

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di Laurea in Riassetto del Territorio e Tutela del Paesaggio

Dinamica delle isole fluviali del Fiume Brenta tra Nove e Fontaniva

Relatore:

Prof. Mario A. Lenzi

Correlatore:

Dott. Lorenzo Picco

Laureando: BOTTAZZO FABIO
Matricola n. 615065

ANNO ACCADEMICO 2012 - 2013

Ai miei genitori

RIASSUNTO

Lo scopo di questa ricerca è quello di eseguire un'analisi sulla dinamica delle isole fluviali riguardanti il fiume Brenta, nel tratto che va da Nove (VI) a Fontaniva (PD).

Il fiume Brenta (area del bacino di circa 2280 km²), è uno dei sistemi fluviali di maggior interesse del Trentino-Alto Adige e del Veneto; il tratto analizzato ha una lunghezza di circa 17 km e si trova in una posizione intermedia fra la pianura e la fascia pedemontana.

Il regime delle portate e l'apporto dei sedimenti in questo fiume sono stati considerevolmente alterati dalla presenza di dighe per la produzione di energia elettrica, cave di estrazione, opere di controllo idraulico, cambiamenti dell'uso del suolo.

Per studiare le variazioni che si sono succedute nel tempo si è eseguita una ricostruzione storica dal 1981 al 2008 con l'ausilio di fotografie aeree.

Le caratteristiche che si sono analizzate con il software GIS (Esri ArcGIS 9.3), tramite l'applicazione ArcMap, sono l'estensione dell'alveo attivo e l'accrescimento di superficie e numerosità delle diverse tipologie di isole fluviali (pioniere, giovani, stabili).

I risultati ottenuti indicano come nel corso degli anni considerati vi siano stati delle variazioni considerevoli.

Nel fiume Brenta c'è stata una marcata tendenza alla diminuzione dell'estensione dell'alveo attivo; solamente a seguito dell'aumento della magnitudo e della frequenza degli eventi di piena, negli ultimi 20 anni è stato possibile osservare una generale inversione di tendenza.

Questi eventi di piena insieme alle riduzioni delle attività estrattive hanno portato le isole fluviali a maturare e stabilizzarsi, portandole in certi casi anche a fondersi con la vegetazione ripariale.

ABSTRACT

The aim of this research is to make an analysis about the dynamics of river islands of the Brenta river between Nove (VI) and Fontaniva (PD).

The Brenta river (drainage area around 2280 km²), is one of the most interesting river system of the Trentino-Alto Adige and Veneto; the study tract is, mainly, 17 km long, and represents the intermediate course of the river between the plain and foothills.

Brenta river has been affected by many anthropic interventions, whose main goal was the production of hydroelectric energy and the materials extraction. These changes caused important variations in the hydraulic regime, in the liquid discharged and in the solid transport.

To document these changes, an historical analysis was performed using aerial photographs.

The characteristics analyzed by a GIS software (Esri ArcGIS 9.3) are the extension of the active channel and the expansion of the surface and number of different types of river islands (pioneer, young, stable).

The results indicates remarkable changes occurred during the period studied.

Brenta river has been a marked decrease tendency of the active channel; in the last 20 years, just subsequently to the increase flood events, is possible see an increase in the active channel extensions.

These flood events with the reduction of mining activities allowed islands to mature and stabilize them, and sometimes to fuse them with perfluvial vegetation.

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1 MORFOLOGIA FLUVIALE	1
1.1.1 Elementi del sistema fluviale	2
1.1.2 Classificazione morfologica secondo Billi (1994)	8
1.1.3 Vegetazione in alveo e isole fluviali	14
2. OBIETTIVI	18
3. AREA DI STUDIO	19
3.1 Caratteristiche idrografiche del fiume Brenta	19
3.2 Cenni geolitologici e pedologici	21
3.3 Aspetti climatici	21
3.4 Effetti antropici	22
3.5 Tratto di studio del Fiume Brenta	24
4. MATERIALE E METODO	26
4.1 Fotogrammetria	26
4.2 Ortofoto digitale	28
4.3 ESRI ArcGIS	30
5. RISULTATI	33
5.1 Analisi della variazione dell'alveo attivo	33
5.2 Analisi percentuale delle isole fluviali	34
5.3 Variazione della numerosità delle isole fluviali in relazione all'estensione dell'alveo attivo	41
5.4 Variazione dell'estensione dell'area delle isole fluviali in relazione all'estensione dell'alveo attivo	42
6. DISCUSSIONI	44
7. CONCLUSIONI	46
BIBLIOGRAFIA	47

INDICE DELLE FIGURE

- Figura 1.1: Esempio di una sezione trasversale e di una vista planimetrica dove è possibile distinguere il letto di magra (<i>baseflow</i>), l'alveo a piene rive (<i>bankfull</i>) e la pianura inondabile (<i>floodplain</i>) (Picco, 2010)	3
- Figura 1.2: Tipologie di barre fluviali: 1 - barre laterali; 2 - barre di meandro; 3 - barre di confluenza; 4 - Barre longitudinali; 5 - barre a losanga; 6 - barre diagonali; 7 - onde di sabbia o dune (Picco, 2010)	4
- Figura 1.3: Barra laterale sul torrente Fanes (BL) (da Lenzi <i>et al.</i> , 2000)	5
- Figura 1.4: Profilo longitudinale e planimetria della sequenza a <i>step-pool</i> (Lenzi <i>et al.</i> , 2000)	6
- Figura 1.5: Esempio di terrazzo fluviale (Picco, 2010)	7
- Figura 1.6: Rappresentazione schematica dei processi d'erosione e sedimentazione, dell'andamento del filone della corrente e della sezione del canale di un meandro (Marchetti, 2000)	8
- Figura 1.7: Principali configurazioni d'alveo (modificato da Billi, 1994)	9
- Figura 1.8: Tratto di corso d'acqua rettilineo (Lenzi, 2011)	10
- Figura 1.9: Tratto di corso d'acqua a canali intrecciati (Lenzi, 2011)	11
- Figura 1.10: Tratto di corso d'acqua pseudomeandriforme (Lenzi, 2011)	12
- Figura 1.11: Tratto di corso d'acqua meandriforme (Lenzi <i>et al.</i> , 2000)	13
- Figura 1.12: Tratto di corso d'acqua anastomizzato (Lenzi, 2011)	14
- Figura 3.1: Carta idrografica schematica del bacino montano del Brenta (da Tonini M., Pulselli U. in A.A.V.V., 1981, modificata)	20
- Figura 3.2: Localizzazione del fiume Brenta e del tratto di studio	24
- Figura 3.3: Mosaico 2003 con evidenziato l'alveo attivo	25
- Figura 4.1: Ortofoto 2008	29
- Figura 4.2: Ortofoto con individuate le isole fluviali, per tipologia (pioniere, giovani, stabili), e l'alveo attivo	31
- Figura 4.3: Ortofoto con individuate delle isole pioniere	31
- Figura 4.4: Ortofoto con individuata un'isola giovane	32
- Figura 4.5: Ortofoto con individuate delle isole stabili	32
- Figura 5.1: Variazione dell'estensione dell'alveo attivo dal 1981 al 2008	33

- Figura 5.2: Portate massime annuali registrate lungo il tratto di studio dal 1981 al 2008	34
- Figura 5.3: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 1981	35
- Figura 5.4: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 1981	35
- Figura 5.5: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 1990	36
- Figura 5.6: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 1990	37
- Figura 5.7: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 1999	37
- Figura 5.8: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 1999	38
- Figura 5.9: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 2003	39
- Figura 5.10: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 2003	39
- Figura 5.11: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 2008	40
- Figura 5.12: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 2008	41
- Figura 5.13: Numerosità delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo	42
- Figura 5.14: Area delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo	43

INDICE DELLE TABELLE

- Tabella 4.1: Caratteristiche tecniche delle serie di immagini aeree utilizzate per lo studio.	29
- Tabella 5.1: Aree dell'alveo attivo	33
- Tabella 5.2: Numerosità delle isole fluviali nel 1981	34
- Tabella 5.3: Area delle isole fluviali nel 1981	35
- Tabella 5.4: Numerosità delle isole fluviali nel 1990	36
- Tabella 5.5: Area delle isole fluviali nel 1990	36
- Tabella 5.6: Numerosità delle isole fluviali nel 1999	37
- Tabella 5.7: Area delle isole fluviali nel 1999	38
- Tabella 5.8: Numerosità delle isole fluviali nel 2003	38
- Tabella 5.9: Area delle isole fluviali nel 2003	39
- Tabella 5.10: Numerosità delle isole fluviali nel 2008	40
- Tabella 5.11: Area delle isole fluviali nel 2008	40
- Tabella 5.12: Numerosità delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo	41
- Tabella 5.13: Area delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo	43

1.INTRODUZIONE

In questi ultimi anni le isole fluviali e i detriti legnosi sono oggetto di molti studi, perché all'interno dell'ambiente fluviale portano alla nascita di nuovi ecosistemi e causano la formazione di barriere che, in caso di piene, potrebbero modificare la morfologia fluviale.

MORFOLOGIA FLUVIALE

La geomorfologia fluviale è quella branca delle Scienze della Terra che studia e interpreta le forme della superficie terrestre d'origine fluviale (Marchetti, 2000).

Scopo fondamentale di questa disciplina è, quindi, lo studio dei processi di produzione, flusso ed immagazzinamento di sedimenti nel bacino idrografico e nell'alveo fluviale su scala temporale breve, media e lunga, e delle forme risultanti in alveo e nella piana inondabile (Sear *et al.*, 2003).

Le dimensioni di queste forme, pur variando per unità di paesaggio, mantengono rapporti relativamente costanti nel tempo e contribuiscono a realizzare una configurazione d'alveo con caratteristiche proprie e univoche (Billi, 1995).

Non esistono limiti netti tra le varie tipologie morfologiche, ma piuttosto un passaggio continuo da una forma all'altra (Lenzi *et al.*, 2000).

Dal momento che sono molti gli elementi che concorrono alla definizione della morfologia di un corso d'acqua, risulta spesso necessario identificare le configurazioni d'alveo attraverso parametri indicativi, tra cui:

- Trasporto solido totale: si considerano fondamentalmente le due componenti del trasporto al fondo e di quello in sospensione (Lenzi *et al.*, 2000);
- Granulometria: la valutazione della composizione granulometrica del materiale d'alveo dei corsi d'acqua è di notevole importanza nelle indagini aventi per oggetto il trasporto solido, la resistenza al moto o all'erosione, l'ambiente acquatico e la valutazione di eventuali modifiche della forma e del profilo del fiume (Lenzi *et al.*, 2000);
- Rapporto larghezza/profondità: descrive le dimensioni e il fattore di forma come rapporto tra la larghezza del canale da ripa a ripa e la relativa profondità media (Rosgen, 1994);
- Larghezza al *bankfull*: rappresenta la larghezza del pelo libero corrispondente al valore della portata a piene rive (Rosgen, 1994);
- Pendenza: è uno degli elementi di maggiore importanza nella determinazione delle caratteristiche idrauliche, morfologiche e biologiche di un corso d'acqua (Lenzi *et al.*, 2000);

- Profilo longitudinale: è usato come supporto per la suddivisione dei fiumi in categorie collegate alla pendenza, le quali riflettono la tipologia morfologica (Lenzi *et al.*, 2000);
- Sezione trasversale: la forma della sezione trasversale dà indicazione sul modo in cui un canale è inciso in una valle; si possono anche trarre informazioni concernenti pianure alluvionali come pure si può prendere visione dell'aspetto dimensionale dell'alveo (Lenzi *et al.*, 2000);
- Planimetria: illustra in che modo un corso d'acqua defluisce all'interno del proprio bacino idrografico, evidenziandone l'andamento unicursale o pluricursale, la relativa sinuosità, la presenza di meandri, di isole e di barre laterali o mediane (Lenzi *et al.*, 2000).

1.1.1 Elementi del sistema fluviale

Un corso d'acqua è caratterizzato nell'insieme dalla presenza di vari elementi strettamente connessi alle dinamiche del fiume. Il sistema fluviale non è limitato alle sole aree prossime all'alveo, bensì comprende tutte le porzioni di territorio che subiscono l'azione del corso d'acqua o ne sono state influenzate in passato. La forma planimetrica del corso d'acqua è determinata da una combinazione di forme che si assemblano e si succedono sia in senso laterale che longitudinale (Rinaldi *et al.*, 2010).

Le principali forme fluviali sono di seguito descritte:

Alveo

L'insieme dei canali, delle barre e delle isole costituiscono l'alveo. I limiti dell'alveo possono essere ben definiti dalle sponde, ma possono talvolta risultare morfologicamente più sfumati, nel caso ad esempio di passaggio graduale tra alveo e piana inondabile. In questo ultimo caso la distinzione fra alveo e piana inondabile si basa su evidenze topografiche, sedimentologiche e vegetazionali. Il limite dell'alveo si fa coincidere con il cosiddetto livello ad alveo pieno (o di *piene rive*, o *bankfull* in letteratura anglosassone), cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione al di fuori delle sponde (Surian *et al.*, 2009).

Canale (*Channel bed*)

Il corso d'acqua può essere caratterizzato dalla presenza di un canale unico (alveo a canale singolo o monocursale) o di più canali (alveo a canali multipli o pluricursale). Possono essere inoltre

presenti canali secondari ai margini dell'alveo, all'interno della piana inondabile o sul lato interno di una barra (canali di taglio) (Rinaldi *et al.*, 2010).

Piana alluvionale (Floodplain)

In prossimità dell'alveo (ovvero l'insieme dei canali e delle barre) è normalmente presente una piana inondabile (*floodplain*) (Fig. 1.1), definibile come una superficie pianeggiante adiacente al corso d'acqua e costruita da sedimenti trasportati nelle attuali condizioni di regime (Leopold *et al.*, 1964; Nanson & Croke, 1992).

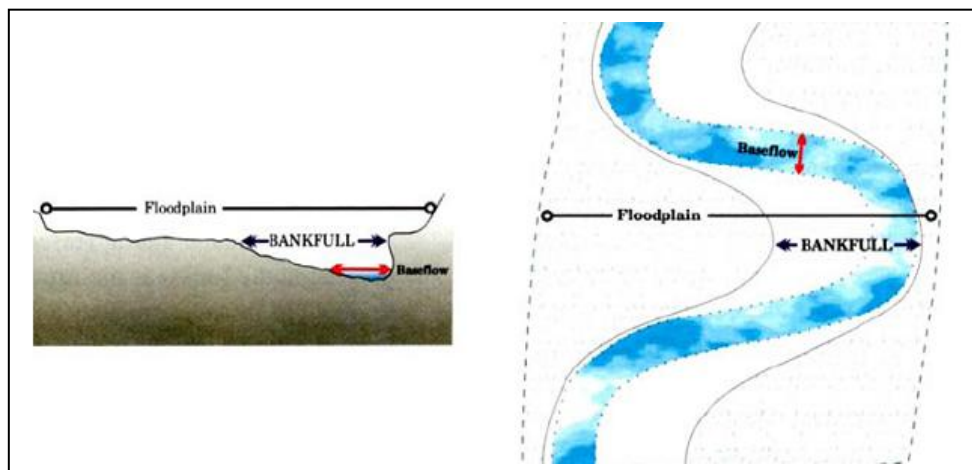


Figura 1.1: Esempio di una sezione trasversale e di una vista planimetrica dove è possibile distinguere il letto di magra (baseflow), l'alveo a piene rive (bankfull) e la pianura inondabile (floodplain) (Picco, 2010)

Barre (Bar)

Le superfici deposizionali tipiche di alvei a fondo mobile che ne caratterizzano fortemente la morfologia sono le barre, costituite da sedimenti analoghi a quelli presenti sul fondo, ma emersi per gran parte dell'anno. Si tratta di forme estremamente dinamiche in occasione degli eventi di piena tali da determinare un trasporto solido al fondo (Rinaldi *et al.*, 2010).

Lo spostamento delle barre avviene sia per distruzione e rigenerazione sia per migrazione (erosione a monte ed accrescimento sottocorrente). La loro mobilità è, in alcuni casi, ridotta dalla presenza della vegetazione ed è comunque subordinata alla posizione occupata in alveo (Lenzi *et al.*, 2000).

Le barre più frequentemente sommerse, formate da materiale grossolano con vegetazione scarsa o assente, sono soggette a movimenti dei sedimenti da parte della corrente, la quale non consente lo sviluppo di vegetazione sulla sua superficie. Una barra non vegetata è detta anche barra attiva. Nelle barre più stabili, essendo più elevate, prevalgono in superficie i sedimenti più fini che

favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale. A sua volta questa contribuisce fortemente a stabilizzare la barra stessa aumentando la resistenza al moto e quindi diminuendo la velocità del flusso al di sopra di essa, favorendo in tal modo l'ulteriore deposizione di sedimento fine, secondo un processo di *feedback* positivo (Lenzi, 2011).

Esistono varie tipologie di barre, le quali risultano in genere strettamente legate al tipo di morfologia fluviale (Fig. 1.2).

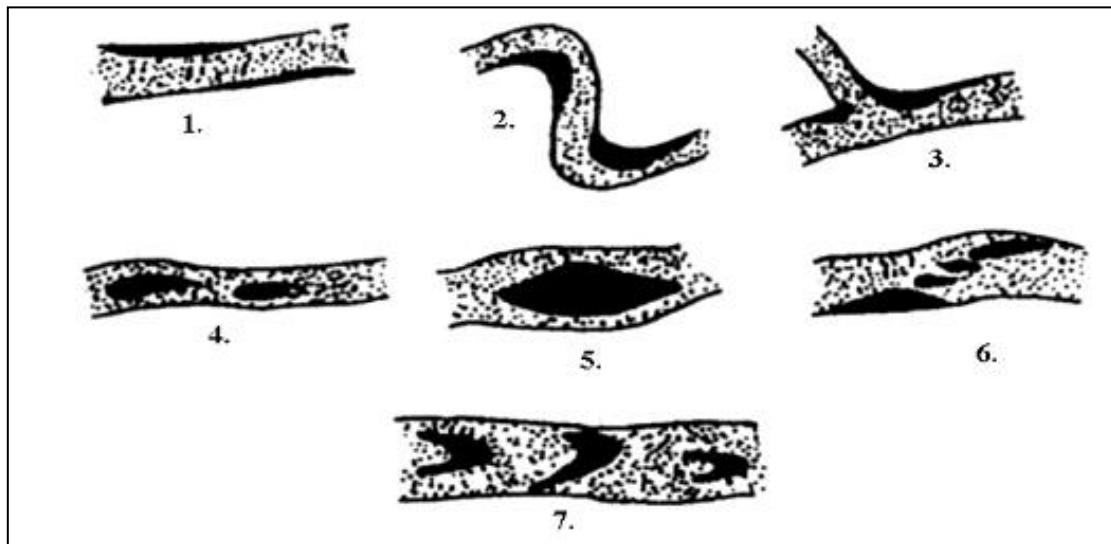


Figura 1.2: Tipologie di barre fluviali: 1 - barre laterali; 2 - barre di meandro; 3 - barre di confluenza; 4 - Barre longitudinali; 5 - barre a losanga; 6 - barre diagonali; 7 - onde di sabbia o dune (Picco, 2010)

Le barre laterali alternate sono tipiche di fiumi rettilinei o a bassa sinuosità (Fig. 1.3); le barre di meandro invece sono tipiche di fiumi con una sinuosità più marcata, e tendono a formarsi nella parte interna delle curve dove il flusso è caratterizzato da un'energia più bassa; le barre longitudinali e quelle a losanga sono invece tipiche dei fiumi a canali intrecciati (Picco, 2010).



Figura 1.3: Barra laterale sul torrente Fanes (BL) (da Lenzi et al., 2000)

Isole (Island)

Le *isole* sono superfici più stabili rispetto le barre, emergenti anche in condizioni di portate formative (portate a piene rive o di *bankfull*) che presentano vegetazione pluriennale arborea ed arbustiva (Thorne, 1997; Gurnell et al., 2005).

Raschi (Riffle)

I raschi sono “alti” topografici nel profilo longitudinale di un alveo, generati da processi prevalentemente deposizionali, e possono essere considerati anche come macro-forme di fondo. Sono formati da clasti piuttosto grossolani (piccoli massi e ciottoli) con struttura imbricata. Il sedimento fine (sabbia) invece è poco o assente del tutto. Sono presenti in moltissime tipologie di corsi d’acqua, specialmente ghiaiosi, eccetto in quelli a pendenza molto elevata (>3-5%), dove si formano veri e propri gradini (*steps*) (Lenzi, 2011).

Durante le fasi di morbida e magra, in virtù del locale incremento di pendenza del fondo, sono caratterizzati da tiranti minori e velocità maggiori rispetto agli elementi fluviali adiacenti (*pool*). Durante fasi di piena anche ordinarie, il profilo del pelo libero diviene più uniforme, e minori sono le differenze di velocità (Lenzi, 2011).

Salti (Step)

Si distinguono tra *step* che possono formarsi dalla corrente stessa, i quali rappresentano una struttura deposizionale per alcuni versi analoga ai *riffle*, e quelli determinati da fattori non alterabili dalla corrente, almeno in tempi brevi, quali affioramenti rocciosi (*rock step*) o tronchi

d'albero (*log step*). Quindi una cascata può essere vista come un grande *rock step*. Tutte le tipologie di salti si trovano in corsi d'acqua montani, dove la granulometria dell'alveo presenta elementi di grandi dimensioni che possono andare a formare gli *step*, così come sono frequenti gli affioramenti del substrato roccioso e la presenza di materiale legnoso di grosse dimensioni (Lenzi, 2011).

Pozze (Pools)

Sono zone dell'alveo che presentano tiranti idrici maggiori rispetto alle zone adiacenti, quali *riffle* o *step*. Derivano dall'azione di erosione localizzata causata da una corrente in eccesso di energia rispetto alle condizioni medie di pendenza. L'idrodinamica e la forma dei *pool* sono dominate dall'instaurarsi di correnti secondarie (vortici ad asse verticale ed orizzontale) a seguito dei forti gradienti di velocità originati da un disturbo della corrente posto immediatamente a monte, quale uno scivolo roccioso, uno *step*, un *riffle* o una barra (Fig. 1.4). Gli sforzi di taglio derivanti sono causa di forte dissipazione energetica (Lenzi, 2011).

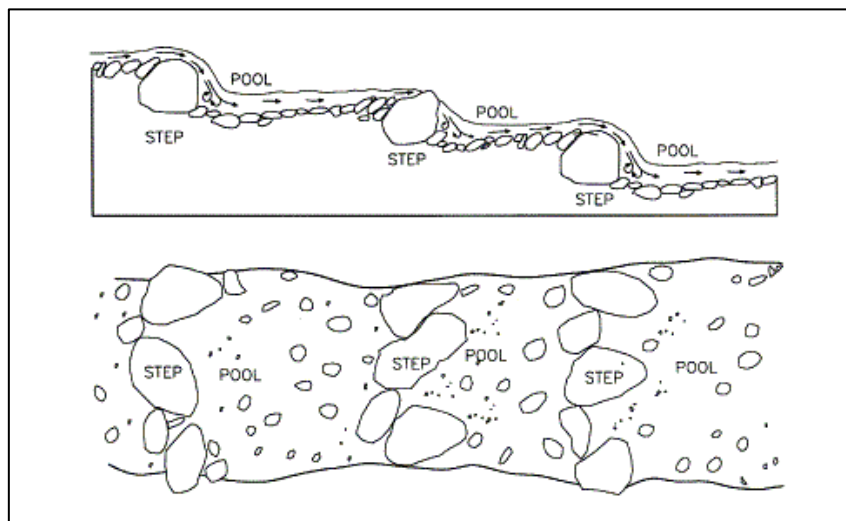


Figura 1.4: Profilo longitudinale e planimetria della sequenza a step-pool (Lenzi et al., 2000)

Terrazzo (Terrace)

Superficie non costruita dal fiume nelle sue attuali condizioni di regime, rimasta topograficamente più in alto dell'attuale piana inondabile a causa di un abbassamento dell'alveo (Fig. 1.5). In base ai meccanismi di generazione, si distinguono terrazzi di origine climatica (tipici quelli glaciali) e antropica (a causa di escavazioni, dighe, sistemazioni idraulico-forestali) (Surian et al., 2009).



Figura 1.5: Esempio di terrazzo fluviale (Picco, 2010)

Scarpate (Channel shelf) e Argini

Sono superfici con una certa inclinazione o veri e propri salti di quota che separano le diverse forme fluviali. Le prime si originano per effetto dell'erosione fluviale mentre gli argini costituiscono una particolare forma di aggradazione fluviale, dovuta alla tracimazione delle acque dal letto ordinario, durante particolari eventi (Marchetti, 2000).

Meandri

Possono essere definiti come una regolare successione di anse che si formano, se le sponde sono erodibili, in un corso d'acqua ad andamento planimetrico sinuoso (Lenzi, 2011).

L'erosione nella sponda concava avviene per scalzamento al piede della sponda stessa, così che periodicamente si staccano vere e proprie frane che modellano il pendio, secondo acclività elevate. Al contrario la sponda convessa è caratterizzata dalla presenza di barre di accrescimento, ben riconoscibili anche quando non attive e contraddistinte da basse inclinazioni di pendio. Le profondità maggiori nel canale sono perciò localizzate in prossimità della sponda concava. I sedimenti erosi lungo la sponda concava tendono a mantenersi in movimento sullo stesso lato del flusso e conseguentemente subiscono rideposizione, ove ne sussistono le condizioni, nella successiva ansa di meandro dove la riva da concava diviene convessa (Fig. 1.6) (Marchetti, 2000).

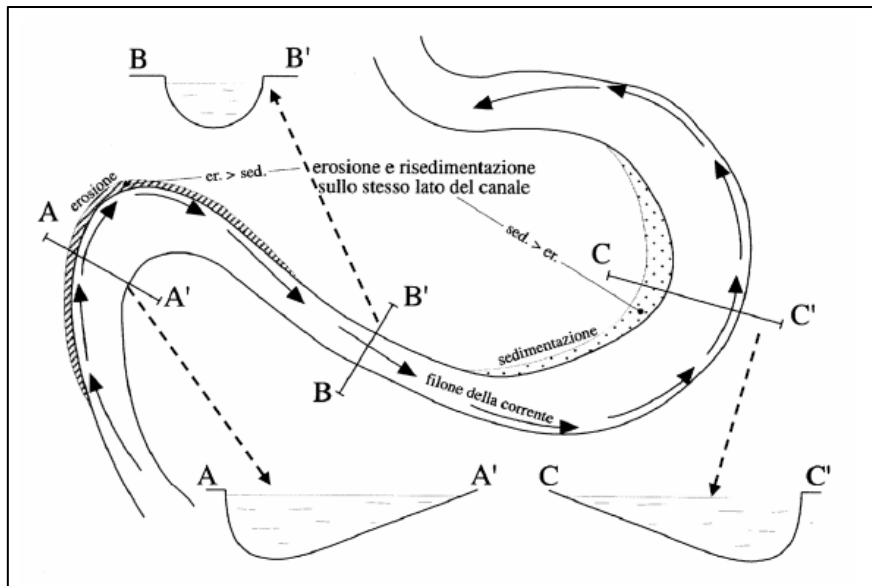


Figura 1.6: Rappresentazione schematica dei processi d'erosione e sedimentazione, dell'andamento del filone della corrente e della sezione del canale di un meandro (Marchetti, 2000)

1.1.2 La classificazione morfologica secondo Billi (1994)

Nella letteratura internazionale sono stati introdotti numerosi criteri per classificare i corsi d'acqua montani, pedemontani e di pianura.

Per descrivere bene le caratteristiche geometriche che si susseguono nel fiume Brenta durante il suo corso, si è utilizzata la classificazione di Billi (1994); secondo questa, le diverse tipologie morfologiche dei corsi d'acqua si possono raggruppare in cinque configurazioni d'alveo principali (Fig. 1.7):

- Corsi d'acqua rettilinei;
- Corsi d'acqua pluricursali a canali intrecciati;
- Corsi d'acqua pseudomeandriformi;
- Corsi d'acqua meandriformi;
- Corsi d'acqua anastomizzati.

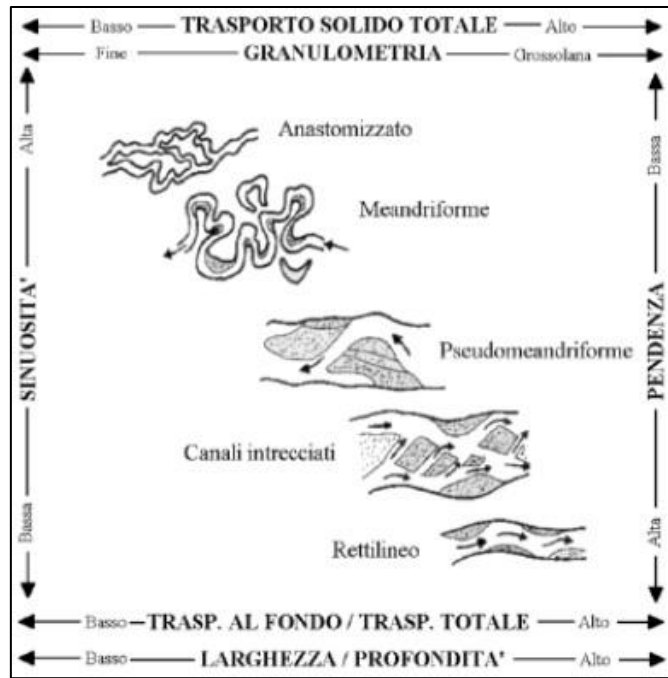


Figura 1.7: Principali configurazioni d'alveo (modificato da Billi, 1994)

Corsi d'acqua rettilinei (*straight rivers*)

Sono corsi d'acqua piuttosto rari in natura, in quanto generalmente non si riscontrano tratti rettilinei di lunghezza superiore a dieci volte la larghezza dell'alveo; si formano prevalentemente nelle zone montane dove le pendenze sono elevate (> 3-5%) e forte è l'alimentazione di sedimenti grossolani (ghiaia, ciottoli e massi) (Lenzi *et al.*, 2000) (Fig. 1.8).

I corsi d'acqua rettilinei di montagna presentano valori di sinuosità, cioè del rapporto fra la lunghezza reale di un tratto di un fiume e la lunghezza dello stesso tratto considerato in linea retta, prossimi a 1. Occupano lo stretto fondo di valli a V e possiedono una piana alluvionale poco sviluppata, e in essi sono comuni gli affioramenti rocciosi (Lenzi *et al.*, 2000).



Figura 1.8: Tratto di corso d'acqua rettilineo (Lenzi, 2011)

Corsi d'acqua pluricursali a canali intrecciati (*braided rivers*)

Sono piuttosto comuni e si sviluppano in diversi tipi di ambienti: periglaciali, semi-aridi, alpini, ecc. (Lenzi, 2011).

La loro formazione è favorita da condizioni di alta energia con forte pendenza del fondovalle, da portate molto variabili, da abbondante alimentazione e disponibilità di sedimenti, da elevata quantità di materiale trasportato al fondo e da sponde non coesive. In genere hanno un rapporto fra lunghezza e profondità superiore a 40 ed una pendenza inferiore al 4 % (Lenzi *et al.*, 2000).

In questi fiumi (*braided*) durante i periodi di magra si possono identificare due o più canali, che si intrecciano ripetutamente, separati da barre longitudinali o da isole a forma di losanga. L'intreccio dei canali si estende su un'ampia porzione di territorio, occupando la piana alluvionale delimitata, in genere, da terrazzi ben incisi e da depositi più antichi. L'alveo si snoda così con bassi indici di sinuosità ed è tipicamente caratterizzato da canali poco incavati (Billi, 1994) (Fig. 1.9).



Figura 1.9: Tratto di corso d'acqua a canali intrecciati (Lenzi, 2011)

Negli idrosistemi *braided* si osservano due tipi di barre differenziate altimetricamente. Quelle più basse e continuamente soggette a fenomeni di sommersione, erosione e/o accrezione anche durante piene ordinarie, e quelle più alte e stabili raggiunte dall'acqua soltanto in concomitanza di eventi di piena con tempo di ritorno apprezzabili. Le caratteristiche che più differenziano le barre sono la pezzatura del materiale e la presenza di vegetazione: materiale più grossolano con vegetazione scarsa o assente in quelle basse ed instabili e, viceversa, materiale di diametro più contenuto con vegetazione diffusa in quelle più alte (isole). La presenza di vegetazione sulle barre più elevate determina, in particolare, un aumento della scabrezza e, conseguentemente, un rallentamento della corrente ed un incremento del tirante; queste condizioni favoriscono la sedimentazione di materiale fine ed un'ulteriore stabilizzazione della barra. (Lenzi *et al.*, 2000).

Una caratteristica peculiare dei fiumi a canali intrecciati è la notevole differenza tra l'alveo di magra e quello di piena ordinaria. In concomitanza delle portate di magra si mantiene una configurazione a canali intrecciati mentre, con portate più elevate, il deflusso va ad interessare l'intero alveo (Lenzi *et al.*, 2000).

Legati all'evoluzione dell'alveo nel corso degli eventi di piena sono anche degli ampi e frequenti spostamenti tanto delle barre quanto dei canali, i quali, a loro volta, possono essere abbandonati per periodi più o meno lunghi per poi essere riempiti nuovamente grazie ad un aumento della portata. Lo spostamento delle barre avviene sia per distruzione e rigenerazione sia per migrazione (erosione a monte ed accrescimento sottocorrente). La loro mobilità è, in alcuni casi, ridotta dalla

presenza della vegetazione ed è comunque subordinata alla posizione occupata in alveo (Lenzi *et al.*, 2000).

Corsi d'acqua pseudomeandriformi (*wandering rivers*)

Sono una categoria intermedia tra i fiumi *braided* e quelli meandriformi (Fig. 1.10).



Figura 1.10: Tratto di corso d'acqua pseudomeandriforme (Lenzi, 2011)

Sono sistemi fluviali a bassa o media sinuosità (intorno ad 1,3-1,5); sono tipicamente costituiti da barre laterali alternate, che sovente presentano una forma a mezza luna o a losanga più o meno allungata, e da un unico canale attivo. Può spesso essere presente un secondo canale, generalmente aderente ad una delle due sponde, di larghezza variabile e comunque non superiore a quella de canale principale (Billi, 1994).

Una peculiarità tipica di questi corsi d'acqua consiste nella trasformazione in fiume rettilineo anche con piene non eccezionali, purché l'altezza dell'acqua sia tale da ricoprire buona parte delle barre. Tutto ciò in considerazione del fatto che i sistemi pseudomeandriformi possiedono sponde con andamento pressappoco parallelo e rettilineo. È invece durante le fasi di morbida che il sistema fluviale acquista il suo andamento sinuoso, scorrendo tra le barre laterali alternate. La sinuosità dei sistemi pseudomeandriformi può quindi variare, a seconda della portata, da valori superiori a 1,5, tipici dei sistemi meandriformi, a valori molto prossimi ad 1, tipici dei sistemi fluviali rettilinei o a canali multipli intrecciati (Billi, 1994).

Altra differenza rispetto ai fiumi meandriformi è la dinamica delle barre: in quest'ultime le barre di meandro tendono a muoversi trasversalmente alla direzione principale a causa delle correnti

secondarie, mentre nei *wanderig* le barre si spostano verso valle più similmente alle barre laterali dei corsi d'acqua rettilinei. Come queste, inoltre, presentano granulometria eterogenea, dalla ghiaia alla sabbia. Alla migrazione delle barre sono spesso associati anche fenomeni di erosione spondale. In fiumi appenninici sono state rilevate velocità medie di migrazione delle barre dell'ordine dei 20-30 m all'anno, con punte di 60-70 m (Lenzi, 2011).

Corsi d'acqua meandriiformi (*meandering rivers*)

Sono corsi d'acqua il cui tracciato planimetrico mostra anse curvilinee, dette meandri, che si susseguono in modo più o meno ripetitivo e uniforme (Lenzi, 2011) (Fig. 1.11).



Figura 1.11: Tratto di corso d'acqua meandriiforme (Lenzi et al., 2000)

Questi sistemi fluviali hanno un valore di sinuosità superiore a 1,5 (talvolta può arrivar sino a 3), che non risente della variazione del livello idrometrico della corrente. Essendo caratterizzati da pendenze molto modeste, anche al di sotto dello 0,1%, i loro sedimenti sono piuttosto fini e rientrano, in genere, nel campo delle sabbie; esistono peraltro esempi di alvei meandriiformi ghiaiosi. La parte interna di una curva è solitamente occupata dalla barra di meandro che si presenta come un corpo sedimentario semiconico, con una base a forma di mezzaluna, leggermente inclinato verso le sponde esterne (Lenzi et al., 2000).

Una caratteristica peculiare dei fiumi meandriiformi è l'elevata mobilità del canale, che avviene attraverso la migrazione e il taglio dei meandri. Questo può avvenire durante gli eventi di piena in concomitanza di un meccanismo di erosione della sponda esterna e di sedimentazione all'interno della curva. Tutto ciò fa sì che il meandro si sposti sia trasversalmente sia longitudinalmente

rispetto all'asse della valle. La barra segue lo stesso andamento migratorio trasversale rispetto alla direzione principale del flusso (Lenzi *et al.*, 2000).

Corsi d'acqua anastomizzati (*anastomosing rivers channels*)

Sono costituiti da due o più canali relativamente stabili, che singolarmente presentano una sinuosità variabile, ma che possono essere assimilati a canali meandrici interconnessi tra loro. Le aree che separano i vari rami non sono barre mobili, ma porzioni della pianura alluvionale le cui dimensioni sono in genere pari a svariate volte la larghezza del canale (Fig. 1.12) (Billi, 1994).

La configurazione morfologica anastomizzata evidenzia pendenze dei canali bassissime (<0,1%), bassa variabilità delle portate, scarso trasporto solido in sospensione e quasi totale assenza di trasporto al fondo (Billi, 1994).



Figura 1.12: Tratto di corso d'acqua anastomizzato (Lenzi, 2011)

1.1.3 Vegetazione in alveo e isole fluviali

La morfologia dei corsi d'acqua di grandi dimensioni è caratterizzata dalla presenza di canali intrecciati (*braided rivers*), barre e, in alcuni casi, dalla presenza di isole fluviali.

L'isola fluviale può essere definita come una superficie, coperta da vegetazione arborea e arbustiva, delimitata da canali o ghiaie esposte (Ward *et al.*, 1999), oppure, una porzione di pianura alluvionale, interna al canale, circondata dall'acqua; presenta una certa stabilità (Osterkamp, 1998) e rimane esposta durante il flusso di portata formativa.

Le isole fluviali consentono di potenziare e migliorare notevolmente la biodiversità interna all'alveo perché presentano diversi habitat e caratteristiche geomorfologiche (Gurnell *et al.*, 2001).

La vegetazione è, generalmente, un buon indicatore di stabilità; essa può anche fornire una distinzione tra un'isola e una barra, ma non è necessariamente un requisito per un'isola fluviale. Può, infatti, essere composto da materiale troppo grossolano per poter essere ricoperta da vegetazione, oppure possono essere situate in ambienti dove la vegetazione è scarsa (Wyrick, 2005).

Secondo Leopold *et al.* (1964), le isole fluviali possono formarsi attraverso due processi:

- L'evoluzione delle barre mediane, relativamente stabili, su cui la vegetazione si stabilizza e dà vita a dei canali intrecciati;
- L'isolamento di un tratto della pianura alluvionale vegetata grazie a fenomeni di avulsione.

Kellerhals *et al.* (1976) forniscono, invece, una codificazione di isole fluviali, all'interno della loro classificazione dei corsi d'acqua, che riflette la frequenza e il grado di sovrapposizione delle isole.

Ad oggi, però, l'elenco più dettagliato riguardante i processi di formazione delle isole fluviali, è quello creato da Osterkamp (1998). Egli definisce nove categorie:

Avulsione

Durante un evento di piena, il fiume può scavare un percorso più breve e formare così due canali di deflusso.

Progressivo degrado dei canali laterali

Nel corso degli anni, si assiste ad un trasporto costante di sabbie e ghiaie alluvionali o dei sedimenti glaciali. In prossimità delle varie ramificazioni del canale principale i sedimenti più grossi possono depositarsi o erodere i canali, dando così origine a delle isole.

Spostamenti laterali del canale

Nello spostamento laterale, le isole sono create dalla migrazione di un canale e dal taglio di meandro.

Stabilizzazione di barre o raschi

Barre o raschi, nel lungo periodo, e in presenza di deflussi bassi, possono venire stabilizzate dalla vegetazione che, accumulandosi sulla superficie, permettono l'accrescimento sia verticalmente sia longitudinalmente, fino a farle diventare isole.

Erosione della roccia in base alle sue proprietà

Queste isole sono il risultato della forza erosiva dell'acqua, che, infiltrandosi nelle diverse fessure della roccia, ne erode gli strati più deboli e fa emergere gli strati più compatti.

Frammentazione rapida dei sedimenti trasportati dall'alluvione

Sono isole che si formano grazie ad eventi estremi come, ad esempio, un'alluvione; infatti i sedimenti più grossi, durante il trasporto, vengono erosi e poi si accumulano e si stabilizzano in punti topografici più alti durante il ritorno al normale flusso. La principale differenza tra questi tipi di isole e le isole d'avulsione, è che quest'ultime sono composte da vecchi depositi di materiale alluvionale, mentre le altre sono formate dall'erosione dei sedimenti appena trasportati e poi depositati. Questi tipi di isole sono più comuni lungo i piccoli torrenti e sono modificabili in tempi brevi.

Sedimentazione di materiale a valle di un ostacolo

Queste isole sono comuni in canali molto larghi o intrecciati, dove si verifica soventemente il trasporto solido di fondo. Immediatamente a valle di un ostacolo infatti, i sedimenti possono depositarsi grazie a una locale riduzione della velocità e possono essere stabilizzati dalla vegetazione creando così un'isola.

Movimento di massa

Sono isole che di solito si formano grazie ad eventi estremi, come valanghe detritiche e frane.

Creazione di bacini

Quando una diga, sia artificiale che naturale, crea un bacino d'acqua, si può verificare l'isolamento delle zone ripariali che si trovano topograficamente più in alto. Queste isole possono essere o meno composte da roccia, e, poiché il potere erosivo dell'acqua è ridotto drasticamente, esse diventano molto stabili. Cessano di essere isole quando la diga viene rimossa o il livello della superficie d'acqua è in calo.

Osterkamp (1998) ha descritto anche diversi scenari grazie ai quali le isole potrebbero scomparire:

- La sedimentazione di materiale in uno dei canali può spostare il flusso in un unico percorso;
- Il materiale grossolano e fine, sedimentato lungo il perimetro dell'isola, potrebbe raggiungere un'isola vicina o una pianura alluvionale costringendo il flusso in un unico percorso;

- L'incisione di uno dei canali, potrebbe isolarne degli altri. Se un regime di bassa portata persistesse per un periodo sufficiente, la vegetazione potrebbe avanzare dall'isola alla gola;
- La migrazione di un meandro potrebbe isolare un canale laterale;
- Delle piene possono erodere un'intera isola, oppure modificare l'angolo di attacco dalla corrente che, a poco a poco, eroderebbe l'isola.

Anche le dighe possono avere implicazioni sullo sviluppo e la stabilità delle isole fluviali. Questi sbarramenti riducono notevolmente la quantità di sedimento trasportato normalmente dal fiume, in quanto si riducono sia i picchi di flusso a valle di esse sia la maggior parte dei processi di erosione e sedimentazione. Ciò comporta anche una riduzione degli habitat biologici, della diversità e delle interazioni tra processi biotici e idrologici (Picco, 2010).

Tuttavia le dighe possono pure essere la causa dello sviluppo dell'isola. I flussi erosivi a valle di essa potrebbero raschiare e setacciare intorno alcuni punti topografici centralizzati (Wyrick, 2005).

2.OBIETTIVI

La nuova concezione di riqualificazione fluviale, gestione integrata e sostenibilità fluviale, nonché la necessità di diminuzione del rischio idraulico ricoprono attualmente un ruolo importante.

Obiettivo della presente ricerca è quello di analizzare la dinamica delle isole fluviali nel fiume Brenta, ovvero verificare com'è cambiato lo sviluppo delle isole fluviali e capire quali processi geomorfologici-idraulici naturali e quali azioni antropiche siano responsabili di tali variazioni.

Ciò permetterebbe di conoscere e gestire in maniera migliore il sistema fluviale nel suo complesso.

Studi recenti (Surian *et al.*, 2005; Surian & Cisotto, 2007) hanno messo in evidenza i processi di alterazione morfologica a cui è stato soggetto il fiume: l'incisione ed il restringimento dell'alveo rappresentano, a partire dagli anni '50, il principale problema di questo corso d'acqua; a questi si aggiunge la riduzione notevole della quantità di sedimento trasportato normalmente dal canale.

Al fine di comprendere in maniera più adeguata i complessi sviluppi si sono analizzate le variazioni delle isole e dell'alveo attivo negli ultimi trent'anni (1981-2008) nel tratto che va da Nove a Fontaniva.

3.AREA DI STUDIO

Il bacino del fiume Brenta ha un'estensione totale di circa 2280 km² e si sviluppa nella regione prealpina (Prealpi Venete) ed in quella dolomitica (Dolomiti Orientali), con quota più alta sul Cison della Pala a 3184 m s.l.m. e sezione di chiusura situata presso Bassano del Grappa a 102 m s.l.m. (Autorità di Bacino Distrettuale Alpi Orientali, 2010; Simonetto, 2010).

Il fiume ha origina dal lago di Caldonazzo (450 m s.l.m.), in Trentino e, dopo aver bagnato un vasto territorio della pianura veneta attraversando le province di Vicenza, Padova e Venezia, sfocia in Adriatico dopo un percorso di 174 km (www.provincia.pd.it).

3.1 Caratteristiche idrografiche del fiume Brenta

Il bacino del Brenta è caratterizzato da differenti affioramenti rocciosi: nel tratto a monte si trovano rocce calcaree, dolomitiche, vulcaniche, granitiche e filladi, mentre nel tratto inferiore prevalgono rocce calcaree e dolomitiche (Surian & Cisotto, 2007).

Il primo tratto del bacino, è costituito da depositi alluvionali grossolani, deposti dalle correnti fluviali del Quaternario, altamente permeabili e formati per lo più da ciottoli e ghiaie. Il suo percorso in questo primo tratto presenta una forma ad arco con convessità rivolta verso Nord; riceve a sinistra i torrenti: Ceggio, Maso, Chiepina, Grigno, e poco a valle dell'ingresso in territorio regionale, nel comune di Cison del Grappa, che rappresenta un importante sottobacino. Sul versante destro, molto ripido, si immettono solo torrenti di breve percorso come il Centa ed il Moggio (www.provincia.pd.it).

Dopo la confluenza con questo torrente, il Brenta assume direzione Sud fino a Bassano del Grappa, dove si considera chiuso il suo bacino montano (Fig. 3.1) (www.provincia.pd.it).

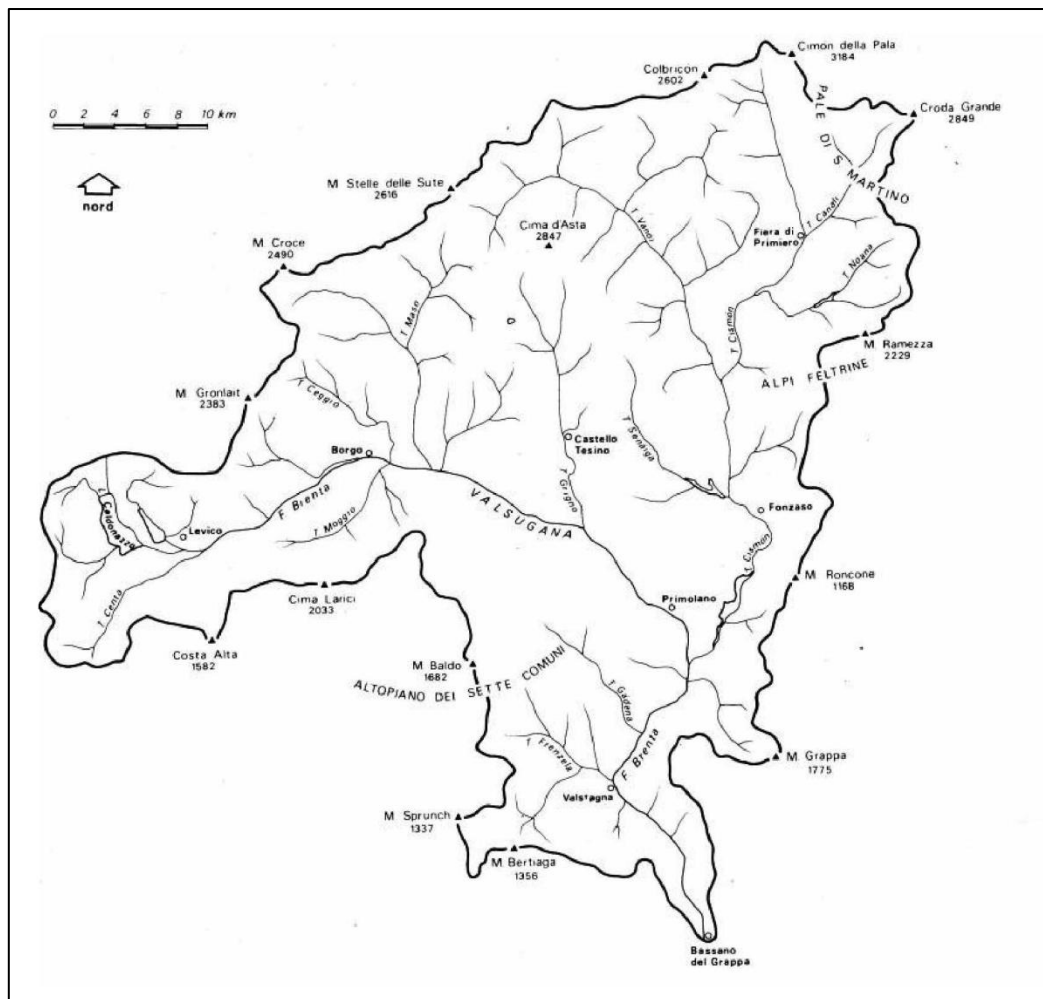


Figura 3.1: Carta idrografica schematica del bacino montano del Brenta (da Tonini M., Pulselli U. in A.A.V.V., 1981, modificata)

In questo tratto dove si passa gradualmente a terreni estremamente permeabili, riceve gli apporti di numerose sorgenti che danno un contributo non indifferente alla portata del fiume, tra cui la più importante è quella dell'Oliero (www.provincia.pd.it).

Successivamente, a causa dell' aumento dei depositi più minuti di tipo sabbioso - limoso, il terreno aumenta la propria impermeabilità dando origine alla zona delle risorgive (www.provincia.pd.it).

A valle di Bassano del Grappa, le acque del fiume Brenta, che alimentano la falda sotterranea sia in destra che in sinistra, scorrono in direzione Sud - Ovest fino a Tezze sul Brenta per piegare poi verso Sud - Est proseguendo fino alla foce (www.provincia.pd.it).

All'altezza di Campo San Martino il corso d'acqua è chiuso entro argini continui e robusti che ne segnano il percorso meandriforme. A Limena, gli argini del fiume si restringono ed una briglia immette parte delle sue acque nel canale Brentella cedendo quindi al Bacchiglione una quota consistente della sua portata ($8-10 \text{ m}^3/\text{s}$) che gli viene in parte restituita più a valle, con la

confluenza del Canale Piovego. Nel tratto padovano fra Carmignano di Brenta e Cadoneghe il Brenta riceve le rogge Ramon-Molina, Cognarola e Riale, il torrente Piovego di Villabozza ed infine il torrente Muson dei Sassi, suo più importante immissario a valle di Bassano, tutti posti in sinistra idrografica; in destra idrografica riceve solo parte delle acque della roggia Contarina, nei pressi di Piazzola sul Brenta (www.provincia.pd.it).

Dopo la confluenza con il Muson dei Sassi il Brenta scorre pensile sopra il piano campagna fino alla foce a Cà Pasqua in prossimità di Chioggia in Provincia di Venezia (www.provincia.pd.it).

3.2 Cenni geolitologici e pedologici

A valle di Bassano, il corso del Brenta si sviluppa all'interno della pianura alluvionale creata in secoli di variazioni d'alveo. Nel tratto in direzione di Padova passa prima da una posizione incassata rispetto al territorio circostante, costituito dalla formazione pleistocenica di detriti distinguibile da una scarpata d'erosione che varia fra i 2 e i 5 metri nei Comuni di Piazzola sul Brenta e Campo San Martino, arrivando poi ad allargare il proprio piano di divagazione coprendo la pianura olocenica e confondendo il limite fra le due (ARPAV, 2005).

Lungo la fascia pedemontana alloggia un'unica falda a carattere freatico. Si tratta di un serbatoio acquifero molto ricco, situato ad una profondità da 50 a 150 m sopra il livello di campagna. Verso sud la falda si avvicina progressivamente alla superficie del suolo fino ad affiorare spontaneamente lungo la fascia delle risorgive, caratterizzata da innumerevoli sorgenti che danno origine ad una serie di corsi d'acqua perenni. L'alimentazione di questo sistema idrogeologico dipende prevalentemente dalla dispersione in alveo che si verifica allo sbocco in pianura del fiume Brenta fra Bassano e Fontaniva e l'elevata porosità che porta ad una notevole dispersione d'acqua nel terreno (Valentini, 2010).

3.3 Aspetti climatici

Il fiume Brenta è caratterizzato da un clima di transizione, collocato a metà fra quello tipico montano a Nord di Bassano e quello tipico della pianura a Sud di Padova. Pur rientrando nella tipologia mediterranea, risente di diverse influenze fra cui l'effetto orografico delle Alpi e quello mitigatore del mare. Inoltre mancano alcune delle caratteristiche tipiche del clima mediterraneo quali inverni miti e siccità estive. Può essere dunque considerato un clima di tipo temperato-freddo peculiare della pianura veneta centrosettentrionale, con influenze oceaniche dovute alla vicinanza del Mar Adriatico. La zona presa in esame si trova in una posizione intermedia fra la

pianura, per la quale è stata calcolata una media di 700 mm annui di precipitazioni, e la fascia pedemontana, per la quale invece vengono indicati 1500 mm (ARPAV, 2000).

Durante l'anno la piovosità varia molto. Il regime pluviometrico del Brenta è chiamato "di tipo sublitoraneo alpino", ovvero le precipitazioni presentano due massimi nei mesi primaverili (il mese di maggio è il più piovoso dell'anno) e autunnali, e due minimi nei mesi invernali ed estivi (Bondesan *et al.*, 2003).

3.4 Effetti antropici

Il fiume Brenta è un fiume molto antropizzato. Gli interventi umani e gli effetti sul flusso di sedimenti nel bacino del Brenta, infatti, hanno influenzato la dinamica del fiume a diversi livelli. Tali interventi comprendono la costruzione di dighe, cave di estrazione, opere di controllo idraulico ed il cambiamento dell'uso del suolo (Simonetto, 2010).

La pressione dell'uomo è iniziata soprattutto dal XIV secolo, quando il tracciato del fiume è stato modificato e rettificato con numerosi interventi antropici, nel tentativo di ridurre la pericolosità delle piene, per regolare e convogliare le acque a scopi irrigui e per tenerle al di fuori della laguna di Venezia (Simonetto, 2010).

Già nel 1314 il Brenta venne collegato al Bacchiglione (un fiume di risorgiva che nasce nella pianura vicentina e riceve le acque dell'Astico) tramite il Canale Brentella e in tempi più recenti i due fiumi sono stati congiunti ulteriormente tramite un complesso nodo idraulico nei pressi di Padova che li ha messi in comunicazione anche con le acque dell'Agno-Guà-Frassine. Vicino alla foce, in comune con il Bacchiglione, il Brenta riceve le acque del canale Gorzone ed è interconnesso con il fiume Adige tramite il canale di Valle (Zangheri *et al.*, 2002).

Per la generazione di energia idroelettrica, nell'ultimo secolo sono state costruite sei dighe nel bacino idrografico. La più grande è la diga del Corlo, con un serbatoio di 42 milioni di m³. Quest'opera, terminata nel 1954, ha però funto da "trappola di sedimenti" del torrente Cismon (principale affluente del Brenta), causando una conseguente erosione più a valle (Simonetto, 2010). Da studi effettuati sulle curve di frequenza delle piene, si denota un innalzamento delle grandi piene nel periodo successivo alla costruzione della diga del Corlo, mentre le piccole piene risultano più frequenti nel periodo pre-diga (Autorità di Bacino Distrettuale Alpi Orientali, 2010). La portata media annua è pari a 459 e 475 m³/s rispettivamente per il periodo pre e post- diga e le portate con tempo di ritorno pari a 1,5 anni sono rispettivamente di 394 e 303 m³/s (Bottari, 2010).

La produzione di sedimenti prima della costruzione dello sbarramento oscilla tra i 25900 e 315600 Mg/anno, con una media pari a 168200 Mg/anno; mentre nel periodo successivo la realizzazione della diga la produzione di materiale varia tra i 35100 e 39700 Mg/anno, con una media di 37500 Mg/anno (Surian & Cisotto, 2007).

Sul Brenta sono peraltro presenti numerose traverse, come la traversa di Primolano, quella di Colicello a Pian dei Zocchi, di Mignano, di Bassano, di San Lazzaro (filtrante) a Campo San Martino, di Fontaniva, di Carturo, di Limena (Autorità di Bacino Distrettuale Alpi Orientali, 2010).

Importanti modifiche al regime idraulico del fiume sono infatti connesse alle opere destinate alle derivazioni ad uso irriguo che presentano una grande complessità. Va ricordata a questo proposito la derivazione presente in Comune di Bassano del Grappa, che preleva una portata di 4,5 m³/s attraverso un canale (Canale Industriale) che si origina dal Brenta presso la traversa di Mignano e scorre fino alla centrale idroelettrica di Cà Barzizza (Autorità di Bacino Distrettuale Alpi Orientali, 2010).

L'attività antropica che ha avuto, però, il maggiore impatto sulle dinamiche del fiume è stata l'estrazione di ghiaia. Quest'attività è stata particolarmente attiva dagli anni '50 agli anni '80 nel tratto da Fontaniva a Piazzola sul Brenta, con un incremento dell'attività negli anni '60-'70. I dati ufficiali parlano di 8,6 milioni di metri cubi di sedimento asportati dal letto del fiume tra il 1953 e il 1977, ma è evidente che il valore è sottostimato e che il volume di ghiaia rimossa sia molto superiore (Surian *et al.*, 2007). Negli anni settanta si stimava che il materiale estratto dal Brenta fosse pari a 4000 m³ al giorno, con valori che raggiunsero anche i 9000 m³ (Rusconi & Nicifero, 2004).

In definitiva, perciò, è possibile sostenere che in modi diversi e con diversi ordini di grandezza, gli interventi umani hanno notevolmente modificato il regime dei sedimenti nel Fiume Brenta, in particolare durante la seconda metà del XX secolo. Questa alterazione dei flussi di sedimenti è, pertanto, attribuibile, per la maggior parte, alla costruzione delle dighe che hanno diminuito il carico di sedimenti da monte, alle opere di controllo idraulico e rimboschimento e ai tassi di estrazione di ghiaia che sono ampiamente superiori ai tassi di rifornimento (Surian & Cisotto, 2007).

3.5 Tratto di studio del fiume Brenta

Il tratto esaminato, compreso tra Nove (VI) e Fontaniva (PD), ha una lunghezza di circa 17 km (Fig. 3.2).

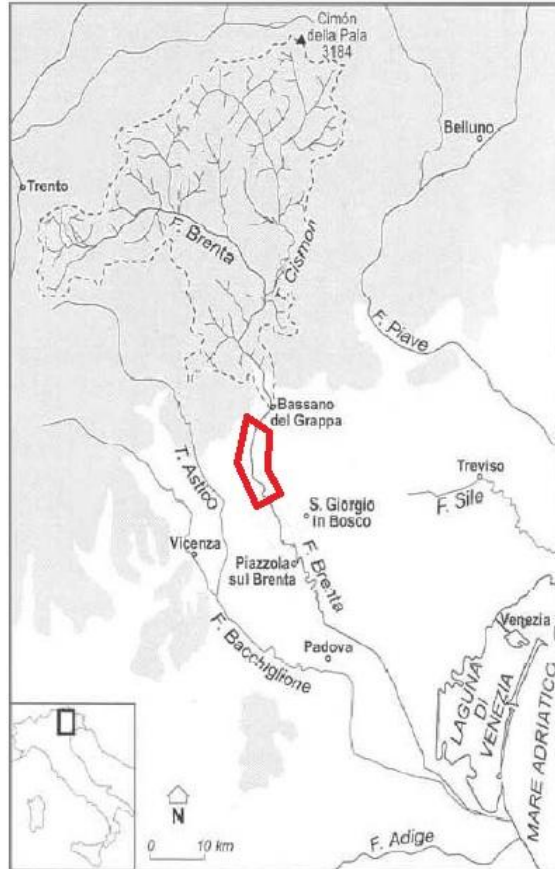


Figura 3.2: Localizzazione del fiume Brenta e del tratto di studio

Nello specifico, per l'identificazione dell'area di studio, si sono considerati come punti di riferimento il ponte stradale a monte del Comune di Nove e quello ferroviario a valle del Comune di Fontaniva. Questa zona è situata in una posizione intermedia fra la pianura e la fascia pedemontana.

Seguendo il corso del fiume, in prossimità dell'abitato di Nove il fiume presenta una prevalenza morfologica unicursale con bassa sinuosità (*wandering*), ed ha una larghezza media della zona di pertinenza fluviale di circa 300 m. Scendendo verso valle, in prossimità di Friola, il corso d'acqua assume una morfologia più complessa: si allarga fino a 500 m. Poi, in prossimità dell'abitato di Fontaniva, il fiume Brenta presenta una morfologia a canali intrecciati (*braided*), separati da barre o isole fluviali; la larghezza aumenta ulteriormente fino a 800 m (Moretto *et al.*, 2010) (Fig. 3.3).



Figura 3.3: Mosaico 2003 con evidenziato l'alveo attivo

Nel tratto studiato non sono presenti affluenti ed è attraversato da 4 ponti stradali: due a Nove, uno a Friola, e infine uno a Fontaniva.

La pendenza media del tratto è dello 0,3% e la larghezza dell'alveo attivo varia tra i 70 ed i 400 m (Surian & Cisotto, 2007).

4.MATERIALE E METODO

4.1 Fotogrammetria

Questa disciplina posa i suoi fondamenti sulla volontà di ricostruire in modo rigoroso la corrispondenza geometrica tra immagine ed oggetto al momento dell'acquisizione (Gomarasca, 2004).

I prodotti ottenibili da un processo fotogrammetrico sono di due tipi:

- prodotti immagine: derivanti da trasformazioni geometriche di immagini originali, all'interno di questa categoria di prodotti si possono includere le ortofoto e i mosaici (insieme di immagini singole adiacenti);
- prodotti numerici puntuali e vettoriali: in questi la restituzione avviene attraverso la determinazione delle coordinate di punti oggetto in un sistema di riferimento tridimensionale. All'interno di questa categoria si possono includere le carte topografiche, le carte tematiche, i profili altimetrici e i modelli tridimensionali a seconda della tipologia degli oggetti a cui le coordinate si riferiscono e a seconda delle modalità con cui queste vengono organizzate.

A seconda della rappresentazione del dato restituito e quindi degli strumenti utilizzati per l'ottenimento del dato stesso, si possono definire, inoltre, due differenti tipi di fotogrammetria: la fotogrammetria tradizionale che restituisce l'immagine su supporto fotografico, e la fotogrammetria digitale che restituisce l'immagine su supporto digitale (Rainato, 2007).

Fotogrammetria tradizionale

La fotogrammetria tradizionale può essere terrestre o aerea a seconda della posizione da cui si effettua la presa degli oggetti. Nel primo caso infatti la presa di oggetti posizionati sulla superficie terrestre avviene tramite camere posizionate anch'esse a terra, esempio di questo sono i rilievi di edifici o di versanti franosi. Nella fotogrammetria aerea invece la presa degli oggetti avviene dall'alto, grazie a camere posizionate a bordo di aeromobili. Il processo fotogrammetrico tradizionale è caratterizzato dalle seguenti fasi: acquisizione e registrazione delle immagini, successivo orientamento delle immagini acquisite e ricostruzione del modello tridimensionale dell'oggetto, infine restituzione su supporto fotografico con conseguente misura dell'oggetto e formalizzazione numerica o grafica delle sue caratteristiche dimensionali (Rainato, 2007).

Fotogrammetria digitale

Questo tipo di fotogrammetria viene definita digitale in quanto agisce in tutte le sue fasi su immagini gestibili attraverso il calcolatore (Gomasca, 2004).

Al contrario di una fotocamera tradizionale che registra l'immagine su di una pellicola, quella digitale la registra mediante un dispositivo ad accoppiamento di carica (CCD) che ne permette un controllo ed una visione in tempo reale; grazie a questo si ha la possibilità di effettuare un riscontro immediato sulla qualità delle acquisizioni. In una fotografia digitale l'immagine viene creata partendo da un segnale analogico che viene trasformato in pixel da un convertitore analogico-digitale. Il pixel è definibile come ognuna delle superfici elementari che costituiscono un'immagine digitale. Ad ogni pixel vengono assegnati tre differenti valori di numeri digitali (DN), corrispondenti al rosso (R), verde (G) e blu (B). Questi tre valori di RGB vengono utilizzati dagli elaboratori per ricostruire il colore di ogni singolo pixel (Rainato, 2007).

Per riassumere si possono definire i seguenti vantaggi:

- elevata risoluzione radiometrica;
- a parità di tempi di ripresa, maggiore rapidità di ottenimento dell'immagine;
- facilità di elaborazione digitale;
- riproducibilità identica all'originale, in tempi brevi e con costi contenuti;
- possibilità di inserimento in sistemi informativi e di gestione.

Una volta ottenuta un'immagine digitale, questa risulta formata da una sequenza ordinata di valori numerici tale da consentire la fedele riproduzione che essa rappresenta. Questa particolare struttura di dati è definita da delle specifiche regole che determinano a loro volta il formato dell'immagine digitale. Data la notevole mole di informazioni da trattare, in fotogrammetria queste norme rispettano alcuni criteri di base: devono rispondere ad un'economicità dimensionale, la compressione dei dati deve essere compatibile per l'integrità dell'immagine pur riducendo lo spazio occupato, devono rappresentare in modo esaustivo la radiometria originale e permettere il libero utilizzo. In fotogrammetria due sono i formati che vengono utilizzati in modo prevalente, il primo è definito TIFF (*Tag Image File Format*), il secondo è chiamato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) (Rainato, 2007).

Per riassumere si possono definire i seguenti vantaggi:

- ampliamento dell'utenza in quanto lo strumento informatico risulta ad oggi più familiare ad un operatore medio;
- riduzione di dimensioni e costi per la strumentazione;

- riduzione dei tempi di lavoro grazie all'automazione delle fasi.

Sono presenti però anche degli svantaggi che il metodo digitale porta con sé, quali:

- la necessità di progettare *software* maggiormente onerosi e complessi;
- gli strumenti informatici necessari devono possedere caratteristiche avanzate di elaborazione.

4.2 Ortofoto digitale

Un ortofoto digitale si differenzia dalle altre immagini di tipo digitale, grazie al fatto che al suo interno contiene oltre alle informazioni di tipo qualitativo e di tipo geometrico, anche informazioni di tipo metrico. Normalmente un'immagine aerea non possiede una valenza metrica in quanto ogni particolare risulta in una posizione planimetrica scorretta rispetto alla proiezione ortogonale, questo fattore è dovuto a due aspetti: l'inclinazione del fotogramma rispetto il piano orizzontale e l'orografia del terreno che causa una variazione continua di scala del fotogramma in funzione della quota relativa di ciascun punto rispetto il punto di presa. L'ortofoto supera questi limiti grazie alla correzione che ogni suo pixel subisce riguardo la propria posizione (Rainato, 2007).

Questa fase di correzione permette all'ortofoto di poter possedere delle caratteristiche proprie, quali:

- rappresentare il modo reale la situazione dell'area ripresa ricavandone delle informazioni aggiornate;
- consentire una flessibilità di elaborazione dei dati e di gestione in un sistema informativo;
- permettere una precisione geometrica tale da essere confrontabile con le cartografie tradizionali alla stessa scala.

Grazie soprattutto a quest'ultimo aspetto, l'ortofoto rappresenta un prodotto finale di elaborazione tale da permetterne un utilizzo cartografico.

In questo studio sono state utilizzate ortofoto o fotogrammi scannerizzati e georiferiti riguardanti il periodo 1981-2008 (Fig. 4.1).



Figura 4.1: Ortofoto 2008

Sono in totale state esaminate cinque serie di fotografie aeree, scattate sempre in condizioni di basso livello idrico: 1981, 1990, 1999, 2003, 2008 (Tab. 4.1).

Tabella 4.1: Caratteristiche tecniche delle serie di immagini aeree utilizzate per lo studio.

Anno	Dimensione pixel (m)	Scala appros.	Altezza del volo (m)	Profondità focale (mm)	Data del volo	Società
1981	1,00	1:17000	2600	153,13	15 aprile	CGR Parma
1990	1,00	1:20000	3000	152,82	15 aprile	CGR Parma
1999	1,00	1:16000	2500	153,26	23 luglio	CGR Parma
2003	0,50	1:10000	5400	150,00	maggio-novembre	CGR Parma
2008 A	0,40	1:8000	1250	153,64	15 luglio	Rossi - Firenze
2008 B	0,75	1:16000	2400	153,64	luglio	CGR Parma

Le fotografie aeree sono state rettificate e co-registrate come mappe di base comune a scala 1:5000 utilizzando un software GIS (ESRI ArcGIS 10). Sono stati utilizzati circa 40 punti di controllo a terra per correggere ogni singolo fotogramma, e applicate trasformazioni polinomiali di grado terzo, dalle quali si è ottenuta una radice di errore quadratico medio dei punti (RMSE) variabile da 0,3 a 1 m. Gli RMSE più alti sono stati riscontrati per gli anni 1981, 1990 e 1999 (1 m di dimensione dei pixel).

4.3 ESRI ArcGIS

Un sistema informatico geografico è uno strumento informatico per la costruzione di cartografia tematica e per l'analisi di fenomeni geografici che esistono o eventi che accadono sulla Terra. La tecnologia del GIS (*Geographical Information System*) integra operazioni comuni di *database*, come l'interrogazione o l'analisi statistica, con vantaggi della visualizzazione e l'analisi territoriale offerti dalle carte. In generale un GIS dispone di moduli per la digitalizzazione, la memorizzazione dei dati, per la gestione e l'analisi dei dati e per la presentazione dei risultati sia in forma grafica che tabellare. Quindi un sistema informatico geografico è un insieme integrato di *hardware* e strumenti *software* usati per la manipolazione e gestione dei dati territoriali digitali (Benincasa & Maracchi, 2001).

ArcGIS è un applicativo GIS della ESRI. Si compone di una serie di strumenti desktop (ArcInfo, ArcEditor, ArcView) per la gestione dei dati da postazioni fisse e da applicativi per la gestione dei dati in remoto (ArcExplorer, ArcIMS, ArcPad). ArcView comprende un insieme di applicazioni integrate: ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox. Utilizzando tutte e tre queste applicazioni è possibile svolgere qualsiasi operazione GIS, dalla più semplice alla più avanzata, inclusi la produzione cartografica, la gestione di dati, l'analisi geografica, l'editing di dati e l'elaborazione di dati geografici (Niccoli, 2007).

Come supporto per il presente studio è stato utilizzato proprio l'applicazione ArcMap 9.3 (ESRI), per la gestione e la rappresentazione geografica dei dati, permettendo così l'identificazione dell'alveo attivo (porzione di alveo compresa tra ghiaie esposte e canali) e della vegetazione che forma le isole fluviali (Fig. 4.2).

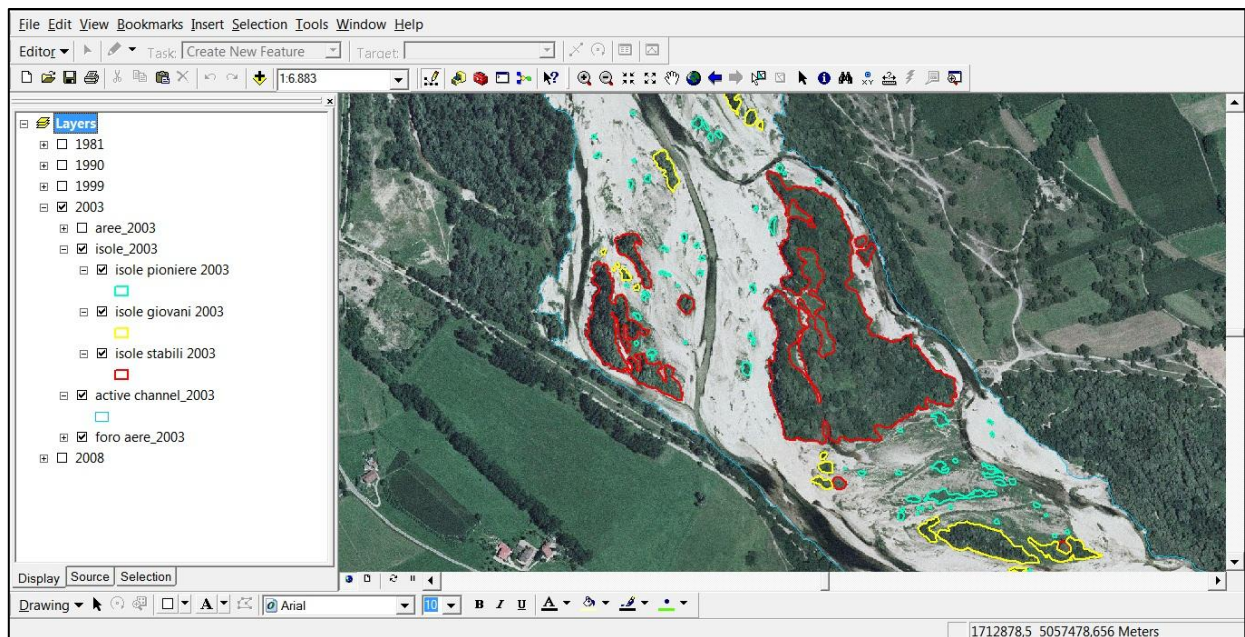


Figura 4.2: Ortofoto con individuate le isole fluviali, per tipologia (pioniere, giovani, stabili), e l'alveo attivo

Per questo lavoro è stato utilizzato lo schema individuato da Picco (2010) che ha permesso di classificare le isole fluviali in tre categorie in base alle caratteristiche dendrometriche della vegetazione in esse presente, cioè secondo le dimensioni di quest'ultima. Si accetta come presupposto che più la vegetazione è sviluppata, più l'isola è vecchia (Gurnell & Petts, 2006). In base a questi elementi ecco le tre tipologie:

- isole pioniere: sono superfici appena colonizzate dalla vegetazione; sono per questo di modesta grandezza. Presentano un'esigua vegetazione arborea con altezze comprese tra 3-5 m e una densità bassa delle chiome, in quanto è visibile in alcuni punti il terreno sottostante. L'ombra generata è di piccole dimensioni (Fig. 4.3).



Figura 4.3: Ortofoto con individuate delle isole pioniere

- isole giovani: presentano una vegetazione più matura rispetto alle isole pioniere, con piante arboree di altezze comprese tra i 5 e 15 m; la densità delle chiome inizia ad aumentare e le ombre generate risultano così più evidenti (Fig. 4.4).



Figura 4.4: Ortofoto con individuata un'isola giovane

- isole stabili: sono caratterizzate da una fitta vegetazione arborea che raggiunge altezze maggiori di 15 m, con un'alta densità e notevoli dimensioni delle chiome. Queste ultime, assieme alle rilevanti ombre generate permettono la facile classificazione dell'isola (Fig. 4.5).



Figura 4.5: Ortofoto con individuate delle isole stabili

5.RISULTATI

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dall'indagine sulla variazione dell'alveo attivo e dall'analisi sulla numerosità e sull'area delle diverse tipologie di isole fluviali (pioniere, giovani, stabili) presenti nel fiume Brenta.

5.1 Analisi della variazione dell'alveo attivo

L'analisi delle foto aeree dal 1981 al 2008 evidenziano una variazione nella dimensione dell'alveo attivo.

Nella Tabella 5.1 e nella Figura 5.1 si può osservare l'evoluzione temporale della superficie dell'alveo attivo, mentre nella Figura 5.2 si possono osservare le portate massime annuali espresse in m^3/s .

Tabella 5.1: Aree dell'alveo attivo

Anno	Alveo attivo (km ²)
1981	4,53
1990	3,35
1999	3,86
2003	4,23
2008	4,02

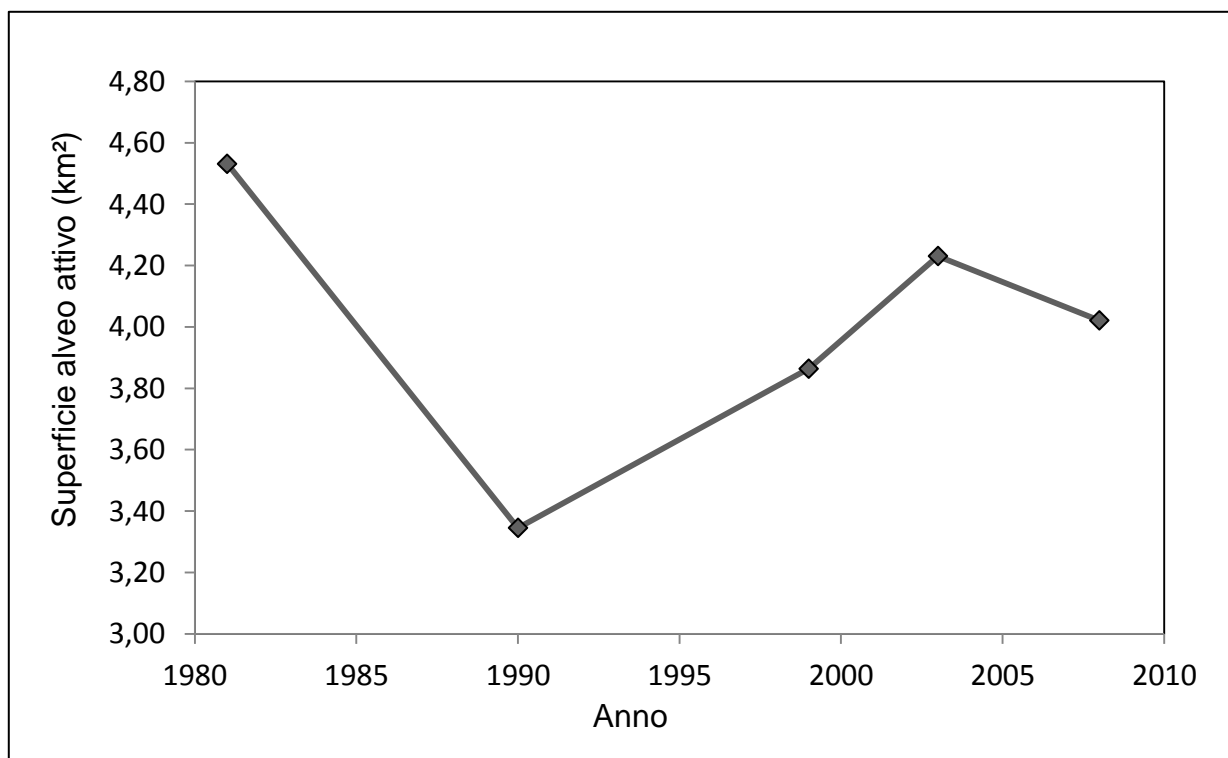


Figura 5.1: Variazione dell'estensione dell'alveo attivo dal 1981 al 2008

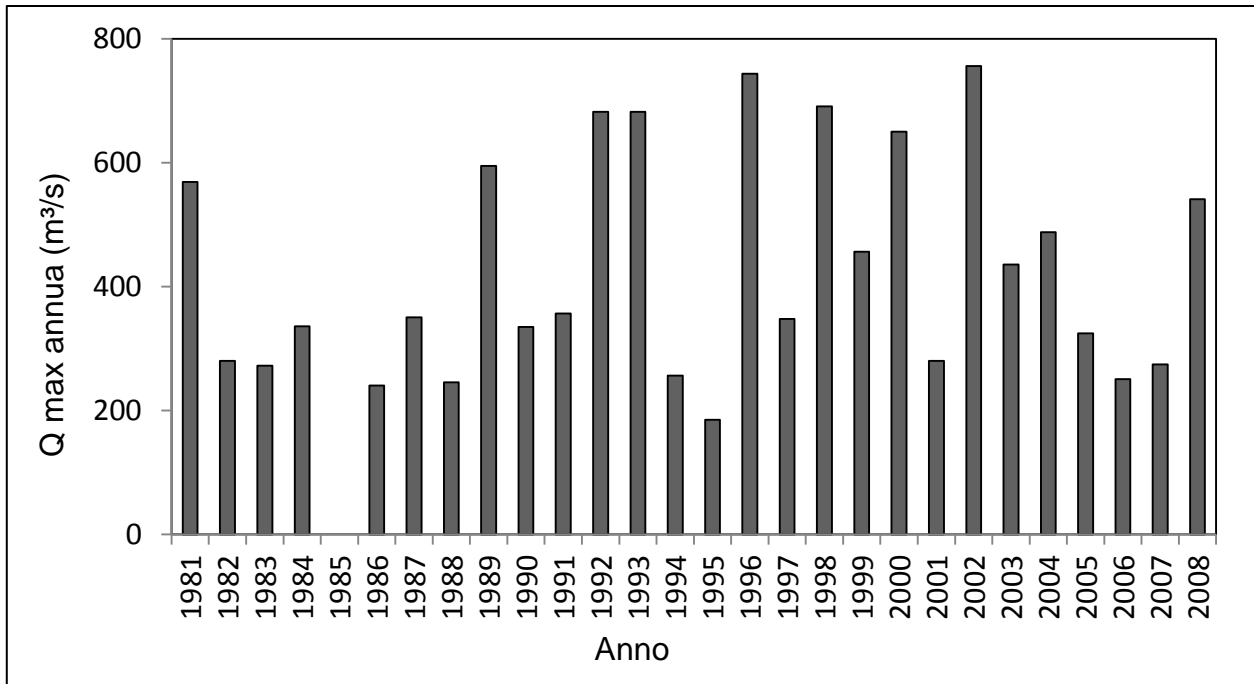


Figura 5.2: Portate massime annuali registrate lungo il tratto di studio dal 1981 al 2008

Nella prima decade (1981-1990), l'estensione dell'alveo attivo è diminuita in maniera marcata, passando da 4,53 km² a 3,35 km². Dal 1990 si è assistito ad una inversione di tendenza, con un aumento dell'estensione dell'alveo attivo fino al 2003 (4,23 km²). Negli anni più recenti (2003-2008) l'alveo attivo è diminuito leggermente fino a 4,02 km².

5.2 Analisi percentuale delle isole fluviali

Nel 1981 si sono individuate 311 isole fluviali; il 77,17% sono isole pioniere, il 22,83% sono isole giovani, mentre non vi sono isole stabili (Tab. 5.2e Fig. 5.3).

Tabella 5.2: Numerosità delle isole fluviali nel 1981

1981	N isole	% N isole
Pioniere	240	77,17
Giovani	71	22,83
Stabili	0	0,00
Totale	311	100,00

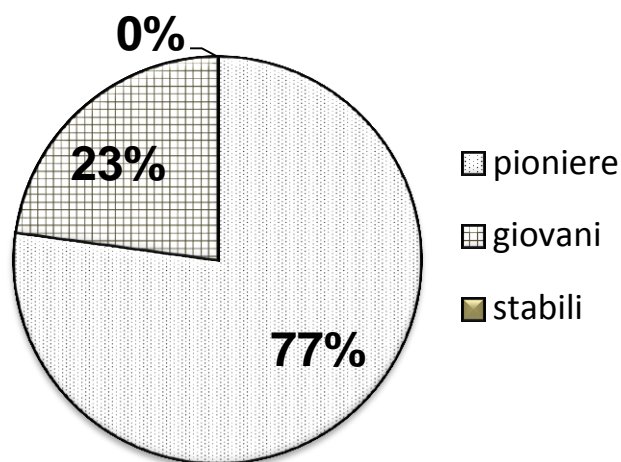


Figura 5.3: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 1981

Analizzando l'area relativa alle diverse tipologie di isole fluviali, 0,22 km² totali, il 68,38% sono isole pioniere e il 31,62% sono isole giovani e non vi sono isole stabili (Tab. 5.3 e Fig. 5.4).

Tabella 5.3: Area delle isole fluviali nel 1981

1981	Area isole (Km ²)	Area isole (%)
Pioniere	0,15	68,38
Giovani	0,07	31,62
Stabili	0,00	0,00
Totale	0,22	100,00

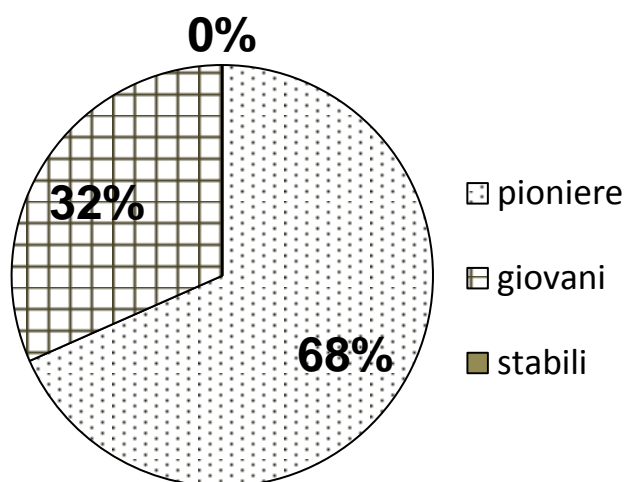


Figura 5.4: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 1981

Nel 1990 si sono individuate 281 isole fluviali; il 72,95% sono isole pioniere, il 26,33% sono isole giovani, mentre solo lo 0,71% sono isole stabili (Tab. 5.4 e Fig. 5.5).

Tabella 5.4: Numerosità delle isole fluviali nel 1990

1990	N isole	% N isole
Pioniere	205	72,95
Giovani	74	26,33
Stabili	2	0,71
Totale	281	100,00

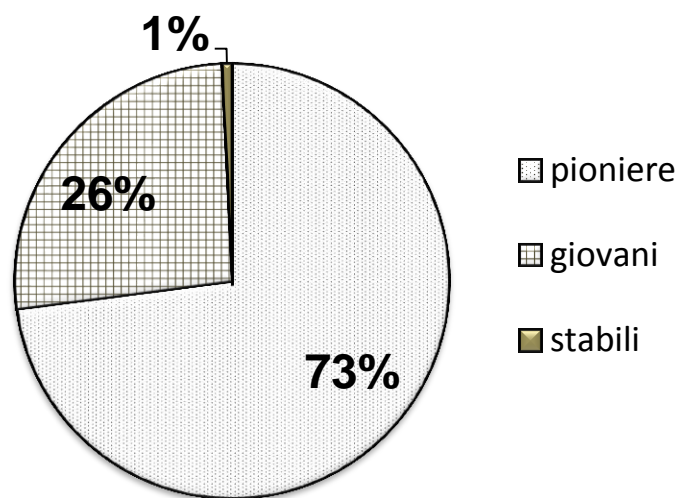


Figura 5.5: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 1990

Analizzando l'area relativa alle diverse tipologie di isole fluviali, totale pari a 0,27 km², il 46,42% sono isole pioniere, il 53,46% sono isole giovani, mentre solo lo 0,12% sono isole stabili (Tab. 5.5 e Fig. 5.6).

Tabella 5.5: Area delle isole fluviali nel 1990

1990	Area isole (Km ²)	Area isole (%)
Pioniere	0,13	46,42
Giovani	0,15	53,46
Stabili	0,00	0,12
Totale	0,27	100,00

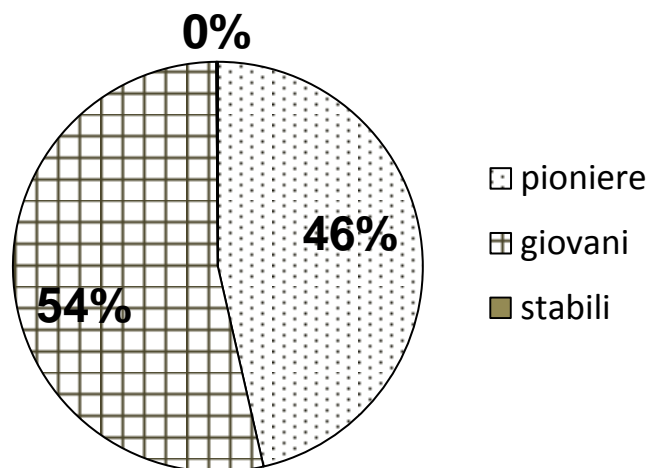


Figura 5.6: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 1990

Nel 1999 si sono individuate 207 isole fluviali; il 69,08% sono isole pioniere, il 20,77% sono isole giovani, mentre il 10,14% sono isole stabili (Tab. 5.6 e Fig. 5.7).

Tabella 5.6: Numerosità delle isole fluviali nel 1999

1999	N isole	% N isole
Pioniere	143	69,08
Giovani	43	20,77
Stabili	21	10,14
Totale	207	100,00

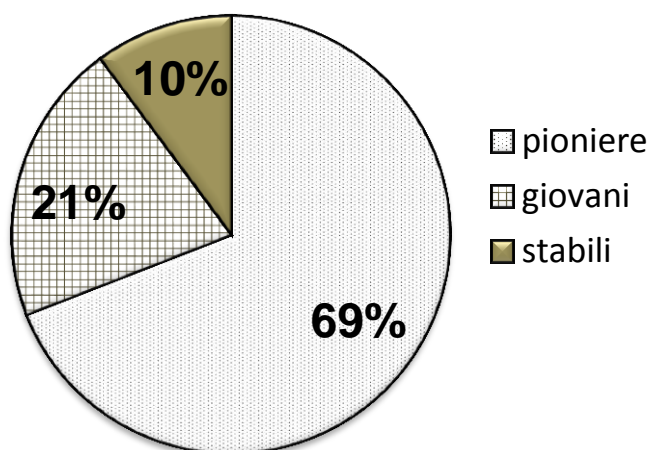


Figura 5.7: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 1999

Analizzando l'area relativa alle diverse tipologie di isole fluviali, totale pari a 0,29 km², il 17,78% sono isole pioniere, il 28,36% sono isole giovani, mentre il 53,86% sono isole stabili (Tab. 5.7 e Fig. 5.8).

Tabella 5.7: Area delle isole fluviali nel 1999

1999	Area isole (Km ²)	Area isole (%)
Pioniere	0,05	17,78
Giovani	0,08	28,36
Stabili	0,16	53,86
Totale	0,29	100,00

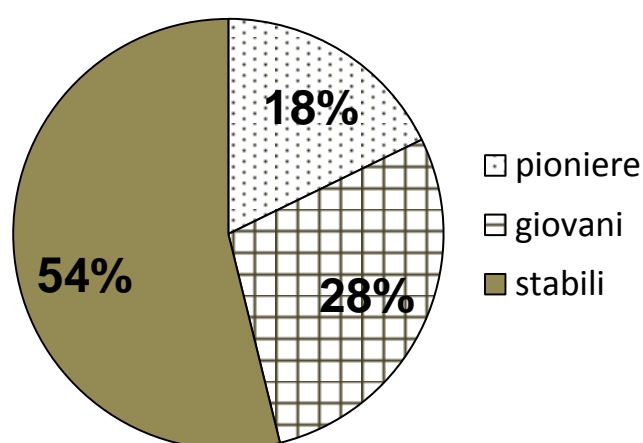


Figura 5.8: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 1999

Nel 2003 si sono individuate 315 isole fluviali; il 64,76% sono isole pioniere, il 25,71% sono isole giovani, mentre il 9,52% sono isole stabili (Tab. 5.8 e Fig. 5.9).

Tabella 5.8: Numerosità delle isole fluviali nel 2003

2003	N isole	% N isole
Pioniere	204	64,76
Giovani	81	25,71
Stabili	30	9,52
Totale	315	100,00

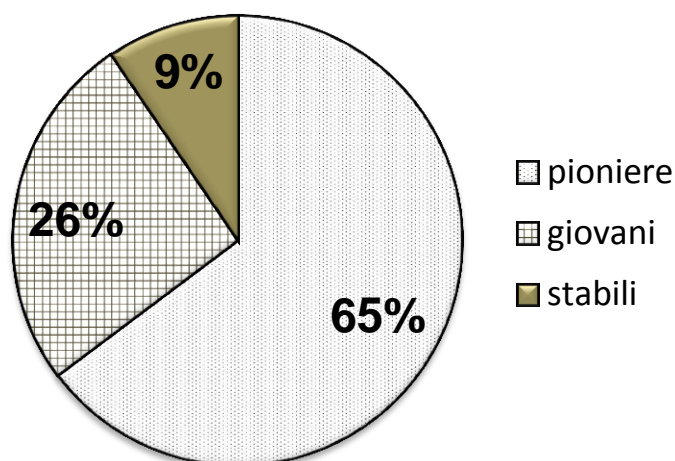


Figura 5.9: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 2003

Analizzando l'area relativa alle diverse tipologie di isole fluviali, 0,19 km² totali, il 9,03% sono isole pioniere, il 27,68% sono isole giovani, mentre il 63,30% sono isole stabili (Tab. 5.9 e Fig. 5.10).

Tabella 5.9: Area delle isole fluviali nel 2003

2003	Area isole (Km ²)	Area isole (%)
Pioniere	0,02	9,03
Giovani	0,05	27,68
Stabili	0,12	63,30
Totale	0,19	100,00

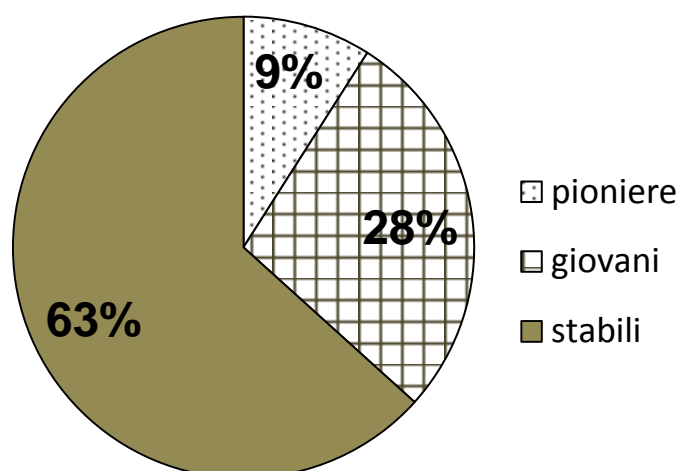


Figura 5.10: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 2003

Nel 2008 si sono individuate 588 isole fluviali; il 77,89% sono isole pioniere, il 18,71% sono isole giovani, mentre lo 3,40% sono isole stabili (Tab. 5.10 e Fig. 5.11).

Tabella 5.10: Numerosità delle isole fluviali nel 2008

2008	N isole	% N isole
Pioniere	458	77,89
Giovani	110	18,71
Stabili	20	3,40
Totale	588	100,00

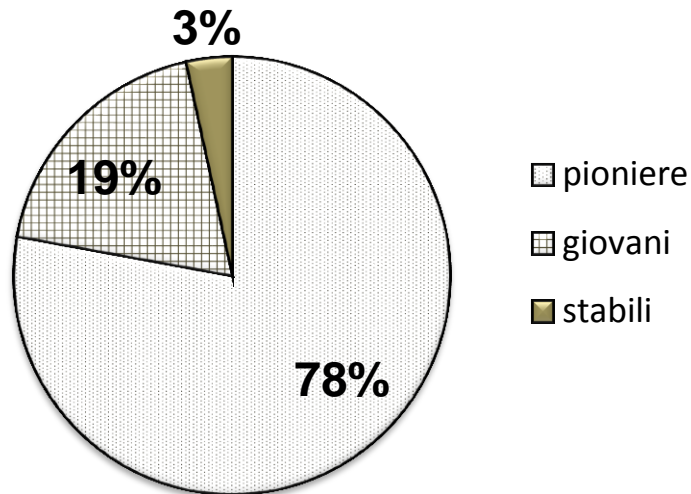


Figura 5.11: Percentuale della numerosità per tipologia di isole fluviali nel 2008

Analizzando l'area relativa alle diverse tipologie di isole fluviali, totale pari a 0,36 km², il 26,02% sono isole pioniere, il 30,41% sono isole giovani, mentre il 43,57% sono isole stabili (Tab. 5.11 e Fig. 5.12).

Tabella 5.11: Area delle isole fluviali nel 2008

2008	Area isole (Km ²)	Area isole (%)
Pioniere	0,09	26,02
Giovani	0,11	30,41
Stabili	0,16	43,57
Totale	0,36	100,00

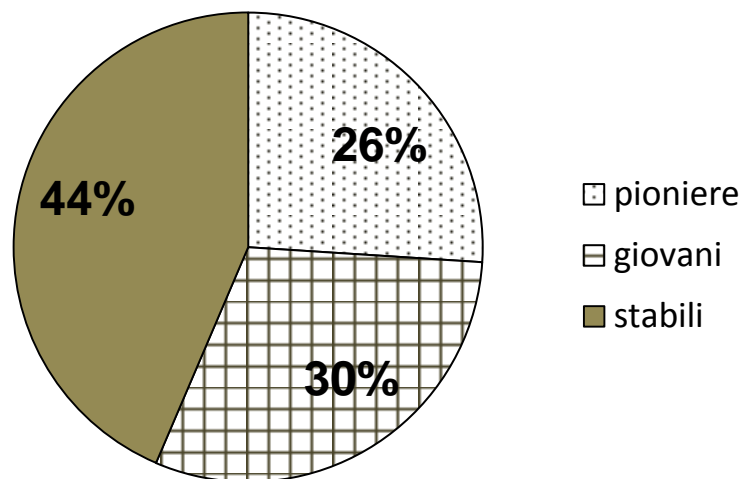


Figura 5.12: Percentuale dell'area per tipologia di isole fluviali nel 2008

5.3 Variazione della numerosità delle isole fluviali in relazione all'estensione dell'alveo attivo

Nella Tabella 5.12 e nella Figura 5.13 si può osservare la variazione della densità relativa alle tre diverse tipologie di isole fluviali.

Tabella 5.12: Numerosità delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo

n/km ²	1981	1990	1999	2003	2008
Pioniere	53	61	37	48	114
Giovani	16	22	11	19	27
Stabili	0	1	5	7	5

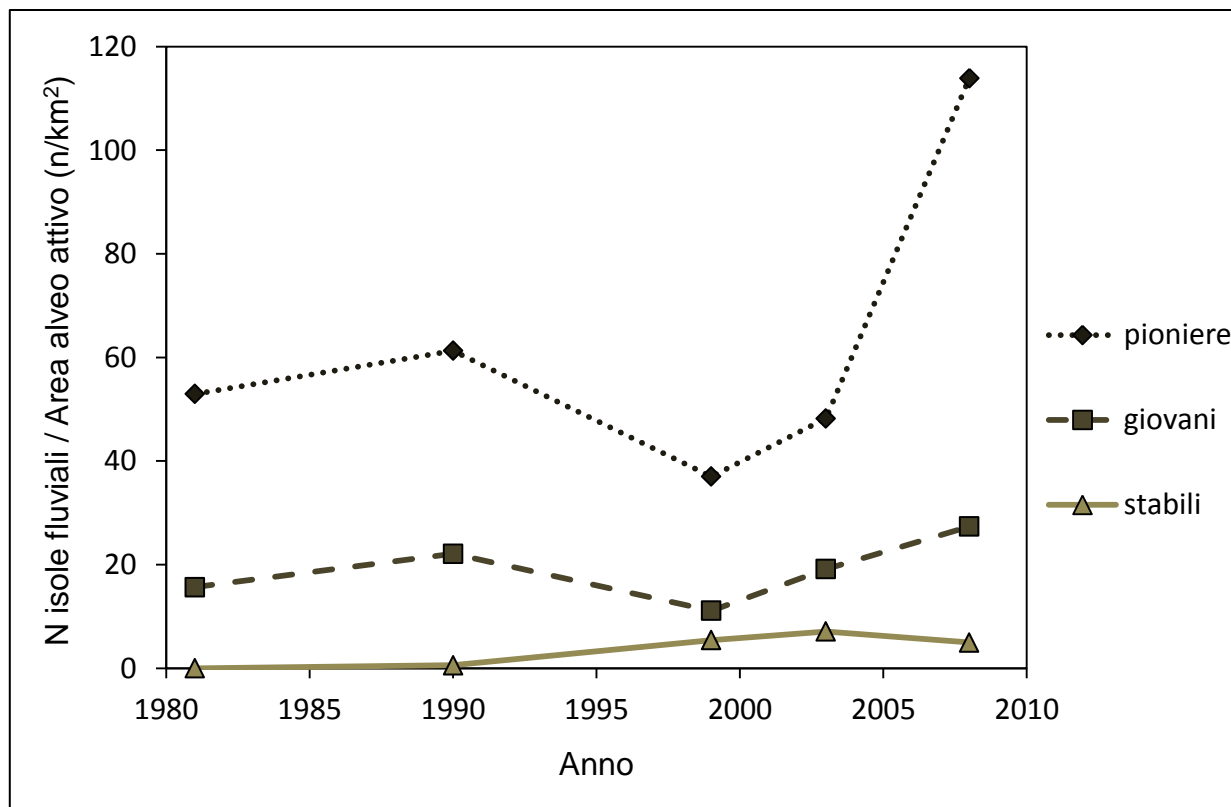


Figura 5.13: Numerosità delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo

La densità delle isole pioniere aumenta gradualmente dal 1981 (53 n/km^2) al 1990 (61 n/km^2), poi diminuisce sensibilmente fino al 1999 (37 n/km^2) e cresce nuovamente fino al 2008 (114 n/km^2).

Per quanto riguarda le isole giovani, la loro densità accresce dal 1981 (16 n/km^2) al 1990 (22 n/km^2); poi per un periodo decresce fino al 1999 (11 n/km^2), e di seguito cresce fino al 2008 (27 n/km^2).

Infine, le isole stabili risultano completamente assenti nel 1981, e in concentrazione molto limitata nel 1990 (1 n/km^2). Poi la loro densità aumenta fino al 2003 (7 n/km^2), e successivamente diminuiscono fino al 2008 (5 n/km^2).

5.4 Variazione dell'estensione dell'area delle isole fluviali in relazione all'estensione dell'alveo attivo

Nella Tabella 5.13 e nella Figura 5.14 si può osservare la variazione dell'estensione dell'area delle isole fluviali in relazione all'estensione dell'alveo attivo.

Tabella 5.13: Area delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo

%	1981	1990	1999	2003	2008
Pioniere	3,38	3,80	1,33	0,41	2,33
Giovani	1,56	4,37	2,12	1,25	2,73
Stabili	0,00	0,01	4,02	2,86	3,91

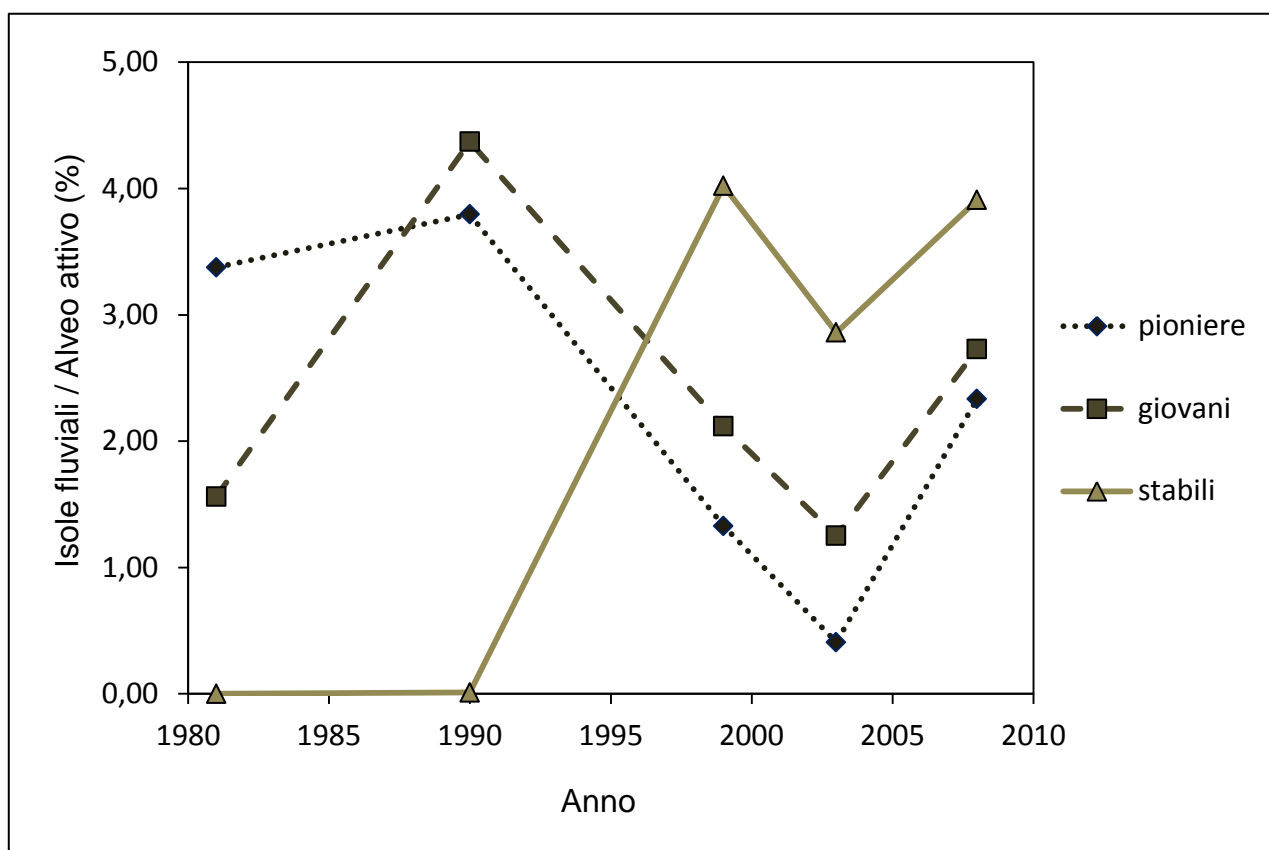


Figura 5.14: Area delle isole fluviali in relazione all'alveo attivo

L'estensione relativa delle isole fluviali ha un andamento altalenante nel periodo considerato.

Le isole pioniere sono aumentate gradualmente di estensione dal 1981 (3,38%) al 1990 (3,80%), per poi diminuire marcatamente fino al 2003 (0,41%) e crescere ulteriormente fino al 2008 (2,33%).

Per quanto riguarda le isole giovani, hanno avuto un forte aumento dal 1981 (1,56%) al 1990 (4,37%), poi un periodo di decrescita fino al 2003 (1,25%), seguito da una fase di crescita fino al 2008 (2,73%).

Infine, vi è una completa assenza di isole stabili nel 1981, e una presenza molto limitata nel 1990 (0,01%). In seguito c'è stato un aumento molto forte fino al 1999 (4,02%), seguito da una diminuzione fino al 2003 (2,86%) e da una nuova crescita fino al 2008 (3,91%).

6.DISCUSSIONI

L'estensione dell'alveo attivo risente del regime delle portate di piena, in particolare di quelle più intense. Gli incrementi di quest'ultimo, in termine di superficie, corrispondono infatti all'aumento della magnitudo e della frequenza degli eventi di piena, mentre le fasi di restringimento combaciano con periodi di piene meno energiche.

Come riscontrato anche da Moretto *et al.* (2010), vi è una correlazione soddisfacente tra la variazione della superficie dell'alveo attivo e i valori medi delle massime portate annuali del fiume Brenta nel periodo di studio.

Le grandi piene, infatti, giocano un ruolo importante nel strutturare la morfologia dei canali di un fiume: esse limitano l'invasione della vegetazione ripariale in alveo, come mostrato da Richter *et al.* (1998).

L'inversione di tendenza verificatasi nel 1990 è dovuta anche a:

- la riduzione delle attività estrattive di ghiaia (sia all'interno dell'alveo sia nelle aree alluvionali contermini) a causa dell'emanazione di normative sulla tutela e la gestione del fiume e delle acque;
- il rallentamento dei processi di approfondimento dell'alveo;
- la ripresa dell'erosione spondale.

Le isole pioniere sono numericamente superiori alle altre tipologie, seguite dalle giovani e infine dalle stabili. Questo andamento può essere dovuto alla diversa densità vegetazionale presente nelle isole fluviali: nelle isole pioniere, la bassa densità facilita il frammentarsi di queste durante eventi di piena anche modesti, rendendole numericamente superiori; la scarsa numerosità delle isole stabili, invece, è probabilmente dovuta alla densità molto alta di vegetazione.

La superiore numerosità delle isole pioniere rispetto alle altre categorie può essere spiegata anche dal fatto che esse si generano con più facilità e in tempi più brevi a valle di accumuli di legname morto trasportato in alveo dalle piene, oppure dalla deposizione di piante vive in zone dove trovano condizioni adatte per continuare la stagione vegetativa.

La minore presenza delle isole stabili, invece, può essere anche causata dal fondersi tra di esse nel corso degli anni o dal loro aggregarsi con la vegetazione ripariale a seguito di periodi senza piene sufficientemente forti da rimaneggiare le parti meno attive dell'alveo.

Risulta interessante l'aumento numerico di tutte e tre le tipologie di isole presenti tra il 1999 e il 2003; ciò può essere collegato all'evento di piena verificatosi nel 2002 (portata $756 \text{ m}^3/\text{s}$) che potrebbe aver frammentato le isole pioniere già esistenti e aumentato la deposizione di legname

morto rendendo possibile l'attecchimento della vegetazione e la nascita, così, di nuove isole. Nel caso delle isole stabili questo evento può aver aperto nuovi canali al loro interno o favorito l'isolamento di tratti di pianura alluvionale attraverso fenomeni di avulsione.

Questo aumento è più accentuato nell'ultimo quinquennio analizzato, infatti, soprattutto nel tratto in prossimità di Fontaniva, la leggera deposizione di sedimento e la stabilità morfologica del fiume hanno permesso la nascita di nuove e numerose isole pioniere tanto da far raddoppiare la loro numerosità.

L'aumento della magnitudo e della frequenza degli eventi di piena tra il 1990 e il 2003, oltre a combaciare con l'aumento di superficie dell'alveo attivo corrisponde con la fase di riduzione dell'estensione delle isole fluviali, anche se inizialmente solo le isole pioniere e giovani si sono dimostrate più sensibili a questi eventi: le prime sono state in alcuni punti eliminate completamente, mentre le seconde sono state erose marginalmente.

È solo nel periodo 1999-2003 che anche per le isole stabili inizia questa fase di restringimento a causa della piena verificatasi nel 2002 che probabilmente ne ha eroso i margini più esterni.

Incrociando i dati relativi a numerosità ed estensione delle isole si è visto come nel periodo tra il 1990 e il 1999, al calo della superficie e numerosità delle isole giovani corrisponde un aumento di estensione e di numero di quelle stabili, probabilmente questo fatto è dovuto al progressivo sviluppo vegetativo delle prime che ha portato a considerarle come isole stabili.

Dai dati emersi si evidenzia quindi che la mancanza di piene o una diminuzione della loro frequenza contribuisce alla stabilizzazione delle isole fluviali e della vegetazione ripariale, oltre che alla riduzione di superficie dell'alveo attivo.

Ciò mostra come sia impossibile considerare un solo fattore per la variazione della dinamica delle isole fluviali: influiscono infatti sia processi naturali, in particolare degli eventi di piena, sia l'azione antropica dell'uomo.

7.CONCLUSIONI

L'utilizzo di foto aeree ha permesso di misurare un numero maggiore di elementi con minor tempo e minori difficoltà logistiche rispetto ai rilievi di campo, legate alla difficile accessibilità di alcuni tratti del corso d'acqua e ai tempi più lunghi che necessitano questi rilievi. Nonostante questo si deve tener conto che sono presenti alcune imprecisioni nell'individuazione delle isole dovute all'impossibilità di distinguere, in alcuni casi, in maniera netta le dimensioni della vegetazione, causa le modeste risoluzioni delle foto aeree; ciò rende consigliabile un confronto con dati di campo o l'utilizzo di foto con un'alta definizione (dimensione del pixel 10-15 cm).

La metodologia risulta, dunque, complementare e non sostituibile rispetto ai soli rilievi di campo che permettono semmai una validazione della misura effettuata tramite foto.

I database creati dall'analisi delle foto aeree, attraverso l'applicazione ArcMap 9.3 (ESRI), facilitano e rendono fruibili i risultati ottenuti anche ad altri software; questo favorisce studi più approfonditi.

Per completare l'analisi da un punto di vista tridimensionale, sarebbe opportuno affiancare i risultati ottenuti con dei dati LIDAR per ottenere migliori e maggiori informazioni sugli aspetti dello sviluppo verticale della vegetazione e del suolo delle isole fluviali.

BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V., 1981. *"Il territorio della Brenta (a cura di M. ZUNICA)"*. Ed. Cleup, Padova.
- ARPAV, 2000. *"Il clima del Veneto"*. Regione del Veneto, ARPAV.
- ARPAV, 2005. *"Carta dei suoli del Veneto (a cura di Bozzo G.P., Dissegna M.)"*. Regione del Veneto, ARPAV.
- Autorità di Bacino Distrettuale Alpi Orientali, 2010. *"Piano di Gestione del Distretto Idrografico Alpi Orientali"*. Regione Veneto.
- Benincasa F. & Maracchi G., 2001. *"La tecnologia GIS nel monitoraggio ambientale"*. CNR-IATA.
- Billi P., 1994. *"Morfologia dei corsi d'acqua"*. Verde Ambiente, n.5, pp. 61-70.
- Billi P., 1995. *"Dinamica fluviale e antropizzazione"*. ACER, 1, pp.71-75.
- Bondesan A., Caniato G., Gasparini D., Vallerani F., Zanetti M., 2003. *"Il Brenta"*. Ed. Cierre 128-129.
- Bottari B., 2010. *"Qualità ed effetti morfologici del legname in alveo nel fiume Brenta"*. Tesi di Laurea Magistrale, Università di Padova, Facoltà di Agraria, Italia, 104.
- Gomasasca M. A., 2004. *"Elementi di geomantica"*. Associazione italiana di telerilevamento. Milano.
- Gurnell A. M., Petts G.E., Hannah D.M., Smith B.P.G., Edwards P.J., Kollmann J., Ward J.V. & Tockner K. 2001. *"Riparian vegetation and island formation along the gravel-bed Fiume Tagliamento, Italy"*. Earth Surface Processes and Landforms, 26: 31-62.
- Gurnell A. M., Tockner K., Edwards P., Petts G., 2005. *"Effects of deposited wood on biocomplexity of river corridors"*. Front.Ecol.Environ., 3 (7), 377-382.
- Gurnell A. M. & Petts G., 2006. *"Trees as a riparian engineers: the Tagliamento River, Italy"*. Earth Surface Processes and Landforms 31, 1558-1574.
- Kellershals R., Asce M., Church M. and Bray D.I., 1976. *"Classification and Analysis of River Processes"*. Journal of the hydraulics division, July 1976.
- Lenzi M. A., V. D'Agostino, D. Sonda, 2000. *"Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti"*. Editoriale Bios Cosenza.
- Lenzi M.A., 2011. Appunti e slide delle lezioni del corso di laurea triennale in *"Tutela del paesaggio agricolo-forestale e riassetto idraulico del territorio"*. Università di Padova.
- Leopold L.B., Wolman M.G., Miller J.P., 1964. *"Fluvial processes in Geomorphology"*. Freeman: San Francisco.

- Marchetti M., 2000. *“Geomorfologia fluviale”*. Pitagora Editrice Bologna.
- Moretto J., Rigon E., Lenzi M. A., 2010. *“Dinamica evolutiva di medio e breve termine della vegetazione riparia e della morfologia d’alveo del fiume Brenta”*. Analisi.
- Nanson G.C. & Croke J.C., 1992. *“A genetic classification of floodplains”*. *Geomorphology*, 4, 459-486.
- Niccoli T., 2007. *“Introduzione al software ArcGIS 8.3”*. CopyLeft 2007.
- Osterkamp W.R., 1998. *“Processes of fluvial island formation, with examples from Plum Creek, Colorado and Snake River, Idaho”*. *Wetlands* 18: 530-545.
- Picco L., 2010. *“Long period morphological dynamics in regulated braided gravel-bed rivers: comparison between Piave River (Italy) and Waitaki River (New Zealand)”*. Phd thesis.
- Rainato R., 2007. *“Nuove metodologie GIS per la quantificazione del legname in alveo nei torrenti alpini”*. Tesi di Laurea Triennale, Università di Padova, Facoltà di Agraria, Italia, 201.
- Richter B. D., Baumgartner J. V., Braun D., Powell J., 1998. *“A Spatial assessment of hydrologic alteration within a river network”*. *Regulated rivers, research & management*. pp.329-340.
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M., 2010. *“Sistema di Valutazione Morfologica dei corsi d’acqua: Manuale tecnico - operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d’acqua”*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- Rosgen D. L., 1994. *“A classification of natural rivers”*. *Catena*, n. 22, pp. 169-199.
- Rusconi A. & Nicifero U., 2004. *“Le acque del Brenta tra risorsa e minaccia”*. Cierre edizioni.
- Sear D.A., Newson M.D., Thorne C.R., 2003. *“Guidebook of applied Fluvial Geomorphology”*.
- Simonetto A., 2010. *“Caratteristiche morfologiche di alcuni fiumi ghiaiosi antropizzati e naturali e studio della stabilità del fiume Brenta tra Bassano e Carturo”*. Tesi di Laurea Magistrale, Università di Padova, Facoltà di Agraria, Italia, 138.
- Surian N., Pellegrini G.B., Scmazzon E., 2005. *“Variazioni morfologiche dell’alveo del fiume Brenta indotte da interventi antropici”*. *Geog. Fis. Dinam. Quat. Suppl.* VII, pp.339-345.
- Surian N. & Cisotto A., 2007. *“Channel adjustments, bedload transport and sediment sources in a gravel-bed river, Brenta River, Italy”*. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Surian N., Rinaldi M., Pellegrini L., 2009. *“Morfologia di un alveo fluviale. In Linee guide per l’analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive”*. 15-19 Cleup sc.

- Thorne C.R., 1997. *“Channel types and morphological classification”*. In: C.R. Thorne, R.D. Hey and M.D. Newson (Eds), *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*, Wiley, 175-222.
- Valentini M. , 2010. *“L’origine geologica del territorio nel bacino del fiume Brenta”*. Quaderni della Fondazione Wollemborg n.15, p 118.
- Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A.M., Petts G.E. and Rossaro B., 1999. *“A reference river system for the alps: the Fiume Tagliamento”*. *Regulated rivers: Research & Management*, 15: 63-75.
- Wyrick J. R., 2005. *“On the Formation of Fluvial Islands”*. PhD thesis, Oregon State University.
- Zangheri P., Francescato V., Lodi G. e Paolucci P. 2002. *“La nostra Brenta: Gestire il fiume”*. Confederazione Italiana Agricoltori. Mazzanti e C. Editori S.n.c.

Siti web

- <http://www.provincia.pd.it/index.php?page=bacinobrenta>