



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
PADOVA**

Facoltà di Scienze mm.ff.nn.

*Laurea Specialistica in Scienze della natura*

*Ricostruzione dell'evoluzione morfologica  
dell'alveo del Torrente Cellina negli ultimi  
200 anni mediante tecniche G.I.S.*

**Relatore:** Dott. Nicola Surian (Dip.di Geografia)

**Laureanda:** Lisa Mussio

*Anno Accademico 2007/2008*

# INDICE

<i>Capitolo 1.</i>	INTRODUZIONE	p. 3
<i>Capitolo 2.</i>	INQUADRAMENTO	p. 6
	2.1 <i>Inquadramento geografico</i>	p. 6
	2.2 <i>Inquadramento geologico</i>	p. 6
	2.2.1 <i>Il bacino montano</i>	p. 6
	2.2.2 <i>Il conoide</i>	p. 8
	2.3 <i>Inquadramento geomorfologico</i>	p. 8
	2.3.1 <i>Il bacino montano</i>	p. 8
	2.3.2 <i>La formazione del conoide</i>	p. 9
	2.4 <i>Caratteristiche idrografiche</i>	p. 9
	2.5 <i>Inquadramento del tratto di studio</i>	p. 12
<i>Capitolo 3.</i>	MATERIALI E METODI	p. 14
	3.1 <i>Analisi della cartografia storica e delle foto aeree mediante l'utilizzo di un Gis</i>	p. 14
	3.1.1 <i>Le metodologie</i>	p. 14
	3.1.2 <i>Cartografia e foto aeree utilizzate</i>	p. 15
	3.1.3 <i>La georeferenziazione</i>	p. 16
	3.1.4 <i>La digitalizzazione</i>	p. 18
	3.1.5 <i>L'elaborazione dei dati raccolti</i>	p. 19
	3.2 <i>Rilevamento geomorfologico dell'alveo</i>	p. 21
<i>Capitolo 4.</i>	RISULTANZE EMPIRICHE	p. 23
	4.1 <i>Variazioni della larghezza nel tratto A</i>	p. 23
	4.2 <i>Variazioni dell'area del conoide</i>	p. 25
	4.3 <i>Variazione della posizione del conoide</i>	p. 27

4.4 <i>Le variazioni della larghezza dell'alveo negli anni recenti (1999-2002)</i>	p. 29
<b>Capitolo 5. ANALISI DELLE CAUSE DELLE VARIAZIONI MORFOLOGICHE DEL TORRENTE CELLINA</b>	p. 31
5.1 <i>Una variabile significativa: gli eventi di piena come causa delle variazioni dell'alveo del Cellina</i>	p. 31
5.1.1 <i>Le piene del 1800</i>	p. 35
5.1.2 <i>Le piene del 1900</i>	p. 36
5.1.3 <i>Le piene del 2000 e 2002</i>	p. 39
5.2 <i>L'azione dell'uomo e la modifica dell'alveo del Cellina</i>	p. 41
5.2.1 <i>Il posizionamento di deflettori di corrente (pennelli)</i>	p. 41
5.2.2 <i>Il prelievo di ghiaia</i>	p. 43
5.2.3 <i>Gli sbarramenti a monte</i>	p. 44
5.3 <i>Considerazioni conclusive sulle cause, naturali ed antropiche, delle variazioni morfologiche</i>	p. 48
<b>Capitolo 6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI</b>	p. 49
6.1 <i>Le variazioni della larghezza nel tratto A</i>	p. 49
6.2 <i>Le variazioni dell'area e della posizione del conoide</i>	p. 50
6.3 <i>Dinamica attuale dell'alveo</i>	p. 51
6.4 <i>L'evoluzione del torrente Cellina a confronto con altri corsi d'acqua italiani</i>	p. 52
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	p. 54

# 1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito di una serie di ricerche, a carattere nazionale, che hanno come fine l'analisi delle variazioni recenti ed attuali degli alvei fluviali, variazioni generalmente indotte da vari interventi antropici (Surian e Rinaldi, 2003 e 2004). Nelle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia, sono già state svolte ricerche analoghe alla presente, relative agli alvei del tratto di pianura del fiume Brenta, del fiume Piave, e del fiume Tagliamento (Surian, 2006). Questo studio riguarderà un sub affluente del fiume Livenza, il torrente Cellina.

Come è noto, in queste ricerche si assume gli inizi del XIX secolo – vale a dire il momento storico nel quale la cartografia compie un decisivo salto di qualità – come punto di partenza, e segue l'evoluzione degli alvei per un arco di tempo bisecolare, sino ai giorni nostri.

Si sarà osservato che soltanto per il Cellina non si è usato, nella elencazione sopra fatta, la denominazione di “fiume”. In effetti, questo corso d'acqua di circa 58 km di lunghezza, che nasce nel monte Gialina (nelle Prealpi Carniche) a circa 1600 m slm, e sfocia nel fiume Meduna nei pressi di Vivaro (Pordenone), non rientra nella definizione di “fiume”, ma viene sovente definito nella letteratura geografica e anche nelle fonti cartografiche “torrente” per l'irregolarità della sua portata<sup>1</sup>. Tale irregolarità è dovuta alla particolarità del suolo in questa area, questa condizione è stata inoltre incrementata con la costruzione di una diga agli inizi del secolo scorso (con due successivi rifacimenti in luoghi diversi e in parte con obiettivi diversi: di produzione di energia idroelettrica nei primi due casi, di regimazione del corso d'acqua, per ciò che riguarda la terza diga, attualmente ancora in costruzione). Si tratta dunque di una vicenda particolarmente tormentata e ricca di variazioni.

Il lavoro ha riguardato l'intero corso pianeggiante del torrente Cellina, per circa 20 km, dalla stretta di Ravedis sino alla confluenza nel fiume Meduna.

La struttura della ricerca segue gli standard consueti per questo tipo di indagini. Si fornirà inizialmente un inquadramento geografico, geomorfologico, geologico e idrografico (cap. 2); seguirà la descrizione dei dati empirici acquisiti e delle

---

<sup>1</sup> Per indicare il Cellina si userà d'ora in poi, nel corso del presente lavoro, la forma “torrente”.

metodologie adottate (cap. 3), e l'analisi delle variazioni dell'alveo (cap. 4). Nel cap. 5 si tenterà di individuare i nessi causali che hanno portato a tali variazioni, e infine il cap. 6 ospiterà le conclusioni.



*Fig. 1.1 Foto da satellite del T. Cellina e del T. Meduna in pianura.*

## **2. INQUADRAMENTO**

### *2.1 Inquadramento geografico*

Il torrente Cellina nasce sul monte Gialina (mt. 1634) e scorre attraverso le prealpi Carniche in direzione sud percorrendo l'ampio Vallone di Gere fino a Piano di Cea, qui la valle si piega bruscamente verso ovest diventando la Valle Cellina di Claut o Valle Clautana (Comel 1956). Arrivato a Porto di Pinedo, muta nuovamente la sua direzione piegando verso sud-est ed entrando in una stretta valle fino a Barcis dove diventa immissario del lago, che ricordo essere un bacino di origine antropica. Oltrepassata la diga il torrente scorre in una forra che termina con la stretta di Ravedis, dove è attualmente in costruzione una nuova diga. Passata la stretta il torrente entra nell'alta pianura all'altezza di Montereale Valcellina, proseguendo il suo corso incassato in un largo solco di terrazzamento all'incirca per 15 km. Si espande poi sull'ampia conoide e prosegue la sua corsa fino alla confluenza con il fiume Meduna, di cui è affluente di destra, all'altezza di Vivaro.

Il torrente si sviluppa per una lunghezza complessiva di 58 km e presenta particolari caratteristiche dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrografico e idrologico, che svilupperemo qui di seguito.

### *2.2 Inquadramento geologico*

#### *2.2.1 Il bacino montano*

Il bacino montano del torrente Cellina è costituito principalmente da rocce di tipo calcareo-dolomitico. Le passeremo in rassegna secondo la cronologia geologica, dalle rocce più antiche a quelle più recenti, rinviando alla carta topografica per una ubicazione precisa.

Sono scarsamente presenti le rocce arenaceo-marnose terziarie (Cenozoico) e completamente assenti le rocce vulcaniche e dell'era Paleozoica. Le rocce più antiche ritrovate nel bacino risalgono dunque all'era Mesozoica, più

precisamente al Triassico e sono situate nella Valle Settimana. Si tratta di calcari sottilmente stratificati, talvolta bituminosi, con noduli di selce più o meno bruna. Questa formazione è sormontata da un'altra, sempre del periodo Triassico, che interessa la maggior parte del bacino, la potente formazione della Dolomia Principale. Questa roccia calcarea ha colore chiaro, grana da minuta a saccaroide e stratificazione assente o molto irregolare. All'interno di questa potente formazione è possibile distinguere un livello di tipica "Dolomia del Norico", una dolomia a stratificazione poco distinta e piuttosto friabile. Vi è poi un livello di calcari dolomitici compatti e ben stratificati attribuibili al medesimo periodo (Zenari, 1927).

Del periodo mesozoico medio abbiamo rocce calcaree sottilmente stratificate, compatte, grigio-nerastre con noduli e liste di selce prevalentemente nera spettanti al periodo Giurassico inferiore, Lias. Attribuiti invece al Giurassico medio sono dei calcari oolitici molto compatti, di colore bianco-grigiastro a grana varia, caratterizzati da ovuli generalmente di modesta dimensione (mm di diametro), ma che possono raggiungere anche il centimetro. Questa formazione può raggiungere una potenza anche di 300 metri.

Al di sopra dello strato di calcari oolitici si è constatata la presenza di calcari con noduli di selce con colori dal grigio al rossastro, e di un'altra a calcari rossi nodulari: entrambe queste formazioni sono ancora attribuite al Giurassico. Del Cretaceo inferiore e medio è accertata la presenza dei calcari bianchi con venature giallognolo-verdastre a grana finissima e con frattura concoide, che presentano al loro interno noduli selciferi. Il Cretaceo superiore è rappresentato da tre diverse formazioni rocciose: nella parte inferiore del bacino è presente una potente pila di calcari a Rudiste che si presentano di colore bianco-grigiastro, più o meno compatti e ben stratificati; nella parte superiore del bacino invece si trovano in successione il Biancone e la Scaglia Rossa, una roccia marnosa facilmente sfaldabile in sottili lamine e tendenzialmente di colore rosso mattone.

A queste formazioni seguono quelle marnoso-arenacee del Cenozoico, che come ho accennato sono però scarsamente presenti in questo bacino montano.



### 2.2.2 Il conoide

Il conoide del Torrente Cellina, che si sviluppa al limite tra le prealpi pordenonensi e la pianura prospiciente il mare adriatico (Avigliano et al., 2002), è costituito da depositi prequaternari che sono stati coperti, nel corso del tempo, da depositi alluvionali del quaternario. Lo spessore di questi depositi alluvionali in alcuni punti può essere anche di qualche centinaio di metri. Questi depositi sono costituiti principalmente da ghiaie e ciottoli con una litologia prevalentemente calcareo-dolomitica che riflette quindi quella delle rocce affioranti nel bacino montano del Cellina, come precedentemente visto.

## 2.3 Inquadramento geomorfologico

### 2.3.1 Il bacino montano

Nel bacino montano del torrente Cellina si ritrovano diverse morfologie del territorio: da quelle di origine glaciale, a quelle fluviali e di deposizione alluvionale.

- La conformazione ad U dei solchi vallivi, la presenza di rocce levigate e arrotondate, e alcuni depositi morenici sono esiti evidenti di una fase glaciale, che si sviluppò nel periodo quaternario. Gli studiosi sono concordi nel ritenere che questo ghiacciaio possa aver raggiunto dimensioni ragguardevoli: già nel 1875 il Taramelli affermava che nella fase di maggiore espansione, il ghiacciaio del bacino montano del torrente Cellina si era espanso nella pianura sino a raggiungere il mare (Comel, 1956).
- Alle forme tipicamente glaciali si affiancano forme tipiche fluviali di un corso d'acqua allo *stadio di giovinezza* (Strahler; 1984) il cui alveo (interamente occupato, nel fondo, dalle acque correnti) è caratterizzato da ripide pareti e valli con sezione trasversale a V. Esempio caratteristico di questa morfologia è il grande canyon che si trova nella Riserva Naturale Regionale della Forra del Cellina (appartenente al Parco Naturale delle Dolomiti Friulane) e interessa parte dei territori

dei comuni di Andreis, Barcis e Montereale Valcellina. La verticalità delle pareti e gli imponenti fenomeni di erosione fluviale lo configurano come il maggiore episodio di erosione fluviale nell'intero territorio regionale e senz'altro uno dei più spettacolari d'Italia.

- Un'altra forma morfologica presente non è di tipo erosivo, ma deposizionale. Ne abbiamo un esempio nel Vallone di Gere, una larga valle tipicamente glaciale dove l'alveo è, però, interamente riempito da depositi alluvionali del quaternario.

### *2.3.2 La formazione del conoide*

Nella fase postglaciale con la fusione del ghiacciaio si scaricarono nell'alta pianura enormi quantità di materiale sia liquido che solido che portarono alla costruzione di un cono alluvionale, in conseguenza del continuo e ripetuto cambiamento di direzione del corso del torrente. Il risultato è un cono di notevole estensione, regolare, con una forte pendenza, circa del 1,4%, (Comel, 1956). Esso presenta, come tutte le formazioni analoghe, una distribuzione granulometrica tipica e regolare: all'apice si trovano le ghiaie e i materiali più grossolani e verso la cosiddetta unghia del conoide, quindi verso la bassa pianura, i materiali più fini (sabbie limi e argille).

A questa fase di deposizione, con conseguente formazione della conoide, ne seguì una di erosione. In questa seconda fase l'acqua generò un solco di circa un chilometro di larghezza che si va sempre più approfondendo raggiungendo, all'apice della conoide, uno spessore di quasi 40 metri. Scendendo verso valle lo spessore di questo solco diminuisce progressivamente fino ad estinguersi nel punto in cui l'alveo del torrente si mette a livello con la pianura circostante. Qui si apre a ventaglio sviluppando, nella conoide di origine quaternaria, un'altro piccolo conoide lungo circa 10 km tra Vivaro e Cordenons.

## *2.4 Caratteristiche idrografiche*

Il bacino idrografico montano del torrente Cellina è il più occidentale dei bacini alpini del Friuli Venezia Giulia e ha un'estensione di 446 kmq. Esso confina a SW

con il Cansiglio e l'Alpago, a W e NW con il bacino del Piave, a NE con il bacino dell'Alto Tagliamento, a E con i bacini del Meduna e del Colvera e a SE con la pianura friulana (Zenari 1926).

Lungo lo spartiacque del bacino idrografico del torrente Cellina si incontrano alcune tra le più importanti vette delle Prealpi Carniche come Monte Cavallo (2250 m.), Cima Duranno (2652m.), Cima Monfalcone (2703m.), Monte Pramaggiore (2479m.), Monte Dosoip (2062m.) e Monte Raut (2026m.).

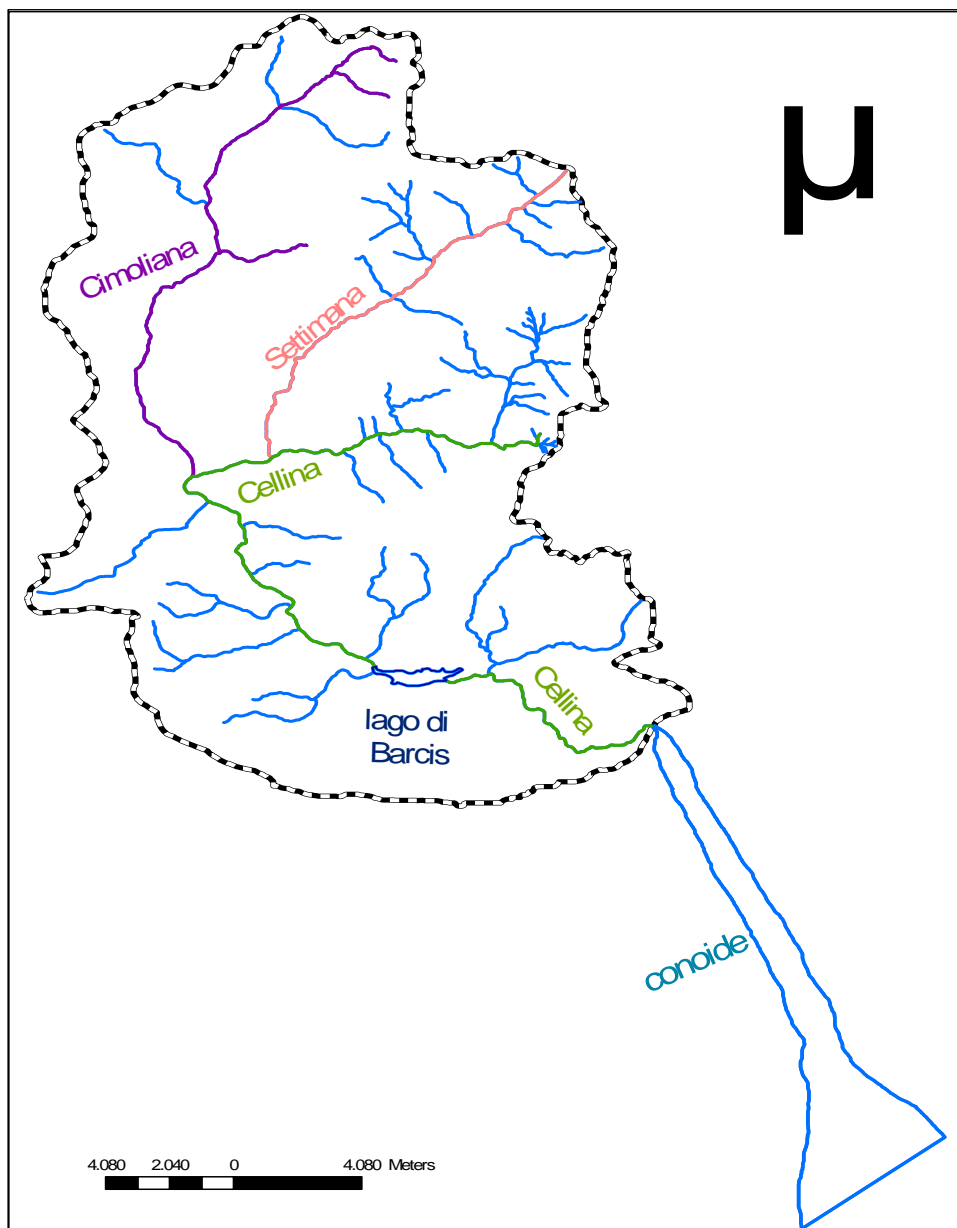


Fig. 2.4.1 Schematizzazione del reticolo idrografico del T. Cellina.

Il bacino montano del torrente Cellina è solcato a nord da tre grandi valli.

Si tratta, procedendo da est verso ovest, della Valle Cellina, della Valle Settimana e della Valle Cimoliana. Solamente la prima presenta acqua superficiale per tutto l'arco dell'anno; le altre due hanno spesso l'alveo completamente asciutto. Per questo motivo la valle Cellina è stata considerata la naturale prosecuzione della valle principale, anche se in realtà da un punto di vista geologico la naturale continuazione sarebbe dovuta essere la valle Settimana e da un punto di vista geografico la valle Cimoliana (Comel 1956).

La valle Cellina nella parte più settentrionale, come già accennato in precedenza, è divisa in due tratti: il Vallone di Gere e la Valle Clautana. Nel primo tratto del vallone di Gere l'acqua, proveniente da tre distinti rami, scorre superficialmente e impetuosamente. Nel secondo tratto, invece, scorre sotterranea in una larga valle tipicamente glaciale, fortemente sovralluvionata. L'acqua riemerge nella Valle Clautana, una valle stretta e priva di alluvioni, dove l'acqua scorre abbondante sulla roccia in posto.

Lasciata la Valle Cellina di Claut, ci si immette nella Valle Cellina di Barcis, che va da Porto di Pinedo fino alla stretta di Ravedis. In questo tratto il torrente emerge a causa di particolari condizioni locali e scorre in una stretta valle molto sinuosa. Qui abbiamo, inoltre, l'immissione nel torrente Cellina di numerosi e importanti affluenti. Tra i maggiori affluenti di destra ricordiamo il torrente Presquidin, il torrente Pentina e il torrente Caltea; riguardo a quelli di sinistra citiamo il torrente Varma e il torrente Molassa, l'affluente più rilevante in questo tratto di bacino.

La separazione tra il bacino montano e l'alta pianura è costituita dalla stretta di Ravedis, a valle della quale, il Cellina si trova a scorrere su una conoide alluvionale. Qui non è presente una rete idrografica superficiale in quanto la totalità delle acque meteoriche viene assorbita dal terreno. L'acqua scorre così nel sottosuolo fino all'unghia della conoide dove fuoriesce, in corrispondenza della cosiddetta zona delle risorgive.

Il torrente Cellina conclude la sua corsa immettendosi nel fiume Meduna come suo affluente destro all'altezza del paese di Vivaro.

## 2.5 Inquadramento del tratto di studio

Il lavoro che qui si presenta si è concentrato unicamente sul tratto di pianura del torrente Cellina, dallo sbocco all'altezza della stretta di Ravedis (302 m slm) fino alla confluenza con il fiume Meduna (90 m slm).

In questo tratto, che scorre totalmente sulla conoide della quale si è trattato nel paragrafo precedente, il torrente presenta una morfologia dell'alveo caratterizzata da più canali che separano barre attive: un alveo dunque a canali intrecciati. Dal punto di vista altimetrico si tratta di un letto piano (*plane bed*), ovvero un alveo con un profilo longitudinale regolare e senza brusche variazioni, la cui pendenza media è pari al 1,2 %; è costituito prevalentemente da sedimenti di tipo ghiaioso o ciottoloso. Non sono stati riscontrati controlli di fondo, (corazzamento, substrato roccioso, opere antropiche) cioè situazioni che possano in qualche modo controllare e condizionare l'evoluzione altimetrica dell'alveo.

Lungo questo tratto del corso del torrente si riscontrano diverse opere di origine antropica. La presenza maggiore è costituita dai *pennelli*: tale il termine è usato nelle fonti storiche, a partire dall'età veneziana, ma la terminologia moderna preferisce definirli deflettori di corrente. Si tratta di strutture poste in alveo obliquamente all'andamento della corrente, che hanno lo scopo di regolare il flusso dell'acqua e conseguentemente di restringere la larghezza dell'alveo. Altre opere di rilevante impatto sono ovviamente gli argini, in particolare nella parte più vicina alla confluenza con il fiume Meduna.

Il torrente Cellina è inoltre caratterizzato attualmente da un'abbondante vegetazione riparia. Lungo le sponde troviamo infatti una buona presenza di alberi, arbusti ed erba; poco presenti invece detriti legnosi, singoli tronchi o i cosiddetti *jam*, accumuli di legni. Per quanto riguarda la vegetazione dell'alveo dobbiamo invece distinguere tra una parte più settentrionale, che si presenta ricca sia in vegetazione viva, erba e arbusti, che in detriti legnosi, in particolare *jam*; e una parte più meridionale, verso la confluenza, nella quale la vegetazione viva, se si escludono le isole, è assente, ma è compensata dalla abbondanza di detriti legnosi, sia come singoli legni che come accumuli.



*Fig. 2.5.1 Tratto del torrente a monte all'altezza del Ponte Giulio. Da notare l'abbondanza di vegetazione sia in alveo che riparia .*



*Fig. 2.5.2 Tratto del torrente a valle. Il ponte raffigurato è il Ponte Nuovo. Da notare l'assenza di vegetazione e la presenza di detriti legnosi*

### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1 *Analisi della cartografia storica e delle foto aeree mediante l'utilizzo di un GIS*

##### 3.1.1 *Le metodologie*

Per studiare le variazioni morfologiche di un alveo, sia per avere un quadro sull'instabilità presente che per valutare le possibili tendenze evolutive future si possono utilizzare diversi metodi, nessuno dei quali è evidentemente autosufficiente. Nelle diverse specifiche ricerche occorrerà dunque incrociare diverse metodologie, allo scopo di acquisire il maggior numero possibile di informazioni criticamente vagliate e attendibili. La ricerca geomorfologica recente ha esposto più volte queste metodologie; le richiamiamo sinteticamente qui di seguito, sulla scorta di Rinaldi, Surian 2005.

- *Ricerca storica.* Si tratta di una operazione preliminare mirata al reperimento e alla valutazione di carte storiche, dipinti, foto d'epoca utili a definire le caratteristiche planimetriche del fiume nelle condizioni di minor incidenza antropica possibile, e ad individuare e datare paleoalvei.
- *Confronto di cartografie e foto aeree.* Conseguente alla precedente, questa operazione ha l'obiettivo di definire i tratti in cui l'alveo ha cambiato il suo tracciato, così da permettere di conoscere il tipo di aggiustamento planimetrico, l'eventuale variazione della morfologia dell'alveo e la misurazione delle variazioni morfologiche.
- *Confronto di profili longitudinali.* È importante per individuare i tratti interessati da erosione o sedimentazione e l'entità delle variazioni di quota del fondo.
- *Confronto di sezioni trasversali.* Serve per misurare le variazioni di forma e dimensione della sezione e per stimare le differenze di volumi dei sedimenti in alveo.
- *Specific gage analysis.* Sfrutta le variazioni di livello idrometrico nel tempo, consentendo di ricostruire variazioni del fondo o della sezione.

- *Andamento temporale della quota del fondo.* Vengono utilizzate delle equazioni empiriche che servono a descrivere l'evoluzione spazio temporale del sistema fluviale.

Nella presente ricerca si è proceduto, per il tratto di 20 km sopra indicato (dalla stretta di Ravedis alla confluenza nel Meduna), soltanto alle due prime operazioni. Si sono dunque individuate alcune carte storiche, e si è successivamente proceduto a confrontarle con le foto aeree (eseguite nel 1997, 1999 e 2002 dall'«Autorità di bacino dei fiumi dell'alto Adriatico»).

### 3.1.2 *Cartografia e foto aeree utilizzate*

Si è assunto come punto di partenza per la cartografia storica l'anno 1805. Dopo la firma del trattato di Campoformio (1797) che sancì la cessione dei domini veneziani all'impero asburgico, lo stato maggiore dell'esercito chiese di realizzare un'operazione di rilevamento topografico su vasta scala, affidato alla direzione del generale Anton von Zach. Il dominio ex-veneziano da sinistra Adige fino ai confini friulani con l'Impero fu percorso dai topografi che tradussero le loro rilevazioni in 120 tavole disegnate a penna e acquerellate, dando forma alla *Carta militare topografico-geometrica del ducato di Venezia*. Essendo stata eseguita per fini militari, la carta è dettagliatissima<sup>2</sup>.

Pur restando questo il punto di partenza della presente indagine, non è fuori luogo segnalare qui che è lecito ritenere che un'indagine accurata consentirebbe di reperire raffigurazioni cartografiche sufficientemente accurate da costituire un punto di riferimento anche precedentemente agli inizi del XIX secolo. Ad esempio, una carta settecentesca edita in un volume di storia del paesaggio agrario friulano (Bianco, 1994) raffigura con estrema precisione il tratto del corso del torrente Cellina immediatamente a valle della stretta di Ravedis.

Elenchiamo qui di seguito le rappresentazioni cartografiche ottocentesche e novecentesche e le aerofotografie tenute presente in questa ricerca. Si tratta in totale di 9 rilevamenti, due del XIX secolo e sei del XX secolo (alle quali è da

---

<sup>2</sup> Cfr. al riguardo Rossi 2007.



aggiungere un decimo rilievo, del 2002) una serie di dati particolarmente fitta, che consente di accertare con precisione le modificazioni della morfologia dell'alveo.

Cartografia:

Anno 1805 scala 1:28800

Anno 1833 scala 1:86400

Anno 1894 scala 1:25000

Anno 1910 scala 1:25000

Anno 1948 scala 1:25000

Anno 1957 scala 1:25000

Anno 1986 scala 1:5000

Foto aeree:

Anno 1997 scala 1:17000

Anno 1999 scala 1:17000

Anno 2002 scala 1:16000

In realtà esistono foto aeree antecedenti a quelle da me utilizzate, del 1954, ma purtroppo non coprendo l'intero tratto oggetto di questo studio non è possibile utilizzarle per l'analisi dell'alveo, ma unicamente per un confronto e un completamento nell'analisi della cartografia del 1957.

Tutto il materiale cartografico è stato reperito presso il Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova mentre le foto aeree all'Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico (Venezia) in formato cartaceo. Una volta acquisita tutta la cartografia e le foto necessarie si è dovuto procedere con la scansione, ovvero la formazione di un file raster.

La risoluzione utilizzata è stata elevata (600dpi): ovviamente, maggiore è la risoluzione, migliore è il dettaglio e quindi viene minimizzata la perdita di dati. Le immagini scansionate sono state salvate in formato TIF in apposite cartelle.

### 3.1.3 *La georeferenziazione*

L'operazione successiva è stata la georeferenziazione. Questa procedura consiste in primis in una "rototraslazione con modificazione di scala" (B.Bertani; G.Biotto; 2004) a cui segue, con lo scopo di ridurre l'entità dell'errore, una distorsione

dell'immagine mediante trasformazione polinomiale; si approfondirà meglio questo punto più avanti nel testo. Tutto ciò permette di orientare la nostra carta o foto in un piano, ovvero di inserirla all'interno di un sistema di coordinate e di renderla il più possibile rispondente alla realtà. Come cartografia di riferimento abbiamo usato la Carta Tecnica Regionale (CTR) scala 1:5000 già digitalizzata e georeferenziata reperita all'Autorità di Bacino. La cartografia di riferimento serve per collocare i punti di una carta storica o di una foto aerea in una giusta posizione nello spazio.

Prima di procedere alla georeferenziazione abbiamo dovuto caricare nel software ArcGis 9.0 sia la cartografia storica sia le foto aeree, precedentemente convertite da TIF a ECW così da avere file meno pesanti pur mantenendo l'ottima risoluzione.

Il passaggio successivo prevede il reperimento di punti di controllo (control point) sulla carta o sulla foto aerea corrispondenti con punti nella cartografia di riferimento, nel nostro specifico caso le CTR. La scelta dei punti di controllo non deve essere casuale, ma seguire un preciso metodo al fine di ottenere una buona georeferenziazione del documento originale.

I control point risultano utili ai fini del lavoro se rispondono a determinate caratteristiche:

- Devono essere concentrati attorno alla zona di nostro interesse, nel nostro caso l'alveo.
- Devono essere distribuiti nel modo più omogeneo possibile.
- Devono essere in numero adeguato, all'incirca 20 o 30.
- Devono essere degli HARD POINTS, ovvero punti rigidi, ovvero tendenzialmente immobili, come chiese, incroci di strade o ponti.

La georeferenziazione presenta delle difficoltà che aumentano nelle carte più datate a causa di cambiamenti radicali nel tempo, con conseguente mancanza di HARD POINT. Dunque il suo significato è tanto più alto, ma anche tanto più incerto, quanto più sono antiche le carte.

La georeferenziazione, anche se molto accurata, presenta sempre un errore o per meglio dire un'incertezza, come qualsiasi misura empirica. Questo è dovuto non solo ai margini di fallibilità delle procedure ora esposte, ma anche al fatto che le carte, in quanto interpretazioni, possono avere degli errori in fase di stesura.

Nelle foto aeree l'errore che si rileva è molto basso (all'incirca 2-4 metri) , mentre nella cartografia, soprattutto quella storica, aumenta notevolmente raggiungendo i 20-25 metri.

Le immagini georeferenziate in ArcGis vengono poi salvate con un ordine di trasformazione polinomiale che serve a correggere sia gli errori dovuti alla sfericità della terra che quelli dovuti alle distorsioni della rappresentazione topografica o della aerofoto. La trasformazione può essere di primo, di secondo o di terzo grado ovvero rispettivamente una trasformazione lineare, quadratica o cubica (Hughes et al; 2005). La maggior parte del mio materiale ha trasformazioni polinomiali di terzo grado. Le tabelle con gli errori e la trasformazione polinomiale scelta vengono poi salvate, in queste tabelle è presente sia l'errore di ogni singolo punto che l'errore medio (RMSE).

#### 3.1.4 *La digitalizzazione*

La digitalizzazione è la fase successiva alla georeferenziazione.

La prima operazione necessaria in funzione della digitalizzazione è la creazione di uno shapefile, un formato vettoriale di registrazione di identità geometriche e delle loro informazioni associate che non supporta la registrazione di informazioni topologiche. Gli *shapefiles* registrano semplicemente dati geometrici "Primitivi": Punti, Linee e Poligoni. Queste primitive, dette "Features" devono essere associate a degli attributi che specificano cosa queste primitive rappresentano. La scelta tra uno di questi tre tipi è dettata solamente da esigenze di studio, in funzione degli obiettivi che la ricerca si propone. Gli *shapefile* vengono creati in un programma denominato in ArcCatalog e ad ognuno si deve assegnare un nome identificativo. Una volta creati tutti gli *shapefile* necessari si procede all'importazione in ArcGis e si comincia a digitalizzare.

La digitalizzazione consiste nel "disegnare" punti, linee, poligoni, individuando dalle varie carte topografiche o foto aeree gli elementi interessanti per la ricerca (limiti dell'alveo attivo, opere antropiche, isole, ecc.).

Nella fase di digitalizzazione, la presente ricerca ha incontrato le difficoltà prevedibili, in questi casi, con le carte storiche e con le foto aeree. Con la prima tipologia di fonti i difetti che hanno inciso di più sono state la imprecisione del

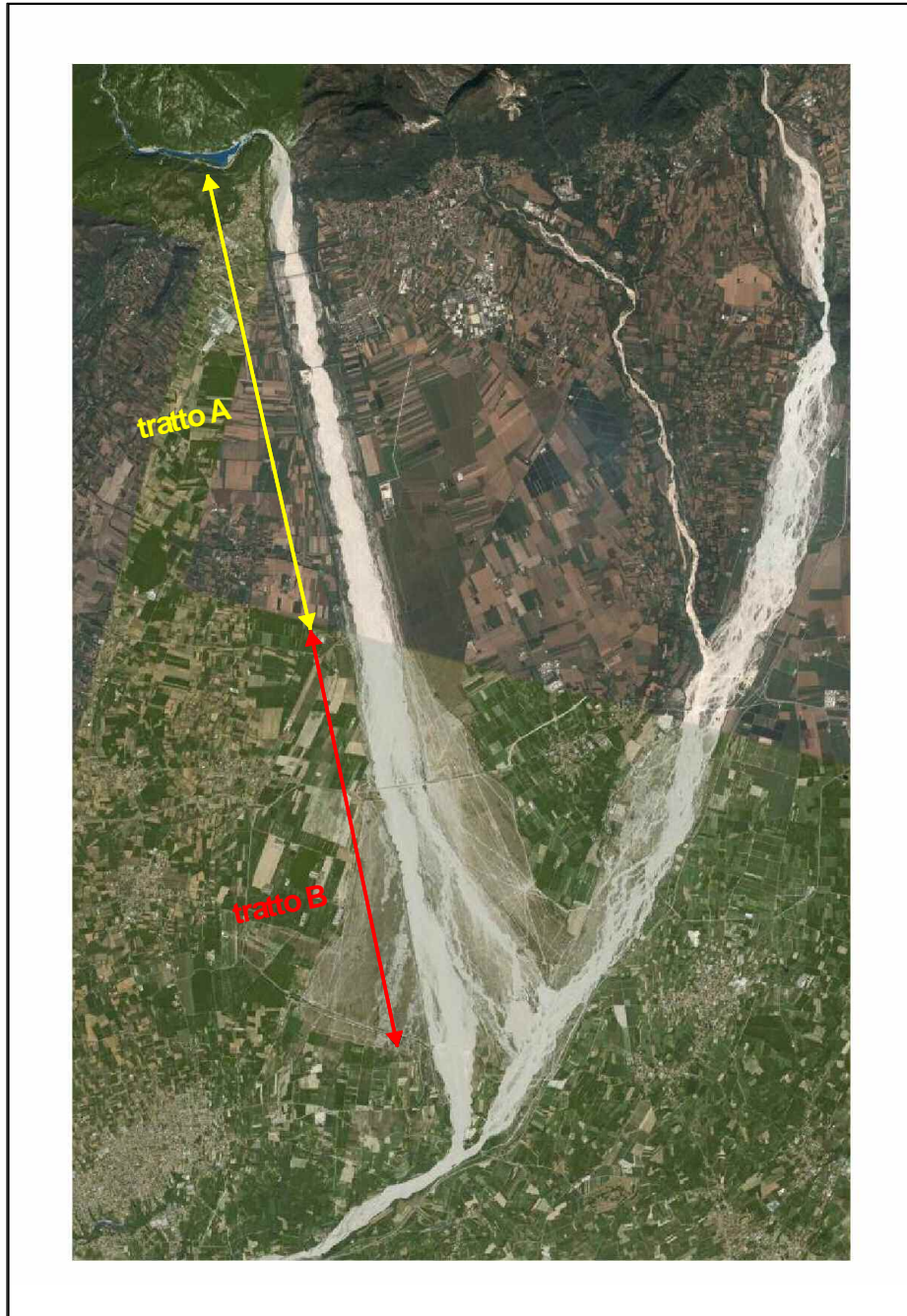
disegno e la imperfetta continuità tra una carta e l'altra. Quanto alle foto aeree, non sempre è stato facile distinguere le zone in via di disattivazione da quelle ancora attive in particolare nella parte più meridionale della conoide. D'altronde, solo l'utilizzo di questo pur imperfetto materiale consente di conferire, con consapevole approssimazione, profondità cronologica alla ricerca.

### 3.1.5 *L'elaborazione dei dati raccolti*

In sede di elaborazione dei dati raccolti, la prima indispensabile operazione è stata quella di creare un alveo unico di riferimento. Lo si è fatto sovrapponendo in modo virtuale, sullo schermo del PC, tutti gli alvei e creando un unico grande alveo che li rappresentasse tutti, l'abbiamo chiamato "alveo\_unico". Questo "alveo\_unico" ha consentito di tracciare in posizione intermedia un asse detto "asse\_unico" comune a tutti gli alvei. Inizialmente, quest' asse è stato tracciato manualmente in ArcGis; successivamente si è proceduto a modificarlo e migliorarlo mediante la procedura di *smoothing* con tolleranza di 200 m.. Lo *smoothing* è un processo di smussamento e linearizzazione, che genera un asse mediano più semplice e regolare.

La successiva operazione è stata la delimitazione a monte e a valle della parte di alveo da studiare, in modo tale che l'intera analisi fosse svolta per ogni anno su tratti che presentano la medesima lunghezza. Come si è detto ripetutamente, il limite a monte è stato scelto coincidente al Ponte di Ravedis, ovvero allo sbocco nell'alta pianura friulana del torrente Cellina. Per indicare più finemente il limite a valle (la confluenza con il fiume Meduna, come si è detto in sede di premessa), abbiamo prudenzialmente considerato l'anno in cui il punto di confluenza risultava, nella documentazione in nostro possesso, in assoluto più a monte (1957): una scelta questa che consente di aver certezza di non inglobare parte del fiume Meduna nell' analisi. Per poter tracciare la linea di delimitazione dell'alveo a valle, era tuttavia indispensabile disporre di un altro punto. A tale scopo si è utilizzato l' "asse\_unico", prendendo in considerazione il punto sull'asse che fosse alla minore distanza possibile dal punto di confluenza scelto. Dato che per due punti passa sempre una e una sola retta, abbiamo potuto tracciare finalmente il limite a valle. Una volta delimitato a monte e a valle il

tratto è stato ulteriormente suddiviso. I due tratti (A e B) che ne derivano hanno circa la stessa lunghezza; questa divisione si è resa necessaria in quanto il fiume presenta – come si evince dalla descrizione geomorfologica svolta in precedenza – un'area a nord incassata e abbastanza omogenea e un'area a sud, coincidente con l'apertura del ventaglio della conoide, più diversificata.



*Fig. 3.1.5.1 I due tratti in cui è stato diviso il torrente Cellina. Il tratto A corrisponde alla parte incassata tra due terrazzi, infatti mostra una forma abbastanza regolare. Il tratto B corrisponde alla conoide, in questa riproduzione ben visibile.*

### *3.2 Rilevamento geomorfologico dell'alveo*

L'analisi in campo è un'attività complementare al lavoro con ArcGis, e serve ad avere un quadro completo delle caratteristiche del fiume. Le uscite sono state circa una decina e durante ogni uscita è stato analizzato un tratto dell'alveo in esame.

La ricognizione in campo è stata preceduta dallo studio delle foto aeree, necessario per poter scegliere i tratti più adeguati all'obiettivo scientifico.

I tratti analizzati sono stati cinque; la loro scelta è stata motivata da diversi fattori:

- la ricerca di tratti il più possibile omogenei.
- l'effettiva accessibilità al tratto.
- l'equidistanza tra i vari tratti.
- la presenza di indicatori di campo (presenza di terrazzi, pile dei ponti esposte, dislivelli tra superfici omologhe, ecc.) per una migliore valutazione delle variazioni morfologiche e delle tendenze evolutive.

Concluso lo studio delle immagini aeree, si è proceduto alla ricognizione in campo.

La "scheda di rilevamento geomorfologico", derivante dalla semplificazione della scheda proposta da Thorne (1998) e riadattata per essere meglio applicata alla diversa morfologia dei fiumi italiani, è molto utile in campo. La scheda permette di classificare il corso d'acqua e valutare le condizioni di instabilità, serve inoltre come linea guida per non omettere dati importanti e per incentivare l'osservazione e la valutazione accurata.

La scheda è divisa in diverse parti: la prima di esse si riferisce alle osservazioni in campo, e comprende diverse sezioni: generalità; caratteristiche morfologiche generali; schema morfologico e planimetrico del tratto; identificazione delle superfici e schema della sezione topografica; analisi delle dimensioni dell'alveo; osservazioni sulle sponde; analisi della vegetazione; ubicazione delle opere antropiche.

A questa prima parte ne seguono altre due che trattano le variazioni morfologiche e le tendenze attuali; queste ultime due sezioni sono di recente introduzione.

La sezione "Variazioni morfologiche" serve ad analizzare le variazioni di larghezza, del pattern e altimetriche avvenute negli ultimi 100-200 anni,

concentrandosi poi sull'analisi degli indicatori di campo utili per valutare le variazioni altimetriche.

La seconda sezione "Tendenze attuali" ha come scala temporale gli ultimi 10-20 anni, e analizza le variazioni di larghezza e le variazioni altimetriche, usando sia indicatori indiretti, come l'analisi delle foto aeree, sia diretti, ovvero indicatori di campo.

## 4. RISULTANZE EMPIRICHE

L'applicazione delle metodologie sopra descritte a quei "serbatoi di dati" che possono essere considerate le carte geografiche dei secoli XIX e XX e le fotografie aeree può condurre, ovviamente, all'estrazione di diverse serie di dati e di conseguenza alla impostazione di diverse serie di analisi. In questa sezione del nostro lavoro individueremo dunque i dati analitici utili alla chiarificazione del problema che ci si è posti in premessa.

Una volta acquisiti correttamente i dati, la prima operazione analitica ha consistito nell'estrazione e nella successiva presentazione grafica delle variazioni della larghezza dell'alveo attivo per il tratto A (par. 4.1).

La seconda operazione di analisi compiuta è stato un confronto tra le aree nel tratto B nei diversi anni (par. 4.2).

La terza analisi ha riguardato lo spostamento della conoide del tratto B (par. 4.3). Ovviamente, tutte e tre queste analisi sono state svolte considerando l'intero *range* di anni in nostro possesso sull'arco di tempo bisecolare dal 1805 al 2002.

La quarta operazione analitica ha avuto a oggetto, invece, le fotocopie aeree effettuate nel 1999 e nel 2002 (par. 4.4). Lo scopo è stato lo studio dell'andamento recente del torrente: osservare in dettaglio i processi di disattivazione e di erosione che fossero percettibili nell'arco di appena tre anni, per poter così comprendere le tendenze attuali del torrente.

### *4.1 Variazioni della larghezza nel tratto A*

La larghezza dell'alveo di un corso d'acqua è definita come la distanza tra le due sponde. Nei casi in cui le sponde non siano identificabili si deve considerare come limite dell'alveo la linea di confine tra la piana inondabile e l'alveo attivo.

La larghezza di un alveo può essere calcolata con varie metodologie: in questo studio è stata calcolata utilizzando l'area (A), fornita automaticamente dal programma ArcGis, e la lunghezza (L) dell'alveo; il rapporto A/L ci ha così fornito la larghezza media.



Come si può notare dal grafico sottostante, rispetto al primo anno di riferimento (1805) nel 1833 si ha un allargamento dell'alveo attivo del torrente. In questa fase il torrente sembra raggiungere una larghezza media di circa 900 metri, la larghezza massima negli anni da noi presi in esame. Da questo anno in poi comincerà un graduale restringimento che porterà il torrente a ridursi in larghezza toccando minimi di larghezza media pari a 364 metri.

Dal 1833 al 1910 si constata una diminuzione della larghezza dell'alveo di circa il 30%: si passa infatti da 881 a 643 metri di larghezza media. A questo periodo ne segue uno di stasi in cui non si hanno considerevoli variazioni nella larghezza dell'alveo. Questo periodo di stasi finisce nel 1957 con una inversione di tendenza e un allargamento dell'alveo di circa 30 metri. Nell'ultimo quarantennio, si è verificato nuovamente un graduale restringimento dell'alveo che porta il torrente ai suoi minimi storici nel 1997: solamente 364 metri, quasi un terzo della larghezza massima da noi rilevata. Negli ultimissimi anni la tendenza sembrerebbe invertirsi di nuovo. Il torrente Cellina vede un graduale allargamento del suo alveo attivo di circa il 10%, rispetto al 1997, nel 2002.

Anno	Larghezza in metri	Larghezza % rispetto al 1805
1805	813	0%
1833	881	+ 8,3%
1894	724	- 11,0%
1910	649	- 20,2%
1948	643	- 21,0%
1957	673	- 18,3%
1986	545	- 33,0%
1997	364	- 55,3%
1999	371	- 54,6%
2002	403	- 50,5%

*Tabella 4.1.1 Nella seconda colonna vi è la larghezza in metri, in valore assoluto, per ogni anno. Nella terza colonna viene espresso, in percentuale, l'allargamento o il restringimento rispetto al 1805.*

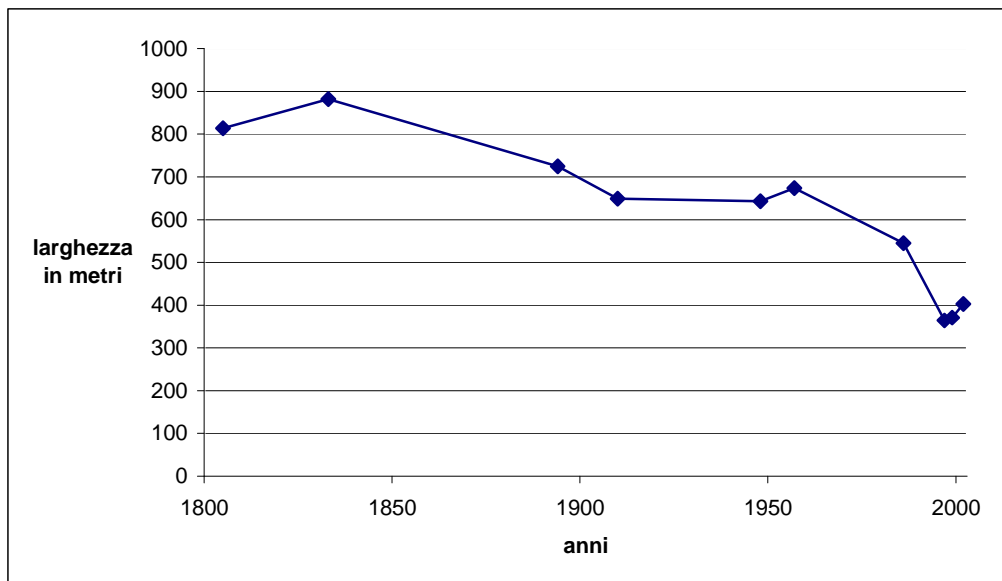


Fig. 4.1.1 Variazione della larghezza dell'alveo del T. Cellina nel tratto "A" durante gli ultimi 200 anni.

#### 4.2 Variazione dell'area del conoide

In riferimento al tratto B – che a differenza del tratto A, grosso modo assimilabile alla figura di un rettangolo, presenta una accentuata irregolarità di forma – non si è calcolata la larghezza media dell'alveo nei diversi momenti di prelievo dei dati, ma ci si è limitati a confrontare le superfici.

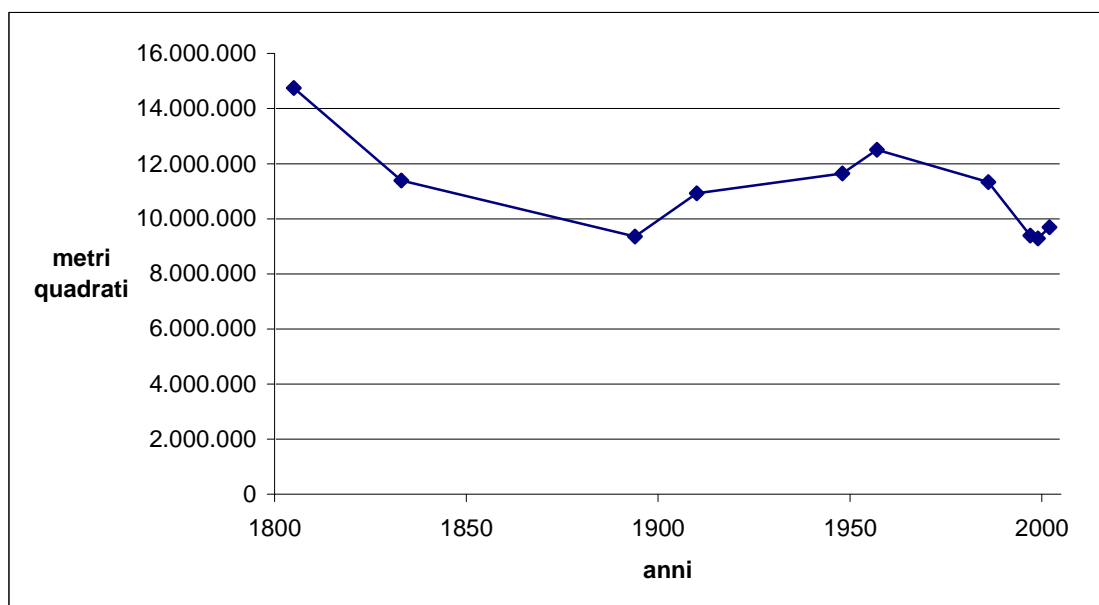
Dall'analisi del grafico (fig. 4.2.1) risulta subito evidente il fatto che, mentre per la zona a monte dal 1805 al 1833 vi era stato un allargamento, nella zona a valle si ha un restringimento del 23% circa nel 1833 rispetto al primo dato in nostro possesso risalente al 1805. Negli anni che seguono il continuo se pur graduale restringimento dell'area della conoide porta questa porzione dell'alveo vicino al dato minimo: siamo nel 1894.

Nei decenni successivi si è constatato un costante e graduale allargamento: nel 1957 la superficie della conoide del Cellina raggiunge un valore superiore a quello del 1833. Superato l'apice del 1957 si avrà nuovamente un'inversione di tendenza l'alveo attivo del torrente ricomincerà a restringersi raggiungendo nel 1999 il valore in assoluto più basso in tutti gli anni considerati.

Negli anni più recenti – per il significato modesto che può avere una linea di tendenza accertata per l’arco di tempo brevissimo di soli 3 anni – si è constatato infine nuovamente un allargamento, misurabile in un 4% circa nel confronto tra il 2002 e il 1999.

Anno	Area in kmq	Area % risp. 1805
1805	14.7	0,0%
1833	13.3	- 9,2%
1894	9.3	- 36,6%
1910	10.9	- 26,0%
1948	11.6	- 21,1%
1957	12.5	- 15,2%
1986	11.3	- 23,2%
1997	9.3	- 36,4%
1999	9.2	- 37,0%
2002	9.6	- 34,3%

*Tabella 4.2.1 Nella seconda colonna vi è l’area in kmq, in valore assoluto, per ogni anno. Nella terza colonna viene espresso, in percentuale, l’allargamento o il restringimento rispetto al 1805.*



*Fig. 4.2.1 Grafico della variazione dell’area della conoide (tratto B) del T. Cellina durante gli ultimi 200 anni.*

### 4.3 Variazione della posizione del conoide

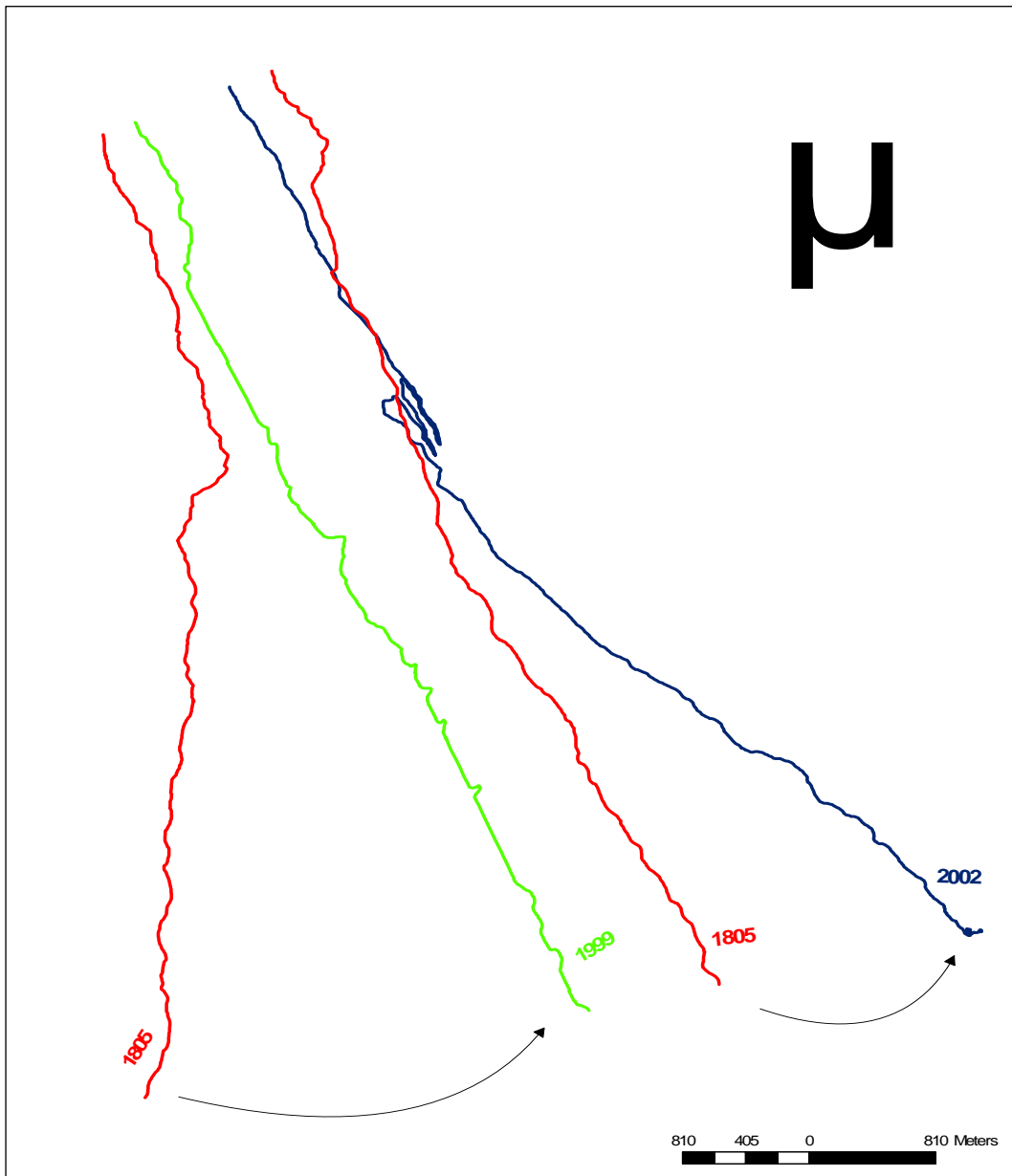


Fig. 4.3.1 Lo spostamento verso nord-ovest della conoide del torrente Cellina.

Come si è già accennato, nel tratto B la conoide del torrente Cellina subisce, nell'arco due volte secolare oggetto della ricerca, un marcato spostamento verso nord-est. Si è assunto come punto di partenza delle misurazioni le sponde dell'anno 1805 ovvero l'anno in cui le due sponde si trovavano nella posizione in assoluto più occidentale. Successivamente, utilizzando la funzione denominata

“measure” del programma ArcGis, si sono misurate le distanze che intercorrono tra questi estremi e gli estremi delle sponde di tutti gli altri anni, riportando infine i dati in una tabella.

Come si evince dal grafico la sponda sinistra vede un grosso spostamento tra il 1833 e il 1910; dopo questo anno lo spostamento della sponda sinistra risulta molto modesto. La sponda destra presenta invece un andamento più travagliato. Si ha un importante spostamento verso nord-est fino al 1894, ma da questo anno in poi la sponda tende a spostarsi verso SW fino al 1910. Dal 1910 fino al 1957 non si hanno grandi variazioni nella posizione della sponda destra: la situazione è stabile. Dal 1957 si rileva nuovamente un forte spostamento verso nord-est: una tendenza che perdura tuttora.

Si può anzi affermare che gli anni in cui vi sono stati i maggiori spostamenti sono il 1999 e il 2002. Nel 1999 la sponda destra si trova nella posizione in assoluto più orientale distando 2928 metri dal luogo in cui si trovava la sponda destra nel 1805. La sponda sinistra mostrerà il suo maggiore spostamento nel 2002 discostandosi dall'originaria posizione del 1805 di 1730 metri.

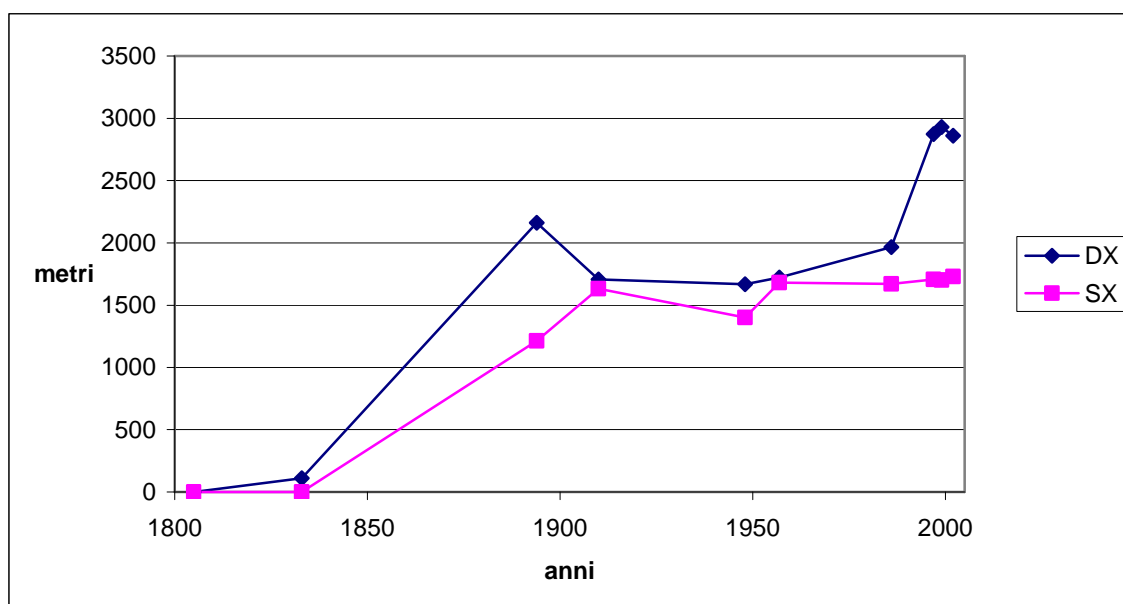


Fig. 4.3.2 Grafico dello spostamento della conoide del torrente Cellina, in cui si mostra il diverso andamento delle due sponde nel tempo.

#### 4.4 Le variazioni della larghezza dell'alveo negli anni recenti (1999-2002)

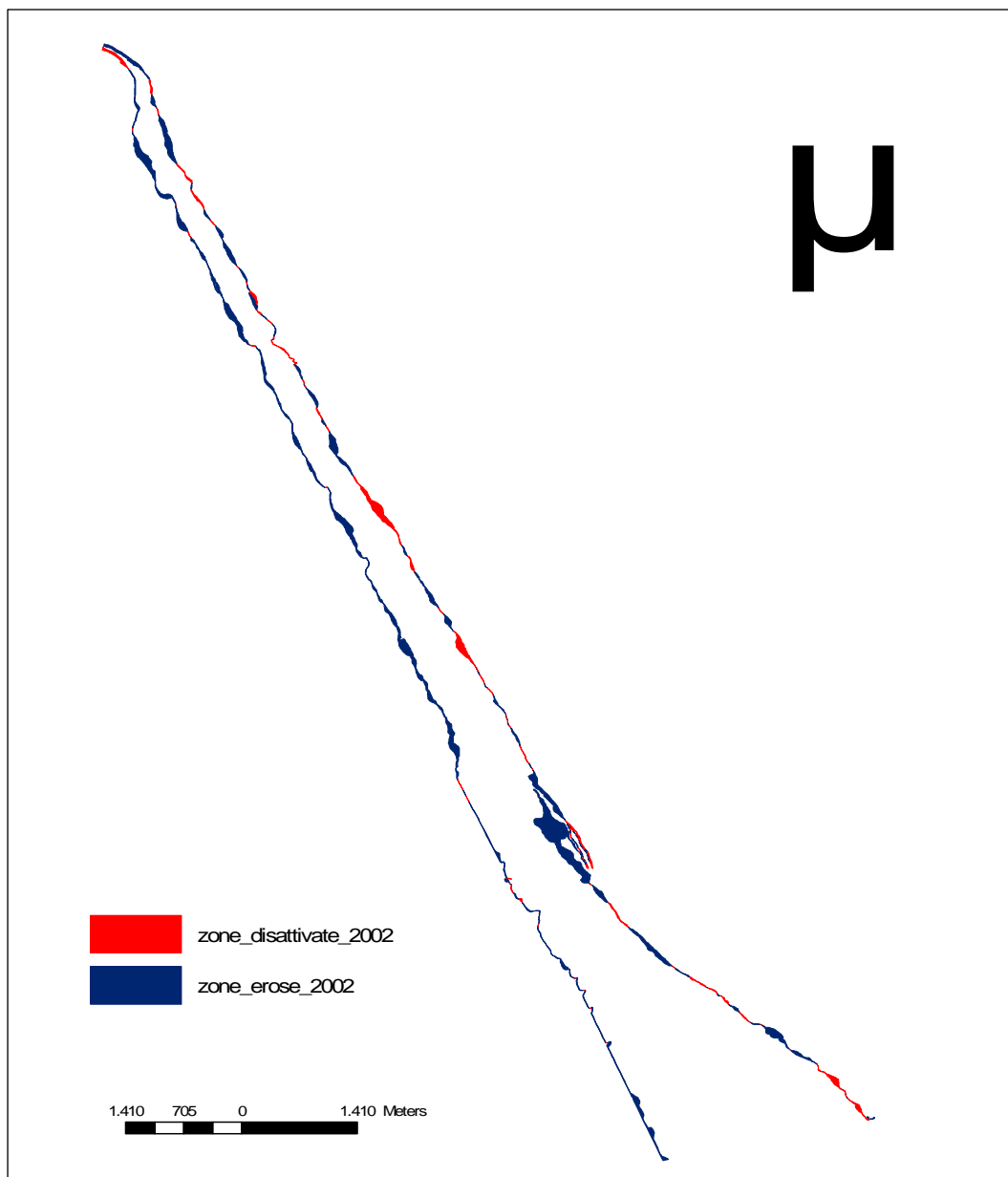


Fig. 4.4.1 Immagine riassuntiva delle zone disattivate (in rosso) ed erose (in blu) nel 2002

Riguardo agli anni più recenti, le risultanze empiriche sono raffigurate nella figura sovrastante, che consta della unione e della intersezione degli alvei del 1999 e del

2002.<sup>3</sup> Mediante tali operazioni sono state misurate le aree disattivate<sup>4</sup> e quelle erose.

Le zone che si sono disattivate nel 2002 rispetto al 1999 possono essere quantificate in circa il 1,22% dell' estensione totale. Di quel 1,22% di zone disattivate circa il 97,7% si trova sulla sponda sinistra mentre il restante 2,3% (percentuale che sembra obiettivamente irrilevante) su quella destra. Questo lo si può notare anche dal disegno ove vi è una maggioranza di zone di colore rosso lungo la sponda sinistra del torrente.

Le zone erose nel 2002 rispetto al 1999 interessano invece all'incirca il 7,03% dell'area totale dell'alveo nel 1999. A contrario delle zone disattivate si ha una più omogenea ripartizione tra la sponda destra e quella sinistra dell'erosione. L'erosione della sponda destra è pari al 45,4% mentre quella della sponda sinistra al 54,6%: con una ripartizione, pertanto, abbastanza equilibrata, quasi paritetica.

---

<sup>3</sup> La procedura di unione e di intersezione consta dei seguenti step. 1) unione dell'alveo 1999 e dell'alveo 2002 in un'unica immagine 2) intersezione dei due alvei (con evidenziazione delle aree in comune) 3) sottrazione dell'intersezione dall'unione, in modo da individuare le aree che sono esclusive di ciascuno dei due alvei 4a) intersecando la differenza ottenuta con l'alveo del 1999 si ottengono le zone disattivate; 4b) intersecando la differenza ottenuta con l'alveo del 2002 si ottengono le zone erose.

<sup>4</sup> Si intende per "area disattivata" o "in via di disattivazione" di un alveo l'area dell'alveo non più interessata da trasporto al fondo.

## **5. ANALISI DELLE CAUSE DELLE VARIAZIONI MORFOLOGICHE DEL TORRENTE CELLINA**

I dati sin qui raccolti e descritti sono in certo senso “astratti”, decontestualizzati. Prescindono infatti dall’azione di circostanze naturali eccezionali, oppure di iniziative umane dagli effetti duraturi nel tempo, che influenzano lo scenario d’insieme, modificando il quadro entro il quale i fenomeni ordinari (cioè le variazioni dei parametri di larghezza, erosione, disattivazione entro una banda di oscillazione predeterminata) si producono.

Occorre quindi in questo capitolo censire da un lato gli eventi di piena che abbiano lasciato eredità durature nell’assetto del torrente, e dall’altro accertare e misurare il “peso” delle modifiche apportate dall’uomo (ad esempio con l’apposizione di deviatori e alteratori di corrente, i cosiddetti “pennelli”).

### *5.1 Una variabile significativa: gli eventi di piena come causa delle variazioni dell’alveo del Cellina*

I grandi cambiamenti nella morfologia dell’alveo di un fiume, ma ancor di più di un torrente, si hanno durante gli eventi di piena. Sono dunque modificazioni traumatiche, che avvengono in breve tempo.

Il termine di “piena” si applica anche ad eventi ordinari di crescita della portata, proporzionali alla maggior piovosità stagionale. In questo senso, le “piene” sono prevedibili e “fisiologiche”. Quello che interessa accertare in questa sede, per i due secoli di storia fluviale che stiamo tracciando, è la frequenza e la consistenza di piene “straordinarie”. Si cercherà, inoltre, di comprendere se vi sono state variazioni sulle piene ordinarie, in relazione alla costruzione delle dighe, nel XX sec.

Purtroppo, dal punto di vista dell’acquisizione dei dati quantitativi è ben difficile avere risultanze precise per le piene straordinarie, che sovente mettono in crisi i sistemi protettivi e di misurazione. Per quanto riguarda il Cellina, abbiamo tuttavia ottenuto dei dati di grande importanza presso l’archivio della centrale ENEL di Malnisio (PN), in disuso dal 1988. Tali dati permettono di integrare il fondamentale quadro offerto dal *Piano stralcio per la sicurezza idraulica del*



*bacino del Livenza – sottobacino Cellina Meduna*<sup>5</sup>. Se il *Piano stralcio* fornisce infatti un quadro storico attendibile, i dati ricavati dall'archivio della centrale ENEL consentono un rilevamento più fine perché si tratta di valori medi giornalieri, da non confondersi con i valori massimi istantanei, presi all'altezza della diga vecchia di Barcis dal 1907 al 1954 e alla diga di Ponte Antoi dal 1955 al 1987.

Questi dati rilevati prima dell'uscita del torrente dal bacino montano, per quanto precisi e affidabili non ci forniscono comunque la reale portata degli eventi di piena nell'alta pianura del torrente Cellina. Questo è dovuto, come viene messo in luce nello studio idrologico di Ghetti et al., al fatto che, nel bacino del torrente Cellina all'altezza di Barcis, si nota una fortissima riduzione dei volumi defluiti rispetto alle precipitazioni. Gli autori così scrivono: *"Resta confermata, nella più ampia visione del bilancio idrologico complessivo, la singolarità del torrente Cellina, per cui è da ritenersi che fenomeni carsici, analoghi a quelli ben noti dell'adiacente altopiano del Cansiglio, possano determinare veri e propri corsi sotterranei, che trasferiscono ai conoidi, e quindi alla pianura, buona parte delle acque di precipitazione del rispettivo bacino"*. Stando così le cose gran parte delle acque che giungono alla conoide non sono rilevate nei nostri dati, né da quelli utilizzati in altri studi. Non è possibile ovviare a questo stato di cose poiché, come viene fatto presente anche nel *Piano stralcio*, lungo il corso del torrente Cellina è possibile rilevare le portate soltanto allo scarico del serbatoio montano di Barcis.

Tutti i valori delle portate giornaliere sono stati posti in una tabella Excell e si è costruito un grafico (Fig. 5.1.1). Da questo grafico si evince che, rispetto alla prima metà del secolo XX, nella seconda metà, dopo la costruzione della diga di Ponte Antoi, vi è una diminuzione delle piene di portata superiore ai 400 mc/s.

Si è cercato successivamente di comprendere se, anche per le portate ordinarie, vi sia una differenza dopo la costruzione della suddetta diga.

Per la verifica dell'andamento delle piene ordinarie sono stati calcolati i tempi di ritorno dell'evento di massima piena per ogni anno. I dati ricavati sono stati successivamente posti in un grafico a doppia scala logaritmica (grafico 5.1.2).

---

<sup>5</sup> Consultabile all'URL

[http://www.adbve.it/Documenti/piani/Livenza/sic\\_idr/piano/piano\\_sic\\_idr.pdf](http://www.adbve.it/Documenti/piani/Livenza/sic_idr/piano/piano_sic_idr.pdf)

Dall'analisi di questo secondo grafico si nota come le piene ordinarie, ovvero quegli eventi di piena che convenzionalmente presentano un tempo di ritorno pari a 1,5 anni (segnati con un pallino rosso), dopo la costruzione della diga presentano una diminuzione della portata, passando da circa 165 mc/s a 105 mc/s. Le stesse considerazioni possono essere fatte sugli eventi di piena che presentano un tempo di ritorno di 5 anni (pallino verde), infatti anche per questi è possibile notare una netta diminuzione nella portata, si passa da valori prossimi a 480 mc/s a valori poco superiori a 260 mc/s.

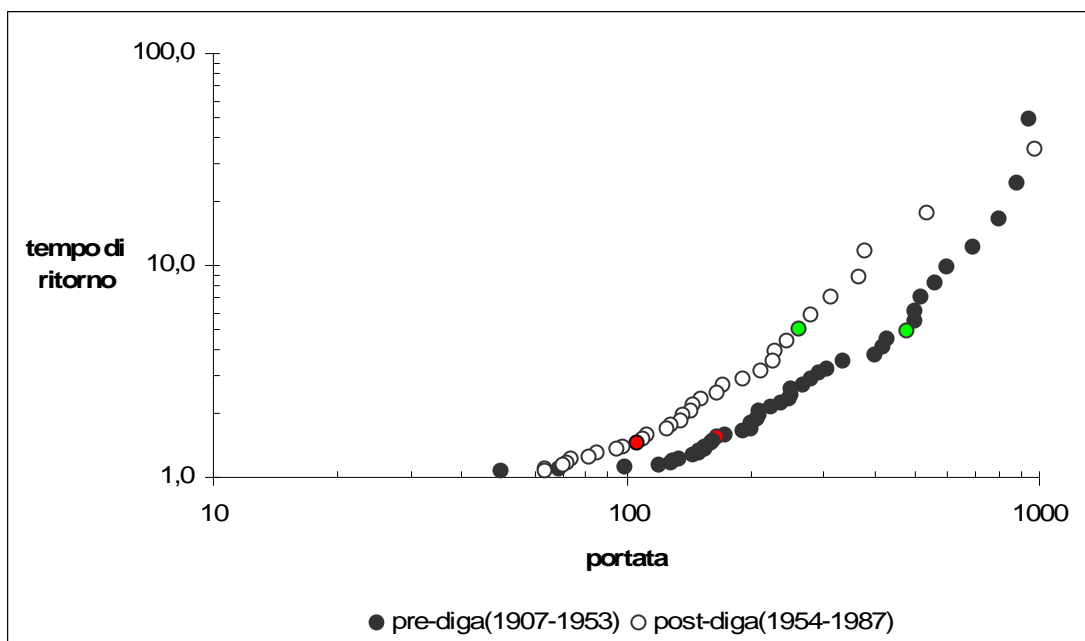


Fig. 5.1.2 Confronto tra i tempi di ritorno delle piene prima e dopo la costruzione della diga di Ponte Antoi.

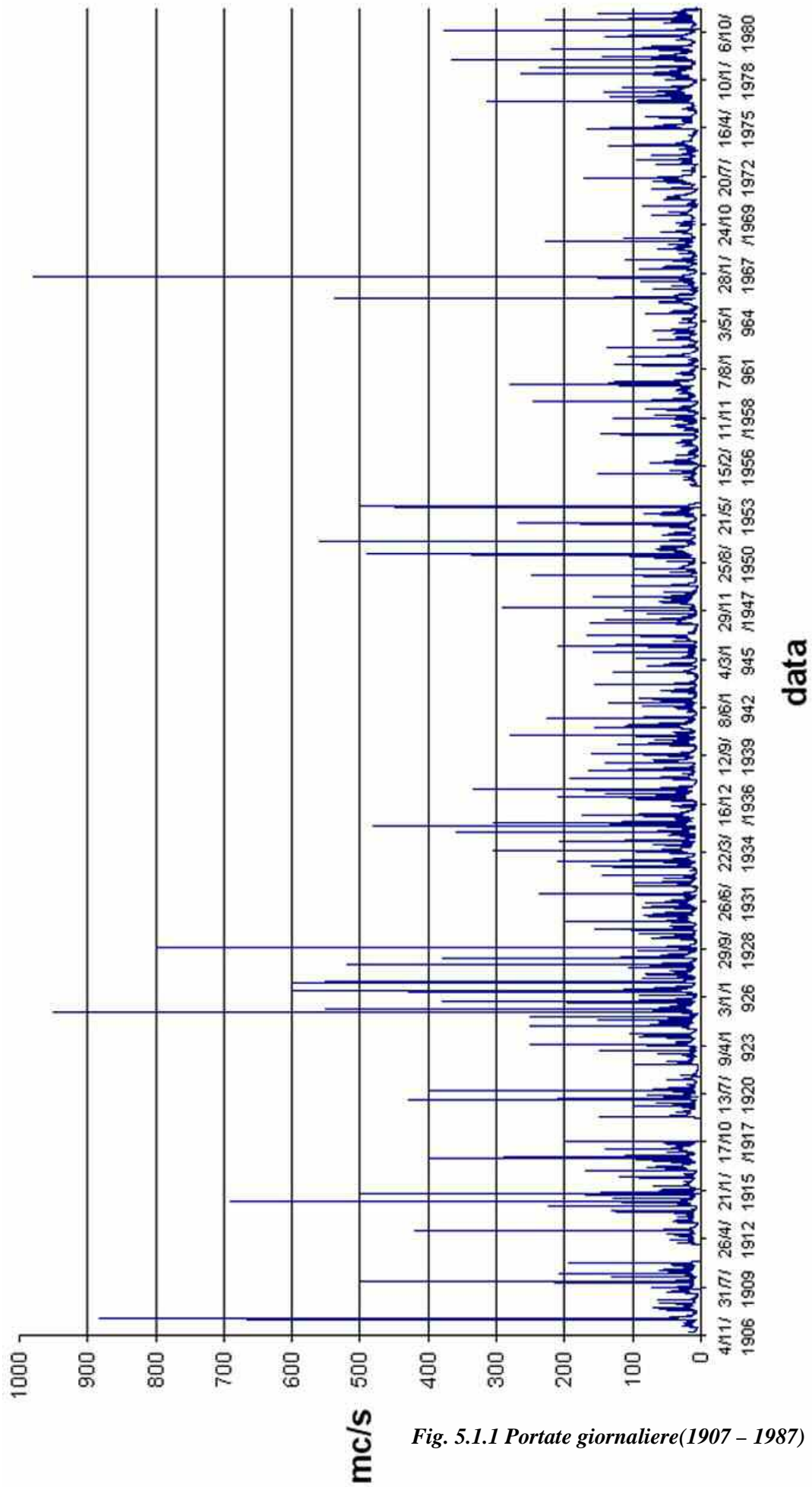


Fig. 5.1.1 Portate giornaliere(1907 – 1987)

Vengono qui di seguito elencate e descritte le piene “straordinarie” che hanno interessato il Cellina nei due secoli presi in esame. Le piene eccezionali si determinano quando il *livello di esondazione* viene superato, e l’acqua esonda al di fuori dell’alveo normale, espandendosi sui terreni adiacenti.

#### 5.1.1 *Le piene del 1800*<sup>6</sup>

La prima piena documentata del XIX sec. risale al 1829. Durante questo evento il Cellina spazza via un tratto della roggia di Aviano, che serve a rifornire di acqua i paesi di S. Leonardo e S. Foca, presso il Partidor. La conseguenza è che tutto il sistema roggiale rimane a secco.

Successivamente, nel 1834, un’altra piena produce nuovi ingenti danni al Partidor; si provvede allora alla costruzione, su progetto dell’ing. Cavedalis, di un “riparo”. Altri due ripari di notevoli dimensioni, su progetto dello stesso ingegnere, vengono eretti a S. Foca nel 1840, ma pare che proprio queste due ultime opere siano state la causa di maggiori danni verificatisi con le successive piene.

Il 14 novembre 1877 il Cellina in piena produce danni irreparabili al Ponte Giulio, che avrebbe dovuto assicurare le comunicazioni fra Pordenone ed il Mandamento di Maniago. La costruzione del manufatto, iniziata circa un anno prima, era ancora in corso. Il ponte era stato progettato dall’ing. Giuseppe Rinaldi su un precedente studio dell’ing. Linussio. L’ing. Asti riprogettò e portò a termine questo ponte nel 1888.

Tra le più disastrose piene che hanno interessato nella storia il bacino del Livenza e di cui sono disponibili informazioni sufficientemente documentate, vanno certamente annoverate quelle occorse nel 1882. Si tratta di due eventi che impegnarono il territorio in data 16 settembre e 28 ottobre 1882.

Nella carta storica sottostante, redatta dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Venezia, giugno 2007), sono poste in evidenza le zone allagate durante l’evento.

---

<sup>6</sup> Per le notizie che seguono, cfr *Piano stralcio per la sicurezza idraulica del bacino del Livenza – sottobacino Cellina Meduna*.

Consultabile all’URL:

[http://www.adbve.it/Documenti/piani/Livenza/sic\\_idr/piano/piano\\_sic\\_idr.pdf](http://www.adbve.it/Documenti/piani/Livenza/sic_idr/piano/piano_sic_idr.pdf)

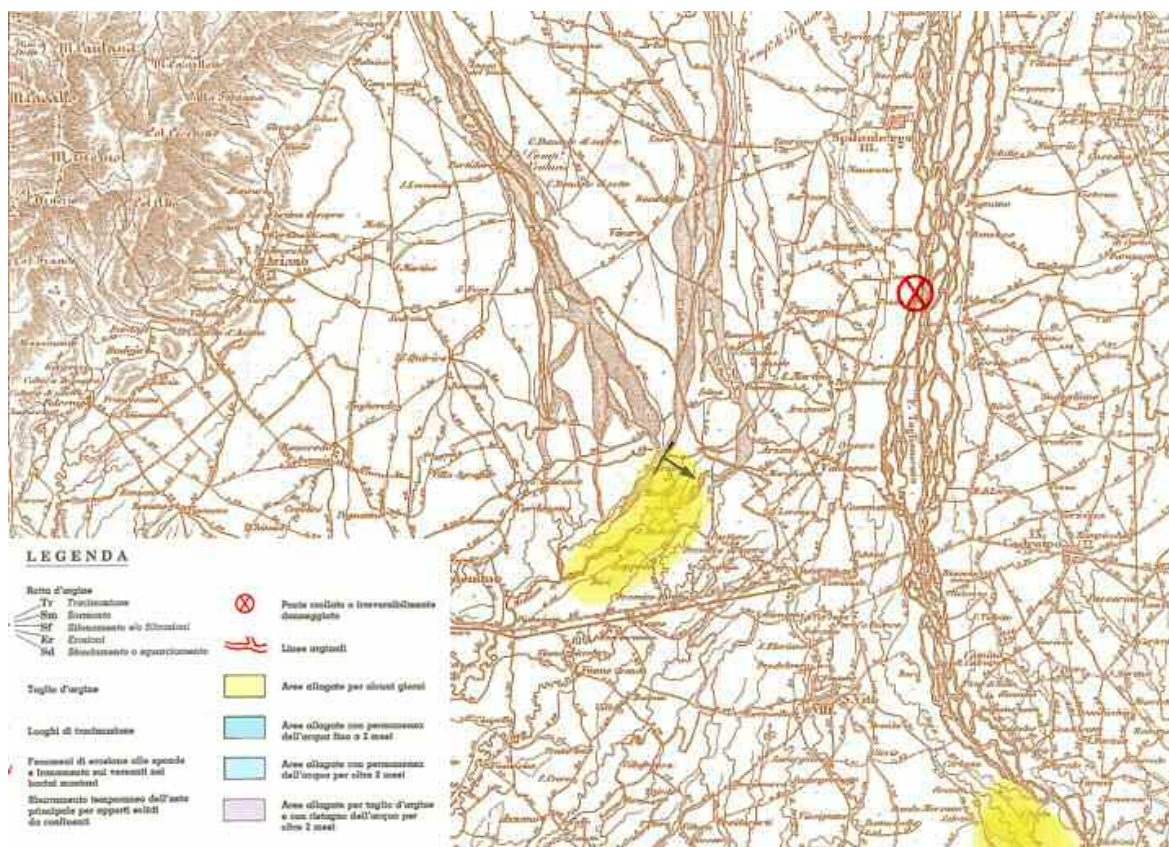


Fig. 5.1.1.1 Riproduzione della carta originale, in cui sono messe in evidenza le zone alluvionate dal Cellina durante la piena del 1882.

Nel 1888 il Cellina irrompe sotto la ripa di Montereale distruggendo l'antichissima *siega de sora* ed un mulino, favorito in ciò con tutta probabilità dal restringimento dell'alveo provocato dal ponte Giulio, la cui costruzione è appena stata terminata.

### 5.1.2 Le piene del 1900

Purtroppo, non su tutti gli eventi di piena del 1900 esiste una bibliografia accurata e affidabile. Il più importante e significativo lavoro di analisi della fenomenologia con cui si manifestano le piene nel bacino del Livenza è sicuramente quello riportato dallo studio di Ghetti et al. avente titolo "Studio per la sistemazione del bacino del Livenza", risalente al 1968 (cfr. in Bibl.) Questo studio è stato redatto come contraccollo degli eventi alluvionali del 1965 e 1966, ma prende in esame solamente i fenomeni accaduti dalla fine del 1930 alla metà degli anni sessanta. Di queste piene, Ghetti et al. forniscono non solo i dati quantitativi e di carattere tecnico, ma anche una descrizione corredata di ipotesi esplicative e della esposizione dei danni arrecati.

In questa sede accenneremo alle piene del 1965 e del 1966, che hanno presentato carattere di particolare eccezionalità, sia per le particolari condizioni meteorologiche, che per le disastrose conseguenze che si sono avute.

*a) La piena del 1965*

La piena del 1965 fu dovuta alla concomitanza di diversi fattori:

- l'intensa piovosità nel bacino imbrifero montano nel breve periodo
- l'essere stata quella del 1965 un'estate particolarmente piovosa
- l'essere stati i bacini artificiali in pieno invaso.

Durante questo evento di piena molti furono i danni causati dal torrente Cellina. Un esempio è la rottura dell'argine destro all'altezza del poligono militare, nella zona a nord-est della località Venchiaruzzo, allagando circa 50 ettari, solo parzialmente coltivati (Messaggero Veneto, 3/9/1965).

*b) La piena del 1966*

La piena del 1966 ebbe carattere di assoluta eccezionalità. Fu determinata da fattori meteorologici, e di conseguenza pluviometrici, eccezionali. La pioggia caduta nei giorni 4 e 5 novembre di quell'anno superò del 100% l'indice di piovosità media del mese di novembre riferito al precedente periodo 1921-1965. Le precipitazioni del mese di novembre a Claut raggiunsero valori 3,05 volte superiori a quelli medi corrispondenti nel predetto periodo 1921-1965 (Autorità di bacino; 2003).

I danni di questa alluvione furono maggiori rispetto a quella dell'anno precedente, il 1965.

Nel *Piano stralcio per la sicurezza idraulica del bacino del Livenza – sottobacino Cellina Meduna* si legge: “Il 4 novembre 1966 il ponte di Mezzocanale viene travolto e distrutto dall'onda di piena del Cellina. Il livello del Lago di Barcis supera di oltre 3 metri il ciglio sfiorante della diga nonostante la completa apertura delle paratoie di scarico mentre, più a valle, presso la centrale di Barcis, le acque superano di mezzo metro i parapetti di pietra della vecchia diga che vengono spazzati via; acqua e fango irrompono all'interno della centrale rendendola inservibile per parecchi mesi.”

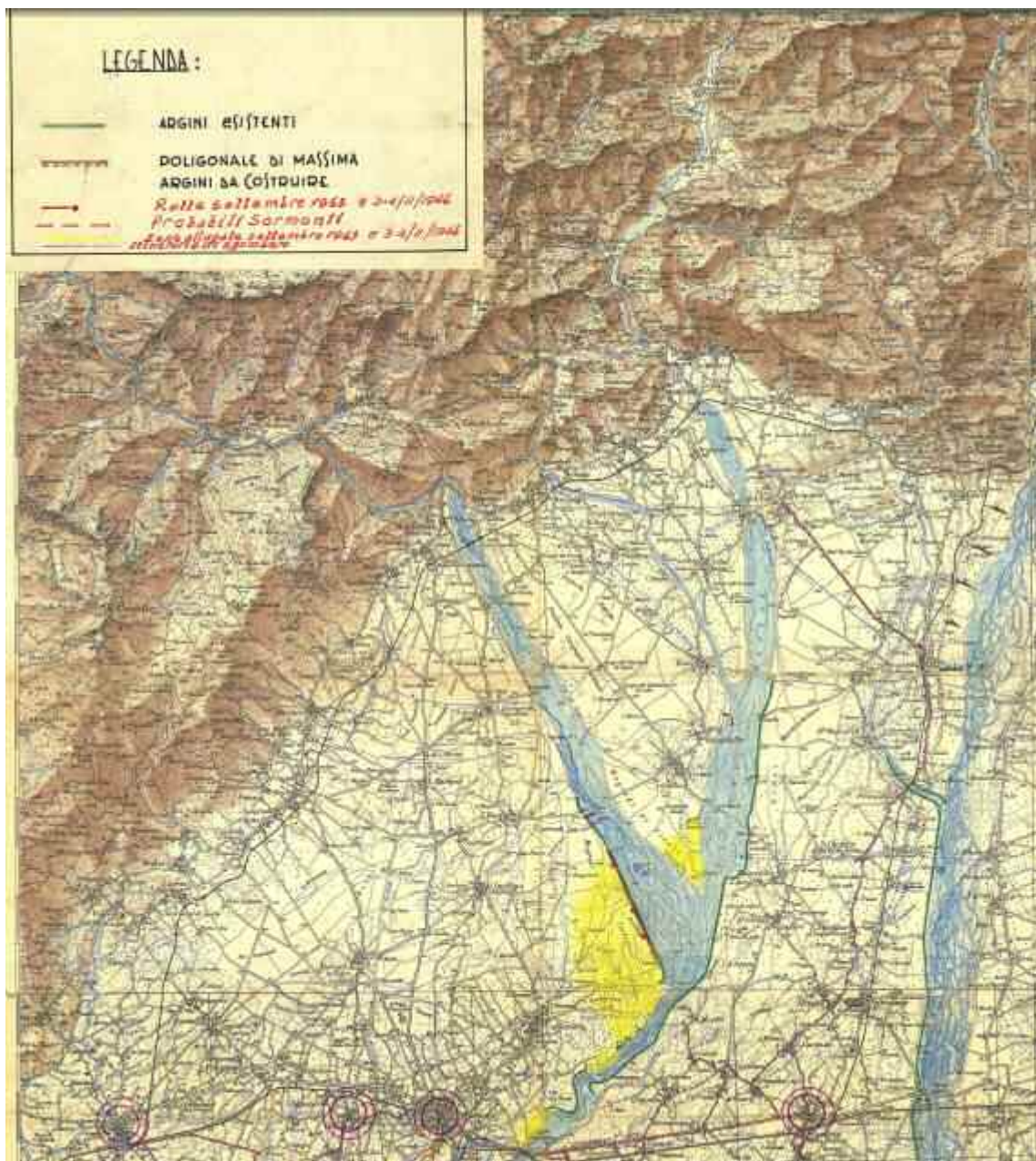


Fig. 5.1.1.2 Riproduzione della carta originale degli allagamenti dell'evento alluvionale del novembre 1966 redatta dall'ufficio del Genio Civile di Pordenone (Venezia, giugno 2007).

*c) Le piene del 1965 e 1966: un confronto*

Un attendibile confronto tra le piene del settembre 1965 e del novembre 1966, sulla base delle portate orarie scaricate dal serbatoio di Barcis per il Cellina, è dovuta a Ghetti et al. La ricostruzione dei relativi idrogrammi suggerisce agli autori alcune considerazioni, così come nel seguito riportato.

*“La piena del settembre 1965 fu caratterizzata da due colmi, di cui il primo superiore al secondo. La piena del novembre 1966 fu invece caratterizzata da un unico colmo*

*sull'asta del Cellina. Comparando le precipitazioni e le piene del settembre 1965 e novembre 1966 si osservano alcune particolarità significative: il volume totale delle precipitazioni cadute nell'occasione dei due eventi fu quasi identico.*" Per il bacino del Cellina, chiuso alla diga di Barcis, si ebbero 232.400.000 m<sup>3</sup> circa per il 1965 e 209.500.000 m<sup>3</sup> circa per il 1966. Diversi furono invece i valori di intensità massima che nel 1966 furono decisamente superiori a quelle del 1965.

Questa differenza fra i due eventi trova probabile spiegazione, a detta degli estensori dello studio, nel diverso andamento delle rispettive precipitazioni e nelle caratteristiche stagionali dei terreni. Le precipitazioni del 1965 si sono presentate con intensità rapidamente crescente fino al massimo, per poi subire un decremento e presentare quindi un altro massimo di minore intensità. Nel 1966 invece le precipitazioni sono gradatamente salite fino alla massima intensità in circa 24 ore per poi decrescere rapidamente a zero in appena 6 ore.

Se si considera che nel 1965 i terreni erano verosimilmente poco imbibiti d'acqua, dato il periodo estivo, si comprende come la pioggia caduta nelle ore precedenti il colmo, non sia riuscita a saturare i terreni stessi, neppure nei momenti di maggiore intensità.

Invece nel 1966 i terreni erano già presumibilmente imbibiti, per due motivi: 1) la stagione era già avanzata, non si era alla fine dell'estate 2) l'abbondante pioggia caduta precedentemente aveva rapidamente completato la saturazione del terreno, così, nel momento della precipitazione massima, quasi tutta l'acqua caduta è affluita alle vie d'acqua superficiali, rendendo assai più intenso il colmo della piena. (Ghetti et al.; 1968).

### 5.1.3 *Le piene del 2000 e 2002*

Lo stesso vale per il discorso che segue sulle piene 2000 e 2002, gli eventi di piena più recenti che hanno interessato il torrente Cellina.

Tra l'ottobre e il novembre del 2000 si verificarono 3 eventi di piena, il primo tra l'11 e il 15 ottobre, il secondo tra il 3 e il 7 novembre e l'ultimo tra il 14 e il 18 novembre.

Il più importante dei tre eventi è associato alle piogge del 3-7 novembre e si è caratterizzato per violente precipitazioni a carattere di rovescio sulla fascia prealpina.

L'altro significativo evento di piena del XXI sec. ha interessato il bacino del Cellina il 25, 26 e 27 novembre del 2002. Questo evento è stato caratterizzato da forti precipitazioni comparabili con quelle del 1966, seppur in un intervallo temporale più ampio. Le precipitazioni si sono concentrate maggiormente nella parte nord-occidentale del bacino del Livenza, ovvero nella porzione montana del sottobacino del Cellina.



Le portate si sono aggirate attorno a valori prossimi a 650-750mc/s. Facendo un confronto con i valori di portate delle piene del settembre 1965 e novembre 1966 l'evento del 2002 si colloca in posizione intermedia tra gli altri due.

I danni causati da questo evento di piena sono stati ingenti in tutto il bacino del Livenza. Nello specifico nel sottobacino del Cellina i danni hanno riguardato la statale 251 della Valcellina interdicensi la viabilità (Braidot, 2003).

## 5.2 L'azione dell'uomo e la modifica dell'alveo del Cellina

### 5.2.1. Il posizionamento di deflettori di corrente (pennelli)

Le opere di difesa presenti sul torrente Cellina sono di due tipi: argini e deflettori di corrente.

Gli argini, di cui non è noto l'anno preciso di costruzione, si trovano unicamente sulla sponda destra del torrente, all'altezza della croce di San Foca. Da un'analisi della cartografia storica si è potuto valutare il primo anno in cui questi argini risultano cartografati. Pur non essendo un dato preciso ha comunque la sua importanza per fare delle valutazioni di carattere generale. Il primo argine in ordine di tempo appare nella carta del 1948 si sviluppa per una lunghezza di circa 4 km e il suo inizio è a 200 metri valle del Ponte Nuovo. Il secondo argine risulta cartografato per la prima volta nella CTR del 1986. Questo argine, che si trova come il precedente lungo la sponda destra, è lungo circa 2 km e si sviluppa 270 metri a monte del Ponte nuovo. I due argini non sono collegati; vi è uno spazio tra loro di circa 500 metri.

Anno	Lunghezza totale pennelli in metri	Aumento in % della lunghezza dei pennelli risp. 1805
1805	1097,6	0,0%
1894	1563,4	42,5%
1910	2114,5	92,6%
1948	5333,3	385,9%
1957	5443,9	395,0%
1986	6358,6	479,0%
1997	6513,9	493,4%
1999	6513,9	493,4%
2002	6444,9	487,0%

*Tabella 5.2.1.1 Nella seconda colonna viene espressa la lunghezza data dalla somma di tutti i pennelli presenti in ogni anno. Nella terza vi è l'aumento, in percentuale, della lunghezza dei pennelli rispetto al 1805*

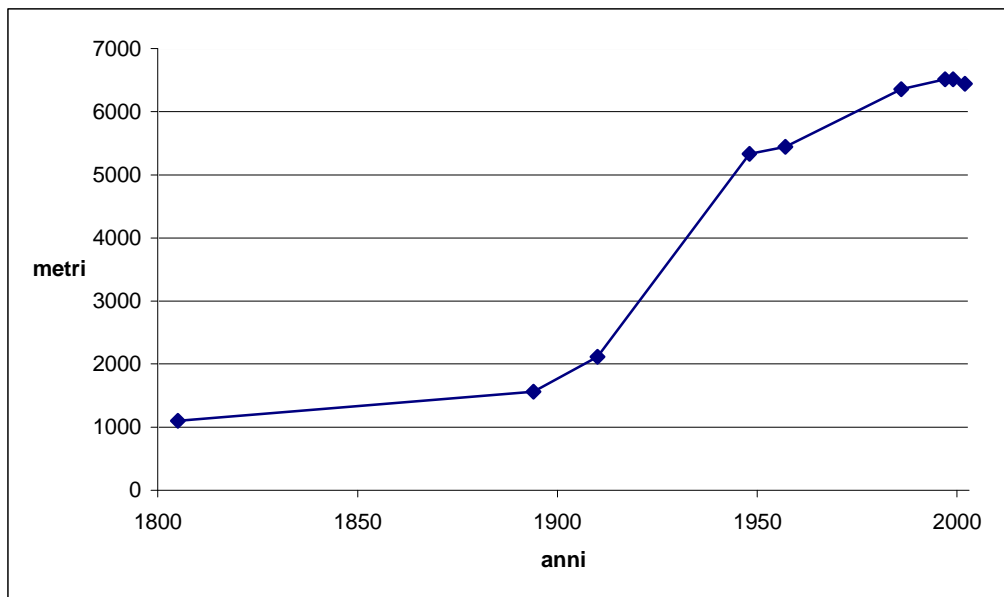


Fig. 5.2.1.1 Grafico dell'aumento complessivo della lunghezza dei pennelli.

I deflettori di corrente, detti un tempo pennelli, hanno avuto un ruolo importante nell'evoluzione della morfologia del torrente, per quanto la loro presenza nella documentazione cartografica sia talvolta inesatta e irregolare.<sup>7</sup> Il grafico presenta l'aumento in lunghezza<sup>8</sup> di questi deflettori. Allo scopo di valutarne l'impatto sulla corrente del fiume, si è calcolata la lunghezza ideale dei pennelli, ottenuta sommando tutte le unità. Nel 1805 questi deflettori si concentrano nella zona sud del tratto di torrente preso in esame, e si sviluppano per una lunghezza totale di circa 1 km. È interessante notare come tutti i pennelli di questo anno eccetto uno, che si ritrova ancora nelle foto aeree del 2002, vengano persi nella cartografia successiva già a partire dal 1894.

Nel 1894 abbiamo la costruzione di quattro nuovi deflettori di corrente per un totale di 1500 metri.

Dunque l'Ottocento ha visto sì un aumento di queste opere, ma moderato. Il grande cambiamento si ha a partire dal 1900: basti pensare che dal 1894 al 1910 si ha un incremento di questi pennelli di circa il 35%, raggiungendo lunghezze superiori a 2000 metri, ma il vero boom per quanto riguarda la costruzione si ha

<sup>7</sup> Si sarà notato che nel grafico manca un anno tra quelli scelti per lo studio, il 1833. Nella carta storica di questo anno non vi sono disegnate opere antropiche: questa mancanza è molto probabilmente attribuibile alla grande scala di questa carta che ricordo essere 1:86400.

<sup>8</sup> la lunghezza è stata misurata utilizzando la funzione denominata "measure" del programma ArcGis

tra il 1910 e il 1948 dove si ha un aumento del 150%. La maggior parte di questi deflettori, sia per estensione ma anche per numerosità, sono stati costruiti nella parte di torrente più a nord, quella incassata nei terrazzi, il tratto chiamato A, e hanno pesantemente modificato la morfologia dell'alveo. I deflettori di questo periodo che troviamo invece nelle parte a valle, sono pennelli piuttosto corti e per di più costruiti a ridosso degli argini, risultano quindi più dei rafforzamenti della sponda piuttosto che veri e propri deviatori di corrente.

Dopo questa impennata conclusasi nel 1948 la costruzione dei deflettori rallenta vedendo in 30 anni solamente un incremento del 20% circa.

### *5.2.2 Il prelievo di ghiaia*

Dopo la fine della prima guerra mondiale, ci fu una forte richiesta di materiale inerte e di minerali per la ricostruzione del paese tanto che il governo fu indotto ad emanare un Regio Decreto, il n. 1443 del 1927 “Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere del Regno”. Con questo decreto si sono di fatto regolamentate sia le miniere, sia le cave. Nell'Italia nord-orientale, l'approvvigionamento di materiale inerte proveniva da diversi fiumi come ad esempio il Po, l' Adige, il Brenta, il Piave, il Tagliamento, nonché dai torrenti Cellina e Meduna e dai torrenti montani del bellunese. Nel periodo a cavallo degli anni 50-60, negli anni del boom economico, si ebbe un forte incremento delle attività costruttive. Iniziò una forte espansione edilizia pubblica e privata; risale a questo periodo la costruzione di grandi infrastrutture come autostrade, industrie ed edilizia residenziale. Questa espansione industriale richiese al settore estrattivo una crescente quantità di materiali litoidi. Si aprirono così le prime cave anche in zone agricole, laddove il sottosuolo è ricco di materiali ghiaiosi (R. Meneghel, 2006).

Dagli anni '80 in poi l'unica attività di escavazione presente sul Cellina riguarda interventi atti alla manutenzione e ripulita dell'alveo. Alcune conferme a questo giungono da articoli di giornale di anni recenti dove si mette in luce come la ghiaia del Cellina non sia stata più oggetto di estrazione da parecchio tempo.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Qui di seguito vi sono alcuni estratti. Ne “Il Gazzettino”, 7 Agosto 2003 si legge: “Dopo quasi 30 anni verrà sghiaiato il tratto di confluenza tra Cellina e Meduna, nei territori dei comuni di

Ritenendo attendibili le fonti sopra citate se ne evince che il periodo estrattivo legato alla presenza di cave nel torrente Cellina è circoscritto ad una cinquantina di anni dal 1930 al 1980, circa il 25% del periodo di studio considerato. Tuttavia non essendosi trovati dati in merito alla quantità di materiale estratto in quegli anni e coincidendo questo periodo anche con una carenza di dati dal punto di vista cartografico risulta difficile e rischioso azzardarsi a fornire un'obiettiva valutazione sugli effetti che può aver avuto questa attività sull'evoluzione morfologica dell'alveo.

### 5.2.3 *Gli sbarramenti a monte*

Il bacino montano del Cellina è uno tra i più piovosi delle alpi nord orientali. Probabilmente questo fu uno dei principali motivi che spinsero ingegneri e società elettriche, fin dall'inizio del 1900, ad interessarsi a questo bacino per la costruzione di sbarramenti artificiali allo scopo di produzione di energia idroelettrica. Lo sfruttamento delle acque del Cellina per fini di produzione idroelettrica, abbinata agli usi irrigui, costituisce un esempio di realizzazione fra i più importanti e significativi nell'ambito del territorio delle Tre Venezie (Autorità di bacino; 2003). Come si è accennato in sede introduttiva, furono progettate nel corso del secolo XX molte dighe lungo il corso del torrente Cellina e dei suoi principali affluenti (Cimoliana, Settimana, Molassa), ma non tutte furono realizzate. Attualmente il naturale corso del torrente Cellina nel suo tratto montano è interrotto solamente dalla presenza di tre dighe: una perfettamente attiva e funzionante, diga di Ponte Antoi, una in disuso ormai dagli anni '80 (nota come Vecchia Diga), e una in costruzione, diga di Ravedis.

---

Cordenons e Zoppola. Verranno tolti circa un milione e mezzo di metri cubi di ghiaia. L'intera area interessata dai lavori di pulizia è di circa due chilometri quadrati, mentre il tratto che sarà "ripulito" è lungo circa 3 chilometri". Nel "Messaggero Veneto", 26 Agosto 2005, pagina 7 si legge: "La lista "Maniaco ai cittadini per costruire il futuro" ribadisce la propria posizione contraria all'ampliamento dell'area di escavazione sul monte San Lorenzo e propone l'asportazione di ghiaia dal torrente Cellina come si usava negli anni passati".

Nel "Bollettino ufficiale della regione autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste, 15 febbraio 2006, pagina 52 e seg." Si parla di un progetto relativo all'intervento di manutenzione di un tratto del torrente Cellina nei Comuni di Cordenons e Vivaro (PN), con estrazione di materiali inerti per un volume complessivo pari a circa 3.740.000 m<sup>3</sup>; eseguito dal Consorzio Estrazione Inerti Pordenonese C.E.I.P. di Cordenons (PN) e Consorzio Pordenonese Inerti di Pordenone.

La prima in ordine cronologico è la diga di Barcis o del Cellina, detta Vecchia Diga dopo la costruzione della diga di Ponte Antoi. Fu costruita tra il 1900 e il 1906 in Loc. Ponte Molassa dalla “Società Promotrice per l’Utilizzazione delle Forze Idrauliche del Veneto”, divenuta successivamente SADE, con lo scopo principale di alimentare le centrali idroelettriche di Malnisio e di Giais. La diga è ancora oggi esistente e le strutture originarie si sono conservate. Lo scopo di questo sbarramento era quello di convogliare parte delle acque del torrente verso un canale lungo 4328 m che arrivava fino al bacino di carico della centrale di Malnisio. Solo successivamente, nel 1908, venne costruita la centrale di Giais che veniva alimentata dall’acqua di scarico della precedente centrale, con un canale di circa 410m. Dalla centrale di Giais l’acqua veniva ripresa mediante un canale della lunghezza di 6850 m fino alla centrale di Partidor (1916). Da questa centrale lo scarico principale delle acque avveniva, tramite un breve canale, nello stesso Cellina in comune di S. Leonardo.

La seconda diga prende il nome di Ponte Antoi dalla località in cui è sita, e fu costruita tra il 1950 e il 1954 per un migliore sfruttamento delle acque del torrente Cellina rispetto alla Vecchia Diga. Lo sbarramento di Ponte Antoi forma un importante serbatoio, il lago di Barcis. Tutto il sistema di sfruttamento delle acque del torrente Cellina si basa sull’accumulazione di acqua consentita dal serbatoio di Barcis, in principio questo serbatoio aveva una capacità di invaso pari a 22 milioni di metri cubi, questa capacità si è ridotta a soli 20 milioni a causa di cospicui fenomeni d’interrimento. Le acque del lago attraverso una galleria di 2 km vengono portate alla centrale di Barcis, attiva dal 1954. Originariamente le acque che uscivano da questa centrale venivano riprese a mezzo della Vecchia Diga e poi addotte alla centrale di Malnisio. In epoca recente con il subentro dell’ENEL alla SADE si ha una riorganizzazione del sistema idroelettrico del torrente Cellina, con la dismissione delle centrali di Malnisio, Giais e Partitor con conseguente disattivazione della Vecchia Diga e la costruzione di nuove centrali (Ponte Giulio e S. Leonardo) collegate con il lago di Barcis da una canale lungo 4 km. Questo ammodernamento si inquadra in un piano di utilizzazione promiscua delle acque del torrente, sia idroelettrica che irrigua. Nella foto (Fig. 5.2.3.2) è ritratto il lago di Barcis mentre nel cerchietto rosso è evidenziata la diga di Ponte Antoi.

La terza, la diga di Ravedis, si trova a Montereale Valcellina ed è la più recente delle tre dighe. I primi progetti su questo sbarramento vengono realizzati dopo gli eventi alluvionali del 1966, ma i lavori cominciano solamente nel 1984 da parte del CO.RAV., un consorzio di imprese. I lavori si interrompono poi nel 1994 per mancanza di finanziamenti, per riprendere nel 2000 (Consorzio Bonifica Cellina-Meduna; 1999), ma non risultano ancora conclusi. Questo invaso, fin dalla sua primissima progettazione, è stato finalizzato all'utilizzazione ai fini multipli della risorsa idrica potenziale del torrente Cellina. Il fine preminente, come si desume dal progetto esecutivo del maggio del 1979, è quello della laminazione delle piene e subordinatamente, il soddisfacimento del fabbisogno idropotabile dei comuni di Montereale Valcellina e Maniago, l'incremento di parte del fabbisogno irriguo del consorzio Cellina-Meduna nonché il potenziamento degli impianti idroelettrici. Questo sbarramento raggiunge un'altezza, valutata dal punto più depresso di fondazione, di 95 m, ed è stata stimata una capacità di invaso pari a 20 milioni di metri cubi (Autorità di bacino; 2003).



*Fig. 5.2.3.1 La Vecchia diga*



*Fig. 5.2.3.2 La diga di Ponte Antoi*

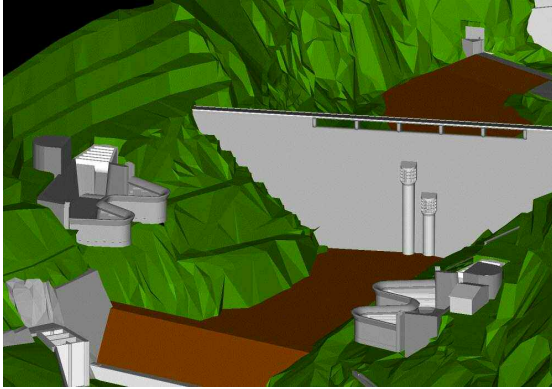


Fig. 5.2.3.3  
Modello al computer della futura  
diga di Ravedis

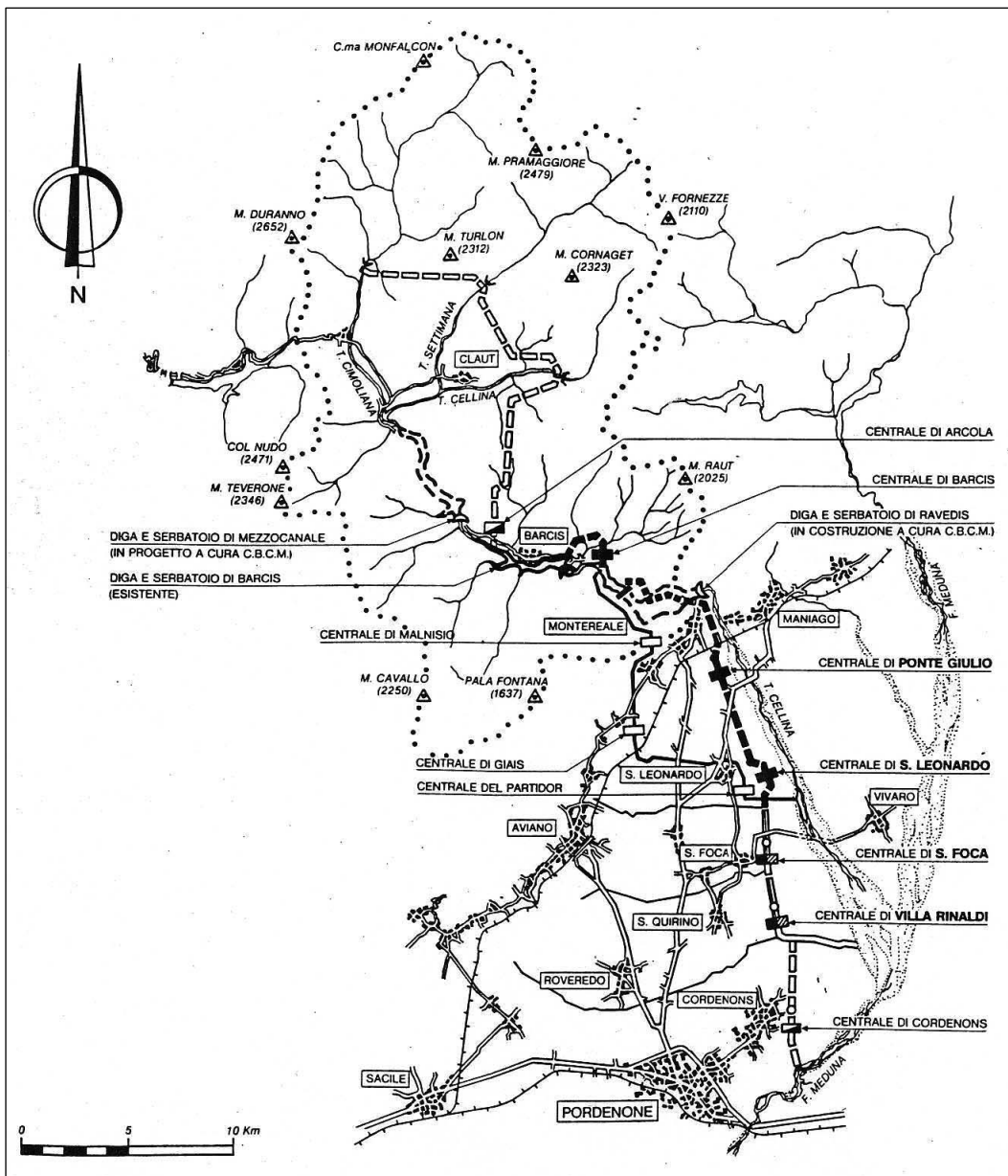


Fig. 5.2.3.4 Schema dell'attuale sistema di sfruttamento idroelettrico del bacino del Cellina.



### *5.3 Considerazioni conclusive sulle cause, naturali ed antropiche, delle variazioni morfologiche*

È difficile fare una stima su quanto ognuna delle cause sopra menzionate, presa singolarmente, abbia influito sull'evoluzione morfologica del torrente. Molte volte infatti le modificazioni sono imputabili a più cause che agiscono contemporaneamente e in modo sinergico.

E' comunque possibile individuare due processi che, rispetto agli altri, hanno probabilmente inciso maggiormente sull'evoluzione morfologica del Cellina: la costruzione dei pennelli e gli eventi di piena.

I pennelli hanno avuto un ruolo incisivo nello spostamento della conoide verso nord-ovest. Scarsa influenza hanno invece avuto lungo il tratto A del torrente pur essendo numerosi. Questo è forse imputabile alla troppa distanza che intercorre tra i pennelli stessi.

Per quanto riguarda gli effetti esercitati sull'alveo dagli eventi di piena è interessante notare come questi, negli ultimi cinquanta anni, siano stati influenzati dalla costruzione dello sbarramento di Ponte Antoi, che ha portato alla formazione del serbatoio di Barcis. A seguito di ciò, infatti, è possibile notare come vi sia una variazione negli eventi di piena, i quali non solo diminuiscono numericamente, ma diminuiscono anche per l'intensità della portata che non supera mai i 400mc/s, tranne qualche rara eccezione. Vi è una notevole variazione anche negli eventi di piena ordinari, si è evidenziato infatti come vi sia una netta diminuzione nella portata delle piene ordinarie. Questo fa dedurre che la formazione del serbatoio di Barcis ha un effetto di laminazione, ovvero di mitigazione non solo su eventi di piena "straordinari", ma anche su quelle che sono le piene ordinarie. Negli anni 1965, 1966 e 2002 non si ha avuto questo effetto di laminazione poiché il serbatoio di Barcis, alla fine dell'estate, anziché essere quasi a secco, come sarebbe dovuto essere, risultava quasi al massimo invaso, per cui non è stato possibile alcun effetto di mitigazione e ciò ha determinato il prodursi di eventi di piena particolarmente distruttivi.

Un altro effetto prodotto dalla costruzione dello sbarramento di Ponte Antoi è la diminuzione di trasporto solido che, unito alla forte escavazione avvenuta a metà del secolo XX, ha sicuramente influito pesantemente sulla morfologia dell'alveo attivo del Cellina riducendo l'apporto di sedimenti .

## 6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nel capitolo quarto è stata fatta un'analisi dei dati relativi alle modificazioni dell'alveo e nel capitolo quinto si è cercato di individuare in astratto alcune possibili cause che potrebbero averle determinate.

In questo capitolo si cercherà di istituire una correlazione più stringente tra le modificazioni riscontrate e le cause.

### 6.1 *Le variazioni della larghezza nel tratto A*

Cominciamo considerando il paragrafo 4. 1 ovvero quello in cui si considerano le variazioni di larghezza dell'alveo nel tratto A. L'allargamento che si riscontra nel 1833 è con molta probabilità attribuibile all'evento di piena sopra citato dell'anno 1829. Successivamente a questo periodo di allargamento si assiste ad un progressivo restringimento nonostante l'Ottocento sia stato un secolo interessato da diverse alluvioni alcune delle quali disastrose. Questo restringimento è con molta probabilità sia legato alla costruzione di due grandi deflettori di corrente, quelli del ponte Giulio, che alla disattivazione di alcune zone che nella cartografia del 1894 si presentano vegetate e non più alveo attivo.

Nel successivo periodo (1894-1948) non vi sono grandi variazioni della larghezza media dell'alveo attivo, ciò è attribuibile probabilmente al notevole aumento del numero dei pennelli. Questi possono, infatti, aver agito da buoni moderatori dell'impeto delle numerose piene riscontrate in quel cinquantennio, contribuendo a mantenere una certa uniformità di larghezza.

L'allargamento che si può notare nel 1957 è dovuto con molta probabilità a due eventi di piena piuttosto importanti verificatisi uno nel 1951 e l'altro nel 1953. Questi eventi hanno infatti portato alla riattivazione di due vaste aree: una all'altezza di Ponte della Cossana lungo la sponda sinistra e una all'altezza di Partidor lungo la sponda destra. Entrambe queste aree sono cartografate nel 1948 come vegetate.

Dal 1957 al 1986 si verifica un importante restringimento con molta probabilità attribuibile a due cause:

- 1) la costruzione della diga di Ponte Antoi che ha indotto sia la diminuzione del trasporto solido che la riduzione delle portate formative
- 2) la forte escavazione in alveo messa in atto in questi anni

## *6.2 Le variazioni dell'area e della posizione del conoide*

Nei paragrafi 4.2 e 4.3 si considerano le variazioni avvenute nella conoide in questi due secoli. La variazione dell'area è strettamente legata allo spostamento verso nord-ovest della conoide, per questo motivo in questo capitolo tratteremo i due fenomeni assieme.

Il grande spostamento dell'argine destro della conoide, che viene cartografato nel 1894, è quasi sicuramente attribuibile alla costruzione di due grandi pennelli lungo la sponda destra, uno a monte e uno a valle della strada che collega Vivaro con San Foca. Questi due pennelli, come è ben visibile dalla cartografia storica, hanno apportato una forte deviazione alla corrente naturale del torrente con conseguente spostamento del limite destro dell'alveo attivo verso ovest e riduzione dell'area occupata dall'alveo. Lo spostamento dell'argine destro indotto dal pennello si è riflesso, seppur con intensità minore, anche sull'altra sponda. Lo spostamento della sponda sinistra si spiega con la ricerca, da parte del torrente, di raggiungere nuovamente una condizione di equilibrio messa in discussione dalla costruzione delle suddette opere antropiche.

Nei successivi sessanta anni (1894- 1948) si nota invece un aumento della superficie occupata dalla conoide con contemporaneo aumento dello spostamento verso N-W della sponda sinistra e uno spostamento inverso e quindi verso S-E di quella destra, questa sponda subisce quindi una regressione rispetto allo stato raggiunto nel 1894. Questa inversione di tendenza nella prima metà del '900 è con forte probabilità attribuibile alle numerose piene che sono avvenute in quegli anni. La violenza di queste piene è stata tale che gli argini costruiti lungo la sponda destra all'altezza della croce di S.Foca non sono serviti, infatti sia nella cartografia del 1948 che in quella del 1957 si notano delle zone attive nell'area che doveva essere difesa dall'argine.

Ricapitolando, se nel tratto A in questa metà del secolo XX le opere antropiche hanno avuto un notevole impatto sulla morfologia dell'alveo riuscendo addirittura

a contrastare le numerose piene, nel tratto B le variazioni maggiori non si sono avute per cause antropiche ma naturali ovvero a causa delle suddette piene.

A causa della mancanza di dati cartografici non è possibile stimare gli effetti delle piene del 1965 e 1966 sulla morfologia della conoide. Sarebbe stato molto interessante avere dati in questo senso, ma purtroppo i dati in nostro possesso hanno un intervallo temporale di circa 30 anni, spostando le osservazioni all'anno 1986. Nel 1986 quello che si presenta è un alveo ridotto di circa il 10% rispetto al 1957. Da questo anno in poi si avrà una continua riduzione dell'area interessata dalla conoide. Durante questo periodo di riduzione è interessante notare che la sponda sinistra rimane pressoché invariata nella sua posizione, mentre quella destra subisce un forte spostamento verso N-W. Questo spostamento è attribuibile alla ricostruzione e fortificazione dell'argine del 1948. In concomitanza con l'effetto portato dalla costruzione del nuovo argine, in questo periodo, come già detto sopra, si ha una diminuzione degli eventi di piena. L'azione sinergica di questi due fattori è stata sicuramente determinante sulla morfologia della conoide del torrente Cellina.

### *6.3 Dinamica attuale dell'alveo (1999-2002)*

L'analisi delle zone disattivate, quindi non più interessate dal trasporto al fondo, evidenzia come la maggior parte di queste zone si trovi sulla sponda sinistra del torrente. Un'ipotesi potrebbe essere che il canale principale del torrente sia convergente più verso la destra idrografica che non verso la sinistra.

Il successivo ragionamento è stato fatto invece sulle zone erose e vedeva una maggiore percentuale di zone erose nuovamente sul lato sinistro anziché destro come ci si sarebbe aspettati di trovare. Una constatazione del genere induce a fare un ragionamento diametralmente opposto al precedente, ovvero che il canale principale del torrente converga verso sinistra e non verso destra come ipotizzato prima.

Nel tentativo di sanare questa contraddizione si è fatta una più attenta analisi delle foto aeree. Si è riscontrato che tra le zone interessate dall'erosione ce n'è una molto più grande rispetto alle altre, le quali presentano aree grossomodo uniformi, lungo la sponda sinistra. Un'analisi più attenta di questa area "anomala" ha

rivelato che l'area in questione è una ex cava, un'area quindi già spianata che non è stata erosa dalle acque della piena, ma che è stata solamente allagata e quindi da escludere dalle nostre analisi. Sono stati così rifatti tutti i calcoli omettendo l'area della zona suddetta, e il risultato ha messo in luce come la maggior parte delle zone erose fosse lungo la sponda destra passando dal 45,4% al 57,15% mentre le zone erose della sponda sinistra sono passate da un 54,6% a un 42,85%. Questi dati vengono ora ed essere in accordo con i dati sulle zone disattivate, confermando l'ipotesi di una maggior convergenza verso la destra idrografica del canale principale del torrente.

#### *6.4 L'evoluzione del torrente Cellina a confronto con altri corsi d'acqua italiani*

E' interessante, infine, fare una breve comparazione tra i risultati ottenuti in questo studio sul torrente Cellina e quelli ottenuti da altri studi su fiumi italiani.

Se si analizzano le pubblicazioni esistenti si può constatare come: l'abbassamento del fondo, il restringimento e la variazione di configurazione dell'alveo siano tra le variazioni morfologiche più comuni verificatesi nei fiumi italiani. Nel caso del Cellina sono stati approfonditi il secondo e il terzo aspetto.

Il restringimento dell'alveo è un fenomeno notato in diversi fiumi italiani, anche se non in tutti è stato quantificato. Tra i fiumi documentati abbiamo il fiume Piave che si è ristretto del 58-70% , poi vi sono numerosi fiumi del Piemonte che hanno visto un restringimento del loro alveo attivo in media del 50-70%, ma qualche fiume ha raggiunto anche il 90% e infine alcuni fiumi della Toscana il cui restringimento presenta una forte variabilità, si passa infatti dal 10% all'80% (Rinaldi e Surian; 2005). Negli ultimi anni alcuni di questi fiumi quali: Brenta , Piave e Tagliamento hanno però presentato un'inversione di tendenza, mostrando un allargamento dell'alveo attivo (Surian; 2006). Nel caso del torrente Cellina vi è stato un restringimento di circa il 45-50%, ma negli anni recenti, come per i fiumi suddetti, si è riscontrato un leggero allargamento. L'andamento nel tempo della larghezza di questo torrente non presenta, quindi, caratteri di eccezionalità, ma rientra perfettamente in un trend evolutivo evidenziato per molti fiumi italiani.

Il terzo aspetto riguarda la variazione della configurazione dell'alveo. Per fiumi a canali intrecciati, consiste o in una diminuzione del grado di intrecciamento o addirittura nel passaggio ad una morfologia di tipo "wandering" ovvero una forma transizionale tra quella meandriforme, e quella a canali intrecciati. Tra i fiumi che hanno subito una riduzione di grado di intrecciamento vi sono il Piave, il Brenta e il Tagliamento (Surian; 2006). Nel caso del Cellina la configurazione è rimasta invariata, ossia a canali intrecciati, ma non è stato possibile valutare il grado d'intrecciamento in quanto l'alveo risultava asciutto, o quasi completamente asciutto, nella maggior parte dei documenti utilizzati (cartografia e foto aeree).

In ultimo è interessante evidenziare un aspetto che differenzia il torrente Cellina da molti altri fiumi italiani. Nella maggior parte dei fiumi italiani le variazioni dell'alveo sono state determinate da una diminuzione del trasporto solido (Surian e Rinaldi, 2004). Per il Cellina, sembrerebbe aver avuto un ruolo importante non solo la variazione nel regime del trasporto solido, ma anche la variazione nel regime dei deflussi determinata dalla diga di Antoi (laminazione delle piene formative).

## **BIBLIOGRAFIA**

AA.VV., 2003, Cava da ampliare: si allarga il fronte dei contrari. *Messaggero Veneto*, 26 Agosto 2003 p. 7.

AA.VV. 2006, Decreto del direttore del servizio valutazione impatto ambientale, 27 gennaio 2006 n. ALP/11/66/VIA/231. *Bollettino ufficiale della regione autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste*, 15 febbraio 2006, pagina 52 e seg..

AA.VV., 1998, ESRI Shapefile Technical Description. An ESRI White Paper— July 1998 Copyright © 1997, Environmental Systems Research Institute, Inc. Printed in the United States of America.

AA.VV., 2003, Progetto del piano di stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Livenza, redatto a cura della segreteria tecnico-operativa dell'autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione. Venezia.

AA.VV., 2001, Piano di stralcio per la sicurezza idraulica del medio e basso bacino del Livenza-sottobacino del Cellina-Meduna, redatto a cura della segreteria tecnico-operativa dell'autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione. Venezia.

Avigliano R., Monegato G., Zanolla S., Michelutti G., Mozzi P., 2002, Confronto tra informazioni geologiche e pedologiche sul conoide del Cellina (Friuli, Italia). *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*, 15(1), 99-104.

Avigliano R., Calderoni G., Monegato G., Mozzi P., 2002, The late Pleistocene-Holocene evolution of the Cellina and Meduna alluvial fans (Friuli, NE Italy). *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 133-139, 3 ff.

Berti, Ghetti, Scardellato; 1968, Studio per la sistemazione del bacino del fiume Livenza. Provincia di Treviso e Regione Friuli Venezia Giulia.

Bianco F., 1994, Le terre del Friuli. La formazione dei paesaggi agrari in Friuli tra il XV e il XIX secolo. Verona.

Bondesan A., Meneghel M. (a cura di), 2004, Geomorfologia della provincia di Venezia, Note Illustrative della Carta Geomorfologia della Provincia di Venezia. Esedra editrice.

Braidot A., 2003, Relazione sulle piene del novembre 2002. Cinque Fiumi Rivista quadrimestrale dell'autorità di bacino dei fiumi; Gangemi editore, anno II- n. 2-3/2003

Comel A., 1956, Monografia sui terreni della pianura friulana. III. Genesi della pianura occidentale costruita dal Meduna , Dal Cellina e da corsi d'acqua minori. N. Ann. Ist. Chim. Agr. Sperim. Gorizia.

Consorzio di bonifica pedemontano sinistra Piave, 2004, Ampliamento e regimazione cassa di espansione Prà dei Gai per la laminazione delle piene del Livenza alla confluenza col Meduna: progetto preliminare. Codognè.

Del Frate L., 2003, Saranno estratti un milione e mezzo di metri cubi di ghiaia da utilizzare per i lavori di completamento della A-28. Le grandi pulizie anti-alluvioni. Dopo oltre quarant'anni via allo sghiaimento alla confluenza Cellina-Meduna. Il Gazzettino, 7 Agosto 2003.

Hughes M.L., McDowell P. F., W. Andrew Marcus, 2006, Accuracy assessment of georectified aerial photographs: Implications for measuring lateral channel movement in a GIS. *Geomorphology* 74, pp. 1-16.



Meneghel R., 2006, *Competenze, dal Regno d'Italia alla Regione Veneto. Ricerche e proposte sulle cave del Veneto*. Fondazione Benetton Studi Ricerche, Treviso.

Pavan C. Editore, 2001, *Lo sfruttamento idroelettrico di Tagliamento, Cellina, Isonzo*. Treviso.

Rinaldi M., Surian N., 2005, *Variazioni morfologiche ed instabilità di alvei fluviali: metodi ed attuali conoscenze sui fiumi italiani*. In Brunelli M., Farabollini P. (a cura di) *Giornate di studio «Dinamica fluviale»* (Grottammare 14 e 15 giugno 2002), tipolitografia, Bellabarba, pp. 203-238.

Rossi M., 2007, *L'officina della Kriegskarte. Anton von Zach e le cartografie degli stati veneti, 1796-1805*. Treviso.

Surian N., Rinaldi M. 2004, *Channel adjustments in response to human alteration of sediment fluxes: examples from Italian rivers*. In *Sediment Transfer through the Fluvial System, Proceedings of a symposium held in Moscow*, pp. 276-282.

Surian N., 2006. *Effects of human impact on braided river morphology: examples from Northern Italy*. In: Sambrook Smith G. H., Best J. L., Bristow C. & Petts, G. E. (eds.), *Braided Rivers, IAS Special Publication 36*, Blackwell Science, 327-338.

Surian N., Rinaldi M. 2003, *Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy*. *Geomorphology* 50, pp. 307–326.

Zenari S., 1926, *Studio geo-idrologico del bacino del Cellina*. Uff. Idrogr. R. Magistrato Acque Venezia, 139pp., Padova.