

VALURI

sviluppo di un approccio/metodologia di VALUtazione integrata a supporto della definizione di assetto idraulico-morfologico efficiente, sostenibile e ambientalmente compatibile di un corso d'acqua per fronteggiare il RISchio idraulico



Fig. 1. Vivere con l'acqua alla gola: il rio Piantonetto a Rosone, frazione di Locana, Valle Orco (TO), 14 ottobre 2000. (TROPEANO e TURCONI, 2001, in NIMBUS, estratto dal "Manuale CIRF", 2006)

CIRF, dalla sua fondazione, ha promosso l'idea che "fiumi in stato più naturale" sono desiderabili non solo per ragioni ambientali, ma anche per ragioni economiche, anche quando è in gioco il rischio idraulico.

Dimostrare questa affermazione è tutt'altro che facile. Ma è altrettanto essenziale, perché ancora oggi i fiumi vengono pesantemente artificializzati al fine di raggiungere il sogno di un "territorio sicuro", sicuro da inondazioni e dissesto idrogeologico.

Il progetto mira a definire una metodologia generale di valutazione di cui alla sezione "obiettivi" qui sotto, con uno spettro di opzioni di approfondimento che permettono di adattarsi a diversi casi.

Il caso studio sul fiume Chiese (Prov Brescia e Mantova) è pensato per vagliare in diversi modi possibili la metodologia.

Obiettivo generale

contribuire affinché l'Italia, e i Paesi del medesimo ambito mediterraneo, dispongano di uno strumento applicabile per fronteggiare e ridurre il rischio idraulico attraverso una pianificazione territoriale più efficiente e sostenibile, anche eventualmente prevedendo cambiamenti significativi nell'assetto del territorio e nell'Uso del suolo. Insomma, vagliare la tesi CIRF che "riqualificare in grande conviene, anche economicamente" e che il paradigma del "mettere in sicurezza" non è né efficace né desiderabile.

Obiettivi specifici

- Mettere a punto una metodologia di valutazione ex-ante di alternative di assetto idraulico-morfologico, che sia condivisa tra i partners, che valorizzi al massimo il lavoro svolto e le conclusioni raggiunte attraverso la definizione del Piano di Assetto Idrogeologico, che sia idonea all'ambito geografico-mediterraneo e in grado di soddisfare le motivazioni addotte
- eseguirne una sperimentazione per il caso di un fiume, localizzato nell'area geografica lombarda, significativo per dimensione del bacino (non troppo grande, ma sufficiente a vedere la necessità/opportunità della logica a scala di bacino), per problematiche presenti (zone a rischio di esondazione di carattere non unicamente urbano, presenza di opere di cui è sensato ripensare l'assetto e l'eventuale smantellamento) e per disponibilità di dati e di strumenti modellistici applicabili. Il caso scelto su indicazione dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in base a questi criteri è il fiume Chiese sub-lacuale (anche in funzione di un'integrazione dell'informazione prodotta da altri soggetti per la zona più montana)

- fornire indicazioni utili a sviluppare un approccio modulare di bacino nella definizione delle misure di riduzione del rischio idraulico (che sia cioè applicabile a scale diverse in modo coordinato) e, in un secondo tempo, a valutare se e in che misura sia vera la tesi che una gestione più naturale dei corsi d'acqua è conveniente anche dal punto di vista economico

Squadra di lavoro

- CIRF: Andrea NARDINI (ing. idraulico) coordinatore del progetto, partecipa come esperto in materia di approcci e strumenti di supporto alle decisioni, valutazione integrata, modellistica ambientale e riqualificazione fluviale. Andrea GOLTARA (ing. ambientale), partecipa come esperto in materia di riqualificazione fluviale ed analisi storica. Simone BIZZI (ing. ambientale): partecipa come esperto in analisi di dati, modellistica ambientale e riqualificazione fluviale. Lislie ZUÑIGA (ing. ambientale): partecipa come esperto in elaborazioni di dati territoriali geografici (GIS) e riqualificazione fluviale. Sara PAVAN (ing. idraulico): partecipa come specialista in materia di modellistica idraulica e stagista in riqualificazione fluviale; Francesco TIZIANI (ing. idraulico): partecipa come assistente per la raccolta dati, stagista in riqualificazione fluviale. Collaborano inoltre: Marco Monaci (ingegnere ambientale), Bruno Boz (biologo), Rocco Lafratta (geologo), Giancarlo Gusmaroli (ingegnere ambientale), Ileana Schipani (naturalista), Anna Polazzo (ing. ambientale).
- Università di Udine: Antonio MASSARUTTO (economista) partecipa come esperto in materia di approcci e strumenti di valutazione economica e gestione risorse idriche; Alessandro DE CARLI (ing. ambientale-economista) partecipa come esperto in valutazione ingegneristico-economica e riqualificazione fluviale.
- Autorità di bacino del Po: Francesco PUMA (geologo): responsabile progetto, partecipa come esperto in materia di gestione di bacino; Cinzia MERLI (ing. civile) partecipa come esperto in materia di sistemazione idraulica e modellistica fluviale; Andrea COLOMBO (ing. civile): referente, partecipa come esperto in assetto geomorfologico fluviale e pianificazione di bacino; Alessio PICARELLI (ing. civile-economista) e Marina MONTICELLI (scienze economiche e sociali): partecipano come esperti in materia di approcci e strumenti di valutazione economica e gestione del territorio; Christian FARIOLI (forestale-naturalista) partecipa come esperto in materia di gestione della vegetazione e Uso del suolo; Piero TABELLINI (ing. idraulico) partecipa come esperto in materia di modellistica idraulica.

NOTA:

questa relazione è stata scritta dal CIRF e, seppur rivista dagli altri partners, non necessariamente riflette propriamente il punto di vista dei partners stessi.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano gli Enti coinvolti nella raccolta dati (AIPO Lombardia, ing.Mille e geom. Donelli; consorzi di bonifica del “Medio Chiese”, “fra Mella e Chiese”, e “Alta e media pianura mantovana”; Archivi di Stato Milano, Brescia, Mantova, Venezia; ecc.).

Un grazie particolare ad Adriano Murachelli per la gentile collaborazione nella stima dei costi di realizzazione e manutenzione interventi ingegneristici e a Nicola Surian per l’interessante confronto sugli aspetti geomorfologici.

INDICE RELAZIONE**1) Sintesi del progetto e prospettive****2) Definizione di approccio e metodologia generale per valutare alternative di assetto**

- 2.1. Stato dell'arte sulla valutazione coinvolgente il rischio idraulico
- 2.2. Schema generale proposto per integrare Analisi Costi-Benefici e Multicriterio
- 2.3. Ruolo degli scenari
- 2.4. Le opzioni di soluzione possibili e definizione di ALTERNativa
- 2.5. Metodologia in sintesi
- 2.6. Aspetti chiave: come valutare il Rischio
- 2.7. Aspetti chiave: come predire l'assetto morfologico dell'alveo

3) Caso studio**3.1. Sulla scelta del Fiume Chiese: significatività e generalizzabilità****3.2. Livello di approfondimento adottato (Hp. semplificative)****3.3. Dati e loro preparazione**

- 3.3.1. Fonti indagate
- 3.3.2. Conversione dati geografici e sistema adottato

3.4. Caratterizzazione geomorfologica

- 3.4.1. Importanza degli aspetti geomorfologici
- 3.4.2. Realizzazione di un modello digitale del terreno
- 3.4.3. Classificazione geomorfologica
- 3.4.4. Analisi dell'attuale stato di equilibrio
- 3.4.5. Evoluzione storica: la "Storia del fiume"
- 3.4.6. Modello interpretativo dell'evoluzione
- 3.4.7. Idee su come valutare esternalità geomorfologiche

3.5. Caratterizzazione idrologico-idraulica

- 3.5.1. Idrologia di piena: eventi storici e di riferimento (T_{rif})
- 3.5.2. Condizioni al contorno di monte: Hp. Regolazione lago d'Idro ed effetto sui valori di picco
- 3.5.3. Condizioni al contorno di valle: livelli idrici a valle (Oglio)
- 3.5.4. Identificazione delle aree irrigue direttamente servite dalle acque del Chiese

3.6. Caratterizzazione Economica

- 3.6.1. Valore del suolo: significato, metodo, risultati
- 3.6.2. Vulnerabilità: significato, metodo, risultati
- 3.6.3. Investimenti e costo di manutenzione: significato, metodo (analisi storica), risultati
- 3.6.4. Impatto sul settore agricolo e sull'idroelettrico

3.7. Definizione di ALTERNative di assetto

- 3.7.1. Tipi di opzioni
- 3.7.2. Criteri per definire ALTERNative
- 3.7.3. Le ALTERNative (assetto fisico preliminare-opere): shp files GIS
- 3.7.4. Le opzioni di cambio di Uso del suolo
- 3.7.5. Le ALTERNative definitive

3.8. Predizione degli effetti geomorfologici

- 3.8.1. Morfo-geometria futura associata ad ogni ALTERNativa
- 3.8.2. Zone erodibili a breve termine
- 3.8.3. Zone erodibili a lungo termine

3.9. Predizione degli effetti idraulici: esondazioni

- 3.9.1. Messa a punto del modello di simulazione (Mike 11): ridefinizione dello schema di esondazione

- 3.9.2. Caricamento della geometria di ogni ALternativa
- 3.9.3. Simulazioni e risultati
- 3.9.4. Determinazione delle zone allagabili
- 3.9.5. Zone allagabili: risultati

3.10. Valutazione

- 3.10.1. Schema di valutazione economica (Analisi Costi-Benefici ACB) e assunzioni/limitazioni
- 3.10.2. Strumento informatico di supporto all'analisi: il *Sintetizzatore*
- 3.10.3. Determinazione delle aree allagate/erose per ogni Tr di ogni ALternativa (GIS)
- 3.10.4. Valutazioni ACB e sensitività
- 3.10.5. Sviluppi ulteriori (intangibili, esternalità, Multicriterio)
- 3.10.6. Valutazione dello stato ecologico N (FLEA)
- 3.10.7. La Fragilità (rischio residuo)
- 3.10.8. I tre obiettivi fondamentali: R, N, C più altri (D, E, F)
- 3.10.9. Conclusioni dalla valutazione integrata

4) Conclusioni sul progetto VALURI

- 4.1. Raggiungimento degli obiettivi**
- 4.2. Difficoltà e limiti**
- 4.3. Indicazioni su come affrontare un caso studio generico : quali i dati necessari**
- 4.4. Potenziali ricadute e prospettive future**

5) Appendici

- 5.1. Incontri e sopralluoghi effettuati**
- 5.2. Documentazione (Presentazioni PPT, fogli elettronici Excel, shapefiles GIS, Documenti Word)**
- 5.3. Bibliografia essenziale**

NOTA: la rendicontazione economico-finanziaria del progetto non è discussa in questo rapporto essendo dettagliata attraverso i formulari già predisposti dalla Fondazione Cariplo.

RELAZIONE di PROGETTO

1) Sintesi del progetto

Sullo svolgimento del progetto

Riteniamo di aver svolto le attività previste e interagito con i partners senza particolari difficoltà, anzi con esiti molto positivi, sebbene le attività sviluppate siano state assai sostenute e complesse.

Abbiamo impostato una metodologia generale con uno spettro di opzioni di approfondimento che permettono di adattarsi a diversi casi.

Il caso studio sul fiume Chiese, pensato per vagliare in diversi modi possibili la metodologia, si è rivelato idoneo ed è stato condotto con successo.

Una variazione significativa rispetto a quanto previsto in fase di proposta è costituita dal grado di approfondimento della componente geomorfologica e dallo sforzo posto nell'analisi storica: per rimanere nei limiti di bilancio del progetto, avevamo previsto di concentrarci sugli aspetti idraulici e di limitare al massimo quelli geomorfologici, ma le caratteristiche del caso in istudio, il fiume Chiese, rendono imprescindibile l'investigare il suo possibile comportamento conseguente a una qualsiasi modifica dell'assetto attuale di protezione di cui è dotato (e soffre). Questo ha aperto un capitolo particolarmente oneroso sia in termini di raccolta dati storici (per comprendere la storia evolutiva del fiume, retrocedendo fino al 1780 in archivi storici), sia di approfondimento metodologico (su come predire la geometria futura e le zone erodibili), sia di dettaglio nella caratterizzazione economica (dovendo considerare la possibilità di erosione di intere zone con perdita del valore totale e non solo di quanto sta sopra di esse, come avviene in caso di inondazioni).

Nel tentativo di aprire la strada per una valutazione ex-post sui costi realmente sostenuti in passato a fronte dei benefici prodotti, abbiamo inoltre aperto il capitolo di indagine sulle spese effettuate da alcuni soggetti (in particolare AIPO; che si è dimostrato particolarmente collaborativo) e i consorzi irrigui (in atto). Questa informazione non è però stata utilizzata per una analisi costi benefici ex-post, ma piuttosto per supportare la stima in modo decisamente più realistico dei costi di manutenzione (straordinaria), fattore chiave nella valutazione costi benefici ex-ante, oggetto del nostro studio.

La raccolta dati ha richiesto un significativo impegno di risorse e in particolare di tempo, particolarmente per quelli di tipo storico non contenuti nello Studio di Fattibilità dell'Autorità di bacino del Po che, invece, ha fornito una mole indispensabile di informazioni tecniche.

Un impegno notevole è stato però dedicato anche all'acquisizione di ulteriori dati idrologici e cartografici, nell'ambito della quale non va trascurato lo sforzo di rendere compatibili i diversi sistemi geografici adottati dai diversi soggetti (il Servizio Cartografico della Regione Lombardia, i consulenti dello Studio di Fattibilità per la sistemazione idraulica, etc).

Sicuramente una delle fasi di lavoro più impegnative è stata l'analisi e la definizione dei possibili nuovi assetti idraulici e difensivi del fiume, sia in termini di opere che in termini di geometria dell'asta fluviale. Va infatti considerato che il fiume oggetto di studio è lungo circa 80 km e la sua descrizione richiede un consistente numero di sezioni trasversali (ca 300), fotografie, etc; inoltre esso è caratterizzato da un grande numero di opere di sfruttamento, regimazione e difesa (censiti in un layer GIS ammontano a più di 200).

Forse la difficoltà maggiore, oltre al reperimento delle informazioni di tipo storico specifiche al caso studio, è sorta nell'utilizzo pratico del software di simulazione MIKE11 disponibile presso l'Autorità di bacino del Po, a causa sostanzialmente di problemi logistici.

Attività svolte

Generale:

- sintetica disanima di metodologie ed esperienze sulla valutazione in relazione al rischio idraulico a livello internazionale e parzialmente nazionale
- definizione di una metodologia di valutazione idonea, facendo tesoro delle esperienze
- sviluppo di una metodologia per la predizione dell'assetto geomorfologico futuro conseguente a modifiche nel sistema delle opere, e messa a punto di un supporto Excel per implementarla
- progetto e implementazione di un supporto informatico (Excel/VisualBasic) per sintetizzare le valutazioni economiche automatizzabili (il "Sintetizzatore"): si tratta di un foglio di calcolo Excel articolato dotato di "Macro", capace di acquisire ed elaborare le informazioni relative alla caratterizzazione delle ALternative (opere e Uso del suolo), al loro comportamento idraulico (zone allagabili) e geomorfologico (zone erodibili), agli aspetti economici (costo di realizzazione e manutenzione delle opere e valore del suolo) e alle modalità di determinazione dei costi e benefici (inclusa la valutazione del rischio), fornendo in risposta una valutazione Costi-Benefici sociale delle alternative e indici di valutazione idonei a un approccio multiobiettivo.
- diversi incontri con i Partners e con Fondazione Cariplo
- reporting (tra cui questa relazione e presentazioni PowerPoint)

Caso studio:

- omogeneizzazione e sistemazione della base cartografica in prevalenza estratta dallo Studio di Fattibilità della sistemazione idraulica (Autorità di bacino del Po) e creazione di un progetto GIS dedicato
- raccolta dati presso varie fonti
- analisi di referti storici (archivi di Brescia, Milano, Mantova, Venezia) per indagare sulla storia del fiume e in particolare sugli interventi realizzati in passato
- definizione della parametrizzazione economica (valore del terreno, delle infrastrutture e delle produzioni, vulnerabilità; stima degli investimenti e dei costi di gestione ordinaria e straordinaria delle opere di difesa, basati su dati SdF, AIPO ed *expert-based*)
- definizione, in termini di assetto del sistema di opere (più di 200 elementi presenti nella situazione attuale) delle diverse (5) ALternative di assetto da valutare
- definizione dell'idrologia per effettuare le simulazioni (portate di picco ed idrogrammi per i tempi di ritorno)
- applicazione della metodologia e strumento di predizione geomorfologica
- determinazione degli shapefile di interesse (nuovo alveo, zone erodibili)
- messa a punto di uno strumento modellistico (basato sul software Mike 11 del Danish Hydraulic Institute) per simulazione idraulica caricato con la geometria delle diverse alternative ed effettuazione delle simulazioni
- determinazione degli shapefile di interesse (zone inondabili per i diversi tempi di ritorno)
- caricamento dati nel Sintetizzatore ACB
- valutazione e analisi di sensitività
- incontri con soggetti chiave (ConSORZI irrigui ed esperti geomorfologi)
- sopralluoghi per conoscere il fiume, vagliare e completare le informazioni disponibili e accertare alcuni dubbi.

NOTA: a causa della complessità di analisi legata soprattutto alla predizione morfologica (inizialmente non prevista) e alle sue conseguenze idrauliche, nonché alla necessità di stretta interazione con l'Autorità di bacino per arrivare a rifinire in modo credibile le diverse Alternative ipotizzate, si è riusciti a valutare compiutamente (cioè a percorrere tutti i passi previsti dalla metodologia) solamente le tre alternative principali (delle 6 candidate) : la "Alternativa 0" (ALT_0), la "Alternativa Studio di Fattibilità" (ALT_SdF) e la "Alternativa Base*" (ALT_Base*), cioè la "Alternativa 0" migliorata.

Risultati ottenuti

1) metodologia generale: lo scopo del progetto era definire e testare una metodologia per vagliare la tesi che "RF conviene, anche economicamente" attraverso una valutazione integrata, di stampo multiobiettivo, ma base forte economica: lo abbiamo raggiunto producendo qualcosa che mette insieme in modo coordinato, completo e innovativo diversi approcci e metodologie. Questa è forse l'innovazione principale apportata.

L'approccio proposto costituisce un passo avanti rispetto alla progettazione basata sul criterio di "messa in sicurezza", perché può guidare nell'individuazione delle criticità più significative (non solo zone allagate, ma "allagate con alti valori e vulnerabilità in gioco e con alta frequenza"; e analogamente per l'erosione) e nel progettare gli interventi a maggior beneficio marginale, mantenendo una visione di sistema. Permette collateralmente anche di supportare la denominazione dei corpi idrici fortemente modificati. Permette di affrontare la conflittualità di interessi/obiettivi e di arrivare a una valutazione davvero integrata.

2) Innovazioni specifiche: le componenti chiave della metodologia sono :

- i) la *valutazione integrata* (a tre livelli fondendo l'approccio multicriterio, quello ambientale e quello economico) e il relativo "sintetizzatore";
- ii) la *predizione morfologica* e traduzione in geometria di alveo;
- iii) la *valutazione del rischio* idraulico e geomorfologico;
- iv) la *parametrizzazione economica*.

In particolare, la predizione morfologica contiene aspetti decisamente innovativi e, seppur ancora fragile perché richiede un'ampia verifica e sperimentazione, apre una finestra essenziale sul come rispondere al difficile quesito (generalmente ignorato) di "quale sarà il nuovo assetto morfologico, se realizziamo queste opere ora (o modifichiamo alcune variabili di controllo)?"

Il Sintetizzatore gioca un ruolo fondamentale ; ma occorre svilupparne una versione da vero Decision Support System affinché arrivi ad essere realmente operativo (dovrebbe supportare: la definizione dell'assetto delle alternative, l'analisi delle criticità , la predizione degli effetti e la sintesi di valutazione, incorporando o almeno inetrfacendosi facilmente con la modellazione idraulica, le analisi GIS e le elaborazioni relative alla sintesi valutativa)

3) caso studio: il suo scopo era dimostrare che era possibile applicare la metodologia e come farlo: lo ha raggiunto, in modo sufficientemente completo (anche se non tutti gli aspetti sono stati vagliati, a causa della onerosità delle elaborazioni e delle energie spese nella acquisizione dati, e perché alcuni aspetti -simulazione idraulica- richiedono considerazioni ulteriori).

In merito ai risultati specifici al caso studio, si può comunque concludere che esiste senz'altro uno spazio sensato ed attraente per alternative di riqualificazione anche piuttosto spinte per il Chiese, oltre a confermare che lo stato attuale è insoddisfacente; quindi, sostanzialmente, questo caso studio dimostra la tesi di partenza.

In sintesi, si riportano le conclusioni del progetto nelle slide seguenti :




VALUTAZIONE :
conclusioni dal caso studio

- Evidenza di inefficienza e inefficacia dell'assetto attuale
→ necessità di intervento
- Deficit manutentivo opere: si stanno "consumando"
- Forte peso del costo OPERE, come immaginato
- Scarso peso del rischio finché non si tocca l'urbanizzato
- Vasto margine di ottimizzazione delle ALTERNATIVE modificando opere (es. soglie/traverse, argini, difese spondali) o modificando Uso suolo (e perequazione) → alcune opere sono essenziali (difesa urbanizzato)
- Analisi complessa e delicata che richiede approfondimenti
- Limite di creare ALTs che non permettano la tracimazione

QUINDI (seppure con le cautele del caso):

- "riqualificare conviene" ...è vero!




VALUTAZIONE :
conclusioni progetto

- Metodologia cattura aspetti essenziali ed è applicabile in moltissimi casi
→ la meta è raggiunta
- La TESI è dimostrata almeno per il caso studio: c'è spazio per una rivoluzione VERDE/BLU → grandi risparmi e miglior ambiente!
- HMWB (Corpi Idrici fortemente modificati) → la classificazione è da RIVEDERE probabilmente in molti casi!
- Superamento criterio "messa in sicurezza": proteggere solo ciò che "...va sotto spesso, vale molto ed ha alta vulnerabilità...visto in ottica sistemica di bacino"
- Valutazione ACB : potente strumento per guidare il progetto di ALTERNATIVE più "furbe"

NECESSITA' di:

- Diffusione/applicazione ampia, ben gestita per evitare allarmismi
- Sviluppo strumenti attuativi-meccanismi gestionali
- Decision Support System ad hoc per gestire l'analisi

Non vanno dimenticati naturalmente i limiti dell'indagine condotta che sono ricordati in modo approfondito nella sezione 3.10.1 Schema di valutazione economica (Analisi Costi-Benefici ACB) e assunzioni/limitazioni e in quella 4.2. Conclusioni sul progetto.

Tuttavia questi limiti non inficiano a nostro avviso la validità delle conclusioni raggiunte.

Prospettive future

Due sono le linee che si possono intravedere:

- a) Generale: arrivare ad introdurre l'esigenza di questo tipo di valutazioni, la metodologia e gli strumenti sviluppati per condurla, all'interno di strumenti normativi e pianificatori di livello regionale e di Distretto Idrografico. Questa linea presuppone che gli enti istituzionali chiave conoscano il progetto, ne condividano finalità e impostazione, si convincano della validità dei risultati e dispongano delle condizioni politico-amministrative per renderlo operativo. Per quanto riguarda gli sviluppatori del Progetto, in particolare il CIRF, appare indispensabile per raggiungere

tale scopo dedicare considerevoli energie alla diffusione di questa esperienza e al confronto con altre. Queste attività non sono attualmente contenute nel programma di lavoro, anche se numerosi incontri sono già stati condotti (vedi lista alla fine) e cerchiamo di sfruttare ogni occasione per diffusione nei limiti delle nostre risorse. Occorrerà quindi dedicarsi a cercare nuovi canali (o meglio...alvei naturali...) per realizzare l'intento, come per organizzazione di eventi, mostre itineranti, pubblicazioni divulgative e scientifiche, etc.

Più concretamente identifichiamo le seguenti possibili linee di azione:

a) casi studio:

- rendere operativo il caso sul Chiese, includendo la gestione multiobiettivo del lago d'Idro (da cui dipendono gli idrogrammi di piena base per pianificare l'assetto a valle) e arrivando a progettare proprio il nuovo assetto e gli interventi corrispondenti con più dettaglio (e raffinando gli strumenti di analisi), in modo che si sia pronti per attivare un successivo nuovo progetto di RF con realizzazione fisica interventi
- sviluppare un nuovo caso al livello di quello appena concluso, ma su un altro fiume a vs scelta (forse più difficile da far finanziare, a meno che non sia lo stesso Po....perché no?)

b) strumenti:

- redigere Linee guida e Termini di riferimento per rivedere gli Studi di Fattibilità (poi andrebbe lanciato un bando per rivederli di fatto) o più in generale per indirizzare il modo in cui si affronta il problema rischio
- sviluppare, attraverso una serie di casi studio, Criteri e Linee Guida per rivedere la classificazione di Corpi Idrici Fortemente Modificati e per armonizzare la Direttiva WFD e quella Floods

b) ricerca: affrontare alcune delle tematiche aperte:

- quanto affidabile è la predizione morfologica effettuata con la metodologia proposta: si potrebbe a tal fine fare a posteriori delle simulazioni di applicazione su casi su cui sono stati effettuati interventi significativi (anche non di riqualificazione) su tronchi estesi e se ne conoscono ora gli esiti, fingendo di collocarsi -ignari- al momento prima dell'esecuzione interventi e cercando di predire cosa sarebbe successo ;
- discutere i limiti della metodologia di determinazione delle zone allagabili confrontando gli esiti con quelli di un modello 2D
- tentare l'introduzione del rischio residuo direttamente nella valutazione economica a pieno titolo adottando l'approccio MonteCarlo da noi suggerito;
- ricerca statistica e poi sviluppo di un modello parametrico sui dati di spesa reale su vari fiumi per estrarre dei costi OMR più realistici e discutere la veridicità della conclusione che ora "si sta consumando capitale buono stato delle opere a causa della scarsa manutenzione"
- vagliare quanto pesa l'Hp di "dismissione a costo nullo", cioè introdurre i costi della riqualificazione
- affrontare l'affascinante tema della monetizzazione di aspetti ambientali ora solo misurati qualitativamente o nemmeno, come il miglioramento dello stato ecologico o l'esportazione di esternalità ambientali dal sottobacino al resto.....ecc, e considerare gli effetti sul resto del territorio nel bacino (es. alterazione reticolo idrografico minore, drenaggio urbano,...)

- b) Specifico per il fiume Chiese: l'applicazione a questo caso studio nell'ambito del ns. progetto non ha come fine principale la soluzione del problema contingente, bensì la valutazione esplicita della bontà e della fattibilità della metodologia, traendo indicazioni su quando/come applicarla. La differenza sussiste non tanto nelle approssimazioni introdotte, che probabilmente sono accettabili, bensì nell'esigenza di confrontarci con i risultati del più importante studio attualmente realizzato su quel sistema (e sui cui dati ci siamo largamente basati) costituito dallo Studio di Fattibilità (SdF) di sistemazione idraulica condotto come sviluppo applicativo del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di bacino del Po recentemente (2004). Tale studio progetta l'assetto del fiume col fine di "metterlo in sicurezza" (rispetto all'evento di riferimento con 200 anni di tempo di ritorno, com'è usuale e legalmente richiesto in Italia), sotto un'ipotesi molto determinante, e cioè che il lago d'Idro sia sostanzialmente regolato per soddisfare prioritariamente l'obiettivo di sicurezza a valle (cioè mantenendo un significativo volume vuoto per accogliere e laminare solo le piene più importanti). In realtà, invece, esigenze contrapposte (turismo, conservazione della natura, irrigazione, produzione idroelettrica, etc.) fanno pensare che il lago sarà di fatto regolato in futuro in modo alquanto diverso da quanto ipotizzato nello SdF e più simile a quanto avvenne in passato (negli ultimi anni la gestione può definirsi anomala perché fortemente influenzata da vincoli imposti da problemi strutturali emersi che non permettevano sfruttare l'intero volume di regolazione). Conseguentemente, la situazione di rischio a valle del lago –nel tratto studiato dallo SdF e da noi considerato anche in questo progetto– sarà diversa e quindi anche tutte le valutazioni dovranno essere riviste. In definitiva, riteniamo che ci sia davvero spazio per applicare VALURI al Chiese, ma all'interno di un processo partecipativo di grande respiro, che coinvolga tutti gli attori sull'intero bacino idrografico (e non solo a valle del lago come assunto dallo SdF); in questo processo, la metodologia VALURI costituirebbe una componente fondamentale da associare a quella di regolazione del lago, problematica anch'essa complessa. In sostanza, si tratta di risolvere un problema pianificatorio (l'assetto fisico del fiume) all'interno di un problema gestionale (la regolazione del lago).

Va infine segnalata la constatazione che il "caso Chiese" è attualmente al centro di un processo decisionale, non ancora ben strutturato, che vede diversi interessi contrapposti e diversi attori anche istituzionali in gioco. Il nostro studio può quindi apportare elementi di notevole interesse e attualità in un contesto che, a nostro avviso, dovrebbe spontaneamente concretarsi in un Contratto di Fiume e/o di Lago. Si tratterebbe di un processo che idealmente avrebbe respiro inter-regionale, dato che buona parte del bacino ricade in Provincia di Trento e quindi fuori della Lombardia. Un coordinamento con la Regione Lombardia appare quindi estremamente promettente e caldamente raccomandabile.

Lo sviluppo futuro del progetto dovrà quindi predisporre un'analisi vantaggi/svantaggi con riferimento ai diversi stakeholder (es. contribuenti; proprietari; residenti nell'area; ambientalisti ...). Questo è stato in parte iniziato in riferimento al settore idroelettrico. Associato a questo dovranno essere ipotizzate forme di compensazione per i potenziali perdenti.

E' evidente che un eventuale bando della stessa Fondazione Cariplo, orientato in generale alla diffusione di queste metodologie di supporto alla pianificazione di bacino a fronte della tematica rischio idraulico ma in ottica multiobiettivo, particolarmente all'interno di Contratti di fiume, e che prevedesse sia attività di informazione, diffusione, introduzione in normative e regolamenti, come anche l'applicazione in casi concreti, aprirebbe la strada a una concreta valorizzazione di...VALURI.

NOTA sullo stile della relazione:

l'argomento trattato è complesso e tocca discipline diverse. Una trattazione sistematica ed esaustiva avrebbe assunto il carattere enciclopedico decisamente fuori portata per questa relazione.

D'altra parte, questa relazione ha una valenza sostanzialmente interna ai partners coinvolti nel progetto, mentre pubblicazioni specifiche su riviste nazionali ed internazionali sono prestate per il prossimo futuro. Abbiamo quindi optato per uno stile di linguaggio molto stringato, corredato da molte figure che riassumono i concetti esposti rendendoli facilmente memorizzabili a livello grafico-visuale.

Molte figure sono riportate nello stato di bozze manuali veloci: future pubblicazioni richiederanno ovviamente un loro rifacimento più “serio”, ma al fine di facilitare la memorizzazione dei concetti, il loro stile “artigianale” può addirittura essere positivo.

Tutte le presentazioni PowerPoint (PPT) utilizzate e qui richiamate sono disponibili.

2) Definizione di approccio e metodologia generale per valutare alternative di assetto

2.1. Stato dell'arte sulla valutazione coinvolgente il rischio idraulico

Uno dei lavori più vicini al tipo di problematica da noi affrontato qui è certamente quello di Frans et al. (2004) ⁽¹⁾. Tuttavia, il riferimento più completo e organico sullo stato dell'arte a livello europeo è la review già sviluppata nell'ambito del progetto FLOODsite ⁽²⁾, della quale possiamo qui sintetizzare i punti principali; ulteriori riferimenti importanti sono commentati successivamente:

 <p>FLOODsite: stato dell'arte</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Progettone Europeo chiuso nel 2008: http://www.floodsite.net ■ Revisione esperienze UK, Germania, Olanda, Croazia → guidelines che combinano esperienze ■ Gran parte del danno D è costituito da <i>tangibili diretti</i> ← su questo sta > sforzo metodologico ■ Ci sono anche tentativi per <i>indiretti tangibili</i> (agricoltura, resto dell'economia, ...) e <i>intangibili</i> (vita, salute, ...) ■ Fondamentale: 3 scale spaziali: <i>macro, meso, micro</i> 		 <p>FLOODsite: stato dell'arte: calcolo del danno D</p> <p>DUE approcci alternativi:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) (UK) damage functions: $D(h, v, \dots)$; allerta b) stimare valore tot bene (“asset value”) * vulnerabilità $f(h, v, \dots)$ <p>E DUE metodi:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) storico: interpolazione dati eventi reali (ma...troppo presto sovrastimi; troppo tardi perdi pezzi...; sempre troppi pochi dati e rischio distorsione) ii) di sintesi: aggiungi expert judgment e analisi ad hoc <p>NOTA: ACB sociale: valore è “depreciated”, cioè quel che resta in funzione (lineare) dell'età+ragionamento (es. DVD assumi 80% perché non ha più di 5 anni di vita utile); inoltre NON si considerano trasferimenti (tasse, sussidi,...acquisto terra); ACB privata (assicurazioni) ...l'opposto</p>	
--	---	--	---

¹ In questo studio, gli autori effettuano un confronto multicriterio di alcune significative alternative di riassetto del territorio e dei fiumi in Olanda a scala nazionale per far fronte al crescente rischio idraulico. Si considerano: l'alternativa “standard” di innalzare ulteriormente gli argini già esistenti, quella di compartimentazione del territorio (cioè destinare alcune aree a essere inondate più frequentemente per salvaguardare altre dove si concentrerebbe il futuro sviluppo economico produttivo/insediativo) e quella di creazione di grandi “cinture verdi” attorno ai fiumi per ridare loro, in sostanza, grande spazio per la laminazione delle piene. I risultati (sebbene non definitivi) a prima vista non sostengono la tesi da noi sostenuta, ma ad un'analisi più attenta sì. Essi dicono, infatti, che la prima alternativa risulta la meno onerosa da un punto di vista strettamente economico (costi di realizzazione e mantenimento e valore attualizzato dei danni complessivi attesi, anche se questi ultimi risultano i più alti). Ma ciò –notano gli autori– non sorprende visto che, in questo caso, gli enormi investimenti già spesi in passato non vengono contabilizzati (lo sono solo i nuovi costi), mentre le altre due alternative sono penalizzate economicamente dal fatto di implicare un cambiamento di rotta drammatico: smantellamento di estesissime infrastrutture esistenti (argini, strade, ferrovie), delocalizzazione di insediamenti e associate compensazioni economiche agli attori sociali impattati. Insomma, se si fosse al “tempo zero” e si potesse decidere tra le diverse alternative (senza ancora aver davanti centinaia di chilometri di argini e infrastrutture già realizzate), senz'altro l'alternativa “classica” di difesa sarebbe da scartare. Si conclude poi che –quando si considerino gli altri vantaggi sociali e le grandi incertezze in gioco (che potrebbero in futuro convincerci ad abbandonare l'attuale strada di innalzamento progressivo delle arginature)– le alternative che puntano a “convivere con il rischio” (che presentano molta maggior flessibilità, minori danni attesi e grandi benefici ambientali associati) diventano le più attraenti.

² Meyer V. and F. Messner (2005). National Flood Damage Evaluation Methods. A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. UFZ-Discussion Paper, Dep. of Economics. Leipzig-Halle (Germany). Disponibile su Internet



**FLOODsite:
stato dell'arte:
calcolo del danno D**

DATI: ancora due approcci:

a) bottom-up: proprietà per proprietà (edificio): si caratterizza con serie di attributi (tipo, età, dimensione, uso,...); usualmente si costruisce un DB georeferenziato vettoriale

b) top-down: dati aggregati per categoria di uso del suolo (es. CORINE o più fini) + elaborazioni ad hoc

E DUE metodi:

i) rilevamento sul campo (field survey), molto costoso (indispensabile alla scala micro)

ii) dati secondari da DB nazionali o specifici (dipende dal Paese). In Europa utile è EUROSTAT 2005:

¹⁵ Therefore, on the eurostat-homepage (epp.eurostat.cec.eu.int) go on "economy and finance" and there on the data section. Here, follow this tree: National Accounts => Annual National Accounts => Breakdowns => Breakdown of fixed assets. Choose "Current replacement costs" as it reflects best the current value of assets. In



**FLOODsite:
stato dell'arte:
approccio MC**

Il punto di arrivo sembra essere l'approccio MC

a) la motivazione è che il rischio ha diverse facce come per esempio la percezione soggettiva o l'entità del gruppo sociale interessato

b) usano AMC per costruire un indice di rischio

c) ne fanno mappatura spaziale per poter apprezzare l'equità o meno della soluzione

Da un'analisi di questa review emerge chiaramente che diverse e fondamentali sono le scelte da effettuare a livello di impostazione ; in particolare:

- a) paradigma adottato per l'approccio di gestione del rischio: messa in sicurezza (minimizzazione del costo per dato livello di sicurezza), minimizzazione del rischio totale (per una data soglia di costo) o massimizzazione del beneficio netto (riduzione del rischio totale meno costi)
- b) scala spaziale (nazionale/regionale, di bacino, di asta fluviale, di tratto, locale) e modularità (interazione tra sottobacini)
- c) Tipologie innovative di intervento e modalità attuative da considerare (es. solo opere di difesa o anche regolamentazione dell'uso del suolo e relativi meccanismi amministrativo-gestionali; gestione serbatoi idrici multiuso); nel nostro caso, è essenziale in ciò valorizzare al massimo il lavoro svolto e le conclusioni raggiunte attraverso la definizione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- d) tipo di impatti e metodi di stima con compromesso tra sforzo/costi e precisione/affidabilità in funzione dei dati reperibili
- e) come legare le conclusioni di uno studio basato sul criterio dell'efficienza economica (Analisi Costi-Benefici) con la reale applicabilità di misure che, in genere, possono sollevare disagi ed opposizione sociale e richiedono quindi di un'impostazione adatta a gestire i conflitti in modo partecipativo e negoziale.

Un altro riferimento internazionale importante è il progetto AQUAMONEY (si veda la slide seguente). Il cuore del progetto è costituito da 11 casi di studio realizzanti in differenti paesi europei. L'obiettivo del progetto è di sviluppare delle linee guida per l'uso del *benefit transfer*³ nell'ambito delle valutazioni economiche richieste dalla Water Framework Directive (WFD). La tecnica del benefit transfer deve essere utilizzata con molta cautela, confrontando molto bene l'ambito in cui è stato effettuato lo studio con quello dove si vuole "trasferire" il valore economico.

Il caso studio italiano del progetto è stato realizzato nel bacino del Po, nell'area degli affluenti Secchia, Panaro ed Enza, e ha avuto come obiettivo il confronto del valore ambientale dei usi quantitativi dell'acqua e della disponibilità a pagare (willingness to pay – WTP) per ridurre il rischio di scarsità idrica stimato, da una parte *in loco* con tecniche a preferenze (Contingent Valuation Method e Choice Experiment), dall'altra utilizzando l'approccio del benefit transfer. Le conclusioni del caso studio italiano sono che, sebbene i valori ottenuti sono apparsi attendibili da un punto di vista pratico in quanto rispecchiano valori sufficientemente plausibili, l'analisi effettuata conferma la necessità di una notevole prudenza nell'uso della tecnica del *benefit transfer*.

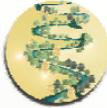
Quindi, nello specifico del nostro progetto, i valori stimati nel caso studio italiano di AQUAMONEY non risultano essere utilizzabili nell'analisi oggetto del progetto VALURI in quanto sono riferiti ad aspetti di usi (prevalentemente diretti) dell'acqua e non legati al tema della riqualificazione morfologia di un fiume.

³ Il benefit transfer è una metodologia utilizzata per stimare il valore economico di beni e/o servizi ecosistemici mediante il trasferimento di informazioni provenienti da altri studi già compiuti in un altro luogo e / o di contesto.



Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale

AQUAMONEY: stato dell'arte



- Progettone Europeo con chiusura prevista a fine 2009:
www.aquamoney.org
- Scopo: dire come ottemperare alle richieste WFD : i) il servizio idrico deve pagarsi da solo (utenti) ← identificare i benefici associati e quantificarli, anche quelli ambientali; ii) assistere nella ricerca della soluzione a minimo costo per raggiungere gli obiettivi WFD (cost-effective analysis); iii) stabilire quando i costi di riqualificazione sono "disproportionate" → classificazione HMWB
- Attività:
 - Revisione manuali e linee guida di valutazione economica
 - Case studies (uno anche sul Po)
- Prodotto: policy documents e guidelines che combinano esperienze
- NOTA:
 - enfasi sull'acqua non sul rischio
 - gran parte dello sforzo è sui benefici senza mercato; es. il servizio di approvvigionamento potabile; ricreazione;

E' interessante ricordare la classificazione (già affermata in letteratura) dei metodi adottabili per stimare i benefici, proposta in AQUAMONEY:



Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale

AQUAMONEY: stato dell'arte



CLASSIFICAZIONE dei METODI per i BENEFICI:

Costi	Benefici	
(evitare, rimediare, compensar) Es.: - rimpiazzo - remediation • Hp: benefici non inferiori ai costi → sottostima beneficio • facile da applicare	∃ mercato - irrigazione - idroelett. - acquacult • facile da applicare • occorre depurare da distorsioni (sussidi, tasse,...)	non ∃ mercato → preferenze <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> "revealed" - Edonico - Travel to Cost - ... • necessita di molti dati • modelli econometrici </div> <div style="width: 45%;"> "stated" - Contingent V. - Choice Experiments • pronò a distorsioni • costoso • difficile estrapolare </div> </div>

La slide sottolinea che nell'ACB i "costi" sono "costi opportunità", cioè mancati benefici, e quindi la loro valutazione è a rigore ancora la valutazione di un beneficio (mancato).

Però, un gruppo di metodi speditivi (primo elemento in alto a sx) stima i benefici come ...costi (di evitare, rimediare o compensare) assumendo che i veri benefici sottesi siano almeno grandi quanto tali costi.

Un ulteriore riferimento internazionale molto rilevante è il progetto UE FP7 “Technologies for the cost-effective flood protection of the built environment (FLOODPROBE⁴)” (iniziato recentemente, nel novembre 2009, e di durata di 4 anni con capofila Stichting Deltares, Olanda) la cui presentazione ufficiale recita:

“The principal aim of FloodProBE is to provide cost-effective means for the flood protection and damage mitigation in urban areas. To this end, FloodProBE will develop, test and disseminate technologies, methods, concepts and tools for risk assessment and mitigation, focussing particularly on the adaptation of new and existing buildings (retrofitting) and on infrastructure networks. The three main elements addressed by FloodProBE are (a) the vulnerability of critical infrastructure and high-density value assets, being the main originators of direct and indirect flood damage, (b) the reliability of urban flood defences by improving understanding and assessment of failure processes that have proven to be critical in recent flood events and (c) construction technologies and concepts for flood-proofing buildings and infrastructure networks to increase the flood-resilience of the urban system as well as for retrofit and repair of flood defences in the most economic and cost beneficial manner.

The afore-mentioned elements will be integrated into state-of-the-art flood risk management strategies and will be developed, tested and validated via pilot study sites. A wide range of stakeholders will be involved in the project from the outset through an Associate Partner programme and by an external Advisory Board. This involvement will provide guidance on the project programme to directly meet industry needs, whilst also facilitating international dissemination, supporting uptake and implementation of project deliverables. The primary impact of FloodProBE will be a significant increase in the cost-effectiveness (i.e. performance) of investments in newly developed and existing flood protection and flood resilience measures. This will be achieved by focusing the research on risk hotspots, i.e. weak links in flood defence system performance and vulnerable assets, that, if damaged, cause very large direct and indirect adverse consequences (e.g. infrastructure networks).”

Cioè si concentra sull’escogitare e testare misure di adattamento per ridurre sostanzialmente la vulnerabilità dell’ambiente urbano.

In relazione al nostro progetto VALURI, FloodProBE esplora una problematica che è senz’altro pertinente, ma tutta spostata su un piano particolare che potrà giocare un ruolo in un secondo tempo. Ulteriori considerazioni sono svolte nelle conclusioni di questa Relazione.

Merita citare anche il nuovo progetto SCARCE (⁵) appena partito e coordinato dall’IDAEA-CSIC di Barcellona, che esplicitamente vuole indagare sugli effetti del cambiamento climatico sui fiumi in ambito mediterraneo in termini di quantità (idrologia) e qualità, considerando diverse scale spaziali (dal locale a quella di bacino) e includendo l’assetto morfologico e il trasporto solido a fianco dei processi ecosistemici.

Infine, è opportuno citare l’ultima edizione del Manuale sulla ACB della Commissione Europea (2008). Rispetto alle edizioni precedenti del 1997 e del 2003, caratterizzate da un approccio ACB tradizionale della valutazione di progetti, nella nuova edizione viene citata l’AMC (par. 2.7.2), sebbene in maniera molto superficiale. Inoltre nel manuale, il tema della prevenzione dei rischi naturali risulta essere quasi inesistente. Tuttavia questo documento rimane un riferimento per alcuni aspetti tecnici dell’ACB: i fattori di correzione dei prezzi di mercato (par. 2.5.1) e la discussione sul tasso di sconto sociale da utilizzare (Annex B).

⁴ Sito: <http://www.floodprobe.eu/> Visitato il 29/03/2010. Si veda anche: http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_PROJ_EN&ACTION=D&DOC=23&CAT=PROJ&QUERY=0125a0c2784a:b9ef:0738cd0a&RCN=93521 ; [http://www.deltasync.nl/deltasync/index.php?id=11&tx_ttnews\[tt_news\]=55&tx_ttnews\[backPid\]=1&cHash=8d48f01c27](http://www.deltasync.nl/deltasync/index.php?id=11&tx_ttnews[tt_news]=55&tx_ttnews[backPid]=1&cHash=8d48f01c27)

⁵ Web page: <http://www.idaea.csic.es/scarceconsolider/publica/P000Main.php>



stato dell'arte:
Manuale UE su ACB :
European Commission (2008): Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects. Directorate generale Regional Policy.



- Utile e completo riferimento per ACB

MA:

- Quasi inesistente su problematica rischio (Par.3.2.3 Natural Risk Prevention)
- Stile anni '60: ignora sostanzialmente la problematica di come integrare l'esito dell'ACB (efficienza economica) con altri criteri → AMC? E la conflittualità



stato dell'arte:
Manuale UE su ACB :
European Commission (2008): Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects. Directorate generale Regional Policy.



- Utile e completo riferimento per ACB

MA:

- Quasi inesistente su problematica rischio (Par.3.2.3 Natural Risk Prevention)
- Stile anni '60: ignora sostanzialmente la problematica di come integrare l'esito dell'ACB (efficienza economica) con altri criteri → AMC? E la conflittualità

Tra le esperienze nazionali, merita indubbiamente attenzione il progetto strategico dell'AdB Po riassunto nella seguente slide:



Stato dell'arte: progetto strategico
PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA DEI TERRITORI DI PIANURA LUNGO L'ASTA MEDIO - INFERIORE DEL FIUME PO (AdB Po -luglio 2005)



- Fornisce un inquadramento approfondito della evoluzione geomorfologica subita dal fiume Po nell'ultimo secolo
- Stima le caratteristiche degli idrogrammi di piena utilizzabili in pianificazione in varie sezioni dell'intero corso del fiume Po
- Effettua una valutazione del Rischio da esondazione sia in area golenale che al di fuori (in conseguenza di tracimazione e/o rottura arginale)
- Indica linee di azione per far fronte a tale problematica

NOTA: "Rischio residuo" $R_r = I(h_M, t_c) * V_D * V_P$ ove:

- $I(h_M(s), t_c(s))$: indice qualitativo di pericolosità funzione del tirante al colmo h_M e del tempo di arrivo t_c nel generico sito s
- $V_D(s)$: vulnerabilità (qualitativa) "diffusa", funzione delle caratteristiche socio-economiche del sito s
- $V_P(c(s))$: vulnerabilità (qualitativa) "puntuale", funzione dell' uso del suolo $c(s)$ nel sito s : include elementi areali (uso del suolo propriamente detto), lineari (es. rilevati stradali, linee elettriche) e puntuali (es. depuratore)

2.2. Schema generale proposto per integrare Analisi Costi-Benefici e Multicriterio

Abbiamo cercato di prendere posizione in merito a tutti questi aspetti come sintetizzato qui di seguito:

- a) Paradigma di gestione del rischio: con riferimento a quanto detto sopra, si è scelto di adottare l'approccio più completo e ambizioso, e cioè la massimizzazione⁶ del beneficio netto inteso come riduzione del rischio totale meno i costi, e includendo altri aspetti, come mostrato nella figura seguente; inoltre, come espresso nel punto e seguente, ci si è preoccupati di predisporre l'analisi economica in modo da poter essere inserita in un'analisi di supporto alla gestione dei conflitti.



VALUTAZIONE : quali vantaggi e svantaggi?

BENEFICI:

- ❑ Riduzione costi nuovi interventi strutturali (assetto "di progetto" SdF): quali realizzare e quali no?
- ❑ Riduzione OMR di opere esistenti da dismettere e nuove da non fare
- ❑ (Minor rischio esondazioni grazie a laminazione a monte)
- ❑ Riduzione esternalità: deficit trasporto solido + riduzione picco esportato + maggior volume per laminare sistema di valle
- ❑ Miglior stato ecosistema fluviale

COSTI :

- ❑ Nuove opere a protezione locale di abitati
- ❑ Maggiore rischio per esondazioni più frequenti o erosione più probab.
- ❑ Perdita valore per cambio Uso suolo in alcune zone ora più esposte o dove l'irrigazione non sarà più possibile (vedi Hp perequazione agricola)
- ❑ Perdita produzione idroelettrica da traverse dismesse
- ❑ Delocalizzazione di alcuni insediamenti (cascine, infrastrutture,...)
- ❑ (Interventi gestionali: indennizzi, risarcimenti,...) ← no in ACB soc.

(OMR sta per Operation, Maintenance and Replacement, cioè i costi di gestione ordinaria e straordinaria)

- b) Scala: il tipo di analisi proposto deve essere condotto a scala di corridoio fluviale, senza prescindere dal contesto di bacino (si veda anche le conclusioni con interessanti notizie e considerazioni a riguardo); attraverso la considerazione, seppur generalmente qualitativa, delle esternalità, è possibile inoltre affrontare ogni sottobacino come un caso relativamente indipendente, senza perdere però la connessione con il bacino che lo contiene.
- c) Opzioni di intervento e modalità attuative considerate: si ritiene fondamentale non limitarsi alle sole opere (interventi strutturali), includendo invece anche modifiche dell'Uso del suolo e associati strumenti attuativi. Inoltre, in molti casi è essenziale analizzare e stabilire il ruolo della gestione dei serbatoi idrici multiuso presenti: essi possono cambiare radicalmente gli idrogrammi di piena, ma in generale richiedono di affrontare un complesso e articolato problema pianificatorio inserito in uno gestionale multiobiettivo. Questo punto è richiamato e approfondito nelle conclusioni.
- d) Legame tra Analisi Costi-Benefici e processo decisionale reale: si propone un approccio fondamentalmente multicriterio articolato però in III livelli, come mostrato nelle seguenti figure, dei quali il primo si limita a quantificare i singoli obiettivi chiave per chiarire quale sia la situazione attuale, verso dove ci si sposti con le diverse alternative possibili e quale compromesso tra gli obiettivi venga esplicitamente o implicitamente scelto; il secondo dà voce ai diversi gruppi di interesse costituendo così la base informativa per un processo negoziale capace di gestire la conflittualità; il terzo rappresenta il punto di vista del "bene pubblico" ed è proprio lì che entra l'esito dell'Analisi Costi-Benefici (ACB), non più verdetto inappellabile, ma autorevole -seppur parziale- punto di vista da soppesare con gli altri, consci dei suoi limiti concettuali, metodologici e

⁶ Nel senso di scelta dell'alternativa alla quale corrisponde il massimo beneficio netto sociale.

pratici ⁽⁷⁾. Il responso dell'ACB, cioè il valore del suo indice "Beneficio netto" (o VAN Valore Attualizzato Netto), è anche un utile strumento per scremare a livello preliminare possibili alternative di assetto da sottoporre alla valutazione complessiva, svolge cioè un essenziale ruolo di supporto alla progettazione di Alternative di assetto candidate alla valutazione integrata. E' per questo che, nel caso studio, ci si è concentrati essenzialmente su tale analisi.



COME INTEGRARE AMC e ACB ?

Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale

LIVELLO I "tecnico": what if (senza giudizi di valore) (→ AMC)

- **R(ischio):** che danno atteso (idraulico+geomorfologico)?
- **C(osti):** quanto costa realizzare e mantenere le opere? Chi paga?
- **N(atura):** come sta l'ecosistema fluviale (vita e dinamiche geomorfologiche: equilibrio geomorfo, trasporto solido, esondazione diffusa, dissipazione energia, ricarica falda...)
- **D(isturbo):** quanto si modifica l'uso del suolo e attività attuali (es. agricoltura, derivazioni irrigue)?
- **E(sternalità):** quanto riduco/aumento il rischio altrove? E quanto modifico le dinamiche geomorfologiche? E altri benefici?...fuori del (sotto)bacino considerato?

LIVELLO II "qualità vita/conflicti": come la vedono gli stakeholder (→ AMC)

- **Residenti:** Quanto spesso e a fondo vado sott'acqua? Che danno subisco? Quanto mi risarciscono? Che tasse devo pagare?
- **Agricoltori/Consorzi:** idem + Quanto devo modificare la mia attività attuale? Come posso trasformare la mia coltura e quanto mi rende?
- **Comuni:** Quanto mi si limita l'espansione prevista?
- **Idroelettrico:** quanto perdo in energia? Quanto mi costa ri-adequare la derivazione?
- **Collettività:** Chi paga? Come sta l'ecosistema fluviale? Che esternalità produco?



COME INTEGRARE AMC e ACB ?

Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale

LIVELLO III "strategico": cosa è più desiderabile in ottica pubblica? Cio' che (*) :

- **Migliora la Qualità della Vita**
 - Soddisfa di più gli stakeholders (indice AMC)
 - Esibisce maggior **efficienza economica** ($B_N=B-C$)
 - è **fattibile finanziariamente**
 - è **finanziariamente sostenibile**
- **E' più giusto**, cioè:
 - equo in termini di **distribuzione dei pro e contro** (es. distribuzione spaziale del rischio)
 - riceve più **consenso**
 - **conserva i beni ambientali** – stato ecologico e rilevanza naturalistica dell'ecosistema fluviale (specie, processi,...)

⁷ Nardini A (1997). "A proposal for integrating EIA, CBA and MCA". *Project Appraisal*, Vol.12, N.3, Sept. 97, pp.173-184.

Lo schema di questa slide non ha la pretesa di essere definitivo, ma quella di essere una utile guida che rende finalmente possibile integrare l'ACB in uno schema di valutazione più flessibile, ma comunque univoco, di impianto multicriterio.

Si potrebbe arguire che per valutare a livello strategico potrebbe bastare monetizzare semplicemente i pro e contro già individuati al Livello II; ma non è così perché (anche prescindendo dalle difficoltà tecniche e concettuali nella monetizzazione):

- Tali pro e contro sono una rappresentazione della "qualità della vita" (*QdV*) relativa a un "pezzo di mondo" che non necessariamente cattura sempre tutti i riflessi delle decisioni vagliate, dato che si articola inevitabilmente sugli stakeholders più coinvolti; per decidere in modo illuminato, occorre invece avere una visione di più ampio respiro, a volte considerando un'intera regione o l'intero Paese (con gli effetti indotti ecc) o il Mondo (emissioni di CO₂, acqua virtuale,...); inoltre, ha senso riferirsi a una valutazione il più possibile oggettiva (sebbene, come noto, in realtà l'ACB incorpori subdolamente giudizi di importanza relativa soggettivi della collettività, come l'importanza attribuita ai "poveri" rispetto ai "ricchi"): questa è proprio l'informazione fornita dall'indice principe dell'ACB: il beneficio netto (o VAN)
 - Soprattutto: ci sono altri criteri di tipo etico/morale, che non rientrano nella *Qualità della vita*, ma in un concetto di *Giustizia*
- In definitiva quindi si devono considerare almeno due gruppi di criteri: *QdV* e *Giustizia*. Nel primo entra anche l'efficienza economica in senso lato (Beneficio netto) perché ...maggiore è questa, maggiore teoricamente è la *QdV* della comunità allargata è una visione un po' diversa da quella data dal sistema ristretto analizzato in dettaglio al Livello II.

NOTA: la sostenibilità nell'uso delle risorse naturali o di quelle finanziarie sono dei proxy della *QdV* al di fuori del "pezzo di mondo" considerato esplicitamente, perché senza di esse...non si ottengono le prestazioni attese e quindi la *QdV* si deteriora; per questo stanno nello stesso gruppo.

Invece la conservazione di beni ambientali, motivata dal valore di esistenza loro attribuito, sta nel secondo gruppo, in quanto allacciata a un'etica di conservazione della natura.

- e) Tipo di impatti: per quanto riguarda il rischio, si considera appropriata per la scala di interesse (corridoio fluviale e sottobacino) la sola categoria dei diretti tangibili (danni alle opere, agli edifici e alle infrastrutture e terreni) e a una sottocategoria importante degli indiretti tangibili (perdita di produzione agricola⁸); ciò non toglie che in situazioni specifiche possa essere sensato o necessario includere altre categorie, come per esempio quella relativa alla salute e sicurezza delle persone (indiretti e diretti intangibili).

Per la valutazione in generale, si considerano importanti e appropriate anche ulteriori famiglie di impatti:

- il *Disturbo* arrecato alle comunità a causa dei cambiamenti adottati dagli interventi proposti, in particolare in termini di cambiamento di Uso del suolo (es. da irriguo a non irriguo per eliminazione di una traversa fluviale di derivazione idrica o causa delocalizzazione di un insediamento o a causa della perdita di valore del suolo a causa dell'aumentata pericolosità⁹) e riduzione della produzione idroelettrica (impatti in generale tangibili che coinvolgono un valore di uso diretto). La delocalizzazione si può sostanzialmente valutare ancora come una

⁸ L'impatto sulla produzione idroelettrica –considerato nel seguito- non riguarda propriamente il rischio, bensì le modifiche di assetto fisico messe in atto per fronteggiarlo e/o per riquilibrarlo.

⁹ Perdita valore conseguente incremento pericolosità (es. frequenza allagamento):

- Terreno agricolo: è proprio l'incremento di rischio conseguente (globale sull'orizzonte, attualizzato), quindi non è necessario includere altro rispetto al normale calcolo del rischio
- Terreno urbano o industriale: c'è l'incremento di rischio (danni più frequenti) come sopra, ma anche la svalutazione del terreno. Poiché, però, nel ns caso studio anche senza includere questo valore, alla fine si rileva che conviene difendere l'urbano...questo ulteriore aspetto non è stato considerato (non farebbe che consolidare tale scelta).

- perdita dovuta a un cambio di uso del suolo (se si declassa): si veda però l'approfondimento nella slide seguente
- la modifica dello stato dell'ecosistema fluviale (in seguito denominato "obiettivo Natura"): questo è di fatto il fulcro della WFD (un impatto di per sé appartenente alla categoria degli intangibili, che coinvolge un valore di esistenza e filantropico). A questo, va notato, è spesso possibile associare categorie meno evanescenti, quali il miglioramento della fruibilità ricreativa (intangibile, ma con valore di uso diretto o indiretto), insieme all'incremento di capacità autodepurativa naturale data dalle zone riparie (tangibile con valore di uso indiretto); questi impatti possono determinare un bilancio positivo di un progetto di riqualificazione (si veda per es. Hirschfeld et al. 2005, per un'applicazione recente a un caso fluviale; o il classico caso dello Skjerne di Dubgaard et al. 2002)
 - le *esternalità* che regolano la relazione tra sottobacino e bacino principale e che in linea generale deve considerare: *la riduzione dei picchi di piena a valle del sotto-bacino, il riequilibrio del trasporto solido al bacino, la riduzione del carico di inquinanti esportato* (impatti che si potrebbe classificare come indiretti teoricamente tangibili): infatti questo elemento è proprio la chiave per gestire il rapporto di scala.

Va però sempre tenuto presente che esistono altre categorie di impatto che in certe circostanze possono meritare di essere valutate.

E non va dimenticata la categoria dei veri costi relativi alle opere (vedi slide seguenti).



CIRF
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

VALUTARE gli OBIETTIVI

CHIAVE: R, C, N, D, E



D: disturbo sociale DELOCALIZZAZIONE:

- Differenziale negativo ΔU di valore suolo Urbano (o pseduo) legato al declassamento
- Costo C_D di Ricostruzione altrove
- Differenziale positivo ΔU nella zone dove si ricostruisce

Hp.:

- si assume che C_D circa uguale a ΔU → basta considerare la perdita di valore ΔU per cambio di Uso del suolo
- In realtà può essere diverso per molti motivi; es. deprezzamento degli stabili attuali; inoltre, esiste un valore affettivo che l'ACB non vede
- L'accuratezza dell'Hp dipende molto dalla mappa di Uso del suolo utilizzata; se non vede alcune zone urbane → esplicitare costi del.
- Fisicamente, se il sistema di gestione del bacino si fa carico della ricostruzione (C_D) → situazione analoga all'attuale, ma con costo in più; altrimenti → perdita di valore suolo



ACB C : COSTI di costruzione e gestione OPERE???

- Calcolati su base parametrica in funzione di tipo opera (argine, argine rivestito, difesa spondale,...) e dimensione (*lunghezza*, per opere longitudinali, oppure *numero* per opere a corpo tipo traverse)
- Per opere nuove...è il costo calcolato su base ingegneristica
- Per il rifacimento periodico delle opere (oltre la manutenzione ordinaria) utilizziamo il valore ammortizzato di ricostruzione al nuovo
- NON usiamo, per le esistenti, la stima dei costi storici. Infatti: i) molto difficile perché necessari moltissimi anni, diversi Enti coinvolti, possibili omissioni e confusioni; ii) inoltre...vantaggi: speditezza; flessibilità (vita media modificabile a seconda della problematicità del bacino: più "critico" → "vita media più breve").

NOTA : trascuriamo il valore residuo opere esistenti che si dismettono perché non è nota la data di nascita, né precisamente il loro stato

(Un raffinamento senza dubbio sensato dovrebbe comprendere nelle dimensione anche l'altezza in particolare degli argini. Nel caso studio Chiese non l'abbiamo fatto perché avrebbe complicato sensibilmente i calcoli, ma riteniamo che non avrebbe cambiato l'esito delle valutazioni)

- f) Metodi di stima e sforzo di approfondimento: sebbene a priori appaia attraente ritenere, come suggerito da FLOODsite, che se da un'analisi speditiva preliminare il differenziale tra benefici e costi risulta molto rilevante, allora l'approfondimento non è necessario, si ritiene che questo approccio possa portare anche a errori macroscopici. A rigore, solo una volta predisposto lo schema di valutazione più raffinato è possibile concludere quali approfondimenti non sono essenziali, con un approccio top-down però di scarsa utilità pratica e le cui conclusioni sono d'altronde difficilmente generalizzabili. Non siamo riusciti a dare indicazioni generali su come scegliere il livello di approfondimento; ma abbiamo individuato uno schema-guida abbastanza generale che individua almeno le diverse possibili scelte di approfondimento principali sulle quali di volta in volta è opportuno meditare ed effettuare una scelta consapevole e ripercorribile. Questo schema è discusso nel seguente capitolo di metodologia. In linea generale, comunque, riteniamo che il livello di approfondimento a cui si è articolato il nostro Caso Studio sia sostanzialmente quello più idoneo perché solo così è possibile investigare gli effetti relativi alle esondazioni, con un dettaglio significativo, e gli effetti sul cambiamento morfologico (che a sua volta influisce sul comportamento idraulico) dovuti alla rimozione o realizzazione di opere. Naturalmente, un'analisi di sensitività, anche considerando diverse mappature dell'Uso del suolo, può fornire indicazioni illuminanti, ed è sempre indispensabile. E un approfondimento sulla determinazione delle zone allagabili, soprattutto in occasione di eventuale rottura o tracimazione arginale, è sempre auspicabile.

2.3 Ruolo degli scenari

Diverse variabili influiscono sulla prestazione del "sistema" considerato (fiume+territorio) e non sono controllabili, nel senso che non sono oggetto di decisione: la realizzazione di tali variabili, nel gergo dell'Analisi dei Sistemi, è chiamato "scenario".

Riteniamo che almeno due siano le variabili di scenario da considerare necessariamente:

- l'idrologia
- lo sviluppo territoriale

La seguente slide mette a fuoco la problematica relativa al primo punto, problematica che viene poi discussa e risolta nel capitolo Caso Studio, almeno per quanto concerne appunto quel caso:



Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale

Ruolo degli SCENARI: IDROLOGIA



- Condizione al contorno "di monte": idrogrammi di piena di testa e apporti laterali.**
 - Ruolo regolazione lago: decisivo definire sua politica di gestione: tutta la valutazione a valle dipende da questa; ma il serbatoio soddisfa diverse fini conflittuali → necessità di integrare la gestione serbatoio e la pianificazione assetto fiume/bacino a valle in un solo problema decisionale multiobiettivo
 - ruolo del cambiamento climatico: in futuro Tr minori!
- Condizione al contorno di valle: quota idrica del ricettore: per quale T ritorno?**
 - Hp simultanea: uso stesso Tr in ricettore che in fiume;
 - Hp cautelativa: sempre quota da Tr max (?) in ricettore

La problematica relativa allo sviluppo territoriale è concettualmente più complessa ed è riassunta nelle seguenti slides:



Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale

Ruolo degli SCENARI: SVILUPPO TERRITORIALE e cambio destino di uso



NOTA: Uso suolo entra in calcolo Rischio erosione e inondazione + impatto per cambio uso dall'attuale

- decisione di Uso suolo "destino" (non ancora realizzato) : come trattarla? Hp: assegnare un destino di Uso → dà subito alla zona il valore del Terreno di quella categoria futura + il valore (parziale e/o scontato *) delle infrastrutture permesse →**
 - *impatto* ALT_x che assegna a zona k Uso diverso da attuale: differenza valore tra **Uso destino in ALT_x** e **Uso destino di ALT_0** ("full", cioè valore **terreno+infrastrutture** (*), se scenario *ottimista* (a); solo **terreno** se scenario *pessimista* (b)). (**)
 - in Rischio: valore suolo destino (full se a (*), solo terreno se b)



Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale

Ruolo degli SCENARI: SVILUPPO TERRITORIALE e cambio destino di uso



NOTA: questo schema permette di trattare il **"paradosso della messa in sicurezza"**:

- in una ALT_x "espansionista" (elevazione categoria Uso suolo e scenario ottimista) → incremento di valore suolo per terreno e perché ci si realizzano sopra infrastrutture, ma anche un possibile incremento del rischio (perché cresce valore esposto e magari non decresce abbastanza la pericolosità, cioè non si protegge a sufficienza a fronte di eventi superiori al Tr riferimento);**
- in un'altra ALT_y "prudente" con declassamento Uso suolo (a una categoria di minor valore, magari perché ivi si interdice realizzare infrastrutture) (e medesimo scenario) → perdita di valore (impatto negativo), ma probabilmente un minor rischio perché è diminuito il valore esposto (nell'Hp che la pericolosità non cresca di più avendo probabilmente eliminato le difese....)**



Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale

Ruolo degli SCENARI: SVILUPPO TERRITORIALE e cambio destino di uso



In PRATICA, ogni ALT deve essere accompagnata dalla corrispondente mappa di Uso del suolo ed occorre creare per ogni categoria, due sub-categorie :

- "consolidato" con valore del TERRENO + INFRASTRUTTURE/EDIFICI**
- "in espansione" con solo valore TERRENO**

NOTA importante:

potrebbe sembrare intuitivo dire che l'impatto del declassamento è la perdita di valore del solo Terreno (visto che ancora non c'è nulla sopra); ma in realtà si perde (nello scenario ottimista) la opportunità di realizzarci sopra quanto previsto → quindi l'impatto è l'intero valore Terreno+Infrastrutture.

E' vero però che trattare allo stesso modo un caso di delocalizzazione –dove oggi le infrastrutture esistono- e uno dove è solo pianificato ...non pare lecito. Un perfezionamento è considerare sì , per l'uso solo pianificato, anche il valore delle infrastrutture, ma ...scontato (in senso economico) di qualche anno perché avverrebbe comunque nel futuro.

D'altra parte, allo stesso tempo, è sensato indagare e considerare altre zone, anche lontane, dove sia possibile invece sur-classare l'uso del suolo acquisendo tutto o almeno parte del valore perduto: è l'operazione denominata "*perequazione perfetta*" discussa nel seguito.

2.4 Le opzioni di soluzione possibili e definizione di ALTERNATIVA

I tipi di opzioni di soluzione possibili sono molte:



OPZIONI POSSIBILI

- Opere (costruzione + OMR): da dismettere; da non realizzare; da realizzare (già previste o no - ambientalizzate)
- Modifiche morfologiche dell'alveo, recupero forme relitte, ...etc
- Riduzione della vulnerabilità: adeguamento edifici e comportamenti (...allerta)
- Delocalizzazione
- Cambio destinazione uso del suolo
- Meccanismi gestionali (assicurazioni, incentivi,....., perequazione)

ALternativa

Un insieme di decisioni su tutte queste opzioni (per esempio implementandone solo alcune in un dato modo e date zone) costituisce quello che nel seguito viene denominato *AL*ternativa, o più precisamente e succintamente "ALT_x" dove x può assumere varie denominazioni (es. la "Base", la "0", etc.).

Le opzioni devono essere combinate in modo opportuno; per esempio, la realizzazione di opere va accompagnata con un'adeguata definizione del destino di uso del suolo: una zona, oggi ad alta pericolosità di inondazione, che sarà invece protetta nell'*ALT_x* da un argine, potrà godere di un destino di uso di maggior valore. Sarà poi la valutazione a chiedersi se questa acquisizione non si pagherà troppo in termini di nuovo rischio creato (dato che la protezione è efficace solo per eventi minori di quello di riferimento adottato nel progetto, ma eventi superiori sono sempre possibili, e anzi più probabili).



Uso suolo e meccanismi amministrativo-gestionali: perequazione

Il cambio di destinazione d'uso (nel senso di declassamento finalizzato a ridurre il rischio) implica una perdita economica. Però, è possibile in molti casi al contempo sur-classare altre zone, esenti dal problema rischio, attraverso un appropriato meccanismo amministrativo-gestionale. Questa operazione finalizzata a non danneggiare i proprietari dei terreni impattati dal piano/progetto che ne cambia il destino di uso e a ridurre l'esborso dell'amministrazione necessario ad attuare la misura, è denominata "Perequazione" (a riguardo si veda l'interessante pubblicazione di Carbonara e Torre, 2008).

Nel caso ideale si può addirittura annullare la perdita di valore → "perequazione perfetta"; con riferimento alla seguente figura :

al proprietario di A viene sottratto il terreno sul fiume (e ridato al fiume); però gli si permette di costruire di più dei valori correnti (indici di urbanizzabilità) nel terreno B (anche di dimensione diversa, ma esterno al nuovo corridoio di pertinenza fluviale) in modo che alla fine "resti in pari". Se il terreno B non appartiene al proprietario di A, si crea un mercato, per cui un diverso soggetto, al quale interessa accrescere il valore del proprio appezzamento B, compra da A l'originale -che "cede al fiume"- e con esso acquisisce il diritto di incrementare il valore di B, ottenendone un beneficio. L'Amministrazione non ha subito nessun esborso. Il territorio, se l'operazione è ben fatta, non ha subito danni e può anzi anche acquisire valore.

Il meccanismo perequativo può quindi anche radicalmente cambiare l'impatto della delocalizzazione.



CIRF
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

OPZIONI POSSIBILI

PEREQUAZIONE "PERFETTA"

Hp.1 : uso del suolo in A viene declassato (al lim "restituito al fiume") → si perde il valore
 $\Delta V = V_0 - V_{\text{nuovo}}$

Si consente in cambio una modifica di uso altrove (B) che ne provoca un acquisto di valore ΔV pari (almeno) a quello perduto

Hp.2: tutti i proprietari aderiscono

→ Valore del suolo globale resta costante

Valore del suolo
Ordini di grandezza

Adattamento per ridurre la vulnerabilità

Imparare a convivere con il rischio diventerà nel prossimo futuro una scelta obbligata. È interessante segnalare in particolare il progetto Europeo FP7 FLOODPROBE, già introdotto nella review dello stato dell'arte, perché esso esplora esattamente le possibilità applicabili in tal senso in ambito urbano, dove maggiori sono i danni potenziali.

Il progetto dei nuovi insediamenti, la riabilitazione di quelli esistenti e il ridisegno complessivo del tessuto urbano dovrebbero per prassi ormai fare i conti con tali prospettive.

Nel contesto del nostro approccio, queste opzioni di adattamento costituiscono un sottopacchetto importante che può modificare anche sensibilmente le valutazioni; non è però stato esplorato, sia perché ancora in fase di ricerca di per sé, sia perché la scala di nostro interesse è quella dell'intero bacino (o almeno sottobacino) e le opzioni riguardanti il tessuto urbano sono,

in questo senso, un approfondimento di secondo livello, che tuttavia può giocare un ruolo fondamentale, soprattutto in certi contesti.

2.5 Metodologia in sintesi

Riteniamo di aver dato un apporto in termini di impostazione generale (di cui sopra), come anche in termini più specifici come illustrato nella seguente slide:

METODOLOGIA :
2 PUNTI CHIAVE :

- valutare il Rischio R
- predire il futuro assetto morfologico conseguente un nuovo assetto di opere di difesa e regimazione

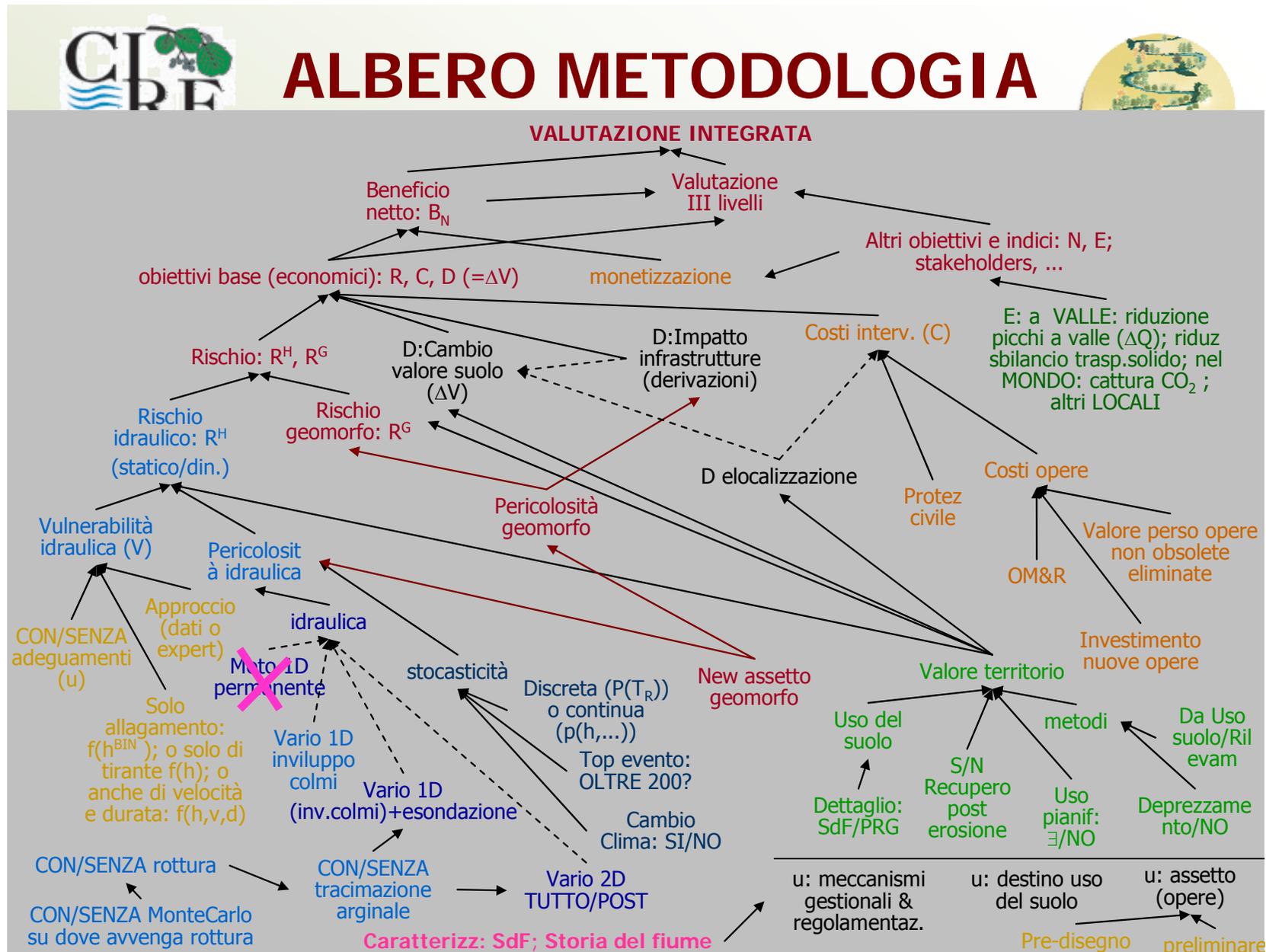
e scegliere il grado di raffinamento adeguato per l'analisi

Per quanto riguarda l'ultimo punto, la seguente slide con la mappa cognitiva del nostro problema di valutazione illustra i diversi elementi necessari per arrivare a una valutazione integrata e le possibili scelte di raffinamento.

Si legge dall'alto in basso; le frecce significano "conduce a" oppure "è necessario per".

Non si illustra, per semplicità, il legame tra le decisioni che caratterizzano ogni Alternativa di soluzione candidata (sottoposta alla valutazione) e gli elementi soprastanti. Per esempio, sono le opere (e le modalità della loro gestione) che determinano l'impatto sullo stato ecologico N di cui in alto a dx "altri obiettivi".

Nelle successive due slides si sintetizzano invece i passi operativi della metodologia di valutazione:





Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

VALUTAZIONE base: passi



Definire ALternative di assetto fiume/bacino

- ❑ Criteri per definire quali ALternative considerare
- ❑ Specificare quali opere/interventi fisici le caratterizzano
- ❑ Definire modifiche Uso del suolo (post simulazioni idrauliche)

Socio-Economico: “parametrizzazione economica”

- ❑ Danni: valore suolo D, vulnerabilità V, ripristino : $p(c)$
- ❑ Costo OMR opere: elaborare dati spesa reale; distinzione tra ordinari e straordinari (ricostruzione R)
- ❑ Costo manutenzione alveo
- ❑ Costo NUOVI interventi per ogni tipologia
- ❑ Valore impatto idro in f(%riduzione produzione)



Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

VALUTAZIONE base: passi



Geomorfologia

- ❑ capire carattere del fiume
- ❑ predire (per ogni ALT) geometria futura (planimetria, i, w,h) e fascia erodibile a breve e lungo termine

Idrologia-idraulica

- ❑ Determinare Q picco (tagliato da Idro) e quota di valle per ogni Tr + idrologia superiore ai 200 anni (quanto?)
- ❑ Individuare zone esondabili da simulazione su nuova geometria (per ogni ALT e Tr)

Valutazione

- ❑ Fare intersezione GIS: per ogni ALT e per ogni Tr : aree esondabili, erodibili ed esondabili/erodibili di ogni tipo di uso suolo
- ❑ Sintetizzatore ACB Excel
- ❑ Valutazioni e sensitività Livello I , II e III

In definitiva, riteniamo di aver apportato le seguenti innovazioni:



CIRF
Centro Italiano
per la
Riquilificazione Fluviale

NOI: innovazioni



- ❖ Mettere a fuoco il problema chiave: vedi quesiti affrontati (esito della politica “mettere in sicurezza”...”RF conviene”?)
- ❖ **Affrontare il problema di rapporto di scala: dover operare (quasi) micro (vedere effetto opere sull'idraulica e il cambio di uso del suolo), ma considerare la relazione con il bacino (esternalità)**
- ❖ Necessità di includere i costi di gestione ordinaria e straordinaria (rifacimento periodico) delle opere (esistenti e nuove) e gli effetti di meccanismi gestionali tipo perequazione sull'impatto da cambio uso del suolo
- ❖ **Necessità di valutare i singoli obiettivi per studiare il conflitto/sinergia tra RF e la politica tesa ad affrontare il rischio → approccio Multiobiettivo (AMC)**
- ❖ Come integrare AMC con ACB → ns proposta a 3 livelli
- ❖ **Come integrare aspetti geomorfologici in previsione di assetto+ rischio erosione**
- ❖ Esplicitare ruolo SCENARI: condizioni contorno monte (idrologia : ruolo serbatoio) e valle (quota ricettore); sviluppo socio-eco/urbanistico (PAC,...)
- ❖ **Identificare le possibili scelte per il grado di raffinamento dell'analisi**

Più specificamente, in relazione al progetto strategico AdB Po già citato “Miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica del territori di pianura lungo l’asta medio-inferiore del fiume Po” (AdB Po -luglio 2005), in Valuri:

- abbiamo formalizzato il rischio da allagamento in termini più raffinati, specificando la pericolosità in termini più aderenti alla fisica, e quindi determinando il rischio proprio come integrale dei danni pesati con le rispettive probabilità di accadimento dei diversi eventi possibili (sulla base delle zone allagabili per diversi tempi di ritorno determinate da simulazione idraulica con modello quasi bidimensionale)
- abbiamo incluso il rischio da erosione per evoluzione planimetrica
- abbiamo esplicitamente considerato gli effetti dei diversi assetti fisici (opere) sull’evoluzione morfologica del fiume (e conseguente comportamento idraulico)
- siamo arrivati a una monetizzazione del rischio totale

Invece, per il rischio residuo, la nostra formalizzazione è più semplificata sia per quanto riguarda la pericolosità (sebbene anche quella dello studio citato sia , in fin dei conti, di tipo soggettivo a causa della forma assunta per l’indice di pericolosità e l’assenza di probabilità associata –ad es. tra Secchia e Panaro sono stati assunti tre possibili rotte arginali in date condizioni di formazione della breccia- ma è comunque basata su una modellazione 2D, mentre la nostra impostazione si ferma ad attributi più proxy), sia e soprattutto perché noi non abbiamo considerato la vulnerabilità del territorio.

D’altra parte :

- il nostro indice di rischio residuo è solo complementare al resto delle valutazioni
- deve mostrare esplicitamente la dipendenza dall’entità (lunghezza e numerosità) e posizione delle arginature presenti (cosa che quello dello studio fa, ma solo indirettamente)
- il tipo di uso del suolo impattato nelle diverse alternative da noi considerate non differisce sostanzialmente tra le ALternative stesse
- idealmente, piuttosto che introdurre una metodologia specifica, si potrebbe valutare il rischio residuo come quello “normale”, con l’unica differenza di adottare una modellistica idraulica più raffinata della “quasi 2D” –perché deve essere capace di descrivere la dinamica di avanzamento dell’inondazione sul territorio- e di includere il fenomeno della rottura arginale, il cui trattamento più spontaneo è probabilmente il metodo Monte Carlo (si eseguono moltissime simulazioni in ognuna delle quali si ipotizza in modo

sostanzialmente casuale la rottura arginale in qualche punto, e si estrae poi una valutazione del comportamento atteso grazie alla legge dei grandi numeri)

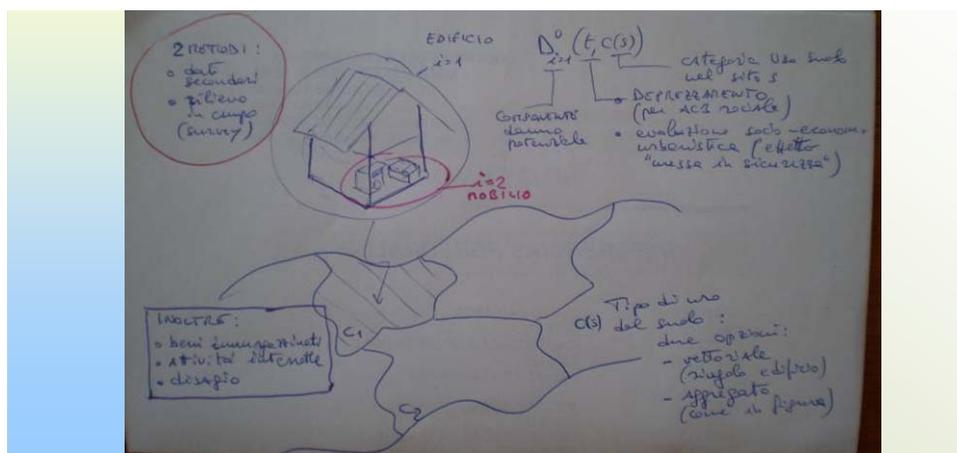
- non modifica l'esito delle valutazioni (si veda spiegazione dettagliata nel relativo Par. 3.10.7)
- sarebbe comunque interessante raffinarlo, cosa non permessa dall'energia già devoluta al resto del progetto.

2.6 Aspetti chiave: come valutare il Rischio

Nei seguenti paragrafi ci si concentra su questa componente di valutazione in quanto è indubbiamente una delle fondamentali e la sua quantificazione apre molte parentesi e dà adito a molti approcci.

In relazione ai punti chiave del progetto FLOODs ricordati più sopra, abbiamo optato per l'approccio di valutare il danno potenziale sulla base dell'Uso del suolo (e non da inchiesta), e, separatamente, la sua vulnerabilità (e non direttamente il danno in funzione dei parametri idraulici) perché questo è l'approccio più versatile e allo stesso tempo più applicabile a scala di bacino e corridoio fluviale; naturalmente, in casi specifici ha senso spingersi a un dettaglio maggiore. Come appena sintetizzato nel precedente paragrafo, questo impianto presenta alcuni differenze rispetto quanto effettuato nel progetto strategico AdB Po ⁽¹⁰⁾.

Coerentemente, il Rischio viene valutato con il seguente impianto concettuale (schematizzato visivamente):



Questa figura dice che ad ogni categoria c di Uso del suolo (funzione del generico sito s considerato) è associato un danno potenziale base $D_{i=1}^0(t,c(s))$, per ognuna delle componenti economiche i considerate; questo danno potenziale (o valore esposto) è in generale dipendente dal tempo perché le infrastrutture e gli edifici sono soggetti al fenomeno dell'obsolescenza e quindi perdono progressivamente valore.

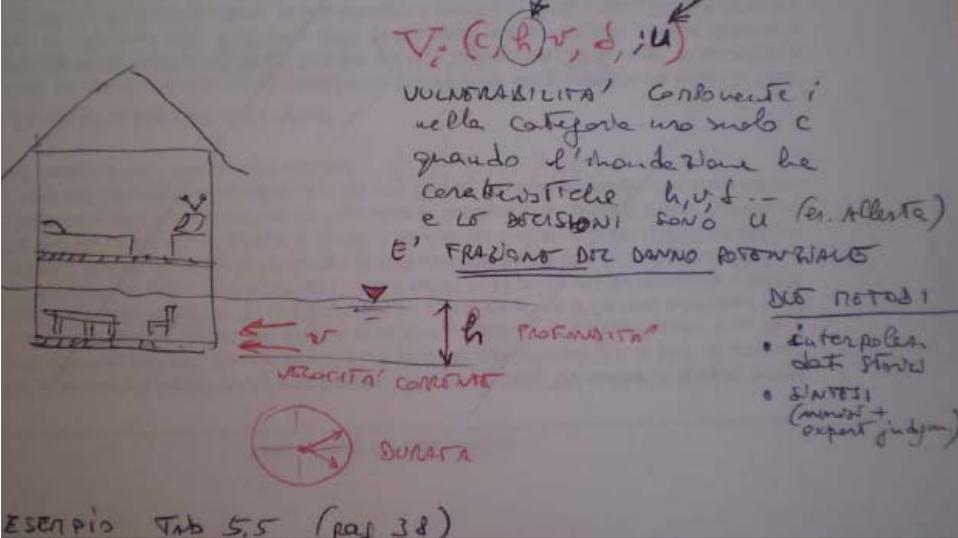
¹⁰ Si veda la nota precedente in merito alle Innovazioni introdotte in Valuri e il confronto con la metodologia del Progetto Strategico AdB Po 2005.



**VALUTARE IL RISCHIO R:
struttura e info necessaria:
"damage curves"**

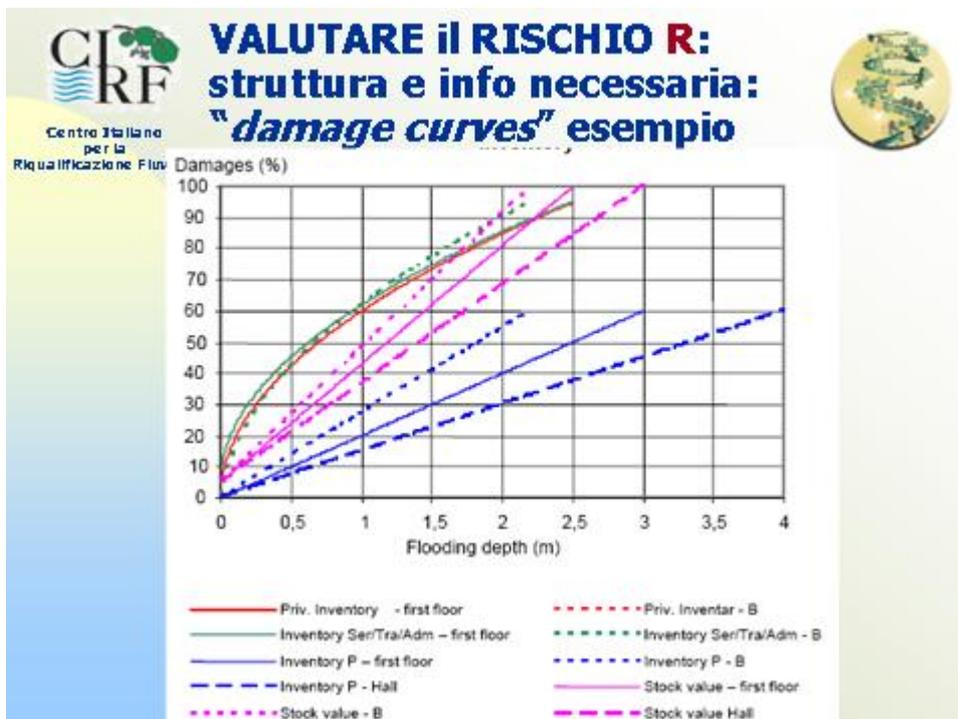
Centro Italiano
per la
Riquilibratazione Fluviale





$V_i(c, h, v, \delta, u)$
 VULNERABILITA' CONNESSE I
 nella categoria uso suolo c
 quando l'inondazione ha
 caratteristiche h, v, δ --
 e LE DECISIONI SONO U (es. Allerta)
 E' FRAZIONE DIZ DANNO POTENZIALE
 NO NOTES!
 • interpolaz. dati storici
 • SINTESI (momenti + expert judgment)
 ESEMPIO Tab 5.5 (pag. 38)

Questa figura ricorda il concetto di vulnerabilità per la componente economica i-esima (infatti a rigore è diversa la vulnerabilità per esempio di un edificio da quella dei beni in esso contenuti), per un dato tipo di uso del suolo c, in funzione delle caratteristiche idrauliche dell'evento; in generale: tirante massimo h, velocità della corrente v (o rapidità di arrivo del fronte d'onda alla zona di impatto), durata δ dell'evento. Dipende anche dalle misure u di prevenzione e gestione delle emergenze (es. spostamento dei beni al piano superiore in seguito a una allerta di piena prevista).



Questa figura mostra esempi di curve di vulnerabilità semplificate funzioni del solo tirante h, per diverse componenti economiche.



VALUTARE il RISCHIO R:

struttura e info necessaria:

caratteristiche idrauliche



Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale

- EVENTO ξ (ONDA DI PIENA in centro T_R)
- SCENARIO (CONDIZ. CONTORNO) θ (es. livello θ_0)
- DECISIONI u (Alternativa di assetto (gestione) fiume & territorio)
- SITO s

$$h = h(s, \xi; u / \theta)$$

$$v = v(\dots)$$

Questa figura sottolinea che le caratteristiche idrauliche già ricordate (tirante h , velocità v , ecc.) sono in generale funzioni (anzi funzionali) dell'evento stesso ξ , del luogo s , delle decisioni gestionali u e degli scenari considerati θ .

E' importante sottolineare che per le nostre problematiche mediterranee, il rischio in questione non è solo quello da inondazione, bensì anche quello da dissesto geomorfologico spesso legato a erosione di sponda (e franamenti, etc.); per questo occorre considerare almeno le due componenti "Rischio idraulico" vero e proprio e "Rischio geomorfologico". Per quest'ultimo, un approccio semplice, ma ancora significativo per valutarlo è il seguente:



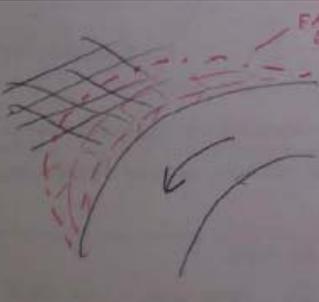
VALUTARE il RISCHIO R:

struttura e info necessaria:

danno geomorfologico -erosione



Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale



FASCE DI POSSIBILI EROSIONE $P_E(s, \xi; u)$ dipende dalle decisioni (es. opere)

FINCHÉ NON È CROLLO c'è il danno possibile da INONDAZIONI

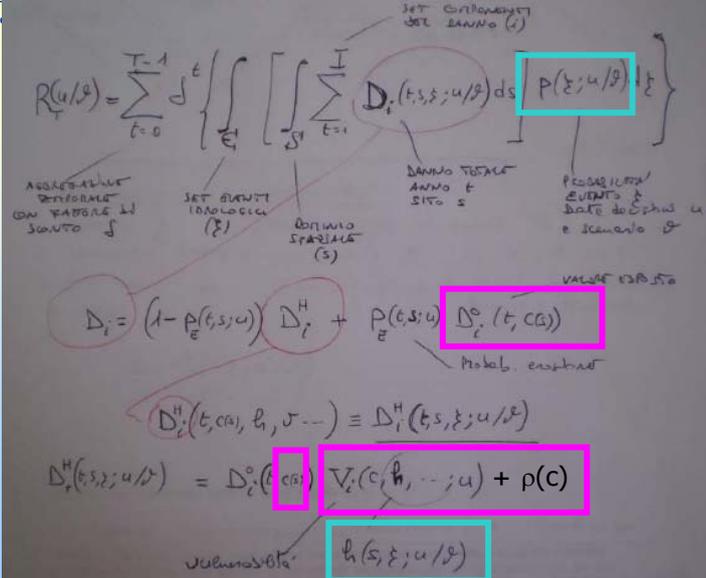
- QUANDO SI ERA... SI PERDE TUTTO IL VALORE ESISTENTE



Centro Italiano
per
Riqualificazioni

VALUTARE IL RISCHIO R: struttura e info necessaria: *formalizzazione completa*





Questa slide dice che il rischio totale, funzione delle decisioni u (cioè dell'ALternativa considerata) e dello scenario θ , è la sommatoria sull'orizzonte temporale T considerato del rischio annuo attualizzato (fattore di sconto δ); il rischio annuo è il valore atteso (integrale sulla distribuzione di probabilità degli eventi ξ a sua volta condizionata alle decisioni u , che possono modificare in particolare la pericolosità –come per es. grazie alla costruzione di un argine- e allo scenario considerato, come per esempio la condizione al contorno di valle) dell'integrale nello spazio potenzialmente impattabile del danno potenziale totale; quest'ultimo, a parte la sommatoria sulle diverse componenti i , è composto da una parte idraulica (H : inondazione) e da una legata all'evoluzione geomorfologica (Erosione), pesate con la probabilità di erosione di ogni zona s considerata (¹¹); la prima componente è infine il prodotto del valore esposto (o danno potenziale $D_i^0(t, c(s))$) per la vulnerabilità (in generale funzione della categoria di uso del suolo, della profondità di inondazione, etc, come anche delle decisioni u prese, come quelle associate a un sistema di allerta), più i costi di ripristino (anch'essi funzione della categoria c di Uso del suolo). Come già detto, in generale il danno potenziale $D_i^0(t, c(s))$ dipende anche dal tempo t perché i beni vanno deteriorandosi nel tempo e perdono conseguentemente valore (obsolescenza).

Formulazione semplificata operativa

A livello operativo si possono derivare moltissime varianti da questa impostazione, a seconda delle semplificazioni introdotte. Per esempio, una molto utile è basata sulle ipotesi di probabilità discreta degli eventi (associate ai diversi tempi di ritorno) e una vulnerabilità V funzione unicamente di un campo di allagabilità binario (SI/NO), oltre che del tipo di uso del suolo (c):

¹¹ Una formulazione alternative, presentata nel seguito e adottata poi nel caso studio, evita di determinare tale probabilità (concettualmente e praticamente particolarmente delicata) e semplicemente assume che le zone potenzialmente soggette ad erosione, vengano erose progressivamente nel tempo, perdendo così corrispondentemente tutto il valor del suolo associato.



Centro Italiano
per la
Riqua

VALUTAZIONE SEMPLIFICATA: probabilità discreta e vulnerabilità binaria (h: si/no)



$$R_f(u/s) = \sum_{t=0}^{T-1} \Delta t \left\{ \left[\sum_{n \in T_R} \left(\int_{S_c} D_i(n, s; u, \beta) ds \right) P(n) \right] + \left[\int_{S_c} D_i^0(c(s)) ds \right] \right\}$$

con:

a) $S(t)$ zone rimaste al tempo t (a $t=0$ è tutto il corridoio fluviale) $S_c(t)$ zone erose l'anno t (non accumulate)

b) $D_i(n, s; u, \beta) \triangleq D_i^0(c(s)) V_i^h(n, c(s), s; u) + \rho(c)$

vulnerabilità semplificata = $\begin{cases} 0 & \text{se nel sito } s, \text{ per } n \text{ il } T_R = n \text{ Non c'è allagamento} \\ x_i^0 & \text{se c'è; } x \text{ dipende da uso male } c \\ u & \text{per ora è l'influenza} \end{cases}$

(in questa slide, n indica l'n-esimo tempo di ritorno T_R considerato nella discretizzazione della distribuzione di probabilità degli eventi idrologici; gli altri simbolo sono già stati definiti).



Centro Italiano
per la
Riqua

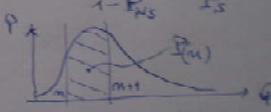
VALUTAZIONE SEMPLIFICATA: probabilità discreta e vulnerabilità binaria (h: si/no)



c) $P(n)$ = Probabilità di accadimento annuale dell'evento con "in-casino" T_R considerato

$$= 1 - P_{NS}(n) + P_{NS}(n+1)$$

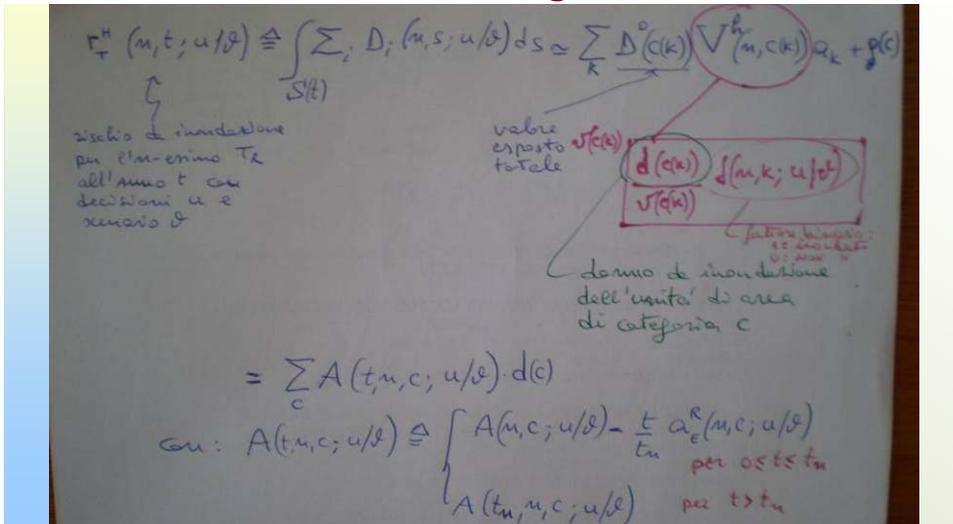
con n = identificatore del generico T_R
 N = NB del max T_R considerato
 $P_{NS}(n)$ = Probab. di Non superamento per l'n-esimo T_R
 $P_{NS}(N+1) \approx 1$ $T_R = \frac{1}{1 - P_{NS}} = \frac{1}{P_S}$



d) $S(t) = S(t-1) \cap S_c(t)$ $S(0) \Rightarrow$ tutto il corridoio fluviale
 ↳ sottrazione di insieme spaziale

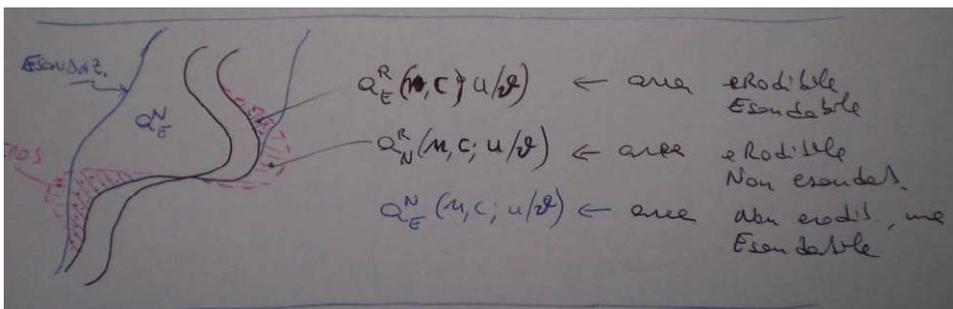
(in questa slide, $P_{NS}(n)$ indica la probabilità di Superamento associata all'n-esimo tempo di ritorno T_R ; l'apice "NS" indica invece "Non Superamento"; $S(t)$ indica l'insieme delle zone s da considerare al tempo t).

**VALUTAZ. SEMPLIFICATA:
probabilità discreta e
vulnerabilità binaria : come
includere rischio geomorfo**



(in questa slide, $A(t, n, c; u/\theta)$ indica l'area fonte di danno al tempo t , per il $T_R = n$, nella categoria c di Uso suolo e con le decisioni u e scenario θ).

**VALUTAZ. SEMPLIFICATA:
probabilità discreta e
vulnerabilità binaria : come
includere rischio geomorfo**



NOTA: in questo modo si introduce una sovrastima del rischio geomorfologico perché il terreno abbandonato in realtà progressivamente si trasforma e recupera, magari con un Uso del suolo diverso dall'attuale; qui implicitamente si assume che non ci sia recupero. Per generalizzare, si può assumere che parte dell'area persa dell'uso attuale acquisirà (progressivamente) un nuovo uso, magari meno produttivo (ma non nullo), come per es. forestazione. La possibilità di giocare su questa opzione non è qui formalizzata, ma è stata implementata nel "Sintetizzatore" realizzato per svolgere il caso studio.



VALUTAZ. SEMPLIFICATA: probabilità discreta e vulnerabilità binaria : come includere rischio geomorfo



con:

$$r^c(c; u/\beta) = \begin{cases} \Delta_i^0(c) \left[\frac{a_N^c(c; u/\beta) + a_E^c(c; u/\beta)}{t_u} \right] & \text{per } 0 \leq t \leq t_u \\ 0 & \text{per } t > t_u \end{cases}$$

H_p: ogni anno si perde 1/t_u del valore totale Δ⁰. (va ulteriormente ricalcolato se si considerano più fasce erodibili con orizzonti diversi!)

$$R_T(u/\beta) = \sum_{t=0}^{T-1} \Delta^t \left\{ \sum_{u \in T_R} \left(r^c(t, u; u/\beta) P(u) \right) + \sum_c r^c(c; u/\beta) \right\}$$

Un'altra variante, appena un po' più raffinata, assume che la vulnerabilità sia funzione del tirante di inondazione h, con una formulazione molto simile (vedi PPT).



VALUTAZIONE OPERATIVA del RISCHIO: probabilità discreta e vulnerabilità f(h)



*H_p: • si conosce la fascia erodibile (a breve e lungo term)
• non si distingue il GR sistema dove avviene l'erosione*

⇒ Per R geomorfologica e semplice: si perde gradualmente (o linearmente) il tipo del molo il totale dell'area erodibile a_c(c; u/β) e l'associato valore del molo

$$R_c^e(t; c; u/\beta) = \Delta^0(t; c; u) \frac{t}{t_0} a_c(c; u/\beta)$$

può modificarsi nel t per evoluzione (renaturazione) o decisioni Use mob(u)

costante temporale erosione geomorfologica

$$\Rightarrow R_c(t; u/\beta) = \sum_c R_c^e(t; c; u/\beta)$$

Si può anche distinguere a breve e lungo termine.

CIRF VALUTAZIONE OPERATIVA del RISCHIO: probabilità discreta e vulnerabilità $f(h)$

Per l'idraulico è + complesso perché viene via via demarcate dal danno le aree erose. Inoltre si deve distinguere le zone a \neq uso suolo e \neq profond. inondazione (h).

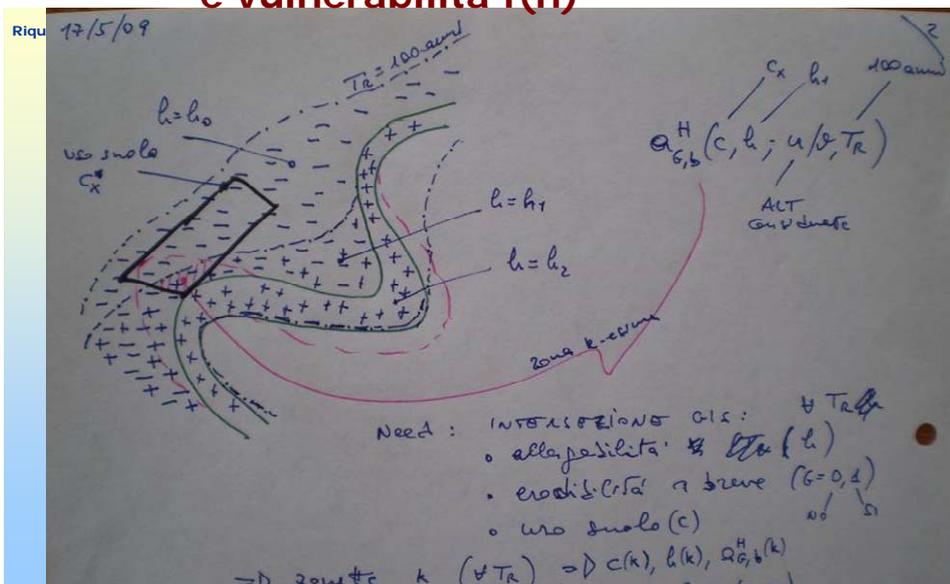
\Rightarrow Need aree k geomorf-erose e inondate
 \forall categoria (c) e \forall profondità (h): $Q_{G,b}^H(c, h; u/\beta, T_r)$

Tempo ritorno ~~per~~
 perché cambia zona erodibile e pure intersezione

(NOTA: è cmq appx perché cambiando morfologia cambia idraulica)

Questa maggior raffinatezza richiede però una più elaborata determinazione delle zone allagabili, distinguendo tra esse quelle anche soggette a progressiva erosione:

VALUTAZIONE OPERATIVA del RISCHIO: probabilità discreta e vulnerabilità $f(h)$



VALUTAZIONE OPERATIVA del RISCHIO: probabilità discreta e vulnerabilità $f(h)$

Si può anche riscrivere ordinando la Σ sulla base dell'indice di zona k
 (layer polifono con 5 attributi: c, h, a_k, g_B, g_L)

$$R^H(t, u/\vartheta, T_A) = \sum_k \left[D^0(c_k) V(d_k, h_k) a_k^H(t, k; u/\vartheta, T_A) \right]$$

Qu:

$$a_k^H(t, k; u/\vartheta, T_A) \triangleq a_k - a_k \int_{g_B} \min\left(\frac{t}{T_{GB}}; 1\right) + a_k \int_{g_L} \min\left(\frac{t}{T_{GL}}; 1\right)$$

con a_k area del layer intersezione di (ϑT_A) :

- alla probabilità (h)
- erodibilità a breve (g_B): si o no
- " a lungo (g_L): si o no
- Uso del molo (c)

← da erodibilità a lungo si sottrae quella del breve

VALUTAZIONE OPERATIVA del RISCHIO: probabilità discreta e vulnerabilità $f(h)$

$$R(t; u/\vartheta) = \sum_r^{T_A \text{ anni}} \left[R^H(t; u/\vartheta, T_A=r) + p(c) \right] P(r) + R_{g_B}(t; u/\vartheta) + R_{g_L}(t; u/\vartheta)$$

$$R(u/\vartheta) = \sum_{t=0}^{T-1} \int^t R(t; u/\vartheta)$$

fattore di sconto $\delta = \frac{1}{1+s}$
 s : tasso di sconto

2.7 Aspetti chiave: come predire l'assetto morfologico dell'alveo

Un altro tema di grande importanza è riuscire a predire quale morfologia (almeno tipologia fluviale, assetto geometrico e collocazione spaziale) assumerà il fiume in futuro a seguito degli interventi previsti (nuove opere o rimozione opere, o cambiamenti nelle variabili di controllo portata liquida e solida da monte). Questo esercizio è indispensabile per due motivi:

- il comportamento idraulico, e quindi le esondazioni/allagamenti, corrispondenti all'ALTERNATIVA considerata dipendono fortemente dalla morfologia che verrà assunta dall'alveo, perché il comportamento idraulico è pesantemente determinato da pendenza, larghezza, profondità e lunghezza dell'alveo
- l'evoluzione morfologica determina anche, in particolare, la mobilità planimetrica, fonte della pericolosità di tipo geomorfologico-da erosione per evoluzione planimetrica, componente del Rischio totale.

Si tratta di un argomento decisamente innovativo sul quale occorre un confronto ampio perché il nostro contributo non può aver la pretesa di risolversi in questa sede, bensì quella di aprire una strada da esplorare nel prossimo futuro. Speriamo semplicemente di aver fatto un primo passo difendibile scientificamente e operativamente

Predire l'evoluzione geomorfologica e la geometria ed assetto planimetrico futuri di un fiume è un esercizio particolarmente difficile e affetto da incertezza elevata. Nella interessante pubblicazione FISRWG (1998), particolarmente nel Cap.8E, si presentano alcune metodologie che tuttavia traggono origine da un problema un po' diverso perché relativo al progetto di canali stabili.

D'altra parte esistono diversi strumenti modellistici, ma o sono finalizzati a studiare a livello più descrittivo-qualitativo la dinamica fluviale (come per es. CAESAR, Coulthard et al., 2007), e quindi troppo generici, o sono troppo specifici (Lane, 1998; Darby et al., 2002; Brunner and Gibson, 2005) e quindi atti a simulare l'evoluzione di brevi tratti per periodi di tempo brevi. Nello Studio di Fattibilità (AdB, 2004), di cui si parla ampiamente nel seguito, è stato applicato il modello MORIMOR, pensato per studiare l'evoluzione altimetrica del corso d'acqua in tronchi anche estesi, e peraltro molto completo; tuttavia, questo modello non è pensato per studiare l'evoluzione dell'intero alveo a seguito di modifiche sull'assetto strutturale e quindi non considera l'evoluzione planimetrica e trasversale (larghezza sezioni) che ovviamente influenza peraltro in modo determinante anche quella altimetrica; in definitiva, anche considerando le osservazioni di cui alla nota 20, non risulta adeguato al nostro scopo.

In definitiva, per il nostro fine, non abbiamo trovato uno strumento modellistico univoco idoneo e neppure una metodologia ben assestata. Ne abbiamo per questo sviluppata una ad hoc che si basa, integrandoli, sui seguenti elementi:

- a) analisi geomorfologica storica (Storia del fiume, descritta nel Caso Studio) e analisi dello stato di equilibrio attuale
- b) ragionamenti ingegneristico-morfologico meccanistici (illustrati per esempio nell'interessantissimo testo di Gerard Degoutte, 2006¹²) e relazioni qualitative dalla geomorfologia fluviale (Bilancia di Lane e relazioni di Schumm¹³)

¹² Esempi di ragionamenti di questo tipo sono i seguenti:

- *vincoli (punti fissi)*: difese e soglie mantenute nell'ALT considerata

- *se si tolgono difese spondali*: i) se la soglia rimane ed \exists segni erosivi (non ha ancora raggiunto equilibrio stabile moribound) \rightarrow si destabilizzano sponde e tende ad allargarsi aumentando apporto solido, ma contemporaneamente meandrisca riducendo pendenza e quindi capacità trasporto fino ad equilibrio (pendenza < dell'attuale e > sinuosità e trasporto). Se invece il tratto ha già raggiunto equilibrio (no segni erosivi e quindi ha già ridotto capacità trasporto...) e non è bloccato (senno' vale quanto sopra) \rightarrow cresce Qs da destabilizzazione sponde (se tracciato retto non è naturale) \rightarrow eleva pendenza sedimentando a monte tratto e meandrisca fino a equilibrio tra capacità trasporto incrementata e maggior apporto. ii) se si elimina soglia: si induce erosione regressiva (causa

c) supporto analitico dall'idraulica e geomorfologia fluviale:

- l'Hp che la portata di bankfull sia sostanzialmente coincidente con la portata efficace (formativa), cioè quella che massimizza la capacità di trasporto solido atteso (perché è quella che mediamente trasporta più materiale ed è quindi "responsabile di dare la forma all'alveo inciso")⁽¹⁴⁾;
- relazioni empiriche (di impianto simile alla Teoria del Regime) per stabilire la tipologia planimetrica di alveo (distinguendo in particolare tra "sinuoso"/meandriforme e "wandering", cioè a canali intrecciati/di transizione)⁽¹⁵⁾.
- le normali equazioni matematiche per il tracciamento dei profili idrici di moto uniforme/permanente/vario derivanti dal principio di conservazione della massa ed energia;

Il primo elemento, l'analisi storica -completamente assente nella metodologia FISRWG (1998)⁽¹⁶⁾, è secondo noi (e altri, quali per es. Brierley and Fryirs, 2005) decisamente essenziale, particolarmente in fiumi che hanno subito pesanti alterazioni antropiche. Da essa, deriva una comprensione del tipo di fiume e del tipo di comportamento e risposta alle diverse possibili cause di

incremento locale capacità trasporto), con abbassamento fondo e aumento apporto solido da erosione sponde; intanto meandrezza per ridurre capacità trasporto (minor pendenza) fino ad eguagliare apporto da monte + apporto da sponde

¹³ "Bilancia di Lane" (Lane, 1955) è una relazione, ottenuta a partire dalle equazioni dell'idraulica fluviale, tra un proxy della potenza della corrente (Q^2s) e il flusso solido ($D_{50}Q_S$); essa dice che in un fiume in equilibrio dinamico i due termini sono bilanciati; una tendenza a preponderare del primo induce una incisione (*incision* o *degradation*) e viceversa, la preponderanza del secondo induce una sedimentazione (*aggradation*).

Le relazioni di Schumm (1977) considerando anche la geometria della sezione (Q : portata liquida; Q_S : portata solida; D : diametro sedimenti; s : pendenza; w : larghezza, d : profondità -di bankfull; λ : lunghezza d'onda meandri: p : indice sinuosità) (+ indica incremento; - decremento):

$$Q^+ \rightarrow w^+, d^+, \lambda^+, s^- \quad (\text{e viceversa})$$

$$Q_S^+ \rightarrow w^+, d^-, \lambda^+, s^+, p^- \quad (\text{e viceversa})$$

¹⁴ Matematicamente questo si traduce in una ricerca iterativa della geometria (pendenza, larghezza e profondità bankfull e larghezza golene) tali da produrre una portata di bankfull Q_B circa uguale alla portata efficace Q_E , cioè quella alla quale corrisponde la massima capacità di trasporto attesa:

$$Q_E = \arg_{x \in (x_1, x_2, \dots, x_n)} [Q_S(x) * \Delta P(x) = \max x],$$

dove la capacità di trasporto solido $Q_S(x)$ è data da una formula di trasporto (es. la Meyer-Peter-Müller citata più sopra nel capitolo di analisi di equilibrio attuale) -con l'assunzione che il moto sia uniforme e quindi con tirante, area, raggio idraulico determinati da una relazione tipo Chezy-Manning in funzione appunto della portata x - mentre $\Delta P(x)$ indica la probabilità che la portata cada nell' x -esimo intervallo discreto di valori di portata $[x_1, x_2]$, ed è esprimibile in funzione dei tempi di ritorno:

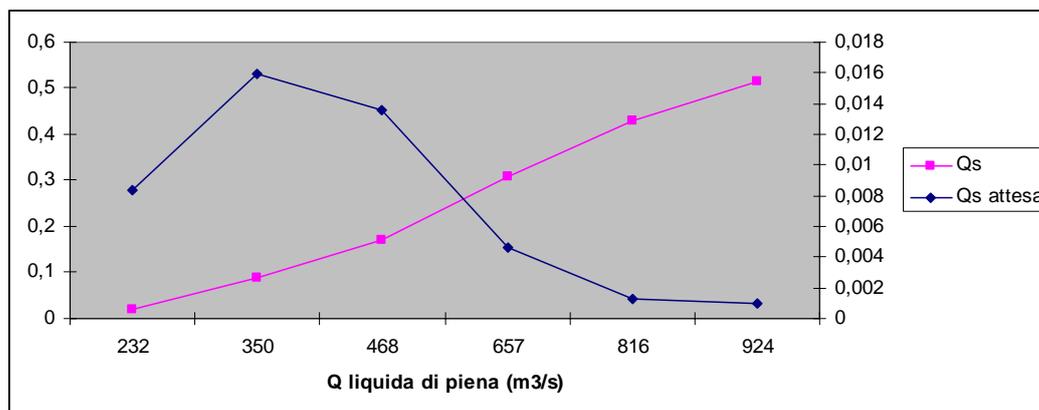
$$\Delta P(x_1) = [1 - 1/T_R(x_2)] - [1 - 1/T_R(x_1)] \text{ e assumendo per l'ultimo valore } x_n \text{ un } T_R(x_{n+1}) = \infty \text{ (numero molto grande).}$$

Si noti che si tratta di una procedura iterativa all'interno della quale, ad ogni passo (calore prova della geometria e quindi di Q_B) occorre risolvere una equazione implicita per ogni T_R perché si deve trovare l'altezza di moto uniforme che produce una portata pari a quella di quel tempo di ritorno, equazione non risolvibile in forma chiusa se la forma della sezione non è semplicissima (nel caso studio abbiamo assunto un doppio rettangolo: uno per il bankfull e uno per le golene).

¹⁵ Per supportare la coerenza di conclusioni qualitative su tipo morfologico si è adottata una formula di Wolman (1957), citato in Lebreton J.C. (1974), *Dynamique Fluviale*. Chez Eyrolles, Paris, 209 p., Cap.2.9, Cap.3.8 (Citato in Degoutte, 2006). La formula dà la pendenza soglia i_{lim} oltre la quale il tipo è presumibilmente wandering o braided: $i_{lim} = 0,013 * Q^{(-0,44)}$ tutto in m e m³/s. Un'altra formula simile è quella di Henderson (1966): $i_{lim} = 0,5 * D^{(1,14)} * Q^{(-0,44)}$ tutto in m e m³/s. Usiamo la prima per il tronco di valle perché, a causa dell'artificializzazione, la granulometria è quasi sicuramente alterata, avendo spostato i grossi a valle più del naturale...mentre a monte l'alterazione deve essere meno sensibile essendo già grossolona di per sé e quindi usiamo la seconda. NOTA: le formule valgono solo per fiumi in equilibrio.

¹⁶ Un'altra differenza fondamentale con FISRWG (1998) è che lì assumono esistere una relazione univoca tra pendenza dell'alveo i_A , pendenza della valle i_V e sinuosità s del fiume ($i_A = i_V / s$), mentre la presenza di salti artificiali (frequenti nei fiumi antropizzati, si pensi alle traverse di derivazione irrigua) altera anche sensibilmente questa relazione.

alterazione. In sostanza, l'idea è che sapendo come ha risposto in passato a dati interventi o modifiche di variabili di controllo, si dispone di un elemento per poter inferire cosa farà in futuro, anche a seguito di nuovi interventi.



(Q efficace: è la portata che massimizza il trasporto solido atteso (curva blu), definito come il prodotto tra capacità di trasporto (curva rossa crescente con la portata Q) e la probabilità associata (funzione del Tempo di ritorno, non riportato in figura)

Ipotesi e limitazioni:

- **Istantaneità:** si fa l'Hp che l'alveo trovi la sua nuova geometria "istantaneamente"; in realtà, ovviamente, ci sarà invece un transitorio che può durare anche diversi decenni e durante il quale le condizioni di rischio potrebbero essere diverse e anche peggiori di quelle attuali e di quelle previste per l'assetto di nuovo equilibrio (ammesso che la predizione sia corretta). Non si approfondisce ulteriormente questo punto in questo studio preliminare; ma se si dovesse arrivare a livello di progetto di fattibilità, occorrerebbe analizzare vari stadi intermedi e probabilmente escogitare una strategia per arrivare al nuovo equilibrio nel modo più indolore possibile (almeno si può fare, per le ALTs più interessanti, una verifica con la geometria attuale e l'assetto opere pianificato nell'ALT e vedere quanto è diverso il rischio).
- **Moto uniforme:** nella ricerca della soddisfazione della condizione di equivalore tra Q_{bankfull} e Q_{efficace} di cui si è detto sopra si dovrebbe fare simulazioni di moto almeno permanente perché: i) essendoci parecchi salti, il profilo potrebbe essere lontano all'uniforme (probabilmente un D2 in vari tratti) con cadente dei carichi totali maggiore e quindi maggiori tensioni tangenziali e trasporto solido; ii) perché ci sono esondazioni e quindi laminazione significativa verso valle. Però è estremamente oneroso dato che la geometria non si conosce ancora e va supposta; una soluzione è la seguente: partire dal profilo idraulico "corretto" per l'assetto attuale (cioè l'involuppo dei colmi determinati con modello di moto vario quasi 2D) e poi approssimare con moto uniforme assumendo sezione a doppio stadio; con questa approssimazione, ricercare la soddisfazione della condizione analitica $Q_{\text{bankfull}} = Q_{\text{efficace}}$. Una soluzione meno precisa, ma più semplice -quella da noi proposta- è poi la seguente: una volta fatta la predizione con l'Hp di moto uniforme, fare una verifica iterativa a posteriori: cioè, per almeno qualche valore di portata elevata e la nuova geometria prevista con l'Hp di moto uniforme, fare una simulazione di moto vario e ...verificare le differenze, sperando che siano accettabilmente piccole; eventualmente, inserire i nuovi tiranti/velocità per la verifica di $Q_{\text{efficace}} = Q_{\text{bankfull}}$ e reiterare modificando la geometria, sperando di arrivare a convergenza.
- **Coerenza geometrico-topografica:** la "fisicità" del sistema deve essere rispettata in particolare epr quanto riguarda la topografia del territorio e la geometria del nuovo alveo; più precisamente, la quota fondo in sezione a monte del generico Tronco x è data dai nuovi valori di: quota valle, pendenza e lunghezza; questa, più la h bankfull nuova, non deve emergere dal suolo : se ciò accadesse, significa

che quell'assetto non è fisicamente fattibile e quindi occorre rivedere la predizione e/o introdurre qualche modifica a livello di opere (es. un argine che si voleva rimuovere, deve invece rimanere); naturalmente, ha anche senso introdurre variazioni a livello di tratto, ma il valore risultante sull'intero tronco geomorfologico deve essere vicino a quello predetto, altrimenti si perde il senso dell'esercizio. NOTA: il caso simmetricamente inverso, cioè di nuovo alveo con quota del pelo libero corrispondente alla sua h bankfull inferiore al piano campagna ha invece senso : è una situazione in cui l'alveo continua a essere incassato, sebbene l'alveo nel nuovo equilibrio si sia ricostituito una nuova "pianuretta di inondazione".....ma tutto a quota più bassa. Questa può effettivamente essere spesso la realtà, per esempio quando a valle c'è una condizione al contorno imposta (es. quota alveo Oglio più bassa di quanto fu in passato)

- *Coerenza trasporto solido*: A rigore occorre anche una verifica di coerenza del trasporto solido: lo stesso tipo di analisi utilizzato per l'analisi di equilibrio (differenziale di capacità di trasporto dei tronchi, illustrato nel Caso studio) dovrebbe risultare coerente con la natura (produzione)/trasporto/sedimentazione dei diversi tronchi; in altre parole, se si è in zona di pianura dove probabilmente sedimenta, è logico vedere una diminuzione della capacità di trasporto rispetto al precedente tronco, etc. (questa verifica non è però stata svolta nell'applicazione).
- *Coerenza di sistema*: tutto quanto sopra vale per data condizione al contorno di valle (quota alveo) e di monte (disponibilità sedimenti e regime idrico) sia a livello di intero fiume, che di singolo tronco → è necessario che sussista una coerenza all'interno dell'intero sistema; per esempio, se si predice che un dato tronco si rialzerà sedimentando progressivamente, è necessario che da monte arrivino i sedimenti necessari per realizzare tale processo, mentre il tronco a valle potrebbe vedere una diminuzione dell'apporto e quindi rispondere in modo diverso. In assenza di un modello matematico che possa tener conto simultaneamente di questi vincoli intrinseci, l'unica opzione realizzabile consiste nell'iterare più volte l'intero processo predittivo; cosa peraltro estremamente onerosa.
- *Raffinamento dell'assetto dell'alternativa*: la morfologia determinata dalla predizione probabilmente conduce a incoerenze o infattibilità locali che richiedono una soluzione; oltre a rivedere la predizione stessa, una possibilità è modificare l'insieme delle opere assegnate a quell'alternativa ; questo introduce un ulteriore livello di iterazione.

La procedura operativa derivata da questa impostazione può sintetizzarsi come segue:



GEOMORFOLOGIA: sfide: geometria-morfologia future



Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

METODOLOGIA per dinamica geomorfo

- Per ogni tronco geomorfologico, individuare punti fissi (opere che restano: es. soglie)
- Individua da evoluzione storica la sua "natura" tipologica: lo stato ex è modello riferimento, ma va corretto se frequenza Q e/o apporto solido si è ridotto, o se restano opere
- Ipotizzare il nuovo tipo planimetrico (*) e le modifiche di geometria sulla base di sua "natura" e in base a ragionamenti ingegner-morfologici qualitativi, considerando tendenza dell'equilibrio attuale (ed erosione a breve), il vincolo da opere dell'ALT e la presenza di paleoalvei/annessi catturabili e immaginando meandri che si spostano o alveo wandering che si "sparge"
- Per ogni tratto dove le condiz di coerenza analitica sono applicabili (vedi prima), cercare iterativamente sezione e pendenza che soddisfino le condizioni (una o l'altra): i) $Q_{\text{efficace}} = Q_{\text{bankfull}}$; ii) volume solido medio annuo = cost ← foglio di calcolo che determina capacità di trasporto, $Q_{\text{efficace}}, Q_{\text{bankfull}}$ partendo da w,h ed i attuali equivalenti (cioè quelli che nella simulaz idraulica danno stesso comportamento medio della realtà, che è più articolata per ogni sottotratto)
- Per tratti liberi verificarne coerenza con Teoria del regime (equazioni empiriche)
- Verificare coerenza di sistema (eventuali variazioni quote; flusso sedimenti;...) e quella geometrico-topografica ed eventualmente iterare

NOTA: occorre iterare su assetto ALT perché occorre probabilmente prevedere nuovi interventi correttivi e quindi rivedere pure la fascia erodibile

(*: in questo occorre considerare i paleoalvei e l'Uso del suolo attuale perché è sensato ipotizzare che una certa "guida" all'evoluzione ci sarà per indirizzare l'alveo verso dove da meno fastidio. Occorre però mantenere il passaggio per i punti di rigidità (ponti, traverse) che si è deciso di mantenere in quell'ALT)

3) Caso studio: il fiume Chiese (prov. Trento e Brescia)



F. CHIESE (TN, BS)
- Area bacino: 1400 km²
- L fiume: 180 km
- L studiata: 80 km
- Q media:
- Q 200: 750 mc/s



3.1. Sulla scelta del Fiume Chiese: significatività e generalizzabilità

E' lecito chiedersi se il Chiese è un buon caso di studio o meno. Esso è stato scelto principalmente perché, nonostante sia dotato di una buona mole di dati (specialmente quelli reperiti e prodotti nell'ambito dello Studio di Fattibilità redatto per l'Autorità di bacino del Po nel 2004, nel seguito citato come SdF), è stato oggetto di ulteriori attività di studio meno degli altri e quindi il nostro progetto poteva apportare anche un contributo in tal senso.

In ogni caso, criteri possibili per stabilire la bontà di un caso studio per i nostri fini sono illustrati nella seguente figura e nella successiva è illustrata una sintetica disanima:



COME stabilire se il caso studio è BUONO?



- ❑ Deve permettere di verificare se si può avere più Natura e meno Rischio/Costi → occorre poter identificare ALTERNATIVE furbe, cioè occorre individuare situazioni dove:
 - c'è rischio a valle (riducibile laminando a monte)
 - ∃ zone con uso del suolo di basso valore ("sacrificabili"), quindi ampie zone ancora di tipo rurale
 - ci sono molte opere da ridiscutere
 - eventi superiori a quello di progetto (Tr 200) allagano zone di valore significativo (rischio residuo)
 - ci sono squilibri geomorfologici da sanare
- ❑ Devono esserci dati di base (in particolare l'idrologia, l'uso del suolo, la topografia dell'alveo -sezioni- e la caratterizzazione dei sedimenti)
- ❑ Deve essere rappresentativo di situazioni frequenti per avere un valore di generalizzabilità



CHIESE è buon caso?



- ❑ (+) Ha moltissime opere
- ❑ (+) Ci sono ampi spazi da recuperare a valle di Gavardo
- ❑ (-) Ha poco rischio in generale anche per eventi > 200
- ❑ (-) Dove ci sarebbe spazio da ridare, la Q500 è contenuta nelle arginature presenti e quindi arretrare argini → aumenta il rischio inondazione! Inoltre, a valle di tali zone non ci sono grandi situazioni di rischio che possano beneficiare di maggior laminazione a monte
- ❑ (-) Ridare possibilità di divagazione in grande peggiora la situazione nel bacino: o si aumenta il rischio geomorfo, o si cambia uso del suolo, perdendo valore; e d'altra parte, il possibile riequilibrio trasporto solido (esternalità positiva) per il Chiese appare a prima vista irrilevante perché SdF ha concluso che è stabile (o stabile moribound? ← da verificare)
- ❑ (-) Costi investimento in opere risparmiati...sono bassi, perché è solo la componente OMR, dato che la maggioranza delle opere già esiste
- ❑ (-) Esiste forse qq possibilità di incremento di zona di espansione con traverse a bocca tarata, ma ...è limitata e non si tratta di vera RF

(Q500: portata di picco di piena con tempo di ritorno di 500 anni; OMR: Operation, Maintenance and Replacement cost; RF: Riquilificazione Fluviale. In realtà, la verifica su stabilità geomorfologica attuale, eseguita successivamente a questa prima riflessione, ha rivelato un fiume tutt'altro che stabile, soprattutto nel tratto pedemontano e di alta pianura: appare infatti ancora soggetto ad erosione spondale e incisione e dotato di forza distruttiva, come ha mostrato l'evento del 1976 nel quale furono distrutte quasi tutte le traverse –poi in gran parte ricostruite; può quindi essere classificato meglio come "instabile-bloccato")

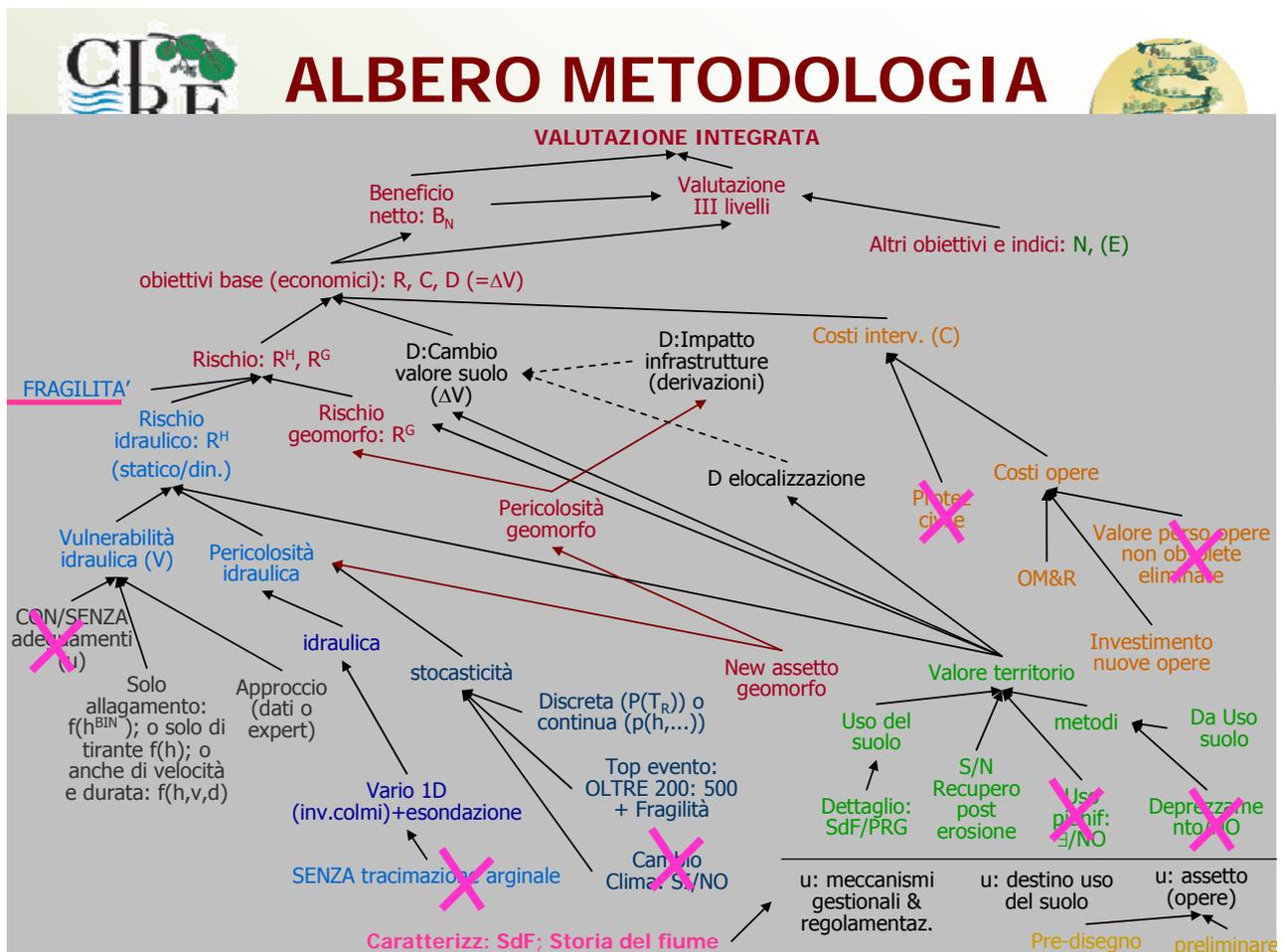
In definitiva, quindi, non può essere definito a priori un caso ideale, ma d'altra parte la nostra ambizione è costruire una metodologia che possa fornire indicazioni in molti casi, non necessariamente ideali. Pertanto, il Chiese è stato accettato come caso pilota perché, sotto certi aspetti, fornisce una certa assicurazione di valenza generalizzabile, caratteristica a nostro avviso è molto importante.

A posteriori, possiamo poi giudicare che invece si è dimostrato un caso molto interessante.

3.2. Livello di approfondimento adottato (Hp. semplificative)

Rispetto alla metodologia generale ci si è collocati a un determinato livello di semplificazione, sufficientemente "leggero" da permettere un'applicazione relativamente non onerosa a tutti i casi dotati di uno studio di fattibilità analogo allo SdF-Chiese di cui si è detto più sopra, e al contempo sufficientemente dettagliato da fornire risultati significativi. Naturalmente, raffinamenti sono possibili e auspicabili.

Le seguenti due figure illustrano lo schema concettuale adottato con specificazione del Livello di valutazione sviluppato.






VALUTAZIONE SCHEMA ADOTTATO

- Livello I: Valutazione degli obiettivi chiave: Rischio R, Costi C, Natura N, Disturbo D, (Esterneità E)
- Livello II: ...non si sviluppa, perché richiede una forte interazione con gli stakeholders
- Livello III: Efficienza economica via Analisi Costi-Benefici "nucleo" (senza aspetti ambientali ed esternalità) + R, D, C, N, E

NOTA:

- cominciamo con ACB perché alcune grandezze chiave provengono da lì
- Senza Livello II, il Livello III è meno chiaro, ma....ok

La seguente slide elenca le principali posizioni semplificative assunte che sono comunque discusse più approfonditamente nel capitolo Valutazione:




VALUTAZIONE: ipotesi semplificative

- IDROLOGIA/PROBABILITA' eventi: discretizzata: T_R 2, 20, 200, 500; scenario Lago IDRO: OK Hp SdF regolazione (*) → tagliare idrogrammi (**); condizione valle Oglio associata a T_R (non come SdF che assume T_{R200} fisso)
- ZONE ALLAGABILI/ERODIBILI: approccio quasi 2D dinamico (involuppo colmi), con traccimazione (senza rottura) ← Mike11 con rete esondazione laterale prestabilita (iterazioni); inondazioni associate ad assetto geomorfo finale (estrapolando orizzontalmente quote in alveo e ignorando volumi: vedi NOTE dopo); erosione progressiva in orizzonte previsto per nuovo assetto
- DANNI: solo i) RISCHIO per tangibili diretti + indiretti prod. agricola + industriale; no intangibili (vite umane), ma qq su esternalità,.... ii) perdita di valore suolo per cambio Uso eventualmente previsto (da noi) in ogni ALT; iii) si considera rischio residuo (ma ignorando "franco idraulico")
- VULNERAB: funzione solo di tipo uso suolo e Hp binaria: allagato o no (Hp $h = 1m$ e $T = 3gg$ e costante in ogni stagione....)
- OPERE: no valore residuo opere \exists (approccio differenziale); rimozione opere non costa nulla (solo avvio, poi *let-the-river-do-it*); costo indep. altezza argini
- USO SUOLO: i) Sviluppo territoriale: assunto "già realizzato"; ii) ALTs vedono modificato Uso dove > impattato (post valutazione idraulica); iii) No deprezzamento edifici esistenti per età o incremento inondazioni (si aumento frequenza eventi)

3.3. Dati e loro preparazione

3.3.1. Fonti indagate e dati ottenuti

Autorità di bacino del Po:

- Studio di Fattibilità della Sistemazione Idraulica (2004): - del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza; - del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle

del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio. Nel seguito indicato come "SdF"

- Autorità di bacino del fiume Po, "Analisi tecnico-conoscitive e sperimentazioni tecnico-idrauliche riguardanti la vulnerabilità degli impianti sportivi e turistico-ricreativi nelle fasce fluviali definite dal PAI - progetto CanoaPo", 2009
- "Progetto strategico per il miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica del territori di pianura lungo l'asta medio - inferiore del fiume Po" (luglio 2005)

Regione Lombardia:

- CT10 Base dati geografica – scala 1:10000 (formato dei dati numerico vettoriale – shapefile)
- Corine Land Cover 90 Uso e copertura del suolo – scala 1:100.000 (formato dei dati numerico vettoriale – shapefile)
- Base Informativa Uso del Suolo – progetto DUSAF scala 1:10.000 (formato dei dati numerico vettoriale – shapefile)
- Banca dati Mosaico degli strumenti urbanistici comunali (formato dei dati numerico vettoriale – shapefile)
- Programma di tutela e uso delle acque
- "Atlante della Bonifica e dell'irrigazione – Progetto S.I.B.I.Te.R, Sistema Informativo per la Bonifica, l'Irrigazione e il Territorio Rurale “ Regione Lombardia – Unione Regionale delle Bonifiche dell'Irrigazione e dei Miglioramenti Fondiari per la Lombardia.
- "Opere e manufatti della bonifica e dell'irrigazione” - Regione Lombardia – Unione Regionale delle Bonifiche dell'Irrigazione e dei Miglioramenti Fondiari per la Lombardia.

Archivi di Stato di Mantova, Brescia, Milano, Venezia:

- carte storiche (secoli XX, XIX, XVIII) utilizzate al fine di ricostruire la vicenda morfologica del fiume Chiese

AIPO Mantova:

- Sezioni trasversali e profilo longitudinale del fiume Chiese, da Gavardo fino alla confluenza in Oglio, anno 1972
- Dati di spesa per manutenzioni ordinarie, pronti interventi e interventi di somma urgenza

Consorzio Medio Chiese:

- Studio della laminazione delle piene del Lago d'Idro – Prof. Luigi Natale
- "STORIE D'ACQUE, DI TERRE E DI UOMINI" - Consorzio di Bonifica Medio Chiese

Internet:

- Progetto AVI (Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità geologiche ed idrauliche) – Centro Nazionale delle Ricerche – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche
- Progetti europei: FLOODsite, AQUAMONEY, SCARCE, FLOODPROBE

Altre informazioni sono naturalmente state reperite in pubblicazioni di letteratura o rapporti di settore: si veda la sezione bibliografia.

3.3.2. Conversione dati geografici e sistema adottato

Shapefiles GIS provenienti da diverse fonti erano in genere caratterizzati da sistemi geografici diversi e, spesso, non dichiarati esplicitamente ("unnamed"). Abbiamo dovuto quindi individuare il sistema geografico e quindi convertire in un unico sistema tutta la cartografia di interesse. Il sistema scelto è WGS84.

3.4. Caratterizzazione geomorfologica

3.4.1. Importanza degli aspetti geomorfologici

Come anticipato nell'introduzione, uno sforzo decisamente superiore al previsto è stato dedicato a questa tematica. Affrontare gli aspetti geomorfologici fluviali risulta infatti di fondamentale importanza per poter comprendere il carattere del fiume stesso; per guidare la definizione di nuove possibili alternative di assetto e soprattutto per prevedere la nuova geometria –essenziale per poter effettuare le simulazioni idrauliche- e le zone erodibili, componente significativa del rischio. Inizialmente, si pensava che il fiume non fosse dotato di particolare dinamica e che quindi tale componente risultasse secondaria, ma a un'osservazione più attenta il suo carattere si è rivelato alquanto più giovanile. In fin dei conti, l'analisi geomorfologica costituisce forse la componente con maggior contenuto innovativo e sperimentale che può servire da stimolo e guida per casi analoghi anche se certamente merita di ulteriori approfondimenti.

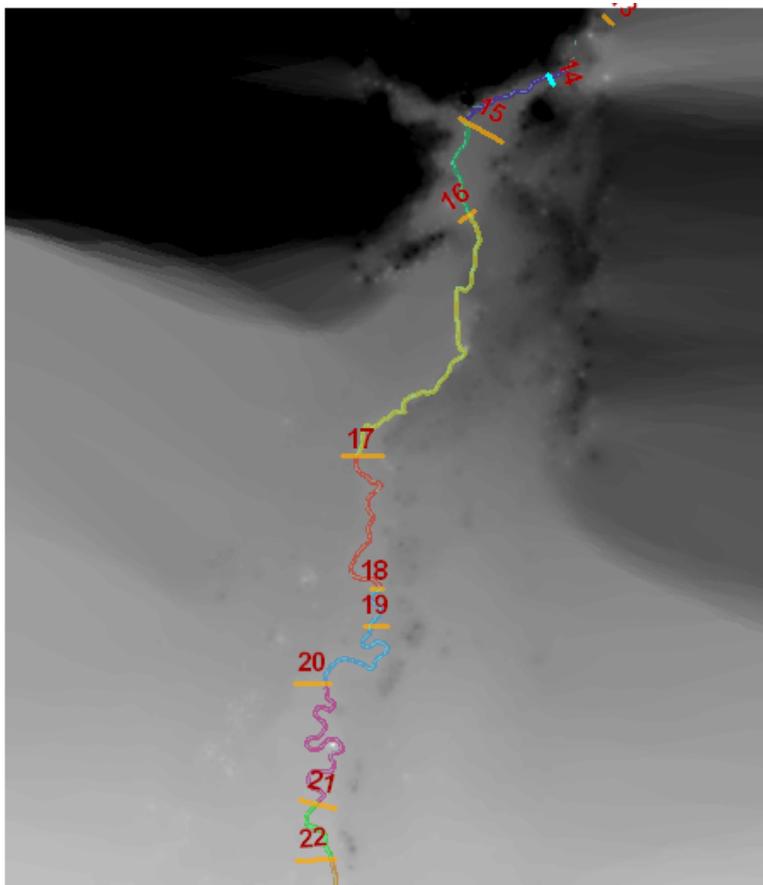
3.4.2. Realizzazione di un modello digitale del terreno

Un elemento informativo di grande interesse sia per caratterizzare il comportamento fluviale, sia per individuare le zone esondabili è una rappresentazione informatizzata della superficie topografica di dettaglio sufficiente, cioè un Modello Digitale di Elevazione del terreno (DEM Digital Elevation Model).

La sua elaborazione è oggi molto semplice grazie a software applicativi come ArcGIS, ma realizzarlo ha richiesto l'introduzione di circa 5000 punti quotati aggiuntivi rispetto a quelli (circa altrettanti) già caricati nello shapefile vettoriale della CTR (Regione Lombardia - CT10 Base dati geografica - scala 1:10.000 - Banca Dati completa dei principali livelli informativi, rivisti e aggiornati: Limiti amministrativi, Strade, Elettrodotti, Ghiacciai, Idrografia e altro - Vers. 1.3 - Copertura territoriale: tutto il territorio regionale - Formato dei dati: numerico vettoriale (shapefile) - Edizione 2006).

Si è avuto cura di non includere punti relativi a rilevati arginali prossimi al fiume perché uno scopo fondamentale del DEM è proprio permettere di studiare l'esondazione ed è quindi utile avere una descrizione della pianura naturale; i rilevati arginali sono invece considerati come parte integrante delle sezioni topografiche trasversali che caratterizzano la geometria del corso d'acqua (disponibili nello SdF).

Il nostro DEM non esiste inoltre nella zona dell'alveo vero e proprio, perché lì non erano ovviamente disponibili quote nella CTR, mentre per definizione il territorio presenta un'anomalia.



(in questa figura i numeri indicano le sezioni di inizio dei tronchi geomorfologici da noi individuati)

3.4.3. Classificazione geomorfologica

Per poter comprendere il comportamento fluviale e arrivare a predirne la geometria fluviale è utile effettuare una classificazione in tronchi geomorfologicamente omogenei. A tal fine abbiamo adottato la metodologia di Gary Brianry e Kirstie Fryers (2005) denominata “The River Styles approach”⁽¹⁷⁾. Questa metodologia (richiamata più volte anche nel recente Manuale ISPRA, Rinaldi et al., 2010) si basa sui seguenti concetti:

- considerare allo stesso tempo diverse scale spaziali, da quella di paesaggio/bacino, fino a quella di forme locali fluviali e della piana
- considerare allo stesso tempo le forme e i processi, particolarmente nel senso di “comportamento fluviale” (grado di confinamento e processi erosivi/deposizionali; la dinamica di migrazione dei canali fluviali; l’interazione con la piana adiacente; le modalità di trasporto solido,...) per diversi regimi di portata
- considerare tanto l’idrologia, la geometria e idraulica (velocità e azioni erosive deposizionali locali), come i sedimenti e il trasporto solido, e la vegetazione che è allo stesso tempo figlia e madre di un dato assetto.

Con tale approccio, abbiamo considerato i seguenti attributi:

- grado di *confinamento* imposto dalla valle : unità di paesaggio, larghezza e pendenza della valle
- *planimetria*: tipo morfologico, sinuosità dell’alveo, stabilità (qualitativa), allineamento con la valle
- *artificialità*: presenza di opere che modifichino la continuità laterale (opere di portezione spondale o arginature), o longitudinale (briglie o traverse, soglie)
- *insieme di unità geomorfologiche di piana nel corridoio*: terrazzi, paleoalvei, sacche di sedimenti, depositi morenici,...zone umide collegate
- *idem in alveo*: barre, isole, pozze, levees
- *sezione alveo*: tipo forma e rapporto h/w, simmetria, dimensione, banchi/scaloni (banks/ledges)
- *sedimenti*: materiali letto; tipo di trasporto (fondo, sospeso, mix)

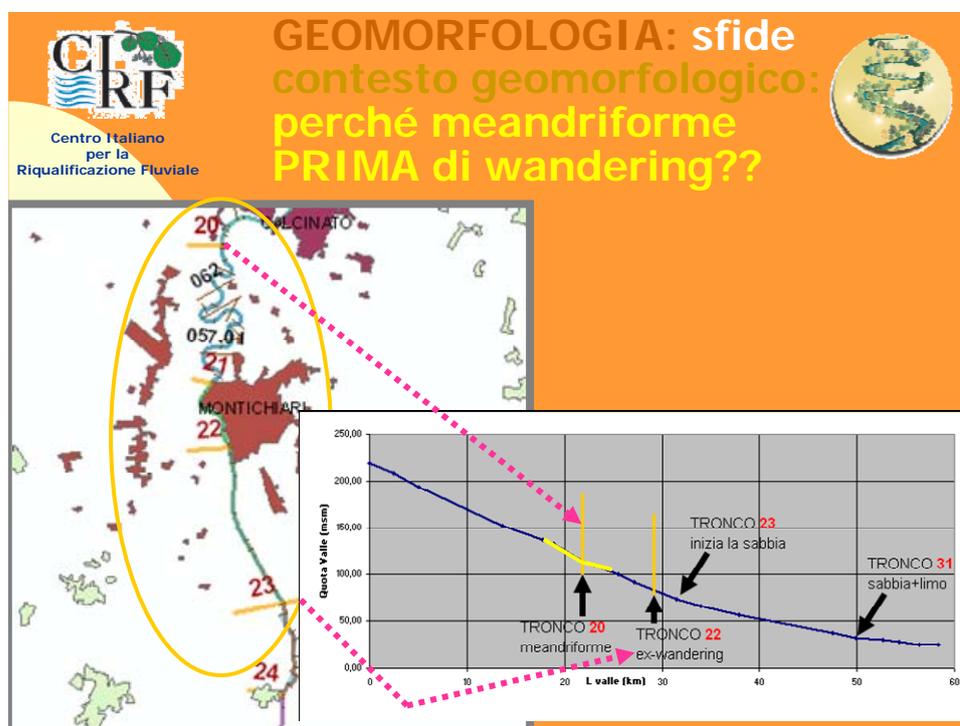
Il risultato dell’elaborazione effettuata su GIS è mostrato nella figura precedente riportante il DEM e i tipi fuviali individuati sono i seguenti (con relativo identificatore di tronco geomorfologico per il caso studio):

ID	River_Styl	SEZ_SdF	L prog (km)
13	A1-Montano, semiconfinato, sinuoso, ciottoloni e massi		0,0
14	A1-Montano, semiconfinato, sinuoso, ciottoloni e massi	113	2,9
15	A1d-Pedemontano, semiconfinato, sinuoso, sed grosso, difese spondali, controlli verticali	108.01	5,9
16	Bd-Pedemontano, semiconfinato, sinuoso, sed grosso, difese spondali, controlli verticali	99.03	15,5
17	B-Pedemontano, semiconfinato, sinuoso, sed grosso	83P	20,8
18	C-Pianura-morenica, semiconfinato, meandri, sed grosso, poco difeso e qq controllo verticale	75.02P	22,3
19	C-Pianura-morenica, semiconfinato, meandri, sed grosso, poco difeso e qq controllo verticale	72P	26,5
20	Cd-Pianura-morenica, semiconfinato, meandri tortuosi, sed grosso, molto difeso e qq controllo verticale	064M	33,4
21	D1d-Pianura-morenica, semiconfinato, sinuoso, sed grosso, molto difeso e qq controllo verticale	055.01	35,5
22	Dd-Pianura-morenica, non confinato, rettificato, sed grosso, molto difeso	52P	39,8
23	E-Pianura-morenica, non confinato, wandering, sed grosso	47	42,6
24	Fd-Pianura media, non confinato, sinuoso-rettificato, ghiaia, molte difese, punti fissi fondo	44P	47,0
25	G1-Pianura, semiconfinato, sinuoso, ghiaia, punti fissi fondo	36P	57,5
26	G1-Pianura, semiconfinato, sinuoso, ghiaia, punti fissi fondo	021.01P	60,4
31	H-Pianura, non confinato, meandri, sabbia fine	18S	64,5
27	H1d-Pianura, semiconfinato, meandri, sabbia fine, punti fissi fondo	012	66,3
28	H1-Pianura, semiconfinato, meandri, sabbia fine	010	70,6
29	H-Pianura, non confinato, meandri, sabbia fine	003	72,6
30	H-Pianura, non confinato, meandri, sabbia fine	001	72,6

Questi sono i tronchi considerati per le successive analisi effettuate, a meno di specifici approfondimenti e distinguo. Va notato che all’interno di questi tronchi esistono salti di fondo per cui la pendenza (non riportata in questa tabella, ma presente insieme a molti altri attributi, in quella originale GIS) è data dal dislivello ridotto del salto interno totale, diviso per la lunghezza del tronco stesso.

¹⁷ Brierley Gary J. and Kirstie A. Fryirs (2005): Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework. Blackwell Publishing, Carlton –Australia.

Vale la pena di sottolineare una curiosità relativa al Tronco 20: come mai un tronco meandriforme si presenta a monte di uno sinuoso che, come si discute più avanti, era in realtà di natura wandering, quando la sequenza normale è all'inverso?



La figura mostra che la pendenza della valle spiega bene questo fenomeno (e quella dell'alveo la segue da vicino: Tronco 20: 0,33 → 0,23 → 0,30 → 0,29): il Tronco 20 vede una sensibile riduzione, mentre a valle di esso c'è un nuovo aumento, fino alla 23 dove un nuovo decremento convive con la apparizione di sabbie per poi arrivare ai sedimenti fini nella 31, dove effettivamente la pendenza a un definitivo calo.

3.4.4. Analisi dell'attuale stato di equilibrio

Per arrivare a predire il comportamento del fiume è importante conoscerne l'attuale situazione di equilibrio o dis-equilibrio geomorfologico.

Diversi sono i mezzi utilizzati da noi per arrivare a stabilire lo stato di equilibrio:

- Evidenze di modifica recente dell'alveo: planimetrica da confronto bankfull (rifatti¹⁸) recenti ('95-'02) (¹⁹); altimetrica da confronto profili longitudinali recenti (disponibile però solo il 2002 e il 1972, troppo lontano per i fini dell'analisi di equilibrio attuale e quindi non utilizzato);
- Evidenze di campo (foto da terra e schede opere e rilievi in campo): osservazione sponde in erosione, presenza su tratti significativi di barre vegetate (tendenza all'incisione) o al contrario

¹⁸ I bankfull SdF presentano in diversi casi un aspetto non convincente (alcuni sembrano una semplice replica di quello di un altro anno con scarsa aderenza al reale assetto; e in generale sembrano più ampi del dovuto). Per questo, e in vista soprattutto dell'analisi delle tendenze evolutive, li abbiamo ritracciati per ogni anno (1885, 1945, 1995, 2002) correggendo gli shapefile SdF.

¹⁹ Si noti che "equilibrio dinamico" non significa "fissità", ma mantenimento –nel medio periodo– della stessa tipologia fluviale e sue caratteristiche; quindi un tratto meandriforme in equilibrio tipicamente si sposta con una sponda in erosione e l'opposta in deposizione, ma la larghezza dell'alveo, la sua pendenza e la geometria della sua sezione si mantengono sostanzialmente invariate (nella sezione, il canale più profondo si sposterà via via verso la sponda opposta, quando la curva si inverte).

sopraelevate (tendenza all'aggradazione); condizione della vegetazione riparia (alberi inclinati, divelti o crollati ...segnale di allargamento e/o incisione) (altre evidenze, basate per esempio sul corazzamento dei sedimenti del fondo –segnale di carenza di fini quindi in generale di condizioni deficitarie- sono possibili solo con indagini ad hoc non ricavabili dai dati SdF)

- c) Confronto capacità di trasporto solido (²⁰) dei diversi tratti: un incremento di capacità di un tratto rispetto al precedente a monte indica una tendenza all'erosione nel secondo e viceversa; con questa informazione è possibile osservarne: i) la coerenza con le indicazioni dall'analisi di evoluzione morfologica (a); ii) in tratti senza segni erosione-sedimentazione e dove non può esondare: la portata solida –e presumibilmente la capacità di trasporto- dovrebbe essere costante (altrimenti il tratto si sta ancora assestando); iii) in tratti canalizzati con segni di erosione la capacità di trasporto è probabilmente maggiore di quella di adiacenti tratti liberi in equilibrio (perché non si è ancora completato il processo di aggiustamento).

La seguente figura riporta i risultati relativi all'ultimo punto (²¹):

²⁰ NOTA: la capacità trasporto Q_s si stima con formule che (almeno in pianura) hanno senso per fiumi in equilibrio dinamico, dove esiste una corrispondenza bilanciata naturale tra diametro granulometria e sezione bankfull e portata; in fiumi artificializzati come il nostro, e in particolare nei tratti canalizzati (analogamente a quanto succede a valle di sbarramenti), è probabile vedere un impoverimento di sedimenti fini perché spazzati via da innaturali velocità e/o non ripasciuti: la formula di trasporto, che stima la capacità di trasporto sulla base della granulometria presente (misurata in alveo), vede quindi un diametro maggiore di quello circolante in realtà e conclude che ...si trasporta meno del reale (un caso limite citato da Wilcock è quando si abbia un affluente che trasporti moltissimi fini subito a monte della sezione di stima Q_s in un alveo alterato morfologicamente e con velocità maggiori del naturale (es. canalizzato): lì non si vedono, ma invece ...passano eccome!). Peggio ancora se i sedimenti sono ESTRATTI in operazioni di "pulizia" delle traverse (cosa che pare avvenire periodicamente anche sul Chiese)! In sostanza, quindi, le formule, anche se –al meglio– possono stimare correttamente il trasporto associato ai diametri presenti, possono dare esiti sbagliatissimi nel fare il bilancio sedimenti e quindi nello stimare l'evoluzione morfologica (incisione, sedimentazione). Vanno quindi utilizzate con molta cautela.

Nello SdF si adotta MORIMOR (un modello di trasporto solido ed evoluzione altimetrica realizzato da IRSES-ENEL, peraltro molto completo) senza discutere le cautele di cui sopra. I loro bilanci inoltre mostrano ...sbilanci in volume anche forti che non commentano. Inoltre, hanno considerato diverse portate di piena (10, 50, ..., 500), ma non è chiaro come le abbiano aggregate, cioè se calcolando il valore di trasporto atteso (pesato con le relative frequenze) o meno. Per l'analisi di equilibrio ha più senso considerare le portate formative che le massime perché è quella che determina la forma dell'alveo; vero è che, soprattutto nel tratto montano, la portata formativa è probabilmente maggiore della Q_2 (piena biennale), ma prevalentemente non dovrebbe essere molto lontana.

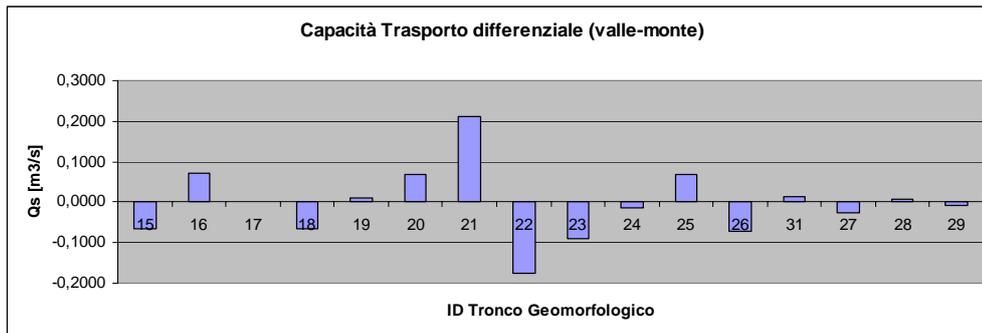
Infine, e molto importante: nello SdF la granulometria è determinata sostanzialmente solo sullo strato superficiale e quindi sicuramente sovrastima i diametri per il sicuro corazzamento presente → ne consegue una sottostima della capacità di trasporto e quindi della dinamica evolutiva (in particolare della tendenza erosiva).

²¹ Formula di Meyer-Peter-Muller modificata da Ramez (1995) e adattata da noi:

$$Q_s = 32 [(\tau^* - \tau_s)]^{3/2} D_{50}^{3/2} \quad \text{capacità di trasporto solido secco senza vuoti}$$

con $\tau^* = i R / [(\gamma_s/\gamma_w - 1) D^{50}]$ dove i e R sono i pesi specifici di solidi (s) ed acqua (w), i è la pendenza del tronco e R il raggio idraulico della sezione (tutto in unità SI).

Il termine τ_s è il valore soglia sotto il quale non c'è trasporto, che per granulometrie uniformi vale 0,047, per quelle distribuite è consigliato pari a 0,138 quando però il diametro è quello medio dell'intero strato di sedimenti, incluso quello superficiale. Dato che però la granulometria a ns disposizione dallo SdF è quella superficiale, l'abbiamo arbitrariamente ridotta (con un fattore pari a 0,7) e allo stesso tempo –per il tronco caratterizzato da granulometria grossolana (fino al Tronco 20)- abbiamo tarato il valore della soglia (0,074) in modo da ottenere una capacità di trasporto coerente con i valori forniti dalla formula di Armanini utilizzata nello Studio di Fattibilità; per quelli di valle, invece, di granulometria decisamente più fine ed uniforme, abbiamo utilizzato il valore standard 0,047.



Dalla nostra analisi, svolta con questi tre approcci che insperatamente hanno dato risposte per lo più coerenti (salvo i casi in cui il differenziale di capacità di trasporto è molto basso e quindi poco significativo), si ricava che:

- da monte fino al Tronco geomorfologico 17 compreso (nostra classificazione) l'alveo si presenta in equilibrio morfologico o in condizioni "stabile" (cioè bloccato da opere di difesa)
- il Tronco 18 è un po' contraddittorio in quanto appare in lieve restringimento, ma anche con alcuni tratti compatibili con processi di sedimentazione, forse per migrazione meandri
- il Tronco 19 appare sostanzialmente in equilibrio, ma alcune difese al piede mostrano una erosione tendenziale. È curioso che nei tratti di valle spariscono i sedimenti grossi che poi però riappaiono nel seguente tronco: forse indicatore di un dragaggio?
- Dal Tronco 20 e fino al 24 prevale la tendenza a restringimento-incisione, anche se ci sono anomalie. Il Tronco 20, in particolare mostra un restringimento sensibile, sembra inoltre in incisione (alberi di sponda inclinati e presenza di molte difese spondali al piede rinnovate – e quindi soggette a scalzamento- insieme a una carenza di sedimenti e scarpate spesso pronunciate); ma c'è anche un'anomalia notevole nella sez.59 SdF con una grande barra centrale, forse però legata più a mobilitazione locale che a vera aggradazione
- Il tronco 21 è in restringimento moderato e si osserva una significativa incisione (nella sez. 54-01 c'è però una tendenza all'allargamento locale)
- Il tronco 22 è in restringimento debole (con un allargamento locale), e tendenza all'incisione; il tratto finale è però in sedimentazione, ma forse a causa della traversa a valle
- Il tronco 23 ha un bilancio allargamento-restringimento lievemente a favore di quest'ultimo, ma con forte dinamica; mostra d'altra parte a valle una netta sedimentazione (barre estese) molto probabilmente causate dalla traversa a valle
- Il tronco 24 mostra forse un lieve restringimento, e una netta tendenza all'incisione (alberi, difese al piede scalzare, barre assenti) con anche lieve erosione di sponda associata
- Dal tronco 25 pare di rilevare una maggior vicinanza al riequilibrio. In particolare, nel 25 si osserva un lieve restringimento e con incisione presente a tratti (alberi e difese lievem.scalzate), ma a valle pare ora vicino a stabilità con inizio formazione barre (causate dalla traversa valle)
- Il tronco 26 presenta un lieve allargamento e una tendenza sedimentante, causata probabilmente dalla traversa a valle
- Il tronco 31 (successivo al 26) è sostanzialmente stabile come larghezza (debole bilancio in restringimento ma anche allargamenti locali, es. in località Tavanelli) e pare più un riequilibrio (molti alberi in sponda inclinati, ma paiono già di una certa età; tratti di valle in allargamento, inizio formazione barre); ma non esclude incisione
- Il 27 è in condizioni simili al precedente
- Il 28 è simile al precedente, ma il bilancio planimetrico si chiude in lieve allargamento
- Il 29 è come il 31

Le conclusioni dello SdF sono in sostanza le seguenti:

- da monte fino al tronco geomorfologico 20 (nostra classificazione): stabile (cioè scarsa mobilità planimetrica e trascurabile mobilità altimetrica)
- dal 21 al 26 compresi: lieve restringimento e moderata incisione
- i successivi sono sostanzialmente stabili

Va notato che l'analisi SdF di stabilità è diversa dalla nostra "di equilibrio": i) considera variazioni in 150 anni, non le sole tendenze recenti; ii) definisce "alveo instabile planimetricamente" anche quando c'è erosione spondale associata a una normale meandrazione (che invece per noi è "eq.dinamico" se la larghezza e tipologia non viene modificato!). Inoltre, tale analisi SdF appare basata, nel caso del Chiese, sostanzialmente sul confronto tracciati bankfull e osservazioni da terra. Indipendentemente, lo SdF (Relazione Trasporto solido) ha anche esaminato però la tendenza evolutiva altimetrica per via simulazione con il modello MORIMOR già ricordato in nota 20; quelle conclusioni non sono però stranamente richiamate nell'analisi suddetta; esse comunque sono sostanzialmente analoghe, anche se lo SdF riporta una tabella dove in realtà in diversi casi appaiono differenze notevoli di volumi erosi tra un tratto che farebbero concludere invece variazioni altimetriche significative.

In definitiva, la nostra analisi e quella di SdF sono abbastanza coerenti, salvo per alcuni tronchi (particolarmente il 20 e 26) e per una maggior risoluzione della nostra analisi.

In conclusione il nostro fiume, almeno a partire dal Tronco 20, si può definire in condizioni "stabile moribondo con eccesso di capacità di trasporto", condizioni che gradualmente verso valle vanno smorzandosi essendo il fiume più vicino al riequilibrio morfologico; "moribondo" sta a indicare la impossibilità di esprimere la propria dinamica a causa delle protezioni arginali, spondali o del profilo altimetrico; "eccesso di capacità di trasporto" significa che l'assetto attuale (sostanzialmente un alveo più corto e pendente dell'originale) non ha ancora raggiunto nemmeno la stabilità vera e propria, nonostante le traverse che bloccano la quota di valle di vari Tronchi) e continua ad erodere il letto con un progressivo abbassamento, e associato restringimento, gradualmente (nel tempo) in diminuzione.

3.4.5. Evoluzione storica: la "Storia del fiume"

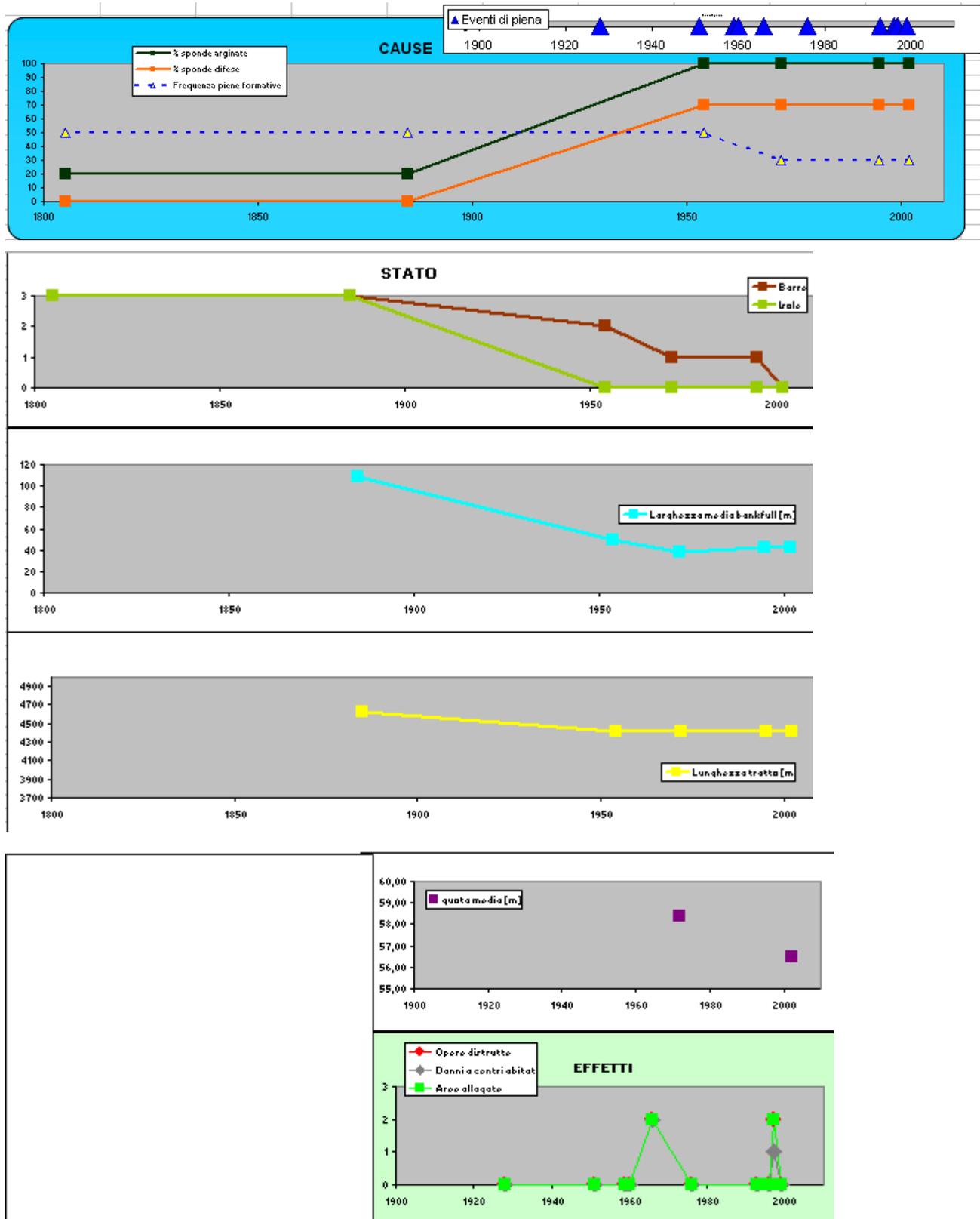
La raccolta di dati storici nei diversi Archivi di Stato (Brescia, Milano, Venezia, Mantova) e nei Consorzi irrigui (Consorzio Medio Chiese; Consorzio tra Chiese e Mella) ha fornito molte informazioni di notevole interesse che dimostrano, nel complesso, come il fiume sia stato oggetto di interventi già nel tardo medioevo e che all'inizio dell'800 gran parte delle arginature erano già stati realizzati. Molto interessanti sono poi i dibattiti attorno ai diversi problemi generati da un fiume molto attivo e attorno alle corrispondenti possibili soluzioni: diverse alternative venivano dibattute anche per anni e interventi su interventi si sono susseguiti senza sosta.



Archivio di Stato di Milano - Genio Civile Cartella, 483: nel 1805: c'è altra mappetta (a ca 1/3 del faldone) con progetto di vari pennelli zona Mazzuchelli a protezione del ponte strada per Mantova .

Per sintetizzare questa mole di informazioni, ovviamente perdendone il fascino storico, abbiamo costruito i diagrammi della “Storia del fiume”, almeno per il periodo dall’800 ad oggi, più documentato.

Eccone un estratto come esempio (Tronco geomorfo 24):



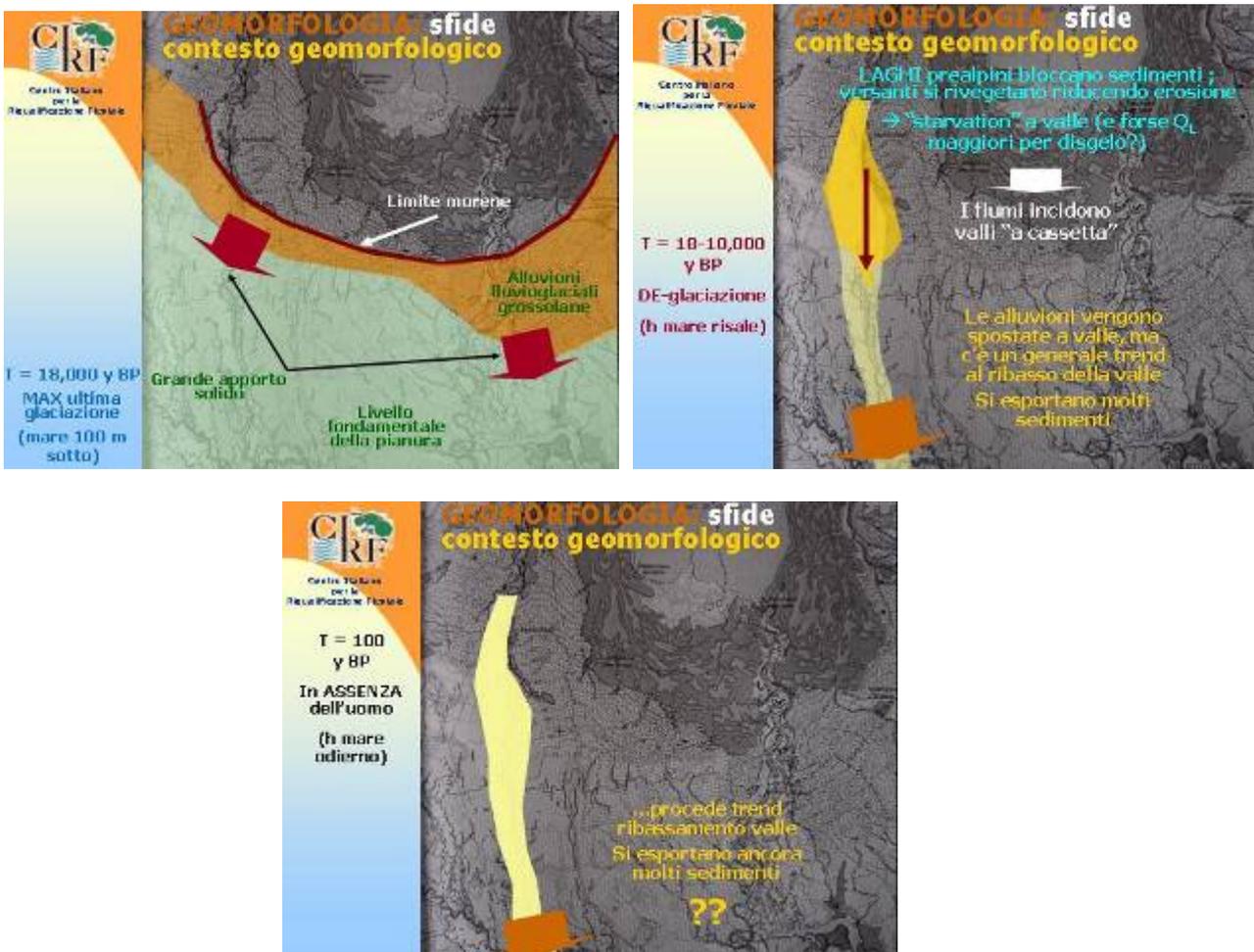
Indicatore opere distrutte		Indicatore danni centri abitati		Indicatore aree allagate	
0	nessuna	0	nessuno	0	nessuno
1	poche, danni lievi	1	danni lievi	1	1 comune citato
2	molte, danni lievi	2	danni gravi	2	2 comuni limitrofi citati
3	molte, danni gravi	3	danni gravi a infrastrutture	3	più di 3 comuni limitrofi citati

In questo caso si può apprezzare come a fronte di una artificializzazione avvenuta tra il 1885 e il 1954 (arginature) e una probabile riduzione della frequenza delle piene formative (a causa della intervenuta regolazione del lago d'Idro), si assiste a un significativo, progressivo restringimento e semplificazione dell'alveo (scomparsa di barre e isole) e lieve accorciamento, e sensibile incisione (abbassamento della quota thalweg); a livello di impatti, si notano gli effetti associati direttamente agli eventi di piena specifici del '66 e '97, con diversi danni sia all'agricoltura, che agli abitati e pure alle stesse opere.

3.4.6. Modello interpretativo dell'evoluzione

Un primo elemento per arrivare a un modello interpretativo consiste nel cercare di capire l'evoluzione su scala temporale geologica, per l'era attuale, cioè in particolare per gli ultimi 10,000 anni circa (olocene).

A questo fine, possiamo osservare la schematizzazione seguente, sicuramente grossolana nei dettagli (es. confini delle diverse zone), ma riteniamo corretta nella sostanza:



Modello interpretativo:

In sintesi, possiamo definire il seguente schema logico (“modello”) interpretativo.

Vars di controllo:

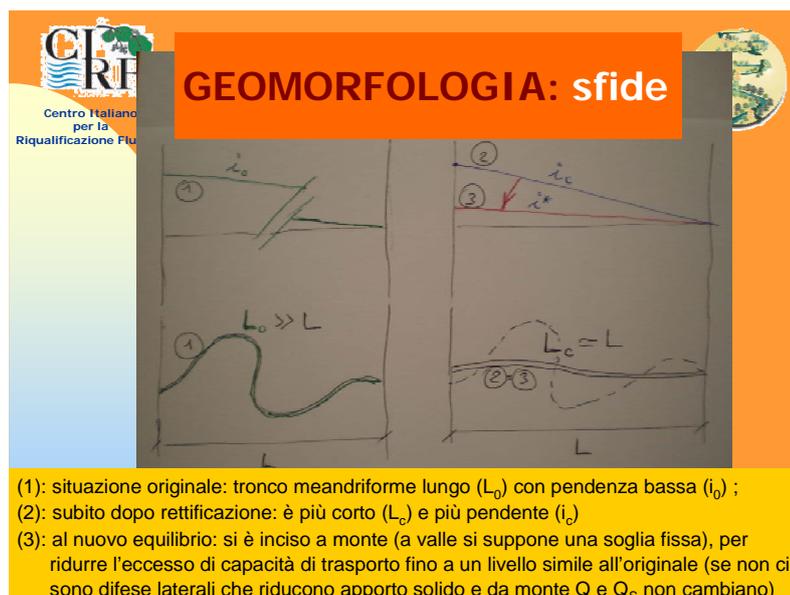
apporto solido da monte ca costante; frequenza piene formative ridotta causa regolazione lago.

L'artificializzazione ha ridotto la sinuosità e la lunghezza, aumentando la pendenza e quindi incrementato inizialmente la capacità di trasporto.

Risposta del fiume:

- le soglie hanno mantenuto in parte la quota fondo (per assicurare derivazioni e stabilità), ma il fiume si è inciso dopo ogni rettificazione e ogni qual volta una briglia veniva dismessa o divelta; inoltre, progressivamente, si incideva a monte di ogni tratto fissato da una soglia a valle per ridurre la capacità di trasporto solido cercando di equilibrare il flusso proveniente da monte (non ci sono affluenti post Gavardo), mentre il dislivello topografico è consumato dai salti (briglie e traverse).

- il trasporto solido è stato ed è inferiore al naturale per impedimento all'erosione della piana alluviale WURMiana essendo canalizzato (anche se naturalmente forse avrebbe depositato nella piana a valle) e/o per estrazione da ripulitura periodica alveo (prima barre, ora traverse), e perché sono diminuite le piene formative; ha esportato materiali grossolani più lontano del naturale (in Oglio) per maggior capacità trasporto alveo



NOTA: in fig in alto a sx c'è stacco proprio perché il tronco non è rettilineo, altrimenti si produce un'incoerenza a livello grafico tra pendenza e quota.

3.5. Caratterizzazione idrologico-idraulica

3.5.1. Idrologia di piena: eventi storici e di riferimento (Tr)

Gli eventi storici di interesse per il ns caso studio documentati nell'archivio del CNR Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (Progetto AVI - Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità geologiche ed idrauliche) sono già stati riportati in forma sintetica nel Par. 3.4.5 Storia del Fiume ; eccone una descrizione tabellare :

GIO RNO	MES E	ANNO	COMUNI	CAUSA SECOND ARIA	EMERGENZA	DANNI: TIPO AGRICOLTU RA	DANNI BENI: OGGETTO-ENTITA'	VITTIME	EFFETTI INDIRETTI - ALTRI DANNI	DATI IDROLOGICI	ALTRI DANNI
3	11	1928	Capovalle				Strada comunale - grave		Franamenti ed erosione		
8	11	1951	Asola			Seminativi	Case sparse e centri abitati - grave	1		L'acqua ha raggiunto 80 cm di altezza in viale Zara e piazzale Lagosta a Milano.	Nel lodigiano danni per centinaia di milioni.
29	10	1959					Centri abitati - grave			A Lacchiarella l'acqua ha raggiunto i 70 cm.	Completamente isolata Lacchiarella.
19	9	1960	Gavardo		Interruzione del traffico		Strada statale e centri abitati - grave			L'afflusso di acqua del Chiese nel lago d'Idro ha raggiunto il massimo di portata di 520 mc/s.	
		1966	Acquafredda, Calcinato			Seminativi	Centri abitati ed edifici industriali e traversa Bresciani - grave				Sfollata Saline di Viadana. Allagati migliaia di ettari dal Po. L'Oglio è straripato inondando circa 1000 ettari di terreno. In pericolo la diga Bresciani ad Acquafredda sul Chiese, il Chiese minaccia di rompere le opere di imbrigliamento.
27	10	1976	Acquanegra, Asola, (Montichiari)				Centri abitati - lieve - Traversa Bresciani e ponte canale del Vaso Canalone - totale				
2	10	1993	Bedizzole, Gavardo, Asola, Acquanegra, Canneto sull'Oglio	Rotture arginali		Seminativi	Depuratori, ospedali, ponti e viadotti, strada provinciale, strada statale, elettrodotto, centri abitati Danneggiata la derivazione del C.N.G. Bresciano e la presa di Cantrina di Bedizzole - grave - Centri abitati, ponti e viadotti, linea di telecomunicazioni ed elettrodotto - lieve - Ponti e viadotti, strada provinciale - Totale		Franamenti ed erosione	100 mm di pioggia sul lecchese. Il livello del lago di Como ha raggiunto all'idrometro di Malgrate alle ore 22 e trenta del 2 ottobre il livello di 178 cm sopra lo zero idrometrico. 50 cm d'acqua nel santuario della Madonna in Pratis a Rudiano. Portata dell'Oglio a Costa Volpino 600 mc/s. 60 mm di pioggia in Val Camonica in poche ore. Il livello dell'Iseo è di 100 cm sopra lo zero idrometrico.	Il Pioverna ha eroso 30 - 40 m di argine: ingenti i danni. Sgomberate 2 famiglie. 6 persone portate in salvo ad Asola, 7 famiglie sgomberate. Evacuate 2 famiglie ad Esine, 9 persone sgomberate a Seriate. Una famiglia evacuata a Montecchio di Darfo. Danni per miliardi di lire all'ospedale di Manerbio.
19	11	1996								I maggiori fiumi, finora, non hanno provocato i disastri annunciati ma l'allarme maltempo non cessa. Secondo gli ultimi dati tornano ad aumentare il Ticino e il Po ma crescono anche fiumi minori come l'Olna, il Serio ed il Chiese.	
28	6	1997	Acquafredda, Calcinato				Traversa Bresciani - grave			Salito di 2 metri il lago d'Idro: le paratie sono state subito aperte e il fiume Chiese è straripato	
21	9	1999	Gavardo							Il Chiese è tracimato invadendo la strada provinciale in Valsabbia. Non desta preoccupazioni, invece, il lago d'Idro	

Abbiamo cercato di integrare questa informazione con dati più recenti, ma non è stato possibile reperirli presso gli enti competenti. Sono state rinvenute però informazioni sporadiche sui quotidiani locali, riportati nella tabella precedente alla voce “altri danni”

3.5.2. Condizioni al contorno di monte: Hp. Regolazione lago d’Idro ed effetto sui valori di picco

Per le valutazioni di nostro interesse, come già spiegato a livello metodologico, la stocasticità dell’idrologia è trattata in modo discreto attraverso un certo numero di eventi di dato tempo di ritorno. Abbiamo utilizzato i medesimi considerati nello Studio di Fattibilità: 2, 5, 10, 20, 50, 200, 500 anni.

Per le valutazioni di nostro interesse, come condizione al contorno di monte per le simulazioni idrauliche, gli idrogrammi e le portate di picco corrispondenti a diversi tempi di ritorno.

A tal fine abbiamo utilizzato la medesima ipotesi introdotta nello Studio di Fattibilità (Attività 3.2.2.2 Analisi Idraulica – Relazione metodologica – Elaborato 3.2.2.2/1/1R Relazione descrittiva delle metodologie, del software, dei dati utilizzati e dei risultati attesi; Attività 3.2.4.1 Definizione dell’assetto di progetto del sistema fluviale – Relazioni di settore – 3.2.4.1/2/2R Relazione dell’assetto idraulico) di *utilizzo del lago d’Idro a scopo laminazione delle piene con un volume capace di tagliare la duecentennale in modo che il picco a Gavardo, considerando anche l’effetto dello scolmatore ivi presente, non superi i 550 m³/s.*

Questa assunzione si traduce in una semplice regola di gestione del lago cosiffatta (il lago, all’arrivo della piena, si suppone già al livello di inizio volume allocato alla laminazione): dato un idrogramma, si rilascia la portata Q entrante fino al limite stabilito di cui sopra (ca 550 mc/s); a quel punto si rilascia non più dei 550, finché non si sia utilizzato tutto il volume di laminazione disponibile; dopodiché si rilascia l’eccesso. Questo implica che a valle il picco dell’idrogramma coincide con quello che si avrebbe con lago non regolato per tutti i Tr sotto 200 (cambia però il volume dell’idrogramma e quindi pure il comportamento del fiume nella simulazione); coincide con il valore limite imposto di 550 per la Tr200; mentre per la Tr500 il nuovo picco si è determinato sottraendo all’idrogramma originale il medesimo volume di laminazione di cui sopra²²; non si riducono invece gli apporti laterali corrispondenti ai diversi Tr.

In conclusione i valori “naturali” e quelli “tagliati” (utilizzati per le nostre valutazioni) si riportano nelle seguenti tabelle:

sezione	TR						
	2	5	10	20	50	200	500
Gavardo	251	344,3	457	536	638	790	891
Carpenedolo	257	353,1	470	553	660	820	929
Confluenza	264	360,5	484	566	686	861	983

sezione	TR						
	2	5	10	20	50	200	500
Gavardo	251	344,3	457	536	550	550	634
Carpenedolo	257	353,1	470	553	569	571	672
Confluenza	264	360,5	484	566	612	622	726

²² E’ una posizione ottimista perché in realtà implica la capacità di decidere di iniziare ad invasare proprio al valore di portata che, con quell’idrogramma, “consumerà” quel volume disponibile: cosa impossibile a meno di contare con un utopistico sistema di predizione perfetto.

NOTA: è importante osservare che l'assunzione introdotta in questo capitolo per rendere omogenee le nostre valutazioni con quelle dello Studio di Fattibilità è in realtà un punto critico di tutta la valutazione. Infatti, nella realtà la regolazione del lago è e sarà sicuramente diversa da quella supposta nello Studio di Fattibilità per il semplice motivo che esistono esigenze contrapposte e la regolazione deve cercare di adempiere ai diversi obiettivi conflittuali.

Conseguentemente, gli idrogrammi a valle del lago, per i medesimi tempi di ritorno, saranno diversi, diverse le condizioni di rischio e diverse le valutazioni.

Per lo scopo di questo progetto VALURI, l'assunzione ha perfettamente senso, ma per affrontare il caso reale del Chiese appare evidente la necessità di allargare l'analisi in due sensi:

- includere nuovi obiettivi legati alla regolazione del lago
- includere oltre agli aspetti pianificatori (Uso del suolo, opere....) qui considerati, anche quelli della gestione, cioè della regolazione multiuso del lago d'Idro. Si tratta cioè di affrontare un problema di pianificazione che include il pianificare la gestione: un ordine di complessità in più.

Queste considerazioni sono riprese nelle conclusioni.

3.5.3. Condizioni al contorno di valle: livelli idrici a valle (Oglio) (analisi sincronia eventi Chiese/Oglio)

Com'è noto, per effettuare una simulazione idraulica è necessario assegnare anche una "condizione al contorno di valle" che nel nostro caso è il livello idrico nel fiume Oglio.

Lo Studio di Fattibilità ha sempre assunto in Oglio il livello corrispondente alla piena Tr200, anche per simulare eventi di minor Tr in Chiese (mentre ha assunto un livello superiore per l'evento Tr500). In effetti, il suo scopo era definire l'assetto tale da "mettere in sicurezza".

Il nostro scopo invece è valutare se vale la pena un certo assetto piuttosto che un altro ed è quindi importante avere una valutazione più realistica possibile delle inondazioni, per cui l'assunzione SdF risulta certamente troppo penalizzante e irrealista.

L'idea che abbiamo sposato è prendere il livello in Oglio corrispondente all'evento di medesimo Tr di quello considerato in Chiese; il che significa assumere la simultaneità di eventi di pari Tr. Questa assunzione, seppur a prima vista abbastanza intuitiva, non è detto sia realistica. Per accertarne l'accettabilità, abbiamo pensato di effettuare un'analisi statistica di correlazione, ma non siamo riusciti ad ottenere i dati di portata (o almeno livello) dall'ente responsabile (ARPA) per problemi organizzativi interni loro. Abbiamo comunque dato per buona questa ipotesi.

Ma si è presentato un altro piccolo problema di incongruenza tra i dati analoghi di livello idrico in Oglio assunti nello SdF Chiese e nell'analogo studio realizzato per l'Oglio: il livello Tr200 nel primo (Studio Chiese) è un po' più alto che nel secondo (Studio Oglio); invece per Tr500 avviene il contrario:

SdF Chiese		Tr200=28.8 Tr500=29.9							
SdF Oglio		SEZ	Progr (m)	Tr=2	Tr=20	Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=500
		029.01	234663.00	25.69	27.21	27.86	28.15	28.57	30.23

Va notato che la motivazione di tale piccola discrepanza risiede molto probabilmente nella progressiva maturazione dello schema modellistico e nell'aggiornamento continuo dei dati utilizzati e quindi non presenta la fisionomia di un errore.

Si è quindi deciso di utilizzare, in accordo con AdB Po, i dati dello SdF Chiese per le nostre simulazioni, quindi Tr200 → 28.8 mslm e Tr500 → 29.9 mslm; abbiamo invece usato i dati dello SdF Oglio solo laddove non erano disponibili nello SdF Chiese, quindi per i tempi di ritorno minori.

NOTA: in pratica, le simulazioni sono state condotte poi per i tempi di ritorno Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 200, 500.

3.5.4. Identificazione delle aree irrigue direttamente servite dalle acque del Chiese

Questo paragrafo ha lo scopo di predisporre l'informazione necessaria a eventualmente modificare l'uso del suolo nelle diverse Alternative quando una o più traverse di derivazione irrigua vengano impattate (eliminate o ribassate).

Fonti consultate: per l'identificazione delle aree irrigate dal fiume Chiese si è fatto riferimento sia a pubblicazioni ufficiali sia a dati forniti in formato elettronico direttamente dalla regione Lombardia. Nello specifico si cita:

- 1- “Atlante della Bonifica e dell'irrigazione – Progetto S.I.B.I.Te.R, Sistema Informativo per la Bonifica, l'Irrigazione e il Territorio Rurale” Regione Lombardia – Unione Regionale delle Bonifiche dell'Irrigazione e dei Miglioramenti Fondiari per la Lombardia.
- 1- “Opere e manufatti della bonifica e dell'irrigazione” - Regione Lombardia – Unione Regionale delle Bonifiche dell'Irrigazione e dei Miglioramenti Fondiari per la Lombardia.
- 2- Shape File S.I.B.I.Te.R - Regione Lombardia. Direzione Generale Agricoltura Unità Organizzativa Sviluppo e Tutela del Territorio Rurale e Montane

Qui di seguito si riporta un estratto dell' Atlante della Bonifica e dell'Irrigazione in cui viene rappresentata l'intera asta del fiume e le diverse aree irrigate (vedi Ilustración 1).

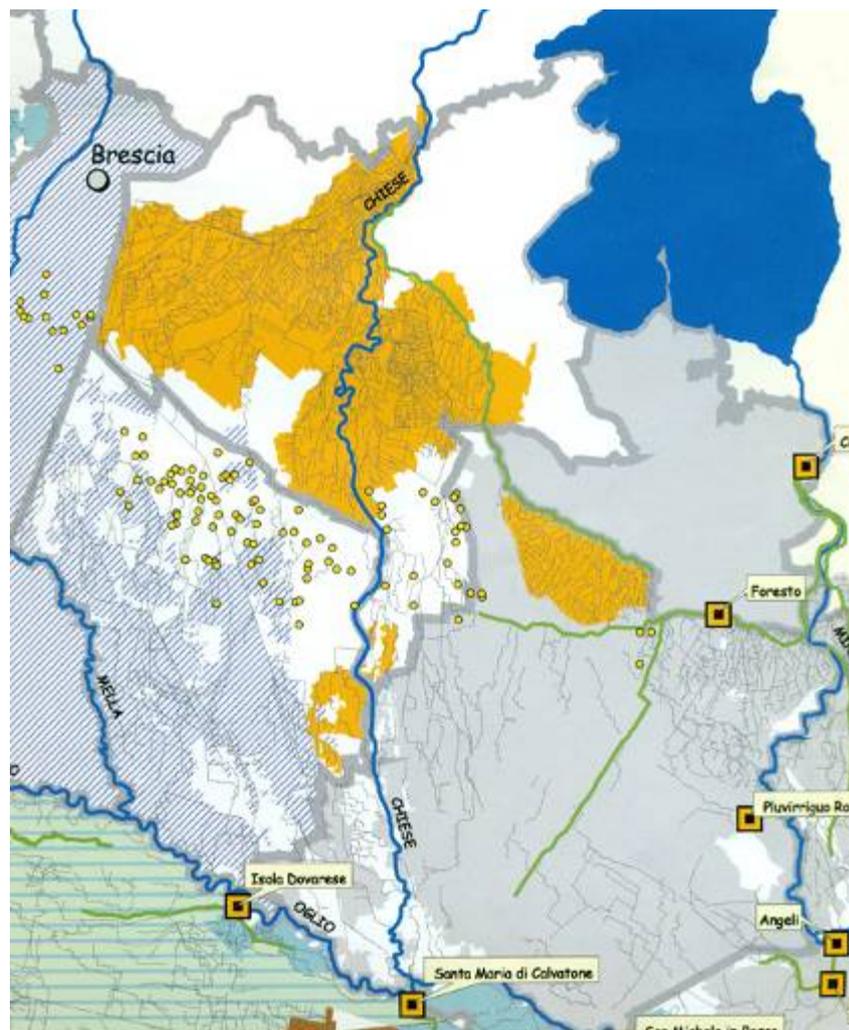


Ilustración 1 - Aree irrigate dal Chiese (in marroncino)

**Conclusioni:**

sovrapponendo le informazioni ricavate dalle diverse fonti si possono individuare 5 aree principali irrigate direttamente dal Chiese:

i) La prima area si colloca in destra idraulica, all'interno del Comprensorio di Bonifica n. 13 (Consorzio di Bonifica Medio Chiese). L'acqua viene prelevata dal Chiese attraverso un'opera di presa in località Gavardo e distribuita attraverso una fitta rete di canali minori che si diramano dal canale Naviglio Grande Bresciano (Illustración 2)

ii) Una seconda area si estende sempre all'interno del Comprensorio n. 13 e si sviluppa in sinistra idraulica del fiume. L'area è servita principalmente dall'acqua derivata in loc Cantrina (Bedizzole) e distribuita attraverso la roggia Lonata Promiscua (Illustración 3).

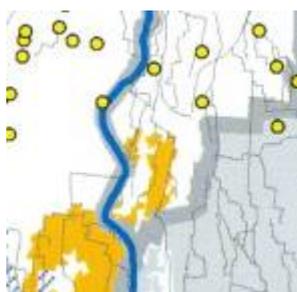
iii) Una terza area di modeste dimensioni si sviluppa sempre in sinistra idraulica, nel comune di Carpenedolo (Comprensorio n.13) e utilizza le acque del Chiese attraverso uno sbarramento dedicato (Illustración 4).



Illustración 2: aree in destra Chiese



Illustración 3: aree in sinistra Chiese



Illustración 4: area in loc Carpenedolo

La roggia Lonata Promiscua (**Illustración 3**) funge anche da canale vettore per le acque destinate ai territori mantovani con consegna delle stesse in località Miglio di Lonato al canale denominato Arnò. Quest'ultimo serve un'area di circa 3200 ha che ricade all'interno del Comprensorio n. 15 (Consorzio Alte e Media Pianura Mantovana) (**Illustración 4**).



Ilustración 5: area servita dal canale Arnò

iv) Infine scendendo verso valle troviamo uno sbarramento in località Visano che serve parte delle aree agricole nel medesimo comune attraverso il canale Bresciani. Quest'area di circa 1090 ha appartiene al Comprensorio n.14 (consorzio Fra Mella e Chiese).



Ilustración 6: area in loc. Visano

v) Il restante territorio, gestito per la maggior parte da enti privati, può essere suddiviso in due parti. Una parte settentrionale che viene irrigata principalmente attraverso una rete capillare di canali che prelevano acqua da fontanili (**Illustración 7**), e una parte meridionale ricadente interamente nel Comprensorio n.15 che utilizza acque derivate direttamente dal fiume Mincio (**Illustración 8**). Quest'ultima zona non è quindi soggetta a un impatto nel caso di modifica dell'assetto opere del fiume Chiese; invece la precedente, alimentata da fontanili, probabilmente sì, anche se in modo complesso e da investigare approfonditamente.

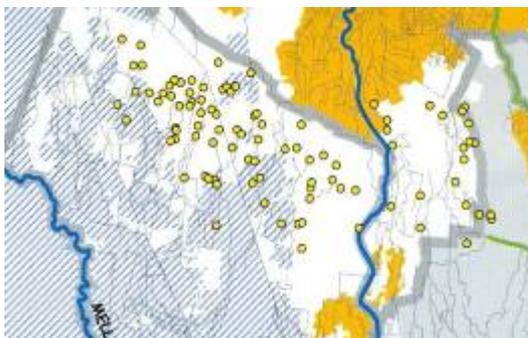


Ilustración 7: derivazioni da fontanili



Ilustración 8 : aree irrigate con acque del Mincio

3.6. Caratterizzazione Economica

3.6.1. Valore del suolo: significato, metodo, risultati

Per ogni classe c di uso del suolo sono state identificate tre componenti di valore:

- Terreno
- Infrastruttura (edificio, opera)
- Produzione.

CIRF
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

**PARAMETRIZZAZIONE
economica :**
a) valore del suolo

Componenti del valore:

- Il terreno di per sé (*)
- Infrastrutture che ci stanno sopra (edifici residenziali, insediamenti industriali, strade,...)
- Produzione estratta da quel terreno (agricola, industriale)

NOTA: - erosione → tutto i) +ii)
- inondazione → solo una frazione di ii) +iii) (**)

Metodi:

- Mercato (correggendo distorsioni da sussidi, etc)
- Produttività (valore attualizzato del flusso futuro benefici)
- Stima ingegneristica (per infrastrutture)

La componente “terreno” viene intaccata solo in caso di erosione. Le altre due componenti vengono coinvolte sono soggette sia al rischio di erosione che a quello alluvionale.

La componente terreno è sempre presente in tutte le classi di uso del suolo, per quanto riguarda le altre due dipende dalla destinazione d’uso. Nel caso di edifici residenziali, la componente “produzione” è nulla, mentre nelle classi di uso del suolo agricolo, la componente edificio è usualmente nulla (ma possono esistere infrastrutture come per esempio la rete di canali irrigui) mentre quella della produzione è presente.

In tutti i casi ci riferiamo ad una formulazione del valore esposto (o danno massimo potenziale) definita dalla seguente espressione:

$$D(c) = V(c) f_c (1+k(c)) \quad [3.6.1]$$

dove:

- $D(c)$: danno per unità di territorio di tipo c (espresso generalmente in €/m² o in €/ha);
- $V(c)$: valore per la categoria c, espresso sempre in €/m² o in €/ha (da non confondersi con la vulnerabilità descritta più avanti e rappresentata anch’essa dal simbolo V)
- f_c : fattore di correzione del valore. Il fattore di correzione dipende dal metodo di stima utilizzato: nel caso si utilizzi un valore di mercato, il fattore di correzione può assumere un valore minore di uno; utilizzando altri metodi (produzione futura o stima ingegneristica) il fattore di correzione assume un valore pari a 1

- $k(c)$: parametro utilizzato per definire il valore del contenuto di edifici nella classe c di uso del suolo (AdB Po, 2009²³):
 - abitazioni $k = 0,5$
 - commercio $k = 2$
 - industria $k = 3$
 - servizi pubblici $k=2$

Il calcolo del valore totale è ottenuto moltiplicando il valore specifico per l'area di estensione della data classe di uso del suolo, opportunamente corretto, come descritto dalla seguente espressione:

$$D_T(c) = D(c) A(c) \alpha(c) \quad [3.6.2]$$

dove:

- $D_T(c)$: valore esposto totale (espresso in €)
- $D(c)$: valore della categoria i per unità di superficie, derivante dall'espressione [3.6.1]
- $A(c)$: superficie per la classe di uso di suolo c-esima
- $\alpha(c)$: fattore di correzione per identificare la reale occupazione dell'area edificata nella tipologia c di uso del suolo.

I parametri sono stati elaborati per due diverse classificazioni di uso del suolo:

- quella utilizzata nello Studio di Fattibilità (SdF);
- DUSAF, elaborata da Regione Lombardia, più dettagliata della precedente.



PARAMETRIZZAZIONE economica :

a) valore del suolo



Fonti di dati e Ipotesi:

Valore dei terreni (per rischio erosione)

- Terreni agricoli => valori di esproprio Camera di Commercio BS
- Terreni residenziali, produttivi => elaborazioni su Osservatorio Mercato Immobiliare Prov. BS

Valore delle produzioni (per rischio allagamento/erosione)

- Dati valore aggiunto ISTAT

Valore infrastrutture (per rischio allagamento/erosione)

- Per infrastrutture con un mercato (abitazioni; fabbriche, ecc.) => valore di mercato immobiliare
- Per infrastrutture senza un mercato (strade, ferrovie, ecc.) => stime ingegneristiche (fonte principale Jonkman et al. , 2008)

Valore dei terreni

²³ Autorità di bacino del fiume Po (2009). "Analisi tecnico-conoscitive e sperimentazioni tecnico-idrauliche riguardanti la vulnerabilità degli impianti sportivi e turistico-ricreativi nelle fasce fluviali definite dal PAI - progetto CanoaPo".
E anche: AdB PO (2009). Linee generali per la riduzione della vulnerabilità di edifici e impianti nelle fasce fluviali. Elaborato da Università di Pavia.

I principali riferimenti metodologici per il calcolo del valore sono: EC (2008) e DEFRA (2001). Per quanto riguarda il valore di mercato di terreni ad uso agricolo, sono stati presi come riferimento i valori di esproprio indicati dalla Camera di Commercio di Brescia (2009).

Per la stima del valore di mercato dei terreni ad uso residenziale, commerciale ed industriale è stato consultato nel sito dell’Agenzia del Territorio l’Osservatorio del mercato immobiliare (OMI) relativo alle zone periferiche di comuni ritenuti rappresentativi dell’area di studio (Calcinato, Montichiari, Acquafredda, Asola, Acquanegra sul Chiese).

Sui valori medi dell’unità di suolo dell’edificato in questi comuni è stato considerato che l’incidenza media del costo del terreno sul valore del prodotto finito sia del 18% per residenziale, terziario e commerciale e del 15% per il produttivo. A questo valore è stato applicato il seguente indice medio di edificabilità per ottenere il valore al mq del terreno:

- 1 mq/mq per residenza e terziario
- 0,5 mq/mq per il commercio
- 0,8 mq/mq per l’industria

Tabella 1 – Parametri per la categoria “terreni residenziali, commerciali e produttivi”

Destinazione	prezzo medio del costruito:	incidenza costo del terreno	indice di edif.	valore medio de terreno
	€/mq	%	mq/mq	€/mq
Residenziale e terziario	980	18	1	175
Commerciale	1000	18	0,5	90
Produttivo	420	15	0,8	50

Fonte: elaborazioni su dati OMI (2009)

Edifici

I parametri utilizzati dell’espressione [3.6.1], nel caso di edifici, sono riportati in **Tabella 2**.

Tabella 2 – Parametri per la categoria “edifici” per le due classificazioni di uso del suolo (SdF e DUSAF)

Uso del suolo	classe	Denominazione classe uso del suolo	V(c) [€m ²]	f _c	k	D(c) [€m ²]	α(c)
<i>SdF</i>	31	Tessuto urbano continuo	950	1	0,5	1.425	80%
<i>SdF</i>	32	Tessuto urbano discontinuo	1800	1	0,5	2.700	30%
<i>SdF</i>	33	Aree industriali, commerciali	1800	1	2,5	6.300	70%
<i>DUSAF</i>	1111	Tessuto residenziale denso	950	1	0,5	1.425	80%
<i>DUSAF</i>	1112	tessuto residenziale continuo mediamente denso	950	1	0,5	1.425	60%
<i>DUSAF</i>	1121	Tessuto residenziale discontinuo	1800	1	0,5	2.700	35%

DUSAF	1122	Tessuto residenziale rado e nucleiiforme	1800	1	0,5	2.700	25%
DUSAF	11231	Tessuto residenziale sparso – Cascine	1800	1	3	7.200	10%
DUSAF	12111	Insedamenti industriali, artigianali, commerciali	1800	1	2,5	6.300	70%
Ipotesi adottate:							
<ul style="list-style-type: none"> • in urbano continuo (SdF) e residenziale denso e continuo mediamente denso (DUSAF) si ipotizza edifici a più piani, quindi si fa riferimento al valore V di appartamento (950 €/m²) • Nelle altre classi si ipotizza valore V di un edificio ad un piano. • Coefficiente k: <ul style="list-style-type: none"> ○ per aree industriali-commerciali, non potendo distinguere, è stato rpeso un valore medio ○ per le cascine viene ipotizzata la presenza di macchinari, quindi preso un valore k pari al contenuto di un edificio commerciale 							

Fonte: nostre elaborazioni su dati MOLAND(Kok, 2001), OMI, DUSAF

Infrastrutture territoriali

Non esiste un prezzo di mercato per queste infrastrutture, la stima del valore viene fatta attraverso il metodo di stima ingegneristica, quindi attraverso il loro costo di costruzione. Per alcune infrastrutture sono generalmente disponibili informazioni sul costo al metro lineare. Per trasformare tale valore in euro/m², si è proceduto a dividere il valore per la larghezza media delle infrastrutture, come riportato in **Tabella 3**.

Tabella 3 – Parametri per la categoria “infrastrutture territoriali” per le due classificazioni di uso del suolo (SdF e DUSAF)

Uso del suolo	classe	Denominazione classe uso del suolo	Costo (€m) ²⁴	Larghezza a (m) ²⁵	V(c) [€m ²]	f _c	k	D(c) [€m ²]	a
SdF	30a	Reti stradali e ferrovie e spazi accessori - AUTOSTRADE	2100	32	66	1	0	66	100%
SdF	30b	Reti stradali e ferrovie e spazi accessori - strade principali (SS e SP)	980	10	98	1	0	98	100%
SdF	30c	Reti stradali e ferrovie e spazi accessori - strade minori	270	8	34	1	0	34	100%
SdF	30d	Reti stradali e ferrovie e spazi accessori - ferrovie	25000	7	3571	1	0	3.571	100%
DUSAF	1221	Reti stradali e spazi accessori - AUTOSTRADE	2100	32	66	1	0	66	100%

²⁴ Jonkman S., Bockrjova M., Kok, M., Bernardini P., 2008, Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands, Ecological Economics, 66, 77-90

²⁵ Nuovo Colombo, 1997, Il Manuale dell'ingegnere, Ed. Hoepli

DUSAF	1221	Reti stradali e spazi accessori - Strade principali	980	10	98	1	0	98	100%
DUSAF	1221	Reti stradali e spazi accessori - strade minori	270	8	34	1	0	34	100%
DUSAF	1222	Reti ferroviarie e spazi accessori	25000	7	3571	1	0	3571	100%
DUSAF	124	Aeroporti ed eliporti			1230	1	0	1230	100%

Danni (indiretti) alla produzione

Industriale

I danni (indiretti) alla produzione industriale (D_{produz}) possono essere stimati attraverso la seguente espressione:

$$D_{\text{produz}} = \sum_{j \in C} [V_j^d N_j A_j^a(\xi) / A_j g(\xi)]$$

dove:

- V_j^d : perdita di valore aggiunto giornaliero per addetto nel comune j;
- N_j : numero di addetti per il settore industriale nel comune j;
- A_j : area industriale del comune j
- $A_j^a(\xi)$: area industriale del comune j sottoposta ad allagamento nell'evento ξ
- $g(\xi)$ sono i giorni di interruzione dell'attività produttiva, dati dalla somma dei giorni di allagamento, dei giorni di ripristino e di giorni ad operatività limitata durante l'evento ξ .

Tuttavia, non avendo a disposizione tutte le informazioni necessarie, l'espressione precedente viene semplificata come segue:

$$D_{\text{produz}} = g V_T^d$$

Dove il valore aggiunto giornaliero totale V_T^d (euro /giorno) viene stimato come valore medio provinciale, assunto valido per tutti i comuni, e pesato per la popolazione industriale (addetti) semplicemente in base all'area industriale del comune stesso:

$$V_T^d = \sum_{j \in C} [V_{\text{prov}}^d N_j A_j / A_T]$$

dove:

- V_{prov}^d : valore aggiunto giornaliero della provincia di Brescia (fonte ISTAT);
- N_j : numero di addetti del settore industriale del comune j (fonte ISTAT);
- A_T : area industriale totale nell'insieme di comuni considerati.

Agricola

Il valore della produzione agricola è legata alle colture in atto (specie e varietà, fase del ciclo colturale, produzioni medie).

Tabella 4 – Parametri per la categoria “produzione agricola” per la classificazione di uso del suolo SdF

Uso del suolo	Produzione	Valore (euro/m2)	Note sulla stima del valore
SdF	Seminativi e impianti per la produzione di biomasse ad uso energetico	0,20	V = Prezzo medio ponderato seminativi [euro/q]* resa [q/ha]/10000 [ha/m2] resa mais non irrigato 95 q/ha
SdF	Seminativi e impianti per la produzione di biomasse ad uso energetico / IRRIGATO	0,28	V = Prezzo medio ponderato seminativi [euro/q]* resa [q/ha]/10000 [ha/m2] resa mais irrigato 135 q/ha
SdF	Frutteti	0,60	
SdF	Pioppeti	1,68	prezzo medio pioppo = 60 €/albero densità media sul campo = 280 alberi/ha
SdF	Orti, serre, vivai / IRRIGATO	5,60	V = Prezzo medio ponderato seminativi [euro/q]* resa [q/ha]/10000 [ha/m2] prezzo medio alberi da vivaio = 200 €/albero, densità media sul campo = 280 alberi/ha
DUSAF	2111 – seminativi semplici	0,20	V = Prezzo medio ponderato seminativi [euro/q]* resa [q/ha]/10000 [ha/m2] resa mais non irrigato 95 q/ha
DUSAF	21141 – Colture floro-vivaistiche a pieno campo	5,60	V = Prezzo medio ponderato seminativi [euro/q]* resa [q/ha]/10000 [ha/m2] prezzo medio alberi da vivaio = 200 €/albero, densità media sul campo = 280 alberi/ha
DUSAF	212 - seminativi in aree irrigue	0,28	V = Prezzo medio ponderato seminativi [euro/q]* resa [q/ha]/10000 [ha/m2] resa mais irrigato 135 q/ha
DUSAF	222 – frutteti e frutti minori	0,60	
DUSAF	2241 – pioppeti	1,68	prezzo medio pioppo = 60 €/albero densità media sul campo = 280 alberi/ha

Fonte: nostre elaborazioni su dati Prov. Mantova, ISTAT

3.6.2. Vulnerabilità: significato, metodo, risultati

La vulnerabilità rappresenta la frazione del valore totale persa. Si tratta di una grandezza adimensionale, generalmente espressa in percentuale.

La vulnerabilità è funzione di numerosi parametri:

$$V = f(c, v, h, \delta, \tau, u)$$

dove:

c = categoria uso del suolo

v = velocità dell'acqua
h = tirante dell'acqua
 δ = permanenza dell'acqua
 τ = stagione
u = decisioni gestionali

E' stato scelto di adottare una versione semplificata della vulnerabilità, dipendente dal tirante dell'acqua e stimata per sole 4 categorie:

- Edifici
- Campi sportivi/ricreativi
- Infrastrutture viarie
- Colture agricole

Le ipotesi adottate sono le seguenti:

- include tutte le componenti i di danno; si assume dipendente solo dalla profondità di inondazione locale h e indipendente dalle decisioni (adeguamenti/allarmi)
- non si deve considerare la perdita intrinseca di valore del suolo (trattata a parte), ma solo i danni a quel che c'è sopra
- durata dell'allagamento: $\delta=3$ giorni. Questa stima è basata sull'analisi storica, non potendo effettuare una modellazione idraulica 2D che rappresenti realisticamente il processo di allagamento;
- per l'agricolo il danno dipende dallo stadio del ciclo colturale (stagione) in cui avviene l'evento; quindi la vulnerabilità è funzione dello stadio τ : $V_0(\tau, c, h)$ (se capita nel periodo nudo non succede nulla, se durante raccolto va via tutto...)

NOTA: da questa formulazione si può ottenere la versione ancor più semplificata funzione di h_A =si/no cioè allagato o no: $V_0(c, h_A)$

Le funzioni adottate di vulnerabilità sono le seguenti:

<p>Edifici</p> <p>Fonte: AdB PO – Uni PV (2009)</p>	<p>curve generali</p> <table border="1"> <caption>Data for Edifici - curve generali</caption> <thead> <tr> <th>tirante</th> <th>STRUTTURA (% danno)</th> <th>CONTENUTO (% danno)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TIRANTE</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>10</td><td>25</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>20</td><td>40</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>30</td><td>50</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>35</td><td>55</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>40</td><td>60</td></tr> <tr><td>3,0</td><td>45</td><td>65</td></tr> <tr><td>3,5</td><td>48</td><td>70</td></tr> <tr><td>4,0</td><td>50</td><td>75</td></tr> <tr><td>4,5</td><td>50</td><td>80</td></tr> </tbody> </table>	tirante	STRUTTURA (% danno)	CONTENUTO (% danno)	TIRANTE	0	0	0,5	10	25	1,0	20	40	1,5	30	50	2,0	35	55	2,5	40	60	3,0	45	65	3,5	48	70	4,0	50	75	4,5	50	80									
tirante	STRUTTURA (% danno)	CONTENUTO (% danno)																																									
TIRANTE	0	0																																									
0,5	10	25																																									
1,0	20	40																																									
1,5	30	50																																									
2,0	35	55																																									
2,5	40	60																																									
3,0	45	65																																									
3,5	48	70																																									
4,0	50	75																																									
4,5	50	80																																									
<p>Campi sportivi/ricreativi</p> <p>Fonte: AdB PO – Uni PV (2009)</p>	<p>curve generali</p> <table border="1"> <caption>Data for Campi sportivi/ricreativi - curve generali</caption> <thead> <tr> <th>tirante</th> <th>CAMPI (% danno)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TIRANTE</td><td>0</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>5</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>65</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>85</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>85</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>85</td></tr> <tr><td>3,0</td><td>85</td></tr> <tr><td>3,5</td><td>85</td></tr> <tr><td>4,0</td><td>85</td></tr> <tr><td>4,5</td><td>85</td></tr> </tbody> </table>	tirante	CAMPI (% danno)	TIRANTE	0	0,5	5	1,0	65	1,5	85	2,0	85	2,5	85	3,0	85	3,5	85	4,0	85	4,5	85																				
tirante	CAMPI (% danno)																																										
TIRANTE	0																																										
0,5	5																																										
1,0	65																																										
1,5	85																																										
2,0	85																																										
2,5	85																																										
3,0	85																																										
3,5	85																																										
4,0	85																																										
4,5	85																																										
<p>Infrastrutture viarie</p> <p>Fonte: Kok (2001)</p>	<table border="1"> <caption>Data for Infrastrutture viarie</caption> <thead> <tr> <th>h (m)</th> <th>V (% danno)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>100</td></tr> <tr><td>> 5</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	h (m)	V (% danno)	0	0	5	100	> 5	100																																		
h (m)	V (% danno)																																										
0	0																																										
5	100																																										
> 5	100																																										
<p>Settore agricolo</p> <p>$V_0(\tau, c, h)$</p> <p>Fonte: Frank (2003)</p>	<table border="1"> <caption>Data for Settore agricolo - 3D bar chart</caption> <thead> <tr> <th>Tirante d'acqua [m]</th> <th>1 giorno</th> <th>2 giorni</th> <th>3 giorni</th> <th>5 giorni</th> <th>> 9 giorni</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>> 5.0</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>4.0-5.0</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>3.0-4.0</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>2.0-3.0</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>1.0-2.0</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> <tr><td>0.0-1.0</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	Tirante d'acqua [m]	1 giorno	2 giorni	3 giorni	5 giorni	> 9 giorni	> 5.0	100%	100%	100%	100%	100%	4.0-5.0	100%	100%	100%	100%	100%	3.0-4.0	100%	100%	100%	100%	100%	2.0-3.0	100%	100%	100%	100%	100%	1.0-2.0	100%	100%	100%	100%	100%	0.0-1.0	100%	100%	100%	100%	100%
Tirante d'acqua [m]	1 giorno	2 giorni	3 giorni	5 giorni	> 9 giorni																																						
> 5.0	100%	100%	100%	100%	100%																																						
4.0-5.0	100%	100%	100%	100%	100%																																						
3.0-4.0	100%	100%	100%	100%	100%																																						
2.0-3.0	100%	100%	100%	100%	100%																																						
1.0-2.0	100%	100%	100%	100%	100%																																						
0.0-1.0	100%	100%	100%	100%	100%																																						

3.6.3. Investimenti e costo di manutenzione: significato, metodo (analisi storica), risultati

I dati di costo da usare nella valutazione possono essere ottenuti mediante due approcci: stima ingegneristica (*expert based*) o analisi statistica.

Viene chiesto ad ingegneri esperti in quel campo di progettare un'opera rappresentativa e stimarne i costi sulla carta in base ai dati tecnici, alle produttività teoriche del lavoro e ai prezzi di mercato dei fattori di produzione. Questa metodologia ha il vantaggio di assicurare il massimo della confrontabilità tra le tecniche in quanto consente di lasciar fuori dal confronto diversità di criteri di calcolo (es. gli ammortamenti) nonché le inefficienze incrociate (es. le rigidità di alcuni contratti di lavoro) che invece sono invece difficilmente isolabili dall'analisi dei dati di costo e di funzionamento delle opere esistenti (vedi tecniche statistiche).

Tra gli svantaggi delle stime ingegneristiche vi è la tendenza a sottostimare i costi perché, in quanto basate su una infrastruttura ideale, non contemplano inefficienze tecniche o distorsioni del mercato. Questo è particolarmente evidente per quanto riguarda i costi del lavoro. Inoltre le stime ingegneristiche fanno riferimento solo agli input diretti, ossia ai fattori produttivi riconducibili in modo non ambiguo all'unità di analisi.

Tuttavia, il principale metodo di stima concorrente alle stime ingegneristiche, le *stime statistiche*, possono rappresentare difficoltà ben superiori. Infatti, la tecnica delle stime statistiche non funziona bene quando applicata ad opere non omogenee ma, soprattutto, necessita di una gran quantità di dati omogenei e di buona qualità per essere di qualche utilità.

Si è deciso dunque di effettuare un confronto tra i costi reali (ottenuti da analisi statistica di dati di spesa registrati in particolare dall'AIPO responsabile in gran misura della manutenzione del Chiese) e i costi parametrici (ottenuti da stima ingegneristica) in quanto si è ritenuto fin dall'inizio che i costi reali siano significativamente maggiori di quelli usualmente stimati ex-ante, tanto da alterare l'esito dell'ACB.

E' stato quindi effettuato un confronto tra i costi derivanti da una stima ingegneristica e i costi *reali*. Le fonti dei dati sono state:

Fonte	Voci di costo
Studio di Fattibilità (SdF)	Costi di costruzione Costi OM
AIPO	dati di interventi negli ultimi 27 anni
Esperti	Costi di costruzione Costi OMR

OM: Operation and Maintenance; OMR: Operation, Maintenance and Replacement

Sono stati raccolti altri dati (es. Consorzi) ma non sono stati utilizzati in quanto ritenuti rappresentativi per l'esiguo numero di osservazioni.

Per conteggiare, all'interno dell'ACB, tutti i costi necessari per mantenere le opere di difesa sempre efficienti, è necessario tenere conto, oltre all'investimenti iniziale, i costi di gestione ordinaria (OM) e i costi di Rifacimento (R), ottenendo così i costi OMR.

In una prima fase dell'analisi sono stati confrontati i costi OMR indicati da progettisti (*expert based*) e i costi OMR stimati dai dati SdF nel seguente modo:

$$OMR = OM + \frac{C_{invest}}{v}$$

dove:

- OM sono i costi di manutenzione ordinaria dello SdF
- C_{invest} sono i costi di investimento (costruzione ex novo di un'opera)
- v è la vita media dell'opera

Nella seguente tabella sono riportati i costi OM (indicati da SdF) e i OMR_CIRF (stimati come indicato sopra).

ITEMS "per unità di lunghezza opera"					
TIPO INTERVENTO	Codice_tipo_SdF	C investimento	vita utile	OM_SdF	OMR_CIRF
		<i>Euro/m</i>	<i>anni</i>	<i>Euro/m/anno</i>	<i>Euro/m/anno</i>
Difese longitudinali verticali	B4	3.463	25	137	276
Rivestimenti spondali - Nuovo	C3	1.406	25	76	132
Rivestimenti spondali - Adegua	C1	1.318	25		53
Muri arginali - Nuovo	B3	3.463	25	137	276
Muri arginali - Sopralzo	B1	288	25		12
Argini rivestiti	A3	995	25	124	163
Argini - nuovi	A1	760	25	85	116
Argini - rialzo	A2	285	25		11
Argini - adeguamento	C3	1.406	25		56
Argini - rivestimento	C1	1.318	25		53
Rimodellamento	A2	285	-	-	-
Ing_Nat		150	10	4	19
manutenzione ALVEO				94	94
Canali scolmatori (canali rivestiti)		600	50		25
ITEMS "a corpo"	Codice_tipo_SdF	C investimento	vita utile	OM_SdF	OMR_CIRF
		<i>Euro/opera</i>		<i>Euro/opera/anno</i>	
Diversivi e scolmatori (solo manufatto)		350.000	50	7.954	14.954
Briglie e soglie - nuovo		400.000	50	10.335	18.335
Briglie e soglie - modifica			50		
Traverse fluviali - nuovo		750.000	50	7.954	22.954
Traverse fluviali - modifica		400.000	50		
Sfioratori laterali		250.000	50	7.954	12.954
Sfioratori laterali - modifica			50		
Ponte - nuovo		4.000.000	100	1.125	41.125
PONTI modifica (per ogni luce)		150.000	100		
Ponti Storico Architet: mod		4.000.000	100	1.125	
PONTI modifica maggiore			100		

Analisi dei dati AIPO

I dati raccolti presso AIPO coprono un orizzonte temporale di 27 anni (1991-2007).

L'ipotesi alla base dell'analisi è stata la seguente: "è stato speso qualcosa ...ad ogni necessità manifesta, o per carenza di manutenzione ordinaria o per evento particolare che richiede ripristino/rifacimento opera".

distinzione in "ordinari" e "straordinari" arbitraria in base a definizioni → non si distingue

Se il periodo disponibile ($T=27$ anni) fosse sufficientemente lungo rispetto a vita media opere, si potrebbe concludere che:

$$\text{SPESO} = \text{Ordinario} + \text{Straordinario} = \text{OMR}$$

Tuttavia, le opere che sono state prese in considerazione hanno generalmente una vita media di circa 25 anni (o anche superiore), dunque il periodo di osservazione T (solo 27 anni) non è rappresentativo.

In ogni caso, è stato fatto un confronto tra i costi "OMR_CIRF" e i costi "OMR_AIPO", calcolati nel seguente modo:

- Raccolta dati spesa da AIPO ultimi 27 anni;
- Classificazione per tipologia di intervento, coerente con lo SdF (non sempre facile e univoca, né completa per le diverse tipologie; inoltre, a volte manca dato estensione intervento o costo);
- Attualizzazione dei valori economici al 2008 mediante i coefficienti forniti da ISTAT;
- Determinazione della estensione (L_i) degli interventi per ogni tipologia i di opera e dell'estensione totale (L_i^T) presente nel sistema per ogni tipologia i (da GIS con Hp sistema costante nel tempo);

Il stima di "OMR_AIPO_i" è stata effettuata con due ipotesi differenti:

- Le spese per le opere di tipo i è rapportata alla estensione delle opere $\sum_t (S_i / L_i^T) / T$ (riportate nella colonna a destra della tabella xx);
- Le spese per le opere di tipo i è rapportata alla estensione totale degli interventi $\sum_t (S_i / L^T) / T$ (riportate nella colonna a sinistra della tabella xx);

Si riscontra che i valori OMR_AIPO, in tutte e due le modalità di calcolo, risultano essere molto più bassi del solo OM SdF.

A spiegazione di questa evidenza, resta il dubbio che altri soggetti, oltre AIPO, abbiano speso in manutenzione sul fiume Chiese. Va considerato che l'ultima parte del Chiese è di competenza dell'AIPO per interventi di manutenzione fino alla località Bevizzole, sezione del ponte NOVE; a monte fino al Lago di Idro è di competenza dello STER di Brescia (ex GENIO CIVILE).

Il Consorzio di Bonifica non sembrerebbe effettuare direttamente sul fiume interventi ma eventualmente solo sui manufatti in concessione.

Sul fiume possono agire però indirettamente altri enti. Ad esempio se ci sono delle frane o dei problemi alle strade sul "bordo del fiume" potrebbe intervenire l'Ente gestore della strada (ANAS, Regione, Provincia, Comune a seconda del tipo di strada). Nella parte più montana possono intervenire su frane di pendio (collegate magari al fiume) la Comunità Montana o la Difesa Suolo della Regione.)



La nostra interpretazione è che, a parte la possibile sottostima della spesa reale dovuta alla complessità del quadro di attori che possono agire sul sistema, i dati AIPO indicano che il Chiese soffre di un deficit di manutenzione: cioè si è speso decisamente meno di quanto normalmente previsto per l'ordinario (OM di SdF); ancora meno se si include lo straordinario (Rimpiazzo). Lo conferma anche il rilievo effettuato nell'ambito dello SdF dello stato delle opere esistenti: molte sono degradate, quindi si è risparmiato in manutenzione....consumando il capitale "buono stato dell'opera".

In merito al periodo di osservazione a disposizione (27 anni), seppure pare lungo, in realtà non è ancora rappresentativo. E' dunque necessario effettuare un'analisi in parallelo su molti fiumi (comparabili) per sopperire con la molteplicità di casi alla brevità dell'orizzonte di dati disponibili; integrato da un'analisi storica approfondita (e costosa).

In conclusione i costi utilizzati nell'ACB sono quelli riportati nella colonna OMR_CIRF della Tabella di cui sopra

2.7.1 Impatto sul settore agricolo e sull'idroelettrico

L'impatto sul settore agricolo è trattato nel successivo Par.3.7.5 relativo alle opzioni di cambiamento dell'Uso del suolo perché strettamente legato a tale argomento. In questo paragrafo ci si concentra quindi sull'impatto sull'idroelettrico.

La modifica dell'assetto infrastrutturale presente sul corso d'acqua (in particolare le traverse) può generare l'alterazione delle condizioni di fornitura d'acqua ad impianti idroelettrici e la conseguente riduzione della produzione di energia elettrica, da cui deriva un danno per il produttore idroelettrico (danno privato) e un danno per la collettività per la necessità di produrre la quantità di energia mediante centrali termoelettriche.

Per la valutazione del costo privato, espresso attraverso il mancato fatturato da parte del produttore idroelettrico, sono stati utilizzati i prezzi dell'energia elettrica scambiati nella Borsa Elettrica italiana.



PARAMETRIZZAZIONE economica : d) impatto su idroelettrico

- **Stima della produzione persa** (es. per rimozione o ribassamento traversa o per rialzo alveo alla sez. restituzione)
- **Costo privato = mancato reddito = En. Persa [MWh] * prezzo energia [euro/MWh]**
 - ◆ Valore medio per impianti acqua fluente ← **prezzo medio annuo**
 - ◆ Valore max per impianti a serbatoio ← **media annua prezzo ore piene**
- **Costo sociale = Costo Termo (produzione + "esterno") – costo idro (produzione + "esterno")**
 - Impianto ad acqua fluente lo sostituisco con Ciclo Combinato a Gas (Termo_CC)
 - Impianti a serbatoio sostituito da impianto turbo-gas (Termo_TG) (ma non presente nel bacino Chiese studiato)



PARAMETRIZZAZIONE economica : d) costi privati e sociali per idroelettrico

Fonte dei dati

- Prezzo energia ← Borsa elettrica (www.gme.it)
- Incentivi (Certificati Verdi) ← www.gse.it
- costi di produzione termoelettrico e idroelettrico ← confronto analisi bibliografica
- Costi esterni ← progetto EU Externe www.externe.info

Il costo sociale derivante dalla mancata produzione da fonte idrica è dato dal costo aggiuntivo che la società deve sopportare per produrre la stessa quantità di energia elettrica ed è calcolato come differenza tra i costi totali per produrre l'energia elettrica attraverso impianti termoelettrici e quelli per produrla attraverso impianti idroelettrici. Il costo totale di produzione tiene conto sia dei costi industriali che di quelli ambientali (o esterni).

Il valore del kWh prodotto da una centrale idroelettrica è dunque pari al costo marginale di lungo periodo di generazione della stessa quantità di energia per mezzo di un impianto termoelettrico che possa soddisfare la stessa domanda.

Gli impianti ad acqua fluente producono l'energia elettrica in continuo, a meno di fermate di servizio per la manutenzione agli organi meccanici e alle opere di adduzione o nel caso di mancanza di acqua da derivare. L'energia elettrica prodotta fornisce quindi un contributo costante alla domanda di base di energia elettrica durante tutto l'anno. La migliore alternativa a questa tipologia

di impianto è rappresentata dagli impianti a ciclo combinato (CC), che producono energia elettrica di base a prezzi competitivi.

Gli impianti a bacino e a serbatoio sono estremamente importanti per la sicurezza degli approvvigionamenti elettrici nei momenti di punta e della stabilità delle reti di interconnessione internazionali. L'alternativa produttiva alle centrali idroelettriche ad accumulo sono gli impianti con turbine a gas (TG), unici impianti termoelettrici con una rapidità di regolazione paragonabile.

I costi industriali per la produzione di energia elettrica, per le tipologie di impianti individuati, sono riportati in Tabella 12.

Le metodologie di stima dei costi esterni della produzione elettrica più aggiornate ed approfondite fanno riferimento ai risultati del lavoro del programma ExternE (*Externalities of Energy*), frutto di un lavoro di dimensioni notevoli portato avanti nei 15 Stati membri dell'EU nel quinquennio 1992-1997 e continuamente aggiornato (www.externe.info). Si ritiene che le stime ExternE diano informazioni ragionevoli sull'ordine di grandezza del danno espresso in termini economici e che possano essere prese come punto di riferimento per valutare l'impatto ambientale prodotto dal settore elettrico.

La stima del valore delle esternalità è basata su un approccio "impact pathway", descritto nella figura sottostante, e tiene conto di 7 tipologie di danni da esternalità.



Nell'ambito del programma ExternE è stato sviluppato un caso di studio italiano, per il quale sono stati stimati i costi esterni della produzione idroelettrica del sistema idroelettrico dell'AEM di Milano in Valtellina (European Commission, 1999). Lo studio si è limitato all'analisi degli impatti dovuti alla sola produzione di energia elettrica, tralasciando quelli dovuti alla trasmissione. Non sono stati considerati inoltre gli impatti dovuti alla fase di costruzione di dighe ed altri manufatti. L'analisi si è concentrata sugli impatti generati nella fase operativa degli impianti. I principali

impatti presi in considerazione sono stati quelli sul paesaggio, sulla salute pubblica, sulla flora e la fauna, sull'idrologia, sugli altri usi dell'acqua e sulle attività ricreative (**Tabella 5**).

Tabella 5 - Costi esterni della produzione idroelettrica per il sistema AEM in Valtellina – valori rivalutati al 2008 (Fonte: European Commission, 1999)

Fase / Categoria di impatti	Danno (euro/MWh)
Generazione elettrica	
<i>Costruzione</i>	
Aspetti ricreativi	ng
Agricoltura	ng
Foreste	ng
Allevamenti ittici	ng
Ecosistemi	n.q.
Aspetti culturali	n.q.
Salute operatori	0,31
Salute pubblica	n.q.
Paesaggio	n.q.
<i>Gestione</i>	
Aspetti ricreativi	0,06
Agricoltura (deflussi)	0,11
Foreste	ng
Allevamenti ittici	n.q.
Aspetti culturali	n.q.
Salute operatori	0,04
Salute pubblica (qualità dell'acqua)	0,08
Ecosistemi (allevamenti ittici compresi)	3,36
Morfologia fiume	0,12
Paesaggio	0,08
<i>Dismissione</i>	n.q.
Trasmissione	
<i>Costruzione</i>	n.q.
<i>Gestione</i>	n.q.
<i>Dismissione</i>	n.q.
Totale	4,15
n.q. = non quantificato ng = non significativo	

Nella seguente tabella sono riportati i parametri economici utili alla stima del danno economico privato e sociale per una mancata produzione idroelettrica.

Tabella xx– Parametri per il calcolo del danno sociale e privato del settore idroelettrico

Parametro	UdM	Valore	Note
Prezzo_energia_ore piene	euro/MWh	211,99	Prezzo max di acquisto in borsa - PUN (prezzo unico nazionale) del 2008
Prezzo_energia_media	euro/MWh	86,99	Prezzo medio di acquisto in borsa - PUN (prezzo unico nazionale) del 2008
Prezzo_energia+incentivo	euro/MWh	173,40	incentivo: Certificati Verdi, dato 2008 – www.gse.it
Costo_prod_EE_idro_piccolo	euro/MWh	106,00	Impianto a basso salto di media potenza (fonte: Lorenzoni et al., 2007)
Costo_prod_EE_idro_grande	euro/MWh	96,00	Impianti a basso salto di potenza > 10 MW (fonte: Lorenzoni et al., 2007)
Estern_idro_grande	euro/MWh	4,43	Fonte: ExternE (1999), rivalutato al 2008
Estern_idro_piccolo	euro/MWh	3,17	Fonte: De Paoli et al. (1999), rivalutato al 2008
Costo_prod_EE_termo_TG	euro/MWh	122,78	Fonte: De Paoli et al. (1999), rivalutato al 2008
Costo_prod_EE_termo_CC	euro/MWh	95,77	Fonte: De Paoli et al. (1999), rivalutato al 2008
Estern_termo_CC	euro/MWh	20,87	Fonte: ExternE (1999), rivalutato al 2008
Estern_termo_turbogas	euro/MWh	27,01	Fonte: ExternE (1999), rivalutato al 2008
Rivalutazione ISTAT 1999-2008		1,23	Fonte ISTAT: euro2008 = euro1999*1,2278

Naturalmente sono le ALTERNative a governare l'effettiva perdita di energia prevista (nella slide assunta pari al 100% per tutti gli impianti, solo a scopo illustrativo); nel quadro successivo si presenta la situazione in termini di eliminazione di derivazioni idroelettriche prevista nelle diverse ALTs:

Frazione di perdita di produzione per ogni ALT				
ALT_SdF (1)	ALT_RF_Bas (2)	ALT_RF_Ard (3)	ALT_RF_Rad (4)	ALT_RF_Ext (5)
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	0	1	1
0	0	0	0	1
0	0	0	0	1
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	0	1	1
0	0	0	1	1
0	0	0	1	1

3.7. Definizione di ALTERNative di assetto

3.7.1. Tipi di opzioni

Le opzioni su cui agire per definire alternative di assetto sono diverse:

- opere di difesa e sfruttamento risorse idriche
- Uso del suolo (tipicamente da agricolo irriguo a non irriguo; o da edificabile a non edificabile)
- delocalizzazione
- interventi di vera Riqualificazione Fuviale (es. ribassamento degli attuali terrazzi per ricreare piana alluvionale)
- mitigazione degli effetti da rimozione traverse di derivazione (es. sistema di pompaggio alternativo)
- meccanismi amministrativo-finanziari per convivere col rischio (assicurazioni, risarcimenti,...)

NOTA: esistono dei vincoli di coerenza tra alcune di queste opzioni. Per esempio, se si elimina una traversa di derivazione occorre trasformare l'Uso del suolo della zona da essa servita da agricolo irriguo a non irriguo

3.7.2. Criteri per definire ALTERNATIVE




DEFINIZIONE delle ALTERNATIVE CHIESE

- ALT-zero (stato attuale mantenuto ma ADEGUATO per criticità)
- ALT-SdF: finalizzata a mettere in sicurezza, mantenendo uso del suolo e idrico attuale
- ALT-base: criterio min OMR opere, min disturbo all'urbanizzato e ad agricoltura e valorizzare nel possibile natura ← assicurare protezione insediamenti urbani; permettere esondazione "agricola"; mobilitazione alveo ma evitando che implichi dismissione traverse; rimpiazzare difese longitudinali -dove da mantenere- con ing.naturalistica (manutenzione molto limitata e un po' meglio per natura); lasciare soglie a protezione ponti
- ALT-ardita: come la ALT-base, ma > natura: elimina pure le difese longitudinali che non impattino significativamente l'urbano (→ dismettendo se necessario anche alcune traverse); lascia soglie a protezione ponti; rinuncia anche alla difesa di fronte all'Oglio (argini maestri fatto salvo di non estendere inondazioni fuori bacino ← check quota ciglio o Hp fixing)




DEFINIZIONE delle ALTERNATIVE CHIESE

A fini puramente speculativi (perché irrealizzabili):

- ALT-radical H2O: finalizzata a chiarire il valore dell'uso idrico e quanto costa in opere e in natura ← come la ardita, ma in più si dismettono le traverse (uso idrico) e le associate difese e arginature (e si trasforma l'uso del suolo da irriguo a non irriguo, perdendone appunto il valore aggiunto)
- ALT-estrema: finalizzata a chiarire che valore globale di sviluppo territ. e uso idrico la canalizzazione ha permesso e quanto costa: ← come la radicale, ma trasferendo tutto l'uso urbano -dove ha ridotto il bankfull "naturale"- a zone ora rurali (perdendone il valore) e dismettendo tutte le difese

NOTA: queste ultime due alternative sono di natura differente: non si propone di realizzarle, ma servono come strumenti di calcolo degli estremi nello spazio obiettivi e soprattutto per capire che valore si estrae dal sistema; inoltre permette di rispondere al quesito se la situazione attuale è efficiente....cioè produce (rispetto alla situazione naturale) più benefici che costi. Siamo infatti consapevoli che realizzarle vorrebbe dire cambiare la faccia del territorio: sistema di derivazioni e rogge che ha mille anni; impatto sulla falda...etc. L'idea non è smantellare l'urbanizzato esistente, ma chiedersi che valore si sarebbe perso dal territorio se si fosse lasciato il corridoio fluviale in condizioni naturali permettendo dall'inizio l'urbanizzazione solo ...al di fuori.

Nota su "ALTERNATIVA zero" (ALT_0)

Concettualmente, nei processi di valutazione, l'"ALT_0" non deve coincidere con lo "stato di fatto", bensì con l'evoluzione di esso in assenza "del progetto".

Nel nostro contesto, in effetti, è sensato pensare che alcuni interventi nell'ambito della "manutenzione straordinaria" (per es. di rialzo arginale, ma anche di dismissione), potrebbero essere realizzati nel breve-medio termine.

Ma quali?

Alla fine, potrebbero essere quasi tutti quelli previsti dallo Studio di Fattibilità (SdF) dell'Autorità di bacino del Po! In effetti, essi cercano di rimediare nel modo tecnico-economicamente più ragionevole, alle attuali mancanze di manutenzione o inadeguatezze di assetto.

D'altra parte, considerare una Alternativa di riferimento è indispensabile per i seguenti motivi:

- necessità di confronto con l'opzione di assenza di un intervento (stato di fatto), prima di poterne stabilire il beneficio e quindi la eventuale necessità o meno
- la realtà attuale è ... "lo stato di fatto" ⁽²⁶⁾

Nonostante, come detto, esista un grado di arbitrarietà, abbiamo quindi deciso di definire una ALT_0 che prevede alcuni interventi "indispensabili": sono stati considerati tali quelli che evitano la tracimazione di argini importanti nel senso che, se tracimati, coinvolgerebbero l'inondazione di porzioni ampie del territorio.

In definitiva, intendiamo con "ALternativa zero" (ALT_0) lo "stato di fatto" (cioè l'assetto opere attuale) -modificato da alcuni interventi arginali (solo quelli indispensabili per scongiurare la tracimazione arginale, e precisamente: rialzo CHAR1698a+b, CHAR1697a+b, CHAR1703a, CHAR1704a, CHAR1691b, CHAR1692b e una nuova arginatura CHAR_ALT_0_1)- da utilizzare come termine di confronto nella valutazione. Va notato per inciso che gli argini mantenuti sono proprio quelli già considerati nell'assetto PAI dell'AdB Po che definiscono tra l'altro la Fascia B.

Analogamente, non dovremmo a rigore parlare di "ALternativa Studio di Fattibilità (SdF)", bensì di "prima ALternativa di assetto idraulico derivata dallo SdF in modo semplificato", infatti la nostra non considera per esempio gli interventi di riabilitazione naturalistica previsti (perché essi sarebbero invisibili in termini di benefici sull'ecosistema fluviale-territoriale, a meno di approfondire il dettaglio di analisi ambientale oltre i limiti a noi concessi).

In pratica, però nel seguito adottiamo la sigla ALT_SdF per indicare tale ALternativa, ma con il senso qui specificato.

Relazione con la WFD (in coerenza con quanto osservato nel progetto Europeo FP6 AQUAMONEY):

- l'Art 11 chiede di valutare per assicurare di scegliere il pacchetto di misure a minimo costo con un approccio almeno costi-efficacia che, però, alcuni Paesi stanno spingendo a livello di vera Costi-Benefici. Nel progetto VALURI siamo esattamente a questo livello in relazione al "servizio sicurezza idraulica"
- L'Art 4 relativo ai corpi idrici fortemente modificati (HMWB) apre un fronte di dibattito in merito alla necessità di valutare i benefici delle azioni di riqualificazione per decidere quando i costi risultino smisurati appunto in confronto ai benefici. Anche questo dilemma trova perfettamente risposta nel progetto VALURI
- l'ALT Radicale può servire implicitamente ad ottemperare all'Art 9 della WFD che chiede di identificare e quantificare il costo dei servizi idrici mettendo fine ai sussidi incrociati nascosti e includendo le esternalità ambientali: in questo caso, l'analisi (in particolare il risparmio in manutenzione di opere di difesa e sfruttamento) può permettere di stimare quanto costa l'infrastrutturazione necessaria a mantenere il servizio di approvvigionamento idrico dal Chiese (ma occorre depurarne la componente legata al rischio idraulico). E' quindi il costo che dovrebbe essere coperto dagli utenti di tale servizio (insieme a quello di opportunità, in particolare in relazione alla conservazione di un buon stato ecologico e tutti gli usi diretti e non associati).

²⁶ In realtà, non è esatto perché noi consideriamo gli idrogrammi "tagliati" (vedi Cap.?? Idrologia), mentre attualmente non lo sono.

3.7.3. Le ALTerne (assetto fisico preliminare-opere): shp files GIS

A livello preliminare si è agito solo sull'opzione "opere", decidendo quali tra quelle attualmente esistenti resterebbero per ogni alternativa (per definizione, "tutte" per il caso dell'ALT-0); quali di quelle previste dallo SdF verrebbero realizzate (ovviamente tutte per l'ALT SdF), e quali nuove ("opere CIRF") andrebbero realizzate sempre per ogni alternativa (ovviamente, nessuna per le ALT-0 e ALT-SdF; si tratta di interventi di ingegneria naturalistica in sostituzione di opere di difesa o di arginature a protezione di centri abitati).

Questa decisione è stata basata su una valutazione speditiva effettuata quantificando in modo expert-based (sulla base delle informazioni GIS come assetto del territorio visibile dalla fotografica aerea, shapefile delle opere, etc.) una serie di indicatori (vedi slides seguenti):

The image shows two side-by-side slides from a presentation. Both slides feature the CIRF logo (Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale) and a globe icon. The left slide is titled "DEFINIZIONE ALT RF: OPERE ESISTENTI ELIMINABILI" and lists preliminary criteria for existing works to be eliminated. The right slide is titled "DEFINIZIONE ALT RF: OPERE NUOVE" and lists criteria for new works.

DEFINIZIONE ALT RF: OPERE ESISTENTI ELIMINABILI

CRITERI filtro preliminare

- ❑ Ridondanza: quelle la cui funzione è già svolta da un'altra esistente (e mantenuta) o pianificata dello stesso tipo
- ❑ Valore protetto: quelle che proteggono zone di basso valore e non proteggono infrastrutture particolari
- ❑ Stabilità (solo per difesa spondale): quelle che proteggono tratti di alveo con bassa dinamicità
- ❑ Potenziale Natura: quelle che -se tolte- offrono recupero di potenziale naturalità e di laminazione
- ❑ Laminazione (solo per arginature): quelle che -se tolte- recuperano capacità di laminazione
- ❑ Conservazione: quelle che sono in mal stato (vecchie)

→ Valutare i criteri (trasformandoli in indice di valutazione: vedi NOTA)

DEFINIZIONE ALT RF: OPERE NUOVE

CRITERI

- ❑ Ridondanza: quelle la cui funzione non è già svolta da un'altra esistente (e mantenuta) o pianificata dello stesso tipo
- ❑ Valore protetto: quelle che proteggono zone di alto e/o proteggono infrastrutture particolari
- ❑ Stabilità (solo per difesa spondale): quelle che proteggono tratti di alveo con alta dinamicità
- ❑ Natura persa: quelle che -se realizzate- non riducono il capitale di naturalità
- ❑ Laminazione persa (solo per arginature): quelle che -se realizzate- non perdono capacità di laminazione

→ Valutare i criteri (trasformandoli in indice di valutazione: vedi NOTA)

Successivamente questa scelta preliminare è stata raffinata come indicato nella seguente slide:

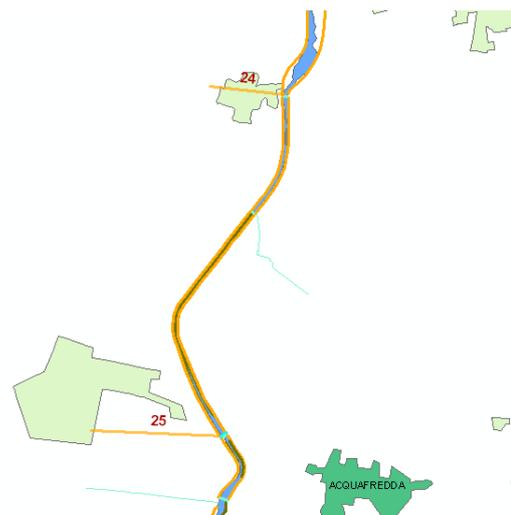
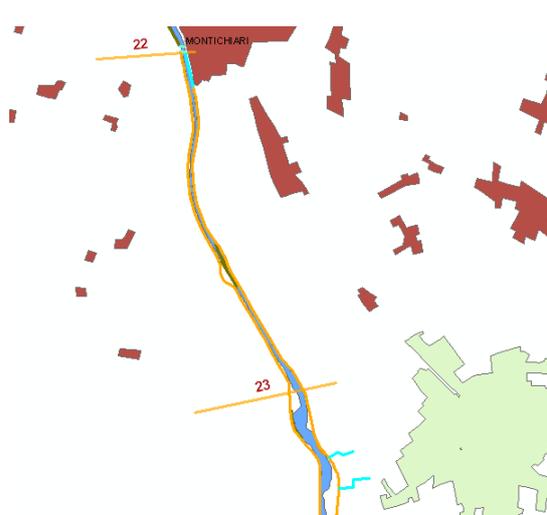
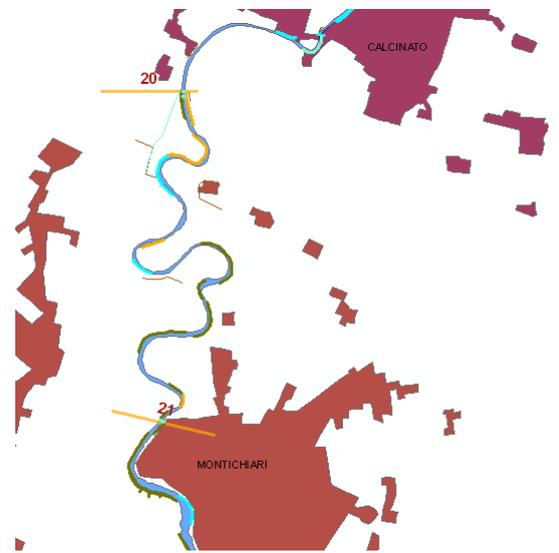
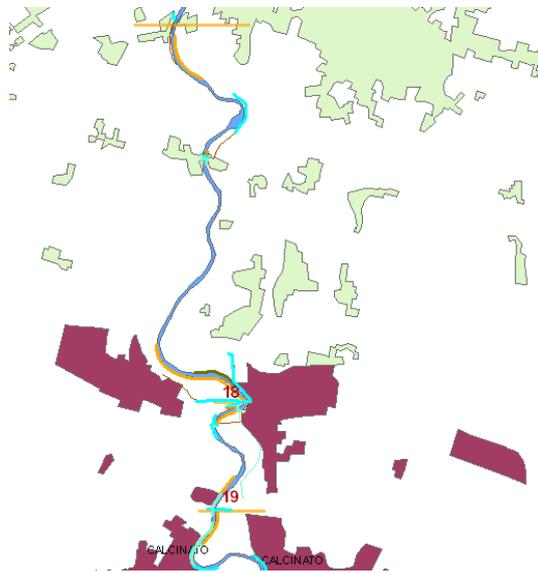
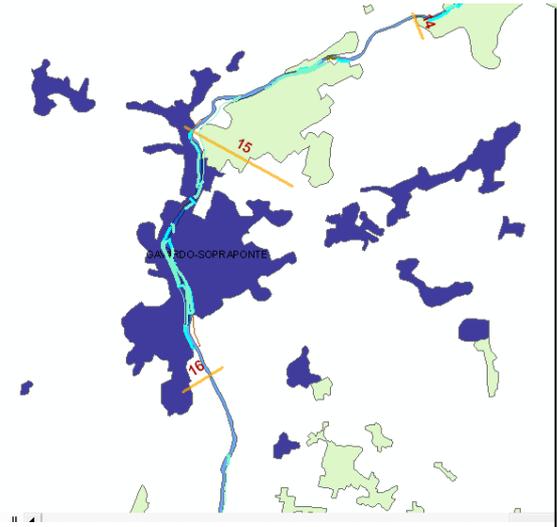
The image shows a slide titled "DEFINIZIONE ALT RF: RAFFINAMENTO" with the CIRF logo and a globe icon. It details a procedure for refining the selection of existing works to be eliminated.

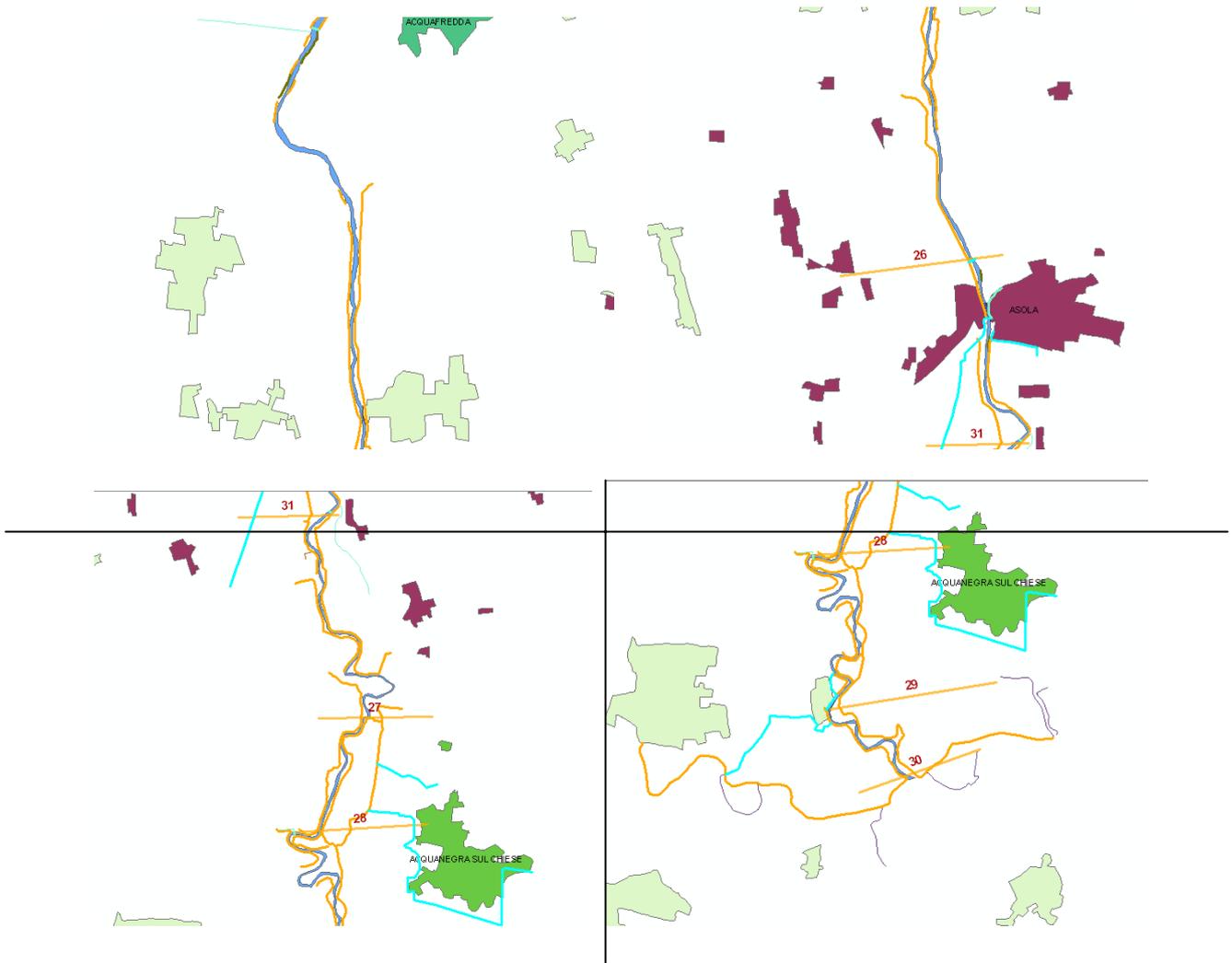
DEFINIZIONE ALT RF: RAFFINAMENTO

Procedura

- ❑ Identificare in GIS opere (catasto SdF con età approx da confronto foto aeree e mappa 1800)
- ❑ Osservare foto satellitare Google Earth (uso del suolo, se esistono infrastrutture specifiche legate all'opera)
- ❑ DEM per topografia (zone inondabili); o almeno quote da Google/CTR
- ❑ Osservare foto da terra SdF e ns. rilievi
- ❑ Lettura SCHEDA Valutaz Sistema Difensivo e Assetto di Progetto (ci sono motivi per tenerla/farla? In che stato è? Che relazione tra assetto attuale e previsto?)
- ❑ Valutaz preliminare rischio esondazione rispetto a risparmio opera
- ❑ Analisi layer zone potenzialmente erodibili (o bankfull storici: non trovati i penultimi -1995)
- ❑ Identificare opere di derivazione
- ❑ Considerare possibili opere alternative (es. IngNaturalistica)

Si sono così costruiti degli shape file GIS (uno per opere esistenti, uno per quelle previste da SdF e uno per i nuovi interventi CIRF), contenenti le informazioni per tutte le alternative; selezionando le opere che "restano" per una data ALTerne si ottiene un quadro come il seguente (per es. per quella ARDITA) dove i tratti in azzurro brillante indicano opere che si è scelto siano presenti o mantenendo le esistenti o realizzandole ex-novo (l'azzurro opaco è il bankfull "attuale", cioè del 2002), mentre gli altri colori indicano opere attualmente presenti, ma da dismettere, oppure opere pianificate nello SdF, ma non in questa ALTerne:





Va ricordato che questa definizione è “preliminare”, e quindi soggetta a una successiva modifica, sia perché in seguito ai risultati dell’analisi di erosione e di inondazione è possibile decidere di cambiare l’Uso del suolo in alcune zone, sia perché nella simulazione idraulica può emergere l’esigenza di modificare ulteriormente qualche opera per ottimizzare il funzionamento idraulico. La procedura è quindi la seguente:



3.7.4. Le opzioni di cambio di Uso del suolo

Nel caso non si adottino opzioni di mitigazione degli effetti legati alla eventuale accresciuta frequenza di inondazione o alla aumentata probabilità di erosione (nell'ALT_x considerata), è necessario prevedere un cambio dell'uso del suolo delle zone interessate (si veda il successivo paragrafo per indicazioni operative).

D'altra parte, la dismissione di una traversa di derivazione irrigua produce un impatto sul distretto irriguo servito dai canali derivati da tale traversa: tale distretto non può più realizzare l'irrigazione attuale; può trasformare le pratiche irrigue per mantenere un valore produttivo il più alto possibile, riducendo le necessità di acqua, o passare a un Uso diverso; nel caso più drastico rinunciando del tutto all'irrigazione e passando quindi al miglior Uso non irriguo.

Un abbassamento della soglia di derivazione, produce un effetto simile sulla parte più "a monte" del medesimo distretto perché, in linea di massima, non sussiste più la quota sufficiente a portare l'acqua sul suolo dove prima era possibile; può essere possibile solo a quote più basse, in funzione appunto dell'abbassamento della soglia.

Modifica dell'Uso del suolo irriguo

Possibili modifiche dell'uso attuale possono essere le seguenti insieme a interrogativi pertinenti:

- ◆ Colture ad alto valore aggiunto (ortofrutticolo o vivaistico):
 - ★ Occorre irrigazione, ma può essere più efficiente (a goccia) e quindi richiedere volumi idrici nettamente inferiori ← Ma sorge l'interrogativo se la principale fonte alternativa al fiume, la falda, sia dotata di adeguata capacità considerando anche che la sua ricarica diminuirebbe forse anche sensibilmente se si eliminasse appunto l'apporto ai campi conseguente l'irrigazione attuale (però il fiume potrebbe diventare rimpinguante o almeno ridurre l'effetto drenante)
 - ★ Il maggior costo di impianto è compensato da maggiori introiti grazie all'elevato valore aggiunto della produzione (insalata e ortaggi pronti al consumo nella grande distribuzione)? Ma gli investimenti sono possibili, cioè ci sono strumenti amministrativo-finanziari che li permettono/incentivano?
 - ★ Il mercato "locale e non" può accogliere questa produzione, soprattutto se si pensasse di estendere questa misura su ampia scala nel bacino del Po e altrove⁽²⁷⁾?
- ◆ Produzioni arboree per filiera energetica: quanto questa opzione è realistica e applicabile su scala ampia?
- ◆ Bosco "cattura CO2": non è ancora realistico pensare in un mercato delle emissioni in Italia perché non è ben stabilito (un punto dibattuto è quale valore riconoscere alle estensioni di bosco attualmente già presenti: una Regione più oculata in passato, o semplicemente meno soggetta alla crescita economica, dispone oggi di maggiori estensioni di bosco: deve essere premiata?). D'altra parte, pare che il medesimo suolo agricolo, se gestito con i concetti dell'agricoltura conservativa, potrebbe svolgere il ruolo di cattura CO2 tanto bene quanto il bosco stesso. La possibilità comunque esiste. Concretamente, esistono già per esempio sussidi regionali importanti: per es. la Regione Lombardia dà 40,000E/ha per la trasformazione a bosco a condizione che venga mantenuto per 30 anni⁽²⁸⁾.

²⁷ Ai fini dell'Analisi Costi-Benefici interessa sapere se la trasformazione delle aree (o quante) sarebbe "piccola" (nel qual caso il prezzo del nuovo prodotto si potrebbe considerare costante) o "grande" (nel qual caso il prezzo potrebbe calare e andrebbe considerato un impatto sull'economia dell'intero settore, magari a scala nazionale...).

²⁸ Questo tipo di strumento economico non entra nelle valutazioni costi-benefici sociali (perché si tratta di un mero trasferimento interno alla collettività), però può cambiare radicalmente la valutazione vista dallo stakeholder (valutazione di Livello II già discussa nel Cap.2.2 precedente) e la fattibilità finanziaria (Livello III).

- ◆ “Agricoltura conservativa” : Le tecniche di *agricoltura conservativa* o *agricoltura blu*²⁹ hanno numerosi vantaggi rispetto alla gestione attuale delle colture agricole: ad esempio la semina su sodo si caratterizza per una minima richiesta energetica e, se ben effettuata, per l’assenza sostanziale di compattamenti, con la conseguente possibilità di controllo dei fenomeni erosivi, di incremento della sostanza organica del suolo e di riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera. L’utilizzo di tale tecnica aumenta la capacità di trattenere l’acqua nel terreno e quindi consente una riduzione dell’apporto di acqua da irrigazione. Non esistono ancora valutazioni su quale possa essere l’entità della riduzione. Generalmente occorre un periodo di transizione di 5-7 anni prima che un sistema di agricoltura conservativa raggiunga l’equilibrio. Nei primi anni si può assistere a una riduzione delle rese. Se le aspettative fossero confermate, l’impatto dell’eliminazione dell’approvvigionamento da acque superficiali potrebbe ...non essere un impatto; ma per renderlo attuabile, occorre ovviamente un sistema di incentivi/sussidi ed assistenza. La Regione Veneto ha deciso di inserire, nel Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013, una misura di sostegno agli agricoltori che decidono di passare ad una gestione agrocompatibile (Misura 214i).

Filiera

Un’altro aspetto determinante è che, oltre alla produzione agricola in sé, va considerata anche la eventuale “filiera” ad essa legata: infatti, se l’azienda possiede e/o gestisce anche animali e/o stabilimenti di produzione di derivati animali o vegetali (es. filiera mais, bovini, carne e/o latticini) , interrompere l’approvvigionamento idrico conduce anche a una rottura della filiera e alla perdita del valore aggiunto corrispondente

Tuttavia, questo aspetto può essere considerato irrilevante ammesso di introdurre un’ipotesi forte:

Hp. compensazione perequativa agricola:

la diminuzione di produttività -causata da una riduzione o eliminazione dell’attuale approvvigionamento idrico superficiale- è misurata dal cambio di valore dell’Uso del suolo (da irriguo a non irriguo, ma sempre agricolo con una o più delle opzioni di cui sopra; la perdita di valore è indicata con ΔA) ed è risarcita nell’ambito del medesimo sistema/collettività; quindi l’agricoltore coinvolto in questo impattonon soffre nessun impatto, perché può continuare con lo stesso reddito di prima e, se non può più egli stesso produrre il proprio mais o grano (etc.), lo può acquistare sul mercato e quindi può continuare a mantenere la filiera esistente

NOTA: probabilmente, l’acquisto sul mercato sarà più costoso e quindi un impatto ci sarà, ma si assume che sia trascurabile almeno a livello pianificatorio preliminare.

Nel caso studio è questa l’ipotesi introdotta.

Le conclusioni a cui siamo arrivati dopo aver intervistato diversi esperti del settore sono in definitiva le seguenti:

- è difficilissimo cambiare l’uso del suolo agricolo quando esiste una filiera più articolata (in particolare la filiera agro-zootecnica, per intenderci: “cascina-mucca-latte”); non è però impossibile e la tendenza pare andare verso l’agricoltura conservativa che offre notevoli vantaggi sinergici con gli obiettivi della riqualificazione del territorio in generale
- il cambiamento potrebbe ridurre la domanda di irrigazione e rendere quindi possibile l’eliminazione di derivazioni idriche, associata ad una razionalizzazione delle risorse;
- ha senso utilizzare i risparmi sulla gestione delle opere (dismesse) per compensare (es. indennizzi) le riduzioni di produttività, sostenendo quindi l’Hp. di compensazione perequativa agricola di cui sopra.

²⁹ www.aigacos.it

In definitiva, a livello di metodologia, abbiamo assunto la seguente posizione semplificata che non richiede un'ipotesi esplicita sul nuovo Uso del suolo instaurabile a seguito della eliminazione dell'irrigazione da derivazione superficiale (dal Chiese, nel caso in questione):



**VALUTAZIONE base:
adattamento Uso suolo a
nuovo assetto**

CONCLUSIONI Impatto su AGRICOLTURA (da Cambio Uso Suolo anche per dismissione traverse):

- ΔA di valore suolo legato alla riduzione di produttività (per cambio di destino d'Uso del suolo a sua volta legato a riduzione irrigazione)
- Rottura della filiera (es. grano-mucca-latte)

MA si è fatta l'Hp.:

- se si indennizza l'agricoltore proprio di ΔA , può acquistare altrove la mancata produzione e mantenere la filiera \rightarrow c'è solo il primo impatto
- il sistema di gestione del bacino si fa carico degli eventuali costi di gestione (ΔA)

Criterio per individuare dove cambiare il destino di uso del suolo sulla base del rischio di allagamento

Un criterio guida per stabilire se sia opportuno effettuare un cambio dell'Uso del suolo in una zona soggetta a maggiori allagamenti (a causa di un assetto delle opere diverso dall'attuale) è considerare se per il minimo Tempo di Ritorno T_{R-m} per il quale si allaga il rischio complessivo sull'orizzonte di valutazione considerato (in genere 100 anni) risulta maggiore o minore dell'intero valore del suolo (terreno+infrastrutture):

- se il rischio risulta maggiore, conviene rinunciare a tutto il valore (naturalmente conviene individuare un nuovo destino di uso più compatibile e capace di mantenere un certo valore)
- se minore, conviene sopportare i danni (naturalmente mettendo in atto schemi di mitigazione, compensazione per i proprietari impattati)

Nel nostro caso studio, con la parametrizzazione dell'Uso del suolo SdF, si ottengono con tale criterio, e un orizzonte di valutazione $T=100$ anni, i seguenti risultati:

Codice		Uso Suolo									
Uso Suolo	Valore	Uso suolo	Tr limite	2	5	10	20	50	200	500 Tr	probabilità
	E/m2		0,3	0,1	0,05	0,03	0,015	0,003	0,002		
15	2,20	Pioppeti	5	5,59	2,23	1,12	0,56	0,22	0,06	0,02	
18b	4,76	Orti, serre, vivai / IRRIGATO	5	18,62	7,45	3,72	1,86	0,74	0,19	0,07	
30a	65,63	Reti stradali e ferrovie - AUTOSTRADE	2	136,81	54,73	27,36	13,68	5,47	1,37	0,55	
30b	98,00	Reti stradali e ferrovie - strade SS e SP	2	204,31	81,72	40,86	20,43	8,17	2,04	0,82	
30c	33,75	Reti stradali e ferrovie- strade minori	2	70,36	28,14	14,07	7,04	2,81	0,70	0,28	
30d	3.571,43	Reti stradali e ferrovie- ferrovie	2	7445,68	2978,27	1489,14	744,57	297,83	74,46	29,78	
31	1.280,00	Tessuto urbano continuo	2	2585,77	1034,31	517,15	258,58	103,43	25,86	10,34	
32	950,00	Tessuto urbano discontinuo	2	1837,26	734,90	367,45	183,73	73,49	18,37	7,35	
33	4.466,00	Aree industriali, commerciali	2	10003,63	4001,45	2000,73	1000,36	400,15	100,04	40,01	
36	11,00	Aree a campeggio	10	90,38	36,15	18,08	9,04	3,62	0,90	0,36	
37	9,00	Aree ricreative	10	73,95	29,58	14,79	7,40	2,96	0,74	0,30	
38	9,00	Aree verdi urbane	10	73,95	29,58	14,79	7,40	2,96	0,74	0,30	
39	1.230,00	Aeroporti	2	2564,29	1025,72	512,86	256,43	102,57	25,64	10,26	

NOTA: se una zona di categoria x (es.36) è allagata per Tr minori di 10 anni, conviene declassarla anche perdendone l'intero valore (confronto al rischio valutato su orizzonte 100 anni)³⁰. Il declassamento, può comportare la delocalizzazione da computare a parte (è il caso per esempio delle strade o aree a campeggio).

³⁰ Il risultato ottenuto per "pioppeti" è forse alterato dall'aver utilizzato anche per esso la funzione di vulnerabilità definita per i frutteti; del resto non è facile disporre di funzioni precise per ogni coltivazione.

3.7.5. Le ALTERNATIVE definitive

Cambio Uso suolo in ALT_Base

Si è dovuto introdurre una modifica dell'Uso del suolo per tener conto dell'impatto sul settore irriguo: si veda il Par.3.10.4 Impatti.

Cambio Uso suolo in ALT_Ardita

Idem come sopra, ma per due traverse

Questa alternativa implica la delocalizzazione di alcune cascine (che con l'Hp semplificativa di cui al Par.3.7.4 precedente, si riduce a considerare la perdita di valore del suolo)

Queste informazioni sono contenute negli shapfileUso del suolo per ogni alternativa.

Esse andrebbero corredate da altre informazioni riguardanti i meccanismi previsti per "convivere con il rischio", cioè per attuare la forma di perequazione agricola prevista e la compensazione per delocalizzazione. Questi aspetti sono trattati in modo indicativo nelle conclusioni.

3.8. Predizione degli effetti geomorfologici

3.8.1. Morfo-Geometria futura associata ad ogni ALTERNativa

Applicando la metodologia di cui sopra (Cap.3.8) si è definito l'alveo futuro (nuovo equilibrio) per ogni ALT considerata.

Innanzitutto si è costruito e utilizzato un file Excel che contiene le informazioni riassuntive sulla Storia del fiume, le opere rimanenti e i ragionamenti ingegneristico-meccanicistici, nonché i dati necessari per i calcoli di portate e trasporto solido e Q efficace, nell'Hp di moto uniforme. Poi, per tentativi come già detto, si è determinata la nuova geometria di ogni Tronco.

Infine, si è identificato su GIS un possibile tracciato coerente con le caratteristiche del futuro alveo considerando anche la presenza di paleoalvei riattivabili e l'uso del suolo attuale (in particolare, di pari lunghezza con approssimazione almeno del 10%; ipotizzando che un certo controllo antropico del tracciato ci potrebbe essere, indirizzandolo verso le zone meno urbanizzate, per quanto possibile).

Data l'ingente mole di informazioni necessarie e generate, si presenta qui solo un esempio di questi passaggi (per l'ALT Base).

File Excel:

A	B	C	D	E	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
1		2,187520721	LEGENDA:	Storia ATTUALE		ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF
	COD Tronco geomorfologico		Tipo sezione	Codice sezione	conclusioni da evoluzione STORICA per il TRATTO	SINTESI OPERE ALT considerata	OMR ALVEO	Ragionamento predittivo INGEGNERISTICO-MORFOLOGICI per il TRATTO	Teoria Regime: TIPO MORFO	coefficiente di rugosità (mean n, dreame n, grado di irregolarità)	Manri Strickler	
2	CIRF											
287				007.01						1	0,02	53,11
288				007						1	0,02	53,11
289				006.01						1	0,02	53,11
290				006						1	0,02	53,11
291			M11	005P_m						1	0,02	1050
292			M11	005P_v						1	0,02	1050
293				004.01						1	0,02	53,11
294				004						1	0,02	53,11
295				003.03						1	0,02	53,11
296				003.02						1	0,02	53,11
297				003.01						1	0,02	53,11
					Varie protezioni negli anni (arginato completamente già dal 1930), ma ancora con un po' di spazio di libertà: infatti, l'argine non è quasi mai in frodo. Oggi si è abbassato probab. attorno anni 50-70 ma anche successivamente e ha tirato in giù Chiese che si è così inciso (dal '72 al 2002 ha perso ben 1,35 m l'anche se con un solo dato '72) e ristretto trovandosi oggi con un alveo con Q bankfull > della Q formativa, e forse ancora residuo di eccesso di capacità di trasporto (sua meandrazione è stata ostacolata da protezioni, ma non molto), anche se vicino al riequilibrio. Testimonianze di vari danni ed abbati e opere (1976, 1933).	nessuno: si mantengono argini maestri	NO	probabilmente ci sarebbero dei cambiamenti (vedi ALT ARDITA), ma... allora andrebbero considerati anche nell'ALT SdF, invece per mantenere coerenza assumiamo che non si modifichi	SINUOSO	1	0,02	57,76
298	29	H-Panura, non confinati	003	002.02						1	0,02	53,11
299				002.01						1	0,02	53,11
300				002						1	0,02	53,11
301				001.03						1	0,02	60,23
302				001.02						1	0,02	60,23
303				001.01						1	0,02	60,23
304				001						1	0,02	60,23
305				001						1	0,02	60,23

A	B	C	D	E	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP		
1		2,187520721	LEGEIDA:		ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF	ALT RF		
2	CIRF				C anti-rugosità di Manni (Shickl erit)	FULLY ALLUVIA LITA'	altezza piena (lit m)	profondità alveo (lit m)	profondità h' alveo (lit m)	pendenz a P [%] di bankfull new (da determinare per tentativi)	FATTO	Salto attuale	Salto in nuovo assetto	Quota in nuovo assetto	CHECK nuovo assetto	L [m] nuovo assetto	Quota in nuovo assetto	Q bankfull (m3/s)	Trasporto solido (m3/s)	utility di troppo (lungo)	efficienza (G che di max trasposto)	probabili G piena della sif	Q sif (m3/s)	Q sif (m3/s)	profondità h' corrente new (base uniforme)		
287				007.01			20 F-O	1999																			
288				007			20 F-O	2023																			
289				006.01			20 F-O	2031																			
290				006			20 F-O	2051																			
291				M11 005P_m			20 F-O	2055																			
292				M11 005P_v			20 F-O	2056																			
293				004.01			20 F-O	2090																			
294				004			20 F-O	2102																			
295				003.03			20 F-O	2121																			
296				003.02			20 F-O	2146																			
297				003.01			20 F-O	2161																			
298	29	H-Planura, non confinata	003				20 F-O	145	40,00	3,3	0,27	SUP	0,00	0,00	21,19	21,19	0,00	0,00	250,7	0,00265		264	264,0	0,30	264,00	251,74	3,3063
299			002.02				20 F-O	194																			
300			002.01				20 F-O	117																			
301			002				20 F-O	147																			
302			001.03				20 F-O	152																			
303			001.02				20 F-O	198																			
304			001.01				20 F-O	107																			
305			001				20 F-O																				

A	B	C	D	E	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI
1		2,187520721	LEGEIDA:		ALT RF																			
2	CIRF				Q2	Q5																		
287				007.01																				
288				007																				
289				006.01																				
290				006																				
291				M11 005P_m																				
292				M11 005P_v																				
293				004.01																				
294				004																				
295				003.03																				
296				003.02																				
297				003.01																				
298	29	H-Planura, non confinata	003																					
299			002.02																					
300			002.01																					
301			002																					
302			001.03																					
303			001.02																					
304			001.01																					
305			001																					

A	B	C	D	E	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF
1		2,187520721	LEGEIDA:		ALT RF																			
2	CIRF				Q200	Q200	Q200	Q200	Q200	Q200	Q500													
287				007.01																				
288				007																				
289				006.01																				
290				006																				
291				M11 005P_m																				
292				M11 005P_v																				
293				004.01																				
294				004																				
295				003.03																				
296				003.02																				
297				003.01																				
298	29	H-Planura, non confinata	003																					
299			002.02																					
300			002.01																					
301			002																					
302			001.03																					
303			001.02																					
304			001.01																					
305			001																					

NOTA: le celle con "#DIV0" si riferiscono a righe inattive (che, volendo, possono essere attivate per effettuare i calcoli anche nei tratti intermedi).

A livello GIS; ecco un esempio di risultati:

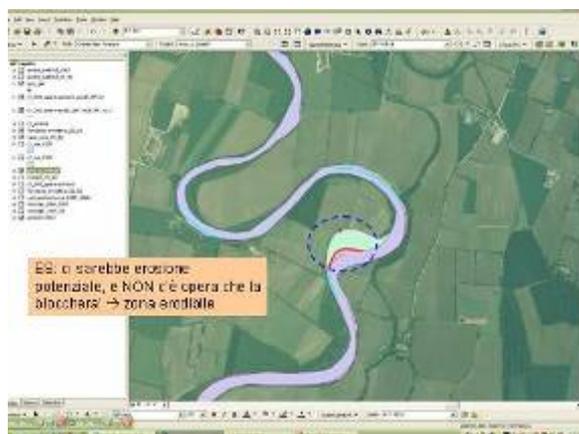
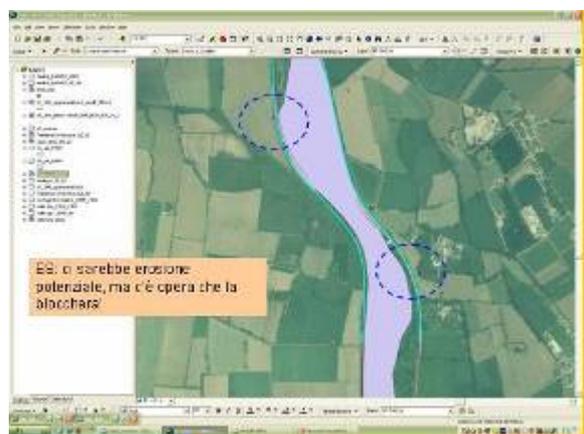


In questo esempio per il Tronco 28 dell’ALT Base, si può osservare (a sinistra) l’aveo attuale in azzurro sbiadito con le attuali opere di difesa/arginature (in azzurro brillante), mentre a destra si vede l’asse del nuovo alveo futuro (in violetto tratteggiato): il ragionamento è che l’assenza delle opere (marroncine) fornisce un ritrovato ampio spazio di divagazione, e grazie questo il fiume consuma il proprio residuo di eccesso di capacità di trasporto solido, meandrizzando sensibilmente per ridurre la pendenza, mentre d’altra parte recupera un po’ in quota (allungandosi di più di quanto perda in pendenza); inoltre si allarga un po’ perché esce dallo stato di incisione in cui si trova oggi, ritrovando un bankfull un po’ più ampio.

3.8.2. Zone erodibili a breve termine

L’idea è che dal confronto dei bankfull recenti (1995-2002) si possono identificare le zone erose (“manifeste”) e da queste determinare il tasso di erosione (a 7 anni) manifesto per ogni sito/tratto. Poi se ne può fare un’estrpolazione a 10 anni solo dove l’ALT non prevede opere : da questo si deriva una fascia erodibile a breve per ogni ALT.

Ma in molte altre zone ci sarebbe stata erosione se non ci fossero state le opere presenti! Vanno quindi inclusi quei tratti dove dall’analisi dello stato attuale (“battute di sponda” e tratti in “erosione” dello SdF) si vede erosione “incipiente”: “libera” se non è presente alcuna opera, “inibita” se è presente (probabilmente si sarebbe spostato di più).



In definitiva, la metodologia operativa è la seguente:

- Identificazione dei tratti (non protetti) ad erosione manifesta (da confronto bankfull recenti rivisti) → tasso erosione locale (e tasso max/min nel tratto geomorfologico)
- Identificazione dei siti di sponda con erosione incipiente (layer SdF + revisione con foto da terra +schede opere+ sopralluoghi) → selezione di quelle (“incipienti inibite”) dove esiste un’opera di protezione (perchè è dove si sarebbe manifestata); le altre sono “incipienti libere”
- Creazione di un Layer GIS di punti di erosione potenziale manifesta (con tasso estrapolato) e “incipiente inibite” (con tasso max del tronco) e “incipienti libere” (con tasso min del tronco)
- Creazione, con questa informazione, di un layer con le zone potenzialmente erodibili a breve termine (estrapolando con giudizio esperto)
- Poi, per ogni ALT, si ritagliano (Tool ERASE di ArcGIS) le zone ad erosione potenziale con: i) le opere ESISTENTI da mantenere, ii) quelle previste da SdF e mantenute e iii) le opere CIRF nuove ⁽³¹⁾ → delimitazione fascia erodibile a breve ALT x

3.8.3.Zone erodibili a lungo termine

L’idea in questo caso è che la fascia erodibile per la generica ALT x sia l’involuppo di:

- involuppo di bankfull storici (una volta per tutte), perché potenzialmente essi definiscono la appunto la fascia di mobilità
- zone erodibili a breve per l’ALT x
- zone che saranno ricatturate dalla dinamica geomorfologica (assetto futuro previsto in base al modello evolutivo, considerando la presenza di paleoalvei ricatturabili, Opere presenti e Uso del suolo) per l’ALT x

e che da questa zona complessiva vadano escluse le zone protette dalle Opere dell’ALT x.

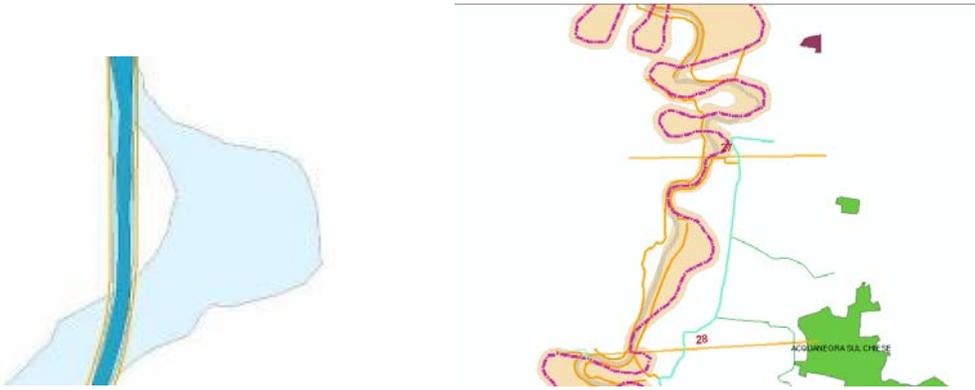
Operativamente: in ArcGIS per fare l’involuppo dei bankfull storici con il previsto (creato con un BUFFER simmetrico attorno all’asse e di larghezza pari a quella prevista per il bankfull futuro) si può fare così (soluzione non elegante, ma semplice): nello stesso shapefile merge dei bankfull storici si creano nuovi poligoni semplici che tappino con eccedenza le isole (senza uscire fuori, ma senza necessità di seguire con precisione i contorni ...quindi si fa in fretta...sono proprio delle "toppe")....e poi si fa un "DISSOLVE" che unisce finalmente in un unico poligonazzo il tutto, anche le toppe.

Per tagliare le zone potenzialmente erodibili, ma protette da Opere:

- si crea un shapefile di lavoro con tutte le Opere dell’ALT x (esistenti+previste SdF+previste CIRF)
- si eliminano le opere che non proteggono erosione di sponda (almeno: soglie, briglie, traverse, scolmatori, ponti)
- si individuano quelle in sponda DX e quelle in SX creando due shapefile differenti generali; si selezionano, per una sponda, le opere pertinenti all’ALT x creando uno shapefile DX e uno SX per quella ALT x
- si crea un BUFFER asimmetrico piano a DX per opere DX e viceversa per l’altro
- con questo si fa un ERASE sul layer poligono di base (es. merge dei bankfull storici).

Come caso limite, nella seguente figura (sinistra) praticamente tutto l’involuppo dei bankfull storici viene tagliato fuori dalle opere rimanenti (le arginature in marroncino che corrono lungo l’alveo attuale). Invece a destra si vede la fascia erodibile a lungo termine (per l’ALT Base) in marroncino semi trasparente e l’asse previsto (in violetto), nonché le opere rimanenti (in azzurro brillante).

³¹ Tecnicamente, su ArcGIS, ciò si può realizzare creando innanzitutto un layer contenente, per ogni data ALT, tutte le opere presenti in quella ALT in sponda dx e un altro per quelle in sponda sx; poi creando un buffer asimmetrico corrispondente abbastanza ampio da catturare tutta le zone potenzialmente erodibili; poi facendo un MERGE del layer sx e dx; poi un ERASE con il MERGE di bankfull attuale+zone erodibili a breve potenziali.



La seguente tabella riporta i risultati ottenuti ⁽³²⁾:

	COD_TOT Uso suolo	ALT_0	ALT_SdF	ALT_Base	ALT_Ardita
1	11a	45,86	52,92	398,70	647,51
2	11b	17,17	17,72	34,87	61,81
3	12a	19,57	20,33	50,80	58,53
4	15	1,78	1,78	4,73	5,60
5	17	2,62	2,61	2,58	2,61
6	18b	3,17	3,27	15,81	20,11
7	21	1,36	1,36	1,49	1,85
8	22	0,32	0,45	11,65	16,47
9	24	9,03	9,03	9,14	9,04
10	25	0,88	0,90	1,67	6,76
11	26	175,45	181,26	211,74	253,27
12	29	212,90	213,40	214,90	217,76
13	30a	0,48	0,47	0,62	0,53
14	30b	0,82	0,37	0,49	1,14
15	31	1,09	0,25	0,18	3,81
16	32	0,66	0,30	0,29	2,90
17	33	0,75	0,68	1,87	1,85
18	37	0,27	0,23	1,00	0,07
19	38	1,13	1,13	1,67	1,67
	TOTALI	495,28	508,46	964,21	1313,30
	TOT senza alveo	282,38	295,06	749,31	1095,53

³² Dato che l'elaborazione dell'ALT_Ardita non è stata completata, i valori non sono definitivi. Una volta effettuato il cambio di Uso suolo a causa della modifica traverse (ribassamento) va rifatta l' intersezione del nuovo Uso del suolo con fascia erodibile (che è già stata corretta con protezione da erosione urbana).

3.9. Predizione degli effetti idraulici: esondazioni ed allagamenti

3.9.1. Messa a punto del modello di simulazione (Mike 11): impostazione

- L'obiettivo di questa attività è simulare le diverse ALTERNATIVE (ALT_x) in un modo che renda i risultati confrontabili sia tra le diverse alternative, sia con i risultati dello SdF
- STRUMENTI: Utilizzo dello stesso software (Mike11) e della stessa struttura modellistica (alveo principale + canali "golenali" + link channels; scabrezze). In questa ottica si sono eseguite delle verifiche per assicurare di star effettivamente operando con il medesimo strumento; in particolare, si è simulato l'ALT_SdF per confrontarla con lo "stato di progetto SdF". I profili sono sostanzialmente identici salvo tre motivi:
 - non si è rappresentato lo scolmatore di Gavardo⁽³³⁾
 - si è migliorata la rappresentazione della geometria per meglio rispondere alle nuove finalità⁽³⁴⁾
 - si sono inseriti alcuni ulteriori "canali golenali" per meglio rappresentare il processo di esondazione (nei tratti non arginati); questo accorgimento modifica le quote in alveo per i Tr più elevati (500 e 200) di quantità significative, anche superiori al metro!

Per chiarezza, è forse utile ricordare che la ns ALT_0 e lo "stato di fatto" sono la stessa identica cosa per quanto riguarda le geometria ad eccezione di alcuni argini che sono stati rialzati per evitare la possibilità di tracimazione (CHAR1698a+b, CHAR1697a+b, CHAR1703a, CHAR1704a, CHAR1691b, CHAR1692b) e di una nuova arginatura (CHAR_ALT_0_1); ma sono diverse in quanto a idrogramma di piena (nella ALT_0 è "tagliato" come già spiegato più sopra).

- Per garantire la confrontabilità delle simulazioni anche con tracciati planimetrici di alveo diversi (associati alla futura evoluzione planimetrica), occorre mantenere costante il numero di sezioni trasversali in ogni ALT_x:
 - omogeneizzazione sezioni dell'ALT_0 ("stato di fatto") e nell'ALT_SdF ("stato di progetto" dello SdF)
 - riposizionamento di alcune sezioni trasversali nelle diverse ALT_x

3.9.2. Caricamento della geometria di ogni ALTERNATIVA

Questo paragrafo riguarda la traduzione in termini di geometria utilizzata dal modello di simulazione idraulica della morfologia d'alveo derivante dall'esercizio di predizione morfologica di cui si è già detto.

³³ "Non rappresentare lo scolmatore Gavardo" significa che si simula senza utilizzare un canale parallelo, collegato alla rete principale come se fosse una diramazione regolata da uno stramazzone -e le cui caratteristiche geometriche corrispondono a quelle dell'attuale scolmatore-, ma assumendo invece che l'intera portata defluisca nell'alveo principale del fiume Chiese. Questo per tre motivi:

- l'effetto è molto locale, l'acqua verrebbe riconvogliata in Chiese poco a valle, quindi la Q_{tot} non cambia
- a Gavardo non sono previste particolari opere, a parte qualche muretto, la mitigazione del rischio è data solo dalla riduzione dell'idrogramma e dallo scolmatore, quindi nulla cambia nelle ALT, ovvero non ci sono diversi assetti di opere di cui valutare l'incidenza
- appesantisce la rete e allunga i tempi di calcolo,

quindi una volta consci di cosa succede se lo si omette, conviene ometterlo.

³⁴ Quella presente nei file di definizione dello "stato di progetto SdF" non sempre corrispondeva a quella dichiarata come assetto delle opere e interventi di tale "stato di progetto" (per es. si sono eliminati alcuni argini secondari dichiarati "non essenziali e quindi da rimuovere") perché per SdF lo scopo era unicamente verificare la messa in sicurezza e quindi tali opere non modificano l'esito della simulazione.

E' un aspetto particolarmente delicato perché esiste un margine di discrezionalità ampio, mentre l'effetto sulle esondazioni può essere determinante. Inoltre, comporta una laboriosa operazione di preparazione dei files di input per la simulazione idraulica.

Sono stati fatti diversi tentativi con criteri diversi.

In definitiva, l'approccio e la procedura che ci sono parsi più sensati sono descritti di seguito:

profilo di fondo

principio adottato:

- cercare di essere aderente alla predizione morfologica che, sebbene a rigore valida solo per tronchi liberi ("fully alluvial"), abbiamo assunto sia valida anche per gli altri (nei fatti, la coerenza intrinseca della predizione migliora effettivamente verso valle dove la natura dell'alveo è sicuramente più vicina al "fully alluvial");

- questa predizione individua una certa pendenza i (e lunghezza L , tirante di bankfull h e larghezza corrispondente w) che, nel possibile, va mantenuta costante, perché il fiume, finché non si scontra con la superficie topografica o non appare qualche elemento di discontinuità come un'opera, un affluente.....o un cambiamento del contesto geologico-pedologico (la stessa definizione di Tronco geomorfologicamente omogeneo lo esclude), non ha seri motivi di sviare da tali caratteristiche.

operativamente:

- si parte da valle con la quota fissata per il Tronco in oggetto (che, nell'ambito del nostro ambito di analisi, è quella del fondo Oglio allo sbocco del Chiese), e si risale verso monte

- si alza il letto con la pendenza i prevista per il Tronco in questione e con le progressive "nuove" (cioè quelle corrispondenti al nuovo asse del fiume, allungato o accorciato secondo la predizione morfologica) fino a incontrare una qualche anomalia: PONTE o TRAVERSA/SOGLIA, o fino all'inizio del Tronco successivo (sempre verso monte)

- se la quota nuova così determinata a valle dell'opera è inferiore alla quota ATTUALE monte opera, si assume quest'ultima (cioè l'originale) come nuova quota di monte opera e non c'è problema (si verifica però se l'eventuale abbassamento sia eccessivo, nel qual caso si prende nota di un impatto sull'opera stessa da considerare nel computo costi.....);

Viceversa, quando la nuova quota valle opera è più elevata dell'attuale quota di monte, si adotta come quota di monte nuova quella di valle nuova (per opera puntuale) e il salto è "negativo" (cioè l'alveo si è alzato); ma questo è il caso problematico perché può richiedere una modifica dell'opera stessa. Si è adottato a tal riguardo il seguente criterio: per un PONTE, se l'abbassamento o rialzo è inferiore a 1m e non è storico → non c'è impatto (se lo assorbe); se superiore, c'è impatto e il ponte va rifatto! Se è una TRAVERSA: viene seppellita, ma in base a foto opera e quote si può decidere se è un impatto o meno. Finito l'esercizio, è opportuno verificare se le opere dichiarate "non impattate" non comportano problemi (rigurgito importante o problemi di stabilità): se sussistono dei problemi, occorre comunque modificarle (eventualmente senza influenza sull'idraulica, ma sui costi)

- Poi si verifica che la quota del piano campagna circostante sia compatibile con la nuova quota fondo + profondità di bankfull (h_{bankfull}), cioè che "non stia nell'aria". In caso non sia rispettato, occorre rivedere la predizione e/o modificare l'assetto opere perché si tratta di una situazione evidentemente fisicamente irrealizzabile.

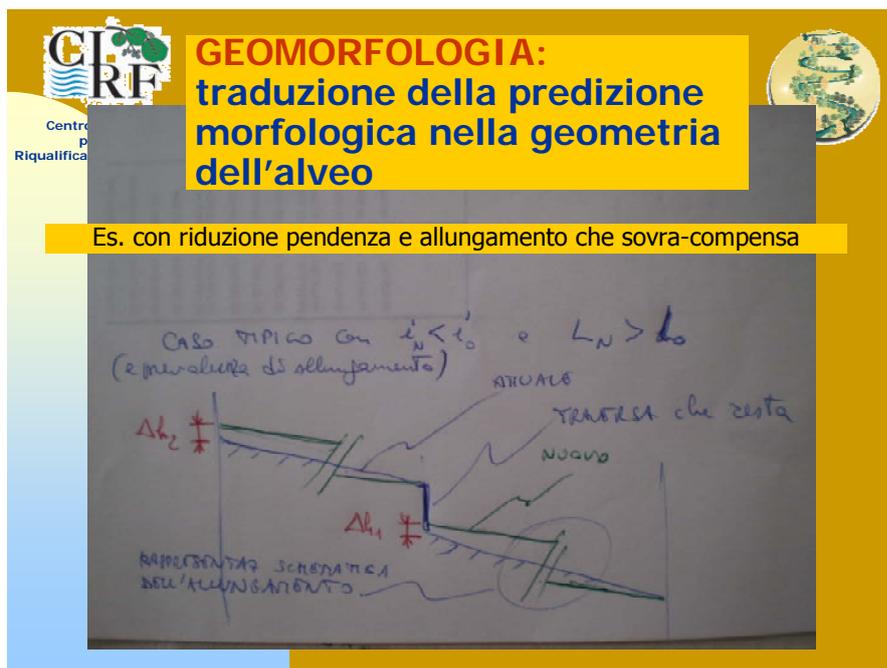
Esiste più spesso il caso opposto, infatti, in generale, è geometricamente impossibile soddisfare al contempo il rispetto dei nuovi valori di pendenza fondo, lunghezza tronco, profondità di bankfull e topografia del territorio; il caso opposto significa avere una sezione più profonda, rispetto al piano campagna, che la sola h_{bankfull} . Ma questo è semplicemente il caso, frequente, in cui il fiume che ha sofferto di un incisione significativa, e ora (seppur spesso rialzandosi parzialmente ed allungandosi) non riesce a recuperare tutto il perduto e si ricostruisce ora un "nuovo mondo ribassato", cioè una nuova pianuretta inondabile (facendo crollare le sponde fino ad allargare la sezione) rispetto alla quale marca il nuovo bankfull. Anzi, in molti casi è proprio questo l'intervento artificiale di riqualificazione da proporre: ribassare i terrazzi di sponda (reimmettendo i sedimenti in alveo per compensare il deficit sofferto!) e permettere al fiume di ritrovare un po' di spazio di libertà e di rideterminare il proprio bankfull oltre che il proprio percorso plano-altimetrico.

Geometria della sezione:

si allargano o restringono quelle reali proporzionalmente al rapporto tra nuova w e quella originale (media del tronco) ⁽³⁵⁾.

E' importante sottolineare che il fiume reale è in generale irregolare (in termini in particolare di pendenza dei singoli tratti) e così la topografia (quota piano campagna, ostacoli,...), per cui sorprese sgradite sono perfettamente possibili.

Il principio guida descritto qui sopra è illustrato nella seguente slide:



I passi operativi seguiti sono in definitiva i seguenti:

³⁵ Una soluzione alternativa che presenta maggior omogeneità tra le ALT_x e la ALT_0 è cercare la schematizzazione (in termini di sezione rettangolare equivalente) della situazione attuale e poi semplicemente assegnare una larghezza diversa nelle diverse ALTs. Ma comporta complicazioni di maggior dettaglio che non hanno permesso di proseguire oltre un primo tentativo.

- **Geometria alveo principale**
 - Inserimento in Mike11 del nuovo tracciato altimetrico tramite shapefile
 - Modifica della forma e della progressiva delle sezioni offline (MatLab) a partire dalle sezioni dell'ALT_0
- **Inserimento dei canali "golenali" (Rete secondaria)**
 - dopo una prima simulazione, verifica quali siano le sezioni in cui è necessario definire i canali secondari
 - reazione di una tabella (filtro) in cui vengono elencati e posizionati (MatLab)
 - a partire dalla geometria dell'asta principale, attraverso la tabella, si costruisce la rete secondaria in Mike11.
- **Inserimento dei "Link Channels"....** A mano (uno per sezione che compone la rete secondaria circa 150 per ogni ALT)
- **Simulazione per ogni Tr** → controllo se siano necessari altri canali secondari

NOTA: in qualche misura la creazione di "canali golenali" è arbitraria e vincola l'esondabilità; cioè, se in un tratto dove esonderebbe, non si colloca un canale golenale...il fiume non può di fatto esondare (nella simulazione) e quindi mantiene livelli in alveo maggiori.

In generale, quindi, possiamo dire che esiste una sovrastima dei livelli e quindi, a posteriori, pure delle zone allagabili.....(ma questo limite è presente pure nello SdF).

Difatti, ci sarebbe qualche canale da aggiungere in ALT_SdF in seguito alla rimozione di qualche argine; ma per coerenza con quanto fatto nello Studio di Fattibilità non abbiamo modificato la loro rete (salvo per i canali introdotti anche per l'ALT_0 di cui si è detto più sopra). Probabilmente, comunque, l'influenza non è molto rilevante.

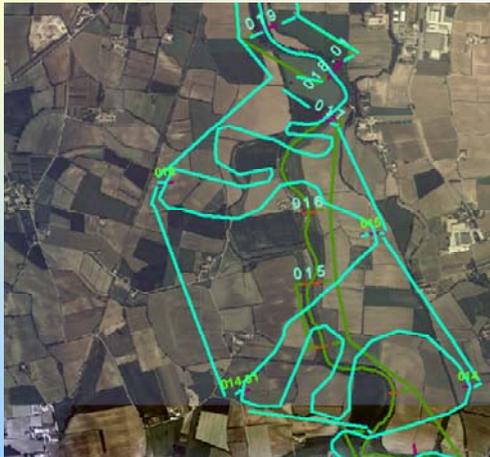


Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

IDROLOGIA-IDRAULICA:

modello simulazione Mike11





	A	B	C	D	E
1	Gol_	089.02M	_sx	6	
2	089.02M				
3	089M				
4	088.01M				
5	088				
6	087.02				
7	087.01				
8	Gol_	080.01	_sx	2	
9	080.01				
10	080				
11	Gol_	078.02	_dx	3	
12	078.02				
13	078.01				
14	078				
15	Gol_	077.01	_sx	3	
16	077.01				
17	076.02				
18	076.01				
19	Gol_	076.02	_dx	3	
20	076.02				
21	076.01				

Esempio di rete di calcolo e definizione della rete secondaria

3.9.3. Simulazioni e risultati

Configurazioni geometriche												
ALT_0 = Stato di fatto	Stato di progetto SdF	ALT_SdF	ALT_SdF con canali golenali extra	ALT_Base (approccio realista)	ALT_Base solo opere	ALT_0 (approccio alveo schematico)	ALT_Base (approccio alveo schematico)	ALT_Ardita	ALT_Radicale			
Tr002	○									Tr002	Quote Oglio costanti	Valle
Tr005										Tr005		
Tr010										Tr010		
Tr020	○									Tr020		
Tr050	○									Tr050		
Tr100	○									Tr100		
Tr200	○									Tr200		
Tr500	○									Tr500		
Tr002	○		○	○	○			○	○	Tr002	Quote Oglio coerenti con Tr	
Tr005	○		○	○				○	○	Tr005		
Tr010	○		○	○				○	○	Tr010		
Tr020	○		○	○				○	○	Tr020		
Tr050	○		○	○				○	○	Tr050		
Tr100										Tr100		
Tr200	○	○	○	○	○	○		○	○	Tr200		
Tr500	○		○	○				○	○	Tr500		

- Simulazioni effettuate nello Studio di Fattibilità
 ○ Simulazioni CIRF eseguite e strutturate
 ○ Simulazioni CIRF da eseguire o strutturare

E' interessante notare che spesso le quote in alveo raggiunte in un'ALternativa differiscono dalle corrispondenti di un'altra ALternativa (per es. la ALT_0) per ragioni non immediatamente identificabili (si ricordi per cominciare che le quote ottenute sono l'involuppo di quelle presentatisi nella sezione considerata durante il transitorio del passaggio della piena, infatti il modello adottato è dinamico).

Occorre infatti considerare i seguenti fattori:

- una eventuale variazione della quota dell'alveo (conseguente la predizione morfologica)
- l'eventuale variazione della larghezza di bankfull (sempre dalla predizione morfologica); in genere: maggior larghezza → minori quote
- l'eventuale variazione della lunghezza (sempre dalla predizione morfologica); in genere, quando è presente un canale golenale finalizzato a rappresentare l'esondazione: a maggior lunghezza → minori quote, perché si dispone di una maggior lunghezza di soglia di sfioro per l'esondazione laterale e quindi maggiori volumi sfiorati e minori portate e quote in alveo (effetto significativo, però, solo dove appunto avviene esondazione)
- l'eventuale variazione della pendenza (sempre dalla predizione morfologica); in genere: maggior pendenza → minori quote
- la modifica di elementi di controllo della quota: ribassamento soglie o allargamento ponti

Ma anche : possibile carenza nella introduzione di canali golenali per modellare l'esondazione laterale (infatti i canali sono diversi tra le diverse ALTERNATIVE perché si modifica l'asse del fiume e i canali...devono "inseguirlo"), cosa che può sottostimare l'esondazione e quindi sovrastimare le quote in alveo.

Mentre i primi elementi hanno una ragione fisica, quest'ultimo è proprio una imprecisione di modellazione.

Un'altra imprecisione è dovuta a un problema di instabilità numerica di Mike11: soprattutto in prossimità di discontinuità idrauliche (come un ponte ove si introduce uno o più "culvert"), a volte l'output quota in alveo fornito da Mike11 mostra delle sovraelongazioni soprattutto all'inizio del transitorio: se poi si vanno a rilevare i massimi raggiunti, si ottengono così valori falsati che vanno corretti (manualmente).

3.9.4. Determinazione delle zone allagabili

Approccio e assunzioni

Analogamente a SdF, si è adottato un modello quasi 2D che quindi non rappresenta correttamente il processo di propagazione dell'esondazione sul territorio, ma modella abbastanza correttamente gli scambi di massa, per cui i livelli idrici in alveo sono credibili, mentre sul territorio molto meno. Si è proceduto diversamente per le zone libere, rispetto a quelle protette da arginature importanti.

Tratti senza arginature importanti

Per determinare le zone allagate in modo coerente e almeno realistico, per le zone non protette da arginature importanti, si è assunto che il livello idrico in prossimità di una generica sezione (quando supera le quote massime della sezione stessa) si estenda orizzontalmente in senso perpendicolare all'asse fiume, a meno di interferenze con il resto del fiume (che modificano l'orizzontalità, come mostrato più avanti). Si è assunto che la corrispondente superficie interpolante rappresenti le quote idriche raggiunte sul territorio. Si tratta quasi certamente di una posizione che certamente sovrastima le zone allagabili, ma è la medesima dichiarata nello SdF.

Successivamente, si è introdotta anche una correzione manuale alle zone così individuate che cerca di avvicinarsi il più possibile alla dinamica 2D, sostanzialmente adottando alcuni criteri molto semplici (si ricordi che l'analisi si effettua per ognuno dei 7 Tr considerati: 2; 5; 10; 20; 50; 200; 500):

- "un ostacolo impedisce l'esondazione": la mera intersezione GIS tra DEM e superficie idrica interpolante può individuare zone che si trovano effettivamente a quota inferiore a quella raggiunta in alveo (per il Tr considerato), ma non vede la eventuale presenza di un ostacolo come un rilevato arginale o di un rilevato stradale o ferroviario: si è quindi individuata manualmente (sulla CTR e in base ai rilievi topografici quando disponibili) la quota di tali oggetti (che si ricorda erano stati esclusi dal DEM per non alterare la descrizione del territorio in sé) e deciso se/dove l'esondazione può effettivamente avvenire o meno, creando uno shapefile "CUT" per coprire, e poi eliminare, tali zone dallo shapefile zone allagabili per quel Tr

- "l'acqua non risale": può succedere che una zona, tutta a quota inferiore rispetto alla quota in alveo di un dato tratto di alveo, sia realmente accessibile dall'acqua solo attraverso una sito di esondazione situato a valle rispetto tale zona, perché ivi magari l'argine effettivamente si trova a quota inferiore rispetto al livello idrico in alveo, ma dove la quota idrica è inferiore a quelle di monte del medesimo tratto perché il profilo ha una sua pendenza: l'acqua allora non può risalire rispetto a tale quota della sezione di esondazione e quindi non tutta la zona viene allagata. Anche qui si deve agire con il "CUT"

- "l'acqua può aggirare un ostacolo": qui si considera la possibilità in un certo senso opposta in cui l'acqua non può esondare direttamente in una data sezione (causa ostacolo o topografia della sezione), ma può farlo a monte o valle e indirettamente alla fine può allagare la zona depressa individuata

- "il fronte d'onda non raggiunge l'intera zona a causa della transitorietà del fenomeno (e dei volumi esondati comunque limitati)": in alcuni casi i criteri di cui sopra possono condurre all'inondazione di aree molto vaste (sul Chiese si ha un caso simile a valle di Calcinato in dx con piano campagna digradante verso l'esterno per distanze enormi). Fisicamente non sono probabilmente realizzabili; solo una simulazione dinamica 2D permetterebbe di assicurarsene. Abbiamo effettuato una correzione "expert-based" che considera appunto questo criterio, osservando in principio la durata degli eventi e anche le quote raggiunte nei canali golionali.

Tratti con arginature importanti

Per zone invece protette da arginature "importanti", cioè arginature che, in caso di tracimazione arginale, determinano l'inondazione di aree molto vaste (sul Chiese si ha un caso simile a valle di Montichiari in sx con piano campagna digradante verso l'esterno per distanze enormi) si è sostanzialmente ritenuto che il metodo di cui sopra sia inadeguato a causa del fatto che si tratta di un fenomeno caratterizzato da una componente "catastrofica" e "caotica" (nel senso dei sistemi dinamici non lineari) caratterizzato in genere dal crollo arginale, peraltro praticamente quasi

impossibile da prevedere per ubicazione e dinamica (velocità e geometria delle brecce). Solo un modello 2D dinamico (sulla linea di quanto effettuato nel progetto Strategico Po dell'AdB Po 2005) può fornire indicazioni attendibili, soprattutto se associato a un approccio MonteCarlo con ripetute numerosissime simulazioni in cui il crollo arginale è modellato avvenire casualmente.

Per affrontare questa problematica in modo gestibile all'intero di uno studio di questa portata, e che abbia caratteristiche di esportabilità ad altri casi simili, si è adottata una impostazione radicale: si sono evitate situazioni in cui una tale tracimazione possa avvenire. Ciò significa ipotizzare che, per l'ALT_0, lo "stato di fatto" venga sostanzialmente emendato effettuando il rialzo arginale di quelle sole opere appunto "importanti" (nel senso appena specificato) al punto da evitare la tracimazione arginale per qualsiasi Tr considerato; e analogamente vincolare la definizione di nuove ALTERNATIVE di assetto al rispetto di questa medesima condizione.

Questa soluzione ha il pregio di assicurare la credibilità dei risultati ottenuti dalla simulazione (che conduce a livelli maggiori in alveo, dato che limita l'esondazione), ma ha il difetto di limitare la libertà nella definizione di nuove ALTERNATIVE. Inoltre, e forse più grave, non elimina il problema che comunque possono avvenire eventi tali da superare anche la maggiore delle arginature (il cui costo è ovviamente crescente in genere più che linearmente con la quota della sommità arginale). Esiste insomma un *rischio residuo*. Quest'ultimo problema è stato affrontato introducendo appunto un apposito indice di rischio residuo (vedi il successivo Par.3.10.7) spostando, in sostanza, una parte della valutazione del rischio dalla componente economica a quella qualitativa, ma comunque significativa in una valutazione di stampo multicriterio, come la nostra.

Procedura zone allagabili

La procedura adottata, basata su una serie abbastanza articolata di operazioni su GIS, è illustrata nella seguente slide:



CIRF
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

**IDROLOGIA-IDRAULICA:
determinazione GIS delle zone
esondabili (∇ ALT, Tr)**

- **Hp:** modello simulazione simula correttamente livelli in alveo (considerando esondazioni) ma non processo esondazione sul territorio → Hp drastica (coerente con SdF) di orizzontalità piano allagamento a stessa quota alveo, ma a livello locale (vedi NOTE)
- **Dati:** Livelli idrici in alveo (h) in ogni sezioni ; DEM ; Nuovo asse fiume e sezioni
- **Creare una superficie interpolante (Raster):**
 - creare uno shapefile con gli h estrapolati (in ogni sezioni si collocano 3 punti: in alveo, e sx e dx cercando il primo punto sul DEM a quota > di h, se esiste, senza incroci)
 - Si interpolano in un raster (Spatial Analyst Tools, interpolation, IDW con passo 5m)
- **Individuare zone inondate (Raster Booleano):**
 - Funzione GIS (Spatial Analyst Tools, MATH, Logical, Less than equal), con input 1: DEM, e input 2: superficie interpolante
- **Convertire Raster in Poligono**
 - Funzione GIS (Conversion Tools, From raster, Raster to Polygon)
- **Correzione per effetto di contenimento → Shapefile zone inondate**
 - Eliminazione alcune zone sulla base di analisi occorrenza esondazione sponde sx/dx e criterio che "acqua non risale" rispetto dove esonda (taglio col DEM su curva livello), ma può "aggirare" (+ effetto barriera prodotto da strade, ferrovie,... in parte già in DEM) + criteri pseudo 2D dinamico (durata evento, quote in canali golenali)
 - Evitare, nella concezione delle ALTs, la possibilità di tracimazione verso aree enormi

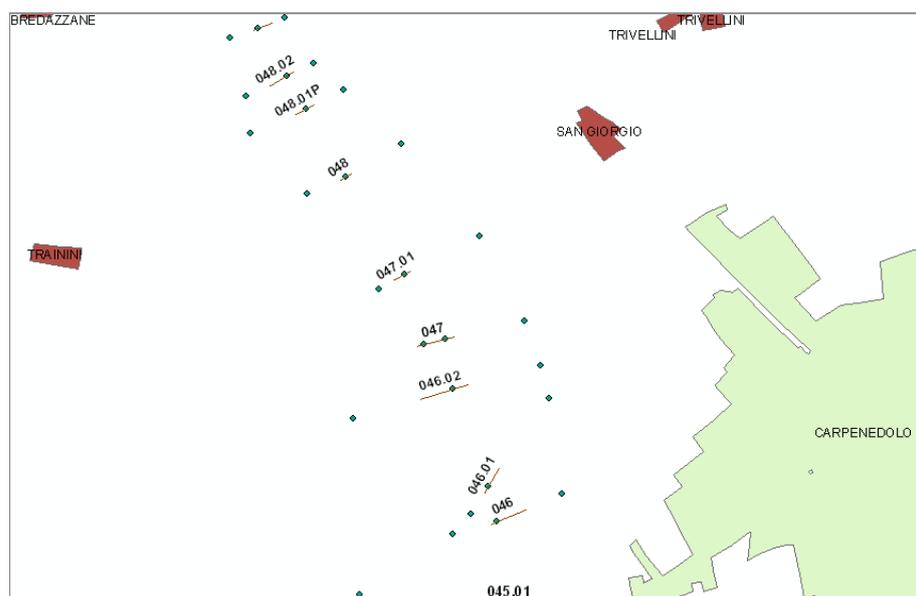
NOTA:

- l'Hp su superficie allagata sono pesanti e hanno influenza pesante su tutto il resto delle valutazioni; ma...non si può far di meglio con modello quasi 2D. Con una descrizione più raffinata della topografia del territorio (DEM più raffinato) si potrebbe automatizzare la

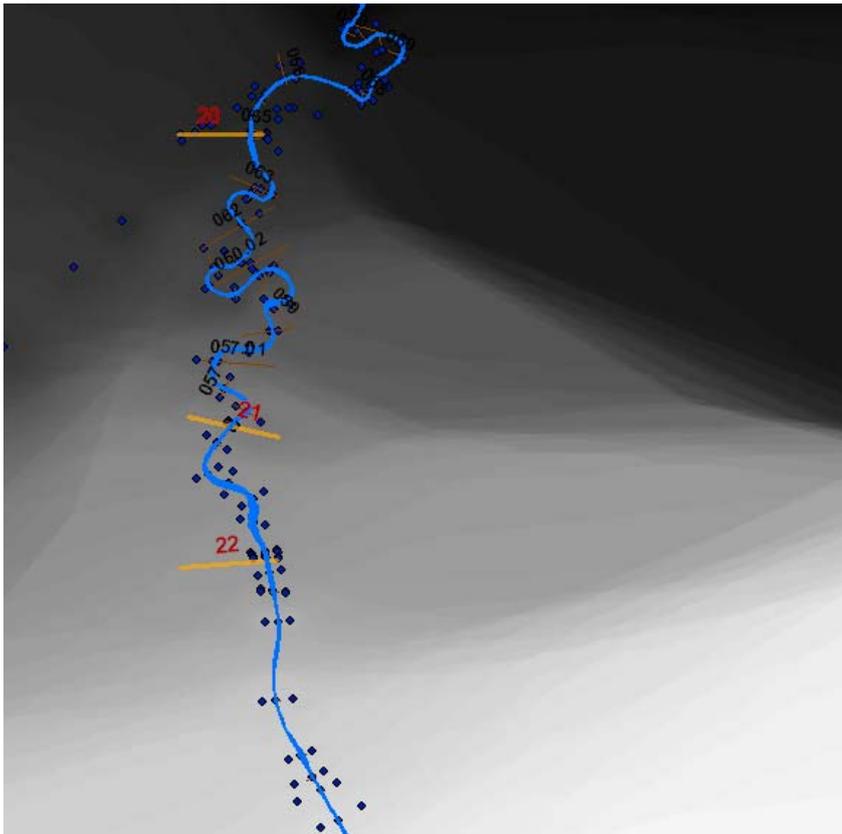
maggior parte delle onerose (e tediose) correzioni manuali di cui sopra, per esempio con un programma in MatLAB

- la nostra determinazione è comunque coerente con i criteri dichiarati nello SdF. I ns risultati sono però molto diversi dai loro, ma tutto sommato più credibili, soprattutto una volta introdotta l'Hp che gli argini maestri non vengano mai tracimati (o perché si contiene o perché sono stati del tutto eliminati): vedi esempi
- Infine, va notato che la mappa di uso del suolo e CTR raster in ns. possesso non copre tutta la zona che può venire inondata e quindi potrebbe sembrare che la ns. analisi stia sottostimando il rischio di esondazione: in effetti, nel nostro caso esistono in particolare due zone (valle Calcinato in dx e valle Montichiari in sx) con quote digradanti verso esterno alveo e che quindi possono provocare potenzialmente inondazioni di aree enormi. Tuttavia, questo problema si può evitare (e così abbiamo fatto) semplicemente prevedendo interventi su argini anti tracimazione di tali zone, anche rinunciando al carattere più estremo di alcune ALTs (e così è stato fatto per esempio per l'ALT_Base). Va anche ricordato che il ns metodo di determinazione delle zone inondate non considera quantitativamente il rispetto dei volumi esondati; nella realtà è molto probabile che tali volumi non permettano di arrivare così lontano (ma è da verificare).

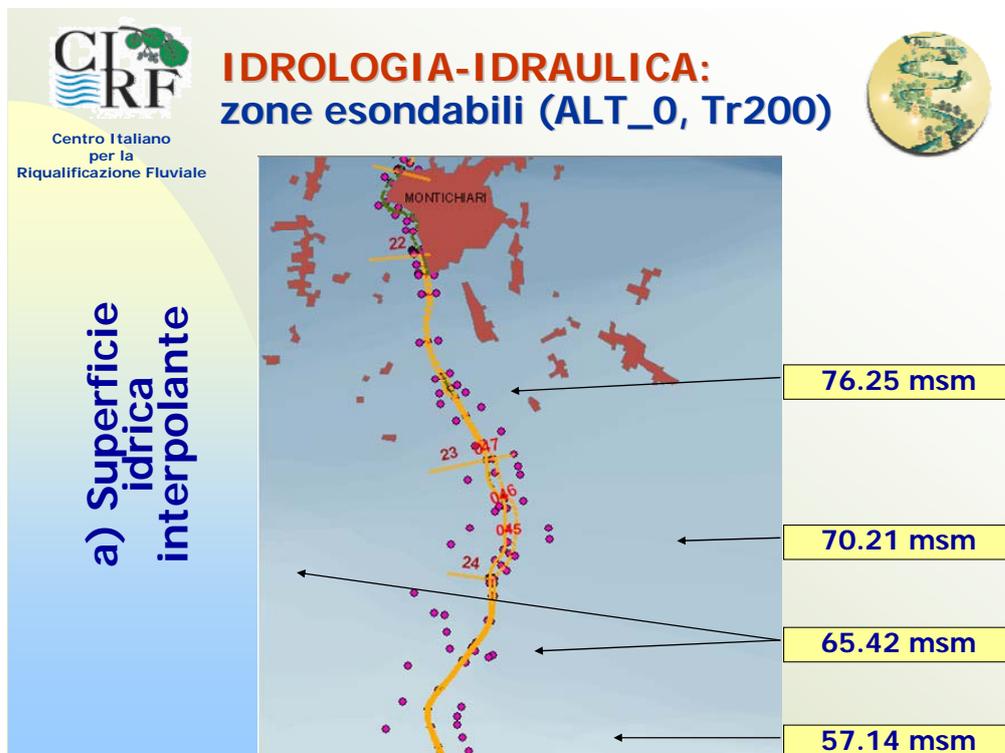
→ In definitiva, tutta questa analisi deve essere oggetto di un livello di approfondimento da "Studio di fattibilità" che è fuori portata per il ns progetto.

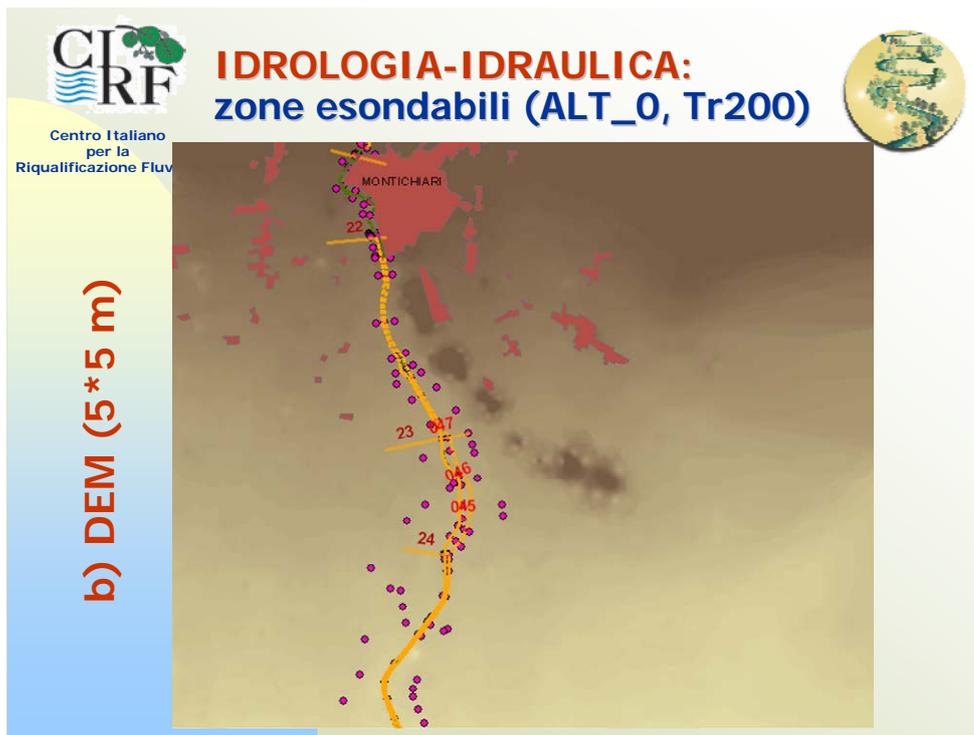


Esempio di creazione dello shpfile punti quota pelo libero (per l'ALT_0)



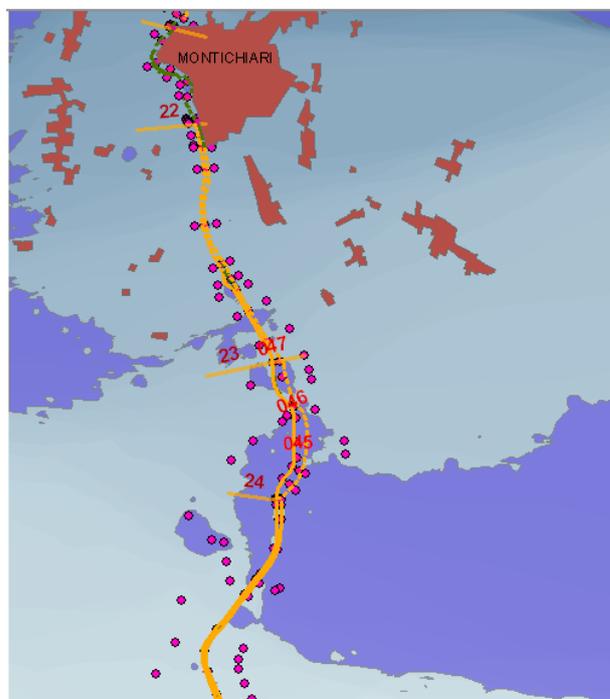
Esempio di superficie interpolante le quote idriche in alveo, intesa rappresentare la possibile quota idrica sul suolo in caso di esondazione: tendenzialmente si proietta la quota presente in alveo orizzontalmente, in senso perpendicolare all'asse del fiume; ma poi si combina con l'effetto delle quote associate alle altre sezioni.





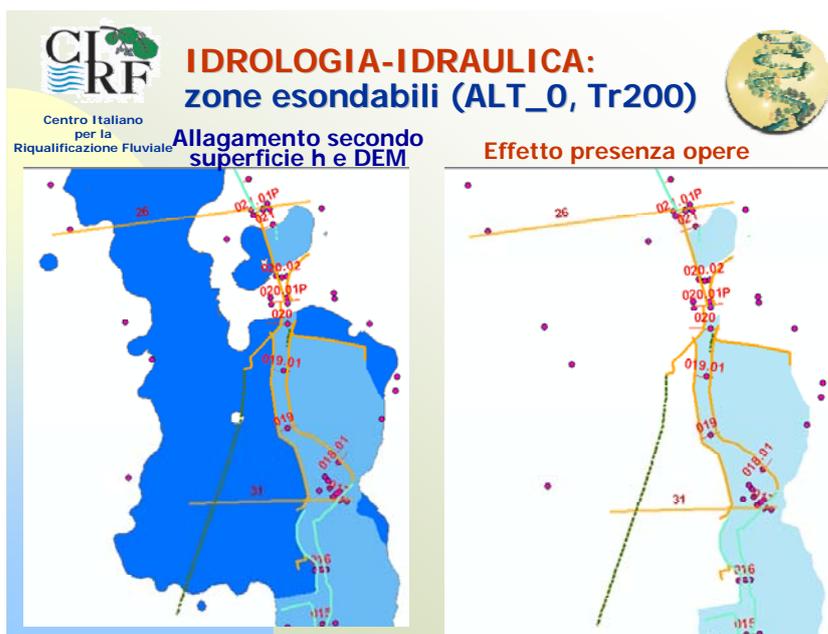
Esempio di determinazione delle zone allagate (per Tr200 nell'ALT_0, zona subito a sud di Carpenedolo): si può intuire come la superficie idrica interpolante le quote in alveo (in toni di azzurro, a sx) non sia orizzontale, ma segua in modo del tutto ragionevole il profilo in alveo, con un gradiente verso "ore 13" in figura. Il DEM (figura a dx), ha invece un gradiente prevalentemente in direzione "ore 12" (verso l'alto in figura).

NOTA: queste figure hanno scopo puramente illustrativo; le informazioni considerate definitive in questo studio sono disponibili sugli shapefile GIS e possono differire da queste. Ciò vale anche per le seguenti figure.

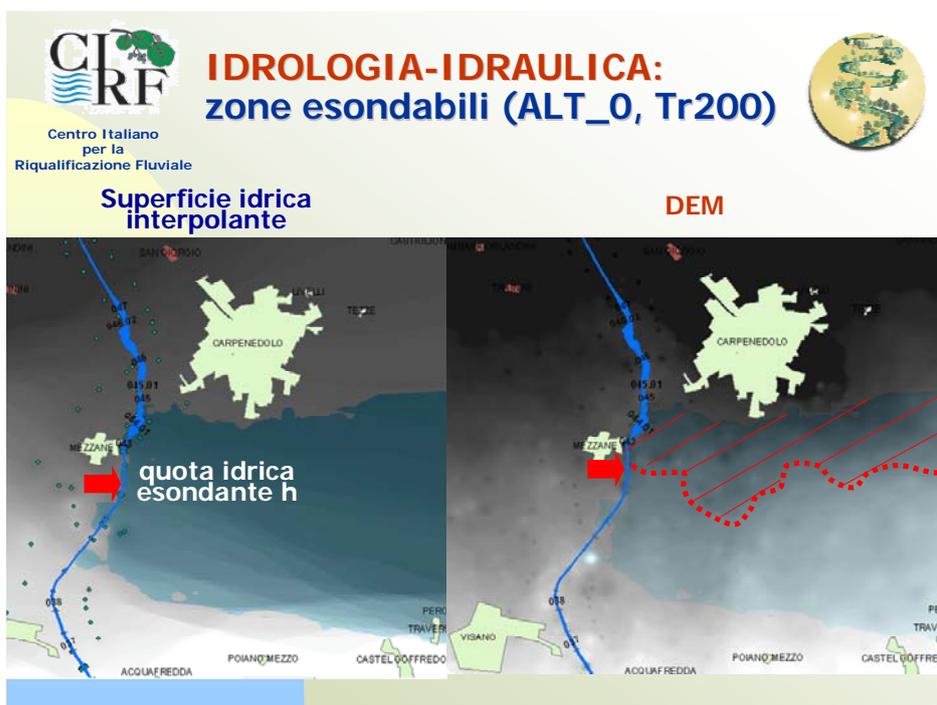


Combinando le due mappe di cui sopra (operazione matematica di individuazione di tutti i punti sul DEM a quota inferiore della superficie idrica interpolante) si ottengono le zone di allagamento potenziale di cui si riporta qui un esempio. Confrontando poi le quote puntualmente si ha la conferma della coerenza della zona individuata come allagata (in azzurro più scuro).

NOTA: si tratta di una simulazione preliminare, riportata solo a fine chiarificatorio del metodo, non dei risultati (disponibili sugli shapefiles GIS definitivi)



Esempio di correzione basata sulla presenza di opere: nonostante la quota in alveo sia superiore alla quota del suolo in destra determinando inondazione (zona blu scuro a sx nella figura), l'argine non permette fisicamente l'esondazione. Quindi si effettua la correzione eliminando l'eccedente.



Esempio di correzione basata sul criterio che l'acqua, rispetto alla quota della sezione di esondazione (freccia in rosso a sinistra) non può arrivare a punti a quota maggiore. Seguendo una curva di livello sul territorio (DEM), ne deriva l'eliminazione della zona retinata in rosso a destra.

NOTA: si tratta di una simulazione preliminare, riportata solo a fine chiarificatorio del metodo, non dei risultati (disponibili sugli shapefiles GIS definitivi)

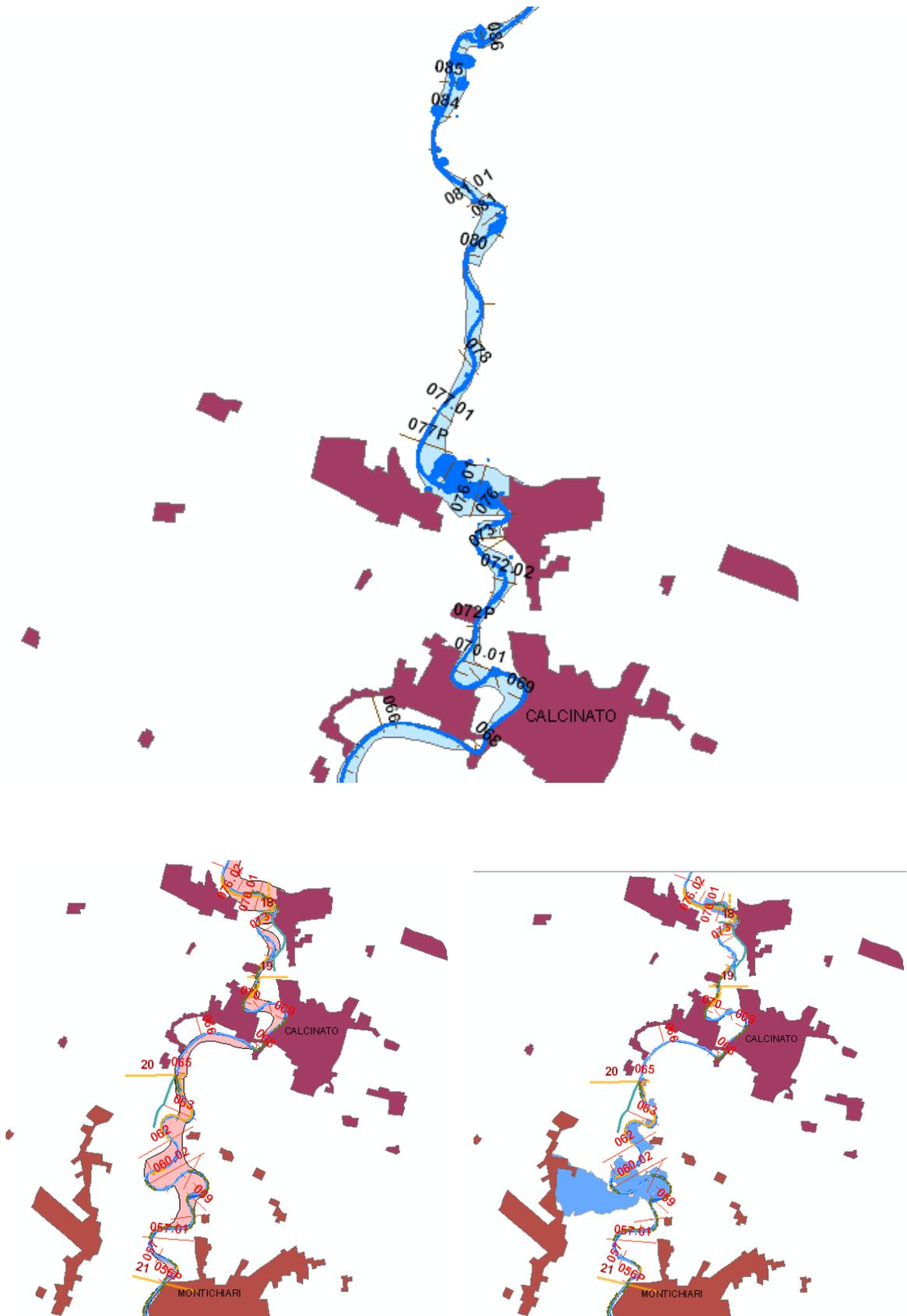
3.9.5. Zone allagabili: risultati

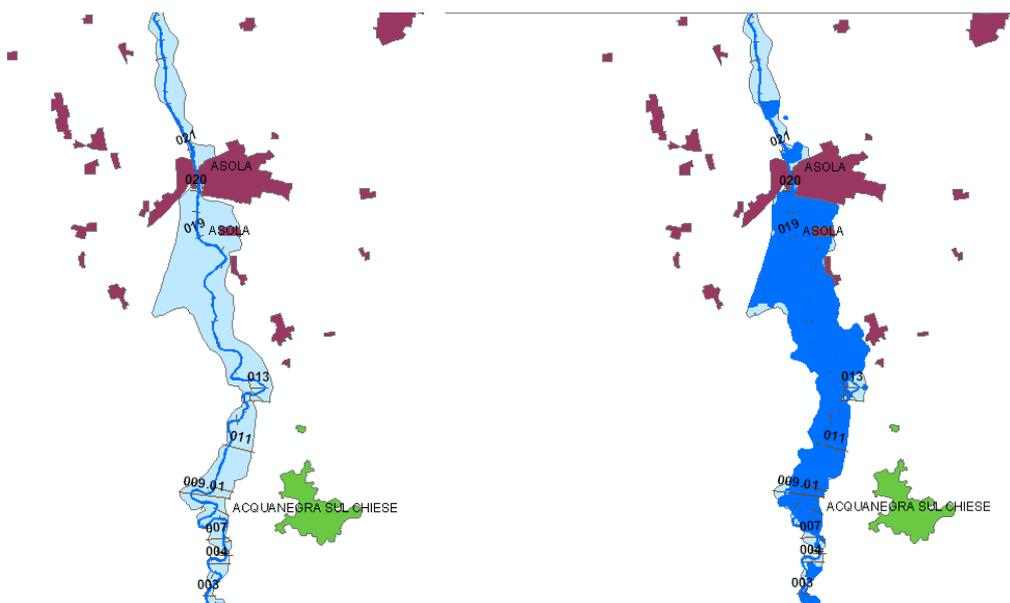
Innanzitutto è opportuno confrontare i risultati ottenuti con quelli dello SdF. Osserviamo per questo per esempio lo “stato di fatto” dell’SdF con la nostra “ALT_0. Va però considerato che:

- per lo “stato di fatto”, SdF usa idrogrammi non tagliati, invece noi, per confrontabilità tra le alternative, usiamo sempre quelli tagliati (quindi le ns zone dovrebbero essere di minor estensione, nell’ALT_0, ma le differenze di quota sono minime)
- ALT_0 include alcuni argini più alti o nuovi (vedi Par.3.7.2 e 3.7.3 Definizione ALTERNATIVE), quindi produce livelli un po’ maggiori che nello Stato di fatto
- SdF dice che estendono orizzontalmente la quota pelo libero in alveo, quando esonda, o quella dell’argine quando non esonda, ma il franco è inferiore a 1m: questo dovrebbe portare a zone esondate più estese nel loro caso (in realtà pare proprio che di fatto non abbiano applicato questo criterio, bensì anche altri non specificati)
- la rete di “canali golenali” (o, meglio, la rete secondaria) che permette di rappresentare appunto le esondazioni è stata adeguata essendo quella definita nell’SdF ritenuta insufficiente
- il ns DEM non vede in generale la zona dell’alveo attivo (perché priva di quote nella CTR) e quindi ivi non individua zone allagate; questo produce un effetto visualmente poco gradevole, ma dal punto di vista dei calcoli del rischio di esondazione è poco influente perché le zone allagate esternamente sono decisamente superiori

Nelle seguenti figure, le zone azzurro chiaro (o nelle figure alla sinistra) indicano le zone allagate secondo lo SdF, quelle in blu scuro (o alla destra) (oltre all’alveo attivo di per sé) sono le zone allagate secondo le nostre simulazioni (il fiume è presentato in tre parti per poter apprezzare le differenze; a parte la prima slide poco significativa, le altre sono presentate a coppie: a sx le zone secondo lo SdF; a dx le nostre)

(NOTA: i risultati definitivi sono disponibili su shpfile GIS; qui si riporta solo una versione parziale a fine esemplificativi) :





I risultati mostrano una sostanziale concordanza sui tratti dove avvengono esondazioni (per questo abbiamo utilizzato il medesimo software modellistico, anche se in una versione quasi certamente più avanzata di quella usata nello SdF), ma una notevolissima differenza in termini di zone allagate, soprattutto all'altezza di Acquafredda e poi tra Calcinato e Montichiari.

Tuttavia, esaminando il comportamento della ns simulazione, le informazioni appaiono perlomeno coerenti e almeno in apparenza credibili, come si può osservare nell'esempio della figura seguente dal confronto tra quota in alveo nella sezione di esondazione (a sx) e le quote del suolo (da CTR che include le quote degli eventuali rilevati stradali che potrebbero fungere da arginatura) nella zona individuata come allagata:



(NOTA: simulazione senza arginatura in sx , successivamente reintrodotta, proprio per evitare questo caso evidentemente critico)

Come già osservato, questo tipo di indeterminazione si può risolvere solo contanto su un DEM molto accurato (basato su rilievo della topografia di tipo LIDAR) e possibilmente un modello dinamico 2D. Solo un confronto con quest'ultima opzione –sforzo che esula però da questo progetto- sarebbe possibile arrivare a una conclusione definitiva e trarre delle indicazioni generalizzabili.

Tuttavia, ai fini di questo progetto, cioè di definire una metodologia e di sperimentarla su un caso studio (ma non di risolvere il caso studio a livello di fattibilità) riteniamo che l'approssimazione sia sufficiente, soprattutto considerando che il punto chiave è confrontare alternative e quindi l'importante più di aver aree esatte è mantenere la coerenza nell'analisi delle varie Alternative (si veda anche le considerazioni riportate più sopra nel paragrafo sulla metodologia di individuazione delle zone allagabili).

A maggior ragione, una volta modificate le ALTERNATIVE in modo da eliminare i casi di tracimazione arginale ed esondazione di aree troppo vaste (a causa del piano campagna digradante esternamente) questo problema risulta completamente ridimensionato e le valutazioni al limite sottostimano i benefici delle ALTs diverse dalla ALT_0: possiamo quindi concludere che la difficoltà non altera i risultati e che, salvo questi casi particolarmente critici, il metodo complessivo da noi adottato è sensato e applicabile con sufficiente generalità.

3.10. Valutazione

Si ricorda che in questo caso studio ci si limita a una valutazione parziale (manca Livello II e il III è approx), come illustrato dalla seguente slide:



CIRF
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

**VALUTAZIONE
SCHEMA ADOTTATO**

- Livello I: Valutazione degli obiettivi chiave: Rischio R, Costi C, Natura N, Disturbo D, (Esterneità E)
- Livello II: ...non si sviluppa, perché richiede una forte interazione con gli stakeholders
- Livello III: Efficienza economica via Analisi Costi-Benefici "nucleo" (senza aspetti ambientali ed esternalità) + R, D, C, N, E

NOTA:

- cominciamo con ACB perché alcune grandezze chiave provengono da lì
- Senza Livello II, il Livello III è meno chiaro, ma....ok

3.10.1. Schema di valutazione economica (Analisi Costi-Benefici ACB) e assunzioni/limitazioni

D'accordo con l'impostazione generale già presentata, la sintesi operativa della valutazione economica è presentata nel seguente schema; essa è poi integrata in uno schema multicriterio di più ampio respiro, corrispondente all'articolazione nei tre livelli di valutazione e diretto ad affrontare i conflitti di interesse e di inglobare altri obiettivi (in particolare, il valore Natura dell'ecosistema fluviale):

ITEM	ALTERNATIVA	UNO		DUE	
		BENEFICI	COSTI	BENEFICI	COSTI
	(T= 100 anni; r = 5% ; OMR = "SdF"; recupero=sconto = 0)				
a	Δ OMR opere esistenti (da dismettere nell'ALT x rispetto all'ALT 0)				
b	Δ OMR manutenzione ALVEO				
c	Investimento e OMR nuove opere da realizzare (SdF + "CIRF")				
d	Δ rischio esondazione rispetto ad ALT 0				
e	Δ rischio erosione rispetto ad ALT 0				
f	Δ valore Uso suolo nell'ALT x rispetto ALT 0				
g	Perdita produzione idroelettrica da traverse dismesse				
h	Δ Fragilità (rischio esondazione residuo)				
i	Δ esternalità (squilibrio trasporto solido e laminazione)				
	Δ stato ecologico ecosistema fluviale				
	TOT				

Si tratta di un'Analisi Costi-Benefici differenziale, cioè l'incremento (Costi) o decremento (Benefici) dei costi dell'ALT x rispetto all'ALT 0. Si noti come i casi di veri differenziali possono giocare come appunto Benefici, se positivi, o Costi, se negativi (solo il primo item in realtà non è un vero differenziale perché per definizione nell'Alt 0 è nullo).

Dove sta l'ambiente?

Va notato che questo impianto ACB (Analisi Costi Benefici) è attualmentemolto poco "ambientale" dato che non monetizza gli effetti sullo stato ecologico (ed altre componenti) né le esternalità; la ragione è costruire innanzitutto un nucleo di valutazione solido molto concreto, prima di lanciarsi in valutazioni più evanescenti.

D'altra parte, nel capitolo analisi multiobiettivo (Livello I di valutazione) si mostra che, almeno a livello qualitativo e preliminare, c'è una valutazione dell'obiettivo N (stato ecologico), basata sullo schema della Direttiva Quadro sulle Acque (e già applicato dal CIRF in modo simile in diversi progetti (per es. STRARIFLU del Piano di Tutela della Regione Lombardia e poi ulteriormente sviluppato nel Manuale CIRF, 2006) : questo elemento è molto significativo in un confronto Multi Obiettivo (vedi seguente Par.3.10.8 e 3.10.9 sui risultati valutazione)

Alcune precisazioni:

- item b) si assume che nell'ALT 0 la manutenzione avvenga negli stessi Tronchi dell'ALT SdF (questo perché non abbiamo notizia di dove avvenga nell'attualità, mentre nello SdF è specificato e l'assetto opere è abbastanza simile)
- item f) Valore del suolo: per una data ALT x, può avere senso declassare l'uso del suolo di una zona che ora si trovi maggiormente esposta ad esondazioni (perché non si realizzano protezioni e/o perché è mutato l'assetto geomorfologico del fiume o gli eventi di piena...) invece che sopportare un rischio maggiore ogni anno: "declassare" implica perdere del valore calcolato appunto come differenziale tra l'ALT x e l'ALT 0. Il valore del suolo considerato qui include il valore del terreno e quello delle eventuali infrastrutture presenti su di esso, ma non la produzione perché qui siamo interessati a una prospettiva di lungo termine che inglobi l'intero flusso futuro del valore della produzione ...che è appunto il valore del terreno e sue infrastrutture (la produzione ha senso nella valutazione del rischio di inondazione).

E' molto importante, quando si discute il possibile declassamento dell'uso del suolo di una zona, indagare e considerare altre zone, anche lontane, dove sia possibile invece sur-classare l'uso del suolo acquistando tutto o almeno parte del valore perduto: è l'operazione denominata "perequazione perfetta".

Per il trattamento dello sviluppo territoriale si veda la parte di impostazione all'inizio di questa Relazione

- item h) *Fragilità*: è un Indice qualitativo che misura il rischio residuo legato alla possibilità di collasso delle arginature (tipicamente per tracimazione): si veda il successivo Par.3.10.7.
- item i), j) *esternalità* e *stato ecologico*: come discusso nel paragrafo seguente 3.10.5, è possibile tentare una valutazione economica di questo ed altri items ambientali, anche se molto "oseé", e per questo appare in questa matrice (in verde, perché qualitativo e in sostanza "ambientale").

Viene comunque indicato perché sicuramente da considerare (si veda il Cap.2.2 sull'impostazione)

Impostazione e Assunzioni/Limitazioni

Per chiarezza si riportano qui l'impostazione e le assunzioni e limitazioni introdotte nell'ACB:

(a) E' un ACB differenziale, cioè tutti i benefici e costi si calcolano come differenziali rispetto all'alternativa 0 = continuare com'è oggi (nel seguito "ALT 0"). Quindi, in particolare, il beneficio di riduzione dell'artificializzazione, si calcola come differenza del costo di manutenzione (Operation, Maintenance and Replacement: OMR) di tutte le opere attualmente esistenti nell'ALT 0 meno l'analogo per quelle oggi esistenti e previste rimanere nell'ALT x considerata (ovvero il beneficio è il costo OMR di quelle che si eliminano); etc.

(b) I costi e benefici considerati sono quelli elencati più sopra; non si monetizzano (almeno in questa prima versione) gli aspetti ambientali e le esternalità di bacino

(c) OPERE: i) NON si considera il valore residuo che viene perso quando un'opera venga dismessa (perché non se ne conosce la data, né la vita utile); ii) i costi si stimano su base ingegneristica (non storica); iii) costi OMR (manutenzione ordinaria e straordinaria): è un parametro importante: si può giocare tra due parametrizzazioni: quella "SdF" e quella "CIRF"; in quest'ultima, si sono inclusi i costi di ricostruzione periodica, annualizzati; vale la pena di verificare la sensitività dei risultati; iii) la parametrizzazione dei costi di manutenzione (gli OMR) non considera l'estensione in altezza delle arginature, che assume costante e pari a un valore medio (è però raccomandabile considerarla in un'analisi a livello di studio di fattibilità).

(d) Nel RISCHIO si considerano solo le componenti del valore dei TANGIBILI DIRETTI e parzialmente INDIRETTI (produzioni agricola e industriale perse). IL RISCHIO è somma di R idraulico (inondazione) e R geomorfologico (erosione spondale); il R idraulico annuale si calcola come integrale discreto sulle 7 probabilità di accadimento eventi idrologici (in base ai Tempi di ritorno: 2, 5, 10, 20, 50, 200, 500 anni) di "valore esposto*vulnerabilità*probabilità". Il valore esposto è quello di: infrastrutture presenti sul suolo + la eventuale produzione (agricola e industriale); non si considera il deprezzamento di edifici esistenti a causa dell'obsolescenza (età) o a causa dell'eventuale incremento delle inondazioni (quest'ultimo aspetto è già considerato nell'incremento della frequenza eventi). La vulnerabilità (frazione del valore perso) è funzione dello stato binario "inondato o no" ⁽³⁶⁾. La pericolosità è determinata dall'estensione e localizzazione delle zone allagabili per i diversi Tempi di ritorno considerati; è determinata con un approccio e modello quasi 2D che modella (abbastanza) correttamente le quote in alveo, ma non le zone allagate che sono determinate a posteriori proiettando localmente la quota in alveo sul territorio (operazione GIS di intersezione del raster interpolante con il raster DEM) e modificando poi i poligoni così individuati con criteri expert-based; si è però eliminata la possibilità di tracimazione arginale (per le zone ad allagamento più esteso) modificando opportunamente le Alternative con rialzi arginali, in modo che le indeterminazioni abbiano comunque un effetto contenuto. Questo espediente limita naturalmente la possibilità di studiare ALternative che non rientrino in questi vincoli.

Si è introdotto però l'indice di FRAGILITA' che esprime il rischio residuo da tracimazione/rottura arginale in funzione della distanza dell'argine dall'alveo, della sua estensione (lunghezza) e del dislivello tra quota in alveo e piano campagna esterno (vedi dettagli nel Par.3.10.7); il nostro indice di Fragilità, però, ignora il tipo di uso del suolo presente nelle zone impattate e ignora il *franco idraulico*: cioè la nostra valutazione è indifferente all'avere il pelo libero quasi a livello del ciglio argine o ad averlo sotto. Quest'ultima semplificazione è conseguenza della semplificazione introdotta nel non considerare l'estensione in altezza delle arginature, che si assume costante e pari a un valore medio; è però raccomandabile considerarla in un'analisi a livello di studio di fattibilità (in uno studio di fattibilità questo aspetto andrebbe considerato)

Il R idraulico totale è la somma del flusso di R annuali attualizzati al tasso di sconto scelto; esiste l'opzione di detrarre, in modo lineare nell'intero orizzonte di valutazione (ordine dei 100 anni), il rischio corrispondente alle zone via via erose.

Il rischio geomorfologico (da erosione spondale) annuale è calcolato come frazione lineare sull'orizzonte di simulazione (ordine dei 100 anni) del valore delle zone complessivamente erose per ogni Categoria di uso suolo e pari a somma sulle categorie c di: valore del terreno + infrastrutture presenti sul suolo; la eventuale produzione (agricola e industriale) non si considera perché relativa a un solo anno (e il valore del terreno concettualmente ne rappresenta il totale del flusso futuro attualizzato); anche in questo caso, il totale è la somma dei valori annuali attualizzati.

³⁶ In realtà si sono adottate funzioni del tirante h , della durata Δ e –per le colture agricole– del periodo dell'anno τ , ma, per coerenza col modello di simulazione adottato, si sono fissati tirante e durata = costante; inoltre, si è assunto per il periodo di piene τ che avvenga sempre quando le colture sono sensibili ai danni, quindi una posizione a sfavore della Tesi RF; si potrebbe raffinare assumendo un dato periodo di inondazione ricorrente –per esempio l'autunno, da comprovare come quello con max frequenza statistica– e corrispondentemente identificare le colture con periodo germinativo in autunno: queste sarebbero le sole a soffrire un danno in inondazione.

(e) Riabilitazione del terreno eroso/Perequazione: Nella realtà il terreno progressivamente eroso si trasforma e poi almeno in parte recupera. Per generalizzare, l'utente può assumere che parte (%) dell'area persa dell'uso attuale acquisirà (progressivamente) un nuovo uso, che l'utente può definire a piacimento nel foglio PARAMETRI. Si noti che questa opzione è particolarmente importante permette di introdurre il meccanismo gestionale della perequazione differenziandola e graduandola a piacimento a seconda del tipo di uso del suolo. **Nel caso studio si è assunto recupero nullo (sovrastimando quindi i danni).**

(f) Si ipotizza che la manutenzione dell'alveo prevista nella ALT_0 sia la stessa dell'ALT_SdF (perché non sappiamo dove si fa oggi, ma è scritto dove si dovrà fare nell'SdF)

(g) Sviluppo territoriale/urbanistico (si veda la discussione sugli scenari nel Cap.2.3 di impostazione): Lo strumento sviluppato permette una certa flessibilità; in particolare, permette di trattare il famoso fenomeno del possibile incremento di rischio a seguito della “messa in sicurezza per un T_{rif} ”, o “Tempo di ritorno di riferimento”: nell'ALT_Riqualificante la zona destinata a sviluppo nell'ALT_0 (es.industriale), quindi con alto valore del suolo, ma fisicamente senza ancora infrastrutture/edifici, e tipicamente protetta ad hoc (fino a T_{rif}), viene declassata a “NON” sviluppabile con conseguente perdita di valore Uso suolo (terreno+infrastrutture future), ma poi minor rischio (ammesso che eventi con $T_R > T_{rif}$ esondino) perché il valore Uso suolo resta più basso che nell'ALT_0. E possibilmente l'ALT_x prevederà anche un sur-classamento di un'altra zona a parziale o integrale perequazione. In ogni caso, occorre utilizzare una mappa di Uso suolo per ogni ALT_x, compresa la ALT_0.

Non si differenzia tra Usi del suolo esistenti e solo pianificati; invece, in un'analisi più raffinata si potrebbe considerare che il pianificato non si realizzerà subito, ma in x anni e quindi considerare il valore scontato delle infrastrutture oggi non ancora presenti.

In pratica , nel caso studio Chiese, abbiamo semplificato con una visione “statica” e “ottimista”, ma “prudente”:

- si è assunto che tutti le zone oggi con un Uso “in espansione” (cioè ancora non avvenuto) siano invece già assestati (=“espansi”)
- per quelle zone (sia le “consolidate” che le “in espansione”) con decisione dello SdF di cambiare l'Uso perché dichiarato incompatibile a causa di possibili esondazioni, si è modificato l'Uso declassandolo da subito a una categoria di valore basso (verde pubblico o ricreativo), senza contabilizzare la perdita di valore suolo, ma usando poi questa versione modificata della mappa di Uso del suolo nel calcolo del Rischio per TUTTE le ALTERNATIVE, questo per evitare di vedere delle ingenti perdite di valore –fittizie- che potrebbero distorcere le valutazioni

(h) La rimozione delle opere esistenti non costa praticamente nulla (si assume che con un semplice invito –per es. smantellando in pochi punti chiave- il fiume faccia da sé il resto); questo aspetto non è così innoquo come sembra perché innanzitutto implica maggior tempo per raggiungere la situazione desiderata (ammesso di arrivarci, ma questo è problema della predizione morfologica), e poi anche perché potrebbero generarsi situazioni di transitorio più pericolose dell'attuale o della prevista finale e, in ultima analisi, può rivelarsi necessario effettuare interventi attivi più impegnativi di costo non trascurabile: a livello di studio di fattibilità occorre senz'altro una verifica ulteriore

(i) Impatto su AGRICOLTURA (da Cambio Uso Suolo anche per dismissione traverse): essi sono:

- ΔA di valore suolo legato alla riduzione di produttività (per cambio di destino d'Uso del suolo a sua volta legato a riduzione irrigazione)
- Possibile rottura della filiera (es. grano-mucca-latte)

MA si è fatta l'Hp. di “compensazione perequativa agricola”:

- se si indennizza l'agricoltore proprio di ΔA , può acquistare altrove la mancata produzione e c'è solo il primo impatto perché la filiera è mantenuta
- il sistema di gestione del bacino si fa carico degli eventuali costi di gestione (ΔA)

(j) Impatto DELOCALIZZAZIONE (a causa di incrementata esondazione o pericolosità da erosione):

Si è fatta l'Hp che il costo di ricostruzione sia sostanzialmente equivalente alla perdita di valore dell'uso del suolo conseguente all'eliminazione dell'edificato (in realtà è probabilmente maggiore). E si è anche assunto che le eventuali attività produttive legate all'edificato eliminato (es. una cascina o stabilimento), possano essere ripristinate una volta ricostruito l'edificato altrove (con un costo pari al valore perso). Questa ipotesi è un po' forte e andrebbe senz'altro verificata in uno studio di livello più dettagliato.

Nel caso studio, non si è considerata la presenza di meccanismi perequativi, quindi si conteggia il danno in termini di cambio di Uso del suolo.

INOLTRE

Alla base delle elaborazioni ci sono le assunzioni e Hp relative alla predizione morfologica e alla simulazione idraulica/stima zone allagate:

Geomorfologia:

- Si considera solo la situazione post evoluzione (nuovo equilibrio) trascurando completamente il transitorio (che potrebbe invece incorrere in situazioni indesiderate)
- Indeterminazione nel decidere la nuova geometria (w, h, i) e soprattutto la nuova lunghezza L che determinano la nuova quota monte Tronco: possiamo credere nel tipo di evoluzione, ma i valori precisi hanno una componente arbitraria: si dovrebbe adottare un metodo MonteCarlo effettuando diverse predizioni e le corrispondenti valutazioni per poi trarne un comportamento globale
- I calcoli di trasporto solido sono basati su una formula non calibrata per il caso specifico; è vero però che quel che conta è il comportamento relativo dei vari Tronchi
- Hp : la granulometria resta invariata tra le ALternative (a rigore può non essere vero)
- Nella Q efficace le caratteristiche idrauliche sono calcolate sotto l'Hp di moto uniforme: nella realtà non lo è: si dovrebbe eseguire almeno una verifica a posteriori

Idraulica:

- Modalità di traduzione della nuova morfologia in nuova geometria di alveo: si deformano le sezioni attuali translاندole in su è giù e allargandole o stringendole: la realtà sarà ovviamente diversa
- modello quasi 2D vario con i suoi limiti: i) arbitrarietà nella creazione e collocazione dei canali secondari golenali (può falsare le quote in alveo); ii) determinazione delle zone allagate con il criterio dell'estensione localmente orizzontale delle quote in alveo + correzioni expert-based non assicura di aver catturato la realtà.

Idrologia:

- si è introdotta l'Hp di regolazione lago d'IDRO capace di "tagliare" gli idrogrammi, come assunto nello SdF ;
- l'Hp di concomitanza degli eventi di pari T_R nell'Oglio (allo sbocco Chiese) come in testa al Chiese;
- non si è discusso il possibile effetto del cambiamento climatico, ma è relativamente facile farlo, nel senso che cambiano solo gli idrogrammi di testa ed eventualmente la condizione al contorno di valle, mentre il resto dell'impostazione è corretto.

3.10.2. Strumento informatico di supporto all'analisi: il *Sintetizzatore*

Scopo: Lo scopo è calcolare gli elementi dell'Analisi Costi-Benefici (ACB) automatizzabili che sintetizzano: a) i costi di investimento e gestione legati alle opere, b) il rischio idraulico (esondazione) e geomorfologico (erosione), c) il valore perso (o acquisito) legato al cambiamento di uso del suolo; e alcuni degli Obiettivi chiave assoluti (Costi totali e Rischio totale, entrambi non differenziali) per effettuare il confronto di ALTERNATIVE di assetto e gestione del sistema fluviale considerato (alveo, corridoio fluviale e bacino di utenza), anche attraverso analisi di sensitività articolate

Natura: è un foglio Excel con macro di Visual Basic.

Potenzialità: è possibile introdurre ALternative di assetto in termini di assetto opere (esistenti, progettate dallo Studio di Fattibilità e di riqualificazione) e Uso del suolo; è possibile giocare su una serie di parametri di valutazione: lunghezza dell'orizzonte temporale ; tasso di sconto; opzione di detrazione delle aree erose dal computo del Rischio idraulico (si veda sotto); opzione di riutilizzo di parte delle aree erose con un nuovo Uso del suolo (assegnabile a piacere); costi parametrici di investimento e OMR delle opere ; Tipo di Uso del suolo (SdF o DUSAF); ed altri minori. Il programma calcola gli elementi chiave dell'Analisi Costi-Benefici di cui sopra e alcuni degli Obiettivi chiave assoluti: Costi totali e Rischio totale (non differenziali).

Limiti:

(a) Il caricamento dei dati di input è un'operazione tediosa, manuale e con ampi margini di errore umano.

(b) Non calcola (ancora) automaticamente gli Impatti esterni (modifica dello stato ecologico; esternalità: modifica trasporto solido e laminazione piene...). Notare che con le Hp. introdotte più sopra, l'impatto sulla filiera agricola è sostanzialmente nullo; mentre solo in casi specifici è necessario considerare esplicitamente l'impatto delocalizzazione che, per lo più, è già contabilizzato dal cambiamento di Uso suolo, però...va verificato puntualmente per ogni Alternativa. Le esternalità vanno invece considerate "manualmente" e così gli effetti sullo stato ecologico.

(c) Uso suolo: va valutato "a mano" se conviene cambiare (declassare) definitivamente l'uso del suolo in fascia ad esondabilità frequente (perdendo così il delta valore), piuttosto che sopportare annualmente un rischio idraulico accresciuto (nel Cap.3.7.4 più sopra si è fornita una guida per aiutare questa decisione). E si deve porre attenzione nell'individuare zone a potenziale "perequazione perfetta" (o quasi) (e relativi meccanismi attuativi, quali PRG, etc). Servirebbe un'opzione per gestire gli scenari e le diverse Mappe di Uso suolo. Anche per gestire il discorso di destino di Uso del suolo pianificato nella versione attuale occorre un lavoro preparatorio GIS "manuale" in cui la difficoltà principale è creare delle categorie di uso suolo opportune (per le zone "in espansione" ne occorre una volta una con solo terreno, e l'altra una analoga che includa anche quel che c'è sopra, per lo Scenario ottimista, altrimenti resta la medesima. In pratica nel caso studio abbiamo semplificato con una visione "statica" e "ottimista", ma "prudente", già descritte più sopra e l'attuale Sintetizzatore non permette di differenziare il valore delle infrastrutture per un Uso suolo esistente e per il medesimo solo pianificato (nel qual caso le infrastrutture si realizzeranno solo nel futuro e quindi il loro valore attuale è inferiore). **IMPORTANTE:** va ricordato che in presenza di meccanismi urbanistici perequativi (Carbonara e Torre, 2008) in sostanza l'impatto sulla proprietà privata dovuto a cambiamento di Uso del suolo in zone urbane o soprattutto urbanizzabili, ma anche agricole, può essere ridotto o virtualmente annullato; questo effetto del meccanismo gestionale "perequazione!", come pure la parziale e progressiva, ma reale, riabilitazione di terreni restituiti dal fiume, può essere contabilizzata nel Sintetizzatore e condurre a significative riduzioni del rischio da erosione, grazie all'opzione "recupero zone erose".

(d) non si dimentichi che se non si considerano le esternalità positive → sottostima benefici, a meno di non introdurle espressamente.

(e) il calcolo è un po' lento (dura qualche minuto)

(f) Il software permette di analizzare una sola ALT alla volta; l'utente deve registrare manualmente l'output che gli pare interessante nella pagina "Confronto OUTPUT".

3.10.3. Determinazione delle aree allagate/erose per ogni Tr di ogni ALTERNativa (GIS)

I dati ottenuti dall'analisi GIS secondo l'impostazione più sopra esposta sono riportati nel foglio "IN_aree_esondate_SdF" del Sintetizzatore. :

Si deve notare che l'ALT_SdF per Tr200 in realtà non "mette in sicurezza" in senso stretto; abbiamo però interpretato in senso ottimista (per la SdF) l'assetto complementandolo in certe zone dove, altrimenti, ci sarebbero state notevoli esondazioni, ma senza formalizzare opere ulteriori (e relativi costi). In particolare:

- tutta l'ampia zona in sponda dx tra la sez 062.01 e 060.01, dove pare di intravedere sulla CTR un argine però non censito.....
- Invece, nella sez 016 si è assunto ci possa essere esondazione in dx che allaga da dietro la zona protetto da nuovo argine: in realtà dalla CTR pare esserci un sistema arginale ad hoc attorno alla cascina, però non censito: per coerenza con ALT_0 si è mantenuto esondabile visto che nella SdF si eliminano alcuni degli argini esistenti più a valle ed è quindi più facile l'esondazione con quote sostanzialmente invariate 34.27 nella SdF e 34.31 nella ALT_0.

Ottimizzazione assetto opere delle ALternative contro l'erosione/allagamento

E' utile notare che l'analisi delle zone erose conduce a una modifica delle ALternative attraverso una parziale ottimizzazione : il danno sostanziale appare quando si coinvolgono zone urbane o industriali e quindi vale la pena inserire opere di difesa ad hoc, una volta definita la zona potenzialmente erodibile; ciò conduce alla necessità di una modifica dell'assetto opere (e quindi del file di input Sintetizzatore per il calcolo costi), e a una modifica dello shapefile di erosione a lungo termine (³⁷). Queste modifiche sono state eseguite per tutte le ALternative.

Si è scoperto a posteriori che nell'ALT_Base, l'argine esistente CHAR1733 non è affatto efficace dato che permette esondazioni già per Tr5 anni! Ma, anche così, non è detto a priori che convenga eliminarlo: occorre vedere se la maggior erosione e il cambio di assetto (possibile innalzamento del fondo alveo e associati profili idraulici) compensano il minor costo OMR. In ogni caso non è banale. Occorrerebbe quindi rivedere la predizione morfologica e la fascia di erodibilità + rifare la simulazione idraulica e la determinazione delle zone allagabili. Una tale modifica impatterebbe i costi OMR (riducendoli di alcuni milioni di Euro sull'orizzonte di valutazione di lungo termine), il Rischio idraulico e geomorfologico e gli indici N e F. Non l'abbiamo fatto per limiti di tempo, essendo una considerazione emersa verso la fine della elaborazioni.

3.10.4. Valutazioni ACB e sensitività

Risultati

Come già anticipato nell'Introduzione, nonostante si siano definite diverse Alternative di assetto, a causa delle complicazioni morfologica ed idraulica, si è riusciti a portare davvero a termine della valutazione solamente le tre alternative: ALT_0, ALT_SdF e ALT_Base (ottimizzata)

La seguente slide mostra i risultati dell'ACB per l'Alternativa Base:

³⁷ Si deve creare un nuovo shpfile poligono da usare come "cut" in corrispondenza delle nuove opere di difesa introdotte.

ITEM	BENEFICI	COSTI
	In Milioni di EURO	
RISPARMIO OPERE esistenti da dismettere (OMR) o da non fare (OMR+invest.) tra ALT_x e ALT_0 (evoluzione di "stato attuale")	185,27	
Investimento e OMR nuove opere da realizzare (SdF + "CIRF")		65,84
D Manutenzione Alveo	17,72	
Δ rischio esondazione rispetto ad ALT 0		22,16
Δ rischio erosione rispetto ad ALT 0	7,09	
Δ valore Uso suolo nell'ALT x rispetto ALT 0		1,26
Perdita produzione idroelettrica da traverse dismesse		0,00
Δ FRAGILITA'	1,21	
Δ Valore fiume (miglior stato ecologico)	0,16	
Δ esternalità (squilibrio trasporto solido e laminazione)		
TOT	211,45	89,25
	B netto	122,2

Orizzonte valutazione T = 50 anni ; tasso di sconto r = 5%; OMR: "CIRF"

Si può osservare che il risultato è impattante: esiste un beneficio netto economico positivo e sensibile, nonostante si siano trascurate alcune componenti importanti del beneficio (quelle ambientali e le esternalità)!

Le opere giocano un ruolo preponderante nella determinazione dei costi e benefici, come del resto ci si attendeva.

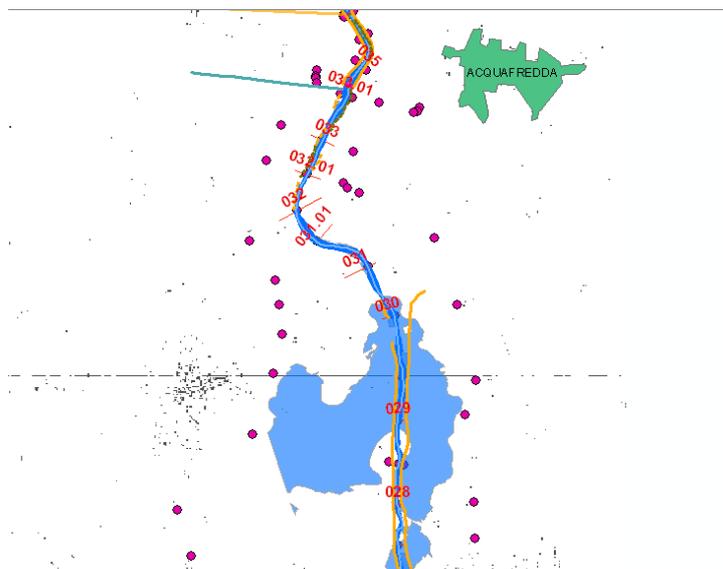
Ed ecco alcuni chiarimenti in merito ai risultati ottenuti:

- 1) C'è una perdita in rischio esondazione perché in ALT_Base si esonda di più in zone di maggior valore, mentre si esonda di meno in altre, ma di minor valore (NOTA che il comportamento è complicato anche dagli aggiustamenti morfologici : l'allargamento alveo implica tiranti minori e soprattutto l'allungamento permette una soglia di sfioro laterale maggiore e quindi anche maggiori volumi sfiorati nei punti giusti con conseguenti minori quote in alveo)
- 2) Il vantaggio per minor rischio di erosione è dovuto al fatto che in ALT_0 , come pure in ALT_SdF, non si prevedono interventi ad hoc contro l'evoluzione planimetrica che non era stata considerata; invece in ALT_Base si realizzano alcune difese spondali chiave (in ING Naturalistica), mentre molte altre si dismettono o non realizzano
- 3) Il danno da ribassamento traversa è molto contenuto
- 4) L' ALT_SdF per Tr200 in realtà non mette in sicurezza in senso stretto, cioè continuano ad esserci esondazioni, sebbene più contenute; inoltre, abbiamo interpretato in senso ottimista (per la SdF) l'assetto complementandolo in certe zone dove, altrimenti, ci sarebbero state notevoli esondazioni (vedi note in paragrafo su inondazioni)

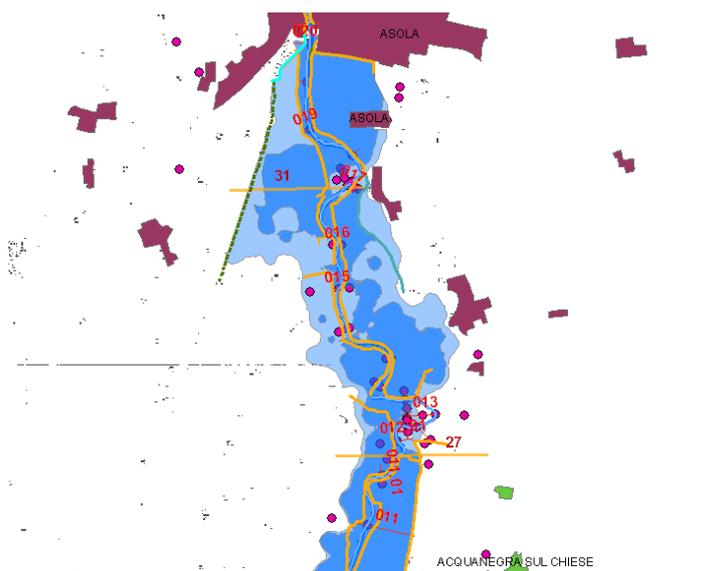
NOTA: si ricordino tutte le assunzioni e limitazioni adottate in generale (nota sopra). Inoltre ce ne sono alcune specifiche all'applicazione , come segue:

- i) zone allagate sono affette da possibili imprecisioni nella definizione di canali golenali (oltre che dalle altre limitazioni intrinseche all'approccio modellistico adottato è già commentate più sopra)
- ii) Disturbo Uso suolo qui dovrebbe essere del privato, invece, per comodità , si riporta il pubblico (money);

- iii) Non c'è perequazione né recupero aree erose (quindi si sovrastimano i danni);
- iv) si sovrastima il danno agricolo da inondazione perché si considera indipendente da stagione (ma è effetto molto modesto).



Zona in cui l'ALT_Base inonda (zone in azzurro) una zona più ampia (non inondata nell'ALT_0).



Zona in cui l'ALT_Base inonda (zone in azzurro più scuro) una zona più contenuta, ma dove il valore del suolo è inferiore a quello della zona precedente (dove sussistono alcuni edifici tipo cascina).

Impatto “disturbo agli attori socio-economici per cambio Uso suolo” (si veda anche il Par.3.10.8 altri obiettivi , più avanti)

Si ricorda che in questo studio si è presa una posizione semplificante basata sull'Hp di *perequazione agricola* come spiegato nel Par.3.7.4 precedente per cui per l'impatto sul settore agricolo si ritiene sufficiente considerare la sola perdita di valore di Uso del suolo, ove necessario.

Cambio Uso suolo in ALT_Base per impatto su irrigazione

Nonostante l'idea ispiratrice di questa ALTERNATIVA sia cercare di eliminare il massimo numero di opere senza però impattare gli usi attuali legati all'acqua, si è rilevato che eliminando l'arginatura a monte della Traversa CHTR1699 sita nella sez. 040.01S l'alveo resta praticamente pensile; come

contromisura si è quindi deciso di supporre che la soglia di tale traversa venga abbassata proprio dell'altezza di bankfull stimata per tale Tronco 24, cioè di 2,12 m.

Conseguentemente, si ha un impatto sui costi, perché la Traversa deve essere modificata (già conteggiato nella valutazione di cui sopra); e un impatto sul distretto irriguo collegato a tale Traversa perché presumibilmente la parte più a monte di tale distretto non potrà più essere servita a gravità.

Per determinarla in modo preciso occorre uno studio di maggior dettaglio. Qui si è proceduto in via approssimata e si è trattato, coerentemente con lo schema ACB di cui sopra, introducendo una modifica dell'Uso del suolo (declassamento).

Si è assunto che il canale irriguo abbia una cadente del pelo libero del 2‰ e che il livello in Chiese a monte della soglia si abbassi proprio quanto la soglia stessa (2,12 m sotto l'attuale quota del fondo pari a 61.3 m) e che quindi si trovi alla attuale quota del fondo (appunto 61.3); dato che l'inizio del distretto servito da tale traversa dista circa 2,5 km da essa e con la pendenza assunta perde ca 5 m di quota, l'irrigazione potrà avvenire –sotto queste ipotesi- solo nella zona a valle della quota 56.3 msm (61.3 – 5). Ciò implica perdere una parte consistente del distretto.

Tale parte è stata individuata su GIS e corrispondentemente l'Uso del suolo in tali aree impattate deve essere declassato; idealmente, nella codificazione SdF, passerebbe dalla categoria 11b (seminativo irrigato) alla 11a (seminativo non irrigato); però, la mappa adottata non è sufficientemente raffinata e ha classificato come seminativo generico (sostanzialmente 11a) tutta la zona senza distinguere la zona irrigua. Si è allora deciso di declassare a una zona strumentale, "zone boscate (COD_TOT=21) perché è quella che provoca sostanzialmente la stessa perdita di valore che tra 11b ed 11a.

Con queste ipotesi, risulta un'area impattata totale di ca 955325 m² che passa dal valore della categoria 11a (2,72 E/m²) a quello della categoria 21 (1,4 E/m²) con una perdita di 1,26 M E ca.

Cambio Uso suolo in ALT_Ardita per impatto su irrigazione

Si è proceduto in maniera analoga al caso precedente in conseguenza del ribassamento delle due traverse: CHTR1699 nella sez.040.01S (ribassata di 1.7m) e 1735 nella sez.018S (1m). I risultati sono visibili sullo shapefile "Uso del suolo Ardita".

Impatto "delocalizzazione" (si veda anche il precedente Par.3.7.4 su questo argomento)

Nelle ALT_0, ALT_SdF ed ALT_Base questo impatto è nullo.

Nell'ALT_Ardita invece, a causa della maggior mobilità dell'alveo, conseguente alla minor costrizione delle opere di difesa, si impatterebbero alcune cascate; precisamente:

- cascina Chiese , co sezione 057 in Sx
- cascina Aurora , co sezione 039 in Dx
- cascina Loghetto , co sezione 039 in Dx
- cascina Finiletto , co sezione 024.01 in Sx

L'area totale impattata tra queste ed altri elementi del tessuto urbano risulterebbe:

- tessuto urbano continuo (Cod Tot 31): 2,112.27 m²
- tessuto urbano discontinuo (Cod Tot 32): 19,500.89 m²

Questo impatto è conteggiato come perdita di valore del suolo eroso nell'item Rischio erosione.

Impatto "riduzione produzione idroelettrica" (si veda anche il Par.3.6.4 Precedente sulla Parametrizzazione economica)

Non ci sono impatti per le ALTERNATIVE 0, SdF, Base ed Ardita dato che non si coinvolgono traverse a derivazione idroelettrica (ciò avviene solo per la Radicale e la Estrema che non sono state valutate).

Per quanto riguarda l'ALTERNATIVA_SdF, l'ACB fornisce i seguenti risultati:

ITEM	BENEFICI	COSTI
	In Milioni di EURO	
RISPARMIO OPERE esistenti da dismettere (OMR) o da non fare (OMR+invest.) tra ALT_x e ALT_0 (evoluzione di "stato attuale")	67,33	
Investimento e OMR nuove opere da realizzare (SdF + "CIRF")		69,27
D Manutenzione Alveo	0,00	
Δ rischio esondazione rispetto ad ALT 0	4,63	
Δ rischio erosione rispetto ad ALT 0	3,33	
Δ valore Uso suolo nell'ALT x rispetto ALT 0		0,00
Perdita produzione idroelettrica da traverse dismesse		0,00
Δ FRAGILITA'	0,38	
Δ Valore fiume (miglior stato ecologico)		0,00
Δ esternalità (squilibrio trasporto solido e laminazione)		
TOT	75,66	69,27
	B netto	6,4

Questi risultati dicono che anche SdF è preferibile, in questa analisi economica, all'ALT_0, quindi...conviene eseguire gli interventi previsti da SdF piuttosto che solo i minimi assunti imprescindibili rispetto allo Stato di fatto (vedi Par.3.7.2 sulla definizione delle Alternative).

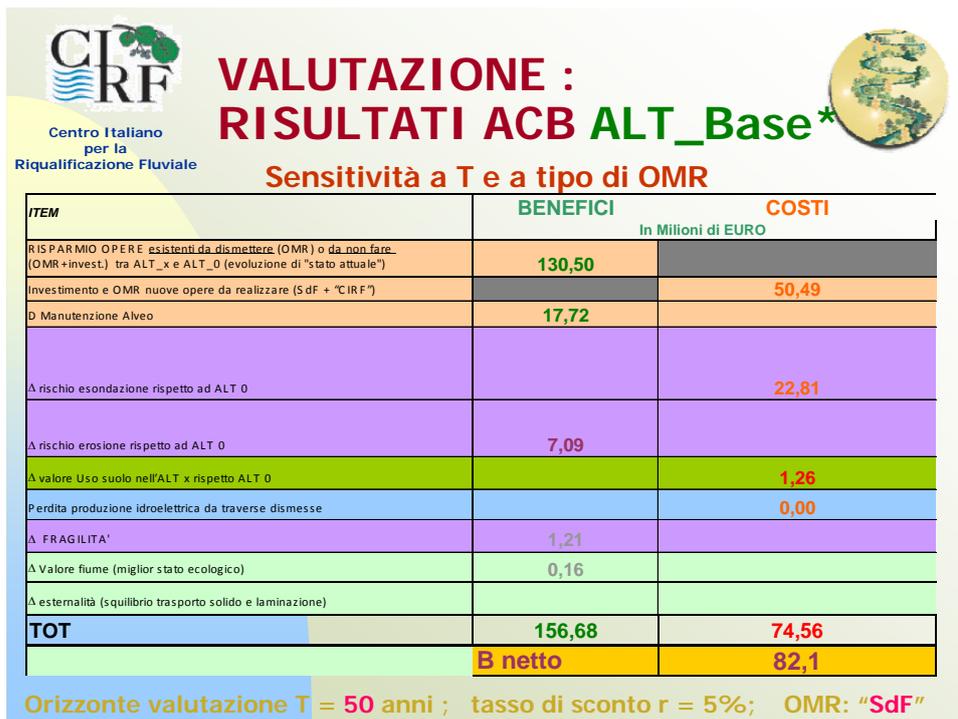
Però il beneficio è molto molto contenuto. Il motivo principale è che , sebbene ci sia un risparmio grazie alla dismissione di molte opere, alla fine si spende di più in nuove opere (realizzazione e manutenzione).

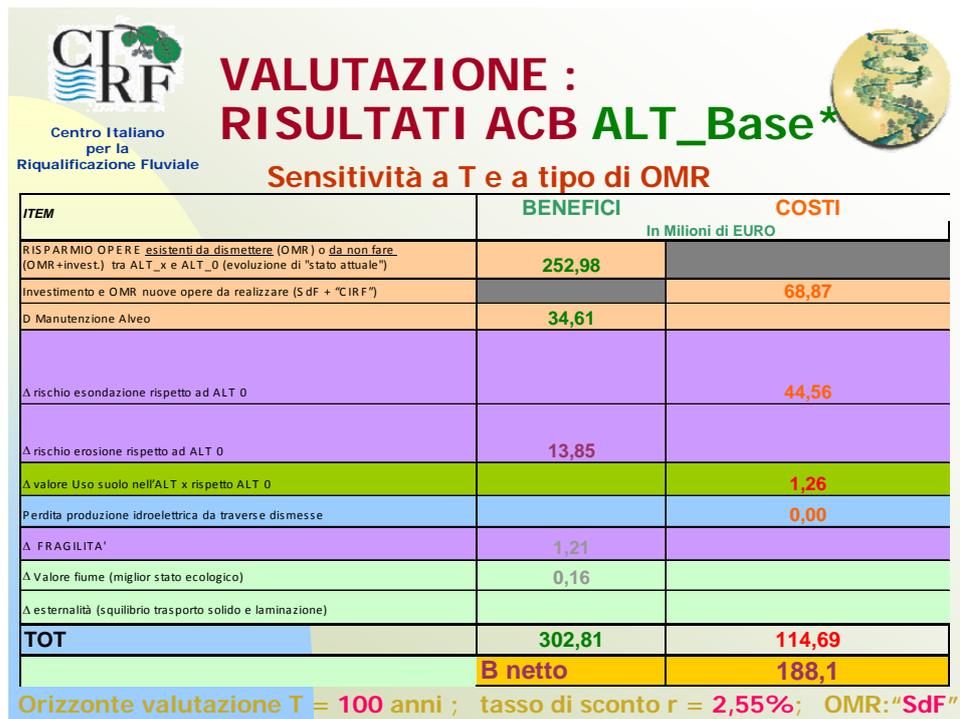
Sensitività

Gli aspetti idealmente da investigare sono i seguenti:

- i) effetto di un maggior dettaglio nella rappresentazione dell'Uso del suolo;
- ii) effetto di una maggior o minor dettaglio nella rappresentazione della distribuzione di probabilità degli eventi di piena (numero di tempi di ritorno considerati nell'integrale discretizzato del rischio);
- iii) effetto di una maggior precisione nella simulazione idraulica;
- iv) effetto dei costi OMR SdF o CIRF;
- v) effetto del tasso di sconto e dell'orizzonte temporale;
- vi) effetto dell'assunzione di ripristino (o meno) delle zone erose con diverso uso del suolo e della loro detrazione dal calcolo del rischio idraulico.

Ci siamo limitati a considerare l'effetto di una modifica dell'orizzonte temporale , un abbassamento del tasso di sconto e l'adozione della parametrizzazione dei costi OMR più ottimista, cioè quella SdF (vedi Par.3.6.3 più sopra). I risultati così ottenuti per ALT_Base sono i seguenti:





Si può osservare che, sebbene ci siano variazioni nei singoli risultati, la conclusione resta invariata.

3.10.5. Sviluppi ulteriori (intangibili, esternalità, Multicriterio)

Come detto nel capitolo iniziale di impostazione, ci si è concentrati a valutare il rischio associato ai danni tangibili monetizzabili diretti e ad alcuni degli indiretti (quelli associati alla produzione agricola e industriale).

Esistono però altre componenti del danno; in particolare, i cosiddetti *intangibili* soprattutto legati al valore della vita umana e allo scompensamento psico-fisico legato ad eventi di piena.

Valutare queste componenti non è impossibile, ma certamente è molto delicato e il tema non è stato affrontato in questo progetto (si veda il riquadro).

Il valore della vita umana

Premesso che la quantificazione della vita umana è un tema che apre un dibattito non risolvibile sul piano etico e religioso e che ogni tentativo va preso "con le pinze", si può ricordare che l'approccio classico è consistito nello stimare il valore del lavoro prodotto nel corso della vita da una data persona, proprio indagando sul tipo di attività. Questo approccio è stato fortemente criticato perché discriminante sia delle opportunità che la fortuna ha fornito a un individuo e non a un altro (spesso associate ad appartenenze razziali, come l'essere "nero" o "bianco"), sia dell'essere uomo o donna (infatti il lavoro di casalinga fino a pochissimo tempo fa era lungi dall'essere valutato economicamente).

Un approccio più moderno per stimare il valore rappresentato dalla perdita di vite umane è calcolato attraverso la quantificazione del valore della vita statistica (*value of statistical life*, VSL) attraverso una determinazione diretta della disponibilità a pagare per una riduzione del rischio di morte in seguito a un evento alluvionale. Conoscendo il VSL, i benefici aggregati (B) derivanti dalle morti evitate si ottengono moltiplicando il VSL per il numero di vite salvate (L), ossia $B = VSL \cdot L$.

Nella letteratura economica esistono diversi studi che hanno quantificato il VSL, attraverso tecniche di stima che si basano sulle preferenze espresse, consistenti nel chiedere a un campione rappresentativo della popolazione di quantificare la disponibilità a pagare per vedere ridotto il rischio di morte prematura. Tali valori oscillano tra 200.000 e 30 milioni di US\$ (de Blaeij et al., 2003). Numerosi progetti europei raccomandano di utilizzare un valore medio di 1,5 milioni di € (UNITE, 2000), definendo il valore del rischio di incidente di entità grave e lieve pari rispettivamente al 13% e all'1% del VSL.

Un'ulteriore classificazione degli impatti positivi/negativi riconosce le cosiddette "esternalità" (contrapposte agli impatti considerati all'interno del sistema studiato), tipicamente ambientali; per esempio, una ridotta capacità di autopurificazione del corso d'acqua può implicare maggiori costi di trattamento dell'acqua di approvvigionamento o implicare maggiori rischi alla salute di chi la consuma non trattata; una riduzione dell'irrigazione può portare ad un abbassamento della falda, ma un ripristino della quota dell'alveo, oggi inciso, la può rialzare.

Anche le alterazioni del valore ricreativo o di quello di esistenza di un ecosistema fluviale possono giocare il ruolo di esternalità ambientali (e possono essere quantificati attraverso tecniche di valutazione contingente o edoniche o il travel-to-cost method o il costo di rimpiazzo: si veda per esempio Dixon and Hufschmidt, 1986 per una rassegna).

E' interessante il seguente esempio di valutazione degli intangibili ambientali elaborato Hirschfeld et al. (2005) relativo al corso d'acqua Werra, tributario del Weser nella Germania Ovest. Lo studio investigava diversi tipi di intervento diretti al ripristino della morfologia, la continuità, al controllo di emissioni diffuse e puntiformi e ha cercato di valutarne gli effetti idrologici ed ecologici, insieme ai costi e benefici e l'accettabilità pubblica. L'insieme di misure considerate è paragonabile a quelle richieste dall'implementazione della WFD. Il costo globale a livello di bacino di tali misure è stato stimato in 56 - 102 milioni di Euro per un orizzonte di 20-anni, e 70 - 149 milioni di Euro sui 50 anni. Di tali costi, le misure riguardanti l'agricoltura corrispondevano a un 39—79%; seguite dalle fonti di inquinanti puntiformi (5—17%), morfologia (10—29%) e continuità (6—17%). Sul fronte dei benefici, sono state considerate in dettaglio tre categorie: benefici da biodiversità migliorata, valore ricreativo e il valore di uso indiretto da ritenzione di nutrienti creato dalle fasce tampone (rivegetazione delle sponde fluviali). I primi due sono stati stimati estrapolando stime effettuate in altri luoghi; invece, l'effetto di ritenzione nutrienti è stato stimato col metodo del costo di rimpiazzo (cioè il costo di un impianto tecnologico di rimozione nutrienti di pari efficacia). I benefici complessivi ammontano a 150-197 milioni di Euro (valore attualizzato su un periodo di 20 anni), o 294-388 milioni di Euro sui 50 anni. La maggioranza dei benefici corrispondevano alla protezione della biodiversità, mentre la ricreazione contribuisce per circa un quarto del totale. Il rapporto benefici/costi è risultato compreso tra un minimo di 1,4:1, fino a 5:1.

Nell'ottica di gestione di bacino è molto importante riuscire ad individuare tra queste almeno il legame esistente tra un sottobacino e il resto del bacino perché solo così è possibile disaggregare l'analisi in modo che sia trattabile ma allo stesso tempo corretta. I principali legami (impatti) che un sottobacino può esportare sono:

- uno sbilancio del trasporto solido (tipicamente il fiume esporta meno solidi a causa della ridotta capacità di modellamento morfologico causata dalla artificializzazione o dall'intrappolamento di solidi causata da sbarramenti o dall'estrazione di inerti effettuata dall'uomo)
- una variazione del picco di piena (tipicamente, l'artificializzazione/canalizzazione dell'alveo produce picchi più intensi che peggiorano la situazione a valle)
- un incremento dei carichi inquinanti o un decremento (nel caso, raro, in cui nel sottobacino si sia sviluppata una capacità di autopurificazione superiore al naturale)
- un sostegno al regime di magra o, più frequentemente, una sottrazione di portata

In relazione alla tematica rischio idraulico e dissesto, i primi due sono gli aspetti di maggior interesse. Coerentemente con quanto discusso per l'evoluzione geologica, si può ipotizzare un criterio per stimare almeno qualitativamente lo "sbilancio di trasporto solido" causato dall'attuale assetto artificializzato. La tesi è che:

il fiume avrebbe ribassato il piano campagna (per "re-working") se si fosse mosso come da libero; aver impedito la mobilità con le opere ha creato un deficit di trasporto solido al quale si somma quello (forse maggiore) che è stato e tuttora viene portato via annualmente per pulizia briglie e derivazioni.

Per quantificare la componente geomorfologica di tale deficit, l'idea è identificare -in base a un'analisi del comportamento precedente alle opere significative (o almeno nei tronchi privi di opere)- l'area mediamente spazzata in un dato intervallo di tempo per unità lunghezza alveo → da questa informazione, ipotizzando un approfondimento di data entità, si potrebbe stimare il volume V di sedimenti che

naturalmente sarebbero stati esportati (³⁸) e quindi la portata solida normale prodotta dal corridoio; dall'analisi di mobilità recente (ridotta a causa delle opere) si potrebbe determinare analogamente la Q solida attuale e per differenza la Q solida mancante (per unità di alveo); quindi, considerando anche la lunghezza di alveo interessato dalla maggior o minor mobilità, si avrebbe una stima dello sbilancio di sedimenti esportati nelle diverse Alternative.

Si tratta evidentemente di un procedimento complesso e basato su dati e ipotesi piuttosto evanescenti. Una stima più concreta, anche se parziale, può essere limitata al volume estratto annualmente per pulizia dell'alveo in particolare a monte delle traverse. Questa stima può basarsi semplicemente sui dati forniti dai consorzi, ma ad oggi non siamo riusciti ad ottenerne di sufficienti e rilevanti.

Vale però la pena di mantenere un indice almeno qualitativo a testimoniare la presenza di questo impatto di difficile quantificazione.

Impostazione multicriterio

Come già osservato e discusso nell'impostazione metodologica, il problema di valutazione è essenzialmente multicriterio. In particolare, al livello I (oggettivo) è essenziale poter valutare gli obiettivi chiave e a questo è dedicato il successivo paragrafo 3.10.8, iniziando col valutare il "valore natura del fiume" (obiettivo N).

D'altra parte, come già spiegato, a causa della Hp semplificativa di assenza di tracimazione/rottura arginale nella determinazione della pericolosità (zone allagate), si deve introdurre un indice di rischio residuo chiamato Fragilità F, descritto nel seguito.

3.10.6. Valutazione dello stato ecologico (FLEA)

In questa sede, il fulcro del progetto è la valutazione economica, ma si ritiene fondamentale anche avere una visione multiobiettivo delle ALternative. A tal fine occorre valutare, tra gli altri, "l'obiettivo N", cioè il valore natura dell'ecosistema fluviale.

Come è noto, CIRF ha sviluppato un impianto concettuale ed operativo denominato FLEA per valutare il cosiddetto valore natura di un corso d'acqua (vedi CIRF, 2006) ed ne ha effettuate diverse applicazioni (³⁹).

In questa sede lo applichiamo in una versione semplificata, compatibile con i dati a nostra disposizione e , soprattutto, con la esigenza di valutare lo stato futuro conseguente all'aggiustamento che il fiume opererà in funzione dell'insieme di opere previste in ogni ALternativa.

La seguente slide ricorda l'impostazione complessiva essenziale dello schema di valutazione FLEA (che coincide a questo livello con quanto richiesto dalla Direttiva Quadro sulle Acque, DIR 2000/60/CE); nella successiva si riassume invece lo schema operativo davvero adottato e applicato:

³⁸ Ci si può chiedere come possa esportare sedimenti grossolani che, dalla granulometria presente nelle sezioni di valle, si può affermare che certamente non transitano a valle; una risposta può essere un fenomeno di "filtraggio dei sedimenti": il fiume mobilità quelli presenti che contengono anche una frazione fine, ed è questa che viene asportata lasciando una matrice progressivamente più selezionata di grossolani.

³⁹ Si veda per esempio vedi per es.

http://www.ors.regione.lombardia.it/OSIEG/AreaAcque/contenuti_informativi/contenuto_informativo_Acqua.shtml?957




**VALUTAZIONE :
approfondimenti: MULTI-
OBIETTIVO: C, R e N**

- (Qualità dell'acqua)
- (Biotica: vegetazione riparia)
- Idromorfologica:
 - ◆ Spazio di divagazione (o proxy opere rilevanti)
 - ◆ Rapporto con la piana inondabile (o proxy idem)
 - ◆ Continuità longitudinale (o proxy idem)
 - ◆ Regime idrico (magre più intense in presenza di traverse)

NOTA:

- Manca ramo su rilevanza naturalistica (ma non c'è in WFD)
- la caratterizzazione deve essere suff. fine da vedere gli effetti degli interventi considerati. Es se una ALT riduce molto agricoltura e suoi prelievi e input inquinanti → va considerata qualità acqua



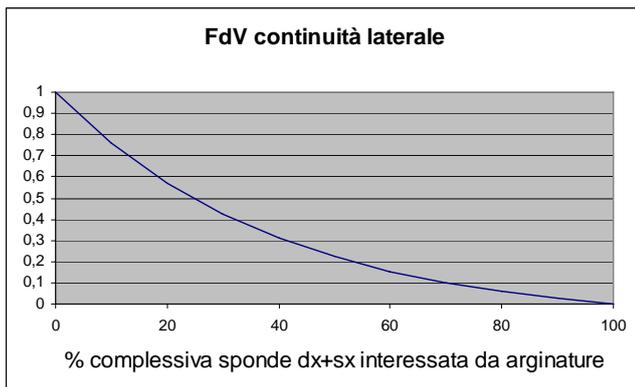

**VALUTAZIONE :
approfondimenti: MULTI-
OBIETTIVO: C, R e N :
albero dei valori**

	attributo	Indicatore	natura	Tipo	unità
1	Qualità dell'acqua				
2	Qualità biologica				
3	Qualità Idromorfologica	a Regime idrico (min)	n. Traverse cumulate	proxy	quantitativo -
		b Continuità laterale	% media sponde dx e sx coperta da argini	proxy	quantitativo %
		c Continuità longitudinale	n. sbarramenti per unità lunghezza	proxy	quantitativo km ⁻¹
		d Mobilità (spazio divagaz)	% sponde dx + sx con difese spondali o argini rivestiti	proxy	quantitativo %

- Si rinuncia all'idea di confronto con Stato di Riferimento (Direttiva Acque/FLEA), perché richiederebbe sforzo non proporzionato con beneficio
- Ci si basa quindi su proxy opere presenti → possibile distorsione
- Si catturano gli aspetti impattati più direttamente dalle opere
- No equilibrio morfologico: le possibili ALTs RF sono tutte pensate in condizioni di lungo termine di nuovo eq. dinamico → non sarebbe corretto confrontarlo con ALT_0 e SdF
- Hp: regime idrico di magra funzione di n.cumulato traverse → peggiora verso valle (si ignorano traverse con ritorno in alveo ← idroelettriche)
- Una % di arginature > del 100% (dx+sx) equivale al 100%
- Si penalizzano in modo crescente livelli di artificialità maggiori → FdV non lin.

Vale la pena di segnalare che per determinare l'attributo regime idrico si è adottato un proxy piuttosto rude, cioè il numero cumulato (da monte) di traverse di derivazione (escluse quelle che ritornano in alveo): esso infatti è un parente della portata residua in alveo, componente parziale, ma essenziale, per descrivere il regime idrico.

Ad ogni attributo è stata applicata una Funzione di Valore scalare di tipo esponenziale concava, determinata con il criterio del "mid-value point" di cui in Beinart (1995) e Nardini (2005); questa forma, di cui si mostra un esempio qui sotto e che è stata determinata dal gruppo di lavoro senza pretesa di validità generale, enfatizza l'avversione all'artificializzazione pesando maggiormente incrementi di artificialità (opere) quando lo stato generale è ancora buono. Per l'aggregazione da indicatori all'indice N si è invece utilizzata una classica Funzione di Valore multiattributo di tipo additivo.



Nelle successive slides invece si presentano, in ordine, dapprima i parametri che definiscono i diversi indicatori, le FdV scalari e quella multiattributo (cioè i pesi a somma unitaria), poi i dati rilevati sulle mappe GIS a disposizione e quindi i risultati ottenuti:

Indicatore	natura	Tipo	unità	Range	worse	best	param	pesi
n. Traverse cumulato	proxy	quantitativo	-	0-∞	9	0	-0,03	0,1
% media sponde dx e sx coperta da argini	proxy	quantitativo	%	0-100	100	0	-0,025	0,4
n. sbarramenti per unità lunghezza	proxy	quantitativo	km ⁻¹	0-∞	0,001	0	-4000	0,2
% sponde dx + sx con difese spondali o argini rivestiti	proxy	quantitativo	%		100	0	-0,025	0,3



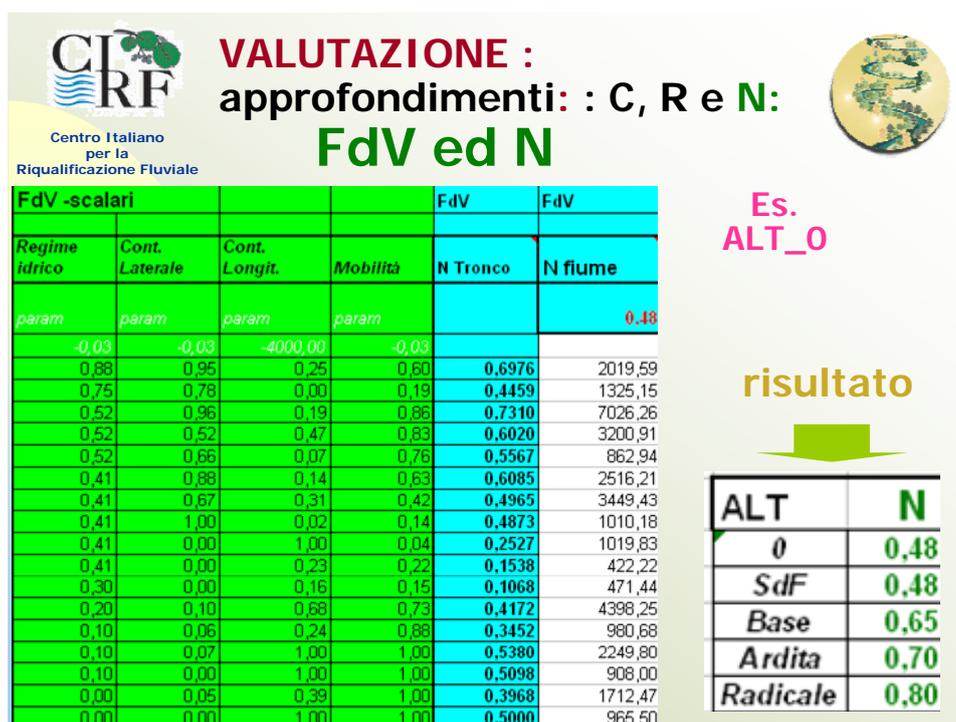
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

VALUTAZIONE :
approfondimenti: MULTI-
OBIETTIVO: C, R e N :
dati (da GIS) e indicatori



Es. ALT_0

max	10543	4	2	6232	8360	4333	2688	indicatori	268,3325	0,0013459	85,6789
somma	72291		9					a	b	c	d
								Regime idrico	Cont. Laterale	Cont. Longit.	Mobilità
n. Tronco	L	n. Sbarr.	n. Traverse	Argini sx	Argini dx	Difese sx	Difese dx	TRAVcu mulate	% arginata	n.sbarr/lu gh	% difesa
	m			m	m	m	m		%	km ⁻¹	%
14	2895	1	1	109	0	633	420	1	1,882556	0,0003454	18,1865
15	2972	4	1	27	498	1071	2169	2	8,832436	0,0013459	54,5087
16	9612	4	2	286	0	597	472	4	1,487724	0,0004161	5,56076
17	5317	1	0	1252	1215	602	138	4	23,19917	0,0001881	6,95881
18	1550	1	0	253	217	0	310	4	15,16129	0,0006452	10
19	4135	2	1	395	0	797	586	5	4,7763	0,0004837	16,7231
20	6947	2	0	760	1261	1865	2372	5	14,54585	0,0002879	30,4952
21	2073	2	0	0	0	517	2046	5	0	0,0009648	61,8186
22	4036	0	0	3944	4336	4333	2583	5	102,5768	0	85,6789
23	2745	1	0	2745	2745	2745	0	5	100	0,0003643	50
24	4415	2	1	4415	4415	2688	2688	6	100	0,000453	60,8834
25	10543	1	1	6232	8360	1125	1271	7	69,20231	9,485E-05	11,363
26	2841	1	1	2252	2244	276	0	8	79,12707	0,000352	4,85744
31	4182	0	0	2718	3704	0	0	8	76,78144	0	0
27	1781	0	0	3698	1850	0	0	8	155,7552	0	0
28	4316	1	1	4425	2789	0	0	9	83,57275	0,0002317	0
29	1931	0	0	3872	6491	0	0	9	268,3325	0	0



Il risultato dice che N nell'ALT_0 non è così drammaticamente cattivo perché quasi sempre valori cattivi di alcuni attributi sono accompagnati da valori discreti o buoni negli altri. Inoltre, ci sono tutte le approssimazioni introdotte e mancano diversi attributi che abbasserebbero il valore complessivo, quale in particolare probabilmente la qualità dell'acqua.

In ogni caso, seppure affetta dalle limitazioni di cui sopra, questa valutazione mostra chiaramente come il Chiese post lacuale sia un fiume in condizioni decisamente cattive, anche se non drammatiche.

L'ALT_SdF peggiora in difese spondali, ma migliora in arginature perché elimina diverse esistenti non necessarie e quindi globalmente mantiene sostanzialmente il medesimo valore.

Nella "ALT_Base" si ha una significativa riduzione delle arginature e difese spondali che fa fare un balzo in avanti all'obiettivo N, arrivando a valori classificabili tra stato sufficiente e buono (in realtà tali soglie non sono qui rigorosamente definite, ma possiamo ritenere in prima approssimazione una divisione dell'intero intervallo 0-1 in classi di ampiezza 0,2 che conducono quindi alla seguente corrispondenza: *pessimo*: 0,0-0,2; *scadente*: 0,2-0,4; *sufficiente*: 0,4-0,6; *buono*: 0,6-0,8; *elevato*: 0,8-1,0).

Con la "Ardita" si ha un decisivo progresso nella classe "buono" a pieno titolo. La "Radicale" conduce alla soglia con lo stato elevato, grazie alla eliminazione di diverse opere determinanti la discontinuità longitudinale (traverse e briglie/soglie).

3.10.7. La Fragilità F (o rischio residuo)

Un sistema anche se messo in sicurezza per eventi addirittura più elevati di quello di riferimento (tipicamente T_{r200}), può sempre collassare, se artificializzato. Più l'artificializzazione è elevata, più questa pericolosità residua, e l'associato "rischio residuo", è grande.



R_{200} indica il rischio associato all'evento T_{r200} : se il sistema è "messo in sicurezza" risulta essere per definizione nullo (se si è progettato bene); ma il rischio totale, R_T , che considera anche gli eventi superiori (sebbene sempre meno probabili), è non nullo, e può addirittura essere elevato, anzi più elevato che nella situazione precedente la "messa in sicurezza", a causa dell'evoluzione del tessuto antropico nella zona messa in sicurezza e, appunto in virtù di ciò, ammessa a maggiore sviluppo.

Se poi consideriamo anche il rischio di collasso (tipicamente associato alla tracimazione), il rischio risultante, indicato con $R_T(\infty)$ perché si apre un'infinità di altre possibilità, può risultare molto maggiore.

La metodologia da noi definita per stimare il rischio in termini economici (ai fini della valutazione ACB) si può applicare anche al caso di tracimazione e crollo arginale; ma richiede di determinare la conseguente pericolosità, cosa in pratica possibile in modo credibile solo utilizzando un modello 2D dinamico e facendo opportune ipotesi sulle modalità di crollo (idealmente adottando un metodo stocastico o simil-stocastico, come una simulazione MonteCarlo).

Nel caso studio qui sviluppato abbiamo però adottato un modello di simulazione sostanzialmente monodimensionale (1D con esondazioni) e si è ritenuto non credibile determinare con esso le zone allagabili in caso di tracimazione (e possibile crollo) arginale.

Però il rischio residuo continua ad esistere. E' per questo che abbiamo introdotto un indice apposito, denominato di Fragilità (F), che lo misura su una scala arbitraria qualitativa.

In questo paragrafo si spiega come sia costruito tale indice. Nell'ultima sezione, inoltre, si riporta il questionario adottato per estrarre dagli esperti/amministratori preposti il giudizio "expert based" che permette di determinare i parametri caratterizzanti l'indice. Si noti che l'indice non intende predire effetti, bensì giudicare in senso preferenziale situazioni a diversa pericolosità.

Le ipotesi di partenza sono riassunte in questa slide:



**VALUTAZIONE : approccio:
MULTI-OBIETTIVO: Livello I:**
C, F, N, D, E

**Obiettivo Rischio residuo : Fragilità F da possibile
collasso ARGINI,**

F tanto maggiore quanto più é:

- vicino all'alveo (distanza d)
- Esteso (lunghezza l)
- Elevato il dislivello tra quota y_H pelo libero in alveo e quota y_T piano campagna esterno (in prossimità): h

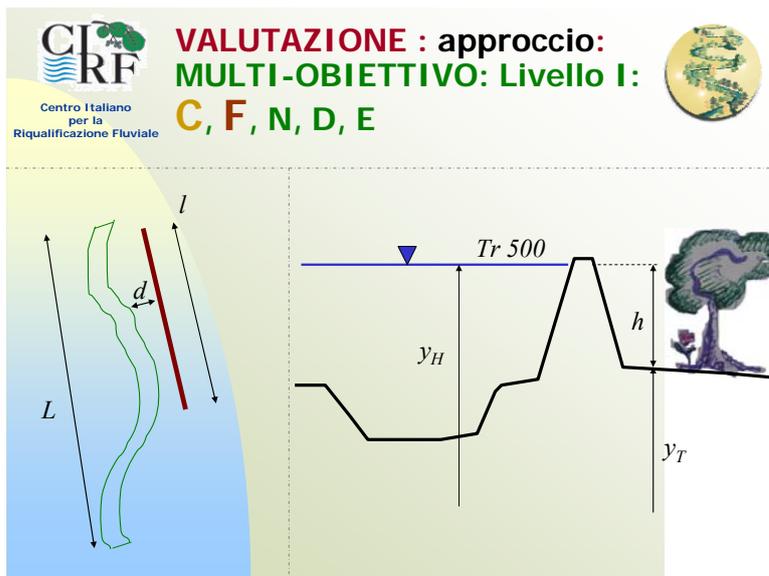
Hp:

- si fa riferimento a Tr 500 (il max considerato)
- non si distingue in base al franco ed altri fattori

Questa è solo una delle innumerevoli possibili scelte di concettualizzazione di un tale indice, ma è la scelta che più si confà alle informazioni a nostra disposizione nella valutazione delle diverse ALternative di assetto, in modo relativamente speditivo (⁴⁰).

⁴⁰ Si ricordino le osservazioni in merito al Progetto Strategico AdB Po (2005) effettuate nel Cap.2.5 sulle Innovazioni apportate dal progetto VALURI. In una versione più raffinata dell'indice, indubbiamente il primo attributo ulteriore da aggiungere sarebbe il tipo di Uso del suolo presente all'esterno dell'arginatura. Inoltre, sempre nell'Hp di non effettuare una modellazione 2D dinamica, sarebbe opportuno introdurre un attributo relativo al "franco" (cioè la differenza di quota tra il pelo libero massimo raggiunto e il ciglio arginale); infatti, in diverse occasioni, lo Studio di Fattibilità pianifica interventi volti a rialzare gli argini anche dove non si assiste a possibilità diretta di esondazione, ma semplicemente il franco raggiunto è giudicato insufficiente. Un indice che non vede questo fattore può tendere a sottostimare i benefici di tali interventi. Questo aspetto non è stato considerato qui sia perché si è ritenuto che non influisse in modo determinante, sia perché richiederebbe di conoscere le quote di tutti i rilevati arginali, anche di quelli ipotizzati per eliminare dalle Alternative le possibilità di tracimazione (come spiegato nel capitolo di definizione delle stesse) -cosa di non immediata determinazione- e soprattutto perché richiederebbe, per coerenza, di gestire la parametrizzazione dei costi di manutenzione (gli OMR) in funzione non solo della tipologia di opera ed estensione, ma anche della sua estensione in altezza, cosa fattibilissima, ma non considerata nella ns. analisi perché complicherebbe notevolmente l'impianto valutativo del Sintetizzatore (ma comunque raccomandabile in un'analisi a livello di studio di fattibilità).

Sebbene l'indice qui adottato sia semplificato rispetto a quello del Progetto Strategico, crediamo che le indicazioni che fornisce siano altrettanto utili, in fatti quello che conta davvero è che fornisca un ordinamento delle ALternative corretto dal punto di vista del rischio residuo: qualsiasi indice che mantenga questa proprietà è idoneo (un passo avanti lo si avrebbe solo arrivando a monetizzare il rischio residuo, come già discusso a riguardo delle Innovazioni). E' vero che l'unico modo certo per concludere che questo indice produce un ordinamento corretto, sarebbe confrontare tale ordinamento con quello prodottodall'indice "giusto" (che, nell'ambito della valutazione costi benefici è quello economico); tuttavia, riteniamo che sia così semplicemente perché le zone coinvolte dall'eventuale ipotetico crollo delle arginature, nelle diverse alternative che ne discutono l'eventuale dismissione, non coinvolgono settori urbani e mobilitano quindi valori relativamente bassi e tali da non cambiare l'esito della valutazione; quelle invece che proteggono settori urbani vengono mantenute in tutte le alternative esplorate e, quindi, l'eventuale errore prodotto dall'indice si annulla nel confronto differenziale.

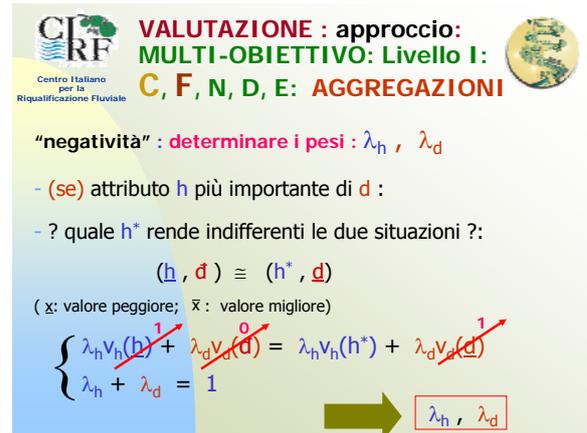
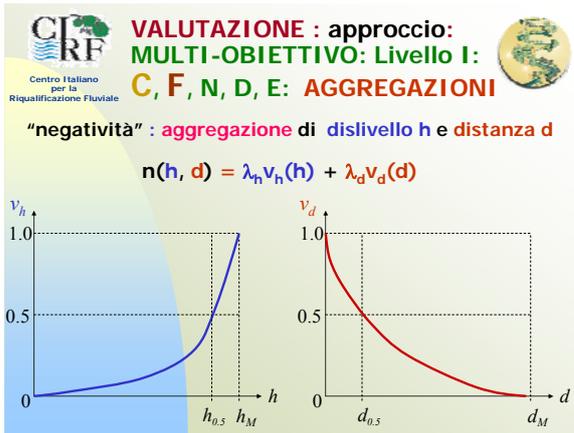


La struttura concettuale dell'indice è la seguente (si veda ⁴¹ per l'impostazione teorica degli indici di valutazione), dove il circolo indica il primo nodo dove si effettua un'aggregazione (in questo caso dei due attributi: distanza dell'argine dall'alveo e dislivello tra quota in alveo Tr500 e quota piano campagna esterno):

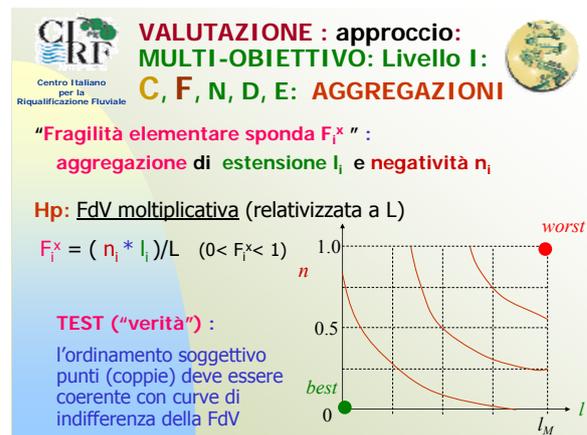
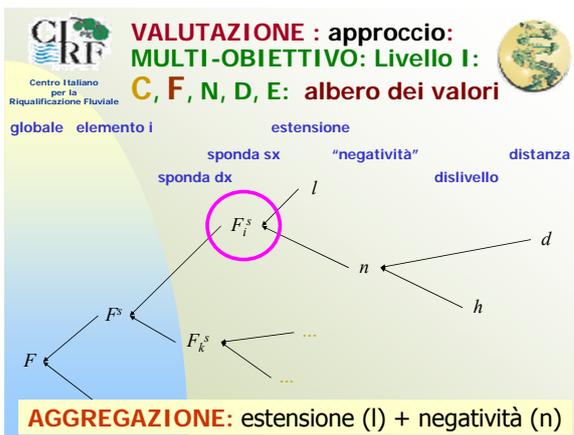


Le seguenti slides illustrano nel dettaglio come costruire la Funzione di Valore multiattributo che fornisce il sub-indice "negatività" (che al contrario degli usuali indici di valutazione, è tanto più cattivo quanto maggiore); si noti che per determinare la forma di ogni Funzione di Valore (FdV) scalare si è adottato il metodo del "mid value-point", mentre per determinare i pesi della FdV multiattributo (con due attributi), si è adottato il metodo del punto di indifferenza (entrambi brevemente spiegati più avanti nella sezione "questionario" e spiegati in dettaglio in Nardini, 2005):

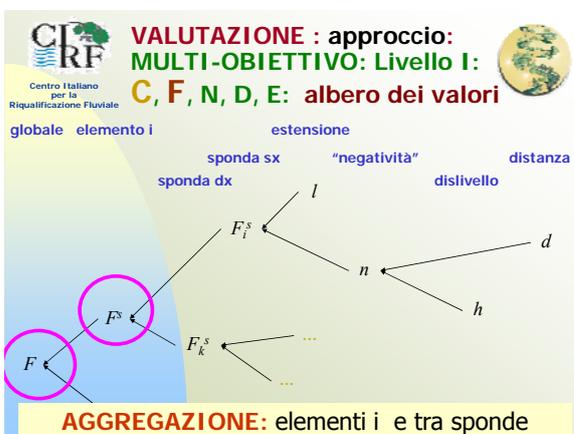
⁴¹ Nardini (1998) e Nardini (2004).



Per la successiva aggregazione tra una variabile intensiva, la negatività, è una estensiva, la lunghezza dell'arginatura, aggregazione che fornisce la "Fragilità elementare (perché della generica opera isesima) per una sponda x (F_i^x)" si è assunta una forma moltiplicativa semplice (poi soggetta a un test di coerenza, richiamato dalla figura a dx; vedi questionario successivo):



Per le ultime due aggregazioni, si è invece adottata una semplice forma additiva a pesi unitari, per la prima (somma), e a pesi uguali, per la seconda (media):



Questionario per l'indice F

I parametri che definiscono completamente questo indice sono i seguenti:

- l_M : lunghezza massima dell'opera (m)
- h_M : dislivello massimo tra quota pelo libero (Tr500) e quota piano campagna esterno all'arginatura (m) (valore medio lungo l'opera)
- d_M : distanza massima dell'opera dal ciglio (più vicino) dell'alveo (valore medio lungo l'opera)
- L : lunghezza totale del fiume oggetto di valutazione (m)

k_d : coefficiente che determina la forma della funzione (esponenziale) interpolante la FdV dell'attributo "distanza" (1/m)

k_h : coefficiente che determina la forma della funzione (esponenziale) interpolante la FdV dell'attributo "dislivello" (1/m)

λ_d, λ_H : pesi (a somma unitaria) relativi, rispettivamente, all'attributo distanza e dislivello (adimensionali)

Questi ultimi quattro parametri (oltre alla formalizzazione stessa dell'indice F, cioè alla scelta degli attributi) riflettono i giudizi di importanza relativa assegnati dagli esperti del tema idraulico nella valutazione. Per determinarli, gli esperti stessi devono rispondere ad alcuni quesiti qui di seguito presentati:

FdV distanza e dislivello

Che l'andamento generale di tali funzioni sia quello rappresentato nelle figure di cui sopra è conseguenza della loro stessa definizione e concezione:

- avere un argine in frodo ($d=0$) è la situazione peggiore; e basta una distanza anche relativamente limitata, rispetto al campo possibile, per avere un grande miglioramento
- viceversa, avere un dislivello nullo sostanzialmente annulla la pericolosità, che invece è massima per il massimo dislivello (massimo rispetto ai casi che possono darsi nel nostro ambito di valutazione su tutte le ALTernative considerate)

Tale forma generale monotona della FdV (chiamata per semplicità "v(d)", indicando con d il generico indicatore), può essere espressa analiticamente da una funzione esponenziale con la seguente forma generale (si veda Nardini, 2005):

$$v(d) = (1 - e^{k(d-\underline{d})}) / (1 - e^{k(\bar{d}-d)})$$

avendo indicato con:

\underline{d} : il valore assunto da d nel caso peggiore (che a seconda dei casi può essere il maggiore o il minore)

\bar{d} : il valore assunto da d nel caso migliore (idem)

Per la FdV scalare, resta pertanto da determinare solo il parametro k; un metodo molto valido è quello del "mid-value point" (Beinat, 1995) che, nel nostro caso, si traduce nelle seguenti domande:

- 1) *distanza: maggiore è la distanza.... meglio è. Passare dal caso peggiore ($\underline{d}=0$) a un valore un po' maggiore, ma ancora inferiore al migliore ($\bar{d} \equiv d_M = 2000$ m), chiaramente dà un "solievo"; e passare da esso al caso migliore ($\bar{d} \equiv d_M = 2000$ m) dà un altro sollievo. Quale distanza intermedia (indicato con $d_{0,5}$, ma non necessariamente a metà strada!) tra peggiore e migliore ti produce un sollievo uguale nei due passaggi?*
- 2) *Dislivello (analogo discorso, ma inverso): maggiore è il dislivello.... peggio è. Scendere dal caso peggiore ($\underline{h} \equiv h_M = 5,5$ m) a un valore un po' minore, chiaramente dà un "solievo"; e passare da esso al caso migliore ($\bar{d} \equiv h_m = 0$ m) dà un altro sollievo. Quale dislivello intermedio (indicato con $h_{0,5}$) ti produce un sollievo uguale tra i due passaggi?*

Questa risposta permette di determinare il parametro k delle due curve.

Aggregazione distanza e dislivello per ottenere la negatività : i pesi

Occorre ora determinare i pesi; per questo si deve rispondere alla seguente domanda (come mostrato nella slide):

3) *quale tra i due attributi (distanza e dislivello), considerandone il range di variazione possibile (0-2000 m, e 0-5,5m rispettivamente), si ritiene il principale?*

Se la risposta è: *il dislivello h* allora occorre rispondere alla seguente:

4a) *quale valore intermedio h^* rende indifferenti le due situazioni ipotetiche descritte dalle seguenti coppie di valori degli attributi d, h ?*

$$(\underline{h}, \underline{d}) \cong (h^*, \underline{d})$$

Cioè:

dislivello peggiore (5,5m), distanza migliore (2000m) \cong dislivello cercato, distanza peggiore (nulla)

Si noti che una soluzione deve esistere, a meno che non si siano dimenticati altri attributi ritenuti importanti.

Altrimenti, se la risposta alla domanda 3) era la *distanza d* , si deve rispondere alla seguente domanda alternativa:

4b) *quale valore intermedio d^* rende indifferenti le due situazioni ipotetiche descritte dalle seguenti coppie di valori degli attributi d, h ?*

$$(\underline{h}, \underline{d}) \cong (\underline{h}, d^*)$$

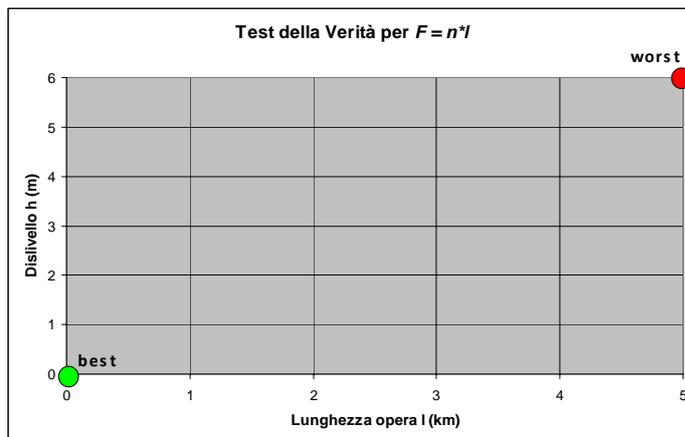
Cioè:

dislivello migliore (nullo), distanza peggiore (nulla) \cong dislivello peggiore (5,5m), distanza cercata

Validazione della FdV moltiplicativa negatività-estensione: test della "verità"

La forma moltiplicativa semplice assunta nell'aggregazione che fornisce la "Fragilità elementare F_i^x " non ha un supporto teorico solido come quella additiva di cui sopra. E' per questo opportuno effettuare a posteriori un test di coerenza. A tale scopo gli esperti devono effettuare un ordinamento preferenziale delle seguenti situazioni (assegnando semplicemente proprio un numero d'ordine dalla migliore alla peggiore o, se possibile, un punteggio dalla peggiore, più basso, alla migliore, più alto); il giudizio va dato per alcuni o meglio tutti i punti del reticolo della figura seguente, esclusi quelli sull'asse delle ordinate ⁽⁴²⁾:

⁴² Si riporta solo per completezza, ma per il test è irrilevante dato che ci si deve concentrare sul suo significato fisico espresso in termini dei suoi due attributi, ma mantenendone uno mentalmente fisso come riferimento e pari a (per esempio): 100 m.



Situazioni da considerare, si noti che l'ordine deriva dalla posizione rilevata sul grafico ma non deve influenzare le risposte:

n.	Dislivello (m)	Lunghezza (km)	Punteggio ⁽⁴³⁾	Fragilità ⁽⁴⁴⁾
1	1	1		4,92
2	2	1		6,39
3	3	1		8,58
4	4	1		11,85
5	5,5	1		20,00
6	1	1		9,85
7	2	2		12,78
8	3	2		17,16
9	4	2		23,70
10	5,5	2		40,00
11	1	3		14,77
12	2	3		19,18
13	3	3		25,75
14	4	3		35,55
15	5,5	3		60,00
16	1	4		19,69
17	2	4		25,57
18	3	4		34,33
19	4	4		47,40
20	5,5	4		80,00
21	1	5		24,62
22	2	5		31,96
23	3	5		42,91
24	4	5		59,25
25	5,5	5		100,00

Parametrizzazione risultante

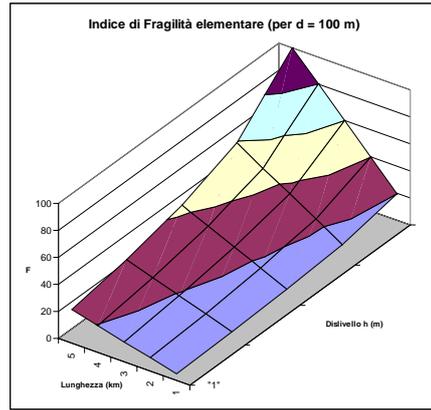
La seguente tabella riassume i valori dei parametri ottenuti dai dati in nostro possesso e dal questionario:

⁴³ E' la colonna da riempire da parte degli esperti. Tutte le risposte devono essere o ordine o punteggio, scegliendo per esempio per il caso migliore 100 e per il peggiore 0.

⁴⁴ Derivata dalla FdV analitica ottenuta in base ai parametri forniti. Teoricamente dovrebbe coincidere, a meno della normalizzazione, con quella derivata direttamente dalle risposte, cioè dal "punteggio".

Parametri indice di FRAGILITA'

			k FdV	λ
<i>d</i>	max d_i	2000	-0,01	0,4
<i>h</i>	max h_i	5,5	0,4	0,6
<i>l</i>	max l_i	5000	L (m) = 72291	



3.10.8. I tre obiettivi fondamentali (R_T , C, N) più altri : D, F (ed E)

Si formalizzano gli obiettivi finalmente adottati nella Valutazione di Livello I, cioè quella di tipo “tecnico”:

- R_T : è l'equivalente annuo del rischio totale da dissesto idrogeologico: include quello idraulico totale (inondazioni per tempi di ritorno anche superiori a quello di riferimento di 200 anni) e quello da erosione spondale per divagazione planimetrica
- C: il costo totale dell'ALT x: valore equivalente dell'investimento per nuove opere, somma degli OMR futuri di opere e manutenzione alveo attualizzati (⁴⁵)
- N: il valore natura del fiume (stato ecologico) , a cui è dedicato il precedente paragrafo 3.10.7
- D: il “disturbo” agli attori socio-economici in termini di aree dove è richiesto il cambio di Uso del suolo (si veda sotto)
- F: la Fragilità che esprime (in forma semplificata e qualitativa) il rischio idraulico residuo, cioè da possibile tracimazione/crollo delle arginature e conseguente inondazione di vaste zone con effetto devastante a causa del fenomeno dinamico (con velocità locali e dislivelli importanti)

La seguente slide chiarisce come è definito il valore equivalente annuo, cioè quel valore costante che, se attualizzato e sommato sullo stesso orizzonte temporale di valutazione, fornisce il valore totale attualizzato di partenza di cui alla definizione sopra:

CIRF
Centro Italiano
per la
Riqualificazione Fluviale

**VALUTAZIONE :
approfondimenti: MULTI-
OBIETTIVO: C, R e N**

Obiettivo COSTI C

- Comprende investimenti e tutti OMR
- Si esprime come costo equivalente annuale
- $c_A = C / \sum(\delta^t)$ (sull'orizzonte temporale T)

Obiettivo Rischio R

- Comprende erosione + allagamento
- equivalente annuale $r: R = R_{eros} + R_{all}$
- $r = R / \sum(\delta^t)$ (sull'orizzonte temporale T)

La seguente slide chiarisce come si determina il “Disturbo” agli attori socio-economici per cambio dell'Uso del suolo (l'idroelettrico è già stato discusso nel Par.3.6.4 Parametrizzazione economica):

⁴⁵ Inoltre andrebbero i risarcimenti, indennizzi, sussidi etc. collegati alle scelte gestionali, che in questa fase non sono stati considerati.



**VALUTAZIONE : approccio:
MULTI-OBIETTIVO: Livello I:**
C, R, N, D, E

Obiettivo DISTURBO sociale D

- **Impatto idroelettrico: valore privato dell'energia persa**
- **Cambio di Uso del suolo: A^R :**
 - per ogni categoria i di uso suolo, un'area viene declassata a una nuova categoria e quindi se ne "perde" il differenziale di valore (gli incrementi di area non sono considerati in quanto non sono disturbo)
 - si esprime come area equivalente di riferimento A^R (*urbanizzabile*) perduta
 - e si ottiene dalla seguente dove: γ_c valore dell'unità di area di categoria c ; a_i area i -esima che subisce un declassamento $= (A_0(c) - A^*(c))$; $c(i)$: categoria di Uso suolo associata all'area i -esima vecchia; S : insieme delle zonette i che vengono declassate; $A(c)$ area vecchia totale nella categoria c ; $A^*(c)$: area nuova totale nella categoria c ; $+$: operatore che prende solo il positivo

$$\sum_{i \in S} (\gamma_{c(i)} a_i) = \sum_c [\gamma_c A_0(c) - \gamma_c A^*(c)]^+ = \gamma_R A^R \rightarrow A^R$$

Si noti che la natura e pure l'unità di misura di questo impatto sono ben diverse dall'analogo item presente nello schema di valutazione ACB: lì si considerava il bilancio netto della diminuzione di aree (e associata perdita di valore) con l'incremento di aree tipicamente di minor valore (e associato incremento di valore, minore del decremento). E l'impatto era espresso in termini puramente economici di valore totale del suolo.

Qui, invece, si vuole dare una misura del disturbo a chi deve sopportare un declassamento del proprio suolo e quindi non ci considerano i recuperi dovuti al nuovo Uso del suolo; in definitiva, si considera solo il valore perso. Inoltre, per distinguerlo dal precedente, si esprime in termini di area equivalente di valore di riferimento: si è adottato, come più significativo per la rappresentazione e senza perdita di generalità, il valore della categoria "urbanizzabile", cioè del solo terreno urbano privo ancora di infrastrutture (valore che nella ns parametrizzazione SdF è di 140 E/m²).

Per l'ALT_Base, i risultati legati all'impatto sull'irriguo (si veda anche il Par.3.10.4 Valutazioni ACB) danno un'area totale di 955325 m² ca con un valore perduto di 2,72 E/m² per un totale di 2598484 E, equivalente a 1,85 ha di terreno urbanizzabile.

3.10.9. Risultati della valutazione integrata: Livello I e Livello III

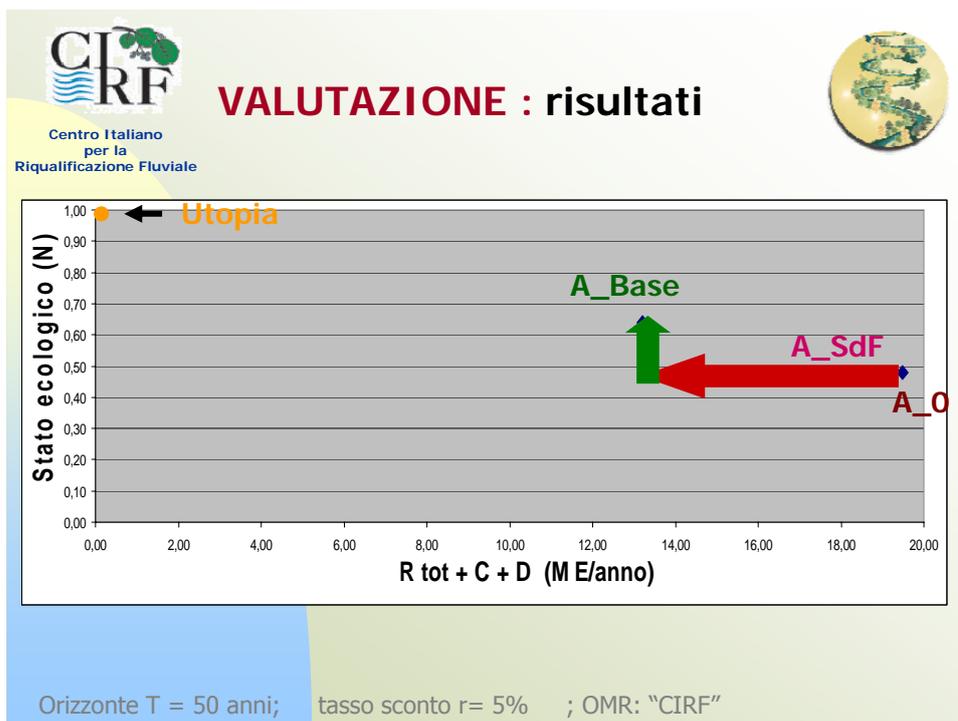
In relazione "Livello I" (vedi Cap.2.2 sulla Valutazione integrata), adottando la rappresentazione che evidenzia il ruolo dell'Obiettivo "Natura" (N) rispetto agli altri aggregati semplicemente sommandoli essendo monetizzati (⁴⁶), si ottiene il seguente risultato:

⁴⁶ Si ricorda che questa rappresentazione assume che ci sia compensazione tra le diversi componenti del costo totale (asse x): per esempio un incremento x di R equivale a una diminuzione x di C. Questo è lecito se chi subisce il danno si ritiene effettivamente indennizzato completamente

Quindi il grafico è corretto, a rigore, se si utilizzano per R, C e D la monetizzazione dei relativi indici di soddisfazione adottati nel Livello II della valutazione, non quelli dell'ACB che pretendono di essere oggettivi, ma non necessariamente riflettono il punto di vista degli stakeholders.

Naturalmente, la monetizzazione della soddisfazione degli stakeholders è affetta dai noti problemi della valutazione contingente; anche per questo, in prima approx adottiamo, come fatto, i medesimi valori dell'ACB

NOTA: non si include la Fragilità (rischio residuo) che però nello stesso senso di N.



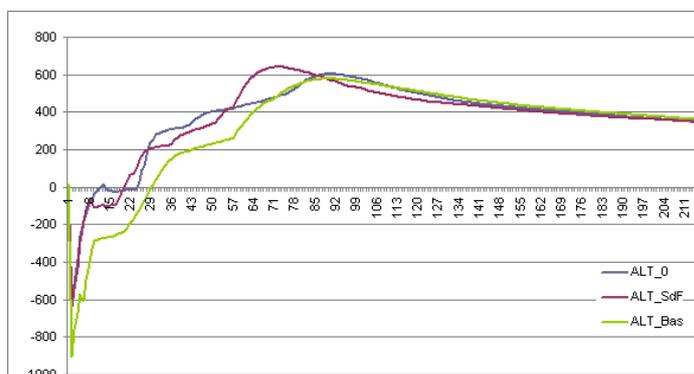
Questo risultato è molto significativo, perché dice che ALT_Base domina decisamente le altre Alternative essendo meno costosa (nei termini globali di rischio totale, opere e disturbo) e allo stesso tempo migliore come livello dell'obiettivo natura. O, in altre parole, è più vicina all'Utopia (punto a costo totale nullo e obiettivo N perfetto, cioè valore 1).

Dal punto di vista del Livello III "Strategico" di valutazione, si dovrebbero riassumere gli esiti della valutazione di Livello II, nonché altri aspetti (quali l'equità nella ripartizione dei costi e benefici), analisi che in questa analisi non è stata elaborata. Ci limitiamo pertanto a una versione semplificata che non fa altro che ripresentare in modo diverso i medesimi risultati ottenuti fornendo però questa volta una visione di insieme:



NOTA: il criterio di "Sostenibilità ambientale: esternalità di bacino idromorfologico" è valutato in modo assolutamente qualitativo e arbitrario con due indici (con valori da 0, peggior comportamento, a 3, miglior comportamento) che hanno il solo scopo di ricordare la problematica e indicare il comportamento relativo delle ALTERNATIVE. Il loro valore è basato sulla semplice considerazione che con più opere di difesa e arginature più elevate (SdF) il trasporto solido è più ridotto e così le esondazioni e quindi l'effetto laminazione. Si potrebbe dare una misura più quantitativa calcolando, analogamente a quanto fatto per l'indice Natura N, l'estensione delle opere presenti, ma...il risultato sarebbe sostanzialmente lo stesso.

Per la laminazione il discorso è simile, si è però cercato di confermare in modo oggettivo la valutazione soggettiva: a tal fine si sono semplicemente confrontati gli idrogrammi determinati nelle simulazioni relative agli eventi estremi (in particolare Tr 500) in corrispondenza della sezione di chiusura. Il risultato è il seguente che, come si può apprezzare, conferma quanto previsto; anzi, nella matrice multicriterio, si sarebbe potuto assegnare alla laminazione il punteggio 2 all'ALT_0, invece di 3, dato che ALT_Base ha un picco (578 m³/s) leggermente inferiore ad essa (603 m³/s); la ALT_SdF presenta invece il maggior picco (641 m³/s):



NOTA: i valori negativi all'inizio del transitorio sono causati da una (quasi inevitabile) incoerenza tra la condizione di valle e il profilo di piena corrispondente all'onda di piena in arrivo, ma non hanno un particolare significato.

Si può osservare che, da questa visione, emerge che l'ALT_Base non è più "dominante" in senso stretto; infatti, è quella con maggior rischio totale; ed è l'unica con un qualche disturbo alla comunità (al settore agricolo); però la differenza è molto contenuta, mentre è evidente il vantaggio in termini di tutti gli altri criteri.

L'ALT_SdF è quella, d'altra parte, che offre il minor rischio totale (anche se molto poco inferiore alle altre), mentre è la più costosa in termini di opere.

E' questo il tipo di informazione che può alimentare la fase negoziale di un processo decisionale partecipato. L'idea ispiratrice della negoziazione è riuscire a compensare gli svantaggi (incremento di rischio e disturbo) grazie ai maggiori vantaggi ottenuti. Ovviamente, questa possibilità richiede di definire opportuni schemi e meccanismi di gestione amministrativo-finanziaria. Questo argomento è ripreso nelle conclusioni.

Va anche ricordato che Alt_0 non è lo stato attuale, bensì l'ALTERNativa 0 che comprende alcuni interventi ritenuti imprescindibili (si veda il Par.3.7.2).

Analogamente, l'Alt_SdF non corrisponde pienamente a quanto progettato nello Studio di Fattibilità AdB, bensì al suo solo assetto idraulico. Lo SdF ha previsto anche diversi interventi di rinaturalizzazione che, naturalmente, migliorerebbero lo stato ecologico. Ma quegli stessi interventi (sostanzialmente sulla vegetazione riparia) potrebbero naturalmente essere implementati anche nell'Alt_Base –aumentando per entrambe i costi- ottenendo lo stesso miglioramento e quindi...non modificherebbero in sostanza la valutazione, almeno in termini comparativi.

L'indice di "sostenibilità finanziaria" è ora stimato in modo proxy come costo totale, ma raffinabile; Può giocare un ruolo determinante perché anche in un caso in cui il delta rischio è maggiore (in modulo) del delta costi (quindi conviene), si ha un livello di costi estremamente elevato (appunto insostenibile), mentre il livello di rischio risulta decisamente più basso...

Come già notato nel Par.3.7.4, la Regione Lombardia finanzia a fondo perduto 40,000 E/ha se si trasforma l'uso agricolo attuale in BOSCO mantenuto per 30 anni. Questo sussidio non entra nell'ACB, ma entra nella fattibilità finanziaria e nella soddisfazione dei singoli stakeholders (Livello II)

4) **Conclusioni sul progetto VALURI**

4.1. Raggiungimento degli obiettivi

Le considerazioni in merito a questo punto sono già state riportate in testa alla Relazione: vedi Cap.1.

Si può aggiungere che le conclusioni raggiunte per il caso studio del Chiese post lacuale possono essere considerate valide anche se le valutazioni specifiche meritano degli approfondimenti. Infatti, risulta evidente che l'entità dei benefici e costi in gioco è tale da non permettere un'inversione degli ordinamenti preferenziali (per esempio, anche annullando o cambiando di segno i benefici relativi alla riduzione di rischio, il beneficio netto rimarrebbe positivo e significativo). Il risultato principale consiste infatti proprio nel mettere in evidenza l'entità relativa delle diverse componenti considerate.

4.2. Difficoltà e limiti

Anche su questo punto le considerazioni chiave sono già state riportate in testa alla Relazione: vedi Cap.1.

Le difficoltà maggiori incontrate da noi, e probabilmente incontrabili anche in altri casi studio, riguardano da una parte la predizione morfologica e dall'altra la determinazione delle zone allagabili (via modellazione idraulica).

I limiti dell'approccio adottato sono già stati indicati chiaramente nel Cap.3.10.1 Schema di valutazione ACB e nel Par. 3.9.5 sulla determinazione delle zone allagate a cui si rimanda. Tali limitazioni non inficiano però, a nostro avviso, le conclusioni raggiunte.

I principali aspetti sui quali meriterebbe indagare in fase di studio di fattibilità sono i seguenti:

- revisione degli idrogrammi di piena in funzione della politica di gestione del lago d'Idro in una visione multiobiettivo di bacino integrato e includendo ipotesi sugli scenari di cambiamento climatico: si tratta di affrontare un problema di pianificazione della gestione del lago (cioè stabilire il modo di regolarlo dinamicamente nel futuro, ovvero risolvendo un problema di controllo ottimo...), multiobiettivo (considerando tutti gli attori con interessi in gioco, generalmente conflittuali), stocastico (perché l'idrologia futura non è nota in modo deterministico) a cui va collegato il problema pianificatorio dell'assetto del fiume stesso e dell'Uso del suolo nel bacino (irrigazione e urbanizzazione)
- perfezionamento delle predizioni morfologiche (comunque da rivedere ogni qualvolta le alternative di assetto vengano modificate)
- perfezionamento delle simulazioni idrauliche, particolarmente per quanto concerne la tracimazione arginale da includere nella valutazione del rischio residuo
- perfezionamento dell'indice di rischio residuo idealmente trattabile alla stregua del rischio generale con un approccio Montecarlo e una schematizzazione del fenomeno di crollo arginale, ma almeno incorporante il valore del suolo esposto e il franco idraulico (attualmente non considerati)
- perfezionamento dell'indice di stato dell'ecosistema fluviale ("obiettivo N"), passando da indicatori proxy a indicatori più diretti (si veda per questo il Manuale CIRF, 2005) e introducendo anche componenti legate non solo direttamente all'assetto delle opere, quali in particolare la qualità dell'acqua (che, in ultima analisi, può essere anche sensibilmente modificata –migliorata– in ALternative che prevedano un minor uso idroelettrico e soprattutto irriguo-agricolo della risorsa)
- rimozione dell'Hp di costo nullo della dismissione opere: sebbene sicuramente esista un costo, esso è decisamente inferiore al costo cumulato di manutenzione delle opere su orizzonti lunghi (quelli necessari a un'appropriata valutazione)
- considerazione nei costi parametrici delle opere e nel Sintetizzatore della dimensione verticale delle opere, ora trascurata

- revisione delle Hp introdotte per stimare l'impatto sul settore agricolo e sulla delocalizzazione
- integrazione eventuale nello schema ACB delle componenti attualmente non monetizzate, quali in particolare lo stato ecologico e le esternalità nel bacino e al di fuori
- analisi del transitorio tra morfologia attuale e morfologia prevista in conseguenza di ogni alternativa di assetto fisico dell'alveo (possono crearsi situazioni intermedie di maggior rischio a cui va contrapposta una strategia opportuna)
- considerazione della probabile evoluzione delle zone progressivamente abbandonate dall'alveo (recupero dell'uso del suolo)
- sviluppo della fondamentale valutazione di Livello II per gestire la conflittualità tra gli stakeholders
- prima ancora: raffinamento delle ALternative di assetto e Uso del suolo da sottoporre a valutazione con un coinvolgimento diretto e approfondito e gestito professionalmente degli attori locali
- e, a monte di ciò, un adeguamento/aggiornamento della base dati soprattutto in termini di: topografia (DEM completo e più dettagliato, possibilmente da tecnologia LIDAR o similare); Uso del suolo attuale includendo le previsioni di sviluppo urbanistico (da trattare opportunamente come spiegato nel Cap.2.3. sugli scenari); censimento delle opere esistenti; costo di manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere, possibilmente basato su un'analisi dettagliata dell'età e stato delle opere e del flusso di spesa effettuato da vari soggetti a scala regionale su base statistica

A livello di meccanismi di attuazione:

- approfondimento della problematica di delocalizzazione e di modifica dell'assetto irriguo/idroelettrico, individuando soluzioni che possano trovare un qualche consenso in una logica perequativa
- analogamente per le zone soggette a un incremento di rischio (meccanismi di indennizzo e incentivo, sempre in logica perequativa)

E a cornice di tutto ciò: conduzione di un processo decisionale partecipato di livello professionale.

4.3. Indicazioni su come affrontare un caso studio generico : quali i dati necessari

I dati necessari sono sostanzialmente i seguenti (tutte le "mappe" si intendono shapfile su GIS):

- shapefile con la topografia del territorio (punti quotati e/o curve di livello con una definizione spaziale adeguata –tra i 5 e i 100 m di lato- e una risoluzione verticale di dettaglio –capace di distinguere le quote con una precisione idealmente sui 10 cm, ma certamente più fine del metro)
- sezioni quotate da rilievo topografico dell'alveo corredate da fotografie da terra a distanza tale da coprire visivamente tutto l'alveo (orientativamente tra i 200-500 m una dall'altra, salvo dove sono presenti discontinuità da rilevare con maggior specificità ; in particolare: monte e valle di ogni opera)
- caratterizzazione dei sedimenti (indispensabili per comprendere l'evoluzione morfologica): sono sufficienti alcuni parametri classici relativi alla granulometria
- shapefile di censimento delle opere esistenti con tipologia (capace di distinguere anche le dimensioni longitudinali e verticali), stato, scopo, ente proprietario e responsabile di manutenzione e, possibilmente età, pratiche gestionali (in particolare in merito alla rimodellazione dell'alveo e alla quantità e destino dei sedimenti eventualmente rimossi) e costi di manutenzione associati (e loro registro storico)
- idrologia del bacino (tutti i dati o le valutazioni necessari e sufficienti a definire gli idrogrammi di piena in testa e nei sottobacini laterali affluenti, per diversi tempi di ritorno dal Tr2 fino a un Tr superiore al 200 di messa in sicurezza)
- shapefile del bacino e sottobacini

- shapefile Uso del suolo sufficientemente dettagliato da distinguere i singoli elementi delle infrastrutture ed edifici
- foto aeree di diversi anni dalla più recente, indietro fino alla più antica (tutte georeferenziate e rettificata in modo da essere perfettamente sovrapponibili), tali da coprire l'intero bacino
- carta tecnica regionale alla scala e di estensione appropriate, sempre utilissima come riferimento
- mappe ed informazioni storiche anche antiche (dal MedioEvo in poi, ma soprattutto dal 1800 in poi) riportanti l'assetto precedente e gli interventi di sfruttamento e difesa realizzati successivamente nel tempo

4.4. Potenziali ricadute e prospettive future

Anche le considerazioni in merito a questo punto sono già state riportate in testa alla Relazione: vedi Cap.1.

E' forse utile notare che i ragionamenti qui sviluppati possono condurre a modifiche importanti nel modo di gestire il territorio in particolare con riferimento agli strumenti amministrativo-finanziari da introdurre.

Va notato a questo riguardo che l'ACB analizza la questione da un punto di vista olistico (società nel suo complesso). Tuttavia, possono esserci situazioni in cui alcuni stanno peggio e altri stanno meglio di prima. Il valore che rende massimo il beneficio netto sociale secondo ACB non è necessariamente un "ottimo pareiano", se non si effettua realmente una adeguata redistribuzione dei vantaggi e degli svantaggi (anche ipoteticamente ammesso di aver incorporato e monetizzato tutti gli aspetti).

Nel caso del Chiese, sebbene risulti che l'alternativa Base sia quasi dominante rispetto all'ALT_0 e per poco anche all'ALT_SdF (minore costo/rischio, migliore impatto sulla naturalità/biodiversità), i costi e i benefici si ripartiscono in maniera ineguale:

- minori costi per il soggetto pubblico (opere, manutenzione)
- maggiori costi (rispetto all'ALT_SdF) per i proprietari dei terreni sottoposti ad esondazione
- perdita, da parte degli operatori agricoli, di opportunità economiche e minore valore economico dei terreni a causa della (piccola) riduzione di irrigabilità (legata al ribassamento di una traversa)
- etc...

Occorre dunque:

- analizzare i benefici e i costi con riferimento ai diversi stakeholder (es. contribuenti; proprietari; residenti nell'area; ambientalisti ...), come suggerito nel Livello II di analisi proposto;
- ipotizzare forme di compensazione per i potenziali perdenti

In linea di principio, si potrebbe pensare di destinare parte delle risorse risparmiate al finanziamento di un fondo destinato a fornire compensazioni economiche o incentivi, ad esempio:

- strumenti economici per incentivare misure di riduzione del danno (es. ICI sui terreni, revisione stime catastali)
- utilizzo condizionato dei fondi EU per lo sviluppo rurale
- interventi di difesa del suolo dipendenti dalle azioni poste in essere dal proprietario (come avviene in UK): da una parte l'ente pubblico realizza un'opera di protezione che contempla certi costi e certi oneri di manutenzione, dall'altra il privato dimostra di mettere in atto azioni per ridurre il rischio a cui è esposto. Dopo un certo periodo di tempo, viene chiesto al privato di scegliere se partecipare al costo dell'opera oppure smantellarla.
- graduale (e parziale) coinvolgimento diretto dei cittadini nel finanziamento della difesa del suolo, tendenza mostrata da molti paesi EU ⇔ es. SPA pubbliche territoriali finanziate da contributi analoghi ai nostri canoni di bonifica, da cui deriva un'ipotesi di riforma della "bonifica integrale" trasformandola in "servizio di manutenzione del territorio", esteso a tutta la popolazione e non solo ad agricoltori (cfr. Olanda, Germania)

Si può anche osservare che un'evoluzione del "sintetizzatore" verso un DSS permetterebbe di valorizzare i contratti di fiume facendone un veicolo di negoziazione tra stakeholders, mediato dalle istituzioni.

5) Appendici

5.1. Incontri e sopralluoghi effettuati

Sopralluoghi

- 30-31 luglio 2009: sopralluogo Chiese
- Da Idro a Vestone: sopralluogo effettuato nel giugno 2009

Incontri

- Incontro con AdB Po (17 aprile 2009) introduttivo
- Incontro con AdB Po (11 giugno 2009) sulla proposta metodologica
- Incontro con AdB Po per confronto su progetto CanoaPo e verificare sinergie con Valuri (24 giugno 2009)
- Incontro con AdB Po per discutere l'impostazione metodologica (23 ottobre 2009)
- Incontro con AdB Po per discutere di potenziali/possibili cambiamenti culturali meno idroesigenti (3 dicembre 2009)
- Incontro con AdB Po per illustrare il sintetizzatore e metodo di stima dei costi OMR (26 gennaio 2010)
- Incontro con AdB Po per discutere gli aspetti di simulazione idraulica (2 febbraio 2010)
- Incontro con AdB Po per discutere gli aspetti di simulazione idraulica (10 febbraio 2010)
- Incontro con AdB Po per discutere gli aspetti di simulazione idraulica (26 febbraio 2010)
- Consorzio di Bonifica Fra Mella e Chiese il 25/11/2009 per ottenere dati di spesa su traverse e rete irrigue
- Consorzio di Bonifica Medio Chiese il 25/11/2009 per ritiro documentazione.
- Incontro con AIPO il 21/09/2009 per organizzare la raccolta dati
- Incontro con Dott. Giustino Mezzalana (Veneto Agricoltura) per acquisire informazioni sul ruolo dell'agricoltura nel ciclo del carbonio (8 febbraio 2010)
- Incontro con AdB Po per illustrare risultati preliminari del sintetizzatore (22 febbraio 2010)
- Incontro con AdB Po sul metodo di determinazione zone allagabili (9 marzo 2009)
- Incontro del Direttivo allargato del CIRF a Mestre (1 aprile 2010) dove si è illustrato il progetto ai membri e discusse le sue ripercussioni e sviluppi possibili
- Incontro con AdB Po sui risultati ottenuti e la chiusura della Relazione (17 maggio 2010)
- Incontro con Autorità di bacino dell'Arno, Direttore Marcello Brugioni, per presentare il progetto in relazione a un convegno dove si parlò esclusivamente di sicurezza arginale e non di possibile riassetto dei fiumi e del territorio (28 giugno 2010, Firenze)
- Incontro con Regione Lombardia, Servizio Difesa del Suolo (resp. Dario Fossati) e Ambiente, per presentare il progetto nella sua interezza e vagliare loro interesse a sviluppi ulteriori (8 luglio 2010, Milano)

5.2. Documentazione

La documentazione utile prodotta include:

- a) questa relazione Word
- b) due presentazioni PowerPoint una con l'impostazione metodologica del progetto e una con lo sviluppo del caso studio Chiese
- c) diversi fogli elettronici Excel tra cui i principali sono: 0) quadro sinottico del fiume (quote, sezioni, etc.); i) Predizione morfologica dell'assetto per le diverse alternative; ii) Parametrizzazione economica e dati di spesa AIPO; iii) Valutazione ACB delle alternative (un vero software)
- d) molti shapefile GIS:

- progetto base da Studio SdF trasformati nel sistema di riferimento WGS84⁽⁴⁷⁾: opere (esistenti, previste in SdF), bankfull storici, Uso del suolo, foto aeree e cartografia storica, punti di interesse (sezioni trasversali, località,...);
- ulteriori shp esistenti e/o modificati tradotti al WGS84: Uso del suolo SdF modificato (coprendo l'intera zona di interesse con un unico shape; ed omogeneizzando i codici dei tipi di uso del suolo); Uso del suolo DUSAF; bankfull modificati (per assicurarne la coerenza interna); geomorfologia Regione Lombardia; CTR vettoriale con quote punti; ...)
- shp prodotti: foto satellitari Google Earth georeferenziate (per le zone non coperte dalla cartografia SdF); asse del fiume; bacino (alto e basso) del fiume e sottobacini; DEM (Digital Elevation Model) ottenuto includendo ulteriori 4500 punti quotati dalla CTR raster in quella vettoriale; classificazione geomorfologica (Tronchi omogenei). Per ogni ALternativa: opere presenti (esistenti, previste in SdF e introdotte); asse del fiume futuro previsto; fascia di erosione a breve e a lungo termine; zone esondabili per ogni tempo di ritorno; tronchi soggetti a manutenzione dell'alveo

5.3. Bibliografia essenziale

- Autorità di bacino del Po (2005). Miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica dei territori di pianura lungo l'asta medio-inferiore del fiume Po" (AdB Po–Parma, luglio 2005)
- Autorità di bacino del fiume Po (2009). "Analisi tecnico-conoscitive e sperimentazioni tecnico-idrauliche riguardanti la vulnerabilità degli impianti sportivi e turistico-ricreativi nelle fasce fluviali definite dal PAI - progetto CanoaPo".
- Autorità di bacino del Po (2009). Linee generali per la riduzione della vulnerabilità di edifici e impianti nelle fasce fluviali. Università di Pavia.
- Beinat E. (1995). Multiattribute value functions for environmental management. Book n.103 of the Tinbergen Inst. Res. Series, Free University, Amsterdam.
- Brunner, G.W., Gibson, S. (2005). Proceedings of the World Water and Environmental Resources Congress. 442 pp.
- Carbonara S. e M. Torre (2008). Urbanistica e Perequazione: dai principi all'attuazione. Pratiche di compensazione e di valutazione nei piani. A cura di C & T. Franco Angeli Ed.
- CIRF (2006). La Riqualficazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. Nardini A. e Sansoni G. Editori. Collezione CIRF (Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale, www.cirf.org). Mazzanti Editore (VE) (pp.832)
- Coulthard a.T.J., D.M. Hicks and M.J. Van De Wiel (2007). Cellular modelling of river catchments and reaches: Advantages, limitations and prospects. *Geomorphology*, 90, 192-207. Elsevier Publisher.
- Darby, S.E., Alabyan, A.M., and Van De Wie1, M.J. (2002). Numerical simulation of bank erosion and channel migration in meandering rivers. *Water Resources Research* 3 (9), 1163. doi: 10.1029/ 2001W R000602.
- Degoutte G. (2006). Diagnostic, aménagement et gestion des rivières. Hydraulique et morphologie fluviales appliquées. Lavoisier. Paris.
- De Blaeij, A., R.J.G.M. Florax, P. Rietveld and E. Verhoef (2003). The Value of Statistical Life in Road Safety: A Meta-Analysis, Accident Analysis and Prevention, vol. 35, p. 973-986.
- DEFRA (1999), Flood and Costal Defence Project Appraisal Guidance – Economic Appraisal.

⁴⁷ L'intero progetto è stato elaborato con questo sistema perché con esso è risultata più agevole la conversione dei diversi sistemi adottati in diversi shapefiles provenienti da fonti diverse.

- De Paoli L., Lorenzoni A. (a cura di) (1999). *Economia e politica delle fonti rinnovabili e della cogenerazione*, Franco Angeli.
- Dixon, J., and M., Hufschmidt, (1986). *Economic valuation techniques for the environment*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.
- Dubgaard A., KALLESØE M.F., PETERSEN M.L., LADENBURG J. (2002). *Cost-Benefit Analysis of the Skjern River Restoration Project*. Social Science Series (10). Department of Economics and Natural Resources. Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen
- European Commission (2008). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Directorate Generale for Regional Policies. Bruxelles.
- European Commission, Directorate-General XII, Science, Research and Development (1999). ExternE, Externalities of Energy, Vol X: National Implementation (www.externe.info).
- European Commission, Directorate-General XII, Science, Research and Development (2005). ExternE, Externalities of Energy, Methodology 2005 Update, EUR 21951, (www.externe.info).
- FISRWG (1998). Stream Corridor Restoration. Principles, Processes and Practices. Prepared by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group. Published by the National Technical Information Service (NTIS), Springfield, VA 22161. U.S. Department of Agriculture (USDA). (http://www.usda.gov/stream_restoration)
- Frank E., Fattorelli S., Goio A. (2003). Formulazione e validazione di una metodologia per il calcolo previsionale dei danni da esondazione. MIMEO.
- Frans K., van Buuren M., van Rooij S.A.M. (2004). Flood-risk management strategies for uncertain future: living with Rhine river floods in the Netherlands. *AMBIO*, 33 (3): 141-147.
- Brierley Gary J. and Kirstie A. Fryirs (2005). *Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework*. Blackwell Publishing, Carlton –Australia (pp.398).
- Jonkman S., Bockrjova M., Kok, M., Bernardini P. (2008). Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands, *Ecological Economics*, 66, 77-90.
- Kok M. (2001). Damage functions for the Meuse River floodplane, Interim report, MOLAND project (<http://moland.jrc.it>).
- Lane, E.W. (1955). Design of stable channels. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 120, 1-34.
- Lane, S.N. (1998). Hydraulic modelling in hydrology and geomorphology: a review of high resolution approaches. *Hydrological Processes* 12, 1131—1150.
- Lorenzoni A., Bano L. (2007). I costi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili (www.aper.it).
- Hirschfeld J, Dehnhardt A., Dietrich J. (2005). Socioeconomic analysis within an interdisciplinary spatial decision support system for an integrated management of the Werra River Basin, *Limnologica* 35, 234—244.
- Marchetti M. (2000). *Geomorfologia Fluviale*. Pitagora Editrice, Bologna (pp.247).
- Ramez P. (1995). Erosion et transport solide en rivières: guide pour la compréhension des phénomènes. CEMAGREF, France, 130 p. (Cap.1.4.4, 2.9, 2.11, 4.1.6, 4.1.7).
- Meyer V. and F. Messner (2005). National Flood Damage Evaluation Methods. A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. UFZ-Discussion Paper, Dep. Of Economics. Leipzig-Halle (Germany)
- Murachelli A. e V. Riboni (2010). *Rischio idraulico e difesa del territorio*. Flaccovio Dario editrice.
- Nardini A. (2005). *Decidere l’Ambiente con l’approccio partecipato*. Collezione CIRF (Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale, www.cirf.org). Mazzanti Editore (VE) (pp.441)

- Nardini A. (1998). Improving decision making for land use management: key ideas for an integrated approach built on a MCA based negotiation forum. In “Multicriteria evaluation in land-use management: methodologies and case studies”. Eds. E. Beinat e P. Nijkamp, Kluwer Academic Press (1998).
- Nardini A. (2004). "A Systematic Approach to Build Evaluation Indices for Environmental Decision Making with Active Public Involvement ". *Rivista di Economia delle fonti di Energia e dell’Ambiente*, Anno XLVI – N.1-2/2003, pp.189-215 (IEFE, Bocconi, Milano)
- Nuovo Colombo (1997). Il manuale dell’ingegnere, Ed. Hoepli.
- UNITE (2000). Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency. ITS, University of Leeds. <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite>
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M (2010). Sistema di valutazione morfologica dei corsi d’acqua. Manuale tecnico-operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d’acqua. Versione 0. Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale -ISPRA, Roma.
- Schumm S.A. (1977). The fluvial system. Wiley. New York. 338 pp.

Web sites:

- AQUAMONEY: progetto Europeo sulla valutazione economica dell’acqua: <http://www.aquamoney.ecologic-events.de/sites/content.html>
- CIRF: sito del Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale: www.cirf.org
- FLOODS: progetto Europeo sulla valutazione e gestione del rischio idraulico: <http://www.floodsite.net/>
- FISRWG: metodologia dell’USDA per predire la morfologia fluviale: http://www.usda.gov/stream_restoration
- SCARCE: progetto Europeo che studia l’impatto del cambiamento climatico sui fiumi in ambito mediterraneo (penisola Iberica): <http://www.idaea.csic.es/scarceconsolider/publica/P000Main.php>