



POLITECNICO DI MILANO



[www.cremona.polimi.it/msa](http://www.cremona.polimi.it/msa)

# MASTER IN INGEGNERIA DEL SUOLO E DELLE ACQUE

## Tesi

*Il fenomeno della vegetazione flottante mossa negli eventi di piena. Il caso del fiume Adda cremonese: proposta di metodo di individuazione delle zone di origine e classificazione dei livelli di rischio*

*Candidato:* dott. Chiara Francia

*Relatore:* ing. Stefano Loffi

*Tutor:* prof. Priscila Escobar Rojo

*Tutor per Tirocinio:* ing. Marco La Veglia

sede del tirocinio:



*Consorzio Irrigazioni Cremonesi*

*A.A. 2003/2004*



Ente Regionale di Sviluppo  
Agricolo della Lombardia

## PREMESSA

L'esperienza insegna che ogni problema – soprattutto se può portar danni – se e nella misura nella quale possa essere prevedibile, debba essere oggetto di interventi di prevenzione, al fine di evitare o quantomeno ridurre gli effetti negativi.

Questa affermazione, che di fatto è un principio elementare, ha validità ad ogni scala ed in ogni situazione.

Quando sono in gioco fenomeni naturali intensi ed estesi nel territorio, il principio si “appesantisce” da una considerazione altrettanto elementare, ma che appare generalmente poco percepita dalla collettività: nel momento in cui il problema si manifesta, l'intervento umano, per mitigarne gli effetti in corso, può essere inutile, a volte impossibile.

I fenomeni naturali, quali frane, piene, trombe d'aria, terremoti, sono spesso generati da forze assolutamente al di fuori della nostra portata: laddove non si siano prese le dovute e possibili misure di prevenzione, non resta che “cercare rifugio” ed attendere la fine dell'evento.

Nel caso degli eventi di piena è quanto mai evidente che, senza prevenzione, difficilmente si possa competere con la forza delle acque. Sono numerosissimi gli addetti, volontari e non, che si prodigano, senza risparmio, nel cercare di evitare i disastri; essi possono agire laddove si manifesta un principio di crisi (una filtrazione su un argine, i segni di cedimento di una ripa, di un edificio), nel tentativo di salvare cose e persone, ma nulla possono se l'evento invece che attenuarsi continua ad aumentare d'intensità.

Resta ancor più compromettente e pericolosa l'azione di fenomeni legati all'onda di piena, prodotti da questa, che a volte ne esaltano la potenza. Tra questi, l'oggetto del presente lavoro: il materiale flottante.

Durante una piena, materiale flottante in grande quantità, soprattutto d'origine vegetale, viene mosso dalla corrente. Essenzialmente costituito da alberi e loro parti, si presenta con tali caratteristiche da costituire un ottimo “legante” per formare ammassi, anche di notevoli dimensioni, nella corrente stessa e contro gli ostacoli che essa incontra (pile di ponti, natanti ancorati, soglie, ecc.). Sono note, per il fiume Po, la formazione delle “gore”; ammassi di legname di dimensioni considerevoli, “costruite” dal moto vorticoso della corrente, che si muovono nelle acque di piena.

Nella piena del 1951, alcune di queste, si ricorda nei documenti, hanno raggiunto dimensioni tali da essere utilizzate, nel Polesine, quale natante di salvataggio per decine di persone.

E' evidente quindi la pericolosità del trasporto di questo materiale che si accumula contro le infrastrutture interferenti la corrente di piena, quindi anche non nell'alveo ordinario, provocando carichi critici per la struttura stessa. Il defluire delle acque, a sua volta, viene



Fig.1 Gora prodotta dal fiume Po in prossimità della foce del fiume Adda

ostacolato fin ad aumentare il livello di monte, dando luogo ad un processo a catena che incrementa la pericolosità senza che sia possibile intervenire. Il problema del trasporto solido, in regime di piena, del materiale flottante originato dallo schianto della vegetazione nelle aree esondate è quindi affrontato in questo lavoro nell'intento di individuare un metodo che identifichi le aree secondo livelli di rischio, raggiungendo due scopi opposti ma comunque efficaci, che si possono riassumere nell'indicazione di un miglior governo di queste aree e di un'azione preventiva a riduzione del fenomeno medesimo. Se aree ad alto rischio debbono essere interessate da interventi di stabilizzazione e/o condizionamento, aree a rischio basso o minimo possono essere oggetto di interventi di sistemazione e recupero

raggiungendo scopi di rinaturalizzazione e recupero ambientale che non siano in contrasto con la sicurezza fluviale.

Balza evidente, ovviamente, la necessità di una perfetta conoscenza dell'ambiente e del suo comportamento soprattutto durante gli eventi calamitosi. Su questo è apparsa una certa lacuna negli enti di governo del territorio, che questo lavoro ha cercato di colmare, nell'esempio considerato, inerente il tratto di fiume Adda tra Lodi e Pizzighettone.

## **INTRODUZIONE**

Il mio lavoro di tesi si occupa dell'analisi del trasporto solido fluviale flottante di vegetazione ad alto fusto durante gli eventi di piena, valutando in particolare, le zone di origine e le ipotesi di classificazione dei livelli di rischio.

L'obiettivo quindi è l'identificazione delle aree responsabili di tali problematiche al fine di determinare là dove risulti necessaria una politica d'intervento. Attraverso la composizione di questi due studi si tenta di creare un modello in grado di calcolare i livelli di pericolosità lungo l'asse fluviale.

In particolare il modello è stato applicato ad un tratto limitato del fiume Adda, a causa della complessità del problema stesso, tra Pizzighettone e Lodi.

## **CAPITOLO I**

In questo capitolo verranno analizzati gli Enti predisposti al controllo delle aree considerate e la normativa riguardante la gestione dei boschi.

### ***1.1 Problematiche legate al trasporto di vegetazione durante gli eventi di piena.***

Il trasporto della vegetazione ad alto fusto durante gli eventi di piena è da imputarsi per lo più alla presenza di flora lungo le aree rivierasche dei fiumi: questi saranno perciò i territori oggetto della mia indagine e si identificheranno, per lo più, con le aree attualmente gestite dai Parchi regionali fluviali.

Le cause del trasporto di vegetazione, con tutte le implicazioni che ne conseguono, sono da ricercarsi nella mancata attenzione al problema idraulico da parte della pianificazione territoriale, dovuta innanzitutto a scarsa cultura riguardo la risorsa "acqua".

Quando la Pianura Padana era ancora un "ambiente naturale", autentico ed incontaminato, l'intero bacino-idrico, (cioè i terreni, gli affluenti di ogni dimensione, e il fiume principale, dai monti al mare), era una enorme ed appropriata difesa attiva dalle piene e anche un serbatoio per l'attenuazione delle magre.

La morfologia del fiume era libera di evolvere senza nessun impedimento, di conseguenza le acque, durante le piene, erano libere di esondare, evitando così che acquistassero velocità e potenza distruttiva. Bisogna anche ricordare che, affinché la pioggia caduta in un punto possa raggiungere il fiume, è necessario un certo tempo (tempo di corrivazione). Più il punto è distante, più tempo è necessario. Il fiume così, riceve prima le acque cadute vicino ad esso e poi, gradualmente, le più lontane. Quando la Pianura Padana era ricoperta da foreste ed acquitrini, questo tempo era assai maggiore.

Le piene erano prolungate nel tempo, ma limitate nei livelli e nelle portate. Sostituire alle foreste i campi coltivati, ha prodotto una prima accelerazione della corsa dell'acqua verso il fiume, soprattutto nei periodi di assenza di coltura, sia per l'eliminazione delle foreste sia per il graduale accorpamento dei campi.

Ancora nell'ottocento, le sponde dei fiumi e i terreni golenali erano caratterizzati da un habitat fluviale molto importante dal punto di vista ecologico e naturalistico.

Le zone umide, ricche di rigogliosa e fitta vegetazione spontanea erbacea, arbustiva e arborea, avevano un carattere multifunzionale: i fiumi rappresentavano la vita per molte generazioni, come fornitori di acqua, cibo e legna. Per ottenere tutto ciò, era evidente la necessità di una forma di controllo del fiume. Questo concetto era ben chiaro alle popolazioni delle rive fluviali, al punto che praticavano in maniera costante una attività di "pulizia del bosco".

Si trattava di una pratica usuale, che garantiva una gestione delle fasce fluviali poco impattante e, come si direbbe ora, “sostenibile”, mettendo freno alla erosione, alle divagazioni degli alvei e alla velocità delle acque di piena.

Negli anni '50 resisteva ancora un'ampia fascia di un centinaio di metri immediatamente a ridosso delle sponde; questo perché l'esperienza dei vecchi agricoltori ne aveva capito e valorizzato l'utilità e l'importanza.

Negli ultimi decenni, però, anche tale fascia è stata quasi del tutto distrutta. Snaturando i fiumi, si sono sradicate, non solo la flora e la fauna, ma anche i legami tra fiumi e popolazioni, là dove l'ambiente e le tradizioni fluviali erano sentite, vissute e praticate da secoli.

L'inevitabile evoluzione della società ha portato ad un consumo su larga scala dell'ambiente naturale, progressivamente convertito ad altri usi ritenuti più proficui, e come intuibile conseguenza, si è giunti alla perdita di quasi tutto il nostro patrimonio naturale.

Ciò che è rimasto sono solo zone marginali, che, per la loro localizzazione, non potevano garantire una proficua trasformazione d'uso. Rientrano in questa categoria le aree ripariali in cui l'instabilità del regime fluviale non ha consentito altro impiego.

È qui infatti che sono stati localizzati i Parchi regionali fluviali, al fine di poter preservare quel poco di naturalità che ancora è sopravvissuto.

È necessario precisare che in realtà queste fasce di “naturale” hanno ben poco, poiché da sempre l'uomo ha agito sul territorio, alterandolo e modificandolo a suo piacimento. Come abbiamo già detto, l'uomo, anche in passato, trasformava le rive dei fiumi ma agendo sempre con consapevolezza e saggezza. Si riconoscevano i limiti dell'operare umano, e quindi si cercava di sfruttare al meglio i territori, come le fasce fluviali, in grado di fornire molti servizi alle popolazioni locali.

Oltre all'evidente disponibilità d'acqua, queste fasce erano in grado di fornire cibo, legna per il riscaldamento, per non parlare della facilitazione dei trasporti via acqua.

I vantaggi quindi erano tanti, ma lo svantaggio è che la potenza e la forza delle acque non era controllabile.

L'unico modo per difendersi da fenomeni così estesi era attenuarne la pericolosità attraverso una buona gestione dei boschi ed in generale dell'ambiente ripariale.

Con il procedere del progresso tecnico scientifico si è pensato di poter avere un completo controllo su tutto ciò che ci circonda. Niente è più sbagliato: certi fenomeni presentano una complessità e un'estensione tale da non poter essere mai compresi e previsti appieno, e i fiumi ne sono un esempio, essendo per loro natura strutture in continua evoluzione. Qualsiasi trasformazione o modificazione lungo l'asse fluviale presenta ripercussioni sia sul regime stesso del fiume sia sul territorio circostante.

Il passo successivo all'uso agricolo del suolo è stato la sostituzione dello stesso con edifici, strade, piazzali, tutti assolutamente impermeabili. Gli interventi umani hanno ampiamente trasformato e rimodellato i vari sistemi fluviali italiani dai monti ai mari; questo fenomeno si può osservare anche lungo i torrenti, dove insediamenti edilizi, industriali e abitativi hanno fortemente condizionato il naturale andamento dei corsi d'acqua.

La conseguenza è una drastica diminuzione dei tempi con cui la pioggia raggiunge il fiume e la sovrapposizione di flussi veloci e concentrati nel tempo, in grado di generare piene brevi, ma con livelli e portate di grande capacità distruttiva.

E' ovvio che, in queste assurde condizioni anche una normale piena possa recare danno a coltivazioni, abitazioni e stabilimenti industriali.

L'habitat fluviale è diventato, sempre più, qualcosa di residuale, letteralmente "divorato" dall'estendersi delle attività umane. Perseguendo un utile immediato si è distrutta un'importante fascia di fitta vegetazione spontanea e si è proceduto a notevolissime trasformazioni fisiche della morfologia naturale dei fiumi (esportazione di isole, chiusura e soppressione di bracci e lanche,...).

Si sono così eliminati gli effetti positivi degli ambienti naturali fluviali e si è dato il via al sorgere di vari problemi.

Oltre alla progressiva impermeabilizzazione del territorio, gli assi fluviali sono stati fortemente semplificati tramite l'eliminazione di ramificazioni, meandri, isole, insenature.

Il corso del fiume si viene a trovare sacrificato all'interno di un tracciato che risponde solo in parte alle sue esigenze e che sicuramente non è in grado di far fronte alle situazioni che si possono verificare durante eventi estremi. Pare anzi che in questi ultimi tempi, i valori estremi dei regimi fluviali vadano sempre più esaltandosi: le magre hanno avuto durate maggiori con valori molto bassi di portata e le piene hanno registrato eventi di notevole gravità e con frequenza accresciuta.

Il fenomeno considerato è dovuto anche alla progressiva eliminazione delle zone umide, capaci di attenuare le magre, e di fungere insieme al reticolo degli affluenti, da cassa di espansione per diluire nel tempo le piene.

A causa della semplificazione degli assi fluviali, la velocità delle acque, specie durante le esondazioni, è aumentata, per cui ne consegue una maggior erosione di fondo nell'alveo, con instabilità per i vari manufatti (ponti, traverse,..), una maggior erosione di superficie sui terreni esondati, una più rapida propagazione dell'onda di piena.

L'impermeabilizzazione crescente del territorio, unita alla semplificazione della rete idrica e con la progressiva costrizione degli alvei entro limiti prefissati, fa sì che i danni idraulici si vadano sempre più enfatizzando:

- gli alvei, infatti, sono stati ristretti e le larghezze delle sezioni nella fase di magra, morbida e piena ordinaria sono state costrette a coincidere, consentendo alle acque l'espansione solo in altezza anziché anche in larghezza;
- sono stati incanalate le linee di sponda andando ad alterare anche il regime erosivo del fiume stesso a tal punto che, in un panorama in cui la morfologia è in assoluta prevalenza pianeggiante, spiccano scarpate dovute alla forte erosione delle rive.

Le sponde sono diventate più scoscese e, anziché lasciar loro assumere nuovi naturali profili di equilibrio a lenta pendenza, si è preferito bloccarle.

La maggiore pendenza unita con la maggiore forza erosiva di una corrente costretta a fluire all'interno di un alveo "rigido", ha fatto sì che la vegetazione lungo le rive sia diventata fonte di preoccupazione.

La vegetazione è un elemento determinante e caratterizzante di ogni tipo di territorio e soprattutto ha un ruolo fondamentale per ricondurre le tendenze evolutive di un sistema allo stadio di climax.

Nei rapporti con gli elementi del nostro paesaggio i boschi occupano una posizione centrale. L'aspetto più macroscopico da osservare è il differenziarsi della vegetazione secondo aspetti caratterizzati dal diverso grado di igrofilia. Si ha una naturale distribuzione delle specie che favoriscono la formazione di diversi habitat per la fauna.

I boschi quindi, dal punto di vista ecologico - naturalistico sono la base per la preservazione della biodiversità. Nonostante ciò, sarebbe riduttivo pensare che la loro azione si fermi qua.

La vegetazione presenta un'infinità di interazioni con il territorio: è in grado di interferire con la temperatura, il vento, l'umidità, la falda, oltre che produrre sostanza organica, ottimo fertilizzante per il suolo.

Si deve ricordare, però, che la vegetazione gioca un ruolo fondamentale nella stabilizzazione delle rive. Ne è una prova il fatto che ovunque si parli di reimpianto e rimboschimento, come tecnica di base per la stabilizzazione del suolo.

Le radici delle piante, infatti sono in grado di imbrigliare il terreno trattenendolo e fungendo da reti. L'ingegneria naturalistica, la più usata



Fig. 2 L'erosione sta provocando la caduta di un albero

all'interno dei Parchi regionali fluviali, prevede l'uso di piante come materiale da costruzione insieme a materiali tradizionali come legno, gabbioni, pietrame.

I terreni golenali privati delle loro vegetazioni ripariali e soprattutto dei loro spontanei e fitti boschi, sottoboschi e boscaglie, presentano una maggiore vulnerabilità all'erosione. Se questo è sicuramente provato, è anche vero che ciò che rimane dei boschi, può diventare fonte di problemi. (fig. 2)

Il paesaggio che si può osservare lungo le rive di un fiume è costituito da boschi densi ed intricati con piante morte a terra ed esemplari, anche di grosse dimensioni cadenti o in condizioni precarie, invasi da vegetazione infestante e parassita. ( fig. 3)

Il risultato è la caduta, durante le piene, di alberi anche di grandi dimensioni, trascinati dalla corrente sino al primo ostacolo.

La migliore dimostrazione del fenomeno si ha osservando il comportamento delle coltivazioni di pioppo razionale nella golena del Po rispetto alle aree a bosco. I pioppeti hanno superato indenni il passaggio di acqua che ha raggiunto, nel 1999, nel 2000 e nel 2002, altezze anche di quattro metri sul suolo. I boschi naturali, invece, portano ancora oggi i segni della distruzione.



Fig.3 Piante piegate dagli infestanti

Questi boschi si possono considerare oasi per la biodiversità, poiché sono gli unici habitat in cui la fauna e la

flora si è potuta rifugiare. Ciò giustifica il fatto che i Parchi regionali fluviali presentino una normativa tanto attenta al taglio dei boschi ed al rimboschimento. Tutte le attività sono gestite in modo da conservare le risorse naturali. Ciò che può sembrare solo incuria in realtà è anche frutto di una scelta accurata. Le piante morte a terra, per esempio, non vengono asportate perchè sono sede di tane e di alimento per vari animali.

È anche vero però, che in fase di piena questi giganti morti sono i primi ad essere trascinati via, ed inoltre la presenza di essenze infestanti e parassite aumenta la possibilità che grossi esemplari vengano stroncati. Sono questi esemplari, infatti, che destano maggiore preoccupazione: le grosse piante, appesantite dagli infestanti, e situate lungo le rive. E ovvio che una vegetazione di questo tipo è la prima candidata a subire gli effetti dell'erosione spondale ed è anche la prima, durante le piene, ad offrire una maggiore resistenza all'attrito dell'acqua, e una minore resistenza meccanica.

In un panorama di questo tipo, in cui la maggiore velocità delle acque, riesce a sradicare le piante e trascinarle con violenza lungo il suo corso, si deve sommare il fatto che nell'alveo inciso, oltre ad erosione spondale, si assiste anche ad una consistente erosione di fondo nell'alveo, causa di instabilità per i vari manufatti. Questi due fenomeni sovrapposti fanno intuire la pericolosità di un evento di piena e le possibili conseguenze. Ovviamente influiscono negativamente sull'idrologia, tutte le operazioni analoghe a quelle precedentemente descritte effettuate sugli affluenti e sui terreni montani, come disboscamenti delle montagne e delle colline e le eccessive impermeabilizzazioni del suolo nelle aree urbanizzate.

## ***1.2 Normativa sulla sistemazione idraulica***

In questa sezione ci si propone di analizzare quali normative e quali enti si sono succeduti nella gestione delle rive fluviali, col fine di portare ordine in un argomento tanto vasto e complesso, e in modo da capire meglio le soluzioni e le modalità di gestione attuali. Anche se si sono fatti molti passi avanti è ancora lunga la strada per realizzare una convivenza possibile tra uomo e acqua, obiettivo ancora più complicato se si considera che né lo sviluppo né l'acqua si possono fermare.

In un ambiente come la Pianura Padana, ricchissimo di acque e di terreni fertili, adatti agli usi umani, il problema della convivenza ha preso origine in un tempo molto lontano.

Per centinaia di secoli la Pianura Padana è stata un territorio ricoperto da foreste e paludi. Alcuni secoli prima di Cristo iniziò l'opera di disboscamento da parte dei primi coloni e alla foresta, progressivamente subentrarono i campi coltivati.

Con l'eliminazione della vegetazione si è andato ad alterare il meccanismo di termoregolazione climatica e la capacità di conservare acqua nel suolo: lentamente, le terre divennero aride e l'acqua si venne a trovare "limitata" nella zona più depressa della pianura, all'interno degli alvei fluviali.

I romani, iniziarono i lavori di bonifica delle paludi, e la canalizzazione delle acque dei fiumi sui campi, per far fronte all'aumento delle nascite e quindi del fabbisogno alimentare.

Questa politica venne ancor più accentuata durante la prima metà del XX secolo in cui le bonifiche e le coltivazioni delle terre incolte furono estese a quasi l'intero territorio.

In un panorama di questo tipo la gestione delle rive era, per lo più, imperniata alla difesa degli abitati e alla conquista di nuove terre.

Storicamente la difesa del suolo, con particolare riferimento alle opere di difesa idraulica, vede una competenza ripartita tra gli organi centrali dello Stato, attraverso le loro strutture periferiche, e gli Enti a carattere localistico.

Sin dagli inizi del XX secolo, la competenza in materia di opere idrauliche di maggiore importanza era attribuita al Ministero dei Lavori Pubblici, il quale la esercitava attraverso la Direzione Generale delle Acque e degli Impianti Elettrici ed il Genio Civile, organo ministeriale periferico capillarmente distribuito su tutto il territorio nazionale.

Nella sola Italia settentrionale per i bacini nord orientali esisteva il Magistrato delle Acque di Venezia. Con il crescere delle attività sorse la necessità di creare delle regole che garantissero la convivenza dell'uomo con le esigenze dell'acqua in natura, non già "governata" per usi antropici: oggi queste regole sono individuate nelle funzioni della "Polizia Idraulica".

Questo termine è previsto dal tutt'ora vigente Regio Decreto 25 luglio 1904 n. 523, che disciplina la tutela delle acque pubbliche e delle opere alle stesse connesse.

Le problematiche legate alla stabilità arginale e alla tutela delle opere idrauliche erano già note in tempi remoti, mentre gli interventi ed i servizi di tutela, pur già esistenti, vennero sistematizzati su tutta l'asta dei fiumi, praticamente dall'unità d'Italia.

Tale sistematizzazione è avvenuta con l'istituzione degli uffici provinciali del Genio Civile, e successivamente all'emanazione del R.D. 25 luglio 1904 n. 523: "Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie", e del R.D. 9 dicembre 1937 n. 2669: "Regolamento sulla tutela delle opere idrauliche di prima e seconda categoria e delle opere di bonifica".

Tali disposizioni di legge, tuttora vigenti, seppure con qualche integrazione e modifica, hanno regolato e regolano l'attività di Polizia Idraulica e il Servizio di Piena.

Il Regio decreto R.D. 25 luglio 1904, n. 523 "Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie", è tuttora in gran parte vigente.

Si tratta di una delle più solide e ponderose leggi in materia di difesa del suolo mai uscite in Italia.

Una solidità dimostrata da questi primi cento anni, in cui è diventata la base per tutta la successiva normativa sulle acque.

L'obiettivo del Regio Decreto, che seguiva la normativa del 1865 sulle opere pubbliche, era di fare ordine, attraverso un Testo Unico, sulle opere idrauliche, classificandole in diverse categorie, determinandone le modalità di realizzazione e di gestione per ognuna di esse.

Il Regio Decreto introdusse, infatti, una classificazione delle opere idrauliche nelle acque pubbliche, in categorie dalla prima alla quinta. Le categorie servivano per definire le competenze ed erano determinate, in ordine di importanza decrescente, dalla dimensione del corso d'acqua. Oggi questa classificazione non è più utilizzata, poiché la competenza è suddivisa per corso d'acqua e per bacino idrografico.

Il Regio Decreto, inoltre, definiva una serie articolata di norme sulla "navigazione", sui "trasporti dei legnami a galla" e sulle "acque pubbliche".

Erano vietate esplicitamente:

- *le piantagioni che si inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringere la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;*
- *lo sradicamento o l'abbruciamiento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di nove metri dalla linea a cui arrivano le acque ordinarie. Per i rivi, canali e scolatori pubblici la stessa proibizione è limitata ai piantamenti aderenti alle sponde;*

- *la piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella nelle rispettive località, stabilita, o determinata dal prefetto, sentite le amministrazioni dei comuni interessati e l'ufficio del genio civile;*
- *le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sotto banche lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;*
- *le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi.*

Alcune di queste affermazioni sono in evidente contrasto con quella che ora è la maggior politica di gestione delle rive: l'ingegneria naturalistica. Le normative e gli indirizzi legislativi attuali fanno dell'ingegneria naturalistica una delle tecniche base per la consolidazione delle sponde e delle scarpe, in sostituzione di interventi più pesanti fatti di soli materiali inerti (massicciate, muri in cemento, ecc.).

L'ingegneria naturalistica è stata introdotta in varie normative, diverse Regioni hanno prodotto "Quaderni delle opere tipo per l'ingegneria naturalistica" e le Autorità di bacino l'hanno inserita nei propri Piani di Assetto idrogeologico.

L'esigenza di "ordine" che ha portato come risultato al R.D. 25 luglio 1904, era dettata *in primis* dalle necessità di sviluppo dell'Italia di allora, che aveva bisogno di regolare le acque per meglio utilizzarle in agricoltura, per contenere i rischi e consentire l'espansione dei centri urbani. Ovviamente l'ambiente non costituiva ancora un problema o un'esigenza.

È necessario precisare che il Regio decreto si occupa della disciplina delle "acque pubbliche" senza però dare una definizione di questo termine. È quindi importante ricordare che con il termine "*acque pubbliche*" erano, sino al 1994, da intendersi le acque scorrenti nel Demanio Pubblico, cioè su quelle superfici, attribuite alla proprietà dello Stato, che potevano essere definite come: *lido del mare, spiaggia, porti, laghi, fiumi e torrenti* (art. 882 Codice Civile).

Il Regio Decreto 11 dicembre 1933 numero 1775 specificò il concetto di acque pubbliche: "*...le acque sorgenti, fluenti o lacuali, anche se estratte dal sottosuolo...[che]...per la loro portata o per l'ampiezza del rispettivo bacino imbrifero...abbiano o acquistino attitudine ad usi di pubblico interesse*".

Tutte queste Acque Pubbliche vennero iscritte in appositi elenchi. (Questi elenchi sono tutt'ora utilizzati per individuare i territori soggetti al vincolo paesaggistico, introdotto dalla legge 431/1985 cosiddetta Legge "Galasso" – ora Decreto Legislativo 29 ottobre 1999 n. 490).

Per differenza tutte le acque non comprese in questi elenchi restavano regolate dai diritti acquisiti mentre i terreni delle stesse bagnati seguivano la normativa ordinaria.

Con la legge 36/94 (art. 1), tutta l'acqua è diventata pubblica, cioè appartenente allo Stato.

La pubblicità delle acque tutte non porta però alla automatica pubblicità delle aree che queste ricoprono; il Demanio Idrico, cioè resta ancorato agli elenchi delle Acque Pubbliche, che individuano i corsi d'acqua pubblici.

Nonostante questa definizione e la pubblicazione degli elenchi, resta da definire quale sia il limite del Demanio Idrico, perchè la superficie risulta definita dalla linea dell'acqua, che non è mai fissa.

In particolare per i fiumi, il limite bagnato è estremamente variabile.

Il fiume Po è l'esempio più chiaro: tra l'argine maestro e l'acqua a volte possono intercorrere chilometri di territorio; qual'è il limite del Demanio Idrico?

Risolve questo problema la giurisprudenza, ormai assolutamente univoca e consolidata: la demanialità della superficie bagnata dalle acque pubbliche è quella che si presenta inferiore all'altezza di piena ordinaria.

L'altezza di piena ordinaria è rappresentata dalla quota media annua raggiunta, in quel punto, dalle acque del corpo d'acqua considerato, statisticamente uguagliata o superata nel 75% dei casi osservati (questa definizione, universalmente accolta in ogni sede, risale alla terminologia assunta dal Servizio Idrografico Nazionale, presentata al "XV Congresso Internazionale di Navigazione", tenutosi a Venezia nel 1971).

Ora il riferimento è completo.

Gli effetti di tale definizione sono importanti e spesso ignorati: poiché il regime dei corsi d'acqua naturali è statisticamente variabile (non solo per il mutare delle condizioni meteo-climatiche ma anche

a causa di opere dell'uomo) altrettanto variabile è il valore dell'altezza di piena ordinaria. Di conseguenza anche l'estensione del Demanio attorno ai corpi idrici pubblici varia nel tempo, sempre a scapito delle confinate proprietà, a prescindere che essa sia, a sua volta, pubblica oppure privata. Dal 1994, con la legge 37 (cosiddetta legge "Cutrera") lo spostamento del limite di piena ordinaria produce l'automatico accorpamento delle aree di nuova sommersione al Demanio Pubblico, senza compenso, ma l'abbandono della piena ordinaria di aree prima in esse ricomprese non consente la sdemanializzazione (cosa invece quasi automatica fino a quell'anno).

Sulle aree così individuate si applica la "Polizia Idraulica", il cui scopo è impedire che si realizzino opere o attività che compromettano il naturale scorrere delle acque. I dettagli si trovano all'art. 93 e seguenti del Regio Decreto 523/1904.

La Polizia Idraulica fu affidata al Regio Genio Civile, poi diventato statale ed ora ufficio della Regione.

Il Regio Decreto 9 dicembre 1997 n. 2669 introdusse anche la "Vigilanza e guardia dei corsi d'acqua" che consiste nelle attività connesse agli eventi di piena. È interessante notare che questa legge, in particolare all'art. 42 e seguenti, preveda poteri eccezionali ai funzionari del Genio Civile in caso di rottura degli argini e di piena disastrosa.

È data ad essi facoltà di immediata precettazione di uomini e mezzi per provvedere a quanto necessario "...tutti sono tenuti ad obbedire agli ordini del funzionario del Genio Civile..".

Nascono così nuove figure delle quali si trova traccia ancora oggi: il Magazzino Idraulico, l'Ufficiale Idraulico, il Guardiano Idraulico, il Servizio Idrometrico e di Piena.

L'attività di polizia idraulica è stata recentemente affidata alle Regioni (DPR 112/99). La Lombardia la esercita attraverso lo stesso Genio Civile, nel frattempo diventato regionale, ma soltanto sul Reticolo Idrico Principale (altro elenco!). Il Reticolo Idrico Minore sarebbe affidato ai Comuni e ai Consorzi di Bonifica.

Una recente sentenza del Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche di Roma (n. 91/04) ha annullato gli atti della Regione che hanno dato applicazione alle nuove attribuzioni.

Su queste acque e sulle aree limitrofe il Regio Decreto n. 523 prevede che si attui un'attività di polizia idraulica al fine di garantire il naturale scorrere delle acque.

In particolare questa attività fu affidata al Ministero dei Lavori Pubblici, quindi al Regio Genio Civile, poi diventato statale ed ora ufficio della Regione.

Al Genio Civile vengono affidati poteri eccezionali grazie al Regio Decreto 9 dicembre 1937, n. 2669. Viene così introdotta la vigilanza e la guardia dei corsi d'acqua, attività connesse agli eventi di piena. Sono affidati ai funzionari del Genio Civile, poteri eccezionali in caso di rottura di argini e di piene disastrose, come la facoltà di immediata precettazione di uomini e di mezzi per provvedere a quanto necessario.

Numerose leggi si sono succedute dalla seconda metà del secolo scorso, anche a seguito di eventi calamitosi spaventosi come l'ormai famosa alluvione del Polesine del 1951, l'alluvione di Firenze nel 1966 e le altre fino a quelle recenti del Po nel 1994 e del 2000.

Oltre a leggi e a provvedimenti speciali si sono avuti alcuni momenti di "riflessione" importanti quali la Commissione interministeriale De Marchi che nel 1970 redisse una importante relazione sulla sistemazione idraulica del territorio nazionale e sulla difesa del suolo.

### ***1.3 La gestione idraulica e forestale del territorio***

Abbiamo già detto che storicamente la difesa del suolo e le opere di difesa idraulica, sono di competenza degli organi centrali dello Stato e degli Enti a carattere localistico: in particolare per i bacini nord orientali esisteva, fin dall'inizio del secolo, il Magistrato alle Acque di Venezia. Il Magistrato alle Acque, erede di uno storico ufficio del governo della Serenissima, era un istituto periferico del Ministero dei Lavori Pubblici istituito nel 1907, che si occupava della gestione, della sicurezza e della tutela idraulica nel triveneto. L'istituzione del Magistrato alle Acque con legge istituzionale del 5.05.1907, ebbe lo scopo di concentrare nel nuovo Istituto tutti i poteri e tutte le funzioni comunque attinenti al buon regime delle acque, e risultò essere il primo coraggioso esperimento di decentramento amministrativo nel campo delle opere pubbliche.

Tale Ente esercitava le sue competenze nell'ambito dell'esecuzione di opere idrauliche all'interno dei bacini di interesse nazionale e anche nelle regioni a statuto speciale.

Le competenze territoriali subirono parecchie variazioni come l'annessione del Trentino, dell'Alto Adige, della Venezia Giulia e l'indipendenza del bacino del Po con l'istituzione del Magistrato del Po a Parma nel 1956.

La legge 12 luglio 1956 n. 735, a seguito della disastrosa piena del Po del 1951, sancisce la nascita del Magistrato per il Po, dipendente dal Ministero dei Lavori Pubblici.

Esso assorbe funzioni e personale dagli uffici periferici dello stesso Ministero e del Genio Civile e di fatto sostituisce quest'ultimo sul fiume Po e sui suoi affluenti.

Successivamente è stata varata la legge 18/5/1989, n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", che avrebbe dovuto dare avvio ad una nuova politica territoriale basata sul concetto di bacino idrografico, sull'adozione dei piani di bacino e sull'istituzione delle Autorità di bacino. L'Autorità di bacino ha ruolo di supervisore nell'ambito della valle padana, dipende direttamente dal Governo e il suo compito è quello di produrre piani per garantire l'equilibrio idrogeologico.

Per concludere bisogna comunque precisare che fino al 1956, sui corsi d'acqua maggiori, la costruzione di opere idrauliche era realizzata dal Genio Civile, mentre sui corsi d'acqua minore, le opere erano realizzate da consorzi. Con il DPR 112/991 l'attività di polizia Idraulica è passata alle regioni.

Gli Enti che si occupano della gestione della risorsa acqua, potrebbero far parte di un elenco lunghissimo ed incompleto, in particolare sono qui oggetto di studio, quelli il cui campo d'azione dovrebbe prevedere lo studio delle interazioni tra la vegetazione ripariale e il regime variabile dei fiumi.

Tali interazioni possono essere limitate e mitigate tramite interventi di manutenzione ordinaria.

La manutenzione di un corso d'acqua, come è noto, ha le seguenti principali finalità:

- prevenire i rischi;
- tutelare la funzionalità dell'ecosistema fluviale;
- garantire la possibilità di deflusso delle acque nella sezione idraulica;
- garantire la capacità d'espansione nelle zone golenali;
- preservare l'integrità fisica del territorio;
- salvaguardare l'ambiente naturale e le caratteristiche naturali degli alvei;
- assicurare la continuità ecologica lungo il corso d'acqua (Autorità di Bacino del fiume Po, 1998-programma di manutenzione).

La gestione del territorio, infatti, oltre alla corretta pianificazione, è senza dubbio la garanzia più importante per l'incolumità pubblica e per il mantenimento di un ambiente vivo e vissuto.

La manutenzione è un'esigenza ampiamente condivisa da ormai tutte le forze sociali, ma è comunque utile sottolineare la distinzione tra la manutenzione delle opere e la manutenzione (gestione) del territorio. Tale distinzione si può tradurre anche in gestione più prettamente idraulica e gestione forestale del territorio.

La gestione idraulica attualmente prevale in quanto è legata ad ormai sperimentate tipologie di azione e quindi di facile definizione (i programmi di manutenzione sono spesso elenchi di interventi per ripulire, rimettere in efficienza, rinforzare opere esistenti, ecc.). Si tratta di azioni consolidate sia da un punto di vista tecnico che procedurale - amministrativo. Il Ministero Lavori Pubblici, coordinato con il Magistrato per il Po e con i servizi dei lavori pubblici regionali, promuove questo tipo di gestione, facendo riferimento a competenze di ingegneria idraulica (qualche volta di geologia ed eccezionalmente a competenze di altro tipo).

La manutenzione (gestione) del territorio, e in particolare la gestione forestale, dovrebbe prevenire i rischi e soprattutto tutelare la funzionalità dell'ecosistema. Questo obiettivo è raggiungibile tramite azioni diffuse di rinaturalizzazione (recupero aree di esondazione, ripristino zone umide...), di riqualificazione ambientale (rimboschimento...), di minimizzazione dell'impatto (es. consolidamento con tecniche di ingegneria naturalistica) e di gestione naturalistica (controllo e governo dei boschi, reintroduzione di specie particolari, gestione delle specie invasive, miglioramenti ambientali del territorio...).

Questo tipo di attività è essenzialmente svolta e promossa dagli Enti gestori delle aree protette in genere, quasi esclusivamente individuate negli ambiti dei corsi d'acqua.

Tale approccio si rifà prevalentemente a competenze naturalistiche, forestali, agronomiche e (più recentemente) di ingegneria ambientale.

A livello amministrativo tali attività fanno capo al Ministero dell'Ambiente, agli assessorati, ai servizi regionali di tutela della natura e parchi, e alle aziende regionali foreste.

Vi è quindi ancora una enorme discrepanza e spesso competizione tra le due componenti. Ciò si traduce, ad esempio, nel non coinvolgimento degli enti parco nell'individuazione delle situazioni di rischio e dei conseguenti interventi di difesa del suolo nelle aree di loro competenza.

### *1.3.1 Il Magistrato per il Po - AIPO*

Ora uno degli Enti che si occupano della gestione del territorio, nell'area di nostro interesse, al fine di garantire l'incolumità pubblica, tramite interventi di tipo idraulico di difesa del suolo, si può identificare nel Magistrato del Po, trasformato in Agenzia Interregionale per il Po (AIPO), costituita, per quanto riguarda la Lombardia, dal gennaio 2003, in attuazione dell'art. 89 del D.L. 112/1998.

La denominazione "Magistrato" proviene dalla prestigiosa tradizione della Serenissima Repubblica di Venezia, dove già nel 1397 esisteva uno speciale "Magistrato dei Savi" dal quale derivò, nel 1543, il Magistrato delle Acque di Venezia che curava i corsi d'acqua della pianura veneta (a nord-est dell'Adige).

In particolare è importante ricordare che il Magistrato di Venezia opera in un contesto territoriale che comprende più bacini idrografici, aggregati tra di loro, coincidente con il concetto di Distretto Idrografico indicato dalla Direttiva Comunitaria 2000/60CE del 23 ottobre 2000.

All'interno di questo Distretto idrografico oltre al collegamento idraulico superficiale, sono strettamente unificate le caratteristiche climatico - idrauliche, le acque sotterranee, le esondazioni in caso di calamità.

Nasce così la scelta del bacino idrografico, quale riferimento territoriale di base del governo, per una difesa del suolo più completa e funzionante.

La necessità di una gestione unitaria è ancor più sentita nel bacino del Po, a seguito del fallimento dell'esperienza gestionale del Genio Civile, la cui frammentazione sul territorio priva di un efficace coordinamento, non aveva consentito una sicura risposta alle attese di messa in sicurezza delle popolazioni rivierasche.

In quest'ottica nasce il Magistrato del Po.

Anche il Magistrato per il Po può vantare antiche origini, i suoi predecessori erano il "Magistrato civile per lavori generali che riguardano il grande sistema del Po" e "l'Ufficio d'Ispezione Superiore del Genio Civile", entrambi risalenti al 1806.

A seguito delle grandi piene del 1907 e 1917, si sentì la necessità di creare un'unica struttura in grado di gestire e curare tutto il complesso del bacino del Po, finché, in occasione della catastrofica alluvione del 1951, venne istituito il Magistrato per il Po.

La legge istitutiva è la legge del 12 luglio 1956, n. 735 alla quale seguì quella del 18 marzo 1958, n. 240 e quella del 10 ottobre 1962, n. 1484 che trasformarono tale ente da semplice ufficio di coordinamento, in organo di amministrazione attiva con pieni poteri in materia di programmazione, esecuzione e gestione delle opere di difesa nell'intero bacino.

In particolare la legge 12 luglio 1956 n. 735, decreta qual'è il ruolo di tale ente:

*"Il magistrato per il Po, con sede in Parma:*

- 1. studia e predispose il piano generale per la sistemazione idraulica del Po, compreso il suo delta, e i suoi affluenti.*
- 2. assume tutti i compiti spettanti al cessato circolo di Ispezione per il Po, nonché quelli spettanti al Magistrato delle Acque di Venezia e ai Provveditorati alle opere pubbliche aventi competenza nelle regioni lungo il corso del Po e dei suoi affluenti, per le opere idrauliche, classificate e non classificate, per le opere di bonifica e di sistemazione dei bacini montani, per quelle relative alla navigazione interna in tutto il bacino imbrifero del Po, compreso il suo delta, nonché per ogni altra opera che, comunque, possa interessare il regime idraulico del Po, del suo delta e dei suoi affluenti*
- 3. dirige il servizio di piena del Po e di tutti i corsi d'acqua che interessano il suo bacino imbrifero.*
- 4. promuove e coordina l'attività di tutti gli organi dello stato e di ogni altro ente pubblico nel settore delle opere indicate al precedente n. 2"*

Nel quadro normativo vigente, delineatosi a seguito dell'emanazione della legge sulla difesa del suolo n. 183/1989, il Magistrato per il Po si è visto confermare la competenza alla realizzazione degli interventi di carattere idraulico sui tratti dei corsi d'acqua in cui insistono opere idrauliche classificate nella prima, nella seconda e nella terza categoria di cui al Testo Unico approvato con R.D. n. 523/1904.

*“Appartengono alla prima categoria le opere che hanno per unico oggetto la conservazione dell'alveo dei fiumi di confine.*

*Appartengono alla seconda categoria:*

- a) *le opere lungo i fiumi arginati e loro confluenti parimente arginati dal punto in cui le acque cominciano a correre dentro argini o difese continue; e quando tali opere provvedono ad un grande interesse di una provincia;*
- b) *le nuove inalveazioni, rettificazioni ed opere annesse che si fanno al fine di regolare i medesimi fiumi.*

*Appartengono alla terza categoria le opere da costruirsi ai corsi d'acqua non comprese fra quelle di prima e seconda categoria e che, insieme alla sistemazione di detti corsi, abbiano uno dei seguenti scopi:*

- a) *le opere di difesa delle ferrovie, strade ed altre opere di grande interesse pubblico, nonché beni demaniali dello Stato, delle province e di comuni;*
- b) *migliorare il regime di un corso d'acqua che abbia opere classificate in prima o seconda categoria;*
- c) *impedire inondazioni, straripamenti, corrosioni, invasioni di ghiaie od altro materiale di alluvione, che possano recare rilevante danno al territorio o all'abitato di uno o più comuni, o producendo impaludamenti possano recar danno all'igiene od all'agricoltura (6/a).*

La legge 12.7.1956, n. 735 e le successive modifiche, prevedevano un piano per la sistemazione idraulica del bacino imbrifero del Po.

Il Magistrato per il Po doveva, quindi, studiare e predisporre il piano generale per la sistemazione idraulica del Po, e realizzare le opere idrauliche, le opere di bonifica e di sistemazione dei bacini montani, nonché ogni altra opera che, comunque, potesse interessare il regime idraulico del Po.

Attualmente la politica che questo ente persegue, è basata su un meccanismo consolidato, legato soprattutto alla pratica di un'attività di pronto intervento, con realizzazione di opere tradizionali, quali, ad esempio, difese di sponde e asportazione di inerti in alveo, basate esclusivamente su competenze ingegneristico - idrauliche, contribuendo ulteriormente alla canalizzazione dei corsi d'acqua.

Particolarmente impegnative, inoltre, soprattutto per l'ormai intensissima antropizzazione dell'intero bacino, sono le funzioni di polizia idraulica.

Strettamente connesse alla gestione delle opere idrauliche e alla polizia idraulica, sono la direzione ed il coordinamento del servizio di piena, che si espleta lungo i tratti del Po e dei suoi affluenti interessati da opere idrauliche di prima e di seconda categoria; tali categorie identificano i tratti posti in corrispondenza di confini nazionali e quelli le cui arginature continue sono poste a protezione degli abitati, delle opere pubbliche e degli insediamenti più importanti per la collettività.

In sintesi, le competenze del Magistrato per il Po riguardano:

- *assunzione di tutti i compiti relativi alle opere idrauliche classificate in seconda categoria;*
- *direzione del servizio di piena del Fiume Po e di tutti i tratti di corsi d'acqua che interessano il suo bacino imbrifero classificati in prima categoria (ubicati in corrispondenza dei confini nazionali) ed in seconda categoria (dove esistono arginature poste a protezione dei centri abitati, delle opere pubbliche e degli insediamenti più importanti e significativi per la collettività);*
- *svolgimento del servizio di polizia idraulica e di pronto intervento sulle opere idrauliche classificate in terza categoria, sulle quali non può essere svolto il servizio di piena di cui al R.D. 9 dicembre 1937, n. 2669, in quanto esso sarebbe fisicamente impedito e, comunque, relativo alle opere idrauliche di prima e seconda categoria.*

Il Magistrato per il Po, già organo decentrato interregionale del Ministero dei Lavori Pubblici, poi organo decentrato interregionale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e del Ministero dell'Ambiente e del Territorio, dal gennaio 2003 è diventato Agenzia Interregionale per il fiume Po

(A.I.P.O.), per attuare una gestione unitaria ed interregionale del bacino del Po in attuazione dell'art. 89 del D.L. 112/1998.

Questa Agenzia opera come ente strumentale delle regioni. In particolare le regioni interessate sono la Regione Piemonte, la Regione Lombardia, la Regione Emilia Romagna e la Regione Veneto.

L'agenzia, in base alla pianificazione dell'Autorità di bacino e della programmazione delle singole regioni, svolge le seguenti funzioni:

- la programmazione operativa degli interventi;
- la progettazione e attuazione degli interventi;
- la polizia idraulica;
- la gestione del servizio di piena;
- l'istruttoria per il rilascio dei provvedimenti di concessione delle pertinenze idrauliche demaniali;
- il monitoraggio idrografico, al fine di garantire l'unitarietà a scala di bacino idrografico.

Per studiare più direttamente come l'AIPO affronti le problematiche d'interazione tra vegetazione, sponde e regime fluviale, è stato analizzato il "capitolato speciale d'appalto" in cui sono elencate le opere idrauliche e le modalità con cui debbano essere svolte.

Il testo è molto preciso e minuzioso nella descrizione delle modalità, e già dall'indice si nota quanto questo Ente dia spazio ad una gestione delle sponde basata su competenze ingegneristico - idrauliche.

Nell'articolo 38, quando si parla di opere di protezione spondale, si osserva una preponderanza di opere di ingegneria più o meno ambientale; in particolare vengono regolamentate opere come:

- formazione di protezione spondale in massi naturali;
- formazione di protezione spondale in gabbioni;
- formazione di protezione spondale in massi artificiali ;
- formazione di protezione spondale in materassi metallici ;
- formazione di protezione spondale mediante copertura diffusa con astoni di salice;
- fornitura e posa in opera di lastre in c.a. a protezione del petto arginale;
- stesura di teli o tappeti.

L'utilizzo delle componenti vegetale sembra limitato, anzi l'impiego di materiale vegetale è previsto in un solo tipo di intervento in cui la regolarizzazione e la predisposizione della sponda viene effettuata tramite astoni di salice per lo più reperiti in loco, insieme ad una ricopertura con terreno vegetale e quant'altro necessario per eseguire l'opera con le modalità richieste.

Nel Capo III, vi è una sezione dedicata alla manutenzione degli alvei.

I lavori descritti in questo capitolo riguardano le operazioni di manutenzione straordinaria dei corsi d'acqua e comprendono, in particolare, interventi di decespugliamento, disboscamento e riprofilatura delle sponde. Non vi è traccia di manutenzione ordinaria riguardante il patrimonio forestale.

I lavori andranno eseguiti nei tratti e secondo le indicazioni riportate nei disegni di progetto o in base alle prescrizioni date di volta in volta dall'Ufficio di Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà assolutamente evitare che il materiale rimosso dalle sponde o dagli argini cada in acqua e venga allontanato dalla corrente.

Come si riconosce il pericolo conseguente alla caduta in acqua e al trasporto da parte del fiume del materiale tagliato, al punto da renderne direttamente responsabile l'impresa, così si dovrebbe capire la pericolosità dell'asportazione e del trascinarsi da parte delle correnti di piena dei tronchi caduti o della vegetazione instabile.

In realtà, invece nel capitolo ci si sofferma più sulle modalità tecniche di esecuzione più che sulla scelte che vanno effettuate a monte dell'intervento.

Tutto viene demandato all'Ufficio di Direzione dei Lavori ma non viene specificato in base a quale principio tale ufficio compia le sue scelte e in quali tempi.

### *1.3.2 Autorità di bacino del Po*

Con l'entrata in vigore della legge n. 183/89 si completa il quadro degli Enti aventi competenza in materia di difesa del suolo ed in particolare di opere idrauliche.

La Legge 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", istituisce le Autorità di bacino per i bacini idrografici di rilievo nazionale. Alcune delle funzioni del Magistrato per il Po, tra cui studiare e predisporre il piano generale per la sistemazione idraulica del Po, promuovere e coordinare l'attività di tutti gli organi dello Stato e di ogni altro ente pubblico nel settore delle opere sopraindicate, in seguito alla legge sulla difesa del suolo (L. 183/89), sono diventate competenze dell'Autorità di Bacino che deve adottare il piano di bacino e coordinare i diversi piani.

Si tratta infatti di un organo che programma e pianifica le opere, attraverso Piani di bacino, Piani stralcio e schemi previsionali programmatici (SSPPPP), ma non ha alcun potere di controllo diretto riguardo le attività da esso definite.

La finalità generale dell'Autorità è la tutela ambientale dell'intero bacino idrografico, secondo i seguenti obiettivi:

- difesa idrogeologica e della rete idrografica;
- tutela della qualità dei corpi idrici;
- razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche;
- regolamentazione dell'uso del territorio;

Gli ambiti entro i quali l'Autorità svolge le proprie attività di pianificazione, programmazione e attuazione sono:

- sistemazione, conservazione e recupero del suolo nei bacini idrografici;
- difesa, sistemazione e regolazione dei corsi d'acqua;
- moderazione delle piene;
- disciplina delle attività estrattive;
- difesa e consolidamento dei versanti e delle zone instabili;
- svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica;
- manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere e degli impianti;
- regolamentazione dei territori per la salvaguardia e la conservazione delle aree demaniali e la costituzione di parchi fluviali e aree protette;
- riordino del vincolo idrogeologico.

Il principale strumento di pianificazione e programmazione dell'Autorità è costituito dal Piano di bacino idrografico: piano territoriale di settore e strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale vengono pianificate e programmate le attività e le norme d'uso.

Le disposizioni del Piano, una volta approvato, hanno carattere immediatamente vincolante per le amministrazioni e gli enti pubblici, nonché per i soggetti privati.

In attesa dell'approvazione del Piano di bacino, l'Autorità opera avvalendosi di altri strumenti quali: gli schemi previsionali e programmatici, i piani stralcio e le misure di salvaguardia". Lo Schema previsionale e programmatico costituisce lo strumento per l'individuazione, il coordinamento e la programmazione delle attività nel settore dell'assetto del territorio con riferimento alla difesa del suolo in attesa dell'adozione del piano di bacino.

Tra i diversi piani stralcio è stato realizzato il "Piano per le Fasce fluviali" che dovrebbe regolamentare le attività lungo i fiumi "con l'obiettivo di assicurare un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni alluvionali, il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche del territorio e della risorsa idrica, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni. Entrambi questi strumenti essenziali fanno riferimento alla legge 183 che afferma:

*"Le attività di programmazione, di pianificazione e di attuazione degli interventi destinati a realizzare le finalità indicate all'articolo 1 curano in particolare:*

- *la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari, silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso processi di recupero naturalistico, botanico e faunistico;*
- *la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua, dei rami terminali dei fiumi e delle loro foci nel mare, nonché delle zone umide;*

- *la moderazione delle piene, anche mediante serbatoi di invaso, vasche di laminazione, casse di espansione, scaricatori, scolmatori, diversivi o altro, per la difesa dalle inondazioni e dagli allagamenti;*
- *la disciplina delle attività estrattive, al fine di prevenire il dissesto del territorio, inclusi erosione ed abbassamento degli alvei e delle coste;*
- *la difesa e il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché, la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi, le valanghe e altri fenomeni di dissesto;*
- *lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di navigazione interna, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché, della gestione degli impianti;*
- *la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere e degli impianti nel settore e la conservazione dei beni;*
- *la regolamentazione dei territori interessati dagli interventi di cui alle lettere precedenti ai fini della loro tutela ambientale, anche mediante la determinazione di criteri per la salvaguardia e la conservazione delle aree demaniali e la costituzione di parchi fluviali e lacuali e di aree protette;*
- *la gestione integrata in ambienti ottimali dei servizi pubblici nel settore, sulla base di criteri di economicità e di efficienza delle prestazioni;*
- *il riordino del vincolo idrogeologico;*
- *l'attività di prevenzione e di allerta svolta dagli enti periferici operanti sul territorio.*

Attraverso i vari strumenti (Piani Previsionali Programmatici, direttive...) l'Autorità di Bacino può individuare e ripensare vincoli sul territorio, pur tuttavia non può emettere alcuna autorizzazione o operare alcun controllo diretto sugli stessi provvedimenti. Queste limitazioni hanno già prodotto incongruenze quali:

- la discrepanza tra i criteri elaborati dall'autorità di Bacino e gli interventi realizzati dal Magistrato per il Po;
- l'impossibilità da parte dell'autorità di Bacino di controllo della corretta realizzazione degli interventi;
- la difficoltà dell'autorità di Bacino, anche una volta messa al corrente, di agire per bloccare o modificare gli interventi che non seguono i "criteri guida";
- l'impossibilità dell'autorità di Bacino di favorire esperienze pilota laddove gli stessi comuni colpiti dall'alluvione lo richiedevano.

A ciò si aggiunge il fatto che esiste il rischio di snaturare la valenza dei Piani di bacino, che dovrebbero essere strumenti di "sovrapiantificazione", per favorire l'interazione tra i vari aspetti di gestione territoriale, mentre il procedere per Piani stralcio può determinare la perdita di quella visione pianificatoria globale necessaria per ottimizzare la pianificazione e la gestione territoriale. Quindi in un panorama di questo tipo in cui si parla esplicitamente di gestione idraulico - forestale del territorio e in cui uno dei Ministeri a capo dell'Autorità è quello delle politiche Agricole e Forestale, ci si aspetterebbe una maggiore sensibilità al problema della gestione forestale, anche se questo in realtà non risulta.

La situazione è resa ancor più problematica dal fatto che in questi ultimi anni si è accentuata la confusione di ruoli tra i soggetti che gestiscono il bacino del Po: uno, il Magistrato per il Po, l'altro, L'Autorità di Bacino. In quest'ottica diviene urgente un'ottimizzazione dei soggetti operanti sul Bacino Fluviale, tramite una ridefinizione dei poteri di controllo, di progettazione nel territorio, di operatività in generale.

### *1.3.3 I parchi regionali fluviali*

Quando si studiano le interazioni tra vegetazione, rive e regime fluviale si può partire da diversi punti di osservazione. Finora il problema è stato analizzato, considerando come fulcro dell'analisi il corso d'acqua.

La problematica, però, può essere anche affrontata in termini di gestione forestale, considerando, questa volta, il bosco come base dei nostri studi.

La gestione forestale ha origini antiche. Dall'Unità d'Italia il Corpo Forestale dello Stato, intendendo con questo termine tutte le strutture forestali unitarie succedutesi nel tempo, è stato la sola autorità deputata alla gestione e tutela del patrimonio boschivo con particolare riguardo alla stabilità idrogeologica e alla salute pubblica.

Con l'avvento delle Regioni, previste dalla Costituzione, lo Stato ha gradualmente decentrato una serie di competenze. Le regioni a statuto speciale, sin dalla loro istituzione, hanno avuto una completa autonomia in materia di foreste, mentre il trasferimento o la delega delle competenze alle regioni a statuto ordinario è stato realizzato con i DD.PP.RR. nn. 11 del 1972 e 616 del 1977.

La gestione forestale, inizialmente, promuoveva lo sfruttamento economico-produttivo del materiale vegetale finché non divenne evidente e provata l'importanza dei boschi per la sicurezza idrogeologica. Nasce così, il primo strumento legislativo in termini di tutela del patrimonio boschivo, rappresentato dal R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3276, con il quale è stato disciplinato il primo intervento organico di riordinamento e di riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

Il R.D.L. n. 3276/1923, ripetutamente sottoposto a modificazioni e tuttora in vigore, prevede provvedimenti per la tutela del pubblico interesse, tra cui l'apposizione di vincoli per scopi idrogeologici sui *“terreni di qualsiasi natura e destinazione che... possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque. Inoltre i boschi, che per la loro speciale ubicazione, difendono terreni o fabbricati dalla caduta di valanghe, dal rotolamento di sassi...dalla furia dei venti, e quelli ritenuti utili per le condizioni igieniche locali, possono su richiesta delle Province, dei Comuni o di altri enti e privati interessati, essere sottoposti a limitazioni nella loro utilizzazione”*.

Il R.D.L. n. 3267/1923 è quindi volto a garantire e tutelare al massimo le aree boscate, e, anzi, promuove una politica di gestione del territorio basata sulla tecnica del rimboschimento e del rinsaldamento dei terreni coltivati. La normativa stabilisce anche le disposizioni penali nei confronti di coloro che nei boschi, vincolati per scopi idrogeologici, tagliano o danneggiano piante o arrechino altri danni, in contravvenzione alle prescrizioni emanate dal Comitato forestale ed alle disposizioni impartite dalle autorità.

Da tutto ciò traspare l'importanza e il valore strategico che viene affidato al bosco. Il R.D.L. n. 3267/1923 obbliga le proprietà pubbliche a gestire i propri patrimoni boscati in conformità ad un piano economico.

Tale obbligo è ripreso anche dalla legislazione successiva, tant'è che a livello regionale si devono effettuare i piani di assetto forestale.

Fin dai primi anni della sua istituzione, la Lombardia fu una delle poche Regioni a dare un forte impulso alla stesura dei Piani di assestamento forestale, nella convinzione che questo strumento fosse indispensabile per gestire e valorizzare i più importanti complessi boscati.

Riprendendo gli indirizzi formulati nel Piano Forestale Regionale del 1989 la attuale azione forestale della regione ruota attorno ad una serie di linee di intervento che possono essere così sintetizzate:

- decentramento delle competenze in materia forestale, con un ruolo sempre più significativo attribuito alle Province, alle Comunità Montane e agli Enti Parco. L'amministrazione centrale mantiene tuttavia una funzione di indirizzo e di coordinamento generale e una limitata capacità operativa legata alla realizzazione di interventi di rilevanza regionale e all'attività dell'azienda Regionale delle Foreste quale organo tecnico centrale;
- predisposizione e revisione dei piani di assestamento, e in genere dei piani di gestione forestale a scala diversa (piani di indirizzo forestale, piani di settore e piani di assestamento degli Enti Parco, ecc.);
- sviluppo delle attività forestali in aree urbane, sia tramite rimboschimenti ex novo su aree agricole, sia tramite riqualificazione di aree industriali o di infrastrutture dismesse; tali interventi vengono perseguiti con l'obiettivo di ricostruire aree boscate a diversa scala: dai filari, siepi campestri e piccoli boschetti, ai grandi boschi a destinazione plurima;
- lotta agli incendi boschivi attraverso un'efficace azione di monitoraggio con l'ausilio di sofisticati sistemi di avvistamento, di prevenzione e di miglioramento delle modalità di intervento;
- cronologicamente, per la Lombardia, la legge successiva al R.D.L. 3267/1923, fu la legge regionale n. 51 del 1975 che introdusse limiti e prescrizioni per la tutela dei beni paesaggistici e naturali.

La normativa, attuale legge urbanistica, presenta infatti un intero titolo “Misure di salvaguardia per la tutela del patrimonio naturale e paesaggistico” che si occupa di introdurre misure di tutela del patrimonio naturale e del paesaggio.

Sono oggetto di tutela urbanistica le fasce lungo i laghi e i fiumi, le aree golenali del fiume Po, le zone a rischio idrogeologico, i boschi.

Per la prima volta i boschi sono considerati elementi degni di protezione, non solo per il fondamentale ruolo multifunzionale finora descritto, ma anche per il loro valore paesaggistico.

Nel 1985, la legge 431, detta “Galasso”, tentò di ribadire il concetto con il vincolo assoluto di protezione in aree che, in Lombardia, erano già oggetto di tutela con la 51/75: le fasce attorno all’acqua, le zone umide, i parchi e i boschi. Su queste quindi è calato il vincolo paesaggistico, tra cui si può ricordare il vincolo forestale.

In conseguenza a ciò, si possono così individuare due tipi di interventi effettuabili sui boschi: colturali, quindi soggetti alla sola disciplina forestale, e non colturali, in grado di andare ad alterare l’aspetto paesaggistico del territorio.

A proposito di questi interventi bisogna precisare che spesso si confonde il "disboscamento", cioè l'eliminazione del bosco per far posto a case, strade, piste da sci o campi coltivati, con il "taglio del bosco", cioè l'abbattimento di un certo numero di alberi per ricavare dalla foresta il legname indispensabile per l’economia o per eliminare le piante malate, pericolose o secche.

Questa modalità di "taglio del bosco" è un taglio colturale e come tale è ammesso dalle leggi che tutelano la foresta, pensiamo al Codice sul Paesaggio (D.L. n. 42/2004, articoli 136, 142 e 149) o alla Legge Forestale Nazionale (D.L. n. 227/2001, articolo 6).

Ovviamente il "taglio del bosco" deve essere fatto con precisi criteri tecnici, che mirano a mantenere sana la foresta ed a permettere la nascita e la crescita di nuove piante ("rinnovazione naturale"). La scienza che insegna i criteri tecnici per il "taglio del bosco" si chiama selvicoltura.

Prima di effettuare un "taglio del bosco", per essere sicuri che l’operazione segua i criteri tecnici della selvicoltura e non causerà danni, è necessario chiedere l’autorizzazione all’autorità competente.

In particolare, i permessi per il "taglio del bosco" sono rilasciati:

- dai parchi, per i boschi compresi in queste aree protette;
- dalle Comunità Montane, per i boschi di montagna fuori dai parchi;
- dalle Province, per i boschi di pianura fuori dai parchi.

Le aree che interessano questo studio sono situate dentro i perimetri di Parchi regionali fluviali, di conseguenza ci occuperemo maggiormente delle modalità di gestione dei boschi da parte di questi Enti.

I parchi sono nati a seguito di una maggiore coscienza e sensibilità nei confronti della tutela dell’ambiente naturale.

Per prima la legge 33 del 1977 “Provvedimenti in materia di tutela ambientale ed ecologica” si è posta come scopo proteggere luoghi di particolare pregio naturalistico, occupandosi esplicitamente di “conservazione della Biodiversità” e di sviluppo sostenibile.

La protezione dell’ambiente naturale e del paesaggio trova una sintesi importante nel 1983 quando viene promulgata la legge regionale 30 novembre 1983 n. 86 “ Piano generale delle aree protette”.

In essa prendono ordine e disciplina tutte le aree protette già istituite nel corso dei precedenti quindici anni che hanno, di fatto, coperto quasi interamente le emergenze ambientali esistenti, consolidate o potenziali.

La novità apportata da questi parchi è stata quella di aver cercato di coniugare la conservazione delle risorse naturali con l'uso sociale delle stesse e con la ricerca dello sviluppo compatibile per le popolazioni insediate.

I parchi si sono così proposti come terreno di sperimentazione ecologica permanente, dove, con un nuovo approccio culturale ed economico, si riesca a definire un modello di gestione territoriale da estendere al resto del Paese. In sintesi si possono definire parchi regionali fluviali quei sistemi territoriali che, per valori naturali, scientifici, storico-culturali e paesaggistici di particolare interesse, sono gestiti e organizzati in modo unitario per conservare, ripristinare e migliorare l'ambiente naturale e sviluppare le attività umane compatibili con la protezione degli ecosistemi.

L’obiettivo dei Parchi, quindi è il miglioramento e la conservazione dell’ambiente naturale che questi enti ritengono di poter ottenere, ponendo come punto di partenza la conservazione dei boschi.

Secondo tale ottica, per i Parchi risulta sicuramente basilare ampliare il più possibile il ruolo ecologico (ed economico) del bosco, sottolineando e promuovendo la sua polivalenza.

Gli interventi nelle aree boscate dovranno integrare i tradizionali ruoli di protezione idrogeologica e produttiva con valenze anche di ordine ecologico e fruitivo, in modo che l'ecosistema possa ospitare reti trofiche complesse che comprendano anche la componente faunistica.

Questa necessità risulta rispondente a realtà, se si considera che il patrimonio boschivo di pianura, tutelato e concentrato nei Parchi del Bacino del Po, è da considerarsi un bene a rischio dato che, oltre alle operazioni ordinarie di sradicamento previste dalla realizzazione di opere pubbliche, che comportano una sistematica sottrazione di territorio boscato, esso è sottoposto a distruzioni e tagli dovuti ad azioni vandaliche, a incendi dolosi, a depauperamenti per usi inopportuni.

Nelle zone di pianura, in cui l'attività agricola da tempo comporta alto reddito, si è persa ogni traccia della capacità di coltivazione del bosco da parte dell'uomo.

Da qui la tendenza dei Parchi ad una funzione esclusivamente conservatrice e di salvaguardia dei boschi.

Le operazioni di adeguamento del territorio, avranno come obiettivi principali:

- il miglioramento strutturale del bosco, con la conseguente diversificazione delle nicchie spaziali e trofiche e quindi della biodiversità;
- la sua connessione con gli ambienti circostanti, incrementando lo scambio di individui e riducendo gli effetti di frammentazione;
- l'incremento della funzione trofica e di rifugio del bosco.

Interventi proponibili per una gestione delle aree boscate finalizzati alla costituzione di ecosistemi strutturalmente e funzionalmente completi saranno:

- creazione di radure: la loro formazione favorisce la crescita di unità erbacee ed arbustive di rilevanza trofica per molte specie faunistiche, inoltre consente una migliore distribuzione di molte specie territoriali che utilizzano questi ambienti più aperti per lo svolgimento di specifiche fasi riproduttive o di difesa del proprio home-range (es. Arene di canto dei tetraonidi);
- creazione di piccole zone umide per favorire l'insediamento e la riproduzione di anfibi e invertebrati;
- diradamento: tale intervento è in grado di creare una stratificazione nel popolamento forestale; le operazioni di diradamento possono essere condotte su superfici anche molto ampie. Durante questi interventi sarebbe importante mantenere "in piedi" anche gli alberi morti, ovviamente se localizzati in punti non pericolosi, in quanto costituiscono ecosistemi importanti per numerose specie quali i picidi, i chiroterri forestali e numerosi artropodi;
- governo a ceduo composto nelle formazioni a fustaia: alcune parcelle governate a ceduo sono utili per diversificare maggiormente la struttura del bosco;
- trattamenti selvicolturali scaglionati nel tempo: per l'incremento della diversità specifica; potranno essere realizzati tagli e, se del caso, mettere a dimora specie vegetali di interesse faunistico;
- risagomatura delle fasce marginali: le fasce marginali del bosco possono essere ridisegnate, soprattutto quelle perimetrali esterne, con interventi di impianto di essenze arboree ed arbustive aumentandone lo sviluppo attraverso un andamento più ondulato e migliorandone la struttura, curando in particolare la successione, dall'esterno all'interno, di strati erbacei, arbustivi bassi, arbustivi alti, arborei. La disponibilità di margini esterni di questo tipo aumenta il livello di protezione del bosco da interazioni esterne e favorisce l'utilizzo degli ecotoni come corridoi faunistici da parte degli animali;
- pulitura dei boschi: può essere effettuata su parcelle ridotte ed a mosaico e con interventi distanziati nel tempo;
- tempi di effettuazione degli interventi di governo del bosco: al fine di ridurre al minimo gli effetti negativi, soprattutto di disturbo diretto causati dai lavori sopra descritti tutte queste operazioni dovrebbero essere svolte al di fuori della stagione riproduttiva principale e quindi possibilmente dal mese di ottobre alla fine di febbraio;

I Parchi Regionali Fluviali adottano, quindi, una politica d'intervento fortemente protettiva nei confronti del patrimonio boschivo e ne promuovono la rinaturalizzazione. Per rinaturalizzazione s'intendono tutti gli interventi e le azioni atte a ripristinare la funzionalità ecologica di un ecosistema in funzione delle sue caratteristiche potenziali, determinate dalla sua ubicazione geografica, dalle condizioni climatiche, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito e dalla sua storia naturale pregressa. La rinaturalizzazione può essere estrema, con l'obiettivo di ripristinare le condizioni naturali preesistenti di un'area, come può essere realizzata in funzione di obiettivi intermedi, raggiungibili e funzionali ad eventuali altri utilizzi umani. Sono spesso compresi nel termine di rinaturalizzazione anche interventi di semplice "mitigazione d'impatto" o gli interventi di ingegneria naturalistica, che non necessariamente hanno l'obiettivo di ripristinare una situazione naturale potenziale.

I Parchi Regionali Fluviali, nella loro normativa prevedono che i complessi boscati, le macchie e i filari arborei ed arbustivi, come anche le aree di rinnovazione spontanea della vegetazione, debbano essere mantenuti nel miglior stato possibile. Gli interventi, anzi, devono essere volti ad assicurare la conservazione e la valorizzazione dei caratteri peculiari dell'ambiente, favorendo il progressivo recupero dei sistemi boscati, la cui conservazione e ricostituzione deve avvenire in equilibrio con l'ambiente circostante. Il bosco, le macchie e i filari arborei ed arbustivi, sono il fulcro della difesa del Parco perché hanno, senza dubbi, un ruolo predominante nella conservazione dell'ecosistema, nella sua accezione più ampia; un bosco in buone condizioni, in equilibrio con l'ambiente circostante e in cui è favorita la diffusione delle specie locali, permette un certo recupero degli ecosistemi originali, con conseguente salvaguardia della biodiversità.

In un panorama di questo tipo è intuitivo capire che queste aree sono state individuate e catalogate come zone che necessitano di tutela e salvaguardia. In queste aree così instabili, è anzi previsto che gli interventi di difesa del suolo e di regimazione idraulica, debbano privilegiare il ricorso a tecniche d'ingegneria naturalistica, favorendo ove possibile, l'impianto o il reimpianto del bosco, come primario strumento di protezione idrogeologica; è previsto anche l'uso prevalente di materiale vivo, così da ottenere un miglior inserimento dell'opera nell'ambiente naturale.

La normativa dei Parchi, fa riferimento in particolare alla legge 5 aprile 1976, n. 8, "Legge forestale regionale" e alla legge regionale 27 gennaio 1977, n. 9, "Tutela della vegetazione dei parchi istituiti con legge regionale".

La "Legge forestale regionale", 5 aprile 1976, n. 8, innanzi tutto fissa i criteri per la definizione giuridica di bosco. Si tratta di un passo avanti di fondamentale importanza per una applicazione corretta e senza equivoci della normativa ambientale.

Se, infatti, la normativa stabilisce divieti a salvaguardia del bosco, ma non stabilisce cosa si debba intendere giuridicamente con tale termine, è evidente che la norma stessa non si possa applicare. La legge regionale n. 8, enuncia che: "sono da considerare boschi, a tutti gli effetti di legge, i popolamenti arborei od arbustivi, a qualunque stadio d'età, di origine naturale o artificiale.."; "sono inoltre considerati boschi i terreni che per cause naturali o artificiali sono rimasti temporaneamente privi di copertura forestale". Restano escluse dalla nozione di bosco le colture agricole a rapido accrescimento, gli appezzamenti arborei isolati, le piante sparse ed isolate e le piantagioni arboree dei giardini e dei parchi urbani.

La Legge, inoltre, è volta all'incremento e alla gestione del patrimonio forestale; prevede interventi di rimboschimento e opere di sistemazione idraulica, idraulico – agrario – forestale. L'obiettivo ultimo è duplice: il miglioramento delle condizioni di vita e di sicurezza civile, da una parte; dall'altra, l'attività di salvaguardia dei valori naturali ed ambientali.

La legge regionale 27 gennaio 1977, n. 9, stabilisce le norme e le modalità per il taglio dei boschi, in cui si evidenzia che il taglio dovrà essere di tipo colturale, volto al miglioramento del bosco e alla ricostituzione del climax tra vegetazione ed ambiente. Chiunque intenda procedere all'abbattimento di un bosco o di piante isolate dovrà sempre chiedere autorizzazione preventiva al presidente del consorzio del parco e all'ispettorato dipartimentale delle foreste al fine di valutare le finalità dell'intervento. I tagli a raso delle piante ad alto fusto sono vietati, le uniche deroghe a questo divieto si possono ottenere in casi eccezionali, come in caso di attacchi parassitari, incendi boschivi ed interventi di ricostruzione boschiva; inoltre può essere concesso il taglio nel caso di realizzazione di elettrodotti, linee telefoniche, impianti di teleferiche, piste sciistiche, strade ed altre opere pubbliche. In questo elenco sono riportati tutti gli eventi eccezionali per cui si può andare ad alterare lo stato della vegetazione. Tra questi non è minimamente considerata la manutenzione ordinaria necessaria per

evitare interazioni negative tra vegetazione ed eventi alluvionali. Da tutto ciò si capisce come i Parchi considerino la vegetazione ad alto fusto da un solo punto di vista: il bosco è visto in un'ottica multifunzionale, ma sempre e solo con una accezione positiva: è fonte di biodiversità, è un fattore di protezione del territorio, ed è un elemento di difesa dal rischio idrogeologico. Tutto ciò è incontrovertibile, però si deve considerare che è anche vero che i boschi lungo le fasce fluviali sono la più probabile fonte di materiale destinato ad essere trasportato durante gli eventi di piena. Quindi, se da una parte, giustamente, gli enti parchi hanno dato ai boschi un ruolo chiave nella preservazione del territorio, dall'altra hanno trascurato un problema non indifferente come quello dell'erosione spondale e dell'asportazione dei tronchi da parte della corrente, con conseguente intasamento di qualsiasi attraversamento fluviale. È intuibile che il problema non sia da sottovalutare, anzi, entra in gioco anche la sicurezza della popolazione quando per esempio masse enormi di tronchi vadano ad incastrarsi sotto le pile di un ponte o contro i pannelli di una diga.

#### ***1.4 Conclusioni***

Da tutta questa trattazione si può dedurre che in realtà esiste una gran quantità di normative e di enti che si occupano sia del problema della manutenzione idraulica che della manutenzione forestale ma nessuno che si occupa specificatamente del problema dell'interazione vegetazione, sistema delle sponde fluviali e regimi di piena. Abbiamo analizzato il problema separatamente, prima la manutenzione idraulica delle fasce fluviali e poi la manutenzione forestale e si è visto che per ciascuno degli aspetti c'è una sovrabbondanza di normative e di enti di controllo, che spesso si sovrappongono aumentando la confusione di un sistema già troppo complesso; nonostante questa abbondanza di leggi, il problema del trasporto di tronchi morti e divelti a seguito di una piena è un fatto reale e tangibile. Basta camminare sulle rive dei fiumi che si notano grosse quantità di tronchi morti giacenti al suolo e grosse piante con le radici scavate dalle acque. Questo vuol dire che nonostante il bagaglio legislativo di cui disponiamo, c'è pur sempre una falla nel sistema che provoca il mancato interesse nei confronti del problema studiato. Quello che emerge è che la normativa è scrupolosa nel dettare le regole per la pianificazione e per la gestione delle fasce fluviali, come anche estremamente precisa nella descrizione delle modalità e delle motivazioni del taglio di un bosco, ma non fa nessun accenno ad una gestione dei boschi in funzione del trasporto solido fluviale flottante durante gli eventi di piena. Quando si è descritto l'operare dell'AIPO, si è visto un elenco di opere per la difesa spondale che avevano un carattere idraulico – ingegneristico, mentre il decespugliamento e il disboscamento sono stati definiti come attività di manutenzione straordinaria dei corsi d'acqua.

Già da quanto detto sin qui emerge l'errore di fondo nella gestione del patrimonio forestale lungo le fasce fluviali, dovuto alla concezione fortemente settoriale dei diversi enti operanti. Ad una prima analisi questa affermazione può sembrare eccessiva ed ingiustificata perché in realtà l'AIPO, come anche l'Autorità di Bacino, operano cercando di perseguire la difesa del territorio, e quindi l'incolumità dei cittadini, in modo sostenibile, agendo nel rispetto dell'ambiente e soprattutto dei boschi. Entrambi, infatti, sono favorevoli ad attuare le difese spondali, ma prevedono solo la rinaturazione delle rive ove possibile e in alternativa le opere di ingegneria, comunque entrambi interventi di natura straordinaria.



Fig.4 Manutenzione della sponda bresciana del fiume Oglio

Manca quindi il passaggio intermedio che si potrebbe identificare in una manutenzione ordinaria (fig.4) dei sistemi boscati presenti sulle rive. Una gestione di questo tipo della vegetazione spondale,

comunque ambientalmente sostenibile, porterebbe ad un abbassamento dei livelli di rischio e ad una stabilizzazione del sistema territoriale.

La manutenzione periodica e continua della vegetazione, effettuata sempre entro limiti di impatto ecologico e di sostenibilità, potrebbe essere una soluzione anche meno dispendiosa per una gestione del territorio in tutta sicurezza e nel rispetto della naturalità.

Il problema è dovuto anche al fatto che sia l'autorità di bacino che l'AIPO, agiscono in maniera emergenziale: come essi stessi sono stati istituiti a seguito di eventi estremi, così la loro politica d'azione si basa su opere da effettuarsi per far fronte a momenti di crisi o di estrema urgenza.

L'Autorità di bacino, inoltre, è l'ente predisposto alla coordinazione e pianificazione delle attività da attuare sull'intero bacino del Po, ma purtroppo non ha mezzi per il controllo della corretta realizzazione degli interventi: spesso si ha discrepanza tra i criteri elaborati dall'Autorità di bacino e gli interventi realizzati dal Magistrato per il Po. A ciò si aggiunge il fatto che esiste il rischio che l'Autorità di bacino perda la visione pianificatoria globale, necessaria per una gestione completa del territorio, a seguito della produzione dei diversi Piani stralcio, che danno luogo necessariamente ad una gestione settoriale del territorio.

La manutenzione forestale del territorio è affidata ai Parchi regionali fluviali, che trovandosi a gestire un patrimonio ormai irrimediabilmente alterato, hanno imposto forti limitazioni per cercare di salvare il salvabile. Purtroppo non c'è una forma di integrazione tra i parchi e gli altri enti che gestiscono il bacino del Po, le competenze sono ben separate e non comunicanti, con il risultato che non si ha una visione d'insieme per una gestione unitaria del territorio.

Nei parchi e non solo, i boschi sono fonte di biodiversità, come anche sono una difesa dal dissesto del territorio, ma è indubbio che gli enti preposti hanno valutato solo questo aspetto del problema mentre non compare nella loro normativa nessun tipo d'interesse nei confronti del trasporto e dell'asportazione della vegetazione durante gli eventi di piena. Se è indubbia l'importanza di lasciare a terra i tronchi morti perché sono fonte di cibo e di rifugio, in una parola sola di biodiversità, per un ambiente così degradato come è quello attuale, è anche vero che questi grossi tronchi saranno i primi ad essere trascinati via con la prima piena. I parchi si occupano anche della protezione dal rischio idrogeologico, poiché sarebbe assurdo non preoccuparsi dell'incolumità pubblica in un ambiente così fortemente antropizzato. A questo scopo realizzano opera di prevenzione tramite la piantumazione di materiale vegetale in grado di consolidare le sponde. Sicuramente la vegetazione svolge questa importante funzione, ma bisogna ricordare che molte di queste piante, giunte ad una certa età muoiono, cadono e diventano un evidente pericolo per qualsiasi tipo d'infrastruttura presente a valle. Questa problematica è stata analizzata direttamente sul campo.

### ***1.5. Descrizione della situazione attuale e possibili proposte.***

Per l'analisi del trasporto di vegetazione flottante durante gli eventi di piena sono stati svolte escursioni sulle rive dei fiumi Oglio, Adda e Serio al fine di reperire materiale fotografico, per documentare lo stato attuale del patrimonio boscato. Le aree sono comprese all'interno dei territori di competenza dei Parchi fluviali territoriali e, come si può immaginare, è ben evidente in esse la politica di gestione di tali enti. Spinto, infatti, è lo stato di abbandono del bosco, il patrimonio forestale è libero di evolvere ed accrescersi a suo piacimento, e l'unica traccia dell'intervento umano si può osservare nella piantumazione di giovani arbusti. Le piante lungo le rive sono lasciate crescere senza alcuna forma di controllo. Estremamente abbondante è la presenza di piante infestanti e parassite, non autoctone, quindi prive di fattori naturali di selezione e contenimento, che appesantiscono ulteriormente la vegetazione ad alto fusto. Numerosi sono gli esemplari morti, che si trovano abbattuti sul terreno, adagiati sulle rive e completamente immersi nell'alveo. Ancora più preoccupanti sono gli ammassi di tronchi, di dimensioni enormi, riuniti a seguito delle piene del 2000 e del 2002, che sono poi sedimentati a seguito del ritirarsi della piena. Questi enormi ammassi hanno le dimensioni nell'ordine di centinaia di metri cubi. Con il tempo i tronchi morti che li compongono, sedimentano e cedono per il progressivo deterioramento del legno, rendendo la struttura ancora più pesante e compatta per l'eliminazione degli spazi vuoti. È immaginabile che questi ammassi, con una nuova piena, siano pronti a riprendere di nuovo il largo, questa volta ancora più compatti e pesanti, rischiando di schiantare con grande potenza contro le pile dei ponti o i pannelli delle dighe. Maggiori sono le dimensioni dell'ostacolo ligneo, maggiori sono le forze che l'acqua esercita sulla sua superficie, più preoccupanti sono le conseguenze degli urti contro le infrastrutture che attraversano il

fiume. Ad una prima analisi risulta grave anche il problema della stabilità delle sponde. Si nota un forte grado di erosione sia dove il corso del fiume risulta più tortuoso e ricco di meandri, sia là dove scava sotto le radici di grossi salici, spesso ormai morti. Quando questi cadono nell'alveo, creano un danno ancor maggiore della semplice erosione: trascinano infatti con sé tutto il terreno legato alle radici, ormai morte e non più in grado di sopportare l'eccessivo peso del fusto. Altre essenze, come per esempio i platani, mostrano una maggiore longevità e una maggiore resistenza delle radici all'erosione. Il fatto è che nei boschi analizzati la componente vegetale principale è data dai salici. I salici sono piante resistenti allo stadio giovanile, mentre nelle fasi avanzate di sviluppo sono piante di grosse dimensioni che muoiono rapidamente e che quindi risultano incapaci di trattenere il terreno con le radici, né riescono a resistere al proprio peso né a quello delle infestanti. Sarebbe utile in queste aree effettuare una manutenzione ordinaria della vegetazione, ripulendo in modo mirato il patrimonio forestale, non andando ad alterare tanto il sottobosco quanto le componenti infestanti e parassite. Quando i Parchi descrivono quale dovrebbe essere un buon assetto strutturale del bosco, affermano che è necessaria una sequenza ordinata, dalle zone marginali fino all'interno, di erba, arbusti, bosco. La motivazione è che ognuno di questi elementi è importante perché funge da isolante verso le interferenze esterne e poi perché ciascuna di queste fasce è un habitat distinto per determinate specie. Quindi è giusto mantenere il sottobosco nel centro delle aree boscate, ma anche questo va curato, in modo che presenti una buona struttura priva di infestanti. Sarebbe improponibile ed ingiusta una gestione in cui il sottobosco sia inesistente, come nei pioppeti razionali, ma è anche improponibile lasciare che le piante siano circondate da essenze infestanti, che non apportano nessun vantaggio all'ecosistema. Sarebbe utile anche l'asportazione dei tronchi morti dalle lanche e dalle aree interessate dalle esondazioni del fiume. (fig. 5) È vero che all'interno dei Parchi, come abbiamo già avuto modo di dire, questi elementi sono ritenuti essenziali per la biodiversità, ma è anche vero che la gestione delle aree protette è finalizzata al recupero della naturalità e dell'ecosistema sempre partendo dal presupposto che l'incolumità umana è al primo posto. Per questo bisognerebbe orientare la gestione forestale ad una pianificazione atta alla valutazione del rischio idraulico in prima istanza e poi all'esaltazione della naturalità dei territori.



Fig. 5 Salici morti e intervento di ripiantumazione

Se questo fosse rispettato bisognerebbe riconoscere nei tronchi abbattuti una fonte di pericolo e, di conseguenza, si dovrebbe cercare un compromesso compatibile con l'obiettivo del Parco. Una soluzione potrebbe essere limitare la presenza dei tronchi solo ad alcune aree del bosco identificate in base ad una minore frequenza di sommersione e quindi meno interessate dagli eventi di piena.

Il problema dell'erosione spondale con conseguente caduta delle piante che si trovano proprio sulle rive si può risolvere tramite il taglio più frequente dei grossi esemplari, in modo che dalle radici germinino polloni nuovi. In questo modo la pianta vive più a lungo, viene alleggerita da un peso eccessivo che non riuscirebbe comunque a sostenere in situazioni di questo tipo, e le radici continuerebbero a vivere svolgendo sempre il ruolo di consolidazione delle sponde. Un altro suggerimento potrebbe essere l'impiego di essenze più longeve e resistenti anche se, comunque,

sarebbe necessario effettuare potature più o meno spinte per garantire l'azione richiesta. Una gestione razionale e una manutenzione costante del patrimonio forestale lungo i corsi fluviali è senza dubbio nell'interesse di tutti, sotto tutti i punti di vista, non ultimo quello economico.

## **CAPITOLO 2**

Il mio lavoro di tesi, come abbiamo già avuto modo di precisare, studia il fenomeno della vegetazione flottante mossa negli eventi di piena, valutando in particolare, le zone di origine e le ipotesi di classificazione dei livelli di rischio, nell'area di influenza del Parco fluviale dell'Adda Sud.

Si è cercato, così, di individuare le possibili correlazioni tra parametri topografici, geomorfologici, idraulici e l'erosione del suolo ed i danni alla copertura vegetale, che si possono verificare in occasione di piene straordinarie nelle aree prossime al corso d'acqua.

L'obiettivo è quindi quello di fornire strumenti utili alla pianificazione territoriale per consentire una gestione ottimale delle risorse, in grado di equilibrare gli interessi naturalistici (ambiente naturale) e produttivi (legno e agricoltura), al fine di consentire un uso razionale di aree particolarmente sensibili, prevenendo e attenuando gli effetti negativi conseguenti ai fenomeni alluvionali.

Tali strumenti si potranno concretizzare in una semplice individuazione di criteri, ma potranno divenire base per la realizzazione di un sistema geografico informativo dove evidenziare le situazioni a rischio erosione e/o asportazione della vegetazione in occasione degli eventi di piena.

### ***2.1 Descrizione del lavoro di tesi***

Ho cercato di produrre, in particolare, una proposta di metodo d'individuazione delle aree responsabili, attraverso la costruzione di un modello descrittivo ed interpretativo.

Il processo metodologico che ho utilizzato per raggiungere gli obiettivi proposti prevede la descrizione dello stato attuale degli ambiti ripariali, per poter effettuare in seguito le scelte conoscitive più appropriate.

È importante ricordare inoltre, che non si può procedere ad una descrizione scala uno a uno della realtà. Questa scelta risulterebbe inappropriata, portando ad una dispendiosa perdita di tempo, con conseguente divagazione rispetto alla problematica studiata.

Anche solo nella descrizione della situazione di base, perciò, devono essere considerati solo quei fattori ritenuti utili al nostro studio, in modo da indirizzarlo ed orientarlo verso gli obiettivi prescelti.

Proprio per interpretare la realtà in modo circoscritto, sono giunta ad identificare cinque moduli argomentativi:

- terreno
- fiume
- vegetazione
- opere d'ingegneria
- infrastrutture

Questi moduli sono stati scelti perché rappresentano i principali elementi attivi e passivi, in generale più o meno coinvolti dal fenomeno del trasporto della vegetazione ad alto fusto durante gli eventi di piena.

#### ***2.1.1 Scelta dell'area campione***

Creare un modello descrittivo ed interpretativo del fenomeno del trasporto di vegetazione durante gli eventi alluvionale vuol dire creare un metodo di analisi applicabile universalmente e valido per ogni tipo di sistema.

Allo scopo di svincolare il presente studio da una trattazione del tutto teorica, si è studiata dettagliatamente una zona, ritenuta, per le sue caratteristiche, idonea come area campione per lo studio e per la messa a punto dei criteri di localizzazione delle aree a rischio e quantificazione del livello di pericolosità.

L'area campione consiste nel tratto di Adda compreso tra Lodi e Pizzighettone.

La scelta è motivata dal fatto che questo tratto di fiume, pur non presentando una estensione eccessiva, contiene una buona varietà di morfologia e di organizzazione territoriale, tale da riassumere in sé la maggior parte dei panorami fluviali.

Il tratto considerato è compreso tra due restringimenti, uno in corrispondenza degli abitati di Lodi e Pizzighettone, quindi si può osservare il comportamento della piena in due situazioni differenti e opposte, come all'uscita di una strettoia e all'ingresso in essa.

Altro fatto peculiare è che quest'area racchiude diverse morfologie fluviali. Si possono osservare, infatti, tratti subrettilini all'altezza del salto di meandro di Soltarico, fino alla presenza di tratti fortemente meandriiformi all'altezza di Montodine e Gombito.

Dall'osservazione di quest'area si nota la presenza di ponti e natanti in corrispondenza di Cavenago, Montodine e Pizzighettone, utili per il calcolo del livello di pericolosità. La presenza di ponti o manufatti interferenti con la corrente di piena sono la condizione "*sine qua non*", la pericolosità del fenomeno del trasporto di vegetazione durante le piene, non avrebbe motivo d'essere. In particolare i ponti e i natanti presenti nel tratto in corrispondenza di Pizzighettone destano particolare interesse per via della loro localizzazione all'interno di un centro abitato e all'interno di un alveo rettificato, ristretto e cementificato. Ancora più preoccupante risulta la loro collocazione se si osserva che il tratto di fiume subito a monte di Pizzighettone presenta una meandrificazione spinta.

La scelta del tratto in esame è giustificata anche da uno studio effettuato per il Piano territoriale di coordinamento del Parco dell'Adda Sud.

In particolare, il Piano di settore "Fiume e Fasce fluviali", ha prodotto, quale sintesi di studio, un album, (allegato n.3, Carta dell'evoluzione fluviale dal 1889 ad oggi) nel quale, tratto per tratto, sono state confrontate fra loro le cartografie esistenti alle diverse soglie storiche, al fine di ricostruire l'andamento fluviale ed interpretare le probabile tendenze evolutive del corso d'acqua.

La Carta dell'evoluzione fluviale mostra che il tratto in esame presenta una forte tendenza evolutiva testimoniata dai frequenti salti di meandro e dalle numerose lanche abbandonate, tutt'ora riscontrabili tramite fotointerpretazione.

La storia del tratto di fiume mostra come la forte instabilità che lo caratterizza è stata frenata attraverso la costruzione di difese lungo la maggior parte delle sponde, rendendo l'alveo fisso.

La presenza di un elevato numero di difese risulta un fattore basilare del nostro studio al fine di definire in quale proporzione la responsabilità del fenomeno in esame ricade sulla gestione di tali opere.

### 2.1.2 Il modulo "Terreno"

Come è facile osservare, l'ambito morfologico in cui questo fenomeno si sviluppa è il "Terreno".

Non si parla, però del "Terreno" nella sua accezione più generale, cioè come risorsa necessaria ed esauribile spesso sprecata dall'attività umana, ma vengono analizzate solo determinate e circoscritte porzioni di terreno.

La scelta di determinate aree avviene a seguito del loro particolare posizionamento presso le rive dei fiumi, che le rende di interesse per la spiccata vulnerabilità. Questi terreni, sede delle maggiori interazioni tra acqua, suolo e vegetazione sono definiti: "aree ripariali".

Con il concetto di vulnerabilità vengono sintetizzate diverse problematiche tipiche degli ambienti ripariali.

Questi ambienti sono soggetti continuamente all'azione del fiume, che li modifica e li altera per raggiungere una condizione di equilibrio e stabilità.

È noto che da sempre l'azione della corrente agisce sulle rive tramite l'erosione che è la principale responsabile dell'instabilità delle rive.

L'erosione è un fenomeno continuo nel tempo che può provocare dissesti anche di notevoli dimensione con ripercussioni ad ampio raggio. Anche se l'erosione è prevalentemente un'azione svolta dal fiume, i suoli sono in grado di reagire in modo differente. Ciò dipende dal tipo di struttura e dagli orizzonti pedologici presenti nelle aree di studio.

L'erosione lungo le sponde fluviali, per sua natura, normalmente colpisce gli strati più superficiali del terreno che, nelle aree di nostro interesse, sono generalmente composti da sabbia.(fig. 6)

La composizione dei suoli della Pianura Padana, come è facile intuire, dipende dai susseguenti fenomeni alluvionali che si sono alternati nella storia.

Ciò ha fatto sì che la dinamica di formazione dei suoli sia più o meno costante in tutta la pianura e che il processo evolutivo si mantenga ad uno stadio giovane per le continue alluvioni. Il susseguirsi delle piene porta ad un continuo ringiovanimento del profilo degli orizzonti a seguito di sempre nuove deposizioni di materiale elementare.

L'unica differenziazione che possiamo osservare lungo il profilo del Po è la distinzione tra alta, media e bassa pianura. Questa distribuzione è legata alla diversa composizione granulometrica del suolo, a sua volta dipendente dai diversi regimi che presenta il fiume.

È noto infatti che là dove il profilo del fiume scorre in maggiori pendenze la morfologia del fiume sarà più rettilinea, la velocità maggiore e di conseguenza subiranno sedimentazione solo i detriti di maggiori dimensioni.

Più si scende di quota, minori saranno le pendenze, minori le velocità, e minori saranno, anche, le dimensioni delle particelle depositate dalla corrente.

È per questo che i suoli della campagna cremonese, definita media pianura, sono costituiti da particelle di sabbia e limo, quindi da particelle che appartengono alla classe granulometrica medio fina.



Fig.6 Erosione spondale lungo il fiume Oglio

La caratteristica di suoli così composti è un'alta erodibilità

legata al fatto che la sabbia è una componente fortemente permeabile del suolo, l'acqua scivola via velocemente e non viene trattenuta all'interno dei pori, dando quindi un carattere poco coesivo al suolo.

L'erosione su questi suoli è un fenomeno che si verifica costantemente, visto che anche alcune piante, uniche risorse naturali in grado di fermarla, non riescono a svilupparsi in modo adeguato, perchè la forte permeabilità del suolo non garantisce un livello di falda stabile.

La vulnerabilità del territorio è data inoltre, dalla frequenza e dalla dimensione delle aree soggette a sommersione, perchè è chiaro che, in questi casi, il problema dell'erosione non è più confinato alle singole rive ma si vede moltiplicato su un ambito molto più vasto, con conseguente estensione del problema della criticità idraulica.

### 2.1.3 Il modulo "Fiume"

Un altro degli attori principali della problematica analizzata è il "Fiume".

Il fiume, da sempre, ha modellato il territorio intorno a sé, nella maniera più consona alle sue necessità: ha trasformato e stravolto completamente l'ambiente circostante, per ottenere al meglio il climax tra ambiente e regime.

Anche se l'uomo ha cercato di controllarli e costringerli tramite canalizzazioni, restringimenti di alvei, dighe ed altro, la storia dei fiumi è segnata da eventi più o meno disastrosi.

Ciò dovrebbe farci prendere coscienza che la tecnologia e lo sviluppo scientifico non possono sostituirsi all'evoluzione naturale del paesaggio fluviale, dettata da logiche mai completamente controllabili.

Il fiume può essere considerato, quindi, come un elemento fortemente attivo, in grado di interagire con tutto ciò con cui entra in contatto, alterandolo.

#### 2.1.4 Il modulo “Vegetazione”

La “Vegetazione” è il soggetto principale del mio studio: è infatti la condizione “*sine qua non*” il fenomeno analizzato non avrebbe motivo di esistere.

Se la vegetazione nei nostri territori può rappresentare un problema, ci sono studi che certificano quanto non sia tale in altre località. Tra i vari lavori esaminati, assume particolare interesse uno studio effettuato in Australia circa la gestione del trasporto di legname nei fiumi.

Il trasporto di legname è da sempre una componente naturale dei fiumi, dato che gli alberi muoiono e cadono, facendo sì che grossi rami e talvolta l'intero tronco possa essere trasportato dalla corrente.

Mentre una volta, in Australia, la presenza di materiale legnoso flottante (LWD) era considerato un elemento di pericolo per i trasporti e la navigazione, attualmente la posizione assunta nei confronti del LWD è diametralmente opposta.

Si è giunti alla conclusione che LWD è una componente vitale per il funzionamento ottimale del sistema fiume. Si è visto, infatti, che LWD dà un contributo alla protezione delle sponde e del fondo dell'alveo dall'erosione, senza dare contributi significativi alle esondazioni.

Si è visto che spesso gli enormi tronchi di eucalipto, tipici dell'Australia, crollano nel corso d'acqua dove la corrente non ha la forza di muoverli, con il risultato di determinare la formazione di zone a corrente lenta, il cui ruolo è di fondamentale importanza sia dal punto di vista naturalistico, perchè da luogo ad habitat ospitali per determinate specie, che dal punto di vista idraulico, perchè si assiste ad un rallentamento della corrente con diminuzione della capacità erosiva.

Lo studio stesso che evidenzia l'importanza e la necessità del LWD all'interno della corrente, afferma che l'erosione, anche se diminuita, non viene del tutto eliminata.

L'erosione è sempre presente e viene modificata dalla quantità e disposizione del LWD. Si osserva che la presenza di LWD può talvolta condurre ad incremento o decremento localizzato di erosione spondale.

In generale però l'azione del LWD sul campo delle erosioni è minore nei fiumi maggiori dove i materiali costituenti le sponde sono ben consolidati e resistono alle forze erosive. Tutto ciò ha portato ad una politica volta alla conservazione e al ripristino del LWD all'interno degli alvei.

Questa ottica di preservazione nei confronti del LWD può trovare spiegazione nel fatto che in Australia i fiumi sono vasti e caratterizzati da basse pendenze, e correnti deboli. Tutto ciò unito alla complessa forma dei tronchi, ha come conseguenza, che la maggior parte dell'LWD, può essere trasportato a valle solo nei corsi d'acqua più grandi e durante le piene maggiori.

Mentre in Australia la maggior parte dei tronchi rimane dove cadono, altrove potrebbe non essere altrettanto vero e ciò dipende essenzialmente dalle dimensioni del legname, dalla presenza di pendenze e dal verificarsi di grandi piene.

Una situazione simile fa sì che, in Australia, LWD non sia considerato un elemento di pericolo per le infrastrutture interferenti, tranne nel caso dei rami più piccoli che possono essere divelti dalla corrente e portati a schiantarsi contro i manufatti.

Tutto questo dimostra che LWD non è un pericolo assoluto, né un elemento unicamente positivo nell'economia del fiume: il confine tra rischio e beneficio è molto sottile ed è determinato dalla morfologia del territorio interessato dal fenomeno.

Nella pianura padana il panorama è completamente diverso: le dimensioni dei tronchi non sono tali da non poter essere smossi durante una piena e di contro i fiumi presentano portate elevate che durante la piena diventano talmente ingenti da trascinare a valle tutto ciò che incontrano.

Quelli che per gli australiani erano rami per noi sono tronchi di piante che durante le piene vengono scaraventate con forza contro i piloni dei ponti e tutte le opere, presenti nell'alveo, siano esse fisse o mobili (quest'ultime costituite da imbarcazioni e strutture all'ormeggio).

L'interferenza tra vegetazione e fiume è stata studiata molto approfonditamente e si è visto che la presenza di vegetazione può essere stimata come un aumento di scabrezza dell'alveo fluviale.

L'indice di scabrezza varia a seconda della stagione in cui viene calcolato: la resistenza che le piante offrono al fiume varia in funzione della superficie che viene coinvolta. Quando la pianta è in piena fase vegetativa offre una resistenza sicuramente maggiore che in fase di quiescenza.

Gli studi affermano che è importante avere delle sponde ben vegetate in modo da aumentare l'attrito con la corrente e quindi frenare la velocità distruttiva della piena, in prossimità della riva stessa.

Questo è vero, ma va tenuto conto che questo ostacolo al movimento delle acque può trasformarsi in pericolo, quando la forza della corrente è molto elevata e ancora di più, quando le piante sono gestite in maniera da non renderle in grado di resistere alle pressioni esercitate dall'acqua.

Nonostante il campo di ricerca si restringa a quegli ambiti entro cui è ormai circoscritto il nostro patrimonio boscato, bisogna ricordare che le aree di studio sono ulteriormente limitate; il contributo che la vegetazione può offrire al fenomeno del trasporto di legname durante gli eventi di piena, diminuisce progressivamente fino ad esaurirsi, all'aumentare della distanza dal fiume.

Sono arrivata così all'esclusione di quei boschi situati nell'entroterra, la cui interferenza con un evento alluvionale si può considerare estremamente rara.

Una piena in grado di coinvolgere queste aree presenta, infatti, un tempo di ritorno molto elevato ed una entità tale per cui le priorità sarebbero altre, dal momento che sarebbe messa direttamente a repentaglio l'incolumità della popolazione.

### *2.1.5 Il modulo "Opere d'Ingegneria"*

Le "Opere d'ingegneria" sono un modulo importante in grado di modificare il panorama delle aree a rischio.

Sono così definite tutte quelle opere attuate dagli enti competenti al fine di stabilizzare le rive, in grado quindi, di alterare la morfologia del fiume e soprattutto di frenare la dinamica evolutiva del regime fluviale.

Queste opere di difesa possono presentare diversa natura. Molto utilizzate sono le opere attuate secondo le tecniche della tradizionale ingegneria, con l'impiego di materiale da costruzione, considerate più prettamente ingegneristiche.

Largo spazio è necessario dare anche alle opere d'ingegneria naturalistica, dal momento che, come già ho avuto modo di precisare, le aree studiate si trovano collocate entro i territori di giurisdizione del Parco regionale fluviale dell'Adda.

I parchi presentano una normativa che ben precisa come le opere di difesa spondale debbano essere effettuate secondo determinate criteri di rispetto e di integrazione con l'ambiente circostante: in sintesi qualsiasi alterazione degli ambienti naturali è concessa solo se effettuata secondo criteri di sostenibilità.

### *2.1.6 Il modulo "Infrastrutture"*

L'ultimo modulo, definito "Infrastrutture", ricopre questa posizione, non perchè rivesta un ruolo secondario, ma perchè la sua determinazione è strategica nella definitiva localizzazione delle aree di prioritario interesse, e per la classificazione del livello di rischio.

Quando si parla di infrastrutture si considerano tutti quei manufatti che l'uomo ha posizionato lungo il corso dell'alveo come ponti, pontili, traverse, che rendono le aree limitrofe maggiormente sensibili alla problematica analizzata.

È intuibile capire come sia più pericolosa un area boscata posizionata a monte di attraversamenti fluviali rispetto ad una che presenta a valle un andamento non ostacolato. Alle infrastrutture precedentemente elencate bisogna aggiungere un'altra categoria di manufatti in grado di elevare considerevolmente il livello di pericolosità: i natanti e le strutture fissate alle rive tramite ormeggi.

Queste strutture sono tra le più sollecitate durante il fenomeno alluvionale perchè si trovano all'interno dell'alveo, e quindi sono direttamente soggette alla potenza della piena e all'azione degli enormi ammassi di tronchi trascinati dalla corrente.

A differenza dei ponti e delle traverse queste strutture sono fissate tramite ormeggi che, spesso, non sono adatti a sopportare sollecitazioni così spinte come durante il fenomeno alluvionale.

È intuibile comprendere quanto può essere fonte di pericolo un simile natante ormeggiato lungo la riva esterna di un meandro dove la corrente direttamente agisce.

Nel caso gli ormeggi non dovessero reggere le sollecitazioni delle acque unite all'azione dei tronchi flottanti, i ponti e tutti i manufatti presenti nell'alveo fluviale subirebbero un violento impatto a seguito dello schiantarsi del natante, unito ai cospicui detriti che la corrente ha assemblato intorno ad esso.

Da ciò si evince come le infrastrutture interferenti con l'alveo fluviale, siano in grado di esercitare un peso considerevole sull'interpretazione del territorio e anzi, quanto sia necessario il calcolo di un indice di pericolosità, per una corretta pianificazione territoriale.

## 2.2 Schema del processo metodologico

Dopo questa prima interpretazione della problematica analizzata, posso quindi creare uno schema in cui vengono definiti:

Obiettivi:

- identificazione delle aree responsabili
- possibili risoluzioni

Azione:

- costruzione di un modello descrittivo ed interpretativo per una più rapida individuazione e gestione della problematica

Moduli d'interesse:

MODULO		SOTTOMODULO	
		1.1.	Utilizzazione dei terreni (superficie, uso)
		1.2.	Confini comunali
		1.3.	Confini provinciali
		1.4.	Frequenza di sommersione
		1.5.	Vincolo ambientale
2.	Fiume	2.1.	Andamento del fiume
		2.1.1.	Sinuosità
		2.2.	Portata massima ordinaria
		2.3.	Vincolo ambientale
3.	Vegetazione	3.1.	Vegetazione presente
		3.2.	Densità della vegetazione
		3.3.	Mortalità della vegetazione
		3.4.	Frequenza del taglio
		3.5.	Prelievo di vegetazione
4.	Infrastrutture	4.1.	Destinazione localizzativa
		4.2.	Dimensioni
		4.3.	Destinazione d'uso
5.	Opere ingegneria naturalistica	5.1.	Descrizione localizzativa
		5.2.	Ambito di interesse (terreno, fiume, vegetazione)
		5.2.1.	Entità riduzione rischio idrogeologico

Tab. 1

### 2.3 Le Carte di studio

Per ognuno di questi moduli ho tentato di individuare, tramite la costruzione di carte, le aree di maggior criticità in funzione delle caratteristiche del modulo stesso.

#### 2.3.1 La “Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”

Per i moduli “Terreno” e “Fiume” ho realizzato una singola carta per identificare le aree di maggiore vulnerabilità, dovuta all’instabilità delle rive.

Questa scelta è legata al fatto che l’ambiente ripariale è il prodotto dell’interazione reciproca di questi due moduli. Diventa così inutile scindere l’analisi dei due elementi, perchè lo studio del territorio separatamente dal fiume porterebbe ad una sterile e cieca trattazione.

In aree così peculiari, come le rive di un fiume, lo studio del terreno non può prescindere da quello delle caratteristiche fluviali: ciò che succede in un ambiente ripariale infatti, è dato dall’evoluzione di un singolo sistema “Terreno-Fiume”.

Nasce così la “Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”.

Per la creazione della carta sono partita dal punto fermo che per una corretta gestione del fiume è basilare che le rive siano in buone condizioni.

La stabilità dei suoli ripariali è importante in sé, in quanto, là dove un terreno è instabile e subisce erosione a seguito del normale regime fluviale, lì saranno collocate le aree maggiormente a rischio anche durante gli eventi di piena.

Queste aree saranno il teatro di un progressivo smottamento delle rive con conseguente inesorabile trasformazione del percorso fluviale.

L’alterazione dell’andamento fluviale andrà a ripercuotersi su tutta la traiettoria del corso d’acqua, andando a sua volta a modificare e alterare l’intero profilo delle criticità idrauliche del fiume.

Il risultato, come ci suggerisce la storia evolutiva di tutti i corsi d’acqua, è che porzioni di terreno anche vaste, vengono eliminate dal fiume e restituite altrove sotto forma di sedimenti fini.

Ciò, oltre ad essere un danno per l’inevitabile perdita di suolo di ottima qualità, porta all’asportazione di particelle solide, che si trasformano in un ulteriore elemento di attrito in grado di amplificare l’attività erosiva del fiume sulle sponde, già messe a dura prova dall’azione della corrente.

Si può immaginare quanto questa criticità, già di per sé degna di nota sulla base delle conseguenze appena definite, assuma ancor più un carattere emergenziale quando si trova ad interferire con aree a patrimonio boscato.

Da ciò si evince che l’erosione e l’instabilità sono fenomeni da scongiurare perchè responsabili della perdita di porzioni di territorio, spesso qualitativamente pregiate, con conseguente nascita di aree ad elevata criticità idraulica.

Per ottenere una mappatura delle aree maggiormente vulnerabili ho creato la “Carta delle suscettività spondali alle sollecitazioni idrauliche”, sulla base dell’osservazione di tre problematiche differenti:

- instabilità delle rive;
- criticità idrauliche;
- aree di esondazione;
- frequenza di esondazione.

La scelta di queste quattro problematiche è legata alla logica che la vulnerabilità delle sponde alle sollecitazioni operate dalla corrente è dovuta a più fattori, sia interni che esterni al sistema ripariale.

I quattro sottomoduli sono stati identificati su carta tramite utilizzo di fonti già a mia disposizione:

1. Instabilità delle rive	ORTOFOTO
2. Criticità idrauliche	Studio sui campi di allagamento del fiume Adda. Piena Novembre 2002. Autorità di Bacino
3. Aree di esondazione	PAI+ALLAGAMENTI 2002
4. Frequenza di sommersione	PAI

Poiché gli ambienti ripariali sono aree in continua evoluzione dovuta alle caratteristiche del territorio e all'azione del fiume, ho scelto i sottomoduli che meglio spiegassero questa interazione reciproca.

Prima di tutto ho studiato la tendenza "intrinseca" del territorio ad essere soggetto ad instabilità tramite l'analisi visiva delle Ortofoto.

Ho così individuato quelle aree che presentano una maggiore erosione spondale dovuta all'andamento del fiume. Tramite osservazioni in situ ed in base all'informazione reperite presso la banca dati dell'ERSAL ho osservato che l'erosione ha interessato l'orizzonte pedologico più superficiale; i profili pedologici sono infatti caratterizzati da una successione di deposizioni fluviali con nessuna o scarsa evoluzione dei processi pedogenetici in relazione al continuo apporto di nuovi sedimenti o all'asportazione degli orizzonti più superficiali in coincidenza dei frequenti fenomeni di esondazione delle acque fluviali. Tutti gli orizzonti contengono percentuali piuttosto elevate di sabbia molto fine e di limo, frazione granulometrica che è più facilmente erodibile ad opera dell'acqua. In conclusione si è riscontrata una notevole uniformità dei suoli rilevati conducibili tutti ad un'unica tipologia, pedologica, la quale presenta un'elevata erodibilità sia degli orizzonti superficiali che di quelli più profondi entrambi interessati da fenomeni erosivi importanti in coincidenza delle esondazioni.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici va ricordato che significativi fenomeni di perturbazione della corrente traggono origine dalla presenza di tratti convergenti, divergenti o di curve.

I cambiamenti di direzione, infatti, generano un disturbo che si traduce in un incremento dell'erosione di sponda e dell'asporto della vegetazione ripariale.

In un corso d'acqua i tratti ad andamento rettilineo presenteranno un'instabilità minore rispetto a quelle porzioni situate lungo le rive esterne dei meandri, dove la corrente va ad infrangersi prima di cambiare traiettoria.

Quindi già ad una prima osservazione della morfologia e dell'andamento del corso d'acqua ho potuto operare una selezione e successiva ricostruzione delle aree potenzialmente più a rischio, in ambiente GIS.

Ho parlato di tendenza "intrinseca del territorio", ma forse è più esatto precisare che il territorio in sé non evolverebbe se non subisse l'azione del fiume. La tendenza intrinseca del territorio è perciò la semplice evoluzione di un sistema in funzione di una situazione di regime fluviale normale.

A questa tendenza evolutiva vanno aggiunte altre interferenze chiamate precedentemente fattori esterni al sistema territorio-fiume.

Tali fattori esterni in realtà sono elementi che entrano in gioco solo quando il fiume esce dagli ordinari regimi ed esonda.

Per questo motivo ci si è avvalsi dello studio effettuato dall'Autorità di Bacino in occasione della piena del novembre 2002 che studia i "Campi di allagamento del fiume Adda". La piena del 2002 risulta particolarmente utile per la realizzazione di questa carta, in quanto è un fenomeno verificatosi recentemente di cui abbiamo numerose informazioni. La mole e il tempo di ritorno del fenomeno in analisi ci permettono di usare la piena del 2002 come riferimento per l'analisi effettuata. Questo studio da un'idea della criticità idraulica del territorio durante i fenomeni alluvionali indicando i diversi gradi di vulnerabilità dell'area campione.

In particolar modo, oltre alle aree esondate, sono segnalati anche fenomeni dovuti alla forza della corrente di piena come i solchi erosivi, le rotture arginali e l'erosione spondale che danno un'idea dell'azione della corrente sul piano campagna.

Informazioni riguardo l'ampiezza e la disposizione delle aree di esondazione, nonché riguardo la frequenza delle sommersioni sono di fondamentale importanza per determinare le aree che in caso di piena siano maggiormente vulnerabili.

L'interpretazione visiva delle Ortofoto, e l'analisi dello studio sui "Campi di allagamento" della piena del 2002, risulterebbero però non completi se non fossero confrontati con altri studi effettuati dall'Autorità di bacino circa l'interazione suolo-acqua.

Il fenomeno è stato già ben analizzato per risolvere problematiche legate alla difesa del suolo, e in particolare l'Autorità di bacino ha proceduto alla pianificazione del territorio tramite "Piani stralcio".

L'atto di pianificazione di maggiore interesse in funzione del progetto di studio è conosciuto sotto il nome di PAI (Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Po).

Il PAI pone precisi limiti all'uso del suolo nelle aree individuate e classificate come interessate ai fenomeni idraulici fluviali del Po e dei suoi affluenti.

Proprio questo aspetto mi ha permesso di evidenziare là dove sono state stabilite, secondo canoni prefissati e in base all'analisi della storia degli eventi alluvionali, le aree maggiormente interessate dall'azione delle acque.

Queste aree, come già precisato, sono divise in tre categorie:

1. Fascia A
2. Fascia B
3. Fascia C

In questo ordine, sono elencate le aree che presentano un rischio decrescente d'essere coinvolte dai fenomeni idraulici fluviali.

Nella *“Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”*, per posizionare e quantificare le aree maggiormente soggette ad esondazione e anche la rispettiva frequenza di sommersione ho usato, come temi, la fascia A e B, dal momento che la fascia C rappresenta aree che possono essere interessate solo da piene catastrofiche, con un tempo di ritorno elevato.

In questo modo, le aree particolarmente a rischio, situate in fascia C, sono scartate a priori, in base alla logica secondo cui, in tali posizioni, la criticità idraulica mette in pericolo l'incolumità della popolazione e quindi diventa di secondario interesse il problema della trasporto della vegetazione.

Tramite la localizzazione delle aree a maggior instabilità spondale, e la loro collocazione all'interno delle fasce A e B, sono giunta ad una classificazione delle zone che sono più vulnerabili.

Da qui ho potuto estrapolare un primo indicatore di vulnerabilità che mostra livelli di rischio crescenti al diminuire della distanza dal fiume e in funzione della presenza di particolari morfologie fluviali, come lunghi tratti rettilinei seguiti da meandri molto stretti.

### 2.3.2 La *“Carta della valutazione vegetazionale in rapporto agli usi invalenti”*

Per il modulo successivo ho realizzato la *“Carta delle valutazione vegetazionale in rapporto agli usi invalenti”*.

Ho considerato la valutazione vegetazionale in rapporto agli usi invalenti, perchè ho studiato la componente boschiva rispetto alla principale destinazione d'uso del territorio. Ho lavorato in ambiente GIS attuando una fotointerpretazione delle Ortofoto e digitalizzando in modo da trasformare in shapefile i tematismi dei “boschi” e “Pioppeti”.

In ambiente GIS ho circoscritto l'analisi alla fascia A e B del PAI, perchè è ovvio che il contributo che possono offrire i boschi dell'entroterra è pressoché nullo; per di più in queste fasce risiede la maggior parte del territorio di competenza del Parco regionale fluviale dell'Adda.

Da ciò si evince che la principale destinazione d'uso del suolo è una gestione a Parco, quindi il panorama dominante è costituito da boschi “naturali”, pioppeti e suoli agricoli.

Anche se l'uso agricolo del suolo è sicuramente uno dei più importanti e fondamentali della pianura Padana, in questa trattazione non verrà considerato per la mancanza di utilità rispetto all'analisi della problematica qui studiata.

Nella carta compaiono, quindi, i seguenti temi:

- fascia A;
- fascia B;
- confini dal Parco dell'Adda;
- boschi ;
- pioppeti;

Non a caso ho scelto di distinguere il tema dei “Boschi naturali”, da quello dei “Pioppeti”.

Diversi studi (es: *“Vegetazione arborea ripariale ed erosione idrica di sponda”* di Pier Mario Chiarabaglio e Domenico Coaloa) riportano che effettivamente esiste una diversità di comportamento dei pioppeti rispetto ai boschi naturali, lungo le rive fluviali.

I pioppeti presentano una maggiore capacità di resistere alla sommersione e anche una maggiore resistenza all'erosione durante gli eventi di piena.

Diventa quindi fondamentale distinguerli per evitare errori di interpretazione anche ingenti, visto che tramite fotointerpretazione le aree destinate alla pioppicoltura risultano molto estese.

Per realizzare i tematismi ho dovuto digitalizzare, a partire direttamente dalle Ortofoto, perchè ad una prima analisi della carta DUSAF, ovvero della Carta delle destinazioni d'uso del territorio, ho notato una effettiva discrepanza circa la distribuzione dei pioppeti e dei boschi rispetto alle Ortofoto.

La scelta è ricaduta sull'interpretazione delle Ortofoto perchè la loro campionatura è stata attuata nel 2002 e quindi il loro utilizzo mi permetteva di avere una descrizione della realtà sicuramente più aggiornata e più veritiera rispetto a quella fornita dalla DUSAF.

Creare una carta in grado di posizionare le aree maggiormente vegetate diventa di primario interesse al fine di poter stimare la dimensione di tali zone e verificarne la vicinanza o meno al fiume.

L'identificazione e il posizionamento delle aree vegetate permette, soprattutto, una loro collocazione anche all'interno della *“Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”*, tale da poter creare un ulteriore indice di rischio. L'indicatore di rischio idraulico che ho ottenuto è dato dalla maggiore vulnerabilità delle aree in cui i tematismi dei due moduli si sovrappongono.

Precedentemente ho affermato che la *“Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”* era finalizzata alla determinazione di quelle aree più a rischio, dove per esempio, l'erosione portava ad una maggior perdita di suolo pregiato. Bisogna pensare che spesso le aree boscate possono essere comprese nelle porzioni di territorio definite pregiate, e anzi, esse stesse diventano elemento di pregio per un territorio in cui i boschi risultano solo come elementi rari. Il fatto che le aree boscate siano confinate in ambienti residuali e inospitali per qualsiasi altra attività, non significa che siano meno degne di nota, ma anzi questa loro peculiarità le rende ancora più preziose.

Oltre l'importanza delle aree boscate dal punto di vista naturalistico – paesaggistico, va valutato con ancora maggiore attenzione il fatto che i boschi non sono solo elementi di pregio, ma anche fonte di pericolo per l'incolumità pubblica, una volta che l'erosione ne determini indebolimento e successivo distacco ed asportazione durante gli eventi di piena.

Un fenomeno erosivo, combinato con la presenza di boschi in cattive condizioni, da origine, durante gli eventi alluvionali, ad una scongiurabile fonte di rischio dovuto allo sradicamento delle piante e loro trasporto da parte della corrente.

Là dove sono collocati restringimenti dell'alveo i tronchi vanno, così, a creare situazione di criticità idraulica che mettono in pericolo l'incolumità umana.

### 2.3.3 La *“Carta delle difese spondali”*

Ho creato un'altra carta, che permette di identificare e collocare le difese spondali lungo il tratto dell'Adda considerato, in modo da valutare anche il modulo informativo definito: *“Opere d'ingegneria”*. La mappa, definita *“Carta delle Difese spondali”*, è stata ottenuta osservando direttamente sul campo il posizionamento dei manufatti e successivamente digitalizzando in ambiente GIS.

La determinazione delle opere d'ingegneria, indipendentemente che la loro natura sia ambientale o meno, è importante perchè va ad alterare ulteriormente il panorama delle aree di rischio, modificando il calcolo degli indicatori di rischio idraulico.

È ovvio infatti, che la presenza di una sistemazione spondale migliori la stabilità del suolo e, quindi, vada ad alterare la distribuzione delle aree vulnerabili fornita dalla *“Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”*.

Là dove la morfologia del fiume suggerisce un maggior livello di preoccupazione, per la presenza di determinate configurazioni che interagiscono con il campo delle velocità e delle erosioni, la presenza di un'opera di difesa va a modificare il sistema di forze fino a rendere nulla l'azione della corrente.

Un manufatto costruito in vicinanza di un'area boscata o direttamente a sua difesa fa sì che si abbia un'ulteriore modificazione del calcolo dell'indicatore di vulnerabilità ottenuto dalla sovrapposizione della *“Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche”* e della *“Carta della valutazione vegetazionale in rapporto agli usi invalenti”*.

Poiché l'ambito considerato è posizionato all'interno di un Parco regionale fluviale, i manufatti realizzati presentano carattere d'ingegneria naturalistica. Anche questo fattore deve essere considerato nel calcolo dell'indicatore finale, in quanto la capacità di alterare i campi delle velocità e i profili erosivi è sicuramente più impattante ed efficace nel caso di opere realizzate secondo tecniche d'ingegneria tradizionale rispetto a ciò che può generare un'opera d'ingegneria naturalistica.

### 2.3.4 La “Carta delle infrastrutture interferenti”

Per l'ultimo modulo, “Infrastrutture interferenti”, ho costruito la “Carta delle infrastrutture interferenti”, sempre tramite l'analisi visiva delle Ortofoto. Ho proceduto in prima battuta alla fotointerpretazione e successivamente alla digitalizzazione degli elementi interferenti con la corrente.

In questa categoria ho compreso non solo i ponti e le dighe, ma anche tutti i natanti di grosse dimensioni ancorati in vicinanza delle rive.

Se i ponti e le dighe possono essere messi direttamente a repentaglio per la violenza con cui la piena può far schiantare grosse moli di tronchi contro i piloni e le paratoie, non minore attenzione dobbiamo rivolgere ai natanti di grosse dimensioni: esiste il rischio infatti che il moto del legname trasportato venga frenato dai natanti creando un ostacolo al moto della corrente.

Questi ostacoli occasionali provocano l'accumulo di quantità sempre maggiori di detriti con il conseguente sovraccarico degli elementi di ancoraggio. Si può intuire quanto la situazione possa degenerare nel caso le funi di ormeggio non reggessero più le sollecitazioni.

Verrebbe così trascinato dalla forza della piena un corpo di grosse dimensioni costituito dal natante già di mole considerevole e quindi dotato di elevata capacità distruttiva, unito ad una massa di legname di gran lunga superiore a quella dei singoli elementi inglobati.

Ora non si calcolano più indici di rischio idraulico, ma bensì indici di pericolosità. La diversità consiste nel fatto che un'area che può essere sede di rischio in realtà potrebbe non essere fonte di preoccupazione per l'incolumità umana. Se un'area è vulnerabile e quindi, maggiormente soggetta ad erosione e smottamento non necessariamente deve essere pericolosa per la popolazione.

Un bosco in cattive condizioni, mal gestito e collocato su rive franose e fortemente erose fornisce ingenti moli di legna soggette ad asportazione durante gli eventi alluvionali: lì potremo collocare un'area fortemente a rischio. Il livello di pericolosità, però, non avrebbe ragion d'essere se a valle non fosse presente un'infrastruttura in grado di coinvolgere e mettere a repentaglio l'incolumità della popolazione.

Con la creazione di questa carta arrivo così, all'identificazione delle aree che presentano una effettiva vulnerabilità nei confronti dei possibili eventi di rischio idraulico che prendono origine a monte.

Ciò implica il calcolo di un indicatore di pericolosità che sovrapposto agli indicatori di rischio, precedentemente calcolati, fornisca la mappa delle aree che necessitano di una priorità nella gestione e nel controllo.

### 2.4 Il Patrimonio informativo

La creazione delle carte descritte non prevedeva solo l'uso dei temi precedentemente citati, ma anche l'utilizzo di un patrimonio informativo molto più ampio, spesso ridondante, al fine di avere una migliore visione d'insieme del problema.

Il patrimonio informativo utilizzato prevede:

- Carta tecnica regionale
- Carta destinazione d'uso dei suoli DUSAF
- PAI
- Foto aeree
- Carta delle aree naturali protette
- Carta dei confini comunali
- Carta dei confini provinciali
- Carta del reticolo idrico maggiore
- Carta dei boschi e delle aree naturali
- Piano di settore “Fiume e Fasce fluviali”(Piano territoriale di coordinamento del Parco Adda Sud).
- Campi di allagamento piena 2002
- Studio Telò per la Protezione Civile

Ognuna delle carte elencate è risultata utile per velocizzare il lavoro pratico e per meglio definire l'ambito di studio.

Come base di tutte le carte prodotte, ho scelto la Carta Tecnica Regionale 1:25000 (CTR), perchè era necessario una base geografica e georeferenziata su cui orientare lo studio.

La massima rappresentazione della realtà l'avrei potuta ottenere tramite la visualizzazione delle foto aeree, ma il loro utilizzo è risultato proibitivo per motivi amministrativi, così ho impiegato come sfondo la CTR 1:25000 in grado di dare anche informazione circa la localizzazione geografica dei vari ambiti analizzati. La Carta di destinazione d'uso dei suoli DUSAF, come ho già avuto modo di specificare, non è stata così utile per gli studi effettuati.

Inizialmente sono stati caricati i temi della DUSAF rappresentanti i territori prevalentemente gestiti a pioppeto e a boschi; in realtà è subito emerso che tali informazioni non sono utilizzabili per l'ingente discrepanza tra ciò che il DUSAF rappresenta e ciò che si può osservare tramite Ortofoto.

Così sono passata direttamente all'uso delle Ortofoto, in grado di dare informazioni più dettagliate ma soprattutto più aggiornate riguardo i temi desiderati.

Le foto aeree, infatti, costituiscono la base su cui ho costruito i temi utilizzati per creare la maggior parte delle carte prodotte.

Ho già avuto modo di dire quanto questo patrimonio informativo sia stato utile, all'interno della carta riguardante la valutazione della vegetazione, per descrivere il tema del patrimonio boschivo e dei pioppeti. Le ortofoto sono state, inoltre, la base per la digitalizzazione delle opere d'ingegneria e delle infrastrutture, e infine la loro analisi visiva è stata fondamentale per una valutazione della morfologia del fiume e per la collocazione delle aree a maggiore instabilità spondale.

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po, selezionando i tematismi rappresentanti la fascia A e B, è stato utilizzato nella "*Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche*" e nella "*Carta della valutazione vegetazionale in rapporto agli usi invalenti*" al fine di circoscrivere meglio il problema e giustificare il maggior indice di rischio implicitamente assegnato ai territori vicini al fiume. L'Autorità di Bacino, in corrispondenza di queste fasce impone, infatti, vincoli più o meno spinti sul territorio, che lasciano intuire il grado di vulnerabilità di queste aree ai fenomeni alluvionali.

La carta delle aree naturali protette è stata utilizzata al fine di evidenziare i confini del Parco regionale fluviale dell'Adda Sud. La definizione dell'area di competenza permette una collocazione del problema dal punto di vista amministrativo.

Le carte dei confini comunali e provinciali non figurano direttamente nelle carte prodotte ma hanno fornito tematismi utili alla loro redazione.

I confini delle CTR e quelli delle ortofoto non corrispondono con evidenti problemi di orientamento sul territorio. Caricare entrambi i temi e lavorare in ambiente GIS è risultato pressoché impossibile. La mole dei due temi è risultata enorme e il lavoro rischiava di essere molto rallentato.

Per risolvere questa problematica ho caricato i temi rappresentanti i confini comunali e provinciali, al fine di supplire al compito delle CTR, almeno in fase di digitalizzazione.

La "*Carta del reticolo idrico principale*", come intuibile, è stata usata solo parzialmente, in particolare, ho caricato in ambiente GIS il tematismo del fiume Adda per rendere meglio riconoscibile, all'impatto visivo, l'andamento e la morfologia del fiume e quindi delle aree limitrofe.

L'ultima carta dell'elenco, la "*Carta dei boschi e delle aree naturali*", è stata la base su cui ho proceduto alla digitalizzazione delle aree boscate e dei pioppeti.

Sovrapponendo questa carta con le Ortofoto, sono giunta alla conclusione che molte erano le incongruenze; così ho digitalizzato direttamente sulla carta dei boschi e delle aree naturali, modificando i temi precedenti e separando i tematismi dei boschi e dei pioppeti, al fine di ottenere una realtà che rispecchiasse nel modo migliore la situazione ritratta dalle Ortofoto del 2002. Per lo stesso anno sono disponibili altri tematismi riguardanti l'alluvione che ha interessato il territorio dell'Adda. I temi, appartenenti ad uno studio svolto dall'Ing. Telò per la protezione civile di Cremona, riguardano la problematica della criticità idraulica e rappresentano:

- Aree allagate dalla piena del 2002
- Lo stato degli argini
- Zone di "Fascia C"

Questi temi hanno trovato collocazione nella "*Carta della suscettività spondale alle sollecitazioni idrauliche*" allo scopo di avvalorare l'indice di rischio assegnato a ciascuna area.

A questo punto la logica successiva si basa sul fatto che ogni modulo, apparentemente autonomo, è strettamente integrato, dando luogo ad una architettura più complessa.

A ciascun modulo e sottomodulo verrà assegnato un valore, che se correttamente correlato ed analizzato rispetto agli altri moduli e sottomoduli, fornirà preziose informazioni riguardo la situazione del territorio, del rischio idrogeologico e delle zone ove vi sia una maggiore urgenza di intervento.

Si vengono così a creare degli indicatori che nascono dall'interpretazione delle carte prodotte per i primi quattro moduli e in particolare, dal diverso alternarsi delle problematiche analizzate nelle prime tre, portando ad una rappresentazione dei possibili livelli di rischio.

Tramite la carta elaborata per l'ultimo modulo, cioè la "*Carta delle infrastrutture interferenti*", si giunge all'elaborazione di indicatori di pericolosità, che sono i fattori finali in grado di modificare leggermente o alterare completamente il panorama offerto dal precedente calcolo degli indicatori di rischio, dando quindi una collocazione alle aree che necessitano di un intervento prioritario.

## **CAPITOLO 3**

### ***3.1 Suddivisione del territorio di studio in aree di interesse***

La prima operazione da effettuare per poter localizzare le aree responsabili del fenomeno di trasporto di legname durante gli eventi di piena e assegnare loro un livello di rischio è suddividere il territorio di studio in porzioni discrete con un rischio idraulico il più possibile omogeneo, in base a criteri legati ai tematismi riportati nelle carte proposte. La suddivisione in aree distinte viene attuata tramite l'osservazione critica della Carta di sintesi seguendo quattro criteri con priorità decrescente.

I primi criteri da utilizzare sono la criticità idraulica (solchi di erosione, rotture arginali, erosioni spondali) e la morfologia, perchè rivelano in modo diretto il livello di rischio idraulico di ciascuna area in quanto descrivono il reale dissesto del territorio: aree con criticità e morfologie diverse presentano sicuramente livelli di rischio idraulico differente. Le singole aree devono avere una dimensione adeguata all'espressione delle informazioni fornite dagli indicatori presenti nel territorio studiato. Nel nostro caso si è ritenuta ottimale una dimensione lineare compresa tra 2 e 6 Km. L'ampiezza delle aree è stata misurata come distanza in linea d'aria tra le estremità del tratto di fiume compreso in ciascuna zona. Nel caso in cui un tratto di fiume di lunghezza superiore a quella massima stabilita presenti una criticità omogenea, è necessario introdurre nell'analisi il secondo parametro: le Fasce fluviali individuate dal Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Po (PAI), prodotto dall'Autorità di Bacino del fiume Po\*.

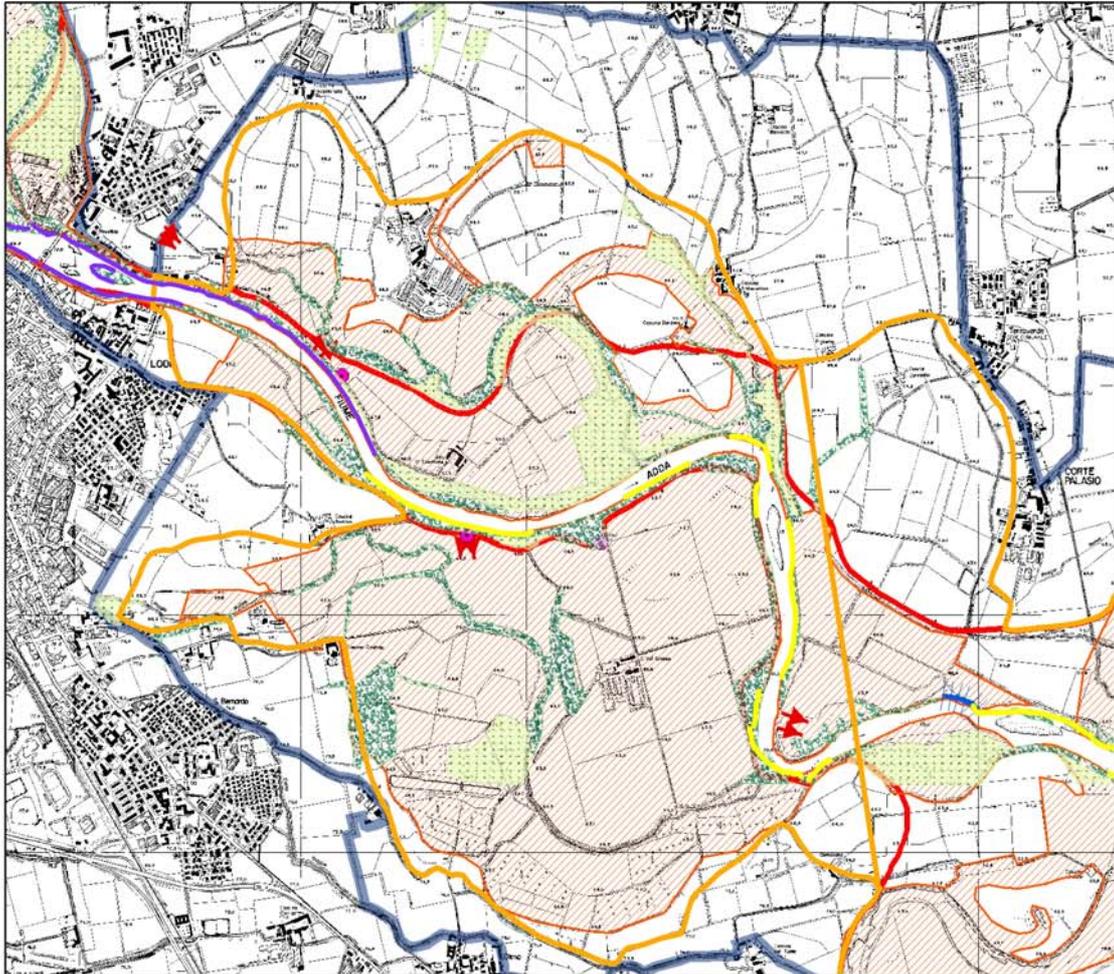
Questo parametro ha senza dubbio una valenza descrittiva molto minore rispetto alla criticità, perchè le informazioni derivate dalle Fasce fluviali individuate dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po, hanno un carattere esclusivamente indicativo ma non assoluto. Il rischio idrogeologico non è determinato dalla sola estensione delle Fasce Fluviali, ma da un'infinità di fattori tra loro correlati e interferenti che trovano espressione di sintesi nella criticità. Per questo motivo in condizione di parità di criticità tra due aree risulta utile valutare la dimensione e la collocazione delle Fasce Fluviali come ulteriore discriminante del rischio idraulico. Le dimensioni della naturale fascia di espansione del fiume sono un indicatore della velocità della corrente di piena. Fasce fluviali con dimensioni minori danno luogo a correnti più veloci, e viceversa Fasce fluviali con dimensioni maggiori generano correnti più lente. È ovvio che in presenza di velocità maggiore, a parità di criticità, si avrà una più alta probabilità di rischio. Nel caso in cui anche l'analisi delle Fasce Fluviali non sia sufficiente a suddividere il territorio secondo i parametri prefissati si dovrà considerare la quantità, la qualità e la natura delle difese spondali presenti.

La valutazione di questi parametri e delle loro reciproche interferenze permette di delineare diverse aree, giustificandone la demarcazione del confine. Si è giunti così alla individuazione di otto aree con caratteristiche differenti e con diverso grado di rischio.

---

\* All'Autorità di Bacino per il fiume Po è affidata la redazione del Piano di Bacino per la pianificazione dell'uso del territorio all'interno del Bacino idrografico del Po. Tale strumento, compilato ai sensi della legge 183/89, può essere predisposto per Piani Stralcio che affrontano ciascuno un settore specifico; in particolare, il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) pone limiti precisi all'uso del suolo in aree individuate e classificate come interessate ai fenomeni idraulici fluviali del Po e dei suoi affluenti, chiamate fasce fluviali, distinte nelle categorie A, B e C; in questo ordine, rappresentano le aree a rischio decrescente di coinvolgimento più o meno diretto dai fenomeni idraulici fluviali di riferimento. Le fasce fluviali vengono delimitate tramite l'individuazione delle porzioni di alveo e delle aree circostanti interessate da inondazione, in caso di fenomeni alluvionali, con tempo di ritorno prestabilito.

# A1



A1:

La prima area è stata definita A1 e si estende, a Sud di Lodi, dalla cascina Nuova fino dopo al primo meandro diretto verso Sud, che presenta curvatura stretta in corrispondenza della Cascina del Conte.

Questa area non mostra un'elevata criticità idraulica ma rappresenta la prima espansione della piena dopo il passaggio obbligato nella strettoia in corrispondenza dell'abitato di Lodi.

Nell'attraversamento del restringimento, il fiume in piena si trova costretto all'interno di un alveo armato; è intuibile che le dimensioni ridotte dell'alveo, troppo stretto rispetto alla mole d'acqua in movimento, portino ad un aumento di velocità nel tratto canalizzato con conseguente incremento della forza dirompente delle acque all'uscita da tale restringimento.

Si osservano, infatti, sulla sponda sinistra immediatamente a Sud, una rottura arginale e due solchi di erosione in prossimità di una difesa spondale, classificata recente, indicando così la elevata energia del fiume in questo tratto.

Il fenomeno è ancora più esasperato dal fatto che, poco più a valle, la fascia fluviale A ricopre un territorio molto ridotto, infatti il suo limite esterno è posizionato vicinissimo alle sponde, indicando che la morfologia del territorio, almeno nella fase iniziale dello sviluppo della piena, conduce ad un'ulteriore canalizzazione. Il risultato si può riassumere con una rottura arginale e con la formazione di solchi erosivi e seguente allagamento dei territori esterni alla fascia A.

Sulla sponda destra il fiume trova maggior agio e meno impedimenti alla sua espansione, dal momento che la fascia A è ben più estesa, evitando così l'esasperazione della potenza distruttiva del fenomeno appena descritto. Sulla sponda destra, più a valle – per lo stesso motivo precedentemente visto – quando la morfologia e la topografia del territorio fanno sì che la fascia A si avvicini troppo alle sponde fluviali, si assiste ancora ad una rottura arginale e alla formazione di solchi di erosione con conseguente allagamento delle aree contenute nella fascia fluviale B, dove le quote altimetriche basse giustificano l'ampia espansione.

La corrente di piena, nel tratto terminale dell'area A1, dopo aver superato un meandro decisamente secco, diretto a Nord, si trova a scendere lungo un rettilineo alla cui estremità è posizionato un meandro dalla curvatura stretta. Proprio in questa posizione si osserva la formazione di solchi di erosione sulla sponda sinistra del fiume, dovuti al salto di meandro effettuato dalla enorme massa d'acqua in movimento durante la piena.

L'area A1 si chiude con l'uscita dal meandro diretto verso Sud in corrispondenza della Cascina del Conte.

A2:

Dopo la secca curvatura dell'alveo precedentemente descritto, fino al tratto di fiume che scorre adiacente alla cascina Resega, si può distinguere una nuova area caratterizzata dall'andamento pressoché rettilineo del tratto fluviale e da una bassissima presenza di criticità idrauliche. Solo nella prima parte del percorso il fiume è disposto in direzione N-S, successivamente cambia bruscamente direzione orientandosi verso E.

Il basso livello di criticità idraulica trova giustificazione nel fatto che la velocità e la potenza delle piene porta le acque a muoversi secondo traiettorie preferenziali che seguano la logica della maggiore pendenza e delle minori perdite di energia.

Una conseguenza prevedibile è che, durante i fenomeni alluvionali, si osserva una rettificazione del corso fluviale, testimoniata dalla presenza, nell'area precedente, di solchi di erosione proprio in corrispondenza della curvatura del meandro, orientati secondo la direzione preferenziale della piena.

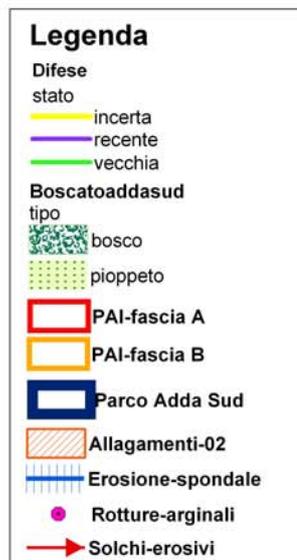
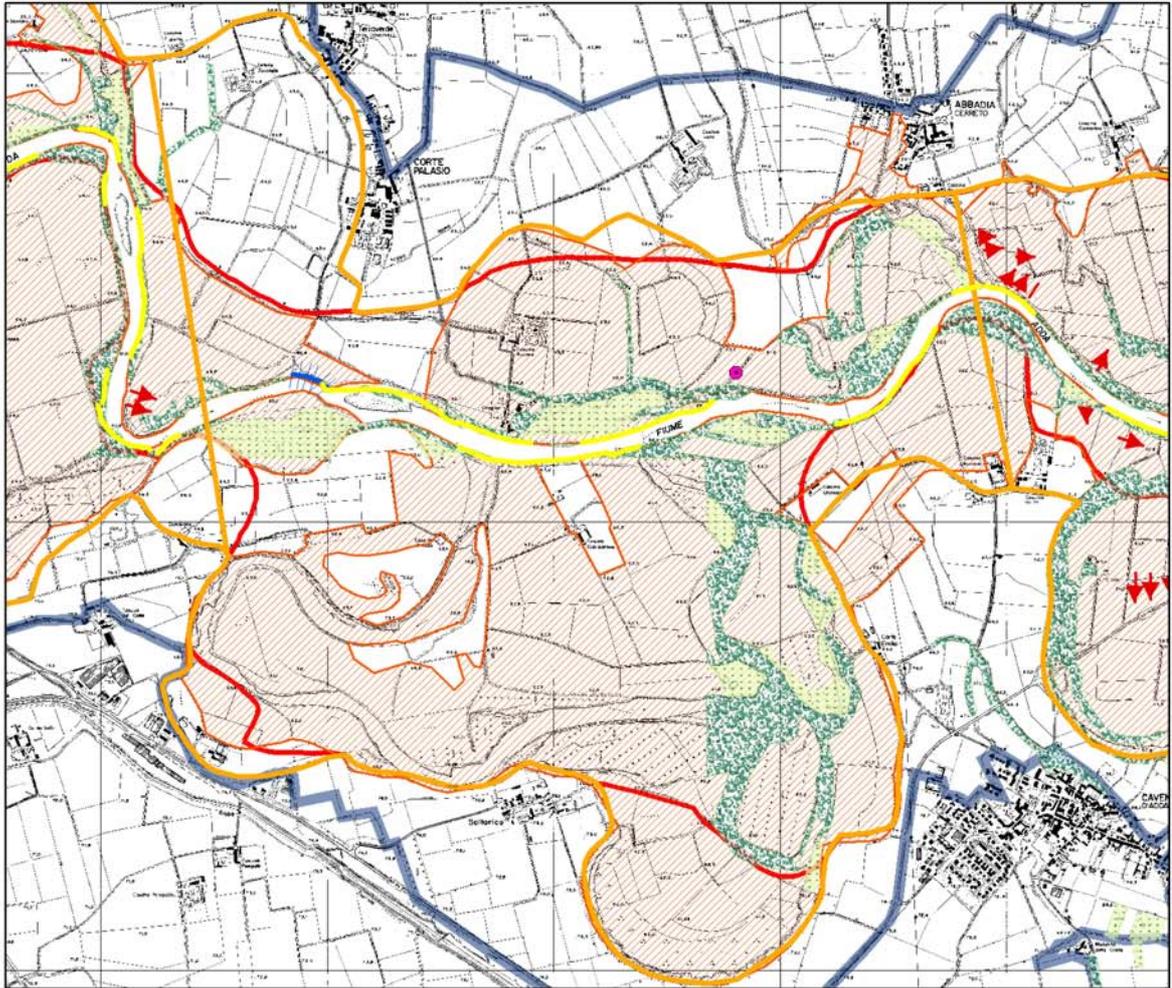
La corrente, dopo il salto del meandro, prosegue in una strettoia dovuta alla disposizione delle quote altimetriche con conseguente aumento della velocità ed erosione della sponda dove la riva è concava.

Il tratto successivo non presenta grosse problematiche; l'andamento rettilineo del fiume permette alla piena di muoversi senza grossi impedimenti.

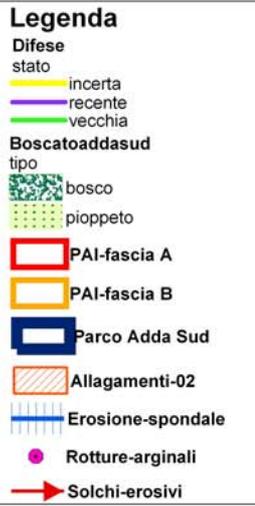
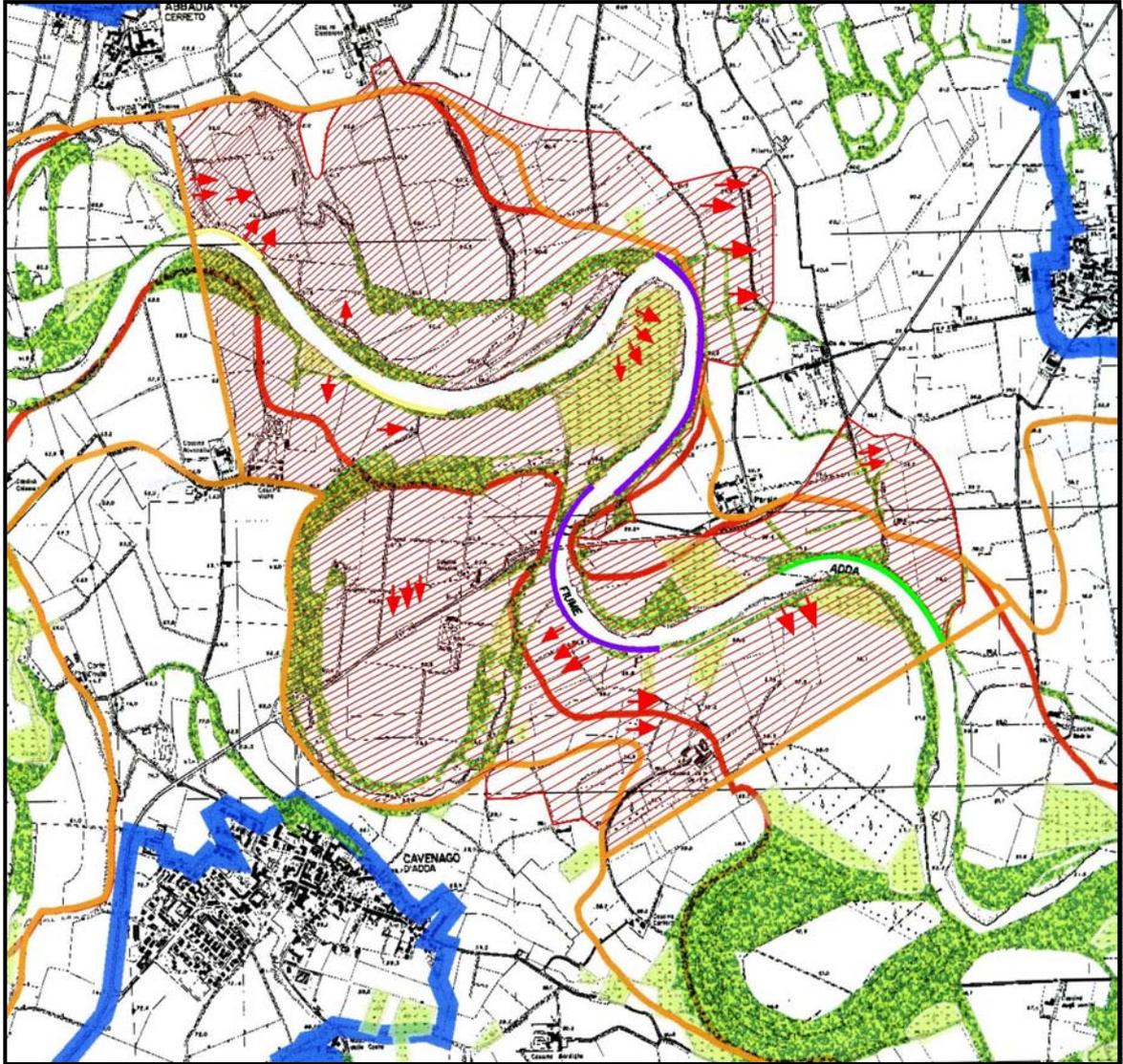
Solo verso la fine della zona A2 si osserva una rottura arginale formatasi probabilmente per permettere alle acque di defluire nella strettoia qui posizionata. L'assenza di grosse criticità in A2 è dovuta anche al fatto che sulla sponda destra si può notare una grossa espansione dell'allagamento in territori precedentemente percorsi dai vecchi meandri, ora abbandonati.

L'area è molto ampia e ciò sicuramente ha funzionato come valvola di sfogo, diminuendo la velocità e la potenza delle acque.

# A2



# A3



A3:

La fascia A3 presenta le maggiori criticità in assoluto. La zona si estende dal restringimento dell'alveo in corrispondenza della cascina Resega fino a dopo la curvatura del meandro che si sviluppa prima della cascina Bodria (toponimo particolarmente significativo).

La criticità dell'area A3 è da imputarsi all'andamento fortemente meandriforme del fiume.

I meandri diventano stretti, le curvature sono accentuate e le difese spondali tendono a contrastare il percorso naturale della corrente. Già sulla curvatura esterna del primo meandro, che presenta sicuramente un andamento più dolce dei successivi, si notano numerosi solchi erosivi in corrispondenza della difesa di sponda sinistra. Nel tratto successivo, là dove non sono presenti le difese, la corrente esonda provocando solchi erosivi sia su sponda destra che sulla sinistra.

La presenza di numerosi fenomeni erosivi va a testimoniare il fatto che, sulla sponda destra, la piena continua la sua corsa, procedendo alle spalle della difesa successiva, andando ad allagare l'interno di un territorio posto a quote altimetriche inferiori, precedentemente occupato dal vecchio meandro del fiume e qui acquistando velocità.

Il meandro successivo presenta una curvatura molto accentuata, a causa della quale le acque della piena tendono a rettificare il percorso debordando oltre la sponda destra con violenza e riversandosi nel territorio interno al meandro, dove si sono osservati numerosi solchi erosivi; la restante porzione di corrente non riesce a procedere, seguendo la traiettoria dell'alveo, sommerge la difesa spondale (definita recente) sulla sinistra e forma numerosi solchi erosivi.

Stesso andamento si può constatare per il meandro situato a valle, dove la disposizione della Fascia fluviale A sulla sponda sinistra mostra una topografia in grado di contenere la corrente, obbligando la piena a seguire il percorso semi – rettilineo del fiume fino alla curva successiva che inevitabilmente non viene rispettata con conseguente fuoriuscita della corrente verso sud e formazione di solchi di erosione. La corrente procede sulla sponda sinistra parallelamente alla direzione principale del fiume a monte del meandro e della vecchia difesa spondale, mentre sulla sponda destra esonda là dove non ci sono le difese procedendo nella medesima direzione.

A4:

Il tratto successivo si sviluppa dal meandro in corrispondenza della Cascina Bodria fino in corrispondenza della cascina Mezzano. Questa area si sviluppa molto in lunghezza e le sue criticità sono in progressivo aumento lungo la discesa verso valle a seguito della progressiva complicazione del tracciato fluviale. Ad una prima osservazione la situazione sembra abbastanza semplice da analizzare. La disposizione dei solchi erosivi, più che evidenziare l'incapacità della corrente di piena di procedere all'interno dei meandri, mostra la traiettoria preferenziale del fenomeno alluvionale.

Ciò è possibile perché i meandri presenti non sono così ravvicinati, ed inoltre anche i limiti della fascia fluviale A sono posizionati molto più distanti dal fiume rispetto all'area precedente, permettendo così una più naturale espansione del fiume.

Nel tratto iniziale la corrente presenta una maggiore area di sfogo a sud della sponda destra del fiume, tant'è che non si osservano segni di criticità idraulica.

Viceversa, lungo la sponda sinistra, i limiti della naturale fascia di espansione del fiume si avvicinano troppo ad esso e conseguentemente si ha un allagamento delle aree esterne alla fascia A, con formazione di solchi erosivi anche molto allungati, dovuti alla costrizione della corrente di piena tra i limiti della fascia A e le aree situate in posizione più elevata.

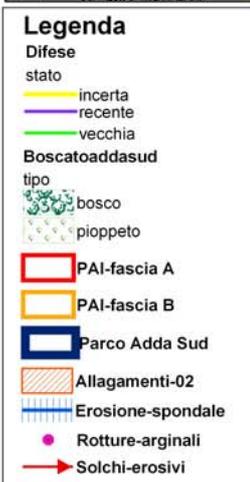
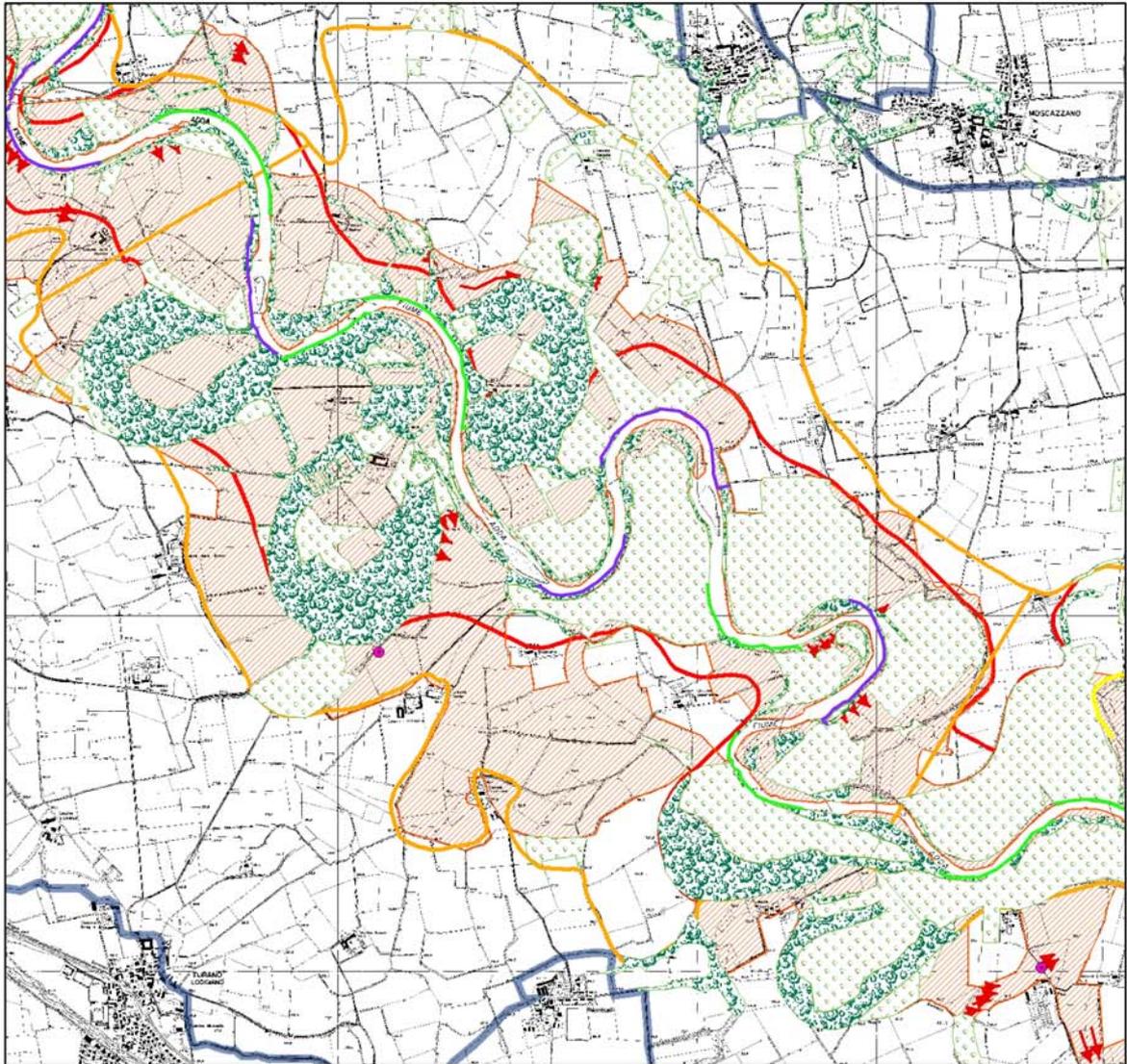
Più si scende a valle, più la situazione degenera: il tratto successivo, che collega due meandri consecutivi, presenta fenomeni erosivi sia sulla sponda destra che su quella sinistra, entrambi in corrispondenza delle sponde libere da difese.

I solchi osservabili sulla sponda sinistra stanno ad indicare che la corrente tende a rettificare il percorso fluviale, in particolare i solchi molto sviluppati in destra sono localizzati subito dopo due vecchi meandri abbandonati dall'Adda.

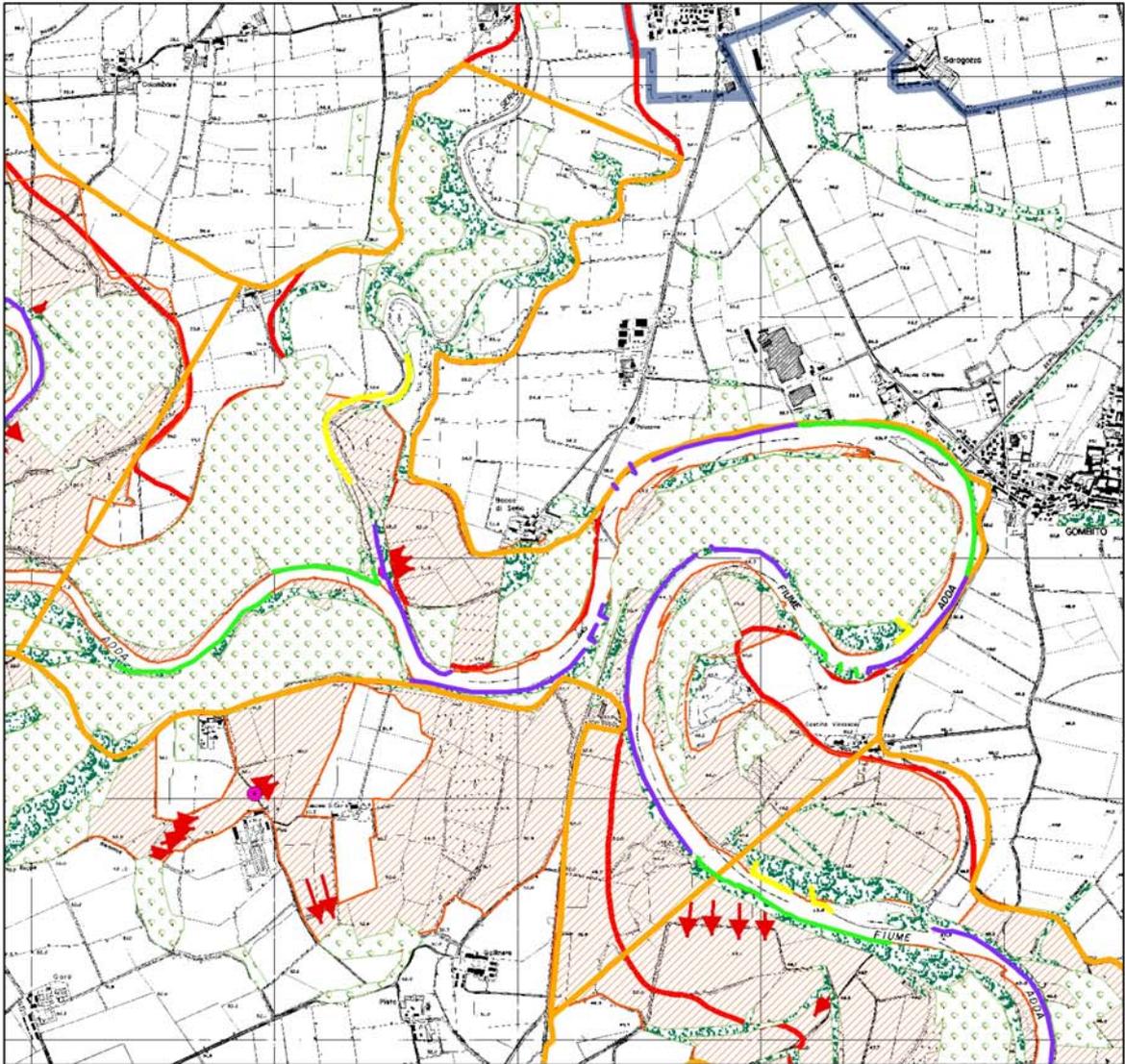
Questi due meandri totalmente allagati e la presenza dei solchi erosivi a valle di questi, in corrispondenza di un ulteriore restringimento del territorio naturalmente percorribile dal fiume in esondazione (identificato con la fascia A del PAI), stanno a significare che l'enorme massa d'acqua esondata a monte si è trovata a passare, a seguito dell'approssimarsi di un restringimento di alveo, a velocità maggiori con conseguente aumento delle erosioni e allagamento della fascia fluviale B.

L'ultimo meandro ricompreso nella A4 presenta numerosi solchi erosivi dovuti al salto di meandro effettuato durante l'evento di piena.

# A4



# A5



A5:

La zona A5 si estende dalla cascina Mezzano fino a dopo il meandro di Gombito, poco prima della cascina Vinzasca. Questa area è caratterizzata da criticità di ridotta entità, soprattutto in corrispondenza del meandro di Gombito.

Le uniche criticità che si registrano sulla sponda sinistra sono una rottura arginale e la formazione di solchi erosivi in corrispondenza delle recenti difese spondali posizionate allo sbocco del fiume Serio in Adda.

La rottura in questo punto è giustificabile perché, durante lo svolgersi di un evento di piena significativo, il fiume Adda tende a riprendere il suo vecchio andamento, più verso Est, e perché gli elevati livelli idrici dell'Adda comportano il conseguente innalzamento delle acque del Serio per rigurgito.

La turbolenza delle acque di piena contro la sponda concava del fiume, la confluenza con le acque del Serio, il verificarsi del fenomeno di rigurgito, porta pertanto ad un sovrizzo del livello d'acqua ed ad un aumento delle turbolenze e delle sollecitazioni sulla sponda sinistra testimoniati dalla presenza di evidenti fenomeni erosivi e da una rottura arginale.

Sulla sponda destra si osserva una rottura arginale sul limite della fascia A, con progressivo allagamento della lanca retrostante e la formazione di numerosi solchi di erosione indicanti la direzione della corrente in uscita dalla Fascia considerata.

I fenomeni erosivi sono localizzati in corrispondenza di una sottilissima strettoia dovuta alla naturale morfologia del territorio che ha costretto questa porzione di corrente all'interno di aree ad altimetria inferiore. La corrente così limitata trova un ostacolo lungo il suo percorso che viene, come è prevedibile, superato tramite una rottura arginale.

A6:

L'area A6 si estende dalla cascina Vinzasca fino al culmine del Meandro corrispondente a Formigara. Questo tratto può presentare una criticità medio – alta, soprattutto nel tratto terminale, dovuta alla presenza piuttosto elevata di elementi di criticità idraulica, quali solchi di erosione e rottura arginale, e ad un restringimento sempre più marcato delle aree allagate.

Nel primo tratto lungo la sponda di destra, concava e maggiormente soggetta all'azione della corrente, si nota una difesa (classificata vecchia) con adiacenti numerosi simboli indicanti presenza di solchi di erosione. La direzione dei solchi mostra la tendenza della piena a saltare il meandro successivo e semplificare il percorso.

Il meandro diretto verso S – E, in corrispondenza della cascina Fasola, presenta numerosi solchi di erosione posizionati lungo la sponda ovest e orientati nella direzione preferenziale della piena.

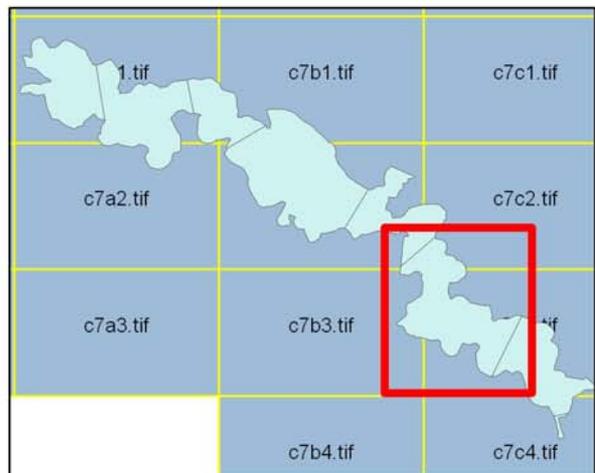
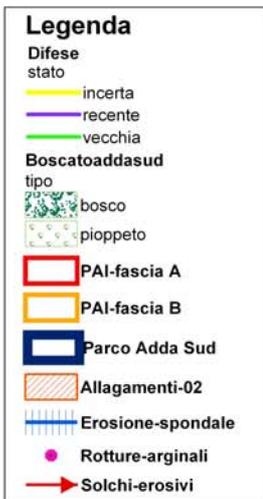
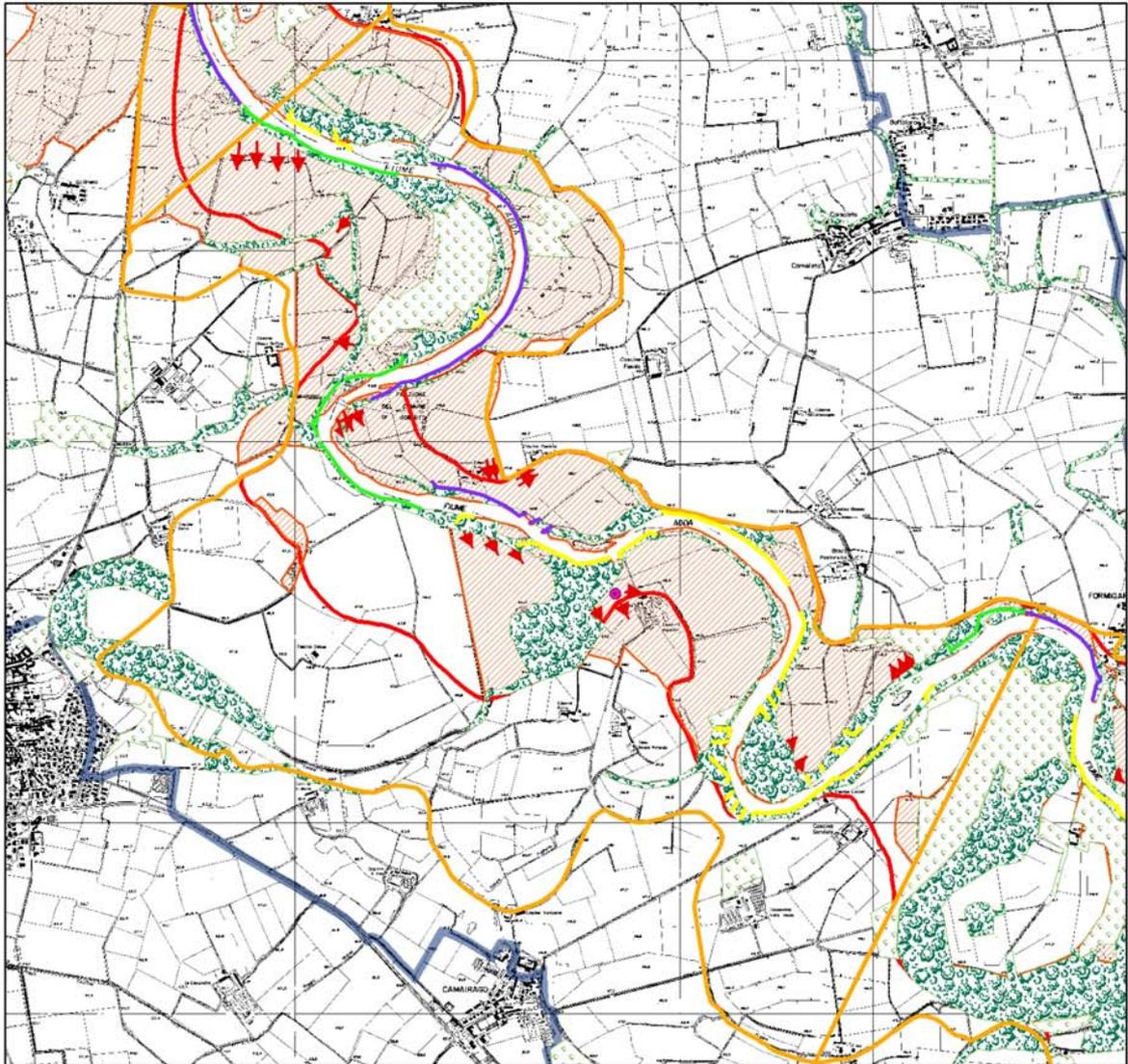
Successivamente, sempre lungo la riva ovest si osservano fenomeni erosivi, localizzati in vicinanza di un restringimento dell'area allagata.

Simmetricamente anche a sinistra questi simboli si ripetono. Ciò sta a significare che la massa d'acqua in movimento, precedentemente distribuita su una superficie maggiore, è costretta ad attraversare una strettoia a velocità elevate con conseguente aumento della capacità erosiva.

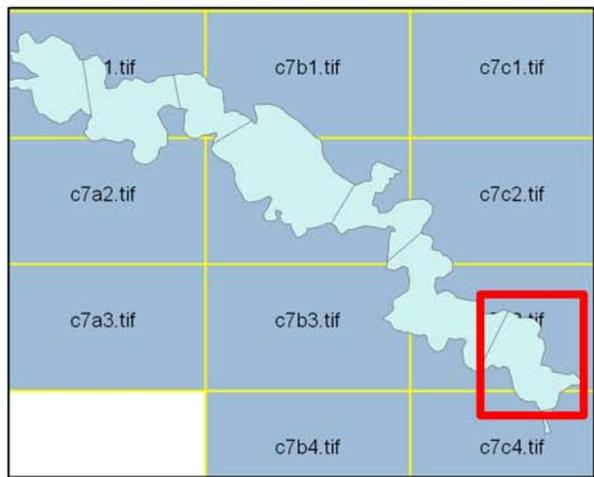
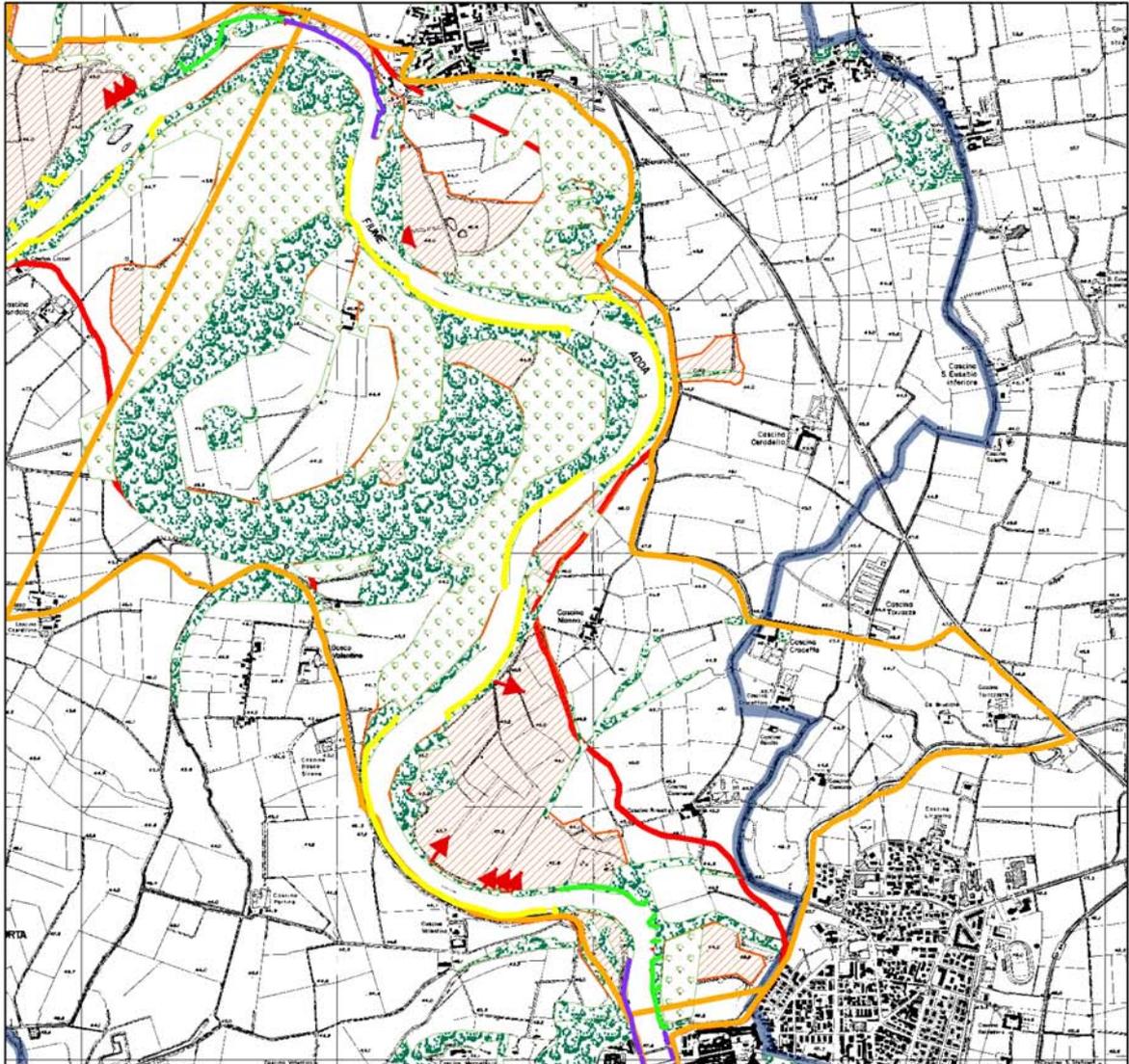
Quando la massa d'acqua, ad una tale velocità, si trova a scorrere in una porzione della naturale area di espansione del fiume che, per la struttura stessa del territorio, dà luogo ad un'ulteriore restrizione dell'area di inondazione, si osserva una rottura arginale e una dispersione della corrente in tutte le direzioni.

Nel Meandro corrispondente alla cascina Villa Verde si nota che il limite definito dalla Fascia A viene rispettato, mentre la corrente risale con fenomeni erosivi all'interno del meandro stesso, verso località a minore altezza topografica.

# A6



# A7



A7:

Il tratto si sviluppa dal meandro posizionato in prossimità di Formigara fino all'ingresso di Pizzighettone (160 m dal primo attraversamento fluviale). L'area di allagamento è piuttosto ampia e, dall'osservazione dei tematismi, si nota che la criticità idraulica è medio bassa per la possibilità della corrente di espandersi in un'area naturalmente a sua disposizione, abbastanza ampia, e per il fatto che la presenza di meandri non è così accentuata come nei tratti precedenti. Lungo la sponda destra del primo meandro si possono osservare dei fenomeni erosivi probabilmente dovuti alla mancanza di un freno al movimento della corrente.

Altri solchi erosivi si possono osservare nel tratto finale in prossimità di Pizzighettone. La corrente viene costretta all'interno dell'alveo lungo la sponda destra ed in corrispondenza della fascia A, trovando una via di espansione sulla sponda opposta dove si nota il confluire dell'acqua verso il centro del meandro a seguito della particolare topografia del luogo.

A8:

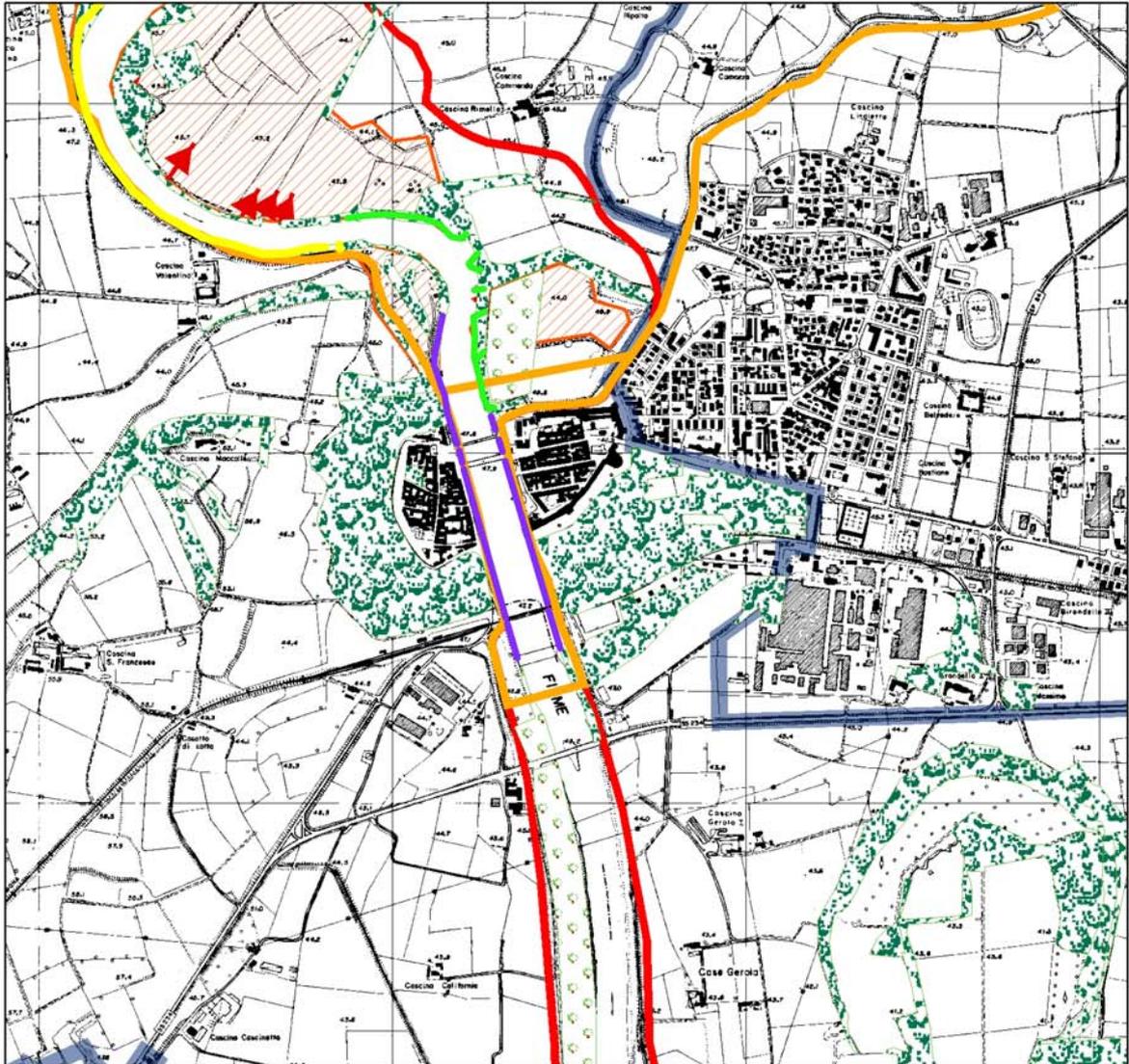
L'ultimo tratto di fiume da considerare come un elemento completamente svincolato dalle aree precedentemente descritte è quello che attraversa l'abitato di Pizzighettone.

Si tratta di un percorso rettilineo di breve lunghezza rispetto alle aree precedentemente suddivise, ma in cui il fiume e la corrente di piena si trovano costretti all'interno di un alveo armato.

La peculiarità di questa area, che permette di distinguerla dalle precedenti, è la criticità idraulica del tratto dovuta al fatto che la massa d'acqua che poco più a monte ha la possibilità e la forza di espandersi in aree anche molto estese, ora si trova costretta e canalizzata all'interno di difese imponenti, al fine di proteggere l'abitato di Pizzighettone.

L'area considerata è anche più peculiare perché presenta un ulteriore elemento di criticità come la presenza di infrastrutture e natanti che interferiscono direttamente con il percorso fluviale.

# A8



### 3.2 Creazione indicatori di rischio idraulico

Si è finora proceduto ad una descrizione della condizione di criticità, accurata, ma pur sempre derivante da un'analisi visiva della Carta di sintesi. Tale procedimento può portare ad errori di interpretazione, ed è quindi giusto procedere alla creazione di un modello interpretativo affinché le valutazioni effettuate siano il più possibile verificabili, confrontabili e applicabili a sistemi differenti.

Il primo passo è stata la scelta degli indicatori, che è ricaduta sugli stessi parametri che ci hanno permesso la suddivisione dell'area di studio in porzioni discrete:

- criticità idraulica
- difese spondali
- aree vegetate

A ciascuno dei parametri elencati verrà assegnato un valore che concorrerà alla determinazione dell'entità del rischio idraulico. L'assenza di criticità idraulica, la presenza di difese in grado di contenere totalmente il fiume, e la mancanza di aree boscate, sono condizioni necessarie e sufficienti affinché il rischio idraulico sia nullo. Nel momento in cui il valore di uno dei tre indicatori risultasse uguale a zero, anche il valore del rischio idraulico dovrebbe risultare zero. Per questo motivo, il carattere degli indicatori è moltiplicativo.

Il primo di questi indicatori è la "criticità idraulica", che rappresenta un fenomeno molto vasto che include in sé differenti parametri. Quelli che più direttamente rappresentano il dissesto del territorio trovano rappresentazione, sulla Carta di sintesi, nei solchi erosivi, nelle rotture arginali e nell'erosione spondale. Come è intuibile, questi elementi forniscono una rappresentazione immediata del dissesto, mostrando direttamente l'azione della corrente di piena sui territori limitrofi all'alveo del fiume.

Non bisogna trascurare però che esistono altri fattori determinanti per descrivere la criticità idraulica: la morfologia del fiume e la struttura della fascia fluviale A.

Questi, anche se non alterano direttamente il panorama, giocano comunque un ruolo fondamentale nell'orientare e indirizzare l'azione distruttiva della corrente di piena.

Nel calcolo del livello di criticità, i parametri sopra citati assumono carattere additivo, poiché sono tra loro indipendenti, e il valore di uno non influenza il valore degli altri, ma tutti contribuiscono alla determinazione del livello di criticità.

È stato necessario fissare l'intervallo entro cui può variare il valore "criticità idraulica": al fine di ottenere una rappresentazione immediata e facilmente interpretabile del dissesto si è scelto un intervallo compreso tra zero e cento. Anche i singoli parametri presentano un intervallo entro cui varia il loro contributo al fenomeno analizzato: a causa del diverso contributo alla criticità idraulica gli indicatori presentano massimi proporzionali alla responsabilità e alla differente rilevanza durante le piene fluviali. La morfologia e l'erosione spondale presentano valori maggiori perché entrambe sono in grado di alterare profondamente il territorio aumentando sensibilmente il rischio di trasporto solido flottante (LWD) durante gli eventi di piena. Per lo stesso motivo le rotture hanno valore intermedio, mentre i solchi e le fasce fluviali A hanno valore minore.

Di seguito sono riportati gli intervalli assegnati ai singoli indicatori:

• Morfologia	0	25	
• Erosione spondale	0	25	
• Rotture arginali	0	20	$CI = S + E + R + M + P_a$
• Fascia fluviale A	0	15	
• Solchi erosivi	0	15	
Criticità idraulica (CI)	0	100	

È risultato necessario assegnare a ciascun indicatore un valore relativo, affinché i risultati delle singole aree fossero tra loro confrontabili. È evidente, infatti, che un determinato numero di solchi erosivi, può assumere significato ben diverso a seconda della dimensione dell'area considerata. Procedendo in questo modo risultano tra loro confrontabili anche aree di fiumi differenti, rendendo il modello interpretativo applicabile ad altre realtà.

Il metodo di assegnazione dei valori che meglio rispetta questo intento è una proporzione.

Attraverso l'osservazione dettagliata della carta di sintesi, si assume che per il tematismo dei solchi erosivi, il valore massimo di 15 punti si assegna ai tratti di lunghezza 1 Km in cui il numero di solchi risulta uguale a cinque .

Di conseguenza si è costruita la relazione:

$$15 : 5 = S : \frac{N_s}{L_n},$$

in cui:

- 15 è il valore massimo che assume il fattore solchi
- 5 è il numero massimo di solchi presenti in un chilometro
- $S$  è l'incognita ovvero il valore che dobbiamo assegnare alla area di studio
- $N_s$  è il numero di solchi presenti nell'area di studio
- $L_n$  è la lunghezza del tratto di fiume compreso nell'area in esame.

Questo procedimento è stato applicato anche per i tematismi rappresentanti le rotture arginale e l'erosione spondale.

Nel caso delle rotture arginali si è fissato il numero di una rottura a chilometro come valore massimo, dal momento che un numero superiore risulterebbe improbabile.

La relazione risulta:

$$20 : 1 = R : \frac{N_r}{L_n}.$$

L'erosione spondale non viene indicata con il numero di punti erosi nell'area considerata, ma come estensione dei tratti erosi in ciascuna area. ( $N_e$ ) corrisponde alla somma delle lunghezze dei singoli tratti erosi.

La lunghezza totale delle sponde erodibili è doppia rispetto all'estensione del fiume, ma l'erosione spondale si manifesta alternativamente su una o l'altra delle due sponde, mai contemporaneamente su entrambe, o almeno mai in modo significativo; per questo motivo, a differenza di quanto vedremo poi per le difese spondali, ( $N_e$ ) verrà mantenuto tale nella proporzione e non moltiplicato per 0,5.

La relazione risulta:

$$25 : 1 = E : \frac{N_e}{L_n}.$$

Alla morfologia e alla fascia fluviale A sono stati invece assegnati valori assoluti.

Analizzando il percorso fluviale e si è osservato che le tipologie di andamento fluviale sono schematizzabili in sei forme a ciascuna delle quali è stato assegnato un valore ( $M$ ):

	Tratto perfettamente rettilineo	0
	Tratto leggermente ondulato	5
	Tratto a V	10
	Tratto a U	15
	Tratto a v	20
	Tratto a $\Omega$	25

A ciascuna area viene assegnato, per l'indicatore morfologia, il valore massimo presente (es. se in un'area c'è un tratto ad U seguito da uno a  $\Omega$  e poi da uno a V il valore della morfologia corrisponderà a quello più alto possibile, nel nostro caso 25, dato dal tratto ad  $\Omega$ ). Tratti con andamento maggiormente meandrificato presentano una più spinta tendenza alla rettificazione a causa della quale la corrente di piena lascia l'alveo per attraversare i terreni circostanti aumentando il rischio di LWD.

La fascia fluviale A viene analizzata in funzione della sua larghezza minima presente nell'area in esame.

La fascia fluviale A presenta nel suo andamento dei restringimenti che possono imprimere alla corrente un'accelerazione, aumentandone la forza. Maggiore è il restringimento, maggiore è l'accelerazione prodotta.

Anche per questo indicatore i valori assegnati sono assoluti e all'area analizzata spetta il valore massimo possibile, come per la morfologia.

I valori ( $P_a$ ) sono quattro, suddivisi in intervalli di larghezza della fascia fluviale A:

- Da 0,00 a 0,249 Km      15
- Da 0,25 a 0,499 Km      10
- Da 0,50 a 0,749 Km      5
- Oltre 0,750 Km          0

Il secondo parametro introdotto per il calcolo del rischio idraulico è il tematismo rappresentante le "difese spondali".

Le difese spondali sono costituite da tutti i manufatti finalizzati a stabilizzare il percorso fluviale, e per questo includono in sé opere dalla funzionalità e dagli usi più svariati.

Il contributo di questo parametro nel determinare il livello di rischio idraulico è di fondamentale importanza in quanto le difese sono elementi attivi che modificano il naturale evolvere della morfologia fluviale, andando sicuramente ad alterare i campi di forza che si verificano durante i fenomeni alluvionali.

L'indicatore "difese spondali", trova rappresentazione tramite due parametri che abbiamo definito "Quantità" e "Qualità". Questi due parametri sono stati introdotti per poter descrivere e quantificare il contributo delle opere di difesa al rischio idraulico.

Il problema principale, come nel caso dell'erosione spondale, è l'assegnazione dei valori di rischio. Un risultato ottenuto tramite la valutazione del solo numero di opere presenti nel tratto di fiume non risulterebbe significativo.

Perciò, è sicuramente più indicativa una valutazione dell'estensione delle opere perchè fornisce una interpretazione e una quantificazione del contributo al rischio idraulico più rispondente al reale sviluppo del fiume.

La presenza di una sola opera di difesa che si sviluppa per tutto il tracciato fluviale in esame, dà luogo ad una limitazione del rischio più spinta rispetto ad una singola difesa dalle dimensioni più ridotte.

L'estensione totale delle difese idrauliche è indicata sotto la voce "quantità" come somma delle lunghezze delle singole difese presenti nell'area. Difese di uguale estensione, posizionate in tratti di fiume di lunghezza differente, determinano un differente livello di protezione. L'entità di riduzione del rischio idraulico da parte delle opere di difesa è proporzionale alla lunghezza delle difese rispetto al doppio dell'entità del tratto fluviale in esame.

È stato scelto il doppio del tratto fluviale perchè è necessario considerare che, a differenza di quanto succedeva nel caso dell'erosione spondale, le opere di difesa sono posizionate indifferentemente su entrambe le rive e quindi la loro estensione totale va rapportata al doppio della lunghezza del fiume.

Chiaramente, la valutazione delle difese spondali non può essere solo di tipo quantitativo, ma va necessariamente tenuto conto anche dello stato di funzionamento, della destinazione d'uso e dello stato conservativo delle opere stesse. La valutazione numerica di questo parametro è espressa dalla voce "qualità" nelle tabella per il calcolo del rischio idraulico.

Il comportamento delle difese varia in funzione sia della loro destinazione d'uso che dello stato di servizio, quindi un'interpretazione ottimale richiederebbe una raccolta di informazioni in tal senso.

Purtroppo le informazioni in nostro possesso risultano esigue, utili solo per dividere le difese in tre categorie relative alla stato di funzionamento:

- Recenti
- Vecchie
- Non pervenute

A questo punto, è necessario fissare, per i parametri “quantità” e “qualità”, un intervallo di valori.

Come abbiamo già avuto modo di precisare, le difese spondali sono un indicatore a carattere moltiplicativo dal momento che risultano essere condizione necessaria e sufficiente affinché il rischio idraulico abbia motivo d’essere.

La somma dei parametri “Qualità” e “Quantità” presenta un intervallo compreso tra zero e uno, in cui lo zero corrisponde ad una limitazione del rischio idraulico nulla, ed il valore uno ad una limitazione totale del dissesto. Tutti i valori compresi indicano l’entità percentuale di riduzione del rischio idraulico

Per assegnare il valore a determinate estensioni delle opere di difesa è stato introdotto un coefficiente di riduzione del rischio, che in questa occasione è stato stimato 0,15.

Questo valore, apparentemente ridotto, trova giustificazione perchè, dall’osservazione della Carta di sintesi, le opere di difesa spondale non sembrano giocare un ruolo così determinante nella limitazione del rischio idraulico.

Una tale interpretazione deriva dalla circostanza che pochissime sono le informazioni a nostra disposizione riguardo la destinazione d’uso dei manufatti. È ovvio infatti che un’opera destinata alla protezione delle sponde e la presenza di un tratto di fiume a scorrimento sotterraneo, pesano in modo differente sulla valutazione del rischio idraulico.

Il modello, per questo motivo, deve essere adattato al patrimonio conoscitivo a nostra disposizione attraverso la modifica del coefficiente di limitazione del rischio.

L’indicatore “qualità” è in grado di limitare ulteriormente il livello di rischio idraulico nel caso siano presenti difese recenti. Anche in questo caso il valore di riduzione da assegnare ad una difesa recente è dato dal prodotto del coefficiente di riduzione per il rapporto tra l’estensione dell’opera considerata e l’estensione totale del tratto di fiume.

A causa delle poche informazioni relative alla difese spondali presenti nei tratti di fiume analizzati è stato assegnato un coefficiente di riduzione al parametro “qualità” pari a 0,05. Nel caso estremo in cui vi fosse un tratto di fiume completamente imbrigliato nelle difese, e queste fossero tutte recenti, si avrebbe una riduzione totale del rischio idraulico pari al 20%.

L’intervallo di valori che possono assumere le difese spondali nasce dalla formula:

$$DS = 1 - \left( 0,15 \frac{L_d}{2L_n} \right) - \left( 0,05 \frac{L_{dr}}{2L_n} \right),$$

in cui:

- 1 è il valore massimo di contributo alla criticità idraulica.
- 0,15 è il coefficiente di riduzione di criticità idraulica assegnato alle difese spondali.
- $L_d$  è l’estensione delle difese.
- $2L_d$  è il doppio dell’estensione del tratto di fiume nell’area considerata.
- 0,05 è un coefficiente di riduzione del rischio idraulico assegnato alle difese recenti.
- $L_{dr}$  è l’estensione delle difese, classificate recenti.

Dalla formula si evince che il contributo delle difese spondali al rischio idraulico è dato dal valore massimo di rischio meno la riduzione di criticità ottenuta in base alle dimensione delle difese, su entrambe le sponde fluviali, meno un’ulteriore riduzione data dalla presenza di difese recenti.

In assenza di aree vegetate è intuibile capire che il problema del trasporto di materiale flottante durante gli eventi di piena (LWD) non avrebbe più ragion d’essere. Anch’esso quindi risulta un parametro moltiplicativo e il suo intervallo di valori varia tra zero e uno. Per meglio comprendere il contributo delle aree vegetate al rischio idraulico è risultato necessario mettere in risalto il differente

comportamento dei pioppeti e delle aree a bosco naturale. Il risultato finale è quindi dato dalla somma dei valori riscontrati nelle aree boscate e nelle aree vegetate.

Per ottenere un simile risultato è necessario fissare un metodo per l'attribuzione di valori ai due parametri precedentemente definiti. In particolare si è scelto di creare una scala di valori la cui determinazione si basa su un'analisi relativa delle aree vegetate. È indubbio, infatti che la stessa estensione di area boscata o di pioppeto assume valori differenti a seconda della dimensione del territorio su cui è distribuita.

Da qui nasce la formula:

$$RV = \left( \frac{A_b}{A_n} + \frac{1}{10} \frac{A_p}{A_n} \right)^{0,5}$$

in cui:

$RV$  è il valore che dobbiamo assegnare all'area di studio

$A_b$  è la dimensione dell'area boscata.

$A_n$  è la dimensione dell'area di studio.

$A_p$  è la dimensione dell'area gestita a pioppeto.

10 è il coefficiente di riduzione del rischio idraulico dovuto ai pioppeti.

I pioppeti mostrano una più spiccata resistenza alla forza erosiva della corrente di piena e all'annacquamento: ciò fa sì che il valore di criticità assegnato ad una data estensione di pioppeto non possa essere paragonato al valore assegnato alla medesima estensione gestita a bosco ma, anzi, è stato stimato che il contributo dei pioppeti al rischio idraulico risulti essere dieci volte inferiore a quello dei boschi naturali.

Il bosco ha nella determinazione del rischio idraulico una duplice valenza: è sia fonte di materiale, sia freno al trasporto dello stesso da parte della corrente di piena. Per questo motivo il livello di rischio non può crescere in modo lineare al crescere della densità dell'area boscata, ma deve crescere rapidamente per valori bassi, (rappresentanti boschi in grado di aumentare la fornitura di legname ma non ancora in grado di ostacolarne in modo significativo il trasporto), e successivamente raggiungere quasi un plateau per valori elevati (rappresentanti boschi in cui un incremento di densità non comporta un incremento di rischio altrettanto elevato). Per esprimere numericamente questo concetto abbiamo applicato l'esponente 0,5 al valore di rischio associato alla vegetazione, ricavato con la formula precedente. Il rischio passa da un andamento lineare ad uno parabolico.

Il valore finale del rischio idraulico è dunque ottenuto moltiplicando il valore della criticità idraulica per il valore assegnato alle difese spondali per il rischio associato alle aree boscate. A questo valore si applica nuovamente l'esponente 0,5, in quanto per valori bassi incrementi minimi dei fattori di rischio fanno aumentare rapidamente il rischio totale, mentre per valori elevati anche incrementi di un certo rilievo non modificano più di tanto il rischio finale.

$$RI = (CI * DS * RV)^{0,5}$$

Si è stabilita una scala interpretativa in cui:

60<RISCHIO MASSIMO
40<RISCHIO CRITICO<60
25<RISCHIO ALTO<40
10<RISCHIO MEDIO<25
RISCHIO BASSO<10

Tab. 2 Scala interpretativa

LIVELLO DI RISCHIO	VEGETAZIONE										DIFESA				CRITICITA'						DIMENSIONI	
	TOTALE	BOSCHI	PIOPPETI	TOTALE	QUANTITA'	QUALITA'	TOTALE	PAI	TOTALE	EROSIONE S.	MORFOLOGIA	PAI	TOTALE	ROTTURE	SOLCHI	AREA	LUNGHEZZA					
A1	0.31	65.00	33.00	0.93	1.40	0.93	36.15	10.00	0.00	10.00	10.00	36.15	3.00	6.00	728.00	4.83	32.01					
A2	0.29	75.00	35.00	0.94	0.00	0.94	17.26	5.00	0.30	5.00	5.00	17.26	1.00	0.00	921.00	3.79	21.72					
A3	0.39	67.00	26.00	0.94	2.12	0.94	51.25	15.00	0.00	20.00	20.00	51.25	0.00	28.00	454.00	5.17	43.35					
A4	0.43	258.00	324.00	0.94	3.61	0.94	26.89	0.00	0.00	20.00	20.00	26.89	0.00	22.00	1573.00	9.58	32.87					
A5	0.35	51.00	231.00	0.91	4.93	0.91	47.21	15.00	0.00	25.00	15.00	47.21	1.00	13.00	605.00	8.18	38.85					
A6	0.35	134.00	50.00	0.91	2.67	0.91	35.67	10.00	0.00	15.00	10.00	35.67	1.00	25.00	1128.00	8.90	33.71					
A7	0.49	155.00	115.00	0.92	0.88	0.92	21.10	5.00	0.00	10.00	5.00	21.10	0.00	12.00	689.00	5.90	30.81					
A8	0.24	1.00	0.00	0.83	1.56	0.83	15.00	15.00	0.00	0.00	15.00	15.00	0.00	0.00	17.00	0.93	17.36					

Tab. 3 Tabella per il calcolo del Rischio Idraulico

### ***3.3 Identificazione livello di pericolosità***

Una corretta pianificazione e gestione del territorio deve sempre prendere in considerazione anche la cosiddetta “opzione zero” o di “non intervento”, il cui principio ispiratore è legato al rapporto tra il rischio che un certo potenziale evento dannoso si verifichi e il costo economico ed ambientale dell'intervento.

Secondo quest'ottica risulta d'obbligo intervenire solo là dove è strettamente necessario.

La scelta di effettuare un intervento, quindi, non può ricadere solo sulla determinazione dei livelli di rischio dell'area campione.

L'informazione così ottenuta, infatti, risulterebbe non appropriata allo scopo in quanto molte delle zone analizzate, pur presentando un elevato livello di rischio, possono avere un livello di pericolosità nullo e di conseguenza la scelta d'intervento risulterebbe ingiustificata.

Da ciò nasce la necessità di effettuare una distinzione tra il concetto di rischio e di pericolo: il primo indica un evento che ha possibilità di causare conseguenze dannose o negative a seguito di circostanze non sempre prevedibili, il secondo indica una circostanza, situazione o complesso di circostanze che sono in grado di provocare un grave danno.

La differenza principale consta nella probabilità che l'evento si realizzi: diventa evidente che è necessario valutare dove tale probabilità diventa certezza e quindi dove l'intervento è prioritario.

Nel capitolo precedente abbiamo determinato i livelli di rischio associati a ciascuna area campione al fine di identificare le aree che potrebbero dar luogo ad una maggiore criticità: ora è necessario determinare le aree campione che sono in grado di mettere in pericolo l'incolumità umana.

A seguito della particolare localizzazione dell'area di studio, posizionata intorno ad un alveo fluviale all'interno dei confini del Parco regionale fluviale dell'Adda Sud, l'incolumità umana è messa maggiormente a repentaglio là dove sono presenti infrastrutture interferenti con il corso d'acqua.

Per questo tipo di valutazione è necessario creare una tabella che correli il livello di rischio delle singole aree con la presenza di eventuali infrastrutture, tenendo conto sia della distanza dalle stesse che della loro struttura.

### ***3.4 Creazione indicatori Pericolosità***

Il primo passo per creare la tabella dei livelli di pericolosità, è la definizione dei soggetti interessati al danno idrodinamico, dovuto al trasporto di tronchi flottanti da parte della corrente di piena.

Gli elementi che subiscono un maggior impatto strutturale durante i fenomeni alluvionali sono tutti i manufatti posizionati all'interno dell'alveo, a contatto con la corrente di piena. Questi manufatti sono stati definiti “infrastrutture interferenti” e possono essere ulteriormente suddivise in due categorie: fisse e mobili.

Con il termine infrastrutture fisse si indicano tutte quelle strutture che sono posizionate all'interno del fiume e fissate al fondo dell'alveo, come i ponti e le opere idrauliche trasversali (soglie e traverse).

Con il termine infrastrutture mobili si intendono tutti i natanti (pontili, chiatte, barche) fissati lungo le rive del tratto fluviale.

Per ciascuno dei soggetti è stata costruita una tabella di indicatori che rappresenta il livello di rischio della struttura in esame in rapporto alle sue caratteristiche ed infine si è proceduto alla creazione di una tabella riassuntiva in cui viene rappresentato il valore della pericolosità delle singole infrastrutture in funzione del livello di rischio delle aree campione.

#### ***3.4.1 Tabella delle infrastrutture fisse***

Le pile dei ponti e le opere idrauliche trasversali sono posizionate all'interno del fiume e subiscono direttamente l'azione delle acque e l'impatto con il materiale solido flottante.

Le opere idrauliche trasversali quali le soglie giacciono sul fondo dell'alveo, al fine di stabilizzarlo, e se sono costituite da manufatti semplici non subiscono nessuna pressione, così come sono ridotte quelle indotte sulle traverse; in genere, le opere idrauliche trasversali non sono in grado di alterare il moto della vegetazione flottante lungo il corso fluviale.

Il problema diventa tangibile quando la struttura della traversa diventa più complessa, in seguito alla costruzione di pile ed edifici che fanno assumere alla traversa un comportamento del tutto assimilabile a quello dei ponti.

Da ciò deriva che nella tabella delle infrastrutture fisse, la prima colonna possa essere occupata indifferentemente dalle sigle rappresentanti ponti e traverse.

Nella nostra area di studio il problema non si è posto perchè l'unica traversa presente, oltre a rappresentare il confine dell'ultima area campione A8, presenta una struttura semplice che non interferisce minimamente con il trasporto di legname durante gli eventi alluvionali.

Nell'area di studio sono stati rilevati sei ponti, di cui uno in costruzione; il primo è localizzato nell'area A3 e collega Cavenago d'Adda e Persia, il secondo e il terzo si trovano nell'area A5 all'inizio del meandro di Gombito e collegano Montodine con Castiglione d'Adda; gli altri sono tutti concentrati nell'area A8, all'interno del restringimento fluviale nei pressi dell'abitato di Pizzighettone. È bene precisare che il nuovo attraversamento della SS 591 a Montodine è un ponte strallato, a campata unica, pertanto ininfluente per le presenti considerazioni, che sono relative all'interazione della struttura con il trasporto di materiale flottante d'origine vegetale.

La trattazione di tale manufatto verrà quindi, nel seguito, volutamente omessa.

La tabella della pericolosità dei ponti è stata costruita in base alle caratteristiche geometriche e fisiche dei manufatti.

In particolare fanno parte delle caratteristiche geometriche dei ponti i seguenti parametri:

- Franco
- Numero delle pile
- Forma delle pile

Per “Franco” si intende la dimensione della luce compresa tra l'intradosso del ponte e il massimo livello raggiunto dalla piena del 2002. È stata scelta come piena di riferimento quella verificatasi nel 2002 per vari motivi: rappresenta un evento alluvionale abbastanza intenso, assimilabile a quello delle piene con tempo di ritorno centenario addirittura prossimo ai duecento anni; è una piena recente, quindi ben monitorata; ed infine i dati del livello massimo di piena sono facilmente reperibili per tutti i ponti in analisi.

La formula applicata per calcolare il “Franco” è:

$$F_r = H_p - H_m$$

$F_r$  rappresenta il “Franco”

$H_p$  rappresenta l'altezza dell'intradosso.

$H_m$  rappresenta l'altezza massima raggiunta dalla piena del 2002.

Queste informazioni non possono essere introdotte direttamente nella tabella, perchè il valore calcolato è una dimensione in metri quindi non confrontabile con gli altri parametri presenti, ed inoltre non tutte le dimensioni delle luci di passaggio sono significative.

È chiaro infatti che oltre certe dimensioni il pericolo legato all'incaglio di tronchi non ha più ragion d'essere, dal momento che non esiste più nessuna ostruzione al loro transito.

Si è così stimato, valutando le dimensioni medie delle piante trasportate dalla corrente, che la dimensione massima del “Franco”, al di sopra della quale il problema non sussiste, corrisponde a 150cm.

Si è stabilito che in caso il franco sia di dimensioni inferiori o uguali a 150 cm, si deve introdurre in tabella il valore due, mentre se la dimensione del franco è maggiore si deve introdurre in tabella il valore uno.

$$F_r \leq 1,5m \text{ allora } 2$$

$$F_r > 1,5m \text{ allora } 1$$

La scelta di questi valori è giustificata dal fatto che, al parametro “Franco”, è stato attribuito un carattere moltiplicativo in quanto questo fattore gioca un ruolo basilare e il suo peso è in grado di far raddoppiare il livello di pericolosità dell'infrastruttura analizzata. Se la piena raggiunge l'intradosso la superficie esposta all'urto dei tronchi ed alla corrente di piena aumenta notevolmente, facendo aumentare di conseguenza il pericolo.

La dimensione della campata e di conseguenza il numero delle pile ( $N_p$ ) è un parametro utile in quanto ci informa riguardo l'attitudine del ponte a trattenere tronchi flottanti. È utile conoscere la

lunghezza del ponte per ottenere un valore relativo anziché un valore assoluto. Usare il numero delle pile in valore assoluto, potrebbe portare ad errori d'interpretazione in quanto ponti con lo stesso numero di pile, ma lunghezze diverse, hanno evidentemente un differente comportamento nei confronti del legname flottante. Quando l'interasse tra le pile è maggiore o uguale a venti metri si riporta in tabella il numero effettivo delle pile presenti, mentre se la distanza è minore di venti metri (dimensione media dei salici, le piante a più alto fusto presenti nei boschi rivieraschi), il numero delle pile viene moltiplicato per un coefficiente pari a 1,5.

La scelta del valore 1,5 deriva dal fatto che in questo caso un singolo tronco potrebbe interessare contemporaneamente due pile aumentando il rischio. In questo modo la struttura presenta un livello di rischio pari a quello che avrebbe un ponte con un numero di pile dato dal prodotto del coefficiente 1,5 per il numero di pile realmente presenti.

Il coefficiente non ha valore 2 come ci si aspetterebbe in quanto i tronchi trascinati dalla corrente, molto raramente discendono il fiume perpendicolarmente all'asse principale del fiume ed inoltre molto difficilmente occupano perfettamente tutto lo spazio a disposizione sotto la luce di un ponte. Più spesso urtano con una estremità o con qualsiasi parte del tronco contro una pila, determinando l'innescò di un movimento rotazionale.

Un altro parametro, utilizzato per stimare lo stato di rischio di un ponte, ha carattere fisico, è definito "Vetustà" e sta ad indicare lo stato di funzionamento di una struttura in base alla sua età di costruzione.

È ovvio infatti che i manufatti più antichi presentano una maggior probabilità di essere soggetti a danni rispetto a strutture più recenti per via dei materiali differenti con cui sono stati costruiti, dell'attività di manutenzione a cui sono stati sottoposti e del livello di usura della struttura stessa.

Il parametro "Vetustà" ( $V$ ) presenta tre categorie:

- ponti storici, realizzati anteriormente al 1900
- ponti recenti realizzati tra il 1900 e il 1980
- ponti nuovi realizzati negli ultimi vent'anni.

Ai "ponti storici" è stato attribuito il valore più alto di rischio, 5, in quanto maggiormente soggetti ad usura.

Ai "ponti recenti" è stato assegnato un valore intermedio, cioè 3.

Ai "ponti nuovi" è stato assegnato il minimo di rischio, cioè 1.

L'altro parametro geometrico è la "Forma delle pile".

La morfologia delle pile gioca un ruolo fondamentale perchè determina e influenza direttamente il moto della corrente alterandolo, andando così ad interagire anche con il trasporto di materiale vegetale flottante.

È ormai noto da tempo che la morfologia migliore delle pile è quella a singolo blocco in quanto divide la corrente che scivola lungo i fianchi lisci senza determinare situazioni critiche. Esistono però un'infinità di altre forme che danno luogo ad un maggior pericolo idrodinamico.

Le forme analizzate in questo modello sono sostanzialmente tre in quanto, nel tratto di fiume considerato, sono presenti tre tipologie differenti di piloni.

È ovvio che il modello deve risultare universalmente applicabile e quindi, nel caso siano presenti nuove morfologie è necessario modificare i valori assegnati a questo parametro.

Il parametro "Forma delle pile" ( $M_p$ ) risulta così articolato:

- singolo corrisponde al valore 1
- multiplo corrisponde al valore 2
- complesso corrisponde al valore 3

Con il termine "Singolo" si intendono i piloni costituiti da un unico blocco, che permettono un miglior defluire delle acque, diminuendo le probabilità d'incaglio dei tronchi.

Il valore minimo attribuito a questa forma trova giustificazione nel fatto che essa partecipa marginalmente alla produzione di una situazione di pericolo per il ponte.

Con il termine "Multiplo" si intendono quei piloni costituiti da più elementi disposti in serie parallelamente alla direzione del fiume.

Questi piloni sono pericolosi perchè a seguito della loro forma si creano dei movimenti turbolenti e vorticosi delle acque che favoriscono l'incaglio del materiale solido flottante all'interno delle pile.

Questo fenomeno, oltre ad essere pericoloso in sé per il sovraccarico e il peso che la vegetazione esercita sui piloni del ponte, risulta ancora più preoccupante perchè i tronchi incastrati fungono da leva amplificando la forza distruttiva della corrente e l'impatto violento di nuova vegetazione.

Questo concetto viene ancora più amplificato nella terza forma, definita "Complesso", costituita da quattro piloni disposti ai vertici di un quadrato, che, a causa della maggior complessità presenta il livello massimo di pericolosità.

Il valore finale di pericolosità delle infrastrutture fisse è rappresentato dall'ultima colonna, data dal prodotto dei valori del "Franco" per i valori rappresentanti la "Forma delle pile", moltiplicati per la somma dei valori degli altri due parametri.

$$RI_f = (V + N_p) * F_r * M_p$$

Come già detto al franco è stato attribuito carattere moltiplicativo in quanto il fatto che il livello di piena abbia la possibilità di raggiungere l'intradosso costituisce un fattore di rischio elevato; per lo stesso motivo è stato dato carattere moltiplicativo alla geometria dei piloni dal momento che la loro forma è in grado di favorire o meno l'accumulo di legname facendo sì che il ponte possa addirittura trasformarsi in una diga subendo sollecitazioni per cui non è stato progettato; il terzo fattore moltiplicativo è dato dalla somma dei valori di "vetustà" e "numero dei piloni". La vetustà è un indicatore, che per ponti soggetti comunque a regolare manutenzione come quelli analizzati, non è in grado da solo di influenzare il livello di rischio del ponte: per questo motivo ha carattere additivo ed è stato sommato all'indicatore base "numero di piloni". È ovvio che se, il numero di piloni è zero, il ponte è a campata unica e non viene preso in considerazione in quanto non interferisce con il normale fluire delle acque.

INFRASTRUTTURA	RISCHIO INFRASTRUTTURE				TOTALE
	FRANCO	VETUSTA'	NUMERO PILONI	FORMA PILONI	
P1	1	3	3	3	18
P2	1	1	3	1	4
P3	1	3	10.5	2	27
P4	1	3	3	1	6
P5	1	3	2	1	5

Tab. 4 Rischio Infrastrutture

Sostituendo in tutti i parametri i valori massimi e minimi si è osservato che gli estremi entro cui può variare il risultato finale sono zero e cento.

Si è così stabilita una scala interpretativa in cui:

60<RISCHIO MASSIMO
40<RISCHIO CRITICO<60
25<RISCHIO ALTO<40
10<RISCHIO MEDIO<25
RISCHIO BASSO<10

### 3.4.2 Tabella delle infrastrutture mobili

Per infrastrutture mobili si intendono tutti i manufatti flottanti presenti lungo le rive del tratto in esame. In particolare questi natanti (barche, pontili e chiatte) presentano molteplici forme e funzioni. Abbiamo introdotto i natanti nel calcolo dei livelli di pericolosità in quanto anche queste strutture sono soggette all'azione delle piene e perciò possono venire a contatto con materiale solido flottante in grado di arrecare danno.

Si è costruita così una tabella in cui i parametri sono:

- forma.
- larghezza.
- posizione.
- ancoraggio.
- pescaggio.

Si è scelto di utilizzare il parametro "Forma" ( $M_n$ ) perchè è indiscutibile che forme differenti interagiscono in maniera diversa con il fenomeno del legname flottante.

È ovvio infatti che cambiando la forma cambia anche la superficie che la struttura oppone al movimento dei tronchi.

Si sono così distinte due categorie:

- natanti a forma rettangolare.
- natanti a forma di barca.

Ai natanti che presentano forma rettangolare è stato assegnato il valore 1.2 che sta a testimoniare la maggiore interazione con la vegetazione flottante, a seguito della maggior superficie di incaglio offerta dalla struttura rettangolare.

Ai natanti che presentano forma di barca è assegnato un valore minore, corrispondente al valore 1. La minima differenza riscontrabile tra le due forme è da imputare al fatto che i natanti sono ancorati in posizioni marginali del fiume dove la minore profondità determina velocità minori della corrente e minore capacità di trascinamento.

I tronchi flottano preferenzialmente nel centro del fiume dove la corrente ha velocità e potenza maggiore, mentre lungo le rive il fenomeno di incaglio di legname è meno verificabile.

Un'ulteriore giustificazione al basso valore di pericolosità legato alla forma dei natanti è dovuto al fatto che tutte le infrastrutture mobili presenti nel fiume sono progettate per avere un pescaggio minimo, in quanto i fondali fluviali spesso non presentano profondità eccessive.

Analogamente al precedente parametro, la "Larghezza" ( $L_n$ ) sta ad indicare la dimensione dell'ostacolo che la vegetazione flottante incontra durante una piena.

Maggiore è la larghezza del natante, maggiori sono le dimensioni dell'ostacolo, maggiore è la probabilità che il livello di rischio si innalzi a seguito della maggior probabilità che i tronchi siano frenati.

Poiché la larghezza è una grandezza in metri, non è direttamente confrontabile con gli altri valori presenti nella tabella, di conseguenza si è pensato di assegnare un coefficiente per ogni metro misurato.

In particolare si è deciso che il valore finale derivasse dall'assegnare un punteggio di 0,5 al metro. Il valore scelto risulta così basso perchè la dimensione dei natanti non è mai così eccessiva da poter interagire seriamente con il movimento dei tronchi flottanti, di conseguenza le strutture presenti sono interessate solo marginalmente dal fenomeno, giustificando, quindi, l'attribuzione di un valore così basso.

La "Posizione" ( $P_n$ ) dei natanti gioca un ruolo di rilievo perchè, in funzione della loro localizzazione lungo la morfologia fluviale, si ha un diverso livello di sollecitazione delle strutture e quindi un differente livello di rischio. È stato attribuito un livello minimo di rischio ai natanti posizionati sulla riva interna di un meandro in quanto questa posizione è la meno critica dal punto di vista idrodinamico. La corrente in curva va ad impattare contro la riva esterna del meandro che risulta

maggiormente sollecitata, ciò giustifica il valore massimo attribuito ai natanti che occupano questa posizione.

Trovate le posizioni estreme osserviamo i casi intermedi: i natanti possono essere posizionati sul tratto finale esterno di un meandro, o altrimenti su un tratto rettilineo.

Nel primo caso i natanti risentono ancora dell'azione della corrente, ma sicuramente in quantità più ridotta rispetto alla posizione di inizio curva. Per i natanti posizionati lungo il rettilineo è previsto un livello di pericolosità intermedio dal momento che la corrente a maggior velocità ha la sua traiettoria preferenziale al centro dell'alveo.

Si sono così classificati:

- posizione interno curva 1
- posizione in rettilineo 1,5
- posizione fondo curva 3,5
- posizione inizio curva 5

Il parametro successivo è l' "Ancoraggio" ( $A_n$ ) e rappresenta le modalità con cui il natante è assicurato alla riva. Questo fattore è considerato un elemento di considerevole importanza in quanto, in base alle modalità di ormeggio, fornisce una misura della resistenza dei natanti alla forza della corrente e all'azione del materiale solido flottante, modificando il livello di rischio associato a ciascun natante.

Per assegnare un valore a questo parametro si è scelto di effettuare un calcolo basato sul fatto che l'ormeggio sia effettuato con catene, cavi o corde. Una formula così strutturata non sarebbe completa in quanto è importante conoscere anche le modalità di ancoraggio a terra.

È importante, quindi, sapere se gli ancoraggi sono o non sono strutturati, dal momento che un ancoraggio effettuato in modalità diverse da luogo ad una resistenza differente agli impatti.

Per sovrapporre queste due informazioni si è pensato di attuare il prodotto tra il valore assegnato al tipo di ormeggio per il valore associato all'ancoraggio a terra.

Gli ormeggi possono essere distinti in tre categorie.

Il valore minore è associato alla catene perché in grado di fissare in modo più sicuro il natante.

I valori risultano progressivamente più alti per i cavi metallici e le corde, in quanto decresce la capacità di resistenza alle sollecitazioni.

I parametri presentano i seguenti valori:

- catene 1
- cavi 1.5
- corde 2

Per il valore dell'ancoraggio a terra è stata necessaria una distinzione tra ancoraggio strutturato e non strutturato, con cui si intende il grado di solidità della struttura presente:

- strutturato 1
- non strutturato 2

Il valore associato ad un ancoraggio non strutturato è ovviamente più elevato perché contribuisce in quantità superiore al livello di pericolosità. È ovvio infatti che un natante, ancorato tramite pali di legno semplicemente infissi nel terreno, presenta un livello di pericolosità doppio rispetto al medesimo natante ancorato a strutture in ferro cementate.

Il risultato finale, rappresentante il livello di pericolosità delle infrastrutture mobili, si calcola tramite il prodotto dei valori associati a ciascun parametro.

$$RI_m = F_n * L_n * P_n * A_n$$

La scelta del prodotto è giustificata dal fatto che questi parametri sono tutti indipendenti l'uno dall'altro e la serie di valori ottenuti è compresa tra zero e cento.

BARCONI	FORMA	LARGHEZZA	POSIZIONE	ANCORAGGIO	PESCAGGIO	RISCHIO INFRASTRUTTURA
B1	1.2	4	2.5	1	0	12
B2	1.2	1	2.5	1	0	3
B3	1.2	1	2.5	1	0	3
B4	1	1	2.5	1	0	2.5
B5	1.2	1	2.5	1	0	3
B6	1.2	1	2.5	1	0	3
B7	1.2	1	2.5	1	0	3

Tab. 5 Rischio Infrastrutture mobili

La chiave di lettura per la presente scala di valori è la stessa utilizzata per la tabella delle infrastrutture fisse e cioè:

60<RISCHIO MASSIMO
40<RISCHIO CRITICO<60
25<RISCHIO ALTO<40
10<RISCHIO MEDIO<25
RISCHIO BASSO<10

In realtà nella tabella è presente un altro parametro definito “Pescaggio”. Un’analisi completa del livello di rischio dei natanti auspicerebbe informazioni precise anche riguardo il pescaggio della struttura. Un natante che presenta basso pescaggio avrà un livello di rischio sicuramente inferiore rispetto al medesimo natante con pescaggio superiore. Questo perché, in base al pescaggio e alla velocità della corrente, varia la probabilità che il materiale solido flottante riesca a scivolare sotto la chiglia procedendo verso valle.

Se la chiglia ha un pescaggio basso e la corrente ha una velocità sufficiente, il natante non risulta più un impedimento al movimento dei tronchi e le sollecitazioni che deve subire sono sicuramente inferiori. Purtroppo in tabella la colonna corrispondente al pescaggio presenta tutti valori nulli a seguito della mancanza di informazioni in tal senso.

### 3.4.3 Tabella del livello di pericolosità delle infrastrutture rispetto alle aree campione

L’ultima tabella realizzata ha lo scopo di individuare il reale valore di pericolosità associato alle infrastrutture, in rapporto al contesto fluviale.

I valori precedentemente ricavati, infatti, descrivono i manufatti come se fossero inseriti in un fiume ideale e come se il rischio fosse legata solo alle caratteristiche intrinseche dell’infrastruttura.

Questo livello di rischio in realtà viene ulteriormente modificato quando le infrastrutture vengono valutate all’interno di un panorama ben più variegato, rappresentato dal naturale andamento del fiume. Per far ciò è stato necessario creare un nuovo indicatore definito “Indice di prossimità”.

La necessità di creare questo nuovo indice è legato al fatto che il livello di pericolosità di una infrastruttura dipende dal livello di rischio delle aree a monte e soprattutto dalla loro distanza.

Due manufatti, a parità di rischio (calcolato con la prima tabella), presentano un livello di pericolosità effettiva, tanto minore quanto più le aree a rischio sono distanti. Questo concetto trova giustificazione nel fatto che maggiore è la distanza delle aree dall’infrastruttura, maggiore è la probabilità che il trasporto di materiale solido flottante da loro generato trovi ostacoli lungo il percorso.

Il materiale vegetale flottante viene trascinato dalla corrente e quindi è completamente soggetto al suo andamento. Se la corrente di piena presenta un brusco cambio di direzione o si dirige verso bassi fondali, i tronchi trasportati ne risentono, trovando un freno al loro normale deflusso.

Per esprimere questo concetto è stata creata la formula :

$$IP = \left( \sum_{x=1}^n RI_x * L_x / (DE_x / DL_x) \right) / (E_i / E_{max})$$

$IP$  = Indice di prossimità.

$\sum_{x=1}^n$  sta a significare che si deve procedere alla somma di tutti i rapporti definiti a partire dall'area in cui è presente l'infrastruttura fino all'estremità di monte.

$RI_x$  = rischio idraulico associato all'area  $x$ .

$L_x$  = lunghezza del tratto di fiume nell'area  $x$ .

$RI_x * L_x$  = rischio idraulico esteso alla lunghezza del fiume nell'area  $x$ .

$DE_x$  = distanza effettiva dell'area  $x$  dall'infrastruttura, data dalla somma della lunghezza dei tratti di fiume di ciascuna area presente a monte del manufatto. Tale somma deve essere calcolata a partire dalla posizione dell'infrastruttura all'interno della prima area fino al limite di monte della zona considerata.

$DL_x$  = distanza lineare del tratto a monte del manufatto, calcolato tracciando una linea retta che congiunge la posizione dell'infrastruttura con l'estremità opposta dell'area campione.

$DE_x / DL_x$  = fattore che da una misura della sinuosità del fiume.

Il fattore  $DE_x / DL_x$  ha sempre una dimensione o uguale o superiore ad uno perchè la distanza reale sarà per forza di cose uguale o maggiore della distanza lineare.

Il rapporto  $DE_x / DL_x$  è posizionato al denominatore della formula precedentemente enunciata, determinando una progressiva diminuzione del rischio idraulico all'aumentare della distanza tra i due termini  $DE_x$  e  $DL_x$ .

Tale riduzione sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la sinuosità del fiume e quindi, quanto più il rapporto  $DE_x / DL_x$  sarà lontano da uno.

Dal punto di vista pratico la sinuosità aumenta gli ostacoli che devono essere superati, frenando il trasporto di tronchi verso valle. Quando, per esempio, la corrente opera un salto di meandro, il materiale trasportato viene frenato dalla diminuzione della profondità, dalla minore velocità della corrente sul piano campagna e dalla presenza di una superficie articolata e complessa in grado di trattenere come un filtro il materiale trasportato dalla piena.

$E_i$  = somma della lunghezza delle aree che interagiscono con l'infrastruttura in esame.

$E_{max}$  = estensione del tratto di fiume di lunghezza maggiore che interagisce con una delle infrastrutture oggetto di studio ( $E_i$  di dimensioni maggiori)

$E_i / E_{max}$  = rapporto di correlazione tra le varie estensioni dei tratti di fiume considerati.

Il nostro studio non prende in esame solo i ponti di Pizzighettone, equidistanti dalle aree di rischio idrologico, ma valuta altri due ponti, a monte dei quali le aree hanno estensione decisamente minore. Si è notato che nonostante i livelli di rischio associati sia alle aree sia alle infrastrutture, la presenza di un territorio ridotto a monte dei ponti di Persia e Montodine era sufficiente per determinare una pericolosità simile o addirittura inferiore a quella relativa alle banchine di Pizzighettone. Per ovviare a questo inconveniente si è ricorsi ad un fattore di correzione dato dal rapporto tra l'estensione dell'area a monte della infrastruttura in esame e l'estensione massima interagente con una infrastruttura oggetto di studio. Il valore di questo fattore è compreso tra 1 e 0 e, posto al divisore, aumenta l'indice di prossimità e la pericolosità delle infrastrutture con aree meno estese. In un studio in cui sono considerate in toto le aree che interagiscono con tutte le strutture questo fattore di correzione risulta superfluo.

Il livello di pericolosità associato alle infrastrutture, ottenuto moltiplicando il valore del rischio intrinseco per l'indice di prossimità, da luogo a valori molto alti dal punto di vista numerico.

Non si tratta di valori assoluti, ma semplicemente servono ad evidenziare una sorta di "classifica delle infrastrutture", mettendo in luce quali sono quelle più in pericolo.

	RISCHIO INFRASTRUTTURA	INDICE DI PROSSIMITA'	LIVELLO DI PERICOLOSITÀ
P1	18.00	939.14	169.05
P2	4.00	921.14	36.85
P3	27.00	1002.75	270.74
P4	6.00	1002.75	60.17
P5	5.00	1002.75	50.14
B1	12.00	1002.75	120.33
B2	3.00	1002.75	30.08
B3	3.00	1002.75	30.08
B4	2.50	1002.75	25.07
B5	3.00	1002.75	30.08
B6	3.00	1002.75	30.08
B7	3.00	1002.75	30.08

Tab. 6 Livello di pericolosità riferito alle infrastrutture

I valori di rischio idraulico relativi alle aree, incrociati con i valori di rischio associati alle infrastrutture, seguendo le indicazioni fornite dalla classifica di pericolosità, ci indicano dove sia necessario intervenire, sia a livello di aree, sia di infrastrutture.

#### 3.4.4 Risultati

Il livello di pericolosità più alto in assoluto è stato assegnato alla passerella pedonale di Pizzighettone, mentre il ponte che la segue immediatamente dopo ha un livello di pericolosità intermedio. Questo ci suggerisce di prestare attenzione alla tabella del rischio correlato alle infrastrutture, che infatti mostra come la passerella contenga nella sua struttura il fattore di rischio principale. Il livello di rischio dei due ponti successivi alla passerella, risulta essere “medio”, indicando che le aree a monte più vicine possono presentare dei problemi. Se osserviamo la tabella del rischio idraulico notiamo come le aree da A3 ad A7 presentino un rischio alto, in un caso addirittura critico.

Il ponte di Persia presenta anch'esso un livello molto elevato di pericolosità nonostante il territorio a monte preso in esame non sia molto esteso. Questo risultato può avere due significati: la presenza di un'area molto vicina con elevato rischio idraulico e rischio dell'infrastruttura da non sottovalutare. Nel nostro caso sono vere entrambe le ipotesi in quanto il rischio associato al ponte è medio, ma soprattutto l'area A3, dove si trova il ponte, ha un rischio idraulico critico.

Un altro valore di pericolosità molto elevato è quello associato all'infrastruttura mobile B1, collocata all'inizio del rettilineo di Pizzighettone. Le ipotesi che sorgono sono simili a quelle già formulate per la passerella pedonale. Le infrastrutture mobili presentano una certa omogeneità di valori medio bassi, come il ponte di Montodine, indicando che queste infrastrutture presentano un livello di rischio molto basso e sono in grado di reggere anche piene di portata notevole.

Le priorità che emergono da questa analisi sono la passerella di Pizzighettone e il ponte di Persia per quanto riguarda il rischio legato alle infrastrutture e l'area A3 per quanto riguarda il rischio idraulico.

È stata realizzata una ulteriore tabella di pericolosità, riferita però stavolta alle aree e non alle infrastrutture: sommando i singoli contributi, è stato valutato quale fosse la pericolosità delle aree in funzione delle infrastrutture poste a valle. Il risultato ottenuto, mostrato in tabella 33, sottolinea come la distanza dalle infrastrutture sia determinante nella stima della pericolosità, tant'è che abbiamo un gradiente di valori in funzione di ciò.

Un ulteriore utilizzo di questo strumento, viene dalla possibilità di osservare come varino i livelli di pericolosità in funzione di eventuali modificazioni dei livelli di rischio. Questa analisi permette di valutare in modo strategico e preventivo l'efficacia di eventuali interventi gestionali.

AREA	INDICATORE DI PERICOLO
A1	80.07
A2	40.87
A3	96.75
A4	115.21
A5	110.97
A6	119.34
A7	166.71
A8	10.55

Tab. 7 Pericolosità riferita alle aree

## **CAPITOLO IV**

### ***4.1 Premessa***

Il modello proposto ha lo scopo, una volta definito il problema, di identificare le aree caratterizzate da una maggiore vulnerabilità idraulica, e assegnare loro un livello di pericolosità.

Lo studio però non risulterebbe costruttivo se non facesse parte della metodologia d'interpretazione del territorio anche la valutazione dello stato attuale, al fine di trovare le soluzioni meglio applicabili in funzione delle peculiarità dell'area di studio.

Una simile scelta può essere effettuata solo dopo un'analisi accurata dell'area campione, ponendo particolare attenzione alle implicazioni derivanti dalle nostre valutazioni.

Il primo passo è verificare se vi sia corrispondenza tra il livello di pericolosità e una eventuale scelta d'intervento, perchè, se così non fosse, qualsiasi intervento sull'area considerata risulterebbe inutile, dispendioso, e incoerente con il concetto di riduzione dell'impatto ambientale.

Quanto detto acquista una validità ancora maggiore se l'area oggetto di studio è un'area protetta.

La scelta di valori soglia apparentemente bassi, trova giustificazione nel fatto che il calcolo della pericolosità si basa sulla presenza di infrastrutture, il cui coinvolgimento nel fenomeno alluvionale mette in pericolo direttamente l'incolumità umana.

Nel caso in cui la salvaguardia dell'incolumità umana non sia garantita, risulta necessario intervenire, anche là dove il livello di pericolosità appare numericamente basso.

Valutato il livello di pericolosità relativo all'infrastruttura considerata, consultando la tabella del rischio idraulico individuo le aree che maggiormente incidono e accertata la necessità d'intervento scelgo quale metodologia applicare.

Le tecniche d'intervento devono essere attuate in conformità delle peculiarità dell'area considerata e quindi in base alle esigenze del territorio e della sua destinazione d'uso.

L'area campione oggetto del nostro studio è il tratto del fiume Adda, compreso tra Lodi e Pizzighettone, all'interno dei confini del Parco Fluviale dell'Adda Sud Il vincolo di area protetta introduce ulteriori limitazioni all'attività d'intervento. È necessario ricordare che il corso d'acqua è un elemento del territorio caratterizzato da un'estrema fragilità. Il fiume, infatti, è un sistema in cui l'acqua, l'alveo, le sponde e le rive danno luogo ad un habitat molto variegato.

Si tratta, quindi, di un ecosistema caratterizzato da un'infinità di interazioni tra ambiente ed esseri viventi, al punto che modificare una sola delle componenti biotiche o abiotiche, può provocare un'alterazione totale degli equilibri.

Il crescente degrado ambientale ha determinato una serie di riflessioni sulle conseguenze negative del processo di riduzione ed alterazione degli ambienti naturali.

Il degrado ambientale porta inevitabilmente ad una crisi dell'intero sistema ecologico nel quale, in definitiva, l'uomo stesso vive.

Si è evoluta, di conseguenza, la filosofia d'azione volta a recuperare ambienti naturali rari o degradati ed a ricrearne di nuovi: sono stati coniati termini quali "rinaturalizzazione" e "ingegneria naturalistica", per indicare l'impostazione di fondo e le tecniche da adottare in tali interventi.

Per “rinaturalizzazione” si intendono tutti gli interventi umani volti alla ricostituzione ex-novo o al restauro di ambienti naturali divenuti ormai rari.

In particolare, molti ecosistemi fluviali, attualmente versano in condizioni di preoccupante degrado, sia come livello di qualità delle acque (inquinamento urbano, industriale, agricolo), sia come livello di regimazione idraulica (rettificazione, difese spondali, briglie..), sia come quantità del deflusso idrico: periodi di magra “artificiale” legate ai prelievi ed alle derivazioni.

Il concetto di rinaturalizzazione conduce ad un approccio moderno della gestione territoriale, in quanto indica chiaramente che, oltre agli aspetti sociali, economici e tecnici, devono essere tenuti in considerazione anche quelli ambientali, in particolare nella fase progettuale degli interventi.

In conclusione si può affermare che una più efficace tutela degli ultimi ambiti naturali risulta fondamentale e prioritaria al fine di ristabilire gli equilibri ecologici.

La rinaturalizzazione consente sia di accelerare quei processi naturali di recupero delle aree degradate altrimenti troppo lenti, sia di ottenere un equilibrio naturale più stabile.

Tale tecnica d'intervento è applicabile a molteplici situazioni quali:

- recupero di ex-cave, al fine di ottenere zone umide, aree lacustri, boschi, ecc..;
- recupero di vecchi tratti fluviali, meandri, lanche, golene fluviali, spesso coltivate a pioppeto “industriale”;
- creazione ex-novo di aree naturali in pianura: boschi, zone umide, casse d'espansione, ecc..

Le tecniche d'intervento possono essere molto diverse tra loro, ma spesso sono riconducibili all'ingegneria naturalistica.

Il termine “Ingegneria Naturalistica” si riferisce all'insieme di tecniche che, praticate per ridurre il rischio di erosione del terreno negli interventi di consolidamento, prevedono l'utilizzo di piante vive o parti di esse (semi, radici, talee), da sole o in combinazione con materiali naturali inerti (legno, pietrame o terreno), materiali artificiali biodegradabili (biostuoie, geojuta) o materiali artificiali non biodegradabili (reti zincate, geogriglie, georeti, geotessili).

In Italia di I.N. (Ingegneria Naturalistica) si cominciò a parlare intorno alla fine dell'800, quando iniziarono a diffondersi in Europa le tecniche di gestione (manutenzione) forestale. Furono soprattutto i tempi brevi di realizzazione e la relativa economicità (ad esempio l'uso di materiali naturali reperibili direttamente sul luogo di intervento) che ne garantirono il successo e la rapida diffusione anche in altri ambiti applicativi. È importante evidenziare come ogni opera di I.N., proprio perché realizzata con materiali naturali, necessita di controlli e manutenzione periodica (sfalcio della copertura erbosa, potatura delle piante arboree): queste operazioni comportano un automatico incremento dei costi. La presenza di vegetazione in alveo o più frequentemente lungo le sponde, interagisce con il movimento dell'acqua all'interno delle sezioni e con i processi di erosione e di instabilità delle sponde. Queste interazioni, come abbiamo avuto modo di constatare, hanno diverse conseguenze sia positive che negative.

In generale, la presenza di vegetazione aumenta la scabrezza nella sezione con varie conseguenze: riduzione della velocità dell'acqua, aumento dei tiranti idrici e riduzione della portata massima che la sezione è in grado di convogliare. La vegetazione da luogo, inoltre, ad una coesione aggiuntiva dovuta alla presenza delle radici. Dal punto di vista meccanico, il comportamento di un suolo radicato è analogo a quello di un materiale composito, costituito da una matrice plastica in cui sono inserite fibre elastiche dotate di resistenza alla trazione sufficientemente elevata.

Quando il terreno viene sottoposto a tensioni di taglio, attraverso la tensione tangenziale che si sviluppa tra le particelle di terreno e la superficie esterna delle radici, viene mobilizzata una resistenza addizionale dovuta allo sviluppo di forze di trazione all'interno delle radici stesse ed il suolo nel suo complesso acquisisce una maggiore resistenza.

Bisogna però ricordare che nella valutazione dell'interazione tra vegetazione e deflusso, si ha una mutua interazione tra corrente e vegetazione.

In relazione al grado di sommersione e delle tensioni esercitate dalla corrente infatti, le piante possono assumere un comportamento differente in funzione delle loro caratteristiche elastiche, esercitando quindi una resistenza differente.

In particolare si può distinguere la vegetazione erbacea che presenta altezza limitata ed elasticità elevata, vegetazione arbustiva con altezze ed elasticità significative ed infine la vegetazione arborea con altezze elevate ed elasticità limitata. Sia gli interventi di ripristino vegetazionale, sia le opere di

sistemazione in genere presentano come attività conclusiva l'introduzione di vegetazione al fine di innescare una duratura e dinamica colonizzazione della vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea, che potrà evolvere verso associazioni vegetali stabili. È necessario però ricordare che in qualsiasi intervento sia introdotta la vegetazione, l'effetto che si può riscontrare può essere significativamente influenzato dalle pratiche di gestione silvicolturale. La gestione della componente vegetale è di fondamentale importanza in quanto può portare ad una considerevole diminuzione degli schianti di grosse piante e dell'erosione dei boschi ripariali. Se da una parte, infatti, diversi studi hanno dimostrato che una asportazione completa della vegetazione porta ad un aumento del rischio di franamento nei primi dieci anni seguenti la rimozione, dall'altra è anche vero che, dopo una diminuzione della coesione del terreno a causa del deterioramento delle radici a seguito del taglio, si ha la crescita di vegetazione appartenente al sottobosco, nonché il rinnovamento della componente arborea. Negli ultimi anni, in Italia, si è registrata una maggiore sensibilità nei confronti dell'ambiente in generale ed in particolar modo della tutela del paesaggio, con un conseguente incremento nella diffusione delle tecniche di I.N.

Le tecniche di I.N. vengono applicate in diverse tipologie di ambiente:

- corsi d'acqua: consolidamento di sponde soggette ad erosione, rinaturalizzazione; costruzione di briglie e pennelli; creazione di rampe di risalita per l'ittiofauna;
- zone umide: realizzazione di ambienti idonei alla sosta e alla riproduzione degli animali;
- coste marine e lacustri: consolidamento dei litorali soggetti ad erosione e assestamento delle dune sabbiose;
- versanti: consolidamento e inerbimento dei versanti;
- infrastrutture viarie e ferroviarie: costruzione, inerbimento e rinverdimento di scarpate e svincoli; realizzazione di barriere antirumore;
- cave: recupero ambientale di cave estrattive abbandonate;
- discariche: inerbimento e rinverdimento dei rilevati

L'impiego delle tecniche di I.N. presenta numerosi vantaggi:

- funzionali. Le piante svolgono un'elevata funzione antierosiva, riducono la forza battente delle piogge, con le radici trattengono le particelle di terreno impedendo un loro dilavamento e aumentano la resistenza al taglio dei terreni;
- ecologici. Gli interventi di I.N. presentano una elevata compatibilità ambientale ed una discreta biodiversità, creano habitat paraturali per la fauna (luoghi di alimentazione, riproduzione, rifugio) e consentono un ridotto impatto ambientale nella fase di cantiere (ad es. con l'utilizzo dei 'ragni', particolari mezzi per lo scavo, molto agili e di ridotte dimensioni, è possibile limitare al minimo le piste di accesso al cantiere);
- economici. I costi di realizzazione sono concorrenziali rispetto alle analoghe opere di ingegneria classica ed i costi per il ripristino ambientale del cantiere sono ridotti.
- Per un pieno successo degli interventi realizzati con tecniche di I.N. occorre effettuare un'analisi di diversi parametri e fattori condizionanti:
- geomorfologici. Le tecniche di I.N. possono essere impiegate per la sistemazione di versanti con dissesti superficiali (scivolamenti corticali);
- funzionali. L'efficacia delle tecniche di I.N. non è sempre immediata e vi è un aumento della stessa nel tempo grazie allo sviluppo delle piante. Per esempio, quando l'obiettivo è la riduzione immediata del rischio geologico-idraulico per centri abitati e infrastrutture lineari, occorre effettuare un'attenta valutazione delle scelte progettuali;
- tecnici e costruttivi. Generalmente le opere di I.N. sono di ridotte dimensioni (ad es. le palificate doppie, che nel consolidamento dei versanti svolgono una funzione assimilabile ai muri a gravità, possono raggiungere al massimo i 3 metri di altezza. Per quanto riguarda gli interventi in ambito fluviale, alcune tipologie di difese spondali, come ad esempio la copertura diffusa, presentano vari limiti di applicabilità legati alla pendenza dell'alveo, alla velocità delle acque e al trasporto solido);
- climatici. L'elevata variabilità dei caratteri climatici (regime pluviometrico e termometrico) del territorio italiano condiziona le scelte delle specie vegetali da impiegarsi nell'I.N. (ad es. lo stress idrico estivo);

- esecutivi. Il periodo di realizzazione delle opere di I.N. è limitato al periodo di riposo vegetativo delle specie vegetali utilizzate; talvolta vi possono essere delle difficoltà nel reperimento delle specie vegetali autoctone necessarie per l'intervento (ad es. miscugli non commerciali di specie erbacee per l'idrosemina).

Da ciò risulta evidente che a monte di una qualsiasi scelta di intervento sul territorio debba essere verificata a livello interdisciplinare, l'effettiva necessità dell'opera in sé. Infine bisogna riconoscere il ruolo vincente dell'I.N. che non ha come scopo quello di abbattere le costruzioni ingegneristiche tradizionali, ma quello di vitalizzare il nostro paesaggio, già costruito, al fine di ottenere un miglior inserimento nel paesaggio di certe opere ritenute necessarie in una logica di sviluppo compatibile, mitigando così il loro impatto sia a livello estetico- paesaggistico che naturalistico.

#### 4.2 Conclusioni

Il territorio posto nell'intorno dei fiumi, dei laghi, del mare ed in generale delle acque, è oggetto di molteplici attenzioni ed interessi, non sempre reciprocamente compatibili, diventando così luoghi nei quali si elaborano strumenti programmatori e di pianificazione e si realizzano interventi che sembrano definire direzioni e finalità avulse da un unico carattere di coordinamento.

Poiché l'interazione tra le attività dell'uomo e l'acqua agisce in ambiti quantomai ristretti e di elevata "reattività", avviene così che il confronto tra i soggetti, ai quali sono attribuiti responsabilità e compiti differenti, può diventare aspro, di fronte al verificarsi di situazioni od eventi certo non positivi. L'asprezza del confronto è proporzionale alla gravità dell'evento: quando si verificano, nei corsi d'acqua naturali, eventi di piena eccezionale, spesso il dibattito assume il carattere di incontrollabilità. Come ho accennato in premessa, il comportamento di un fiume durante le piene, essendo di fatto il colatore di un bacino idrografico spesso di grandissima estensione, non è un fenomeno "governabile" mentre si verifica, e pertanto assume assoluta rilevanza il realizzare un sempre miglior processo di prevenzione, per trovare il modo di evitare quei fenomeni che esaltano la potenza delle onde di piena. "Processo di prevenzione" che vuol significare "coordinamento e compatibilità delle attività e delle scelte territoriali nelle aree sensibili".

Questo lavoro ha esaminato un fenomeno che sempre balza evidente durante le intumescenze, soprattutto fluviali e torrentizie: il trasporto del materiale flottante.

In massima parte costituito da vegetazione d'alto fusto che si schianta nella corrente, questa massa può raggiungere dimensioni notevoli e creare situazioni di pericolo gravissimo, e quindi non può non essere ritenuta interessante la definizione di una metodologia di studio territoriale e classificazione delle aree perfluviali dal punto di vista della loro potenziale capacità di concorrere al fenomeno della "produzione" del trasporto solido durante gli eventi di piena. Ammassi di legname, "gore", possono essere anche depositati dalla corrente nei luoghi più disparati e meno opportuni, pronti per essere nuovamente prelevati e trasportati a valle durante la piena successiva. (fig. 7)



Fig.7 Gora prodotta dal fiume Po durante la piena del 2002

La valutazione, condotta in un'area campione che abbraccia il fiume Adda da Lodi a Pizzighettone (CR) (circa cinquanta chilometri), ha permesso di elaborare degli indicatori che contemplano tutti i fattori concorrenti, li valuta secondo "pesi" differenti e consente di individuare aree omogenee che vengono così caratterizzate dal questo punto di vista.

L'elaborazione del metodo è partita, quindi, valutando le esperienze esistenti in letteratura, dalle quali emerge sostanzialmente la presenza di una impostazione limitata allo studio di singoli fenomeni fisici legati alla "produzione" ed al movimento del materiale flottante nella corrente (studi sulla stabilità

della vegetazione, sul fenomeno dell'erosione e della sedimentazione, sul comportamento dinamico del materiale galleggiante, ecc. ) ma non alla ricerca di una classificazione preventiva delle aree perifluviali.

Ho rilevato pertanto tutte le informazioni disponibili nell'area campione, completandole con la costruzione di analisi cartografiche derivate e, laddove necessario e possibile, effettuando visite in loco.

Ho poi considerato tutti i fattori e le caratteristiche che possono influire sul fenomeno del trasporto solido durante le piene e quindi anche dei fenomeni erosivi, caratterizzando così le aree secondo un indice di rischio numerico.

Questa classificazione, però, non è sembrata sufficiente, perché il comportamento delle aree perifluviali diventa oggetto di interesse soltanto se si attiva quella reazione "a catena" a causa degli ostacoli che si frappongono nella corrente. È infatti verificato che in alcune zone del mondo, come ho constatato avvenire in Australia, lo schianto ed il trasporto di grandi alberi durante le piene è visto con favore, poiché essi, una volta arenatisi nell'alveo all'esaurirsi dell'intumescenza, possono costituire una sorta di traversa naturale che concorre a stabilizzare il fondo ed "attenua" l'impeto della prima fase della propagazione dell'onda di piena.

Non è certo il caso dei nostri fiumi italiani che sono caratterizzati dalla frequente presenza di infrastrutture fisse nell'alveo (significativamente ponti ed opere di regolazione) contro le quali la vegetazione si può accumulare con determinazione di rischi elevati. Ho anche rivolto l'attenzione alla presenza, nel tratto di fiume considerato, delle infrastrutture "mobili" costituite da tutti quei natanti ormeggiati alle rive, di differenti dimensioni, forme ed utilizzo, che possono costituire, a loro volta, punti di accumulo del materiale flottante, e materiale flottante stesso, se strappati dal loro ancoraggio anche per effetto del materiale che contro essi si incaglia, creando situazioni di ancor più elevato pericolo. Alcuni di questi natanti possono raggiungere pesi di migliaia di tonnellate (come, ad esempio, le chiatte dei "geraioli"), costituendo così una massa mobile di elevata capacità "demolitrice".

La classificazione delle aree, in quanto tali, è stata quindi seguita dalla classificazione delle infrastrutture, fisse e mobili, ed alla fine si sono incrociate le informazioni ottenute.

Così, l'area campione è stata classificata secondo un indice che tiene conto delle caratteristiche geo – idro – morfologiche dei luoghi e geometrico – strutturali delle infrastrutture presenti, o meglio: riferisce la particolarità di ogni infrastruttura in alveo (fissa o mobile che sia) in rapporto al livello di rischio del territorio ideologicamente posto a monte di essa.

Nessun metodo di classificazione è completo se di esso non si dimostra l'utilità pratica.

Nel mio caso, molte sono le indicazioni che si possono trarre, prima fra tutte l'individuazione delle informazioni e dei dati necessari per condurre la classificazione, mediante il criterio elaborato, delle zone soggette, o destinate, all'allagamento "in corrente" e non, durante le intumescenze fluviali. Questi dati, indagini e conoscenze territoriali debbono essere oggetto di attenzione da parte di tutti i soggetti che in queste zone "hanno competenze territoriali"; a questo proposito, la molteplicità degli enti e delle competenze che incidono in questo spazio dovrebbe portare ad individuare, per ciascuno, un compito ben definito nel "produrre" i dati necessari, evitando le sovrapposizioni e le lacune, ottimizzando le risorse che, tra l'altro, sono quasi esclusivamente pubbliche. Mi posso riferire, ad esempio, al censimento delle aree boscate che, nonostante la folta presenza di soggetti nell'area campione, non è completa né sempre utile al mio scopo perché alcuni dei dati rilevati sono troppo generici. Coordinamento e sinergia sono termini abusati ma poco applicati: il risparmio del pubblico denaro che da essi potrebbe derivare è potrebbe costituire un "incentivo" efficace?

La definizione degli indici di rischio consente anche alcune applicazioni gestionali immediatamente "operative":

- definire la scala di priorità nell'individuazione delle aree ove è necessario indirizzare le risorse pubbliche destinate alla stabilizzazione di sponde ed alveo;
- individuare le zone a maggior "pressione" dove le tecniche di Ingegneria Naturalistica sono da ritenersi "a rischio" e, al contrario, le aree dove queste sono da preferirsi;
- definire le parti dell'alveo di piena dove è consigliabile "governare" con un elevato grado di efficacia la vegetazione d'alto fusto, anche a prezzo di una minore "naturalità", perché il rischio è elevato (anche, magari, in via temporanea), e quelle dove, invece, il minimo contributo al

fenomeno qui analizzato può consentire “l’abbandono” ad uno sviluppo completamente naturale o meno “condizionato”;

- “segnare” le strutture fisse a maggior rischio e tutti i punti dove si deve concentrare sono solo la vigilanza (che, come ho già affermato, è quasi inutile durante le piene) ma anche l’attività di “ripulitura” dopo la piena, ad evitare, come purtroppo a volte ancor oggi avviene, il “prodotto” di una intumescenza sia ancora in alveo, e magari in zone critiche, all’arrivo della successiva;
- individuare le infrastrutture mobili a rischio elevato ed, invece, le zone dove un nuovo posizionamento potrebbe ridurre tale rischio.

Quest’ultima indicazione è forse quella che sorprendentemente ho trovato con scarsa frequenza, anche in letteratura (o meglio: non ho trovato), pur costituendo un fatto di potenziale gravità; lo sganciamento di un natante (pontile o imbarcazione che sia), associato alla corrente di un fiume in piena, può essere considerato forse il maggior pericolo in assoluto, essendo caratterizzato da un carico inerziale insopportabile per molte infrastrutture fisse. Nel 1976 una chiatta per cavare la sabbia nel fiume Po andò a cozzare contro una delle mastodontiche pile del ponte stradale/ferroviario di Cremona, lesionandola al punto da dover procedere poi a costosissimi lavori di rinforzo, oggi ancora visibili nell’evidente fasciatura della pila stessa.

L’attenzione che ho dedicato a questo mio lavoro è stata anche stimolata, anche durante il “cammino”, dal verificare molte cose che “non vanno” nella gestione dei corsi d’acqua, sulla quale, soprattutto dopo la piena ed a volte, purtroppo, dopo il disastro, trova una molteplicità di enti e soggetti essere, con grande animosità, d’accordo nel dire che “si deve provvedere”.

“Passata” la piena e curate le ferite materiali alle cose e, fin quando possibile, alle persone (con soldi pubblici), piano piano l’animosità si affievolisce fino alla prossima piena?

## **BIBLIOGRAFIA**

- Lino C., 1981, *Idrografia e idrologia del Po*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Padovani L., et al. 1995, *Progetto per la definizione delle acque sorgive, fluenti e sotterranee necessarie alla conservazione degli ecosistemi nel Parco Adda Sud*, Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale, Facoltà di Agraria di Piacenza, Università Cattolica del Sacro Cuore-Milano.
- Rossetti S., et al., 1995, *Piano di settore "Fiume e Fasce fluviali. Parco dell'Adda Sud"*.
- Regione Emilia-Romagna, Assessorato all'Ambiente, Regione Veneto Assessorato Agricoltura e Foreste, *Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica*, Centro di formazione professionale "O. Malaguti".
- Bischetti G.B., *Il ruolo della vegetazione nella stabilità dei versanti* Quaderni della scuola d'Ingegneria Naturalistica I, Scuola Regionale di Ingegneria Naturalistica Centro Regionale per la flora Autoctona.
- Bernini F., *Operatore nei cantieri di Ingegneria Naturalistica*, Quaderni di Ingegneria Naturalistica II. Scuola di Ingegneria Naturalistica, Centro Regionale per la flora autoctona.
- Anselmi N., Giorcelli A.. «Gravi deperimenti del pioppo nell'Italia settentrionale», estratto dagli Atti del Convegno sulle avversità del Bosco e delle specie arboree da legno, Firenze, 15-16 ottobre 1987.
- Benini G., et al., 1979, *Influenza dei pioppeti e di altri tipi di vegetazione sul deflusso delle acque nelle golene del medio Po*, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Roma, Collana Verde 50.
- Bianchini C., Quinzi L., 1999, «Toscana, Lazio e Marche inaugurano una nuova generazione di leggi. Cambia marcia la difesa del suolo. Stop alla frammentazione dei bacini. Con il decentramento le Regioni cercano assetti territoriali e gestionali più efficienti», *Il sole 24 ore*, Edilizia e Territorio, n 34.
- Chiarabaglio P.M., et al., 1987, «Vegetazione arborea ripariale ed erosione idrica di sponda», Istituto di sperimentazione per la pioppicoltura. Università di Torino-DEIAFA, sezione Idraulica e Pedologia.
- Braudrick C.A., Grant G.E., 2001, «Transport and deposition of large woody debris in streams: a flume experiment», *Geomorphology* 41, pp. 263-283.
- Hershey F., et al., 1994, «Forestry Strategies to Protect Floodplain Agricultural Systems», *Flooding and its effects on trees*.
- Sotir R.B., Robbin B. Sotir & Associates «Criteria for woody vegetation placement in streambank protection»
- Gregory, et al., 2001, «Why riparian setbacks?», Chagrin River Watershed Partners, Inc..
- Cooper D.J., et al, 2003, «Multiple pathways for woody plants establishment on floodplains at local to regional scales», *Journal of Ecology*, 91, pp. 182-196.

- Järvelä J., 2004, «Determination of flow resistance caused by non-submerged woody vegetation» Intl. J. River Basin Management vol 2 n.1, pp. 1-10
- Preti F., *Criteri per le sistemazioni idrauliche con tecniche di Ingegneria Naturalistica.*