato uno studio fotointerpretativo dell'evento alluvionale del 2-3 novembre 1968, al fine di delimitare le aree interessate dalla piena. Non essendo state eseguite fotografie aeree della zona immediatamente dopo l'evento, si è fatto uso di un volo a bassa quota (3.000 m circa) in bianco e nero, effettuato dalla compagnia Alifoto 18 giorni dopo. È stato così possibile ricostruire i limiti del campo d'inondazione solo grazie al riconoscimento degli effetti provocati dai processi che hanno controllato la dinamica della piena.

L'esame stereoscopico dei fotogrammi è stato condotto con apparecchiatura Wild ST4. Successivamente tutti i dati relativi sono stati riportati su rilievo topografico fotorestituito alla scala 1:20.000 (tav. 2a - 2b - 2c), per mezzo di apparecchiatura Bausch & Lomb - Stereo Zoom Transfer Scope TM.

Sono state esaminate le suddette fotografie rilevando la presenza sul terreno dei sedimenti più o meno grossolani depositati dalle acque esondate e di tutti quei segni dovuti all'erosione, o comunque al passaggio della corrente (arbusti spezzati, vegetazione piegata, chiazze di umidità visibili sul

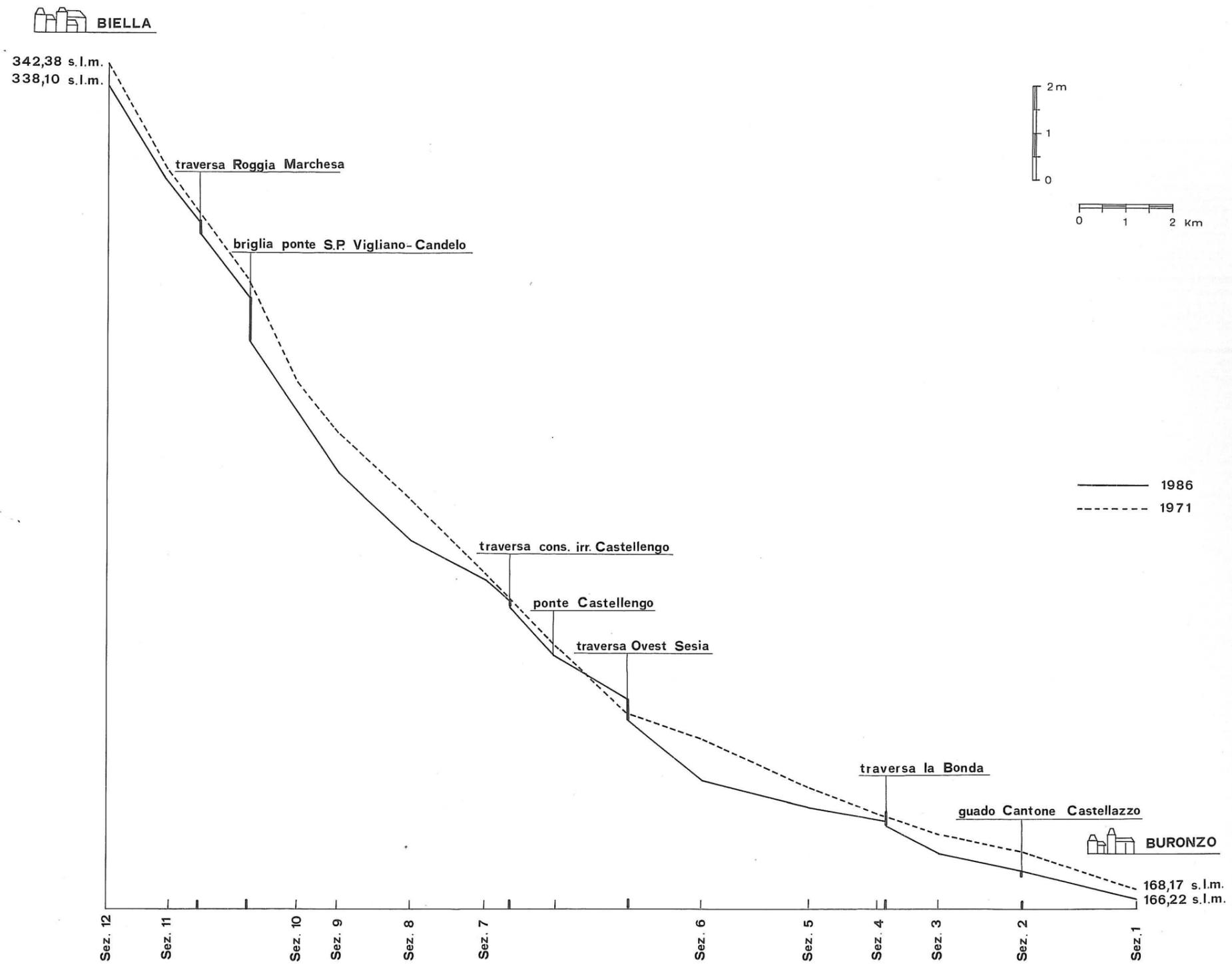


Fig. 6 - Confronto fra i profili longitudinali del Torrente Cervo, misurati nel 1971 e nel 1986 (tratto Biella - Buronzo).

terreno, ecc.), nonché i principali danni ai manufatti (sifonamento di opere trasversali, sottoescavazione di opere trasversali e longitudinali, ecc.). In questo modo è stato possibile distinguere con buona approssimazione l'area allagata dalle acque del Torrente Cervo, da quella allagata dalle acque di tracimazione della rete dei canali di irrigazione, lungo una fascia che segue l'andamento dell'alveo di deflusso normale. In corrispondenza delle confluenze con altri corsi d'acqua è stata invece generalmente identificata un'unica area allagata, prescindendo dalla provenienza delle acque, dall'uno o dall'altro torrente.

L'esame di queste carte mostra chiaramente come gli effetti maggiori della piena si siano verificati a valle della confluenza con il Torrente Strona, dove la sezione di deflusso dell'alveo ordinario non era sufficiente a smaltire tutta l'acqua in arrivo da questo tributario.

È il caso di ricordare che l'evento idrometeorologico del novembre 1968 colpì essenzialmente il bacino del Torrente Strona causando gravissimi danni e anche numerose vittime.

Una approfondita indagine inerente l'alluvione in esame, condotta dalla ITALCONSULT (1969) per il Ministero dei Lavori Pubblici, in base a rilievi eseguiti dopo la piena su significativi tratti d'alveo e a calcoli teorici, propone portate di massima piena di 390, 86, 172 e 772 mc/s, rispettivamente per i Torrenti Quargnasca, 2 Km a monte della confluenza con il Torrente Strona, Chiebbia presso Vigliano, Ostola e Strona, 2 Km. a monte della confluenza con il Torrente Quargnasca.

A monte della confluenza con il Torrente Strona, le acque, prevalentemente contenute nell'alveo a piene rive, hanno invece causato profondi processi di erosione spondale (purtroppo non si hanno dati di portata).

Osservando l'andamento dell'alveo del Torrente Cervo negli anni 1882 e 1954 (tav. 1a, 1b, 1c), notiamo come le acque della piena siano defluite prevalentemente all'interno della fascia occupata dai vecchi alvei abbandonati, più elevati e più larghi di quello attuale, attivando, in quest'ambito, canali di deflusso ora abbandonati.

Si è visto infine che una parte degli allagamenti è dovuta allo straripamento di fossi irrigui o di derivazioni che ricevono direttamente acqua del Torrente Cervo, i quali, in molti punti, non sono adeguati al drenaggio di deflussi eccezionali.

I fenomeni di inondazione sono accentuati in corrispondenza delle confluenze (Torrente Strona, Torrente Elvo e Fiume Sesia) e a monte delle opere trasversali che ostacolano il normale deflusso di piena in alveo (ponte della strada Santhià-Buronzò e dell'autostrada Torino-Milano). Nel caso del ponte Santhià-Buronzò l'"effetto

diga" provocato dai rilevati e dalla forte riduzione della sezione di deflusso, ha causato fenomeni di sifonamento e sfondamento sia dell'argine stradale, sia dell'argine ferroviario.

Sul profilo delle sezioni misurate nel 1971 (fig. 5a - 5b) è stato riportato, dove possibile, il livello di massima piena raggiunto dal Torrente Cervo nel novembre 1968. Successivamente sono state misurate, per mezzo di un *digitizer*, le superfici delle sezioni bagnate, in occasione della piena succitata, considerando che tali sezioni non si sono modificate significativamente nei tre anni intercorsi. Tali aree sono poi state confrontate con quelle delle sezioni dell'alveo a piene rive del 1971 cui sono stati sommati gli incrementi di sezione dovuti all'erosione misurati nel 1986.

Tabella n. 2

Sezione	Area sezione bagnata dalla piena del 1968 m <sup>2</sup>	Area sezione dell'alveo a piene rive del 1971 più incremento di sezione dovuto alla erosione misurato nel 1986 m <sup>2</sup>
Sezione 1	418,61	421,05
Sezione 2	335,46	584,45
Sezione 3	581,63	803,10
Sezione 4	630,62	773,18
Sezione 5	504,98	574,54
Sezione 6	485,22	705,70
Sezione 7	476,79	421,22
Sezione 8	202,10	579,98
Sezione 9	543,24	1.122,50
Sezione 10	285,92	1.555,10

Questo confronto consente di stabilire che una piena di portata comparabile con quella del 1968, può essere contenuta entro un campo di inondazione limitato dalle scarpate rappresentanti le sponde dell'alveo a piene rive del 1971, nella maggior parte dei punti misurati.

Esondazioni sono invece ancora prevedibili in corrispondenza della sezione 1 (a monte del ponte della strada provinciale fra Santhià e Buronzò) ed in corrispondenza della sezione 7 (circa 2 Km a monte della strada statale fra Mottalciata e Cosato).

Più in generale, estrapolando le considerazioni esposte ai tratti compresi fra una sezione e l'altra, è possibile affermare che in futuro saranno sempre meno frequenti fenomeni di esondazione, mentre si accentueranno i fenomeni erosivi del fondo alveo e delle sponde.

## 6. CONCLUSIONI

Le modificazioni morfologiche più significative che si sono prodotte nel Torrente Cervo, dal 1954 ad oggi, consistono nel passaggio da un corso d'acqua essenzialmente pluricursale, in cui l'energia veniva in parte dissipata nella mobilitazione e nel trasporto dei depositi ghiaiosi dell'alveo, ad un corso d'acqua tendenzialmente unicursale, in fase erosiva, talora inciso nei depositi più coerenti del substrato, che esplica la sua attività essenzialmente sul fondo dell'alveo, causando un continuo approfondimento ed un restringimento della sezione trasversale del canale di deflusso.

Come precedentemente descritto, si è passati, in circa 30 anni, da un corso d'acqua definibile come *sinuous braided*, ad uno definibile come *sinuous point bar* in alcuni tratti, o *sinuous canaliform* in altri (fig. 2).

Queste modificazioni si sono prodotte per una serie di fattori strettamente concatenati, che possono essere così riassunti:

- processi di erosione innescati dall'attività estrattiva;
- diminuzione del materiale alluvionale, già originariamente poco potente, che costituiva le barre fluviali;
- sviluppo dei processi erosivi in sedimenti coerenti che soggiacciono ai depositi alluvionali sciolti, i quali, a partire all'incirca da Candelo, sono costituiti da depositi a granulometria fine.

Le cave di inerti ubicate nel letto ordinario del corso d'acqua causano, in modo diretto, la diminuzione dei sedimenti alluvionali, se questi non sono ripristinati dal ripascimento naturale, un decremento della portata solida al fondo (MARAGA & MORTARA, 1981) ed una attivazione di intensi processi erosivi localizzati. Inoltre la rimozione dello strato stabilizzato del fondo alveo definito *pavé* da GOGUEL (1959), concorre a provocare fenomeni erosivi accelerati "irreversibili" come quelli descritti da PELLEGRINI & ZAROTTI (1975) per il T. Tiepido.

I processi di erosione si propagano a monte delle fosse di estrazione con un'onda di erosione regressiva che si estende per lunghi tratti del corso d'acqua secondo le modalità descritte da BRAGA (1985).

Lo sviluppo di questi processi attiva un canale di deflusso preferenziale che approfondendosi incide, in alcuni tratti, le rocce del substrato; i depositi ghiaiosi rimangono sospesi a lato del canale di deflusso. La nuova litologia, caratterizzata da differenti peculiarità geomeccaniche, facilita ulteriormente lo sviluppo dei processi erosivi del fondo, sicchè, proprio in corrispondenza dei tronchi con substrato affiorante, si hanno gli abbassamenti maggiori, con canali di deflusso

stretti ed incassati, molto stabili lateralmente poichè vincolati da rive molto incise costituite da rocce coerenti più o meno cementate. È ipotizzabile che le porzioni di alveo incise nelle rocce del substrato tendano ad aumentare, soprattutto nel tratto compreso fra Biella e Buronzo, dove lo spessore della coltre alluvionale è decisamente esiguo.

Le variazioni altimetriche dell'alveo, valutate confrontando i rilievi topografici delle sezioni trasversali misurate nel 1971 e nel 1986 e l'osservazione delle fotografie aeree dei voli eseguiti in epoche diverse mostrano come i processi di erosione accelerata siano connessi alla pratica delle escavazioni. Confrontando i rilievi effettuati nel 1971 e nel 1986, in corrispondenza della sezione 10 e della sezione 4, si osserva come il prelievo di inerti abbia profondamente mutato le caratteristiche dell'alveo: nel primo caso è stata completamente asportata un'isola vegetata, mentre nel secondo caso il letto del torrente è stato ampliato asportando grosse quantità di materiale in sponda destra per oltre 100 m (fig. 5a e 5b).

Nel volo del 1954 osserviamo l'instaurarsi dei primi processi erosivi a valle di Candelo e del ponte della strada per Mottalciata, dove è insediato il primo impianto estrattivo fisso. Successivamente all'alluvione del Novembre 1968 le fotografie aeree, scattate 18 giorni dopo l'evento, documentano l'esistenza di prelievi massicci lungo tutto l'alveo e di conseguenza l'inizio di estesi processi di incanalamento e abbassamento del fondo. Questa tendenza continua con un incremento sempre maggiore negli anni successivi documentata da voli del 1970 e del 1971. Il volo a colori del 1976 mostra, con un'evidenza che non lascia dubbi, la dimensione dei processi descritti legati all'esportazione pressochè totale delle ghiaie in alveo, e la contemporanea parallela crescita del grande rilevato in costruzione della S.S. 142, Biella-Laghi.

Fenomeni di erosione accelerata sono comuni nella maggior parte dei corsi d'acqua della pianura del Po; pur ammettendo cause generali di tipo idrologico consistenti in variazioni del regime pluviometrico e quindi delle piene (MARAGA F., 1983), risulta poco verosimile imputare abbassamenti così cospicui e veloci solo a questi fattori, senza considerare cause di natura antropica.

Per quel che riguarda il bacino del Torrente Cervo non è neppure ipotizzabile, contrariamente a quanto verificatosi in molti bacini dell'Appennino Emiliano-Romagnolo ed in alcuni bacini piemontesi, una forte riduzione degli apporti solidi da monte, conseguente alle grandi opere di bonifica idraulico-forestale. Ci troviamo infatti in presenza di bacini montani sostanzialmente stabili e ben vegetati, in cui non sono state realizzate

importanti opere destinate a regolare il deflusso delle acque superficiali.

Le impressionanti modificazioni plano-altimetriche subite dall'alveo del Torrente Cervo, soprattutto negli ultimi 30 anni, per almeno due terzi del suo percorso in pianura (tratto Biella-Buronzo), hanno avuto e continueranno ad avere ripercussioni estremamente gravi sulla statica delle difese fluviali e delle opere d'arte e sull'idrologia sotterranea.

Il passaggio da sezioni trasversali larghe e piatte moderatamente incise con presenza di ghiaie sul fondo, quindi caratterizzate da coefficienti di scabrezza molto elevati, a sezioni sempre più prossime a quelle ideali semicircolari, incise in materiali fini a pareti lisce, determina aumenti considerevoli delle velocità di deflusso delle acque; corrispondentemente a quelle zone in cui si hanno restringimenti della sezione di deflusso, in particolare in presenza di ponti o delle relative opere di difesa, a parità di deflussi integrali, si avranno, durante le piene, per esaltazione dei livelli idrometrici, maggiori e più frequenti fenomeni di esondazione.

Lungo l'alveo incanalato, l'aumentata velocità di deflusso consentirà alla massa d'acqua in movimento di raggiungere livelli di energia cinetica molto elevati, che verranno dissipati in intensi processi di erosione del fondo alveo o delle sponde, là dove non sono costituite dai sedimenti coerenti del substrato, con ripercussioni gravissime su tutte le opere di sistemazione fluviale e di attraversamento.

Lungo l'asta del Torrente Cervo sono osservabili numerose opere di attraversamento danneggiate da processi di sottoescavazione e molte delle arginature, collocate a difesa delle sponde negli ultimi anni, sono sospese sull'alveo attuale. Alcune opere di derivazione hanno avuto necessità di costosi interventi di consolidamento, altre sono state ricostruite più a monte, per recuperare il dislivello creatosi nell'abbassamento delle quote di fondo.

I ponti esistenti nel tratto in cui sono state misurate le sezioni hanno subito danni in diversi anni (fig. 1) e fra questi, quello della S.P. Giffenga-Buronzo e quello della S.P. Vigliano-Candelo sono stati distrutti rispettivamente nelle piene del Novembre 1968 e dell'Agosto 1978. Durante la ricostruzione di quest'ultimo, la successiva piena del Settembre 1981 riuscì, nel giro di pochi minuti, a sifonare la gigantesca briglia costruita a difesa del nuovo ponte.

L'abbassamento delle quote di fondo dell'alveo del Torrente Cervo ha determinato delle variazioni nel campo di moto delle acque sotterranee. Possiamo presumere che in passato, nei punti in cui l'alveo scorreva praticamente a livello della

pianura circostante esistessero scambi con la falda superficiale, correlati al regime delle piene. Attualmente i dati piezometrici rilevati (BETTIO, 1987) evidenziano un drenaggio molto forte lungo tutta l'asta torrentizia. Sono particolarmente evidenti sulle scarpate dell'alveo emergenze idriche soprattutto al contatto tra il materasso alluvionale e le rocce del substrato (fig. 7). La forte depressione della superficie piezometrica in vicinanza del corso d'acqua, porta ad ovvii problemi relativi all'emungimento di acqua, soprattutto nei pozzi domestici.

Si ha ragione di presumere che l'insieme dei fenomeni descritti si manifestino ancora per molto tempo estendendosi a quei tronchi d'alveo dove si era avuto uno sviluppo minore, provocando effetti indotti anche su tutta la rete idrografica maggiore.

Va inoltre considerato che le possibilità di ripascimento del corso d'acqua saranno ulteriormente ridotte, in quanto la inderogabile necessità di difendere i ponti e le opere di derivazione esistenti dai processi di scalzamento impone la costruzione di opere trasversali, che costituiscono vere e proprie trappole per i sedimenti trasportati.

La nuova morfologia assunta dall'alveo del Torrente Cervo in questi ultimi anni, le mutate condizioni di sviluppo dei processi di dinamica fluviale durante le piene e l'evoluzione nel tempo di questi fenomeni secondo il modello indicato, costituiscono gli elementi fondamentali di cui tener conto in futuro per tutti gli interventi che si vorranno eseguire lungo questo corso d'acqua.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AIMONE S. & FERRERO MORTARA E. (1983) - *Malacofaune plioceniche di Cossato e Candelo (Biellese, Italia NW)*. Boll. Mus. Reg. Sc. Nat., Torino, **1**, 279-328.
- BETTIO M. (1987) - *Idrogeologia ed idrogeochimica della pianura vercellese*. Tesi di laurea Dip. Sc. Terra, Torino, 64 pp.
- BEZOARI G., BRAGA G., GERVASONI S., LARCAN E. & PAOLETTI A. (1984) - *Effetto dell'estrazione di inerti sull'evoluzione dell'alveo del fiume Trebbia*. Mem. e St. Ist. Idr. e Costr. Idr. Politecn. Milano, n. 319, 20 pp.
- BRAGA G. (1985) - *Le cave in alveo e le relative influenze sulla dinamica fluviale*. Corso Agg. sui Piani di Bacino. Politecn. Milano - Ist. Idraul., 461-468.

- BRAGA G. & GERVASONI S. (1983) - *Evoluzione storica dell'alveo del fiume Po nel territorio Lodigiano-Piacentino; rischi idrogeologici connessi*. Atti Conv. "Il Suolo come risorsa", Piacenza, 60-69.
- BRAGA G., LARCAN E. & PAOLETTI A. (1982) - *Una metodologia per la valutazione della capacità di ripascimento naturale di alvei torrentizi sede di estrazione di inerti*. Idrotecnica, n. 6, 287-296.
- BRICE J.C. (1964) - *Channel Patterns and Terraces of the Loup Rivers in Nebraska*. In: Physiographic and hydraulic studies of Rivers (ed. Un. St. Gov. WASHINGTON), Geol. Surv. Prof. Paper, 422 D, 26-30.
- BRICE J.C. (1983) - *Planform properties of meandering rivers*, in "River meandering", Proc. Conference Rivers '83, ed. Elliott M., American Society of Civil Engineers, New York, 1983, 1-15.
- BUTERA L. (1980) - *Studio per la sistemazione idraulica di tratta del Torrente Cervo. Dal ponte stradale della Biella-Chiavazza alla briglia a valle del ponte lungo la Vigliano-Candelo - Relazione Preliminare*. Arch. Provincia Vercelli, 27 pp.
- BUTERA L. (1980) - *Studio per la sistemazione idraulica di tratta del Torrente Cervo. Dal ponte stradale della Biella-Chiavazza alla briglia a valle del ponte lungo la Vigliano-Candelo - Relazione*. Arch. Provincia Vercelli, 39 pp.
- CHURCH M. & JONES D. (1982) - *Channel bars in gravel-bed rivers*. In: Gravel-bed Rivers: Fluvial Processes, Engineering and Management (Ed. by R.E. Hey, J.C. Bathurst & C.R. Thorne) Wiley Chichester. John Wiley & Son, TORONTO, 291-338.
- ELMI C. & VAI G.C. (1975) - *Le attività estrattive nell'Appennino Bolognese e Romagnolo*. Atti Conv. "Cave ed assetto del territorio", Bologna; Reg. Emilia-Romagna, St. e Documentaz., 7, 11-123.
- GOGUEL J. (1959) - *Application de la Géologie aux travaux de l'Ingenieur*. Masson ed., Paris, 335-337.
- GOVI M. (1979) - *L'assetto geomorfologico nella valutazione dei rischi connessi ad eventi idrologici estremi*. Atti Sem. "La pianificazione di bacino", Genova, 6-38.
- ITALCONSULT (1969) - *Studi preliminari agli interventi di ricostruzione e sistemazione delle zone alluvionate in Provincia di Vercelli (evento del Novembre 1968)*. Min. LL. PP., Provv. Reg. OO. PP. per il Piemonte, 121 pp.
- KELLERHALS R., CHURCH M. & BRAY I. (1976) - *Classification and analysis of river processes*. J. Hydr. Div., 102, Hy7, 813-829.
- MAFFEO B. & MELLO RELLA P. (1982) - *Studio preliminare degli interventi di sistemazione dell'alto bacino del T. Cervo (evento del 22 settembre 1981)*. Arch. Com. Mont. Alta Valle del Cervo, 126 pp.
- MARAGA F. (1983) - *Morphologie fluviale et migration des Cours d'Eau dans la Haute Plain du Po (Italie, Partie Nord-Ouest)*. Geol. Jb., A 71, Hannover.
- MARAGA F. & MORTARA G. (1981) - *Le cave per inerti lungo i corsi d'acqua: rapporti con la dinamica fluviale*. Atti Conv. "La coltivazione di cave per inerti: attualità e prospettive", Ed. S.P.E., Torino, 45-55.
- MOLLARD J.D. (1973) - *Airphoto interpretation of fluvial features*, in "Fluvial processes and sedimentation", Proc. of Hydrology Symposium, Edmonton, 1973, 341-380.
- MORATTI L. & PELLEGRINI M. (1972) - *Caratteristiche delle alluvioni e dei dissesti verificatisi nei bacini dei fiumi Secchia e Panaro (Province di Modena e Reggio Emilia) nel settembre 1972*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 103, 133-195.
- PELLEGRINI M. (1978) - *Riflessi idrogeologici dell'attività estrattiva di materiali inerti in alveo ed extra-alveo nelle aree di conoide*. Atti Conv. "Attività estrattiva dei materiali inerti da costruzione; effetti sull'ambiente e risorse alternative", Caviago, 11-16.
- PELLEGRINI M. & ZAROTTI L. (1975) - *Un esempio di erosione accelerata in alveo: il Torrente Tiepido presso Maranello (Modena)*. Atti. Soc. Nat. e Mat. di Modena, 106.
- PELLEGRINI M., PEREGO S. & TAGLIAVINI S. (1979) - *La situazione morfologica negli alvei degli affluenti emiliani del Po*. Conv. di Idraulica Padana, Roma; Pubbl. n. 80 del Prog. Fin. Conservazione del suolo, Sottoprogramma Dinamica Fluviale, 1-9.

- REIS R. (1987) - *La diversione del fiume Cervo*, Boll. St. Verc., n. 2, 27-47.
- ROVERI E. (1965) - *Sul ciclo d'erosione rinnovatosi lungo i corsi d'acqua dell'Appennino Emilian*, Boll. Soc. Geol. It., **84**, 289-309.
- SERTEC S.p.A. (1976) - *Piano di bacino del Fiume Sesia - Relazione generale e tecnica*. Regione Piemonte, Assessorato alla Sistemazione Idrogeologica e Forestale, 222 pp.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1966) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F° 43 - Biella, II° Ed.*
- SORZANA P.F. & TROPEANO D. (1975) - *Ricerche sugli alvei torrentizi: metodologia di rilevamento*. L'Ateneo Parmense - Acta Nat., **11**, 691-710.
- TAGLIAVINI S. (1975) - *Aspetti e problemi geomorfologici connessi con l'attività estrattiva dell'Emilia Occidentale*. Atti Conv. "Cave ed assetto del territorio", Bologna, Reg. Emilia-Romagna, St. e Documentaz., **7**, 18 pp.



*Fig. 7* - Tratto di corso d'acqua in corrispondenza della sezione 9. Sulla destra della fotografia sono ben visibili i resti dei depositi alluvionali grossolani che costituivano l'alveo pluricursale, molto più ampio di quello attuale, alla fine degli anni '60 prima che il Torrente Cervo cominciasse a canalizzarsi nei depositi del substrato. Le emergenze idriche, visibili sulla scarpata del canale, testimoniano l'azione drenante del corso d'acqua nei confronti della falda superficiale ospitata nei depositi alluvionali.

---

---



*Fig. 8* - Particolare dell'alveo corrispondente alla sez. 6. È visibile il canale di deflusso principale incassato nelle rocce coerenti del substrato; si osservino i canali subparalleli a quello principale, profondi 2-3 metri, attivati solo in occasione delle piene. I depositi alluvionali ghiaiosi sono ormai completamente assenti ad eccezione di alcuni ciottoli intrappolati sul fondo delle buche.

---

---



*Fig. 9* - Il Torrente Cervo si configura, in questo tratto (sezione 9) come alveo unicursale, incassato nelle rocce sedimentarie del substrato. I resti vegetali abbandonati sulla sponda destra sottolineano con esattezza il livello di massima piena raggiunto nell'evento dell'Agosto 1987.

---

---



*Fig. 10* - Particolare del corso d'acqua a valle del ponte Vigliano-Candelo; si nota l'andamento sinuoso dell'alveo, con canale di deflusso unico e *point bars* costituite da ghiaie e ciottoli; questa immagine mostra con netta evidenza che il corso d'acqua è in fase di erosione attiva con processi di approfondimento del fondo alveo e di erosione della sponda. A sinistra della fotografia, sulla scarpata che limita il torrente, è ben visibile il contatto erosionale fra i depositi alluvionali del 1954 (grigi) che poggiano sui sedimenti del substrato (bruno-rossastri).

---

---