

CORSO DI LAUREA TRIENNALE RTTP
Curriculum TRT

Modulo 3.3
Il Legname in alveo:
importanza, quantificazione e gestione
Rigon E., Lenzi M.A.

CONTENUTI

Obiettivi	1
1. Cos'è e che funzione esercita il materiale legnoso in alveo?	2
a. Caratteristiche del materiale legnoso in alveo	2
b. Come il materiale legnoso influenza la forma ed i processi dei corsi d'acqua	3
c. L'importanza ecologica del materiale legnoso in alveo	3
d. Altri vantaggi	4
e. Svantaggi causati dalla presenza di materiale legnoso in alveo	4
2. Come si misura la quantità di materiale legnoso in alveo?	5
a. Nei torrenti di montagna	5
b. In grandi fiumi pedemontani e di pianura	6
c. Cos'altro merita essere misurato?	7
3. Cosa fare con il materiale legnoso in alveo?	8
a. Opere di trattenuta	8
b. Gestione della vegetazione ripariale	9
4. Reintroduzione di legname in alveo?	10
5. Bibliografia	11
6. Per saperne di più...	12

OBIETTIVI

Questo documento si propone d'introdurre il lettore al tema della presenza del materiale legnoso nei corsi d'acqua. Saranno illustrati gli elementi basilari per la comprensione della dinamica del materiale legnoso, della sua importanza da un punto di vista funzionale ed ecologico e dei possibili svantaggi originati dalla sua presenza in alveo. Il documento spiega inoltre la problematica della misurazione e quantificazione del materiale legnoso. Il lettore apprenderà le tecniche di misurazione in campo adottate nei casi di piccoli torrenti montani e di fiumi di pianura. Si illustrerà anche la tecnica di rilevamento fotogrammetrico, particolarmente adatta nel caso di fiumi pedemontani a canali multipli. Successivamente saranno illustrate le opere idrauliche che possono essere utilizzate per la trattenuta del materiale legnoso trasportato dalle piene. Al lettore saranno fornite le informazioni basilari per l'individuazione dei tipi di opere da adottare nei casi specifici, che possono variare da torrenti montani a fiumi di pianura. Infine saranno illustrate le nuove tendenze e linee strategiche relazionate alla gestione integrata e sostenibile dei fiumi, nonché nuove tecniche di riqualificazione fluviale.

1. Cos'è e che funzione esercita il materiale legnoso in alveo?

La vegetazione arbustiva ed arborea che vive nelle vicinanze dei corsi d'acqua può, per mortalità naturale o per causa di erosioni delle rive, pervenire nei corsi d'acqua in forma di materiale legnoso. Il materiale legnoso di lunghezza maggiore di 1m e diametro superiore a 10 cm viene comunemente chiamato in terminologia anglosassone come *large wood* (LW).

Il materiale legnoso in alveo è soggetto a processi naturali di degradazione per effetto degli elementi fisici (rottture, umidità, ecc.) e biologici (insetti, funghi, ecc.). Inoltre, il legname può essere trasportato a valle per effetto delle piene. Si capisce quindi che abbondanza e dinamica del materiale legnoso in alveo è molto variabile, e dipende delle condizioni climatiche di crescita della vegetazione arborea ripariale e della degradazione del materiale; inoltre, dipende dalla frequenza di accadimento delle piene e della tipologia fluviale. Schematicamente, si può pensare alla presenza ed alla dinamica del materiale in alveo come ad un processo simile a quello dei sedimenti. In effetti, così come per i sedimenti, in un certo tratto abbiamo: input di materiale da monte (Q_i), uscita per trasporto fluviale (Q_o), reclutamento di legname da aree laterali come vegetazione riparia (I), ed aree di accumulo temporaneo (O) (Fig. 1). Esiste inoltre la possibilità di degradazione naturale del materiale legnoso (D).

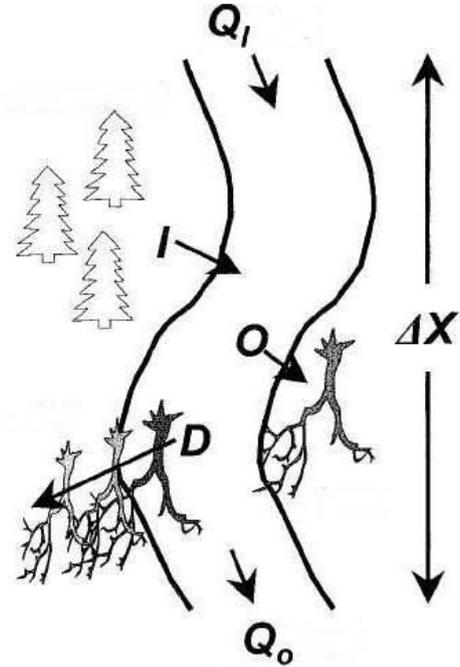


Fig. 1 – Dinamica del materiale legnoso in alveo (Modificato da Martin & Benda 2001)

1.1 Come si presenta il materiale legnoso in alveo?

Il materiale legnoso in alveo è legato alla capacità della corrente di trasportarlo verso valle. È intuitivo immaginare che i tronchi più grandi sono più difficilmente fluitati, specialmente in piccoli corsi d'acqua di montagna, dove è più facile trovare elementi di grandi dimensioni e dove la complessa morfologia d'alveo limita fortemente il trasporto. Al contrario nei grandi e larghi fiumi di pianura, il limite per il trasporto è rappresentato da piene con tirante sufficiente a permettere la fluitazione del legname. In questa maniera si verifica una segregazione delle caratteristiche

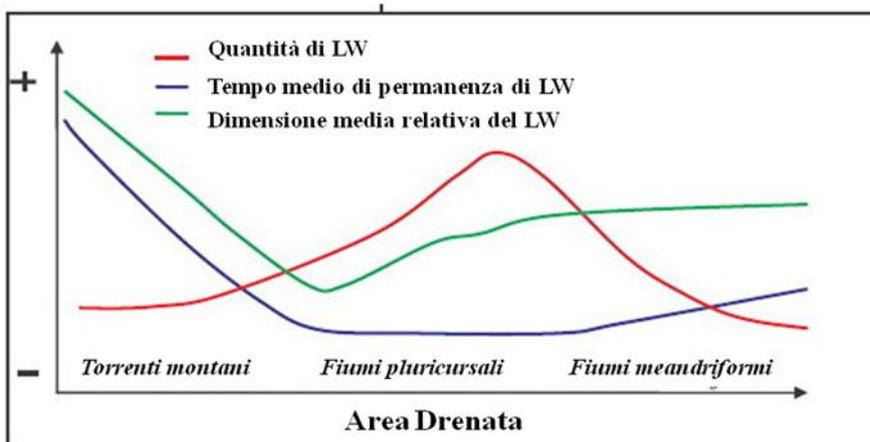


Fig. 2 – Il materiale legnoso all'interno di un sistema fluviale (modificato da Piegay, 2003)

dominanti, dimensioni, quantità e tempo di permanenza del legname in corsi d'acqua con differenti caratteristiche morfologiche (Fig. 2). Questa differenza nella tipologia dominante del trasporto, implica che il legname può essere accumulato in modo differente nei diversi collettori.

Quando un albero o una porzione dello stesso cade o è traslato in un corso d'acqua e si deposita all'interno o nella piana alluvionale, comincia a funzionare come un rastrello che trattiene altro materiale galleggiante più piccolo. Peraltro, se l'elemento è sufficientemente piccolo, e può essere trasportato più a valle per effetto delle piene, tenderà ad accumularsi in particolari tratti di fiume. La tendenza del materiale flottante di essere ritenuto da altro materiale legnoso o da massi di grandi dimensioni è più evidente in corsi d'acqua montani dove il trasporto di tronchi di maggiori dimensioni è occasionale. In torrenti con forte pendenza e larghezza limitata, a volte gli accumuli di legname occupano tutta la sezione del canale creando delle vere e proprie dighe (Fig. 3).

In fiumi delle zone pedemontane e di pianura, dove si riduce la pendenza e il canale si allarga il legname invece si disperde nel letto (Fig. 4) o tende ad accumularsi in posizioni particolari, come a valle di isole o in corrispondenza delle curve dei meandri. Gli studiosi Abbe e Montgomery (2003), tra gli altri, hanno classificato le distinte tipologie degli accumuli del legname in alveo, e soprattutto hanno relazionato la presenza di questi elementi alla morfologia d'alveo ed ai processi fluviali.



Fig. 3 – Accumuli di legname in un torrente alpino



Fig. 4 – Il legname in un fiume con letto in ghiaia

1.2 Come il legname influenza la forma ed i processi dei corsi d'acqua?

Quando è organizzato in accumuli, il legname in alveo influenza fortemente la morfologia dello stesso, e conseguentemente i suoi processi morfodinamici. La presenza di accumuli aumenta la resistenza al flusso, diminuisce la velocità della corrente a monte di queste strutture e confina il flusso in spazi ristretti. Questa concentrazione del flusso provoca un'erosione localizzata e dà origine ad una maggiore diversificazione morfologica con la creazione di pozze, aumento dell'ossigenazione, accumulo di sedimento, e allargamento del canale.

1.3 L'importanza ecologica del legname in alveo

Molti dei vantaggi dovuti alla presenza di legname in alveo sono intuitivi e possono essere facilmente percepiti osservando un corso d'acqua dalle sponde. L'effetto di maggior rilievo è determinato dall'aumento della complessità morfologica, che produce una diversificazione degli habitat e quindi biologica. Il legname fornisce spazio e siti rifugio per molti organismi acquatici, a partire dai macroinvertebrati fino ai pesci, che di questi invertebrati si alimentano. (Fig. 5). Oltre all'alimento, nelle vicinanze degli accumuli di legname, i pesci possono trovare delle zone di "riposo" nelle pozze e siti di protezione dai predatori aerei. Più importante ancora, è che nelle pozze i pesci possono superare i periodi secchi dell'anno e trovare riparo durante i fenomeni di piena.

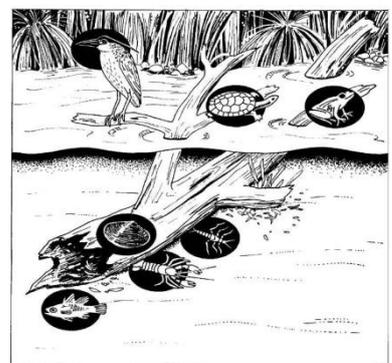


Fig. 5 – Il legname crea habitat importanti per la fauna (da: WAWRC, 2000)

Molte ricerche scientifiche hanno dimostrato che una maggior presenza di legname in alveo aumento l'abbondanza e la diversità di pesci nei corsi d'acqua, sia in quelli piccoli di montagna che nei grandi fiumi di pianura.

In generale il legname assume un ruolo fondamentale nella creazione, mantenimento e diversificazione delle catene e delle reti trofiche. Nel complesso, l'effetto del materiale legnoso è di aumentare il potere di autodepurazione dei corsi d'acqua, e di ridurre il carico di nutriente che arrivano agli estuari e delta.

1.4 Altri vantaggi



Fig. 6 – Ritenzione di sedimenti a monte e creazione di una pozza a valle di un accumulo di legname.

Oltre a fornire l'ambiente fisico e funzionale per il sostentamento di una ricca catena trofica, ed aumentare sostanzialmente la biodiversità dei corsi d'acqua, il materiale legnoso in alveo fornisce altri vantaggi:

- Gli accumuli di legname riducono l'erosione del letto del fiume e stabilizzano le sponde.
- Gli accumuli creano un rigurgito a monte che facilita la sedimentazione e la ritenzione del materiale solido trasportato dalla corrente (Fig. 6).
- Creazione di pozze a valle.
- Aumento della resistenza al flusso. Questo effetto contribuisce a diminuire la capacità di trasporto solido e a laminare le piene aumentando il tempo di concentrazione e propagazione.

1.5 Svantaggi causati dalla presenza di legname in alveo

Il legname è un elemento che partecipa naturalmente alla dinamica morfologica ed al funzionamento stesso di un sistema fluviale non influenzato per la presenza dell'uomo. Da quando le prime civiltà hanno iniziato a stabilizzare le città e le attività nelle vicinanze dei fiumi, hanno iniziato a modificarli per l'uso delle sue risorse (acqua, ghiaia, boschi ripariali) e per proteggersi dalle piene. Al giorno d'oggi in molte aree del nostro pianeta l'uomo ha diminuito lo spazio a disposizione per la naturale dinamica di espansione laterale e di divagazione dei fiumi, che in corrispondenze degli eventi di piena, tendono a riconquistare lo spazio che naturalmente sarebbe di loro pertinenza. Nello sforzo di contenere i fiumi in spazi ridotti, tutti gli elementi naturali "scomodi", come la vegetazione arborea viva ed il legname tendono ad essere rimossi per la loro potenziale pericolosità. In effetti, il materiale legnoso può ostruire ponti (Fig. 7) o sezioni trasversali molto strette, causando inondazioni (Fig. 8). Per contrastare queste possibili fonti di danno a centri urbani e reti d'infrastrutture si può intervenire con azioni indirette (gestione della vegetazione ripariale) o diretta (attraverso opere). Il materiale legnoso in alveo non è pericoloso di per se stesso, ma la pericolosità deriva dalla tendenza umana di togliere ai fiumi spazi naturalmente di pertinenza fluviale



Fig. 7 – Tronchi accumulati a monte di un ponte hanno causato la rottura (fonte: Bradley et al., 2005)



Fig. 8 – Tronchi trasportati durante l'alluvione del Novembre '66 a Caprile (BI)

2. Come si misura la quantità di materiale legnoso in alveo?

Da quanto esposto nel capitolo precedente si mette in evidenza l'importanza ecologica ed anche i potenziali pericoli della presenza del materiale legnoso in alveo. E' naturale allora domandarsi quanto materiale può essere "accettato" nell'alveo e che fare se si crede che la quantità presente non è compatibile con le condizioni di sicurezza del corso d'acqua. E' evidente quindi la necessità di misurare la quantità di legname, che cambierà in relazione alla tipologia del fiume.

2.1 In torrenti di montagna



Fig. 9 – Operatori intenti nella misurazione di grande accumulo di legname



Fig. 10 – Un unico elemento legnoso trasversale alla corrente che forma un salto o *log step*



Fig. 11 – Grandi accumuli di legname in alveo si definiscono *valley jams*

In piccoli torrenti di montagna dove la larghezza è inferiore a 20 m, l'unico metodo di stima della quantità di materiale legnoso è la stima diretta. La misura può essere totale (in tutta la lunghezza del corso d'acqua) o parziale, con tratti di saggio casuali. In questo ultimo caso, è necessario stabilire preventivamente la dimensione e la distribuzione spaziali dei tratti da monitorare. In questi tratti (di lunghezza compresa tra i 50 e 100 m) si procederà alla misurazione della lunghezza e del diametro (al centro del tronco) di ogni elemento legnoso con diametro superiore ad 1 metro e diametro medio superiore a 10 cm (Comiti e al., 2006). Nelle misurazioni si usa una cordella metrica ed un cavalletto forestale. Per un rilievo più dettagliato, sarà compito dell'operatore annotare informazioni supplementari circa l'origine (trasportato dal fiume o no), la posizione (rispetto all'alveo di piene rive), l'orientamento (parallelo o trasversale rispetto la corrente), il grado di libertà (più o meno vincolato), lo stato di degradazione del tronco e la presenza di rami o radici. Dato che nella maggioranza dei casi i tronchi non si trovano isolati, ma informazioni aggregate, la misurazione di ogni elemento che forma l'accumulo non è sempre facile per l'evidente problema logistico (Fig. 9). Comunque, l'obiettivo è quello di misurare la dimensione geometrica degli accumuli (altezza H , larghezza B , lunghezza L) assumendo una forma di parallelepipedo. Il volume di ogni accumulo si stimerà come $V = H \cdot B \cdot L$. A questo volume "pieno" sarà necessario togliere il volume degli spazi vuoti (porosità). La stima della porosità degli accumuli non è semplice (si dovrebbe misurare il volume reale degli accumuli) però si può approssimare a circa il 10-20% (Thévenet et al., 1998; Andreoli et al., 2007). E' opportuno anche classificare gli accumuli secondo un criterio standard, come quello di Abbe and Montgomery (2003), che distingue tre tipi di accumuli secondo l'origine degli elementi: autoctoni (elementi chiave non trasportati da monte), di trasporto (elementi chiave trasportati) e misti. Anche se questa metodologia è più complessa ed implica un secondo livello di classificazione, si possono ricordare due tipologie tipiche dei torrenti montani: *log step* (elemento chiave autoctono caduto dai margini che forma un salto, Fig. 10) e il *valley jam*, (accumuli molto grandi di larghezza pari o maggiori dell'alveo (Fig. 11).

2.2 In grandi fiumi pedemontani o di pianura

Quando le valli si allargano, i corsi d'acqua si presentano con minore pendenza e maggiore larghezza. In questi tratti il letto è generalmente di ghiaia e sabbia, troviamo deposizioni di sedimenti e materiale legnoso e si possono formare isole arboree (Fig. 12). Data la larghezza dei fiumi di questo tipo (anche maggiori di 1 km), la misurazione diretta di tutti i tronchi presente in un certo tratto risulta essere un lavoro dispendioso e poco fattibile. In queste condizioni si può ricorrere ad un rilievo manuale di tutti gli elementi organici che si trovano in una striscia di 50-100 m attorno ad una certa sezione trasversale (Fig. 13).



Fig. 12 – Fiume ghiaioso a canali multipli (Tagliamento)

In questo modo si può realizzare un campionamento trasversale del canale, analizzando contemporaneamente (ed eventualmente in modo segregato) distinte unità morfologiche tipiche di questi fiumi (canale principale e secondario, barre, isole e piana inondabile). La misurazione della quantità di legname nelle distinte porzioni del letto, è importante perché la variabilità spaziale dell'abbondanza del materiale legnoso può essere molto elevata (Fig. 13).

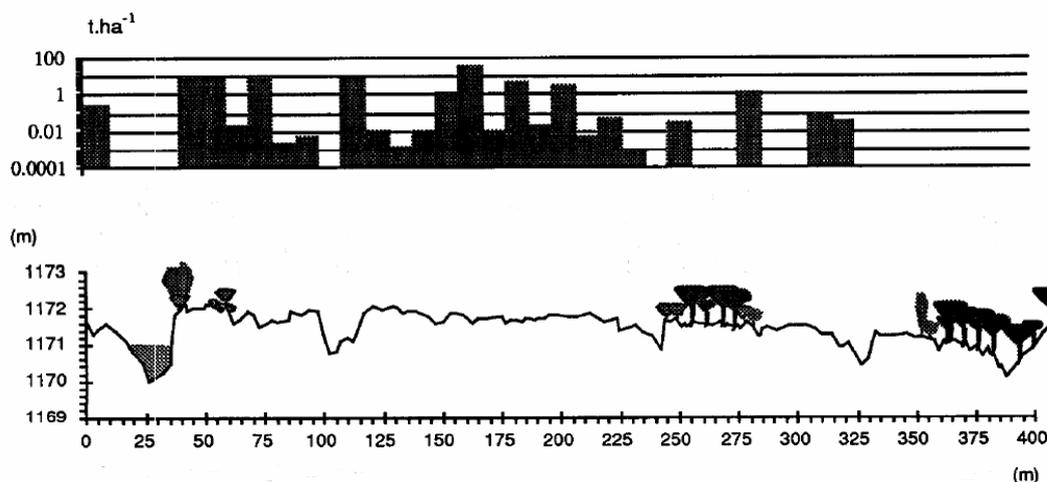
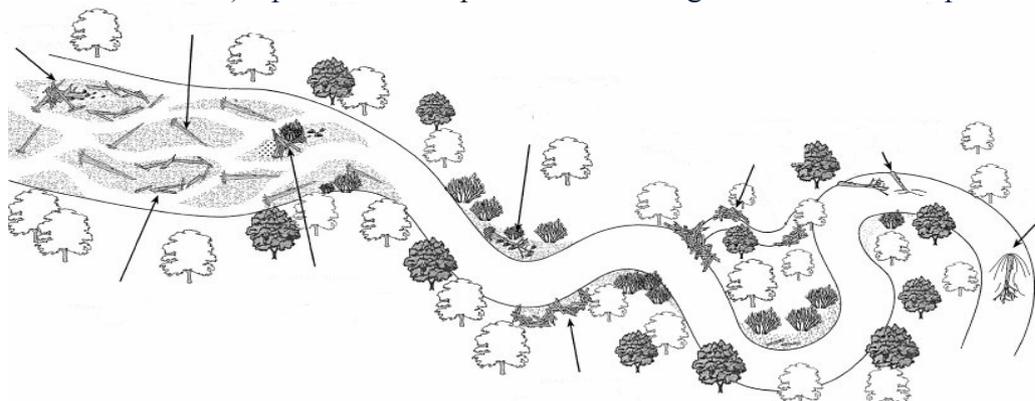


Fig. 13 – Campionamento di una fascia di alveo lungo una sezione trasversale (modificato da Piegay & Gurnell, 1997)

Per questo motivo con lo scopo di quantificare con buona approssimazione i volumi di materiale legnoso in grandi alvei, si consiglia di realizzare diversi campionamenti trasversali (ogni 2-3 km). In fiumi molto larghi con grandi spazi occupati da elementi sedimentari e con poca vegetazione, dove la morfologia dominante è a canali multipli (Fig. 14), è stato recentemente applicato con buon esito un nuovo metodo di campionamento per interpretazione fotogrammetrica. Questo campionamento può essere totale o parziale (considerando ad esempio tratti diversi per morfologia dominante o individuati casualmente) e prevede l'interpretazione di fotografie aeree della superficie

Fig. 13 – Distinti tipi di accumuli di materiale legnoso in canali multipli e sinuosi di un fiume di pianura (modificato da Gurnell et al., 2002)



del canale. Le foto utilizzate devono avere una buona risoluzione (pixel di dimensione minima 10 cm), che dipende dalla quota del volo, dalla qualità della foto digitale acquisita, e della dimensione minima del tronco da misurare (Fig. 14). Lavorando in ambiente GIS, sarà possibile identificare tutti i tronchi isolati e gli accumuli, schematizzare il loro profilo e determinare le dimensioni planimetriche (Fig. 15). Il metodo necessita di una calibrazione in campo attraverso campionature manuali di alcune aree (in particolare per determinare l'altezza media degli accumuli e l'errore medio commesso), ma si è dimostrato ragionevolmente applicabile in fiumi ghiaiosi per la stima del volume di materiale legnoso in alveo.

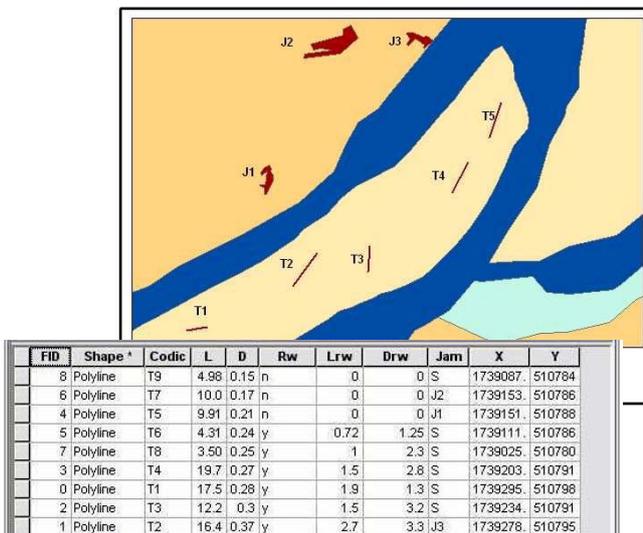


Fig. 15 – Applicazione del rilevamento del legname con metodo fotografico. Sopra la foto aerea, a destra l'elaborazione in ambiente GIS con la tabella delle caratteristiche del legname.



Fig. 16 – Accumuli di legname sotto copertura vegetale.

Il metodo fotografico non è applicabile in fiumi meandri-formi, perché il materiale tende ad accumularsi nelle sponde coperti dalla vegetazione ripariale e quindi poco visibili da fotografia aerea. Lo stesso problema si può presentare anche in fiumi a canali multipli nel caso di accumuli localizzati sotto la copertura arborea di isole fluviali (Fig. 16).

2.3 Cos'altro merita di essere misurato?

Se l'obiettivo del rilevamento di campo, oltre alla mera quantificazione del legname in alveo è un'investigazione più dettagliata, con raccolta di dati per una comprensione della forma e dei processi dominanti nel sistema fluviale nel suo complesso, sarà opportuno recuperare altre informazioni aggiuntive come:

- Profilo longitudinale, dal quale è possibile calcolare la pendenza del canale e descrivere le forme di fondo (Fig. 17);
- Sezioni trasversali e identificazione in campo del livello della piena ordinaria (*bankfull discharge*). Anche la determinazione del valore di larghezza media del canale è utile, in quanto la il volume di legname viene espresso anche in forma unitaria (per unità di superficie dell'alveo attivo).
- Granulometria superficiale per la stima della scabrezza e del trasporto solido.



Fig. 17 – Rilevamento del profilo longitudinale di un torrente montano, con misura della pozza a valle di uno *step-pool*.

3. Cosa fare con il materiale legnoso in alveo?

In alcune circostanze, dopo aver quantificato la quantità di materiale legnoso in alveo e dopo aver stimato la vegetazione riparia e dei versanti che potenzialmente può pervenire in alveo ed essere trasportata più a valle a causa di una piena straordinaria, si può arrivare ad ipotizzare che questa quantità può essere pericolosa per alcune sezioni critiche, come ponti o altri insediamenti ed attività antropiche localizzate in prossimità del corso d'acqua. In questo caso le possibili strategie di azioni contemplano sia interventi diretti con opere di ritenzione del legname fluitato, che l'adozione di azioni indirette come una buona gestione della vegetazione riparia e del legname.

3.1 Opere di ritenzione



Fig. 18 – Struttura metallica a protezione di tombotti (fonte Bradley et al. 2005)



Fig. 19 – Briglia selettiva con filtro ad inclinazione multipla nel Rio Fumola (Tn)



Fig. 20 – Contrafforte centrale di una briglia a funi nel F. Sarca (Tn)

Se gli elementi antropici vulnerabili in relazione al trasporto di legname in alveo sono localizzati e puntuali (ponti, strettoie, passaggi in prossimità di centri abitati), può essere conveniente intervenire costruendo opere di cattura e ritenzione del materiale flottante a monte delle aree da proteggere (Fig. 18). Se la larghezza del canale è superiore a 10 m, è necessario ricorrere alla costruzione di opere idrauliche di maggiore scala (briglie). Le prime briglie adottate per la ritenzione di materiale legnoso sono state costruite nell'area Alpina a partire dalla metà del secolo scorso, e derivano sostanzialmente da opere filtranti aperte per la ritenzione del sedimento. In una successiva evoluzione della tecnica di costruzione, si sono modificate opere pensate per contenere colate detritiche. In questa tipologia di briglie selettive sono stati incorporati filtri con doppia o tripla inclinazione, per permettere l'accumulazione di materiale flottante nella parte alta del filtro, in modo che la parte bassa continui ad esercitare l'effetto selettivo in relazione al sedimento trasportato (Fig. 19).

All'interno delle opere progettate unicamente per la ritenzione del materiale galleggiante (Fig. 20), ci sono varie tipologie, che hanno un campo di applicazione che dipende dall'area drenata del bacino (o della portata di progetto) e della quantità di legname (in m^3 su metro di larghezza dell'alveo) che l'opera deve ritenere (Fig. 21). Per corsi d'acqua montani sono indicate opere poco impattanti come briglie a rete (Fig. 21a), che sono efficaci anche nella trattenuta di colate detritiche. Per fiumi più grandi e con minore pendenza, si consigliano le briglie a pettine, che sono capaci di trattenere i tronchi e hanno minori effetti sul trasporto solido (Fig. 21b).

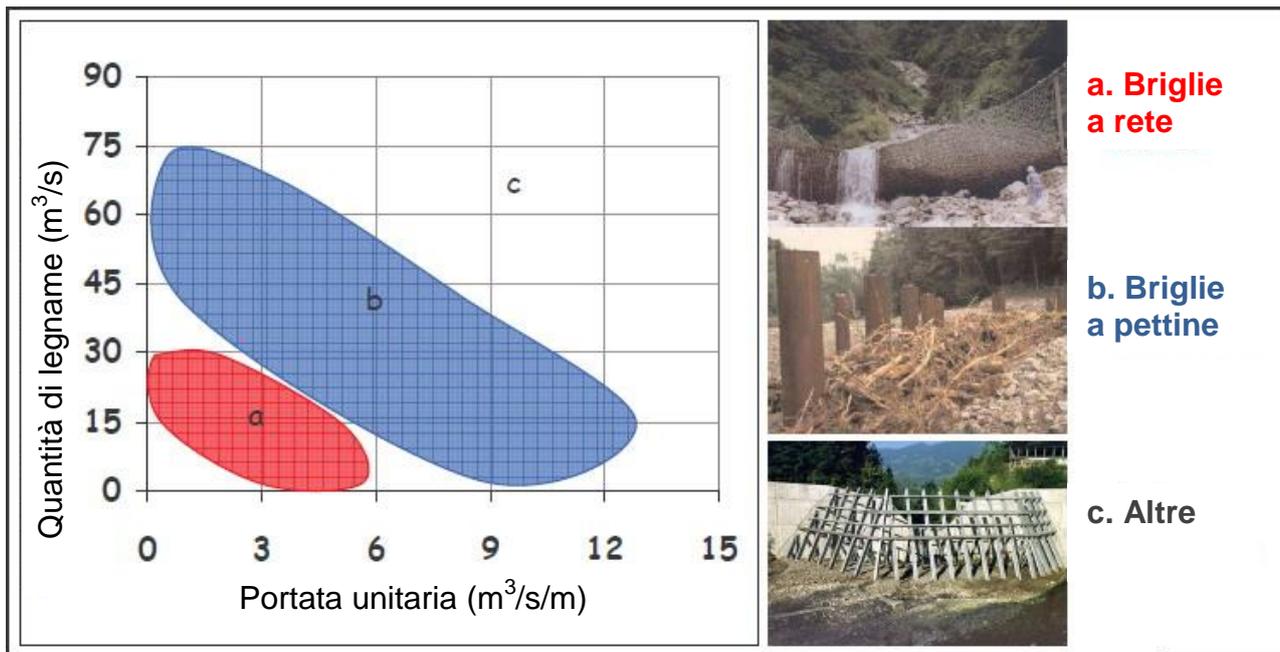


Fig. 21 – Campo di utilizzazione delle strutture di ritenzione del legname (modificato da Rimböck, 2004)

Per situazioni dove la quantità di materiale legnoso da trattenerne è potenzialmente superiore a 80 m^3 su metro di larghezza del canale, è consigliabile intervenire con opere particolari come filtri progettati per essere installati a monte di briglie a fessura (Fig. 21c) o briglie a fune (Fig. 20) nel caso di fiumi molto grandi (>20-30 m) e con pendenza inferiore a 1%. Le briglie a cavi sono delle opere molto innovative per questa particolare applicazione, dato il molto basso impatto ambientale e paesaggistico e la grande efficienza di cattura del materiale flottante. L'opera è costruita con un contrafforte posto al centro del canale e cavi fissati fin sulle sponde da contrafforti laterali. Il materiale è catturato dai cavi e direzionato verso l'esterno (i cavi sono obliqui rispetto alla direzione della corrente) dove può essere recuperato dopo la piena.

3.2 Gestione della vegetazione riparia

Nel passato le autorità competenti nella gestione dei corsi d'acqua interpretavano il concetto di gestione come sinonimo di "pulizia" che spesso si realizzava come taglio raso di tutta la vegetazione e la rimozione del legname in alveo. La tendenza era quella di intendere il fiume come una "autostrada per il flusso" anche se si tratta di un complesso e fragile sistema ecologico-funzionale che funziona meglio e si sostiene se si lascia lo spazio per trovare e mantenere il suo equilibrio. Al giorno d'oggi questa crescente coscienza sta stimolando la tendenza a mantenere la vegetazione riparia ed il materiale legnoso in alveo. In effetti, i costi di manutenzione della vegetazione riparia è molto alto, e non garantisce in caso di eventi straordinari la completa sicurezza idraulica perché possono attivarsi imprevedibili sorgenti di materiale legnoso in alveo ed i tronchi di maggiori dimensioni possono essere trasportati a valle per lunghe distanze (fino a decine di Km). Queste evidenze portano alla conclusione che da un punto di vista funzionale ed economico il modo migliore di affrontare il problema è quello di allontanare gli elementi vulnerabili dal fiume. Se questo non è possibile, è quindi più consigliabile difendere puntualmente con opere di ritenzione del materiale le aree vulnerabili. In breve usando il paradosso di Benke et al (1985): "nonostante in alcune situazioni può essere necessario rimuovere il materiale legnoso per evitare la formazione di occlusioni la maniera più saggia di gestire il fiume è quella di non fare niente".

4. Il ritorno del materiale legnoso nei fiumi

Anche se alcuni fiumi nel mondo hanno mantenuto una naturalità intatta, nella maggior parte dei casi sono molto distanti da uno stato inalterato. Questa condizione ha portato alla perdita di stabilità morfologica, di pesci e del potere di auto depurazione dei fiumi. Inoltre dopo di una storia di gestione intesa come “difesa contro i fiumi” si comincia ad intuire che tutti i costi e gli investimenti realizzati, non hanno portato ad una diminuzione del rischio idraulico, sennò molte volte all’aumento. In questo contesto, la linea operativa attuale è quella di cercare il recupero e restauro dei fiumi, ed è una realtà la reintroduzione del legname per la difesa delle sponde, per la diversificazione morfologica e la creazione di nicchie ecologiche. Questa operazione ha già dimostrato di poter aumentare la stabilità ed anche la biodiversità dei corsi d’acqua. Se è possibile si possono usare tronchi recuperati nello stesso fiume; in caso contrario i tronchi possono essere recuperati da altri siti vicini (Fig. 22). I tronchi possono essere lasciati liberi di organizzarsi da soli nel canale se non ci sono ponti o zone vulnerabili a valle (Fig. 22 e 23). In generale, l’applicazione di questa tecnica di recupero fluviale, lascia un certo spazio alla libera interpretazione dell’operatore, tuttavia bisogna seguire alcune indicazioni:

- Non ostruire la sezione trasversale più del 10%
- Usare fiumi vicini delle stesse dimensioni e morfologia (ed in condizioni “naturali”) per stimare la quantità di legname presente in alveo
- E’ preferibile usare alberi recuperati in aree vicine, o per lo meno alberi della stessa specie, ed è preferibile usare pezzi di varie dimensioni per aumentare il numero di habitat
- E’ fondamentale monitorare gli interventi nel tempo per migliorare la sua funzionalità e i futuri interventi.

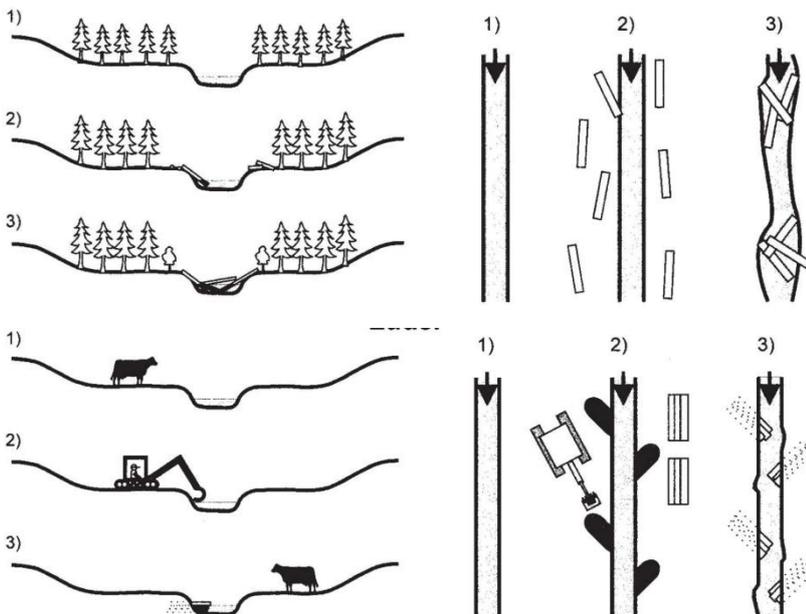


Fig. 23 – Difesa di una sponda in erosione attraverso ceppaie e tronchi legati con catene

Fig. 22 – Schema di recupero fluviale con la reintroduzione naturale o artificiale di materiale legnoso in alveo. Stato anteriore (1) durante (2) e dopo (3) della realizzazione del recupero

Bibliografia

Abbe TB, Montgomery DR. 2003. Patterns and process of wood debris accumulation in the Queets River basin, Washington. *Geomorphology*, 51, 81-107.

Andreoli A, Comiti F, Lenzi MA. 2007. Characteristics, distribution and geomorphic role of large woody debris in a mountain stream of the Chilean Andes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 1675-1692.

Comiti F, Andreoli A, Lenzi MA, Mao L. 2006. Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology*, 78, 44-63.

Bradley JB, Richard DL, Bahner CD. 2005. Debris control structure - Evaluation and countermeasures. Hydraulic Engineering Circular 9. Third edition. Report n° FHWA-IF-04-016. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, pp. 179.

Martin DJ, Benda LE. 2001. Patterns of instream wood recruitment and transport at the watershed scale. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130, 940-958.

Gerhard M, Reich M. 2000. Restoration of streams with large wood: Effects of accumulated and built-in wood on channel morphology, habitat diversity and aquatic fauna. *International Review Hydrobiology*, 85(1), 123-137.

Gurnell AG, Piégay H, Swanson FJ, Gregory SV. 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology*, 47(4), 601-619.

Piégay H. 2003. Dynamics of wood in large rivers. In: *The Ecology and Management of Wood in World Rivers*. Gregory S, Boyer K, Gurnell AG (eds), American Fisheries Society, 37, pp. 109-133.

Piégay H, Gurnell AM. 1997. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. *Geomorphology*, 19, 99- 116.

Rimbock A. 2004. Design of rope net barriers for woody debris entrapment. Introduction of a design concept. Proc. Interpraevent Symposium, May 2004, Riva del Garda, TN, Italy.

Thévenet A, Citterio A, Piégay H. 1998. A new methodology for the assessment of large woody debris accumulations on highly modified rivers (example of two French piedmont rivers). *Regulated Rivers: Research and Management*, 14, 467-483.

WAWRC (Western Australia Water and Rivers Commission). 2000. The value of large woody debris (snags). Water Notes, 4 pp.

Per saperne di più

Andreoli A, Carlig G, Comiti F, Iroumé A. 2007. Residuos leñosos de gran tamaño en un torrente de la Cordillera de Los Andes, Chile: su funcionalidad e importancia. *Bosque*, 28(2), 83-96.

Comiti F, Andreoli A, Mao L, Lenzi MA. 2008. Wood storage in three mountain streams of Southern Andes and its hydro-morphological effects. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33, 244-262.

Gregory S, Boyer K, Gurnell AG (Eds.), 2003. *The Ecology and Management of Wood in World Rivers*, Published by American Fisheries Society, USA.

Lenzi MA, Comiti F, Mao L, Andreoli A, Pecorari E, Rigon E, Picco L. 2007. El control de detritos leñosos y el manejo de la vegetación en el cauce. Publicación Especial EPIC FORCE - UNIPD, Deliverable D22, <http://www.tesaf.unipd.it/epicforce/Download.asp>.

Lenzi MA, Mao, Rigon E, Comiti F, Andreoli A, Pecorari E, Picco L. 2007. Obras de bajo impacto ambiental (diques de bloque y de madera) para la restauración y la corrección de torrentes. Publicación Especial EPIC FORCE - UNIPD, Deliverable D21, <http://www.tesaf.unipd.it/epicforce/Download.asp>.

Mao L, Andreoli A, Comiti F, Lenzi MA. 2008. Geomorphic effects of large wood jams on a sub-antarctic mountain stream. *River Research and Applications*, 24(3), 249-266.