



POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI
ED INFRASTRUTTURE CIVILI



**CONTRATTO DI RICERCA N. 1236/2006
CONVENZIONE AIPO N. 334 rep. 20/12/2006**

**Responsabile Scientifico
prof. ing. Maurizio Rosso**

Gruppo di lavoro:

**prof. ing. Maurizio Rosso DITIC - Politecnico di Torino
prof. dott. Elena Comino DITAG - Politecnico di Torino
dott. ing. Ivo Fresia
dott. geol. Furio Dutto**

Supporto Tecnico :

ART Ambiente Risorse Territorio srl – Parma

Maggio 2007

Aggiornamento: Febbraio 2008



1	Premessa	4
2	Riferimenti normativi	7
3	Contenuti del Programma di gestione dei sedimenti per il torrente Orco	10
4	Impostazione metodologica del Programma di Gestione dei Sedimenti per il torrente Orco	14
5	Riferimenti conoscitivi	17
6	Inquadramento generale del bacino idrografico	18
6.1	Inquadramento fisiografico	18
6.2	Inquadramento geomorfologico.....	19
6.3	Inquadramento litologico	22
6.4	Inquadramento idrografico	24
6.5	Inquadramento climatico	24
7	Inquadramento generale dell'asta fluviale	28
8	Individuazione dei tronchi omogenei	30
9	Aspetti idrologici e idraulici	40
9.1	Caratteristiche dell'idrologia di piena.....	40
9.2	Caratteristiche idrauliche del deflusso in piena.....	45
9.2.1	Modello numerico di calcolo	45
9.2.2	Modello geometrico dell'alveo	46
9.2.3	Condizioni di scabrezza.....	48
9.2.4	Condizioni al contorno di monte e di valle	49
9.2.5	Applicazioni del modello di simulazione	50
9.2.6	Calcolo dei profili idrici di piena	50
9.2.7	Calcolo della quota di fondo medio dell'alveo attivo	54
9.2.8	Variazioni di lungo periodo del fondo dell'alveo inciso.....	55
9.2.9	Valutazione delle dinamiche d'alveo correlata al trasporto solido.....	63
9.2.10	Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo localizzato correlate al trasporto solido	67
9.2.11	Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo generalizzato correlate al trasporto solido	75
9.3	Assetto delle opere idrauliche di difesa.....	81
9.4	Interventi di movimentazione/asportazione di materiale d'alveo eseguiti nel periodo 2000-2005.....	81



10	Aspetti geomorfologici dell'alveo	86
11	Aspetti ecologico - ambientali.....	91
11.1	Metodologia per la valutazione dello stato ecologico - ambientale.....	91
11.1.1	Funzioni ecologiche del sistema fluviale	91
11.1.1.1	<i>Ambiti da studiare</i>	<i>92</i>
11.1.1.2	<i>Tappe principali.....</i>	<i>93</i>
11.1.1.3	<i>Definizione dei tratti omogenei di dettaglio.....</i>	<i>93</i>
11.1.1.4	<i>Confronto con l'Indice di Funzionalità Fluviale IFF.....</i>	<i>93</i>
11.1.1.5	<i>Definizione degli indici sintetici</i>	<i>94</i>
11.1.2	Costruzione degli indici ambientali	94
11.1.2.1	<i>Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf</i>	<i>94</i>
11.1.2.2	<i>Indagini di funzionalità ripariale I-fr</i>	<i>95</i>
11.1.2.3	<i>Indice di qualità delle acque in alveo I-qa.....</i>	<i>95</i>
11.1.2.4	<i>Indice di Pressione Antropica PA.....</i>	<i>96</i>
11.1.2.5	<i>Scopo dello studio.....</i>	<i>96</i>
11.1.2.6	<i>Individuazione e rappresentazione delle classi di qualità di stato ecologico</i>	<i>97</i>
11.2	Calcolo degli indici ambientali	97
11.2.1	Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf.....	98
11.2.1.1	<i>Indice di naturalità vegetazionale I-nv</i>	<i>98</i>
11.2.1.2	<i>Indice di varietà biotipica I-vb.....</i>	<i>98</i>
11.2.1.3	<i>Presenza di habitat protetti o tutelati I-hp</i>	<i>99</i>
11.2.1.4	<i>Campionamenti della fauna (ittiofauna, avifauna, anfibi...) I-fa99</i>	
11.2.1.5	<i>Valutazione sintetica finale</i>	<i>100</i>
11.2.2	Indagini di funzionalità ripariale I-fr.....	100
11.2.2.1	<i>Effetto filtro della vegetazione riparia I-ef</i>	<i>100</i>
11.2.2.2	<i>Integrità della vegetazione riparia naturale I-iv</i>	<i>101</i>
11.2.2.3	<i>Valutazione sintetica finale</i>	<i>101</i>
11.2.3	Indice di qualità alveo I-qa.....	101
11.2.3.1	<i>SECA e SACA.....</i>	<i>101</i>
11.2.3.2	<i>Indice vegetazionale acquatico I-va.....</i>	<i>102</i>
11.2.3.3	<i>Valutazione sintetica finale</i>	<i>102</i>
11.2.4	Indice di pressione antropica PA.....	102
11.2.4.1	<i>Indice di uso del suolo I-us</i>	<i>102</i>
11.2.4.2	<i>Indice di modificazione dell'alveo I-ma</i>	<i>103</i>
11.2.4.3	<i>Valutazione sintetica finale</i>	<i>103</i>



11.2.5	Individuazione delle classi di qualità di stato ecologico e rappresentazione	104
11.3	Considerazioni conclusive	104
11.3.1	Aspetti Ecologico - Ambientali	104
11.3.1.1	<i>Caratterizzazione della vegetazione</i>	104
11.3.2	Caratterizzazione della fauna	105
11.3.3	Caratterizzazione dell'ittiofauna	106
11.3.4	Caratterizzazione dell'acqua	107
11.3.4.1	<i>Caratterizzazione ecologico - ambientale dell'ecosistema torrente Orco</i>	107
12	Programma di gestione dei sedimenti	112
12.1	Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): fascia di divagazione compatibile dell'alveo attivo	112
12.2	Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): profilo di variazione compatibile del fondo alveo	120
12.3	Interventi del Programma di gestione per tronco omogeneo	125
13	Programma di gestione dei sedimenti a scala di asta	141
13.1	Interventi di manutenzione con asportazione di materiale d'alveo proposti nella DGR n. 54 del 2004	142
14	Ipotesi di procedura di attuazione del Programma di gestione dei sedimenti	143
15	Integrazioni	144



1 Premessa

La Regione Piemonte, con la L.R. 28/12/2001, n. 38, ha conferito all'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO) la competenza sul reticolo idrografico principale della Regione, costituito dall'asta del Po e dai suoi affluenti principali, per un totale di circa 70 corsi d'acqua e di oltre 2000 km di estensione.

Le funzioni relative attengono alla gestione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua in rapporto al rischio di piena, dove con gestione si intende un insieme di operazioni, tra loro collegate, costituite da:

- manutenzione degli alvei e delle opere di difesa esistenti,
- progettazione e realizzazione delle nuove opere idrauliche necessarie al completamento dell'assetto difensivo di progetto,
- Polizia Idraulica,
- direzione e coordinamento del Servizio di Piena.

La funzione di manutenzione dell'alveo, per gli aspetti connessi alla dinamica morfologica e alla presenza di vegetazione ripariale, alle opere di difesa o di regimazione e alle opere di controllo dei livelli di piena svolge, come è ben noto, un ruolo decisivo per mantenere il corso d'acqua nelle condizioni migliori per il contenimento del rischio idraulico.

Nell'ambito della manutenzione, una componente importante è quella degli interventi che coinvolgono i sedimenti e i processi ad essi associati di dinamica dell'alveo (divagazioni planimetriche, variazioni altimetriche delle quote di fondo, attivazione di canali secondari); in molti casi, soprattutto sui corsi d'acqua a carattere torrentizio, i dissesti che si manifestano nel corso di una piena sono direttamente correlati a questi fenomeni.

In questo contesto si inquadrano sia la Deliberazione n. 44-5084 del 14.01.2002 della Giunta della Regione Piemonte che ha approvato "*criteri e procedure per l'attuazione degli interventi di manutenzione dei corsi d'acqua di competenza regionale che comportino l'estrazione e l'asportazione di materiali litoidi*", in cui è prevista la redazione di un piano di manutenzione generale da attuare anche per programmi stralcio sia la deliberazione del 05.04.2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino che ha adottato la "*Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua*", che prevede la redazione di un "*Programma generale di gestione dei sedimenti*".

Nella logica di dare attuazione ai contenuti stabiliti sia dalla deliberazione regionale che da quella dell'Autorità è stato stipulato un accordo tra la Regione Piemonte, AIPO e l'Autorità di bacino per il fiume Po, in cui AIPO, per i corsi d'acqua di propria competenza, svolge gli studi e i rilievi finalizzati alla definizione del Programma di gestione dei sedimenti.

Nell'ambito di questo accordo l'AIPO ha stipulato con il DITIC del Politecnico di Torino un contratto di ricerca finalizzato alla definizione del Programma di Gestione dei Sedimenti dei corsi d'acqua piemontesi.



Gli studi nel seguito rappresentati che hanno portato alla stesura del “Programma di Gestione dei Sedimenti” relativi al torrente Orco, si inquadrano nel più ampio processo operativo sopra evidenziato, in cui sono affrontati i temi relativi:

- alla ricognizione sullo stato conoscitivo disponibile relativo ai corsi d'acqua di interesse, in relazione alle esigenze di redazione dei PGS;
- all'impostazione metodologica dei contenuti del PGS per i corsi d'acqua principali della Regione Piemonte;
- all'individuazione di stralci funzionali;
- alla definizione del programma di attuazione degli stralci funzionali;
- alla redazione dei primi schemi di Programma di gestione dei sedimenti per i corsi d'acqua prioritari, individuati nei torrenti Orco, Pellice e Chisone.

Il Programma predisposto costituisce quindi un elemento che, oltre ad affrontare i temi specifici del corso d'acqua caratterizzati da particolare urgenza e priorità, svolge anche la funzione di sperimentare su un caso applicativo specifico i metodi, le procedure e i contenuti che vengono definiti in linea generale per costituire la specifica tecnica dei contenuti dei Programmi di gestione dei sedimenti.

La scelta di operare sui corsi d'acqua prioritari con tempi di redazione del primo Programma molto contenuti ha anche comportato l'esigenza di operare esclusivamente sulla base del quadro conoscitivo esistente, limitando le integrazioni agli elementi essenziali per la caratterizzazione del corso d'acqua.

Questo elemento va tenuto presente in ordine ai contenuti dello del Programma stesso e alle estrapolazioni degli stessi sugli altri corsi d'acqua.

In termini di merito, va ricordato che sul tema dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua, nell'ultimo decennio si è sviluppato un ampio dibattito che coinvolge la gestione del territorio, e le strategie di intervento, tendente a rimettere in discussione i metodi che sono stati costantemente seguiti in passato.

La domanda sempre crescente di suolo, prima per gli usi agricoli e successivamente per gli insediamenti e le infrastrutture, ha condotto progressivamente a ridurre le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua naturali, sottraendo porzioni consistenti di aree precedentemente destinate all'espansione delle piene, e ha comportato una consistente semplificazione del reticolo idrografico, in un processo di costante aumento dell'artificializzazione degli alvei.

Questa sollecitazione proveniente dal sistema sociale ed economico, per quanto tuttora presente, trova oggi significative esigenze di correttivi nello stesso ambito sociale, con la crescente domanda di difesa della natura e del paesaggio e, in specifico sui corsi d'acqua, con una nuova sensibilità circa i limiti intrinseci degli interventi strutturali di difesa passiva e circa l'importanza di un recupero della regione fluviale, con valenze ecologiche e di fruizione ricreativa.

In campo tecnico – scientifico, l'approccio rigidamente mono-disciplinare, “idraulico”, che ha comportato un'eccessiva semplificazione delle applicazioni strutturali per la difesa dalle piene e che ha contraddistinto diffusamente la politica di intervento dei decenni passati, è stato giudicato con spirito molto critico già a partire dalla Commissione De Marchi per la difesa del suolo (1970).

Il tema della manutenzione dell'alveo, con particolare riferimento all'asportazione degli inerti, non ha fatto eccezione a questa logica di approccio assegnando agli interventi di



“ricalibratura”, il ruolo di operazioni essenziali per garantire l’officiosità dell’alveo, senza effettive valutazioni degli effetti sulle dinamiche fluviali.

Per un complesso di modalità di intervento che rispondono ai criteri sopra indicati, l’evoluzione intervenuta soprattutto negli ultimi 30-40 anni sui principali affluenti piemontesi del Po ha comportato una serie di notevoli trasformazioni della morfologia degli alvei, prevalentemente nel senso dell’incisione degli stessi: abbassamento delle quote di fondo, riduzione della larghezza delle sezioni trasversali, trasformazione dell’alveo-tipo.

Per contro sono rimaste inalterate, o in alcuni casi si sono accentuate per l’aumento della vulnerabilità del territorio, le condizioni di criticità connesse a fenomeni di instabilità dell’alveo, al rischio idraulico di esondazione e al degrado delle condizioni ecologiche della regione fluviale.

Oggi, lo stato dell’arte ormai riconosciuto richiede un approccio multidisciplinare non solo per i progetti di sistemazione dei corsi d’acqua ma anche per le pratiche di gestione degli stessi, in coerenza con la loro natura di ecosistemi complessi.

Tali criteri sono per altro assunti negli strumenti di pianificazione sul bacino del Po, che fanno riferimento al Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), che, con le fasce fluviali, ha disegnato una strategia di intervento sui corsi d’acqua in cui tra gli obiettivi principali hanno notevole importanza quelli che puntano al mantenimento o al recupero, ovunque possibile, della naturalità dei corsi d’acqua di cui viene riassegnato il ruolo importante che gli compete nel contenimento del rischio di piena.

L’assetto di progetto che il PAI disegna, tramite le fasce fluviali, sui corsi d’acqua principali del bacino risponde infatti agli obiettivi di conseguire un livello di sicurezza adeguato, compatibile con l’assetto del territorio, a cui concorrono le azioni tese a *“favorire l’evoluzione morfologica naturale dell’alveo, riducendo al minimo le interferenze antropiche sulla dinamica evolutiva”* e il recupero di *“condizioni di naturalità, salvaguardando le aree sensibili e i sistemi di specifico interesse naturalistico e garantendo la continuità ecologica del sistema fluviale”*.

L’aspetto strettamente “idraulico” di difesa dalle piene viene considerato pertanto, come è, fortemente interconnesso alla dinamica morfologica dell’alveo e alla componente naturale dello stesso.

Nel campo della manutenzione quindi, individuare i criteri e le linee di azione che riguardano i sedimenti per migliorare l’assetto geomorfologico degli alvei, con gli obiettivi della sicurezza idraulica e del recupero ambientale, assume un ruolo chiave nella gestione dei corsi d’acqua. Soprattutto per quelli alpini in cui le elevate pendenze di fondo rendono la morfologia particolarmente sensibile a modifiche delle variabili indipendenti quali il materiale solido o il regime idrologico di piena.

Tali azioni devono essere viste in forma integrata; non solo quindi a livello locale ma anche a livello di asta fluviale, considerando congiuntamente anche le altre azioni di manutenzione che riguardano la vegetazione ripariale e le opere di difesa. Anche la scala di bacino idrografico, con i corsi d’acqua minori torrentizi e le opere di trattenuta dei sedimenti (dighe, briglie di regimazione) devono trovare la giusta collocazione in modo da poter definire una politica coerente, con obiettivi comuni.

La programmazione della gestione dei sedimenti lungo un’asta fluviale costituisce quindi una delle funzioni di base per il conseguimento degli obiettivi posti dal PAI circa un assetto del corso d’acqua compatibile e sostenibile rispetto alle domande di sicurezza poste dal sistema territoriale.



2 Riferimenti normativi

Nell'ambito della manutenzione dei corsi d'acqua, il tema dei sedimenti presenti all'interno del demanio fluviale è regolamentato dal R.D. 523/1904 (Testo Unico in materia di opere idrauliche e polizia idraulica), che all'art. 97 prescrive:

Sono opere ed atti che non si possono eseguire se non con speciale permesso del prefetto e sotto l'osservanza delle condizioni dal medesimo imposte, i seguenti:

.....

m) l'estrazione di ciottoli, ghiaia, sabbia ed altre materie dal letto dei fiumi, torrenti e canali pubblici, eccettuate quelle località ove, per invalsa consuetudine si suole praticare senza speciale autorizzazione per usi pubblici e privati. Anche per queste località però l'autorità amministrativa limita o proibisce tali estrazioni ogniqualvolta riconosca poterne il regime delle acque e gl'interessi pubblici o privati esserne lesi;

Le Norme di attuazione del PAI disciplinano con maggiore dettaglio, in coerenza con quanto previsto dal Decreto, le attività di manutenzione sui corsi d'acqua, che sono individuate come prioritarie e indispensabili per "conseguire il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale e paesaggistica del territorio" (art. 14). Lo stesso articolo prescrive inoltre, ai commi 2 e 3:

2. Gli interventi di manutenzione del territorio fluviale e delle opere devono tutelare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardare e ricostituire la varietà e la molteplicità delle biocenosi riparie autoctone e la qualità ambientale e paesaggistica del territorio, tenendo conto anche delle risultanze della Carta della natura di cui all'art. 3, comma 3, della L. 16 dicembre 1991, n. 394: "Legge quadro sulle aree protette". Gli interventi devono essere effettuati in maniera tale da non compromettere le funzioni biologiche del corso d'acqua e degli ecosistemi ripariali, fatto salvo il rispetto delle esigenze di officiosità idraulica.

3. Gli interventi di manutenzione idraulica che comportano l'asportazione di materiale litoide dagli alvei devono essere conformi alla "Direttiva in materia di attività estrattive nelle aree fluviali del bacino del fiume Po" approvata con D.P.C.M. 24 luglio 1998 e allegata alle presenti Norme.

In forma più specifica per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, l'art. 34 delle Norme prevede:

1. Il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria e di modificazione delle opere idrauliche allo scopo di mantenere la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e a garantire la funzionalità ecologica degli ecosistemi, la tutela della continuità ecologica, la conservazione e l'affermazione delle biocenosi autoctone; di migliorare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardando la vegetazione di ripa, con particolare riguardo alla varietà, alla tutela degli habitat caratteristici; di eliminare gli ostacoli al deflusso della piena in alveo e in golena.

2. Nell'ambito delle finalità di cui al precedente comma, l'Autorità di bacino del fiume Po, anche su proposta delle Amministrazioni competenti, delibera



Programmi triennali di intervento ai sensi degli artt. 21 e seguenti della L. 18 maggio 1989, n. 183.

3. Gli interventi di manutenzione idraulica possono prevedere l'asportazione di materiale litoide dagli alvei, in accordo con quanto disposto all'art. 97, lettera m) del R.D. 25 luglio 1904, n. 523, se finalizzata esclusivamente alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture, nonché alla tutela dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni interessati e alla tutela e al recupero ambientale.

4. L'Autorità di bacino aggiorna le direttive tecniche concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni di progettazione degli interventi di manutenzione e di formulazione dei programmi triennali. Nell'ambito della direttiva sono definite in particolare le specifiche di progettazione degli interventi di manutenzione che comportino asportazione di materiali inerti dall'alveo e i criteri di inserimento degli stessi nei programmi triennali.

Sono attualmente vigenti due Direttive contenute all'interno del PAI, che sono relative rispettivamente alle attività estrattive nelle aree fluviali e alle modalità di progettazione degli interventi e la formulazione dei programmi di manutenzione. In tema di sedimenti, la Direttiva allegata al PAI consente *"l'asportazione di materiali inerti dai corsi d'acqua, dal demanio fluviale solo se finalizzata alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture; se costituente parte integrante di interventi di difesa e sistemazione idraulica; se costituente parte integrante di interventi di rinaturazione degli ambiti fluviali;"*.

Inoltre all'articolo 42, il PAI considera di carattere prioritario *"il monitoraggio delle caratteristiche fisiche e idrologiche degli alvei, finalizzato a fornire elementi conoscitivi in grado di rappresentare l'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua principali, in termini di erosione e sovralluvionamento e l'andamento del trasporto solido di fondo e in sospensione, anche attraverso l'affinamento dei modelli numerici di bilancio del trasporto solido e il confronto con le sezioni morfologiche storiche del fiume"*.

Infine un aggiornamento del contenuto delle Direttive citate è costituito dalla Deliberazione n. 9/2006 del 05/04/2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino con cui è stata approvata la *"Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua"*.

Tale Direttiva definisce il termine *"gestione dei sedimenti"* come l'insieme delle azioni di carattere non strutturale (approfondimenti conoscitivi sul tema del trasporto solido, definizione dell'assetto planoaltimetrico di riferimento dell'alveo, monitoraggio delle caratteristiche morfologiche dell'alveo, individuazione di vincoli e di regole operative per la manutenzione dell'alveo) e di carattere strutturale (interventi di movimentazione ed eventualmente asportazione di materiale litoide) necessarie al conseguimento di buone condizioni di officiosità idraulica, morfologica e ambientale del corso d'acqua, nella definizione che, del termine "officiosità", si specifica successivamente.

La Direttiva fissa i seguenti obiettivi generali, a scala di bacino idrografico del Po, secondo cui devono essere orientate le attività di gestione dei sedimenti:

- il recupero di configurazioni morfologiche dell'alveo caratterizzate da maggiori condizioni di stabilità e la ricerca di un maggior equilibrio nelle dinamiche di trasporto solido;
- il miglioramento della capacità di convogliamento delle portate di piena con particolare riguardo ai tratti canalizzati urbani;



- il miglioramento della capacità di laminazione naturale delle portate di piena nelle aree golenali con particolare riguardo ai tratti caratterizzati da alvei in forte incisione;
- il miglioramento dell'assetto ecologico del corso d'acqua;
- il ripascimento delle coste adriatiche attraverso il sistema di dispersione in mare dei sedimenti del fiume Po;
- il mantenimento di determinate condizioni di navigabilità sui tratti di corsi d'acqua navigabili del bacino del Po.

La Direttiva ha introdotto inoltre la necessità di definire, per stralci funzionali di bacino idrografico, il Programma generale di gestione dei sedimenti, quale strumento conoscitivo, gestionale e di pianificazione e programmazione degli interventi mediante il quale disciplinare le attività di manutenzione e sistemazione degli alvei comportanti in particolare movimentazione ed eventualmente asportazione di materiale litoide, nonché le attività di monitoraggio morfologico e del trasporto solido.



3 Contenuti del Programma di gestione dei sedimenti per il torrente Orco

Il presente documento costituisce la prima stesura del Programma di Gestione dei Sedimenti e contiene:

la sintesi delle attività di studio relative all'assetto attuale del corso d'acqua, letto in forma integrata rispetto alle tre componenti in cui viene normalmente schematizzato: geomorfologica, idraulica ed ecologico - ambientale;

la divisione in tronchi omogenei rispetto alle caratteristiche idrauliche, morfologiche ed ecologiche;

la valutazione delle tendenze evolutive dell'alveo attivo e di piena rispetto all'assetto geomorfologico e alla dinamica dei sedimenti;

l'individuazione delle criticità connesse al rischio idraulico che sono legate prevalentemente ai fenomeni di evoluzione morfologica dell'alveo di breve e di medio termine;

la definizione a livello quantitativo degli obiettivi di assetto morfologico dell'alveo attivo rappresentati dalla **fascia di divagazione planimetrica compatibile** e dal **profilo di variazione compatibile del fondo alveo**;

la definizione di criteri e di linee di intervento di carattere integrato (idraulico, morfologico ed ecologico) per la manutenzione dell'alveo del corso d'acqua, considerando separatamente l'alveo attivo e le fasce golenali inondabili;

la definizione delle sezioni di riferimento per il monitoraggio morfologico dell'alveo attivo;

la definizione delle modalità e delle procedure di attuazione del Piano di gestione e di aggiornamento dello stesso.

Nella prima parte della relazione sono descritte le elaborazioni svolte per la caratterizzazione dell'assetto attuale del corso d'acqua.

Dopo un inquadramento sintetico del bacino idrografico del corso d'acqua sotto i diversi aspetti di interesse (fisiografico, geomorfologico, litologico, idrografico e climatico), sono trattati in tre capitoli distinti gli aspetti idraulici del tratto di corso d'acqua in studio, gli aspetti geomorfologici e quelli ecologici - ambientali.

Nella parte relativa agli aspetti idraulici sono descritte le procedure per la definizione delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno caratteristiche per il tronco di corso d'acqua in studio e il metodo seguito per l'implementazione di un modello idraulico con il quale sono state simulate le condizioni di deflusso per le diverse portate di piena.

Sotto l'aspetto geometrico, la disponibilità di piani quotati recenti (2003) ha permesso la costruzione di un modello geometrico del corso d'acqua, attraverso una serie di sezioni trasversali, rappresentativo delle attuali condizioni di assetto.

Avendo reperito, nelle indagini preliminari circa la documentazione conoscitiva disponibile, i dati delle sezioni trasversali relative a un rilievo topografico eseguito nel 1975, il modello di simulazione è stato masso a punto anche su tale geometria, in



modo da poter confrontare le modalità di comportamento idraulico relative alle condizioni attuali dell'alveo e a quelle risalenti a circa 30 anni prima.

L'analisi delle dinamiche morfologiche dell'alveo sono quindi state condotte con riferimento ai due scenari risultanti dai due assetti geometrici, in modo da poter valutare le modificazioni intercorse attraverso alcuni indicatori del bilancio sedimentologico e delle variazioni plano-altimetriche della geometria dell'alveo.

Le analisi numeriche per la quantificazione degli indicatori hanno riguardato sostanzialmente i seguenti punti:

la quota di fondo minimo e di fondo medio dell'alveo attivo;

le variazioni di fondo alveo di tipo localizzato e di breve periodo, in corrispondenza di piene intense;

la capacità di trasporto solido, indicativa del bilancio sedimentologico a medio periodo.

E' stata quindi impiegata una metodologia, comunque di valutazione preliminare, in relazione alle difficoltà del tema e al livello delle conoscenze disponibili, che integra comunque i risultati delle simulazioni numeriche con le analisi svolte sugli indicatori legati alla geometria dell'alveo e alle sue variazioni nel tempo.

I risultati ottenuti sono di estremo interesse, in quanto hanno avviato un processo di gestione delle attività di manutenzione appoggiato su una lettura integrata dell'assetto dell'alveo e delle sue tendenze, destinata ad approfondirsi e progredire nel tempo.

Nella parte successiva, relativa all'assetto geomorfologico, vengono organizzate ed analizzate le informazioni disponibili circa la divagazione dell'alveo attivo del corso d'acqua (a partire dal 1800 a oggi) e il comportamento dell'alveo in occasione delle due ultime piene particolarmente intense (1993 e 2000) in rapporto soprattutto alla tendenza alla divagazione dell'alveo attivo, ai fenomeni di erosione di sponda e alla possibilità di apertura di canali secondari in corso di piena lungo i piani golenali esondabili.

L'analisi è stata finalizzata soprattutto a raccogliere gli elementi di valutazione necessari per la definizione della fascia di divagazione planimetrica compatibile dell'alveo attivo che costituisce uno degli strumenti-obiettivo fondamentali del programma di gestione.

L'ultimo punto delle attività di analisi ha riguardato la definizione della metodologia e l'applicazione della stessa per la valutazione dello stato ecologico - ambientale dell'alveo.

E' stata adottata una metodologia di indicizzazione, il cui sviluppo nasce dalle necessità di individuare componenti, porzioni, individui e fattori chiave dell'ecosistema che abbiano caratteristiche tali da rendere utile valutare il loro "comportamento e stato" per avere informazioni sul "sistema complesso", quale è quello fluviale, a cui appartengono.

Tali componenti sono gli indicatori ambientali; le informazioni ottenute da più indicatori vengono poi integrate e trasformate in un valore quantificabile attraverso l'uso di un indice. L'indice rappresenta quindi un valore discreto che esprime un giudizio sintetico su un determinato aspetto dell'ecosistema. Gli indici prendono in considerazione i vari aspetti delle biocenosi, o di parte di essi, dalla semplice presenza/assenza, alla valutazione delle variazioni circa la struttura di popolazioni, al numero di specie.



La metodologia di indicizzazione può essere utilizzata all'interno delle attività di controllo ambientale. Tali attività possono essere varie e molto diversificate ma con l'obiettivo comune di fornire informazioni sullo stato dell'ambiente e delle sue componenti con particolare riferimento agli effetti prodotti dalle attività antropiche.

L'attività di individuazione metodologica è stata condotta seguendo le fasi di seguito indicate.

Analisi e lettura critica dei dati esistenti sugli indicatori ambientali scelti come maggiormente significativi e rappresentativi.

Analisi degli indici ambientali precedentemente sviluppati [IFF, IBE, SECA, SACCA].

Scomposizione dell'ecosistema fluviale in tutte le sue componenti ambientali e antropiche.

Individuazione di nuovi indicatori per descrivere sia le componenti naturali dell'ecosistema fluviale (stato ambientale) che quelle antropiche (pressione antropica) e attribuzione di valori pesati.

Aggregazione in indici.

Individuazione di classi di qualità per rappresentare lo stato ecologico.

L'attività di applicazione della metodologia è stata condotta seguendo le fasi:

Lettura del corso d'acqua in tratti omogenei così come definiti per gli aspetti idraulici e geomorfologici.

Partizione dei tratti omogenei in sponda destra (dx), sinistra (sx) e zona d'alveo.

Valutazione quantitativa dell'estensione delle tipologie vegetazionali presenti.

Valutazione quali - quantitativa degli indicatori ambientali.

Applicazione degli indici al singolo tratto omogeneo e valutazione Stato Ecologico locale.

Valutazione complessiva dello Stato Ecologico del torrente Orco.

Rappresentazione del tratto di corso d'acqua sulla base della Classificazione di Stato Ecologico.

Proposte di interventi per il miglioramento dello Stato Ecologico.

L'insieme delle analisi condotte ha consentito la definizione a livello sintetico del quadro delle condizioni di assetto attuale del corso d'acqua, rispetto a cui sono impostate le linee di intervento del Programma di gestione.

Sulla base della suddivisione dell'asta in tronchi omogenei, ciascuno dei quali caratterizzato da una descrizione sintetica delle condizioni di assetto secondo le tre componenti di analisi e della tendenza evolutiva, sono state impostate le linee di azione del programma.

Tali linee sono impostate sulla base della definizione a livello quantitativo degli obiettivi di assetto morfologico dell'alveo attivo, rappresentati dalla fascia di divagazione planimetrica compatibile e dal profilo di variazione compatibile del fondo alveo, e della



individuazione delle principali criticità che sono correlate alla dinamica morfologica dell'alveo.

I criteri-guida di individuazione degli obiettivi di assetto sono naturalmente quelli della sicurezza idraulica e del conseguimento di condizioni di rischio idraulico compatibile sul territorio.

Per ciascun tronco le linee di intervento sono indicate separatamente per l'alveo attivo e per le aree golenale inondabili in sinistra e in destra, indicando sia interventi che riguardano le opere idrauliche di difesa che interventi finalizzati alla modifica della morfologia dell'alveo, e che coinvolgono pertanto il bilancio sedimentologico dello stesso, integrati con interventi specificamente rivolti al miglioramento delle condizioni ecologiche della regione fluviale.

Le linee di intervento individuate devono essere utilizzate in stretta correlazione con l'assetto attuale dell'alveo individuato, con le criticità presenti e con gli obiettivi di assetto da conseguire, in modo tale che siano sempre chiari e coerenti le finalità di ciascun progetto e gli effetti attesi, correlati alle criticità che si intende risolvere.



4 Impostazione metodologica del Programma di Gestione dei Sedimenti per il torrente Orco

I Programmi di Gestione dei Sedimenti (PGS) rappresentano uno strumento nuovo e importante per gestire l'assetto morfologico dei corsi d'acqua in forma integrata con le componenti idrauliche (opere di difesa) e naturali (vegetazione ripariale).

La novità non è tanto dipendente dai concetti di base legati alle operazioni di manutenzione sul corso d'acqua con lo stato di assetto dello stesso, quanto quella di incidere sulle modalità con cui viene affrontata, sotto l'aspetto operativo, la funzione stessa, puntando a instaurare forme più organizzate e fondate su analisi più approfondite.

Se si esaminano i progetti di manutenzione si può infatti osservare che la caratteristica che ordinariamente li accomuna è di essere definiti solamente a scala locale, sul singolo tratto e sulla singola opera del corso d'acqua; la visione di insieme viene lasciata agli strumenti di pianificazione e, in alcuni casi, ai progetti di nuove opere, quando riguardino interventi che per importanza richiedono di valutare gli effetti a scala di asta fluviale, come per esempio l'inserimento di una cassa di espansione.

La conoscenza delle condizioni generali e delle tendenze evolutive è prevalentemente implicita, appoggiata alle nozioni e all'esperienza del personale tecnico che ha la competenza sulla singola asta fluviale; frequentemente ci sono quindi carenze di analisi soprattutto sui temi più complessi, come appunto sono i fenomeni legati alla dinamica dei sedimenti e alle tendenze evolutive delle caratteristiche geomorfologiche.

Per altro va tenuto presente che proprio le caratteristiche della manutenzione (ordinarietà, continuità ecc.) non rendono logico che ogni progetto contenga un'analisi a scala di asta fluviale. Si tratta quindi di sistematizzare, estendere e rendere generalmente più fruibile la conoscenza sul corso d'acqua che deve costituire il quadro di riferimento rispetto a cui si progettano e si attuano gli interventi.

Non deve essere invece essere trascurato il fatto che la definizione di ogni intervento di manutenzione deve essere impostata in modo da prendere in considerazione particolare, caso per caso, gli specifici fenomeni che contraddistinguono l'assetto idrodinamico in atto e tendenziale del tronco interessato.

In sintesi, i criteri generali da tenere in conto sono dunque i seguenti:

- a) l'assetto idrodinamico di un corso d'acqua non è mai statico ma evolve più o meno rapidamente nel tempo per fattori naturali e antropici;
- b) la comprensione di tale assetto, e delle relative tendenze evolutive, è essenziale e comporta valutazioni sia a carattere locale sia estese alle condizioni che determinano il comportamento a livello di asta fluviale;
- c) la realizzazione di opere idrauliche e di infrastrutture interferenti (quali ad es. un ponte) comporta una perturbazione sulle caratteristiche morfologiche, geometriche e idrauliche del corso d'acqua;
- d) la risposta del corso d'acqua alle perturbazioni locali imposte dipende dalle caratteristiche idrodinamiche locali e di asta; gli effetti della risposta si determinano, a seconda dei casi, sia a livello locale che dei tronchi di monte e di valle e sia in tempi brevi che in tempi medio – lunghi.



La sfida è dunque quella di costruire uno strumento molto operativo e flessibile, che costituisca il quadro – conoscitivo, di analisi dei fenomeni e delle relazioni di causa-effetto, delle impostazioni generali di assetto – entro cui inserire i singoli interventi di manutenzione, che non possono contenere ciascuno l'analisi dello stato e delle tendenze dell'asta fluviale e che devono comunque muoversi in forma coerente, tenendo conto delle tendenze evolutive e dell'assetto di progetto-obiettivo che costituisce la finalità dell'azione.

Non si tratta quindi di elaborare un nuovo strumento di pianificazione, bensì di mettere a punto modalità operative che accompagnino l'azione ordinaria e siano appoggiate ad analisi sui fenomeni in atto che vengano aggiornate con continuità.

Proprio la complessità di valutazione/previsione dell'evoluzione geomorfologica dell'alveo e dei fenomeni correlati, non risolvibile solo con l'approfondimento dei metodi di valutazione scientifici, può trovare risposta nell'avvio di azioni di monitoraggio finalizzato e di osservazione diretta delle risposte del corso d'acqua agli interventi manutentivi e correttivi dei fenomeni che si intende controllare.

Appare quindi essenziale per la arrivare a uno strumento efficace, la messa a punto progressiva dello stesso da parte degli Uffici di AIPO ai quali ne è demandata l'attuazione e l'utilizzazione, in modo che l'esperienza operativa contribuisca alla formulazione dello strumento il più funzionale possibile.

Il presente documento, relativo al torrente Orco, costituisce in questo senso una prima fase del processo di messa a punto del Programma di gestione, che può essere arricchita sia dall'esperienza derivate dalle successive applicazioni agli altri due corsi d'acqua prioritari che, successivamente, dalle verifiche applicative che AIPO condurrà.

L'impostazione metodologica generale del Programma ha fatto riferimento alla Direttiva dell'Autorità di bacino approvata il 05/04/2006.

Sulla base delle definizioni dei contenuti e delle finalità del PGS in essa contenute, sono stati assunti i seguenti criteri.

Elemento di partenza è il riconoscimento che il bilancio dei sedimenti lungo un'asta fluviale è uno degli elementi chiave che determinano l'assetto morfologico dell'alveo, la capacità di deflusso (officiosità dell'alveo), la stabilità e la funzionalità delle opere idrauliche di difesa, le condizioni ecologiche e di naturalità della regione fluviale, con particolare riferimento alla vegetazione ripariale e delle aree golenali.

Le funzioni di base del Programma di gestione per il torrente Orco sono dunque di:

- dettare i criteri per le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'alveo, con particolare riferimento a quelle che coinvolgono la movimentazione e l'asportazione dei sedimenti dall'alveo;
- individuare le condizioni essenziali di assetto legate alla morfologia e alle dinamiche dell'alveo, non definite quantitativamente nel PAI, per il conseguimento dell'assetto di progetto.

Rispetto a quest'ultimo punto, sulla base di quanto indicato nella Direttiva stessa, gli elementi di caratterizzazione dell'assetto morfologico di progetto sono stati individuati nei seguenti due elementi:

- la *fascia di divagazione massima compatibile* dell'alveo attivo, definita come quella porzione di regione fluviale all'interno della quale l'alveo attivo è essere lasciato libero di divagare; tale fascia è definita sulla base delle tendenze



evolutive dell'alveo, delle opere idrauliche di difesa dai fenomeni di instabilità planimetrica esistenti e dei vincoli posti dall'assetto territoriale circostante;

- il *profilo di variazione compatibile del fondo alveo*, inteso come il campo di escursione altimetrica entro cui può muoversi la quota di fondo dell'alveo attivo compatibilmente con le esigenze di contenere all'interno della fascia B la piena di progetto.

In relazione all'impostazione sopra indicata il lavoro di elaborazione del Programma è stato organizzato nelle seguenti fasi sequenziali, sempre secondo l'impostazione suggerita dalla Direttiva citata dell'Autorità di bacino:

- definizione dell'assetto attuale del corso d'acqua e valutazione delle tendenze evolutive;
- individuazione delle criticità relative alle condizioni di rischio idraulico dipendenti dalla morfologia dell'alveo, dall'assetto delle opere idrauliche di controllo e dalla presenza di elementi territoriali esposti a rischio (per il torrente Orco, principalmente infrastrutture);
- individuazione delle necessità di intervento relativamente all'assetto morfologico e idraulico dell'alveo attivo e di piena e definizione delle esigenze specifiche di monitoraggio legate al Programma di gestione dei sedimenti.

Sotto l'aspetto tematico, le analisi sono state condotte considerando nel complesso le caratteristiche della regione fluviale, schematicamente classificabili secondo tre componenti, le cui interazioni sono valutate in forma integrata:

- la *componente idraulica*, caratterizzata dal regime idrologico del bacino idrografico, con particolare riferimento alle condizioni di piena, dalla geometria dell'alveo, dalle condizioni di scabrezza, dalle opere idrauliche (di controllo dell'alveo e di contenimento dei livelli di piena), dalle modalità di deflusso in condizioni ordinarie e di piena, dalla capacità di trasporto solido;
- la *componente morfologica* dell'alveo attivo e delle aree esondabili, con riferimento all'alveo-tipo attuale e alle relative tendenze evolutive;
- la *componente ecologica* della regione fluviale, caratterizzata dai diversi habitat presenti nell'ambiente acquatico e ripariale.



5 Riferimenti conoscitivi

L'attività di predisposizione del Programma per il torrente Orco ha fatto riferimento, come detto in precedenza, al quadro conoscitivo disponibile sia per quanto concerne gli elementi di base (cartografica, rilievi topografici, fotografie aeree) che per le analisi condotte in alcuni dei settori di interesse.

Nei punti che seguono relativi alla descrizione delle elaborazioni svolte, si elencano in dettaglio le fonti utilizzate; in questa parte si citano le basi informative più importanti a cui si è fatto riferimento.

Regione Piemonte

- Contratto di ricerca Regione Piemonte –Politecnico “Svolgimento di attività relativa al monitoraggio e manutenzione del fiume Orco nel tratto Pont Canavese – Po”, 2005
- Piani Forestali Territoriali (PFT) Regione Piemonte – IPLA “Carta Forestale e delle altre Coperture del Territorio”, 2001
- Catasto Opere di Difesa (SICOD), dal 1999 al 2005

Agenzia Interregionale per il Po (AIPO)

- Convenzione AIPO – CNR-IRPI “Monitoraggio morfologico e sedimentologico finalizzato ad una corretta attività e manutenzione dei corsi d’acqua”, 2005
- Convenzione AIPO – CNR-IRPI “Studio idraulico e geomorfologico e rilievi topografici Torrente Orco da Pont Canavese a foce Po”, 2005
- Progetti vari di intervento sul torrente Orco

Provincia di Torino

- Volo di magra 2003 Provincia di Torino da Cuornè a confluenza Po – Rilievo digitale del terreno D.T.M. alla scala 1:2.000 (risoluzione sul terreno 25/30 cm)

Autorità di bacino per il fiume Po

- Piano stralcio per l’Assetto idrogeologico (PAI)
- Sottoprogetto SP4 “Compatibilità delle attività estrattive”



6 Inquadramento generale del bacino idrografico

6.1 Inquadramento fisiografico

Il bacino idrografico del torrente Orco ha una superficie complessiva di circa 930 km² alla sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza in Po, di cui il 78% in ambito montano e il 22% in pianura; circa 11 km² sono occupati da ghiacciai (Fig. 1).

Il corso d'acqua principale scorre sul versante meridionale del massiccio del Gran Paradiso; ha origine dal lago Rossett e percorre il fondovalle montano per circa 50 km, con alveo inciso tra pareti rocciose. Successivamente il percorso si sviluppa nell'altopiano canavesano per circa 40 km, fino alla confluenza nel Po in prossimità di Chivasso.

Nella parte alta del bacino idrografico sono presenti numerosi serbatoi di regolazione per la produzione di energia idroelettrica (Tab. 1).

Tab. 1 Caratteristiche degli invasi presenti nel bacino dell'Orco

Serbatoio	Bacino idrografico sotteso	Capacità complessiva	Capacità utile
	km ²	Milioni di m ³	Milioni di m ³
Lago di Agnel	10.90	1.975	1.97
Lago Serrù	5.50	14.50	14.15
Ceresole Reale	71.60	36.40	35.90
Telessio	15.70		23.30
Valsoera	8.40	8.40	8.01
Eugio	9.90		4.90

Lo sbarramento a gravità massiccia del lago Agnel, a regolazione annuale, alimenta, attraverso il serbatoio del lago Serrù, al quale è collegato, direttamente la centrale di Mua.

Il serbatoio di Ceresole Reale, a regolazione annuale, è ubicato nella piana di Ceresole Reale, presso la borgata Villa. La diga è stata ottenuta mediante la costruzione di due sbarramenti, uno principale sull'alveo dell'Orco e l'altro in corrispondenza di un avvallamento laterale in sponda sinistra, poco a monte della diga principale.

Il serbatoio di Valsoera è ottenuto dalla sopraelevazione del lago naturale di Valsoera, in una conca glaciale del gruppo montuoso del Gran Paradiso, e alimenta la centrale di Telessio.

Si può notare come all'interno del bacino del torrente Orco siano distinguibili sostanzialmente due ambiti geografici (Fig. 1); il primo è costituito dal sottobacino montano del corso d'acqua, chiuso all'altezza di Cuornè, non molto a valle della confluenza in Orco del torrente Soana, che ne costituisce l'affluente principale; poco a valle di Cuornè confluisce in Orco l'ultimo affluente montano, il torrente Piova.

Il secondo è costituito dalla porzione collinare e di pianura, compresa tra Cuornè e la confluenza in Po.



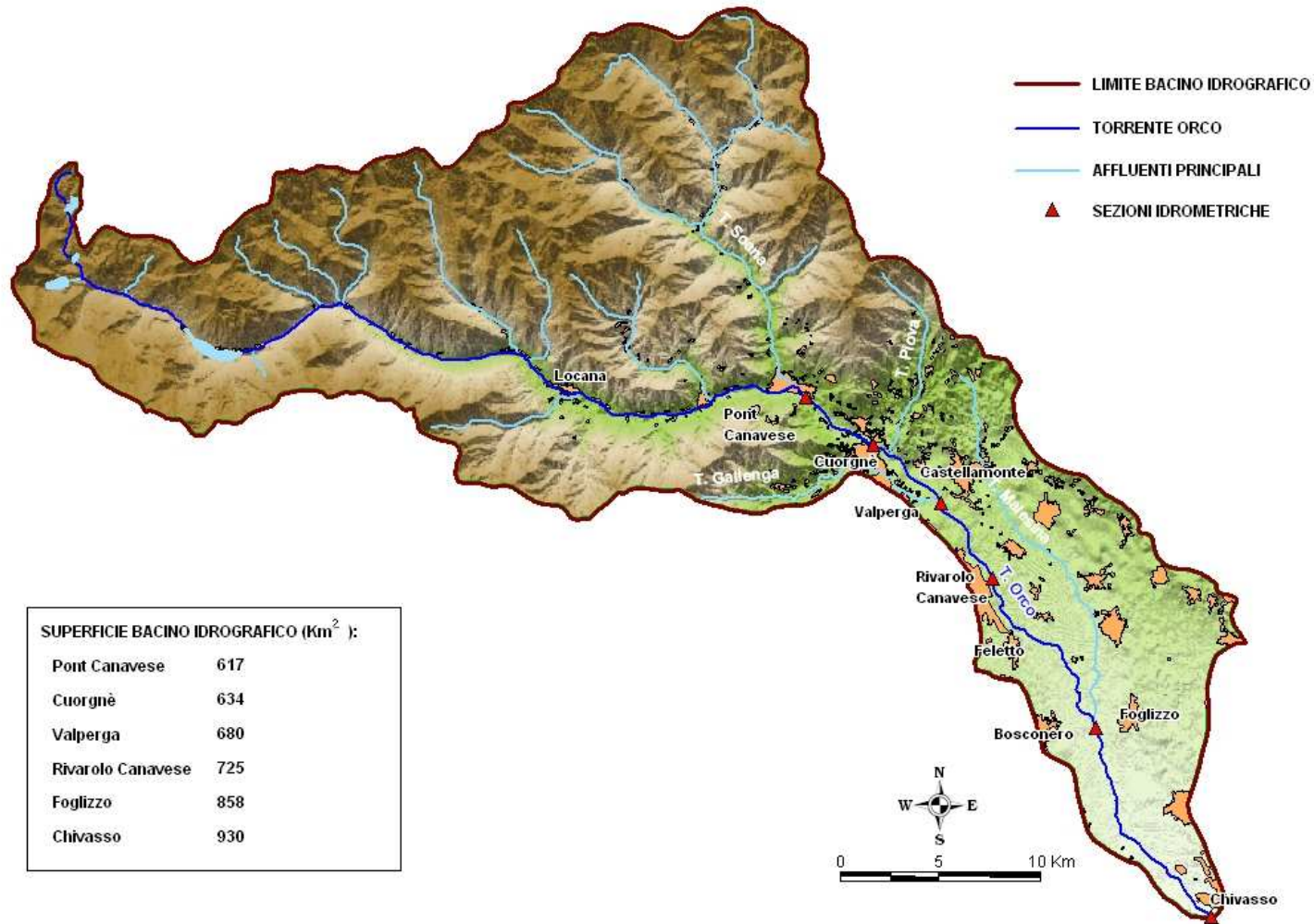
6.2 Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista più strettamente geomorfologico, il settore montano del bacino, la cui quota massima è rappresentata da 4025 m s. m. della Punta il Roc, è caratterizzato da un modellamento glaciale, mentre il settore di pianura è dominato dai processi legati alla dinamica dell'alveo.

La dinamica dei versanti è evidente grazie alla presenza di orli di scarpate attivi e corpi di accumulo, di cui particolarmente importante è la deformazione gravitativa profonda localizzata in corrispondenza dell'abitato di Rosone, sul versante sinistro della valle, nell'alta Val Soana e nella valle di Piamprato.

La morfologia dei fondovalle principali è legata alla dinamica torrentizia; caratterizzata da forti pendenze, accentuati fenomeni erosivi, elevato trasporto di massa.

Il settore di pianura è caratterizzato da un alveo ad andamento pluricursale con tendenza diffusa alla trasformazione in unicursale.





POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI
ED INFRASTRUTTURE CIVILI



Fig. 1 Bacino idrografico del torrente Orco



6.3 Inquadramento litologico

Il bacino idrografico è prevalentemente occupato dalle Unità Penniniche Superiori del massiccio del Gran Paradiso, costituite da un basamento di rocce cristalline composite in cui affiorano prevalenti gneiss occhiadini.

Sul limite orientale del massiccio sono presenti calcescisti con pietre verdi, che affiorano a partire dall'alta Val Soana fino al settore compreso tra Locana e Pont Canavese; all'esterno si trovano le unità rappresentate da micascisti e paragneiss.

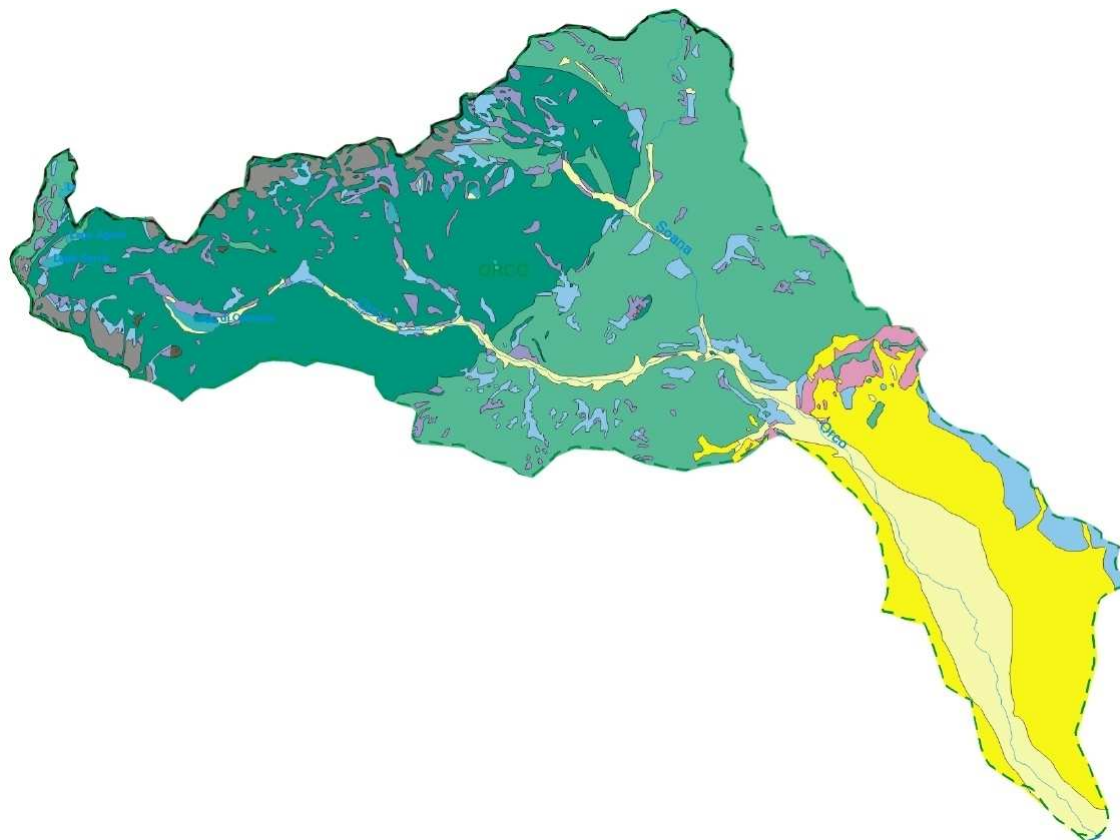
La parte di pianura del bacino è occupata dai depositi alluvionali.

In riferimento alla costituzione litologico - strutturale del bacino, può essere utile, per le finalità di questo studio, riportare uno schema di raggruppamento delle unità presenti (sulla base dei dati presenti nel PAI dall'Autorità di bacino) che sintetizzi le principali litologie presenti, alle quali sono associabili differenti comportamenti rispetto ai fenomeni erosivi e di produzione di sedimenti.

Due sono i litotipi maggiormente rappresentati nell'area: le formazioni costituite da termini litoidi massivi metamorfici (LMM) del gruppo del Gran Paradiso e le formazioni rocciose fratturate sia metamorfiche (LDM) che ignee (LDI). Sono presenti inoltre depositi glaciali (DGL) e depositi clastici alterati (DCG); depositi alluvionali si trovano poi lungo i principali corsi d'acqua (AFL).

Nella fascia settentrionale, a monte di Locana e a monte di Ronco Canavese vi sono le formazioni metamorfiche del Gran Paradiso (LMM) mentre i termini metamorfici fratturati (LDM) sono localizzati presso Cuornè.

Importanti depositi alluvionali (AFL) e depositi clastici alterati (DCG) (diluvium e morene prewurmiane ferrettizzati) sono poi presenti nel bacino all'altezza di Cuornè.











LEGENDA	
LITOTIPI MASSIVI	
	IGNEI : graniti, sieniti, dioriti, porfidi, ecc. (LMI)
	SEDIMENTARI : dolomie, calcari, conglomerati (LMS)
	METAMORFICI : gneiss, kinziciti, ecc. (LMM)
LITOTIPI CON FREQUENTI DISCONTINUITA' PER STRATIFICAZIONE O SCIISTOCITA'	
	IGNEI : diabasi, tufi litoidi stratificati (LDI)
	SEDIMENTARI : arenarie, siltiti, calcari e dolomie stratificate, ecc. (LDS)
	METAMORFICI : gneiss tabulari, micascisti, filladi, calcoscisti, quarziti, ecc. (LDM)
	ROCCHE TENERE PREVALENTEMENTE INCOERENTI marne, argilliti, arenarie e conglomerati poco cementati, ecc. (RTE)
	ALTERNANZA DI LITOTIPI ETEROGENEI A DIVERSO COMPORTAMENTO MECCANICO calcari/marne, arenarie/argilliti, ecc. (ADM)
	COMPLESSI STRUTTURALI CAOTICI E TETTONIZZATI argille scagliose, cataclasiti, ecc. (CSC)
	DEPOSITI DERIVANTI DALL'ALTERAZIONE DI ROCCE E TERRENI sabbioni, limi, argille, lateriti, ecc. (DCG)
	DEPOSITI GLACIALI E FLUVIOGLACIALI coltri e cordoni morenici, ecc. (DGL)
	DEPOSITI ETEROGENEI E DI VERSANTE E DI TRASPORTO TORRENTIZIO detriti di falda, accumoli di frana, conoidi, ecc. (DEV)
	TERRENI A COMPORTAMENTO PLASTICO limi, argille, ecc. (TCP)
	TERRENI AD ABBONDANTE COMPONENTE ORGANICA torbe (TCO)
	ALLUVIONI FLUVIALI E LACUSTRI FIANCHEGGIANTI I PRINCIPALI CORSI D'ACQUA ghiaie, sabbie e limi (AFL)
	GHIACCIAI E VEDRETTE

Fig. 2 Carta litologica del bacino del torrente Orco



6.4 Inquadramento idrografico

Il reticolo idrografico è piuttosto sviluppato nella parte montana del bacino con una serie di affluenti di carattere torrentizio che alimentano le due aste principali, il torrente Orco e il torrente Soana. L'asta dell'Orco, dalla sorgente a Cuornè, ha direzione prevalente ovest-est e un'estensione di poco superiore ai 50 km e riceve numerosi affluenti di carattere torrentizio prevalentemente in sponda sinistra.

Nel tratto da Noasca a Locana, l'alveo scorre poco inciso e, in alcuni tratti, quasi a livello del piano campagna, con tronchi soggetti a deposito di sedimenti grossolani, in particolare nelle zone di ampliamento del fondovalle; a valle di Rosone, l'alveo si amplia ulteriormente fino a Bottegotto e, proseguendo verso Locana è sistemato con opere di difesa su entrambe le sponde. Da Locana a Pont C.se l'alveo scorre addossato alternativamente ai versanti destro e sinistro, assumendo un andamento pseudo - meandriforme con tratti di tipo ramificato. A valle di Locana è molto largo, con grandi quantità di materiale lapideo di grosse dimensioni di recente deposizione.

Nei pressi di Pont C.se, l'alveo si amplia ulteriormente; assumendo un'accentuata tendenza alla divagazione planimetrica, con formazione di grandi depositi di materiale.

Il torrente Soana, confluisce in Orco all'altezza di Pont Canavese, ha direzione nord-sud ed un'estensione di poco inferiore ai 25 km; gli affluenti sono meno numerosi rispetto a quelli dell'Orco, localizzati prevalentemente nella parte alta del sottobacino idrografico.

Nella porzione che appartiene al settore di pianura del bacino idrografico, l'asta dell'Orco non riceve più affluenti ad eccezione del torrente Malesina, all'altezza di Foglizzo, il cui sottobacino idrografico è di tipo collinare.

Nel primo tratto, da Ceresole Reale a Noasca, subito a valle del lago, il torrente Orco ha un alveo ampio, con andamento ad anse; successivamente scorre incassato fra pareti rocciose sub-verticali fino a valle di Pianchetti, dove il fondovalle si amplia nuovamente.

6.5 Inquadramento climatico

L'andamento delle precipitazioni totali annue nel periodo più recente nel bacino dell'Orco è rappresentato in Fig. 3 e si può osservare che nel periodo considerato, dal 1992 al 2000, mediamente, il bacino montano è stato interessato da circa 1250 mm di pioggia annui.

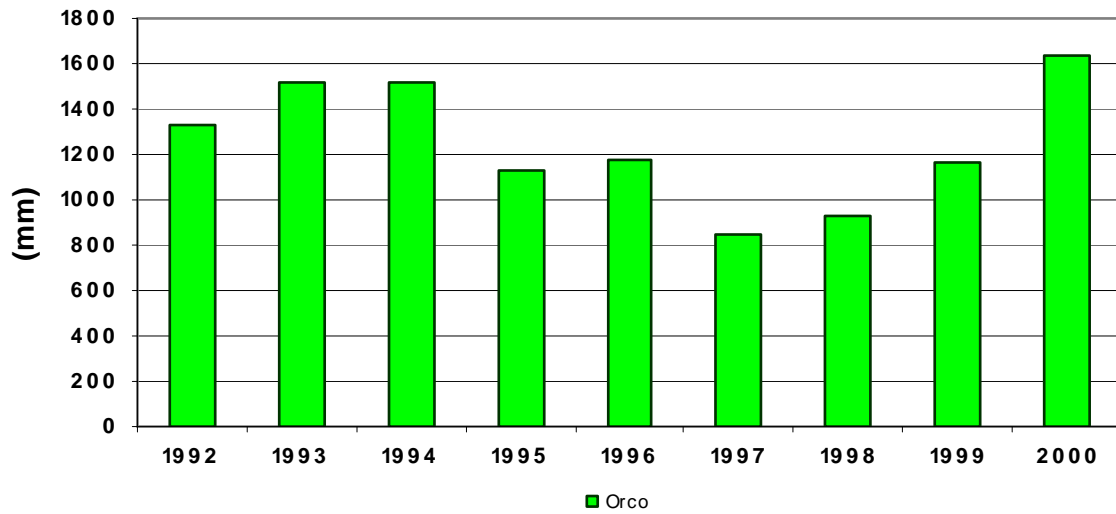


Fig. 3 Afflussi annuali nel bacino montano dell'Orco (periodo 1992-2000)

Il dato è stato calcolato sulla base delle serie storiche di misura disponibili, fornite dal Servizio Idrografico e dal settore Meteoroidrografico della Regione Piemonte (Fig. 4).

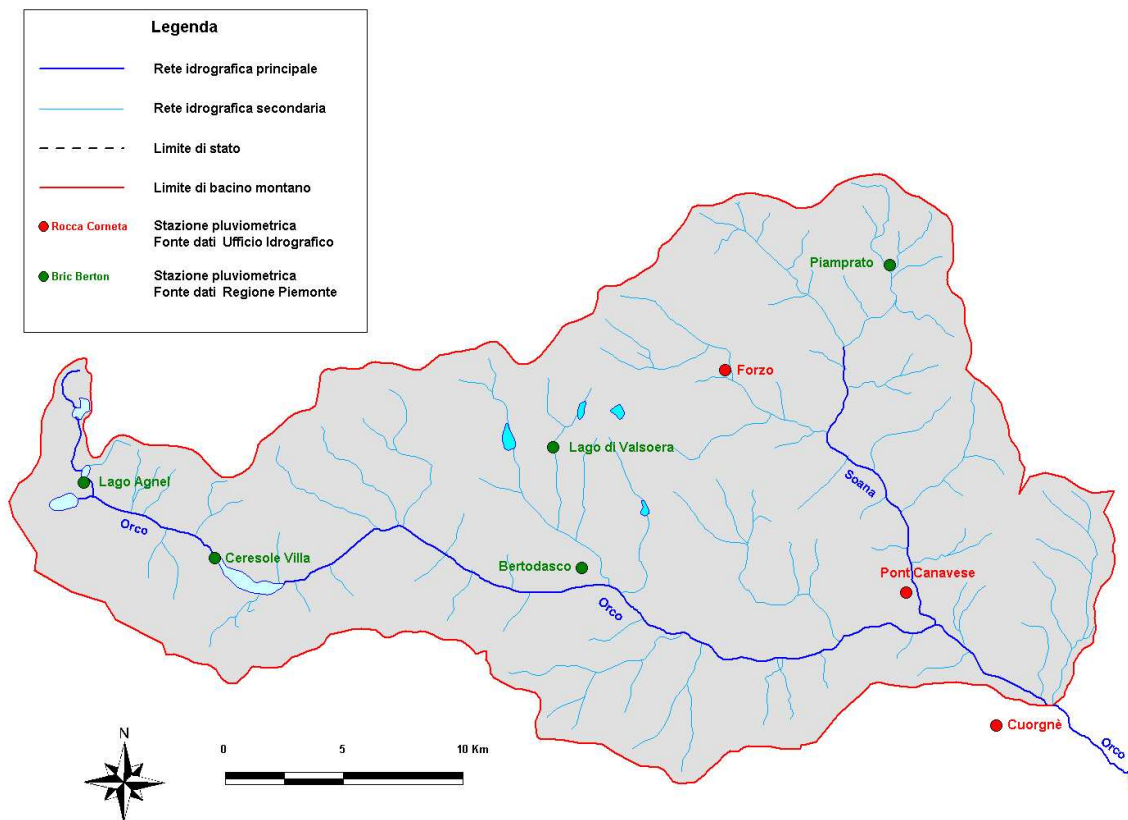


Fig. 4 Ubicazione delle stazioni pluviometriche nel bacino montano dell'Orco

Sotto l'aspetto dei deflussi, i valori ricostruiti nell'ambito del bilancio idrologico condotto sui corsi d'acqua principali del bacino idrografico del Po da parte dell'Autorità di bacino, porgono un andamento dei deflussi medi relativi al decennio 1992 – 2000 che è rappresentato nelle Fig. 5 e Fig. 6, con riferimento a una sezione di chiusura del bacino idrografico posta poco a valle di Cuornè, in modo da comprendere anche la confluenza del torrente Piova.

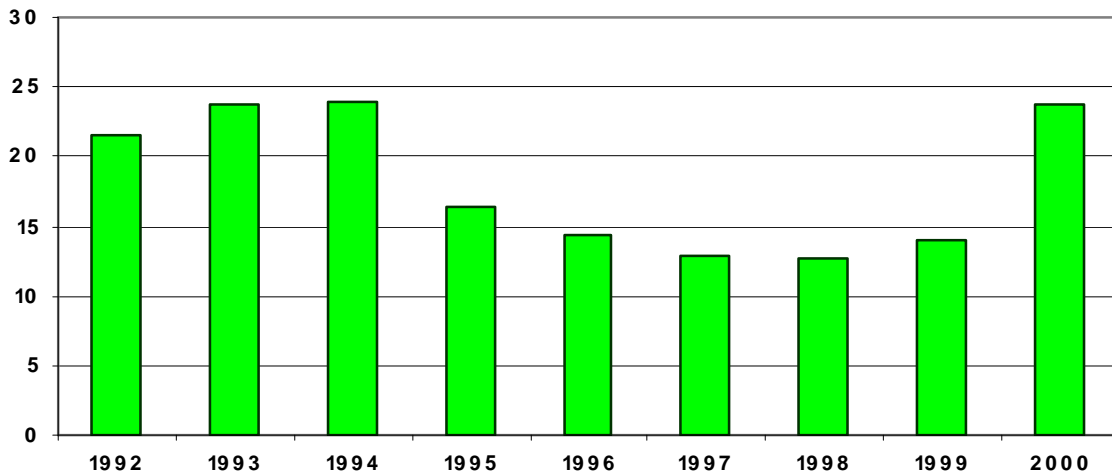


Fig. 5 Orco a valle della confluenza del torrente Piova: deflussi medi annuali, (1992-2000)

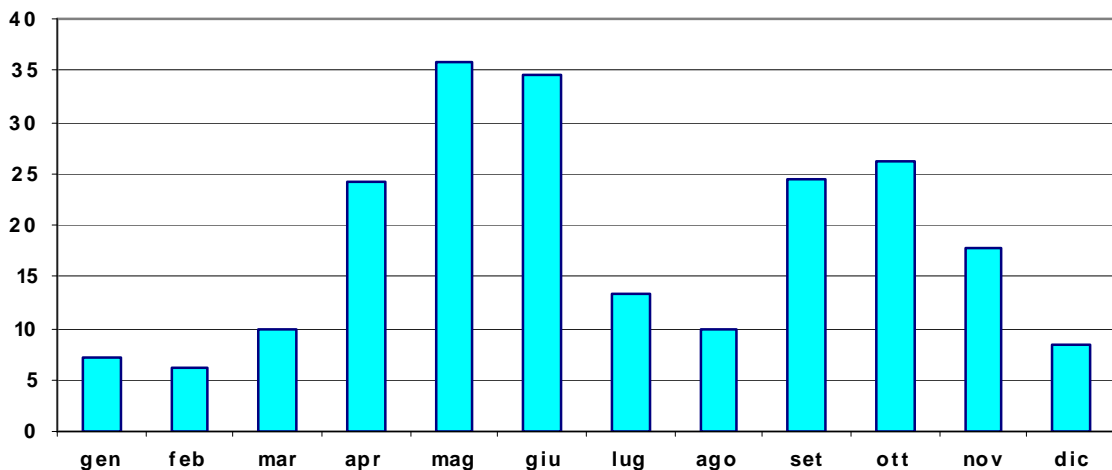


Fig. 6 Orco a valle della confluenza del torrente Piova: deflussi medi mensili, (1992-2000)

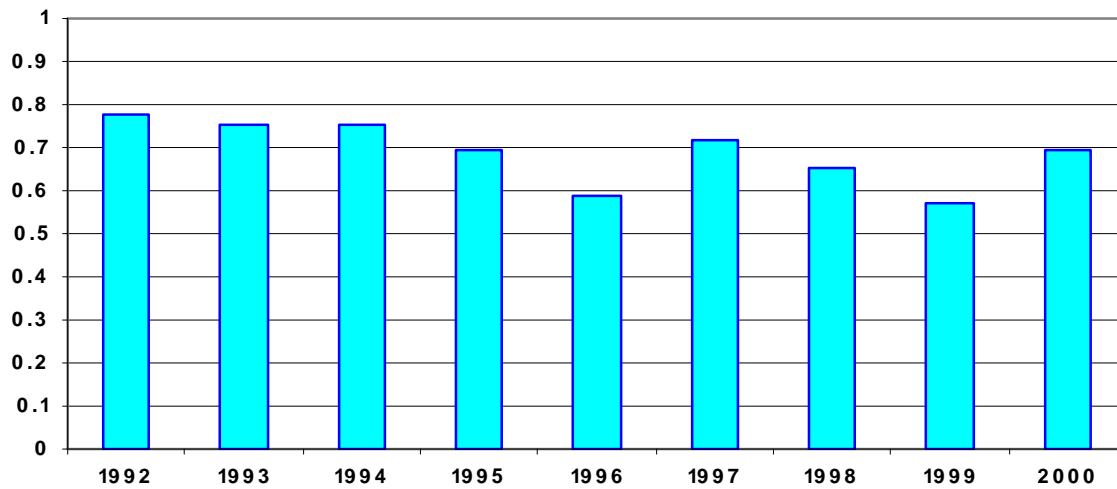


Fig. 7 Orco a valle della confluenza del torrente Piova: coefficiente di deflusso medio annuale, (1992-2000)

Sempre per il periodo considerato, la scala di durata delle portate porge i valori riportati in Tab. 2.

Tab. 2 Scala di durata delle portate (1992-2000)

Durata (giorni)	Portata (m ³ /s)
10	77.3
91	19.3
182	9.4
274	6.0
355	3.3



7 Inquadramento generale dell'asta fluviale

Il tratto di asta del corso d'acqua oggetto dello studio è quello che interessa il settore collinare e di pianura del bacino idrografico, da Cuornè alla confluenza, con una lunghezza pari a circa 35 km, lungo l'asse dell'alveo di magra.

Le caratteristiche geometriche e idrauliche dell'alveo sono ancora fortemente variabili lungo il percorso:

la pendenza motrice media di fondo varia con continuità dall'1,03% all'estremo di monte a circa lo 0,31% a quello di valle;

la larghezza media dell'alveo attivo a bordi pieni passa da circa 85 m a monte a valori dell'ordine dei 200 m a valle, con larghezze ancora maggiori nei tratti intermedi, con alveo non vincolato da difese di sponda;

la profondità di corrente media dell'alveo attivo a bordi pieni è di poco superiore ai 2 m a monte a raggiungere circa i 3 m a valle.

Gli affluenti secondari significativi sono rappresentati solamente da due corsi d'acqua; il torrente Gallenca, che confluisce in sponda destra, circa 5 km a valle di Cuornè, all'altezza di Castellamonte e il torrente Malesina, più a valle in sinistra, all'altezza di Foglizzo.

L'asta è interessata da un certo numero di derivazioni idriche, ad uso irriguo, di cui la più importante è rappresentata dal Canale di Caluso:

Canale derivatore	Concessionario
Canale Caluso	Consorzio Canale Demaniale di Caluso
Canale di Rivarolo	Comune di Rivarolo Canavese
Roggia San Giorgio	Consorzio Roggia San Giorgio
Canale Foglizzo	Consorzio Irriguo Foglizzo
Bealera di Montanaro	Comune di Montanaro

Le derivazioni del Canale di Rivarolo e della roggia San Giorgio sono collocate in successione a valle della confluenza del torrente Gallenca e prima dell'abitato di Rivarolo; a valle di quest'ultimo vi è il Canale di Foglizzo e, successivamente, dopo la confluenza del torrente Malesina, vi è la Bealera di Montanaro (Fig. 8).

Sotto l'aspetto morfologico, tra Cuornè e Rivarolo l'alveo è sinuoso, a tratti subrettilineo, con presenza diffusa di barre longitudinali e laterali, estremamente irregolare, con larghezza continuamente variabile. Le sponde sono interessate da fenomeni erosivi pressoché continui sia in destra che in sinistra. Tale assetto rappresenta l'evoluzione da una morfologia pluricursale riscontrabile nella cartografia storica.

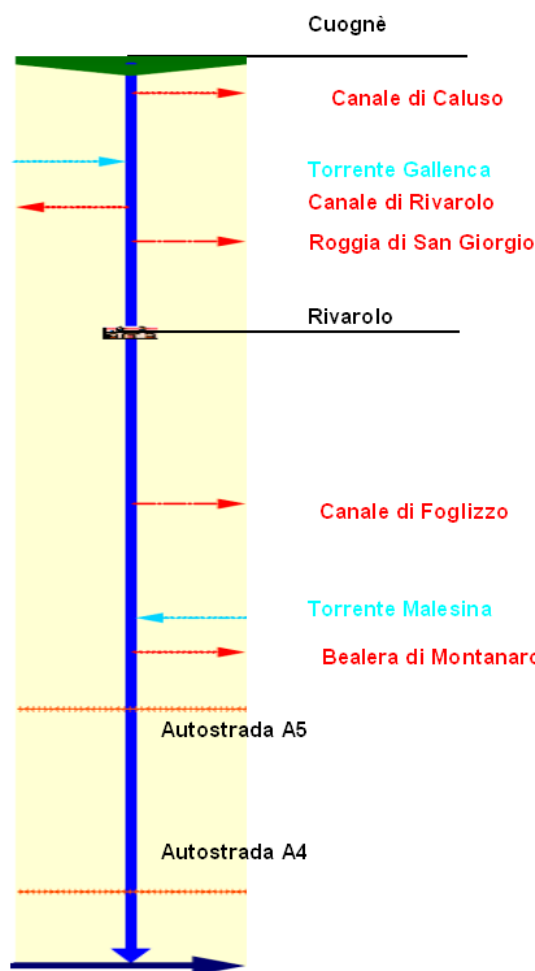


Fig. 8 Derivazioni idriche del torrente Orco nel tratto da Cuognè a confluenza Po

A valle di Rivarolo C.se, l'alveo sinuoso mantiene alcuni caratteri pluricursali, con i rami secondari separati da quello principale da isole stabili parzialmente vegetate. Le sponde sono interessate da fenomeni erosivi molto diffusi e localmente molto intensi, manifestatesi nel corso delle ultime piene.

Rispetto alle condizioni morfologiche precedenti, documentate dalla cartografia storica, l'alveo inciso ha subito un significativo restringimento, in relazione alla progressiva trasformazione di barre laterali in settori spondali stabili. Si ha inoltre la frequente presenza di rami secondari disattivati, individuabili in golena come forme relitte di una morfologia pluricursale precedente.

Nelle aree golenali sono frequenti laghi di cava di piccole dimensioni.

Le opere di difesa presenti hanno prevalentemente la funzione di controllo dei fenomeni di divagazione planimetrica dell'alveo attivo e sono pertanto concentrate in prossimità degli insediamenti e delle infrastrutture.

8 Individuazione dei tronchi omogenei

L'assetto attuale del corso d'acqua, le tendenze evolutive delle caratteristiche geomorfologiche e le linee di intervento sono state definite nelle attività di studio e di elaborazione facendo riferimento a una suddivisione dell'asta fluviale in tronchi omogenei.

L'individuazione dei tronchi è quindi una delle operazioni preliminari rispetto alla quale sono state impostate tutte le successive fasi di elaborazione e di analisi condotte sul corso d'acqua.



Fig. 9 Suddivisione in tronchi omogenei del torrente Orco nel tratto da Cuorgnè alla confluenza in Po

L'approccio complessivo è interdisciplinare, considerando in forma integrata la componente idraulica, quella morfologica dell'alveo attivo e delle aree esondabili e quella ecologica della regione fluviale; dunque la scelta dei tronchi omogenei ha ricercato una suddivisione rappresentativa per tutte le componenti analizzate.



Naturalmente il criterio di omogeneità è specifico per le tre componenti e quindi si potrebbero individuare tronchi omogenei diversi per ciascuna di esse; si è preferito operare fin dall'inizio con un criterio di integrazione, facendo riferimento ad un'unica suddivisione iniziale valida per tutti i temi.

L'analisi preliminare delle caratteristiche dell'asta ha inoltre indotto a considerare prevalente nella scelta dei tronchi lo stato di sistemazione idraulica presente, che ha determinato le condizioni morfologiche dell'alveo più o meno vincolate e, forse meno direttamente, anche le condizioni ecologiche della regione fluviale.

In relazione agli elementi di analisi preliminare disponibili, sono stati individuati 10 tronchi omogenei (Fig. 9).

Le caratteristiche di localizzazione dei tronchi e la loro estensione, misurata lungo l'asse di magra del corso d'acqua sono riportate in Tab. 3.

Tab. 3 Suddivisione in tronchi omogenei del torrente Orco nel tratto da Cuornè alla confluenza in Po

Tronco	Descrizione	Lunghezza (m)	Progr. valle (km)	Progr. monte (km)
1	Dalla confluenza in Po al ponte dell'autostrada To-Mi (A4)	1.972	0.000	1.972
2	Dall'autostrada To-Mi (A4) a Montanaro (C.na Bruciata)	3.232	1.972	5.204
3	Da Montanaro (C.na Bruciata) a S. Benigno C.se	3.917	5.204	9.121
4	Da S. Benigno C.se al ponte str. S. Benigno - Foglizzo	1.509	9.121	10.630
5	Da ponte str. S. Benigno - Foglizzo a S. Giusto C.se (Cortereggio)	8.316	10.630	18.946
6	Da S. Giusto C.se (Cortereggio) a Feletto	2.804	18.946	21.750
7	Da Feletto a Rivarolo C.Se	3.699	21.750	25.449
8	Da Rivarolo C.se a ponte SS 565	3.191	25.449	28.640
9	Da SS 565 a derivazione Canale Caluso	4.815	28.640	33.455
10	Da derivazione Canale Caluso a Cuornè	1.686	33.455	35.141

Una descrizione sintetica delle caratteristiche di ciascuno dei tronchi individuati permette di comprendere le particolarità di ciascuno di essi e le motivazioni della suddivisione.

Tronco 1, dalla confluenza in Po al ponte dell'autostrada To-Mi (A4): la parte iniziale è costituita dalla zona di confluenza vera e propria, con l'alveo attivo che ha abbandonato il vecchio tracciato diretto verso sud-ovest e che segue ora un percorso orientato verso est, per raggiungere la confluenza in Po secondo un angolo di immissione dell'ordine dei 30°.

Circa 1.440 m a monte del punto di immissione vi sono i primi due attraversamenti, costituiti rispettivamente dal ponte della ex SS 11 Padana Superiore e dal ponte della ferrovia To-Mi, molto ravvicinati e con luci molto simili, 136 m su 5 campate (Fig. 10).



Fig. 10 Ponte della ex SS 11 sul torrente Orco tra Brandizzo e Chivasso

Proseguendo verso monte, dopo circa 730 m, vi sono gli attraversamenti rispettivamente della linea Alta Capacità e dell'autostrada A4 To-Mi, di cui il primo con una luce complessiva di circa 730 m, e il secondo (con luce di 150 m) in fase di adeguamento secondo dimensioni coerenti con quelli dell'opera di valle (Linea alta capacità).

La sequenza dei due attraversamenti, e dei relativi rilevati di accesso, condiziona l'assetto dell'alveo attivo del tronco per oltre 1.200 m sia dal punto di vista planimetrico che da quello altimetrico; unicamente il tratto che costituisce la confluenza vera e propria è poco vincolato.

Tronco 2, dall'autostrada To-Mi (A4) a Montanaro (C.na Bruciata): l'alveo non è condizionato da infrastrutture e gli insediamenti presenti (Pratoregio in sinistra, C.na del Malone e C.na Bruciata in destra) sono sufficientemente lontani dalle sponde. L'alveo attivo è parzialmente vincolato da opere di sponda in destra e sinistra e le aree golenali sono interessate da vegetazione naturale alternata ad aree destinate a coltivazioni agricole.

Tronco 3, da Montanaro (C.na Bruciata) a S. Benigno C.se: l'alveo si presenta sostanzialmente non vincolato da opere, con una forte tendenza alla divagazione planimetrica. In corso di piena può pertanto modificare in misura consistente il tracciato. Mantiene una tendenza alla pluricursalità, con presenza di grandi isole occupate parzialmente da vegetazione naturale. Le aree golenali inondabili sono interessate da vegetazione arborea in sponda sinistra per un'elevata percentuale della fascia B, mentre in sponda destra il limite della aree a destinazione agricola è più prossimo alla sponda. Alcuni laghi di cava dismessi di non grandi dimensioni in sponda destra.



Tronco 4, da a S. Benigno C.se al ponte della S.P. 40 S. Benigno - Foglizzo : l'assetto è sostanzialmente condizionato dalla presenza dei 2 attraversamenti stradali (rispettivamente, da valle verso monte, il ponte dell'autostrada A5 TO-AO, con luce di 152 m, e quello della S.P.40, con luce di 122 m).



Fig. 11 Ponte dell'autostrada A5 To-Ao

I due manufatti di attraversamento, posti a una distanza di circa 700 m, congiuntamente ai rilevati di accesso e alle opere di difesa condizionano l'assetto dell'alveo attivo e dell'alveo di piena per un'estensione anche superiore, pari circa alla lunghezza del tratto. L'alveo inciso mantiene una forte tendenza alla divagazione trasversale, come pure la tendenza a riattivare rami secondari in golena. Le aree golenali sono occupate prevalentemente da vegetazione arborea, fin quasi al limite della fascia B in sinistra e per circa il 50% della fascia B in destra. Al di fuori di tali aree prevalgono i seminativi.



Fig. 12 Ponte della SP 40 San Benigno Canavese - Foglizzo

Tronco 5, dal ponte della S.P. 40 S. Benigno - Foglizzo a S. Giusto C.Se (Cortereggio): l'alveo attivo è prevalentemente libero essendo presenti su tutto il tronco opere di sponda di estensione limitata, con funzioni puramente locali.

Circa 2,5 km a monte del ponte della SP si ha, sinistra, la confluenza del torrente Malesina, che a monte della stessa scorre per poco meno di 2 km parallelamente alla sponda incisa dell'alveo e a modesta distanza dalla stessa.

Solamente la parte iniziale del tronco, in prossimità dell'abitato di Cortereggio, risulta vincolata in sponda sinistra da opere di sponda e da un argine a difesa dell'abitato.

La vegetazione arborea si riduce sensibilmente in sponda sinistra, soprattutto a monte del t. Malesina, dove prevalgono i seminativi e le colture a pioppeto. In sponda destra permane una fascia di vegetazione arborea di discreta estensione laterale che occupa circa il 50% della superficie della fascia B; il resto dell'area è destinato a coltivi.

Tronco 6, da S. Giusto C.se (Cortereggio) a Feletto: l'alveo ha tracciato sostanzialmente rettilineo ed è prevalentemente vincolato da opere di sponda, sia in destra che in sinistra, determinate anche dalla presenza del ponte della SP 41 Feletto - Agliè (luce di 146 m, con 2 pile in alveo).



Fig. 13 Ponte della SP 41 Feletto - Agliè

Oltre al contenimento della divagazione dell'alveo, le opere idrauliche presenti nella parte terminale del tronco hanno anche la funzione di protezione dell'abitato di Cortereggio, rispetto alle linee di esondazione che possono provenire da monte.

Le aree golenali sono di estensione molto più limitata in sponda destra, per la presenza dell'abitato di Feletto a monte e di superfici coltivate verso valle; solo nella parte terminale vi è una fascia di vegetazione ripariale ed arborea in prossimità della sponda incisa. In sponda sinistra, si ha una maggiore estensione della golenale e della fascia arborea, pur essendo significativa la quota di superficie destinata a seminativo.

Tronco 7, da Feletto a Rivarolo C.se: l'alveo è fortemente condizionato su entrambe le sponde in tutta la prima parte, in corrispondenza di Rivarolo e del ponte della SP 222 di Castellamonte (luce di 140 m, con 2 pile in alveo).

La golenale inondabile è particolarmente ridotta in destra per tutto il tronco con destinazioni d'uso prevalentemente a carattere insediativo e infrastrutturale. In sinistra la golenale mantiene un'estensione significativa, con una buona percentuale della superficie occupata da vegetazione arborea e ripariale.



Fig. 14 Ponte della SP 222 di Castellamonte

Tronco 8, da Rivarolo C.Se al ponte della SS 565: l'alveo è prevalentemente controllato in sponda destra da opere di sponda, che hanno la funzione di contrastare la tendenza alla divagazione, a difesa degli insediamenti, che interessano parte considerevole dell'estensione del tronco (da Vesignano a Rivarolo).

In sponda sinistra, le opere sono meno diffuse, ad eccezione del primo tratto, in corrispondenza del ponte, in cui svolgono una presumibile funzione di difesa degli insediamenti presenti a valle.

L'estensione della golena inondabile in sinistra continua ad essere molto limitata, con una parte di area occupata da vegetazione arborea e arbustiva in corrispondenza del ponte stesso, dove la golena sinistra si amplia rispetto ai tratti di monte e di valle.

In sponda destra, si ha una golena molto più ampia, in cui la vegetazione arborea occupa la fascia più vicina alla sponda dell'alveo attivo mentre la restante parte è occupata da seminativi e da pioppeti.



Fig. 15 Ponte della SS 565 tra Salassa e Castellamonte

Tronco 9, dal ponte della SS 565 alla derivazione del Canale di Caluso: l'alveo è interessato da opere di contenimento della divagazione nella parte iniziale (in corrispondenza della derivazione) e, in misura sensibilmente minore all'estremo di valle, in corrispondenza del ponte, in sinistra; nella parte centrale vi è la confluenza del torrente Gallenca, in destra, a monte della quale è presente un'opera di sponda di dimensioni longitudinali consistenti.

Le aree golenali inondabili tendono a ridursi in modo significativo sia in destra che in sinistra; permane la ridotta estensione oltre la sponda incisa in destra, con destinazione a formazioni arboree nella parte bassa del tronco e a seminativi nella parte alta.

In sinistra l'estensione della golenale è maggiore, con il limite della fascia B che corre lungo il confine degli insediamenti presenti (Spineto, Talentino); la destinazione d'uso vede una fascia con vegetazione arborea e ripariale a ridosso della sponda incisa, con estensione trasversale pari a circa il 50% della profondità della golenale, e con il resto destinato prevalentemente a seminativi.



Fig. 16 Opera di derivazione del Canale di Caluso

Tronco 10, dalla derivazione del Canale di Caluso a Cuorgnè: l'alveo si restringe consistentemente, assumendo un andamento debolmente sinuoso, condizionato dal ponte sulla ex SS 460 di Ceresole (luce di 88 m con due pile in alveo) e dalla traversa di derivazione a valle; poco a valle del ponte vecchio è ubicato il nuovo ponte della Circonvallazione, a valle del quale, in sinistra, vi è la confluenza del torrente Piova.

L'area golenale inondabile, complessivamente molto meno estesa rispetto ai tronchi di valle, ha dimensione apprezzabile in sponda destra dove è prevalentemente destinata a seminativi, con rare e ridotte fasce occupate da vegetazione arborea; in sponda sinistra la fascia è di estensione modestissima, essendo l'alveo addossato al versante, con l'eccezione del tratto tra il ponte vecchio e la confluenza del Piova in cui si ha un ampliamento con presenza di vegetazione arborea e ripariale.



Fig. 17 Ponte circonvallazione di Cuorgnè di collegamento della ex SS 460 con la SP 58



Fig. 18 Ponte a Cuorgnè sulla ex SS 460 di Ceresole



9 Aspetti idrologici e idraulici

9.1 Caratteristiche dell'idrologia di piena

L'analisi idrologica è stata finalizzata alla determinazione delle portate di piena corrispondenti a assegnati valori del tempo di ritorno nel tratto di torrente Orco compreso tra Cuornè e la confluenza in Po.

Il primo riferimento preso in considerazione è costituito dai valori riportati nel PAI ("Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica") che definisce le portate di piena per il corso d'acqua nelle sezioni significative. Tra esse, la portata con tempo di ritorno di 200 anni è quella assunta a dato di progetto per il corso d'acqua, in particolare per la delimitazione delle fasce fluviali.

Tab. 4 Portate massime al colmo stimate nell'ambito del PAI (Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica)

Corso d'acqua	Sezione	Superficie	Q20	Q100	Q200	Q500
		km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Orco	Cuornè	634	1160	1900	2280	2850
Orco	Confl. in Po	930	1300	2020	2370	2870

Poiché le analisi idrauliche che sono state condotte richiedono di fare riferimento anche a portate di piena con tempi di ritorno inferiori rispetto a quello di 20 anni riportato nella direttiva citata, sono state svolti alcuni approfondimenti in modo da poter definire le grandezze idrologiche di interesse per le elaborazioni.

Nel bacino idrografico dell'Orco la stazione idrometrica "storica" è quella di Pont Canavese, per la quale sono pubblicati i dati relativi alle portate massime al colmo per il periodo 1928 – 1976. In questa stazione, la massima piena storica registrata risale al settembre 1947 (1.410 m³/s) e non sono note le piene più recenti del 1993 (stimati 1600 m³/s a Spineto e 1550 m³/s a S. Benigno), del 1994 e del 2000, che sono particolarmente significative per le valutazioni statistiche.

Attualmente in funzione tre stazioni idrometriche, installate nel 2000 e gestite dall'ARPA Piemonte: Soana a Pont Canavese, Orco a Cuornè e Orco a San Benigno. Quest'ultima stazione è installata sul ponte della strada provinciale SP40, immediatamente a monte del ponte dell'autostrada A5.

La stazione idrometrica di Cuornè ha permesso di valutare il colmo della piena del 1993 pari a circa 1500 m³/s e l'evento 2000 pari a 1680 m³/s.

Orco a Pont Canavese

Scheda n. 55

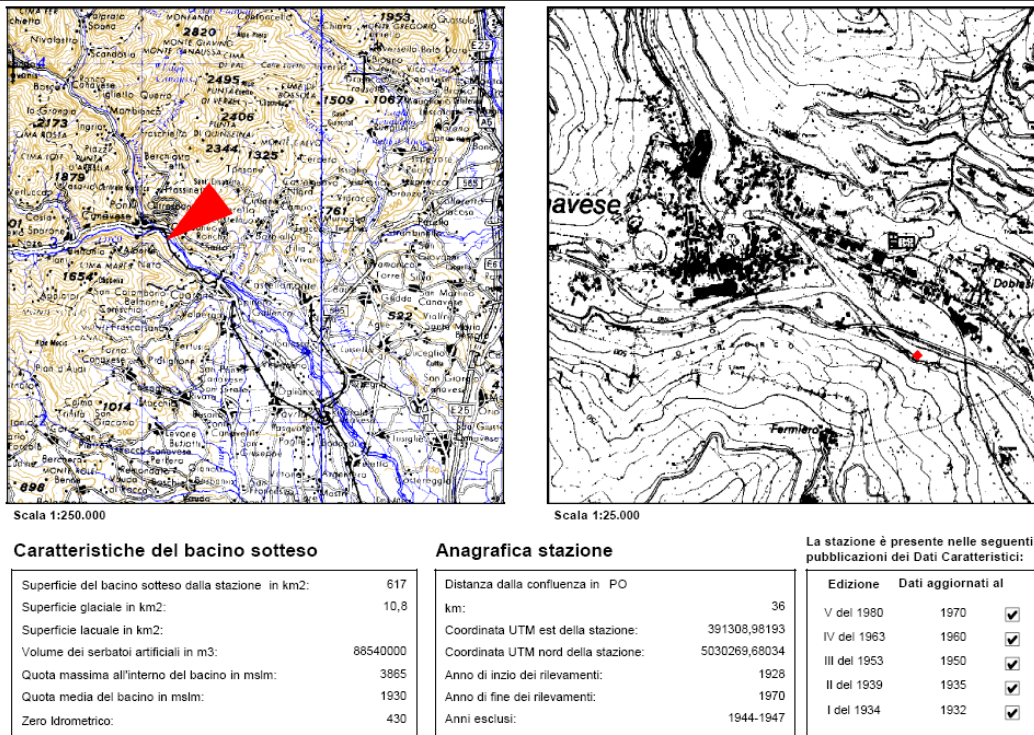


Fig. 19 Anagrafica delle stazioni idrometriche della Pubblicazione n. 17 del Servizio Idrografico; pagina relativa alla stazione idrometrica Orco a Pont Canavese

Per integrare le valutazioni disponibili si è fatto pertanto riferimento alla serie storica di Pont C.se (Fig. 20) a cui sono state applicate quattro distribuzioni di probabilità, il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi: rispettivamente GEV (General Extreme Value), LN3 (Three-Parameter Lognormal), LP3 (Log-Pearson Type 3) e P3 (Pearson Type 3).

Al fine di valutare l'influenza dei valori relativi alle piene recenti sulle distribuzioni probabilistiche sono state considerate, oltre alla serie storica (serie 1), altre due serie di valori, ottenute integrando la serie storica aggiungendo rispettivamente i valori delle portate al colmo degli anni 1992, 1993, 1994 (serie 2) e dei tre anni 1992-1994 più l'anno 2000.

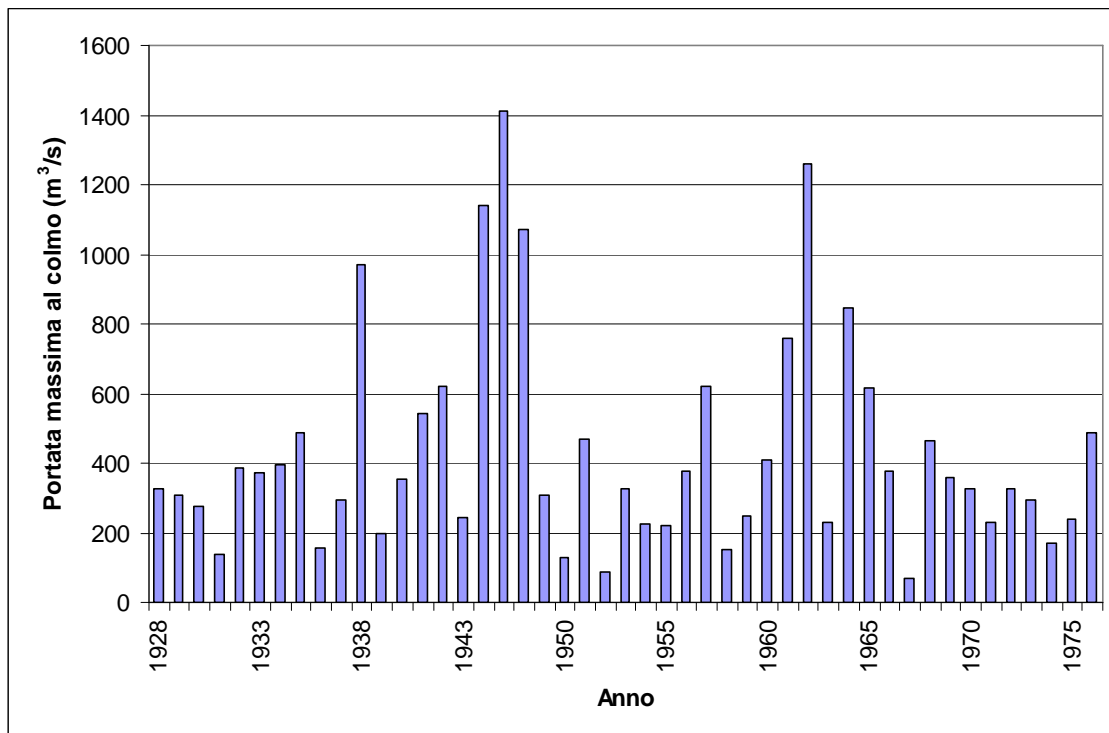


Fig. 20 Serie storica delle portate annue massime al colmo alla stazione idrometrica Orco a Pont Canavese

Le elaborazioni condotte sulla serie storica (serie 1) hanno portato ai valori rappresentati in Tab. 5.

Tra le distribuzioni di probabilità utilizzate è stata scelta la GEV, che rappresenta meglio la distribuzione dei dati storici (Fig. 21) e mostra una buona coerenza con i valori del PAI.

Tab. 5 Stima delle portate massime al colmo in funzione del tempo di ritorno (GEV, LN3, LP3, P3) nella stazione di Pont C.se in funzione della serie storica (serie 1) e portate massime al colmo del PAI

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)				
	GEV	LN3	LP3	P3	PAI (*)
2	344	349	349	355	
5	585	609	609	638	
10	789	815	816	838	
20	1025	1037	1040	1034	1160
25	1110	1112	1116	1097	
50	1404	1359	1366	1292	
100	1754	1627	1639	1486	1900
200	2172	1919	1937	1680	2280
500	2852	2343	2372	1937	2850



	Q	Log Q	
Media	432.51	5.86	
St. Dev	308.81	0.66	
Skew	1.62	0.01	

(*) Le portate del PAI sono stimate nella sezione di Cuorgnè (634 km²) e non in quella di Pont C.se (617 km²)

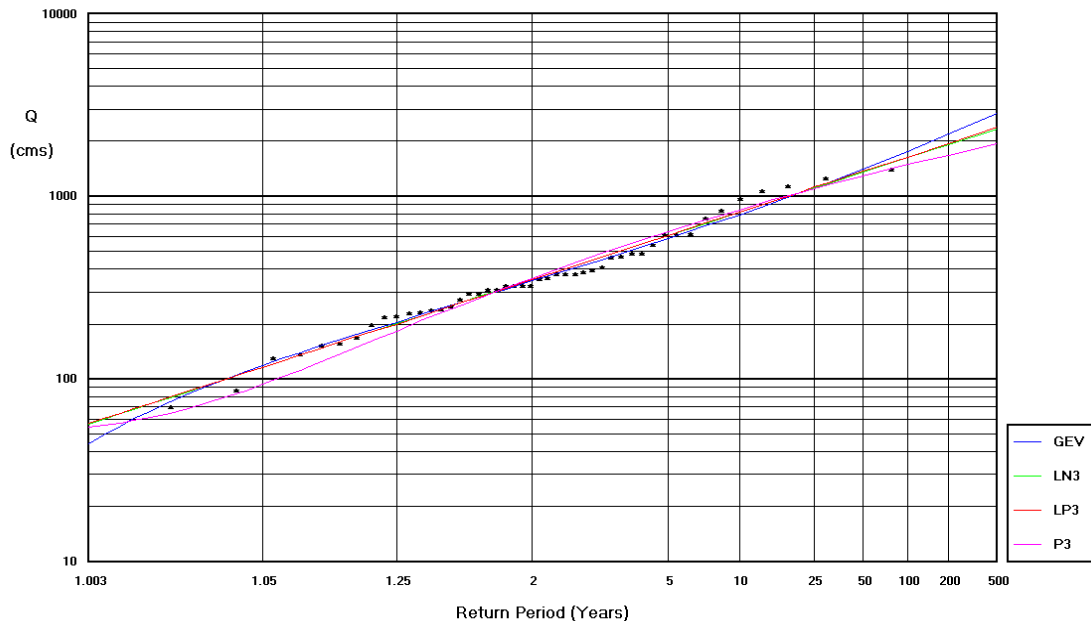


Fig. 21 Torrente Orco alla stazione di Pont C.se; curve di distribuzione della portata massima istantanea in funzione del tempo di ritorno

Le stesse distribuzioni di probabilità applicate rispettivamente alla serie 2 e alla serie 3 hanno condotto a valori delle portate al colmo sensibilmente superiori, come è possibile vedere dalla Tab. 6 in cui si confrontano i valori ottenuti mediante l'applicazione della distribuzione GEV.

Tab. 6 Stima delle portate massime al colmo in funzione del tempo di ritorno (GEV) nella stazione di Pont C.se in funzione della serie storica (serie 1) e delle due serie integrate rispettivamente con i valori degli anni 1992, 1993 e 1994 (serie 2) e 1992, 1993, 1994 e 2000 (serie 3)

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)			
	GEV1	GEV2	GEV3	PAI(*)
2	344	358	367	
5	585	620	651	
20	1025	1110	1200	1160
100	1754	1949	2179	1900
200	2172	2442	2771	2280
500	2852	3258	3771	2850

(*) Le portate del PAI sono stimate nella sezione di Cuorgnè (634 km²) e non in quella di Pont C.se (617 km²)

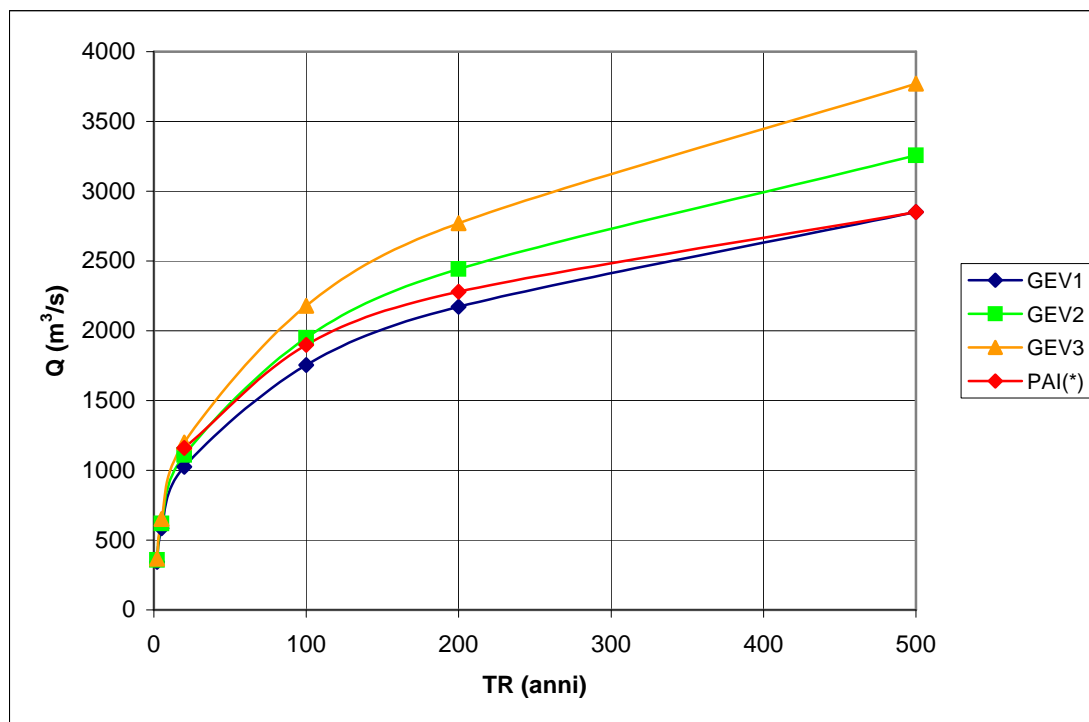


Fig. 22 Torrente Orco alla stazione di Pont C.se; confronto delle curve di distribuzione della portata massima istantanea in funzione del tempo di ritorno in funzione delle diverse serie di dati

L'integrazione possibile della serie temporale delle portate, rispetto ai dati pubblicati, è limitata rispettivamente a 3 e a 4 anni su un periodo di 14 e nell'ambito di tale periodo si dispone solamente dei valori in assoluto più elevati; tale situazione condiziona, per quanto in termini non valutabili, l'adattamento della legge di distribuzione come il trascurare i valori relativi agli eventi più recenti. Inoltre le stime delle portate relative alle piene degli ultimi anni non derivano da misure fatte nella stazione idrometrica ma da valutazioni fatte in altre sezioni e riportate con vari metodi.

L'insieme di queste considerazioni, unitamente alla buona rispondenza dei valori derivanti dalla serie storica con quelli del PAI, ha fatto preferire utilizzare le stime del PAI per le portate con tempo di ritorno compreso tra 20 e 500 anni integrandole con i valori derivanti dalla regolarizzazione della serie storica per le portate con tempo di ritorno di 2 e 5 anni.

Ai fini della variazione dei valori della portata di colmo lungo l'asta, nel tratto da Cuorgnè alla confluenza, si è osservato che i dati del PAI, forniti unicamente nelle due sezioni di estremità del tronco evidenziano un incremento di portata verso valle molto contenuto, decrescente al crescere della portata (12% per tempo di ritorno di 20 anni, 6% per 100 anni, 4% per 200 anni e 1% per 500 anni).

Tale fatto appare abbastanza convincente se si tiene conto che la sezione di Cuorgnè rappresenta il punto di chiusura del bacino montano, che costituisce la sede di formazione delle piene, e che nel tratto a valle non vi sono affluenti significativi. L'apporto della porzione collinare e di pianura del bacino è quindi sicuramente



modesto, tale da compensare in ordine di grandezza l'effetto possibile di laminazione del colmo in rete. Anche questo ultimo fenomeno è per altro modesto, viste le elevate pendenze che caratterizzano l'asta del corso d'acqua. E' per altro ragionevole che la variazione del colmo si riduca verso valle al crescere del valore della portata, in quanto a valori di deflusso più elevati aumenta comunque l'effetto di laminazione in rete.

In ogni caso, poiché le simulazioni idrauliche sono state condotte in regime di moto stazionario, è apparso opportuno valutare in termini idrologici la variazione del colmo lungo l'asta per i diversi tempi di ritorno.

A questo fine, visti anche i modesti incrementi complessivi, si è ritenuta accettabile l'applicazione di una semplice relazione di dipendenza dei contributi chilometrici dalla superficie del bacino idrografico sotteso, secondo la nota espressione di Gherardelli - Marchetti:

$$q_1 = q_2(S_1/S_2)^{-0,67}$$

La Tab. presenta i valori delle portate al colmo, determinati in tal modo lungo l'asta del corso d'acqua.

Tab. 7 Portate di riferimento massime al colmo in funzione del tempo di ritorno lungo l'asta del torrente Orco

Stazioni	Superficie km2	Tempo di ritorno (anni)					
		2	5	20	100	200	500
Pont	617	344	585	1151	1890	2272	2840
Cuorgnè	634	349	590	1160	1900	2280	2850
Valperga (monte t. Gallenca)	680	361	604	1185	1927	2301	2860
Rivarolo	725	373	617	1208	1952	2320	2870
Foglizzo (t. Malesina)	858	406	652	1270	2019	2371	2870
Confl.	930	422	670	1300	2020	2370	2870

9.2 Caratteristiche idrauliche del deflusso in piena

Il comportamento in piena del torrente Orco è stato analizzato attraverso la messa a punto di un modello numerico di simulazione delle condizioni di deflusso nel tratto di interesse.

9.2.1 Modello numerico di calcolo

La determinazione dei profili idraulici per i diversi valori di portata di riferimento è stata eseguita, nell'ipotesi di condizioni di moto stazionario, mediante l'impiego del codice di calcolo HEC-RAS dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Il programma di calcolo opera in moto monodimensionale stazionario e gradualmente vario in corsi d'acqua naturali o in canali; i profili sono calcolati tra una sezione



trasversale e la successiva risolvendo l'equazione generale del moto con una procedura iterativa, denominata Standard Step Method.

Il programma accetta valori di scabrezza diversi tra alveo inciso e piani golenali, computando le caratteristiche del moto su una sezione trasversale composita; è inoltre in grado di tenere conto di perdite di energia per variazioni trasversali della sezione e per ostacoli diversi.

9.2.2 Modello geometrico dell'alveo

Il tratto di corso d'acqua assunto a riferimento per la simulazione delle condizioni di deflusso ha una lunghezza pari a circa 35 km e va dal ponte di Cuorgnè, a monte, alla confluenza in Po.

Sono stati implementate nel modello di simulazione due diverse geometrie dell'alveo:

1. la prima rappresentativa delle condizioni attuali, attraverso la costruzione di 48 sezioni trasversali (passo medio 700 m), estese alla fascia B, derivate da rilievo topografico della Provincia di Torino che ha prodotto un piano quotato della regione fluviale, con aggiornamento al 2003;
2. la seconda è rappresentativa delle condizioni geometriche dell'alveo nel 1975, attraverso l'utilizzo di 54 sezioni trasversali di un rilievo topografico eseguito dal Magistrato per il Po; il rilievo topografico in questione è stato utilizzato come base per le simulazioni idrauliche condotte negli studi propedeutici per la delimitazione delle fasce fluviali del PAI.

Le sezioni nel modello sono numerate in modo progressivo, da valle verso monte, conservando come elemento descrittivo della sezione il numero e il codice del rilievo topografico di origine; la progressiva di riferimento per le distanze delle sezioni trasversali è stata assunta coincidente con quella dell'asse dell'alveo di magra definito rispetto alla geometria relativa al 2003.

Va fatto rilevare che, mentre le sezioni relative al 2003 sono appoggiate al piano quotato sopra citato e sono quindi individuate anche planimetricamente per estensione ed orientamento, le sezioni disponibili relative al rilievo del 1975 sono ubicate planimetricamente solo attraverso un punto che rappresenta l'intersezione della sezione con l'asse del corso d'acqua. Rimane quindi incerto l'orientamento preciso della sezione stessa.

Questo aspetto comporta una certa imprecisione soprattutto nelle operazioni di confronto tra gli assetti geometrici relativi ai due periodi; si è comunque deciso di accettare tale imprecisione vista l'importanza del rilievo più antico per valutare le trasformazioni morfologiche intervenute.

La Tab. 6 riporta la numerazione delle sezioni di riferimento e la relativa posizione sulla progressiva misurata lungo l'asse di magra dell'alveo al 2003 delle sezioni trasversali relative rispettivamente al rilievo topografico del 1975, al rilievo estratto dal piano quotato del 2003 e alle sezioni delle fasce fluviali contenute nel PAI.



Tab. 6 Posizione delle sezioni trasversali lungo il torrente Orco, rispetto alla progressiva lungo l'asse di magra al 2003, relative rispettivamente al rilievo topografico del 1975, del 2003 e alle sezioni del PAI

N. sez. 1975	N. sez. 2003	N. sez. fasce PAI	Distanza parz. (m)	Distanza progr. (m)
1	1	01	0	0
	2		745	745
	3		62	806
2	4	02	271	1078
	5		556	1633
3	6	03	338	1972
4	7	04	720	2691
5	8	05	757	3449
6			560	4009
7	9	06	238	4247
8	10	07	957	5204
9			645	5849
10	11	08	455	6304
11	12		696	7000
12			310	7310
13	13	09	535	7845
14			1070	8915
15	14		207	9122
	15		793	9915
16	16	10	144	10060
	17		571	10631
17	18	11	140	10771
18			375	11146
19	19	12	497	11643
20			1015	12658
21	20	13	922	13580
22			530	14110
23	21	14	884	14995
24			500	15495
25	22	15	665	16160
26	23		779	16939
27	23.1	16	737	17676
28	24		552	18228
29	25	17	718	18946
30			440	19386
31	26		335	19721
32	27	18	597	20319
	28		620	20939
33	29	19	58	20996
34	30		754	21750
35			470	22220
36	30.1	20	474	22694



N. sez. 1975	N. sez. 2003	N. sez. fasce PAI	Distanza parz. (m)	Distanza progr. (m)
37			300	22994
38	31	21	1046	24039
39	32		1109	25149
40	33	22	301	25449
41	34		700	26149
42	35	23	731	26880
	36		633	27513
43	37	24	715	28228
44	38		413	28641
45	39	25	840	29481
46			625	30106
47	40	26	635	30741
48	41		701	31442
49	42	27	709	32152
50			720	32872
51	43		583	33455
52	44	28	847	34302
53			425	34727
	45	29	109	34836
54	46	30	305	35141

9.2.3 Condizioni di scabrezza

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati con riferimento al coefficiente di scabrezza di Manning, assegnato in accordo con le indicazioni fornite dalla letteratura scientifica e in particolare da "Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains" – U.S. Geological Survey Water – Supply Paper 2339, 1989. Il riferimento ai valori indicati in letteratura è stato obbligato dalla mancanza, sul tratto in questione, di misure idrometriche relative ad eventi di piena recenti, sulla base dei quali effettuare operazioni di calibratura del modello idraulico di simulazione.

La scelta dei valori del parametro è stata effettuata sulla base anche di una ricognizione dei luoghi, considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono attualmente l'alveo e la copertura vegetale, che ricopre le sponde del corso d'acqua e le aree immediatamente adiacenti.

Per la valutazione numerica del coefficiente di scabrezza si è fatto ricorso alla nota formula di Cowan (V.T. Chow, Open – Channel Hydraulics) che esprime l'indice di scabrezza di Manning nella forma:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

in cui n_0 è in funzione del materiale costituente l'alveo, n_1 dell'irregolarità della superficie della sezione, n_2 della variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale, n_3 dell'effetto relativo di ostruzioni, n_4 dell'effetto della vegetazione e m_5 del grado di sinuosità dell'alveo.



In applicazione del metodo indicato e in funzione delle caratteristiche riscontrate, si sono adottati i seguenti valori dell'indice di scabrezza di Manning:

- $n = 0,04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (pari a $c = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ di Strickler) per l'alveo inciso;
- $n = 0.67 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (pari a $c = 15 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ di Strickler) per le golene.

Si è tenuto conto nella individuazione dei valori anche della scelta dell'asse dell'alveo come coincidente con l'alveo di magra, che comporta perdite di carico distribuite maggiori nei tratti a più elevata sinuosità.

Le stesse condizioni di scabrezza sono state assegnate alle due configurazioni geometriche relative rispettivamente agli anni 1975 e 2003, ipotizzando implicitamente che le condizioni attuali siano anche rappresentative per la resistenza al moto di quelle passate.

9.2.4 Condizioni al contorno di monte e di valle

Il modello idraulico è stato impiegato in condizioni di moto stazionario per la simulazione di assegnate portate di piena. Nello schema di calcolo, il modello ha la possibilità di utilizzare diverse condizioni al contorno nelle sezioni estreme del tronco, fra le quali:

- il valore del livello idrico o della portata;
- la relazione fra le due variabili (scala di deflusso).

Nel caso, come condizione di monte, sono stati utilizzati i valori di portata al colmo, costante nel tempo, determinati per mezzo delle analisi idrologiche sopra descritte, corrispondenti ai tempi di ritorno compresi di 2, 5, 20, 100, 200 e 500 anni.

In relazione alle portate determinate per via idrologica nelle sezioni idrologicamente significative, ciascuna portata è stata applicata al tronco di monte. Ne risulta la Tab. 8 che riporta le portate assegnate nel modello di simulazione lungo l'asta del torrente.

Tab. 8 Portate di riferimento massime al colmo in funzione del tempo di ritorno lungo l'asta del torrente Orco assegnate nelle diverse sezioni del modello di simulazione

Località	RS	Tempo di ritorno (anni)					
	n	2	5	20	100	200	500
Cuorgnè	46	361	604	1185	1927	2301	2860
Valperga	42	373	617	1208	1952	2320	2870
Rivarolo	30.1	406	652	1270	2019	2371	2870
Foglizzo (t. Malesina)	20	422	670	1300	2020	2370	2870

Nella sezione di valle del tronco (confluenza in Po) sono stati assunti i valori dei livelli idrometrici corrispondenti a ciascuna portata, derivati dalla scala di deflusso calcolata in tale sezione. Non sono stati considerati in questo caso gli eventuali effetti di rigurgito dovuti a una concomitanza di livelli idrometrici elevati in Po, in quanto di scarso interesse per le finalità dello studio.



9.2.5 Applicazioni del modello di simulazione

Il modello di simulazione messo a punto secondo le caratteristiche sopra indicate è stato impiegato per diverse tipologie di analisi, finalizzate alla caratterizzazione del comportamento idraulico del corso d'acqua in studio:

- calcolo dei profili idrici di piena per le portate con tempi di ritorno di 2, 5, 20, 100, 200 e 500 anni;
- calcolo della quota di fondo medio dell'alveo attivo per la portata di piena con tempo di ritorno di 5 anni;
- calcolo delle variazioni di fondo alveo di tipo localizzato e di breve periodo, in corrispondenza di piene intense;
- calcolo capacità di trasporto solido per tronchi omogenei.

Delle analisi indicate, la prima è la più consueta ed è finalizzata alla individuazione delle principali grandezze idrauliche che caratterizzano le condizioni di deflusso in piena; le altre 3 sono finalizzate fornire elementi per esaminare le variazioni morfologiche dell'alveo.

9.2.6 Calcolo dei profili idrici di piena

I profili idrici, in condizioni di moto stazionario, per le portate di piena con tempo di ritorno compreso tra 2 e 500 anni, risultanti dall'applicazione del modello idraulico, hanno permesso di valutare nelle diverse condizioni di deflusso le caratteristiche idrauliche principali del corso d'acqua relative all'alveo attivo e alle aree golenali allagate.

Il calcolo dei profili riferiti alle due geometrie dell'alveo, relative rispettivamente al 2003 e al 1975 ha permesso di valutare l'influenza delle variazioni geometriche sui parametri idraulici propri del deflusso.

I tabulati di calcolo relativi ai profili stessi non vengono riportati nell'ambito della presente relazione per non appesantirne i contenuti, ma sono comunque disponibili in formato numerico per ogni valutazione di dettaglio.

Le Fig. 23, Fig. 24 e Fig. 25 riportano, a titolo di esempio, i profili di piena calcolati per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni rispettivamente per le geometrie relative al 1975 e al 2003.

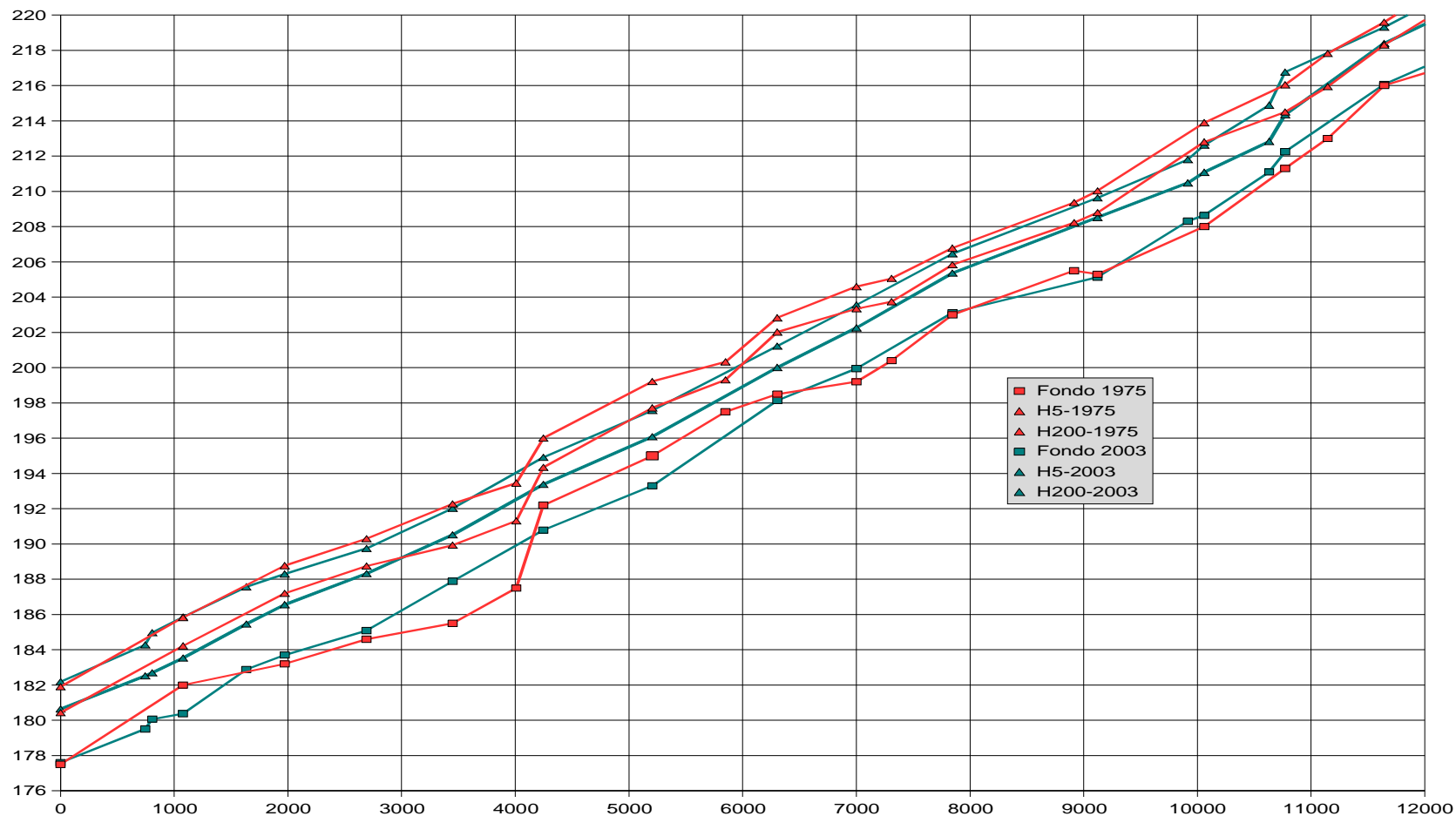


Fig. 23 Torrente Orco nel tratto da progr. km 0 a progr. km 12; profili di piena per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni riferiti alle geometrie relative al 2003 e al 1975

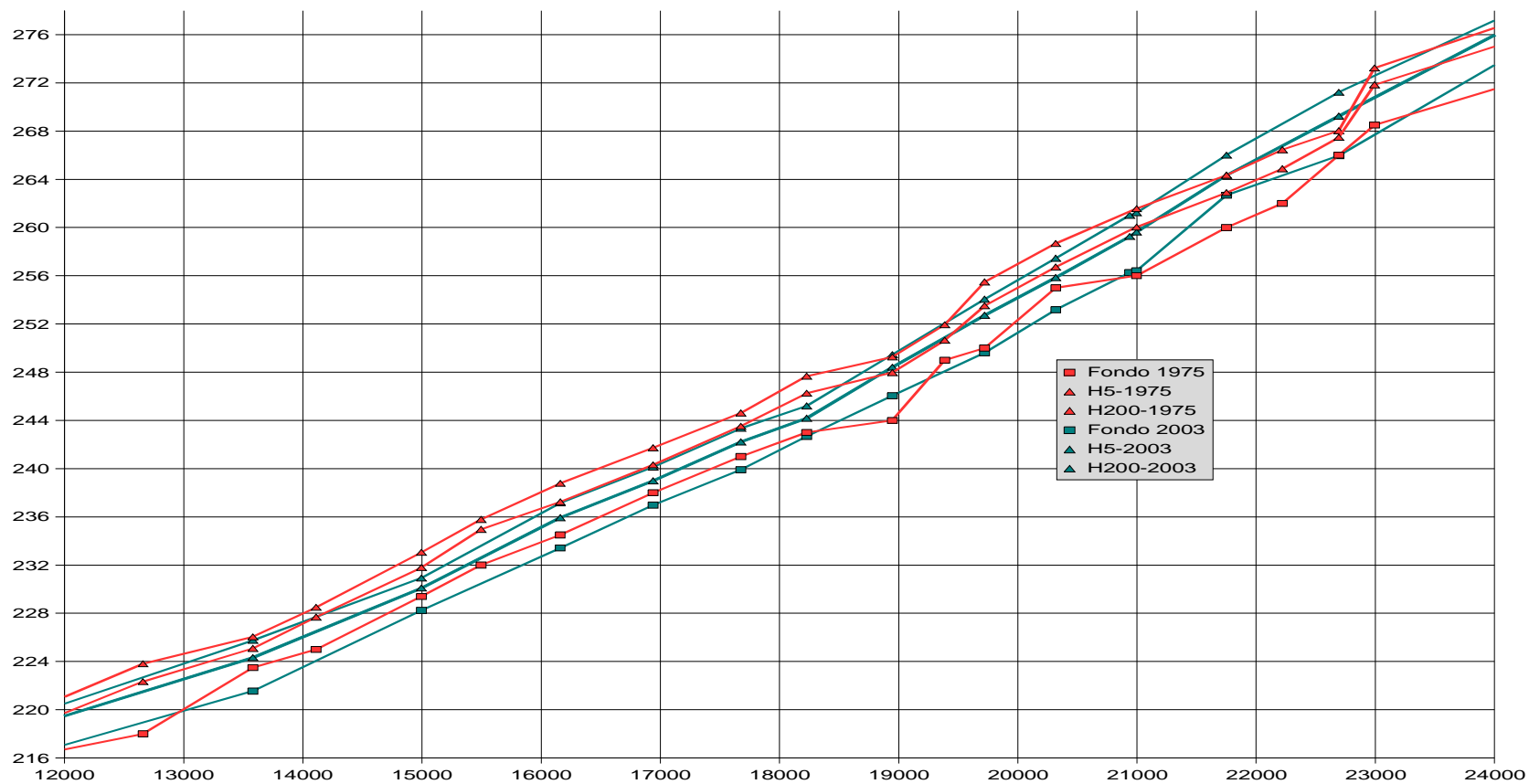


Fig. 24 Torrente Orco nel tratto da progr. km 12 a progr. km 24; profili di piena per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni riferiti alle geometrie relative al 2003 e al 1975

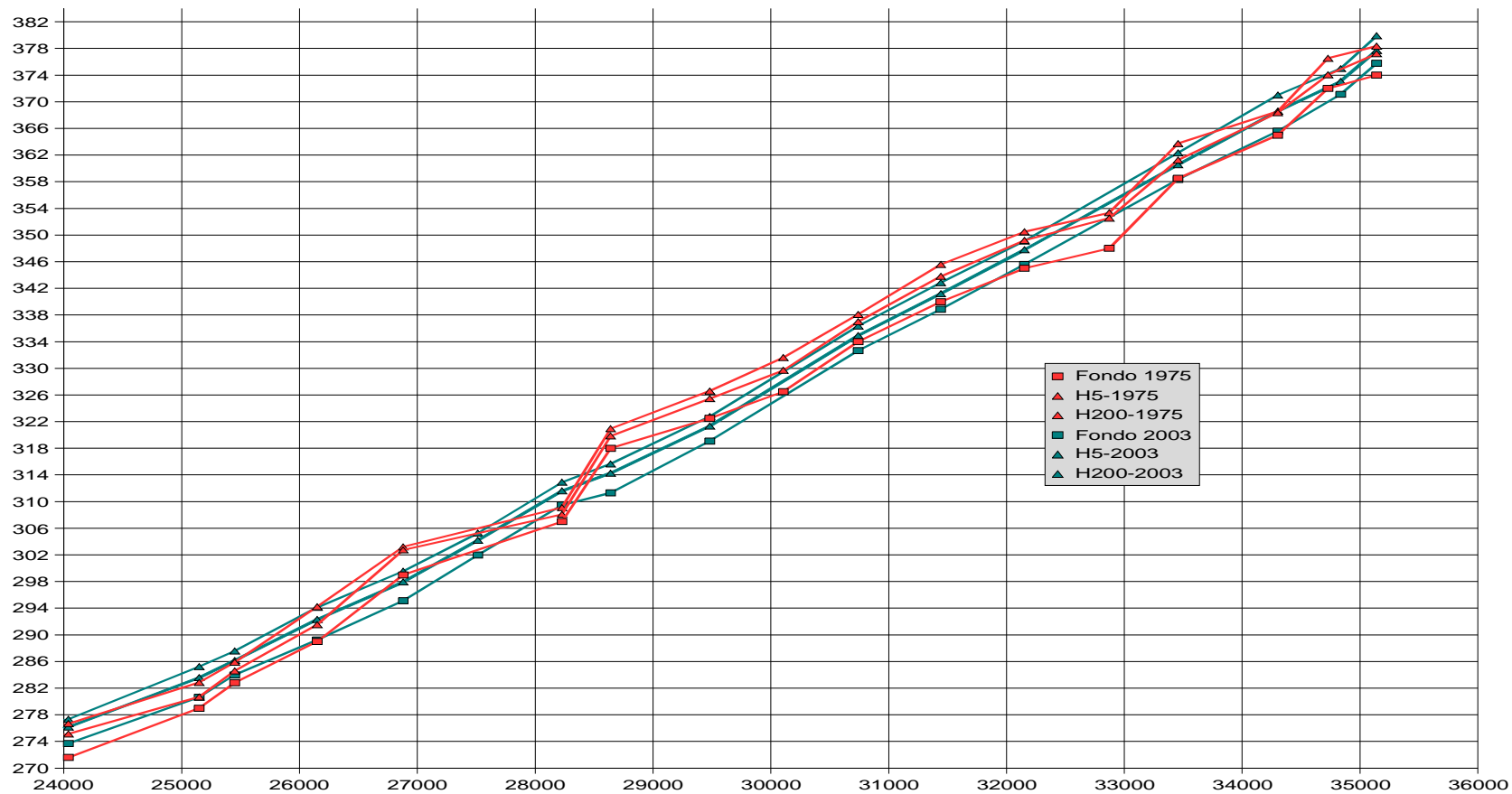


Fig. 25 Torrente Orco nel tratto da progr. km 24 a progr. km 35; profili di piena per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni riferiti alle geometrie relative al 2003 e al 1975



9.2.7 Calcolo della quota di fondo medio dell'alveo attivo

Per analizzare i caratteri dell'evoluzione morfologica dell'alveo del torrente Orco sono state eseguite considerazioni sia in merito alla variazione della geometria trasversale delle sezioni che a riguardo della quota di fondo alveo.

La quota di fondo minimo, da sola, non è in grado di rappresentare compiutamente il trend di variazione geometrica dell'alveo del corso d'acqua, in quanto essa può dipendere dall'evoluzione locale della sezione, che può risentire in modo più o meno marcato della posizione della stessa in rapporto al tracciato planimetrico.

Normalmente nelle analisi di questo tipo, accanto ai valori di fondo minimo, si utilizza anche la quota di fondo medio della sezione attiva dell'alveo, definita come il rapporto fra l'area bagnata corrispondente al livello idrico a bordi pieni (bank-full) e la larghezza della superficie libera nella stessa sezione.

Il profilo idrico del fondo medio del corso d'acqua è considerato rappresentativo della morfologia dell'alveo in quanto meno influenzato, rispetto alle quote di fondo minimo, da singolarità locali che possono determinare localmente la minima quota del fondo.

Sulla base delle analisi idrauliche condotte, si è avuto modo di verificare che la condizione di deflusso mediamente più prossima alla portata a bordi pieni è rappresentata per il tronco di corso d'acqua in questione dalla portata con tempo di ritorno pari a 5 anni.

I profili idrici calcolati per tale portata con riferimento alle geometrie relative rispettivamente al 1975 e al 2003 hanno permesso di ottenere per ciascuna sezione trasversale le grandezze idrauliche necessarie per il calcolo del fondo medio, costituite rispettivamente da:

- l'area della sezione trasversale bagnata per l'altezza idrica corrispondente alla piena con tempo di ritorno di 5 anni,
- la larghezza della superficie libera della stessa sezione.

Il confronto congiunto del dato relativo al fondo minimo e al fondo medio lungo il profilo longitudinale del corso d'acqua permette una valutazione più attendibile delle variazioni geometriche che si sono manifestate.

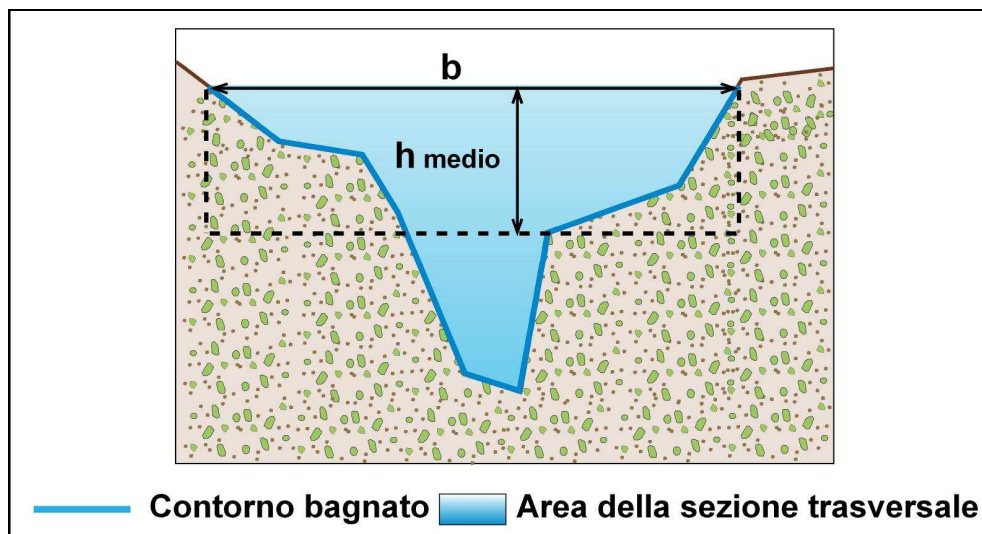


Fig. 26 Schema della sezione trasversale del corso d'acqua e del rapporto tra fondo medio (h_{medio}), area della sezione e larghezza della superficie libera (b)

9.2.8 *Variazioni di lungo periodo del fondo dell'alveo inciso*

Le variazioni della quota di fondo dell'alveo attivo nel tempo sono un buon indicatore dell'evoluzione morfologica dello stesso; naturalmente per una valutazione significativa, i rilievi disponibili devono essere riferiti a intervalli di tempo sufficientemente lunghi, in modo tale che sia ridotta l'influenza di quelle variazioni cicliche del fondo legate al regime idrologico o alla casualità di fenomeni locali. Inoltre, quanto più sono numerosi i rilievi disponibili, opportunamente distanziati nel tempo, tanto più sono possibili valutazioni di tendenza.

Nel caso in studio, come si è detto, i rilievi topografici di riferimento sono relativi solamente a due periodi sufficientemente distanti tra loro: rispettivamente il 1975, con il rilievo del Magistrato per il Po, e il 2003.

Il confronto del profilo di fondo minimo e del profilo di fondo medio, secondo la definizione e il metodo di calcolo indicati al punto precedente, forniscono comunque elementi di valutazione preziosi.

La Tab. 9 riporta i profili di fondo minimo e di fondo medio relativi al 1975 e al 2003; come si può notare, le posizioni delle sezioni relative ai due periodi non sono sempre corrispondenti; in questi casi le quote del fondo sono state interpolate linearmente tra le sezioni adiacenti, per permettere sempre un confronto. Naturalmente i valori più significativi sono quelli relativi alle sezioni di effettivo rilievo topografico.



Tab. 9 Profili di fondo minimo e di fondo medio relativi al 1975 e al 2003

N. sez. 1975	N. sez. 2003	N. sez. fasce PAI	Distanza progr. (m)	Fondo min. 1975 (m s.m.)	Fondo medio 1975 (m s.m.)	Fondo min. 2003 (m s.m.)	Fondo medio 2003 (m s.m.)
1	1	01	0	177.50	179.18	177.6	179.19
	2		745	180.61	181.61	179.51	180.19
	3		806	180.87	181.81	180.07	180.43
2	4	02	1078	182.00	182.70	180.38	180.94
	5		1633	182.75	184.84	182.88	183.93
3	6	03	1972	183.20	186.15	183.7	185.55
4	7	04	2691	184.60	186.30	185.09	186.85
5	8	05	3449	185.50	187.42	187.89	189.21
6			4009	187.50	189.53	189.93	191.18
7	9	06	4247	192.20	192.76	190.79	192.01
8	10	07	5204	195.00	196.76	193.3	194.91
9			5849	197.50	198.44	196.14	197.25
10	11	08	6304	198.50	201.36	198.14	198.91
11	12		7000	199.20	202.11	199.95	201.33
12			7310	200.40	202.97	201.11	202.56
13	13	09	7845	203.00	205.28	203.12	204.70
14			8915	205.50	207.45	204.80	207.14
15	14		9122	205.30	207.85	205.13	207.61
	15		9915	207.58	211.33	208.31	209.28
16	16	10	10060	208.00	211.96	208.64	209.73
	17		10631	210.65	212.51	211.1	211.34
17	18	11	10771	211.30	212.64	212.25	212.90
18			11146	213.00	214.67	213.89	214.81
19	19	12	11643	216.00	217.33	216.07	217.35
20			12658	218.00	220.86	218.94	220.39
21	20	13	13580	223.50	224.51	221.55	223.15
22			14110	225.00	227.01	224.06	225.49
23	21	14	14995	229.40	231.07	228.24	229.38
24			15495	232.00	234.07	230.46	231.74
25	22	15	16160	234.50	236.15	233.42	234.88
26	23		16939	238.00	239.55	236.97	238.12
27	23.1	16	17676	241.00	242.07	239.91	241.45
28	24		18228	243.00	245.60	242.67	243.38
29	25	17	18946	244.00	246.76	246.05	247.59
30			19386	249.00	249.42	248.07	249.80
31	26		19721	250.00	251.31	249.61	251.49
32	27	18	20319	255.00	255.29	253.18	254.28
	28		20939	255.91	258.68	256.26	257.67
33	29	19	20996	256.00	259.00	256.41	257.71
34	30		21750	260.00	261.31	262.68	263.19
35			22220	262.00	263.16	264.32	265.15
36	30.1	20	22694	266.00	266.78	265.97	267.13
37			22994	268.50	270.70	267.69	268.94
38	31	21	24039	271.60	274.04	273.7	275.27



N. sez. 1975	N. sez. 2003	N. sez. fasce PAI	Distanza progr. (m)	Fondo min. 1975 (m s.m.)	Fondo medio 1975 (m s.m.)	Fondo min. 2003 (m s.m.)	Fondo medio 2003 (m s.m.)
39	32		25149	279.00	279.15	280.65	282.23
40	33	22	25449	282.80	283.06	283.99	285.01
41	34		26149	289.00	290.31	289.25	290.54
42	35	23	26880	299.00	302.18	295.14	296.93
	36		27513	302.76	304.52	301.98	303.14
43	37	24	28228	307.00	307.16	309.48	310.66
44	38		28641	318.00	319.06	311.31	313.13
45	39	25	29481	322.50	323.82	319.09	320.40
46			30106	326.50	327.79	325.83	326.97
47	40	26	30741	334.00	335.85	332.67	333.65
48	41		31442	340.00	342.44	338.85	340.05
49	42	27	32152	345.00	348.04	345.59	346.50
50			32872	348.00	350.63	352.64	353.33
51	43		33455	358.50	359.51	358.36	358.88
52	44	28	34302	365.00	367.42	365.59	366.46
53			34727	372.00	372.37	369.99	370.44
	45	29	34836	372.53	373.03	371.12	371.46
54	46	30	35141	374.00	374.86	375.77	375.96

Le successive Fig. 27, Fig. 28, Fig. 29 e Fig. 30 riportano graficamente l'andamento dei profili indicati.

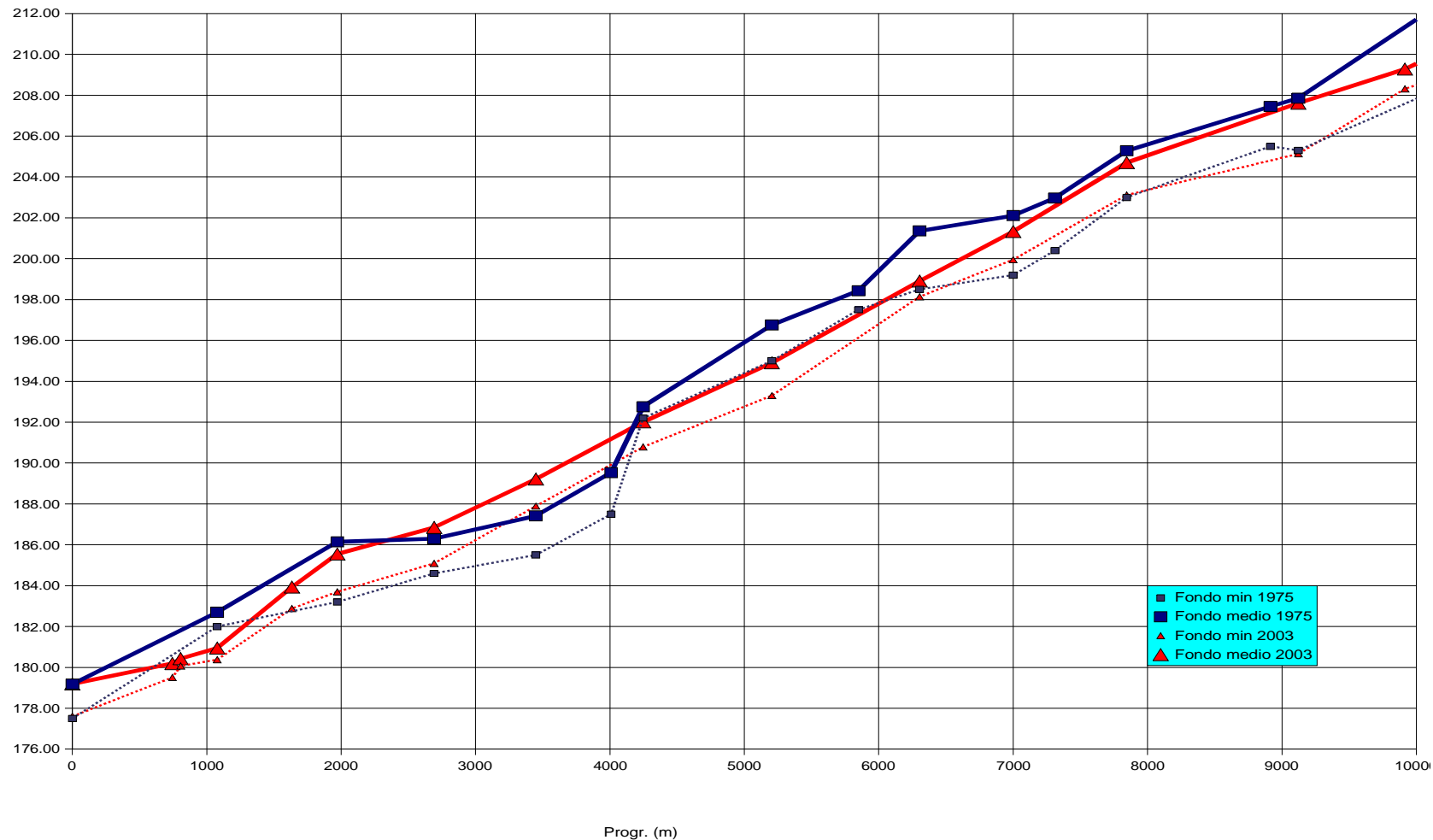


Fig. 27 Profili di fondo minimo e di fondo medio relativi al 1975 e al 2003; tronco da progr. km 0,000 a progr. km 10,000

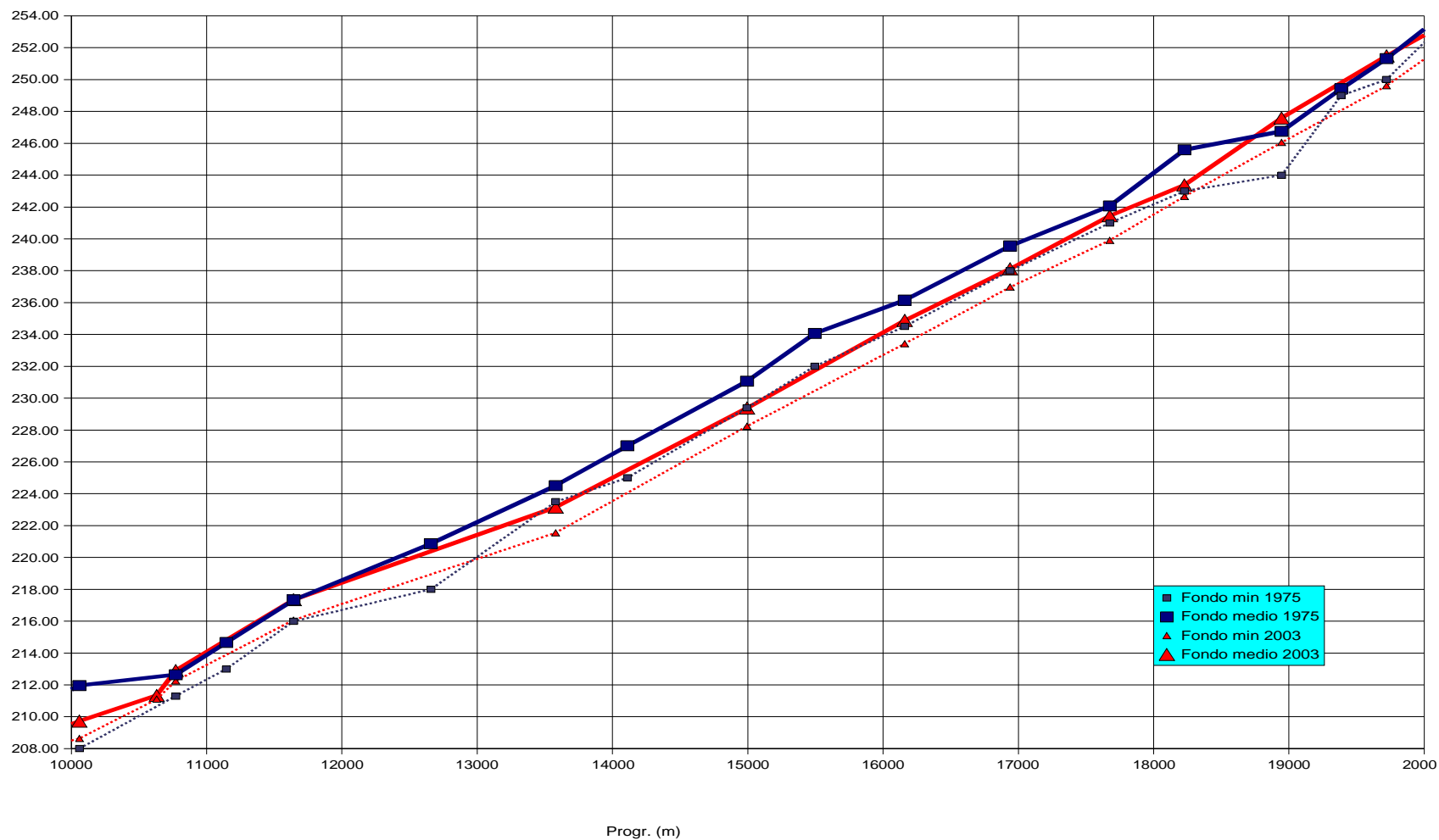


Fig. 28 Profili di fondo minimo e di fondo medio relativi al 1975 e al 2003; tronco da progr. km 10,000 a progr. km 20,000

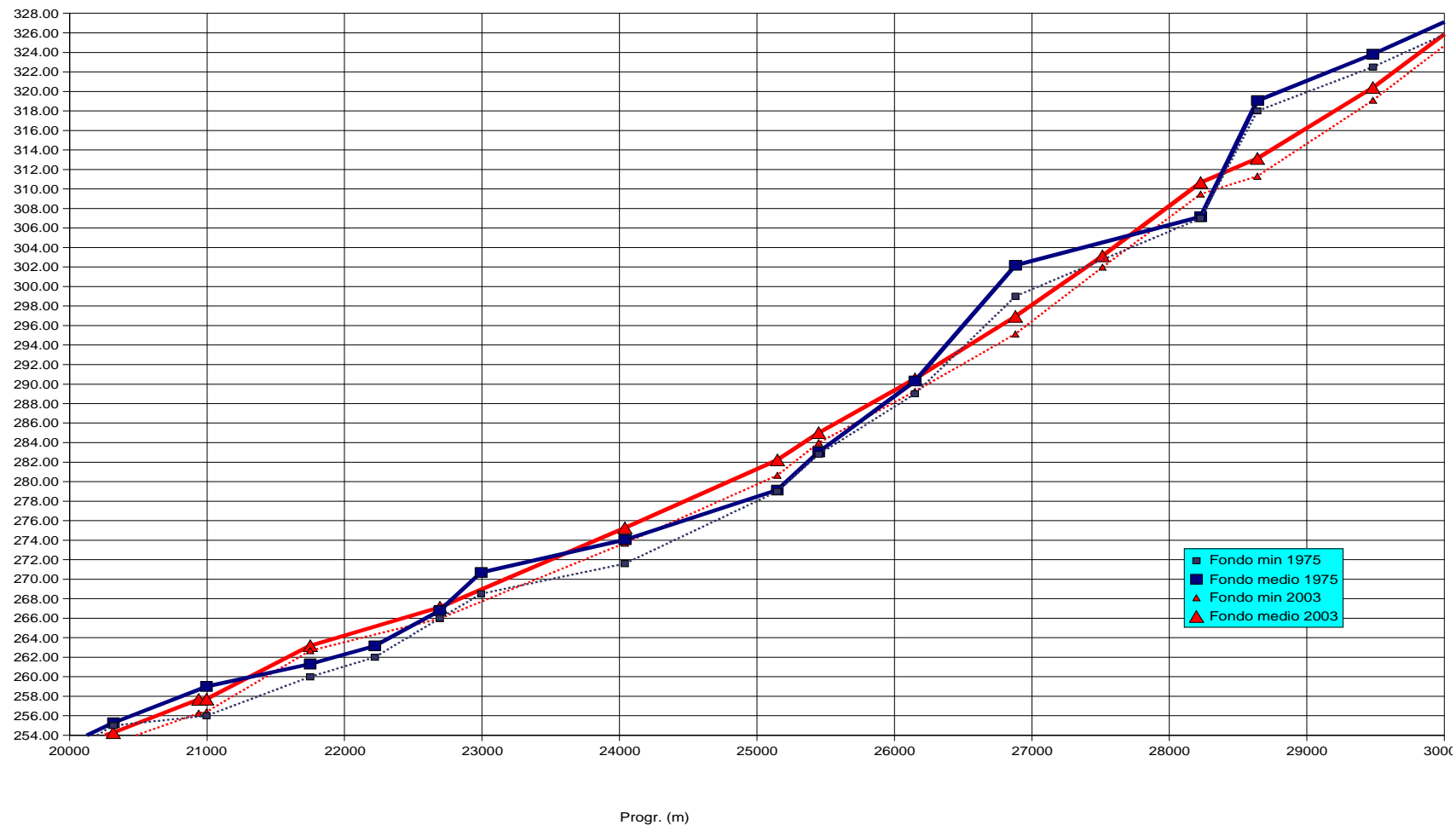


Fig. 29 Profili di fondo minimo e di fondo medio relativi al 1975 e al 2003; tronco da progr. km 20,000 a progr. km 30,000

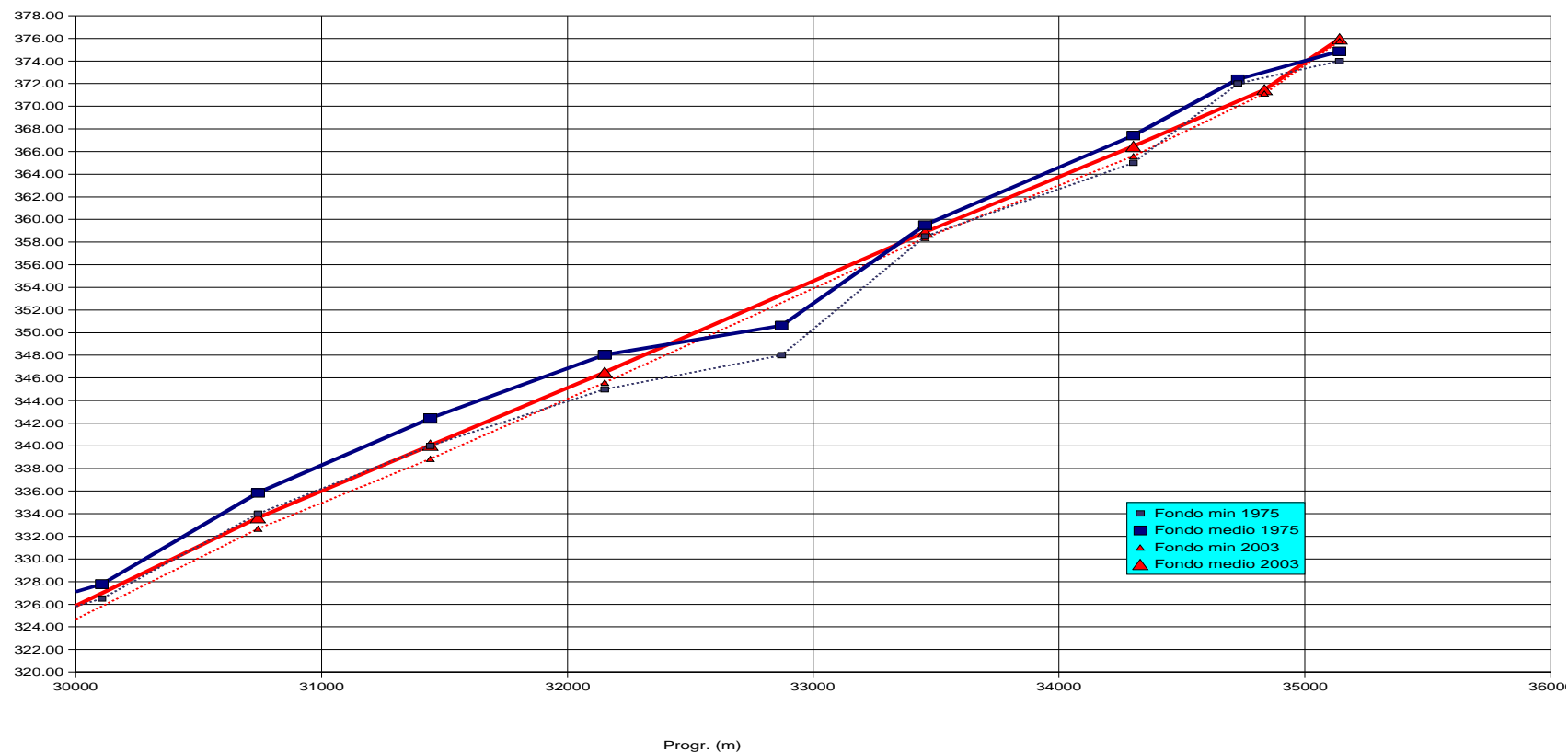


Fig. 30 Profili di fondo minimo e di fondo medio relativi al 1975 e al 2003; tronco da progr. km 30,000 a progr. km 35,000



Le variazioni del fondo minimo e del fondo medio sono state analizzate per i singoli tronchi considerati, con il fine di determinare in tale modo una condizione media rappresentativa dello stato del tronco, che ha, come si è detto, caratteri di omogeneità sotto l'aspetto morfologico e di assetto idraulico.

A questo scopo, il confronto tra la situazione al 1975 e al 2003 è stato effettuato individuando i seguenti parametri relativi sia al fondo minimo che a quello medio per ciascun tronco:

il valore dell'abbassamento (valore negativo) massimo,

il valore dell'innalzamento (valore positivo) massimo,

il valore della variazione media (pesata sulla distanza tra le diverse sezioni) della quota di fondo.

Con riferimento al fondo medio, giudicato più rappresentativo della reale modificazione morfologica, è stata inoltre adottata una classificazione di sintesi rappresentativa dei casi di incisione, stabilità e innalzamento:

VARIAZIONE FONDO MEDIO		
da + 0.5 m a + 1.5 m	moderata sedimentazione	
da -0.5 m a +0.5 m	equilibrio	
da - 0.5 m a -1.5 m	incisione moderata	
da - 1.5 m a -2.5 m	incisione elevata	
da - 2.5 m a -3.5 m	incisione molto elevata	

Per i 10 tronchi considerati risulta pertanto la seguente tabella che rappresenta sinteticamente le variazioni intervenute nel trentennio analizzato, 1975 - 2003:

	TRONCHI									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fondo min (thalweg)										
abbassamento max (m)	-1.62	-1.70	-1.70	-0.17	-1.95	-1.82	-0.80	-6.69	-3.41	-2.01
innalzamento max (m)	0.50	2.43	0.75	0.95	2.05	2.68	2.10	2.48	4.64	1.77
variaz. media (m)	-0.38	0.27	-0.48	0.41	-0.41	0.48	1.53	-1.43	-1.04	-0.01
fondo medio										
abbassamento max (m)	-1.75	-1.85	-2.45	-2.24	-2.24	-1.29	-1.76	-5.93	-3.42	-2.23
innalzamento max (m)	0.01	1.80	-0.24	0.26	0.84	1.87	3.08	3.50	2.71	0.26
variaz. media (m)	-0.96	0.00	-1.13	-1.45	-1.02	0.12	1.36	-1.41	-1.85	-0.86

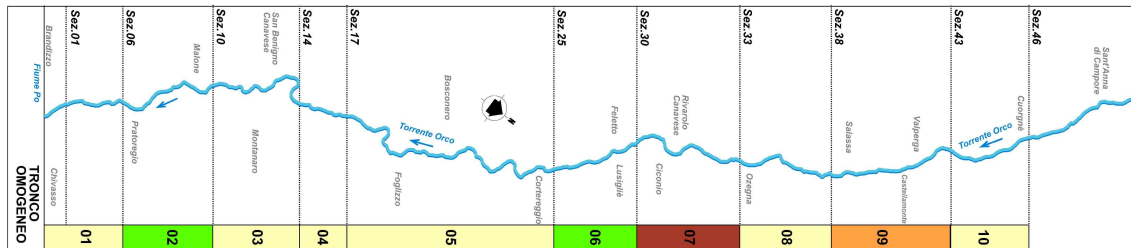


Fig. 31 **Variazione del profilo di fondo medio nel periodo 1975 - 2003**

Come si può osservare dai valori risultanti, la maggior parte dei tronchi è in una condizione di incisione moderata, con abbassamento medio compreso tra -0.5 m e $-1,5$ m.

Il tronco 2, a monte degli attraversamenti stradali, ferroviari e autostradali che interessano la parte terminale dell'asta risulta in condizioni di equilibrio, probabilmente per effetto del restringimento di sezione a valle dovuto agli stessi attraversamenti e delle soglie di fondo presenti.

In condizioni di equilibrio risulta pure il tronco 6, da S. Giusto C.se (Cortereggio) a Feletto, dove l'alveo ha tracciato sostanzialmente rettilineo, vincolato da opere di sponda, sia in destra che in sinistra.

Il successivo tronco 7 di monte, da Feletto a Rivarolo C.se, risulta infine in condizioni di moderata sedimentazione, anche se con forti oscillazioni locali tra innalzamenti ed abbassamenti.

Infine il tronco 9, a valle della traversa di derivazione del Canale di Caluso, risulta in una condizione di incisione elevata, probabilmente in conseguenza anche dell'effetto della traversa stessa che condiziona il profilo e la capacità di trasporto della corrente a monte.

9.2.9 **Valutazione delle dinamiche d'alveo correlata al trasporto solido**

La valutazione della dinamica d'alveo di un determinato corso d'acqua presuppone l'impiego di criteri e metodologie differenziati in funzione della finalità dell'indagine, delle caratteristiche dell'ambito fisico oggetto di studio, della quantità e qualità dei dati disponibili. Ad esempio l'ambito fisico può essere riferito a un singolo tratto di un corso d'acqua oppure all'insieme di più corsi d'acqua appartenenti a un reticolo idrografico. La scala spaziale in tal caso influenza la metodologia di indagine e, conseguentemente, la tipologia dei dati necessari alla caratterizzazione del sistema.

Nel caso l'analisi è finalizzata allo studio della dinamica d'alveo del torrente Orco nel tratto di pianura, con l'obiettivo di individuare le attuali tendenze evolutive di tipo generalizzato e le dinamiche di tipo localizzato ai fini della stima del rischio idraulico associato.

Per il primo punto si deve fare riferimento alla media scala temporale (dell'ordine delle decine di anni), mentre per il secondo le valutazioni sono riferite al periodo di piena (dell'ordine delle decine di ore).

La metodologia di indagine si dovrebbe basare sulla stima della capacità di trasporto solido nelle singole sezioni e sul calcolo dei bilanci sedimentologici effettuato su tratti significativi del corso d'acqua.



La quantificazione delle tendenze evolutive e quindi del rischio da dinamica d'alveo a queste associate si basa sull'entità degli squilibri rilevati e sulla probabilità del loro verificarsi.

La valutazione del trasporto solido di un corso d'acqua naturale si presenta come operazione complessa e dai risultati privi di un grado di affidabilità confrontabile con quello della stima di altri parametri relativi al rischio idraulico.

In particolare il trasporto solido longitudinale di un corso d'acqua naturale risulta, tronco per tronco, sostanzialmente determinato sia da fenomeni locali (interazione diretta fra corrente e sedimenti dell'alveo) sia da fenomeni remoti (trasporto in sospensione di sedimenti sufficientemente fini da essere convogliati senza interazione con l'alveo: il cosiddetto wash-load) o comunque non strettamente locali (trasporto in sospensione di sedimenti rappresentati nell'alveo, ma presi in carico a monte del tronco considerato).

Va inoltre tenuto presente che nell'ambito generale della dinamica del trasporto solido relativa a un tronco fluviale devono essere considerati schematicamente almeno i seguenti schemi di funzionamento:

il **bilancio sedimentologico a medio termine** che fa riferimento alla valutazione della capacità di trasporto della corrente calcolata in una specifica condizione idraulica, assunta come significativa allo scopo, e rappresentata da quella corrispondente al convogliamento della piena con un tempo di ritorno modesto (normalmente 2-5 anni), la cui portata normalmente approssima la portata di bank-full (piene rive) dell'alveo attivo e la cosiddetta "portata dominante", concetto questo utilizzato nelle analisi morfologiche fluviali e che individua sinteticamente la portata cui si ritiene si adegui, sul medio-lungo termine, l'alveo attivo del corso d'acqua;

i bilanci sedimentologici a breve termine, in cui si fa riferimento ad un singolo evento di piena e alle conseguenze che in termini di variazioni altimetriche si possono manifestare nelle varie sezioni dell'alveo.

I due aspetti sono normalmente distinti anche nei risvolti delle operazioni di manutenzione dell'alveo, in quanto a seguito dei fenomeni di movimentazione e deposito di materiale che si manifestano nel corso di una piena intensa, nell'arco della durata dell'evento, si rendono necessari, e sono normalmente attuati, lavori di pronto intervento o di somma urgenza che puntano a ripristinare la normale geometria dell'alveo per garantirne l'ufficiosità.

In questi casi non è normalmente possibile attendere che il materiale depositato nell'alveo, proveniente dagli affluenti e dai tronchi di monte, venga rimesso in circolo e ridistribuito lungo il tronco dai deflussi relativi al regime idrologico ordinario.

Il bilancio idrologico a medio termine, sostenuto dalle portate ordinarie del corso d'acqua, è invece quello a cui viene normalmente ascritta l'evoluzione morfologica dell'alveo, soprattutto in termini di variazione (abbassamento) delle quote di fondo.

Allo stato del presente studio non è pensabile la definizione dei due bilanci sedimentologici (di breve e di medio termine) sia in relazione allo stato delle conoscenze disponibili sulle caratteristiche geometriche e idrauliche dell'alveo sia in relazione alle difficoltà scientifica di definizione delle grandezze coinvolte senza il supporto di un monitoraggio esteso su un periodo di tempo sufficientemente lungo per una serie adeguata di parametri rappresentativi dei fenomeni in gioco.



Si è quindi stabilito di attuare comunque una valutazione di prima fase delle grandezze in gioco con lo scopo di produrre delle analisi che puntino ad indirizzare le azioni da attuare nella prima fase di avvio del programma di gestione dei sedimenti.

Ovviamente tali valutazioni dovranno essere opportunamente approfondite nel futuro in relazione alla finalizzazioni più opportune che potranno derivare dalle prime fasi attuative del programma e sulla base, come detto prima, di indagini e di monitoraggi espressamente condotti.

Le elaborazioni condotte hanno pertanto riguardato sia il bilancio di breve che quello di medio termine con le seguenti finalità:

individuare elementi utili alla definizione delle **dinamiche di tipo localizzato** che si possono manifestare nel corso di una singola piena (decine di ore) con la finalità di avere un indicatore di rischio idraulico collegato alla dinamica d'alveo;

definire indicatori delle **dinamiche di tipo generalizzato**, che si manifestano a media scala temporale (decine di anni) e che sostengono l'evoluzione morfologica del corso d'acqua.

Per le **dinamiche di tipo localizzato**, il bilancio sedimentologico è stato applicato a un tronco di corso d'acqua compreso tra due sezioni topografiche successive valutandone lo squilibrio in base alle seguenti ipotesi:

gli effetti dei fenomeni localizzati conseguenti al passaggio di un'onda di piena sono riconducibili alle sole variazioni altimetriche del fondo;

tali variazioni sono computabili con la formula semplificata proposta da Straub (1934), e successivamente confermata da altri autori (Garde, 1977):

$$y_2/y_1 = (b_1/b_2)^{0.63}$$

ove y_1 e y_2 rappresentano rispettivamente l'altezza d'acqua a monte e a valle nella condizione di fondo mobile, mentre b_1 e b_2 rappresentano le larghezze delle due sezioni delimitanti il volume di controllo.

La variazione altimetrica Δ (che risulta negativa e corrispondente quindi ad un fenomeno di erosione) è pertanto stimabile secondo Straub tramite la differenza:

$$\Delta = y_1 - y_2$$

Tale formula, dedotta utilizzando uno schema di moto uniforme, è risultata applicabile anche in condizioni di moto vario per la stima della massima profondità di erosione in prossimità di un brusco restringimento (Lamberti e Montefusco, 1984).

La stessa formula, verificata per restringimenti di sezione, è stata qui estesa a variazioni generiche di sezione, quindi anche per allargamenti. In tal caso la tendenza dell'alveo è, ovviamente, quella del deposito (Δ positivo). Inoltre è stata adottata una modifica per il calcolo della massima variazione altimetrica Δ che tiene conto dei risultati ottenuti dal modello idraulico (a fondo fisso): la variazione altimetrica è ottenuta per differenza tra la profondità massima calcolata con quest'ultimo e il valore di



profondità dedotto con la formula di Straub per effetto della variazione di larghezza della sezione calcolata anch'essa con il modello; in simboli:

$$\Delta = y_{2m} - y_2 = y_{2m} - y_{1m} (b_{1m}/b_{2m})^{0.63}$$

dove con il pedice aggiuntivo m sono indicate le grandezze idrauliche calcolate dal modello a fondo fisso. La larghezza b è stata assunta come quella della sezione liquida rettangolare avente area e profondità massima pari a quelle della sezione reale.

Per le **dinamiche di tipo generalizzato**, che si manifestano a **media scala temporale**, è stata fatta in questa fase una valutazione della capacità di trasporto dell'alveo con riferimento alle portate di piena determinate idrologicamente.

Il calcolo è stato fatto per le portate con tutti i tempi di ritorno definiti – compresi tra 2 e 500 anni – anche se è noto, per quanto detto in precedenza, che sono significative quelle relative alle portate con tempo di ritorno minore, compreso tra due e 5 anni; la portata con tempo di ritorno di 5 anni è stata assunta come portata di riferimento a bordi pieni per tutto il tronco di corso d'acqua in studio.

Per quanto riguarda la scelta della formula da utilizzare per il calcolo del trasporto solido, bisogna in primo luogo considerare la natura dell'alveo che risulta ghiaioso per la quasi totalità della loro lunghezza. Per alvei di questo tipo sono disponibili alcune formule classiche, molto collaudate, quali quelle di Schoklitsch, di Einstein e quella di Meyer-Peter&Müller, insieme a formule più recenti, ma di impiego abbastanza diffuso: quella di Smart & Jaeggi e quella di Graf & Acaroglu.

Si può osservare che alcune di esse (Einstein, Meyer-Peter&Müller, Smart & Jaeggi) sono proposte per il calcolo del trasporto al fondo, mentre altre (Schoklitsch, Graf & Acaroglu) sono proposte per il calcolo del trasporto totale, ma le differenze sono in realtà inesistenti per le granulometrie in oggetto. È appena il caso di ricordare che tutte le formule disponibili fanno riferimento a condizioni di moto uniforme, condizioni che si assumono localmente verificate, con un grado di approssimazione evidentemente variabile da sezione a sezione.

Tra tutte le formule sopra riportate si è ritenuto adottare nell'ambito del presente studio solo quella di Meyer-Peter&Müller, sia per la sua affidabilità nelle applicazioni a alvei ghiaiosi, sia in considerazione del fatto che, non dovendo effettuare valutazioni in termini assoluti bensì confronti tra capacità di trasporto, appare superfluo svolgere calcoli analoghi per tutte le equazioni sopra riportate. Inoltre la formula è direttamente implementata nel modello di calcolo idraulico utilizzato e tra quelle inserite rappresenta quella più adatta nel caso di materiale d'alveo a granulometria grossolana.

Posti dunque i seguenti simboli:

Q, q = portata liquida volumetrica, totale e per unità di larghezza (m^3/s e $m^3/s*m$)

q_c = portata liquida critica, per unità di larghezza, corrispondente all'inizio del moto dei sedimenti ($m^3/s*m$)

Qs, qs = portata solida volumetrica (in volume effettivo), totale e per unità di



larghezza (m^3/s e $m^3/s \cdot m$)

γ, γ_s = peso specifico dell'acqua e dei sedimenti (N/m^3)

g = accelerazione di gravità (pari a $9.81 m/s^2$)

s = $(\gamma_s - \gamma) / \gamma$ gravità specifica

D = diametro caratteristico dei sedimenti dell'alveo, pari al D_{50} (m)

b = larghezza locale della sezione bagnata dell'alveo (m)

B = perimetro bagnato della sezione dell'alveo (m)

y = profondità media locale della corrente (m)

R = raggio idraulico locale (m)

i = pendenza motrice

i_c = pendenza critica, corrispondente all'inizio del moto dei sedimenti dell'alveo

Φ = $q_s / (sgD^3)^{0.5}$ parametro adimensionale di trasporto

la formula di Meyer-Peter&Müller si scrive:

$$Q_s = \Phi b (sgD^3)^{0.5}$$

con

$$\Phi = 8 (1/(sD/Ri) - 0.047)^{3/2}$$

L'applicazione della formula è stata fatta per tutto il tratto in studio del corso d'acqua e per tutte le portate di piena considerate.

Per la descrizione della granulometria dell'alveo si è fatto riferimento alle indagini effettuate nell'ambito del Contratto di ricerca Politecnico – Regione Piemonte “Svolgimento di attività relativa al monitoraggio e manutenzione del fiume Orco nel tratto Pont Canavese – Po”, 2005.

9.2.10 Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo localizzato correlate al trasporto solido

La stima delle dinamiche localizzate dell'alveo inciso di breve periodo, corrispondenti ad eventi di piena particolarmente intensi e quindi della durata dell'ordine del giorno o delle decine di ore sono stati analizzati lungo l'intera asta dell'Orco in applicazione del metodo illustrato al punto precedente.

Conviene richiamare alcuni concetti e definizioni propedeutici all'analisi svolta, con lo scopo di evidenziare il ruolo di tali valutazioni nell'ambito del programma di gestione dei sedimenti.

I fenomeni di dinamica d'alveo qui considerati sono relativi alle sole variazioni altimetriche indotte da processi erosivi o di deposito; vengono pertanto esclusi, anche



se in parte connessi ai precedenti, tutti i fenomeni relativi alle dinamiche planimetriche, alle variazioni di larghezza e alla stabilità delle sponde. Essi si verificano in conseguenza dell'interazione tra la corrente e opere in alveo, come per esempio le pile dei ponti, le briglie o le fondazioni di una difesa di sponda, oppure in corrispondenza di variazioni della sezione di deflusso.

Gli effetti della dinamica d'alveo sono in tal caso confinati nell'intorno della struttura, o comunque in tratti di alveo di lunghezza dell'ordine della larghezza della sezione, e possono pregiudicare la stabilità della struttura interessata in tempi anche dello stesso ordine della durata di un unico evento.

Gli effetti derivanti da tali variazioni altimetriche da dinamica d'alveo possono essere di tipo diretto, come il crollo di un ponte per effetto dell'erosione attorno alle pile, o il franamento di una sponda sempre per effetto dell'erosione d'alveo, o di tipo indiretto, come l'inondazione di un'area causata da un franamento arginale a seguito dell'erosione dell'alveo o da un sormonto arginale legato alla diminuzione della capacità di deflusso a seguito dell'innalzamento del fondo conseguente a fenomeni di deposito del materiale trasportato dalla corrente.

In relazione allo scopo delle valutazioni, sono significative quelle situazioni in cui la variazione altimetrica per le portate di riferimento risulta superiore, in positivo o in negativo, alla fascia giudicabile di ordinaria oscillazione per il fondo alveo.

Le valutazioni sono state effettuate, sulla base dei risultati derivanti dalle simulazioni idrauliche condotte, con riferimento alle condizioni di piena con tempo di ritorno pari rispettivamente a 20, 100 e 200 anni, giudicando la piena cinquecentennale comunque poco significativa ai fini dell'analisi.

Si è fatto poi riferimento, come indicatore specifico, ai risultati relativi alla piena con tempo di ritorno di 200 anni, che rappresenta la portata di riferimento per le condizioni di progetto del corso d'acqua. Per i singoli tronchi sono poi stati evidenziati i valori di innalzamento e di abbassamento massimi che si sono ottenuti, la cui localizzazione è significativa nell'ambito delle operazioni di gestione dei fenomeni di dinamica dell'alveo.

Su tali valori è infatti possibile una duplice chiave di lettura:

in termini di rischio idraulico, in quanto gli innalzamenti e gli abbassamenti massimi del fondo alveo possono rappresentare le localizzazioni dove nel corso di una piena intensa si hanno i massimi scalzamenti sulle opere di difesa e sulle infrastrutture in alveo o, al contrario, i massimi sovralluvionamenti, con conseguente possibilità di innalzamento dei livelli idrici conseguente a una riduzione dell'efficienza idraulica della sezione;

in termini di interventi di manutenzione straordinaria dell'alveo a seguito della piena, rappresentando soprattutto la localizzazione dei massimi sovralluvionamenti dell'alveo che si possono manifestare.

Nelle Fig. 32, Fig. 33, Fig. 34 e Fig. 35 sono rappresentati gli andamenti dei profili di fondo che risultano dai calcoli effettuati con riferimento alle tre portate di piena considerate.

Visto il significato dell'elaborazione condotta, le valutazioni sono state condotte con riferimento esclusivamente alla geometria dell'alveo attuale (2003); dal punto di vista degli indicatori, si è quindi fatto riferimento, come detto, alla piena più gravosa (tempo



di ritorno di 200 anni) che rimane nel campo degli eventi per i quali è dimensionato il sistema difensivo del corso d'acqua.

La successiva Tab. 10 riporta i valori numerici delle oscillazioni del fondo nelle sezioni del profilo longitudinale del corso d'acqua riferiti alla portata duecentennale e mette in evidenza i massimi approfondimenti e innalzamenti per ciascun tronco.

L'analisi dei risultati conseguiti sarà approfondita, in termini di tendenze evolutive, con riferimento alla situazione specifica dei singoli tronchi; in questa sede, a livello di valutazione complessiva, si può osservare come i valori di oscillazione del fondo alveo non raggiungano livelli eccessivamente elevati.

Se infatti si può considerare come, orientativamente, l'oscillazione dell'ordine di un metro possa rappresentare il limite di una normale variazione del fondo minimo in corso di piena, che non provoca influenze significative sui livelli idrici o sulla stabilità delle opere di difesa sollecitate, è possibile vedere come in gran parte dei tronchi i valori permangano al di sotto di tale limite. Solo in due tronchi centrali si verificano oscillazioni più elevate sia in positivo che in negativo.

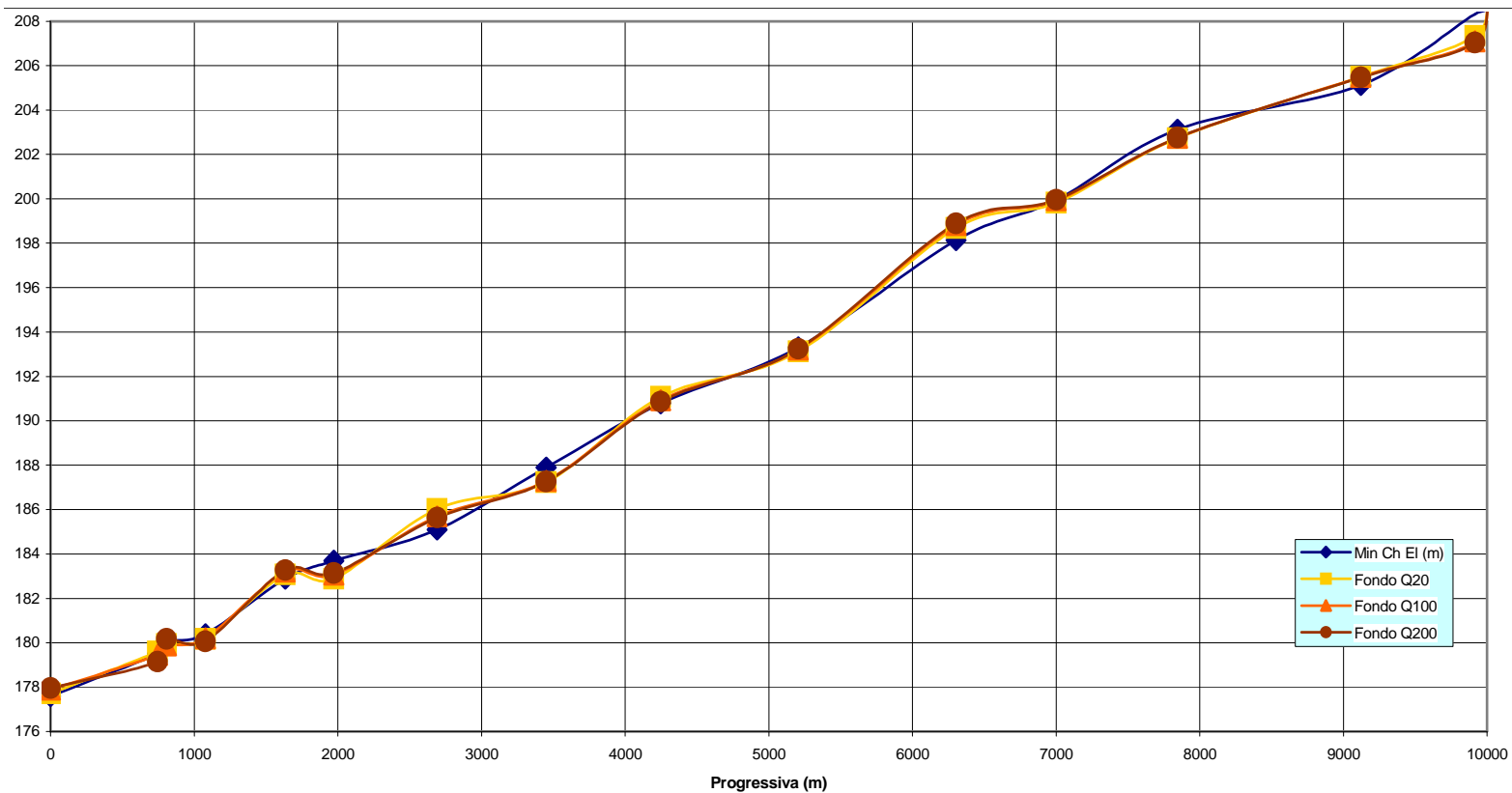


Fig. 32 Variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 20, 100 e 200 anni; tronco da progr. km 0,000 a progr. km 10,000

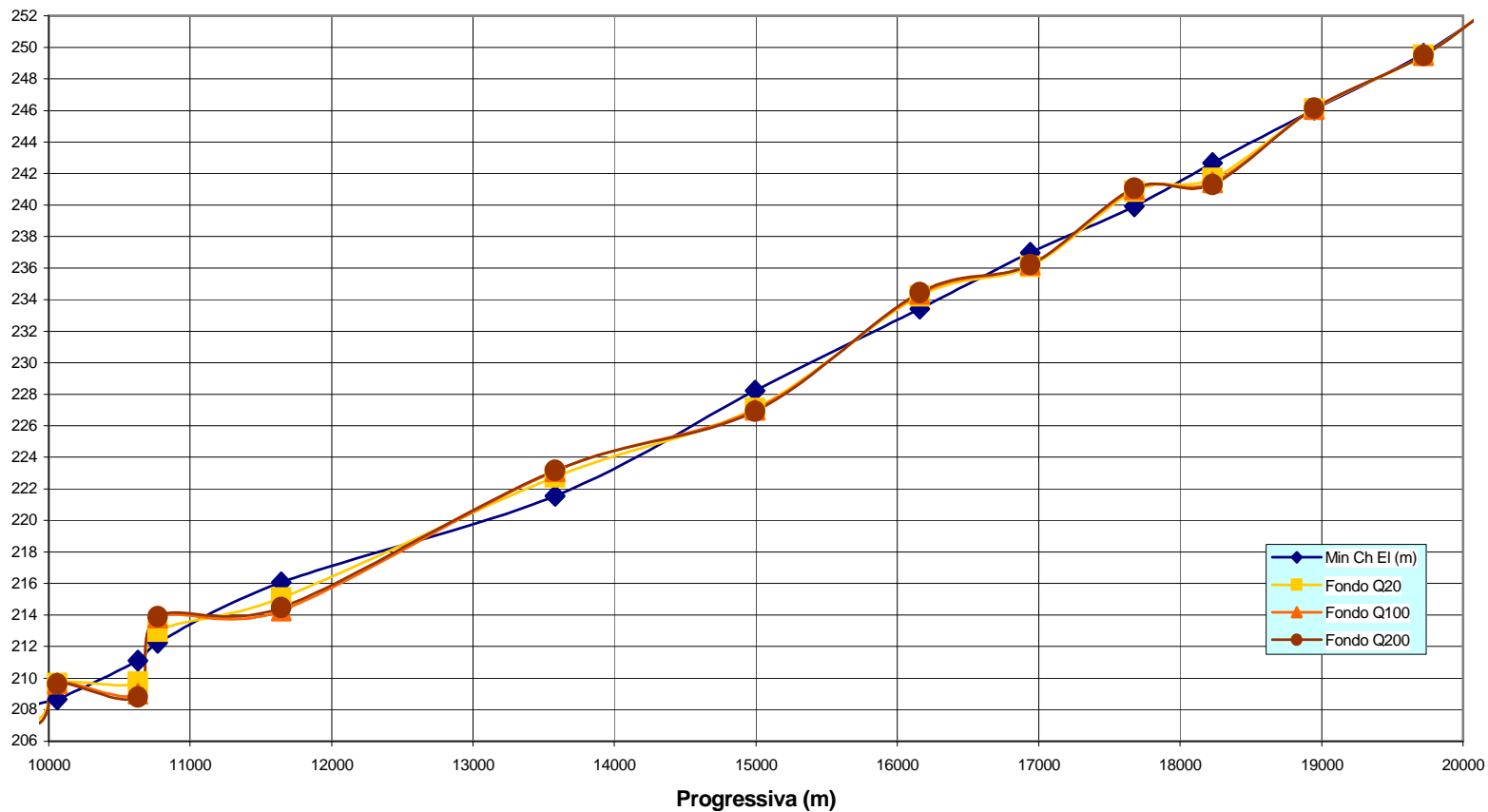


Fig. 33 Variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 20, 100 e 200 anni; tronco da progr. km 10,000 a progr. km 20,000

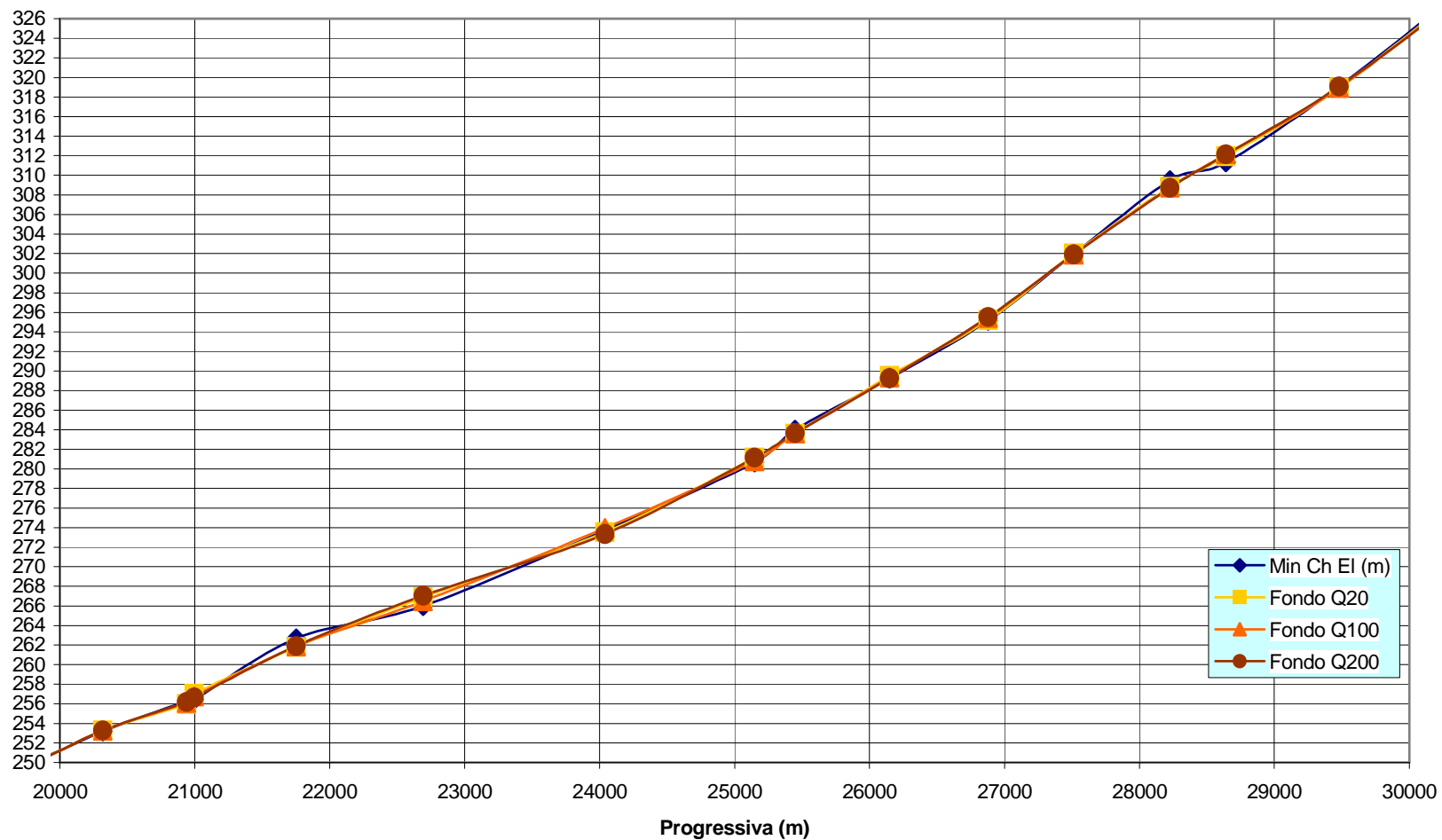


Fig. 34 Variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 20, 100 e 200 anni; tronco da progr. km 20,000 a progr. km 30,000

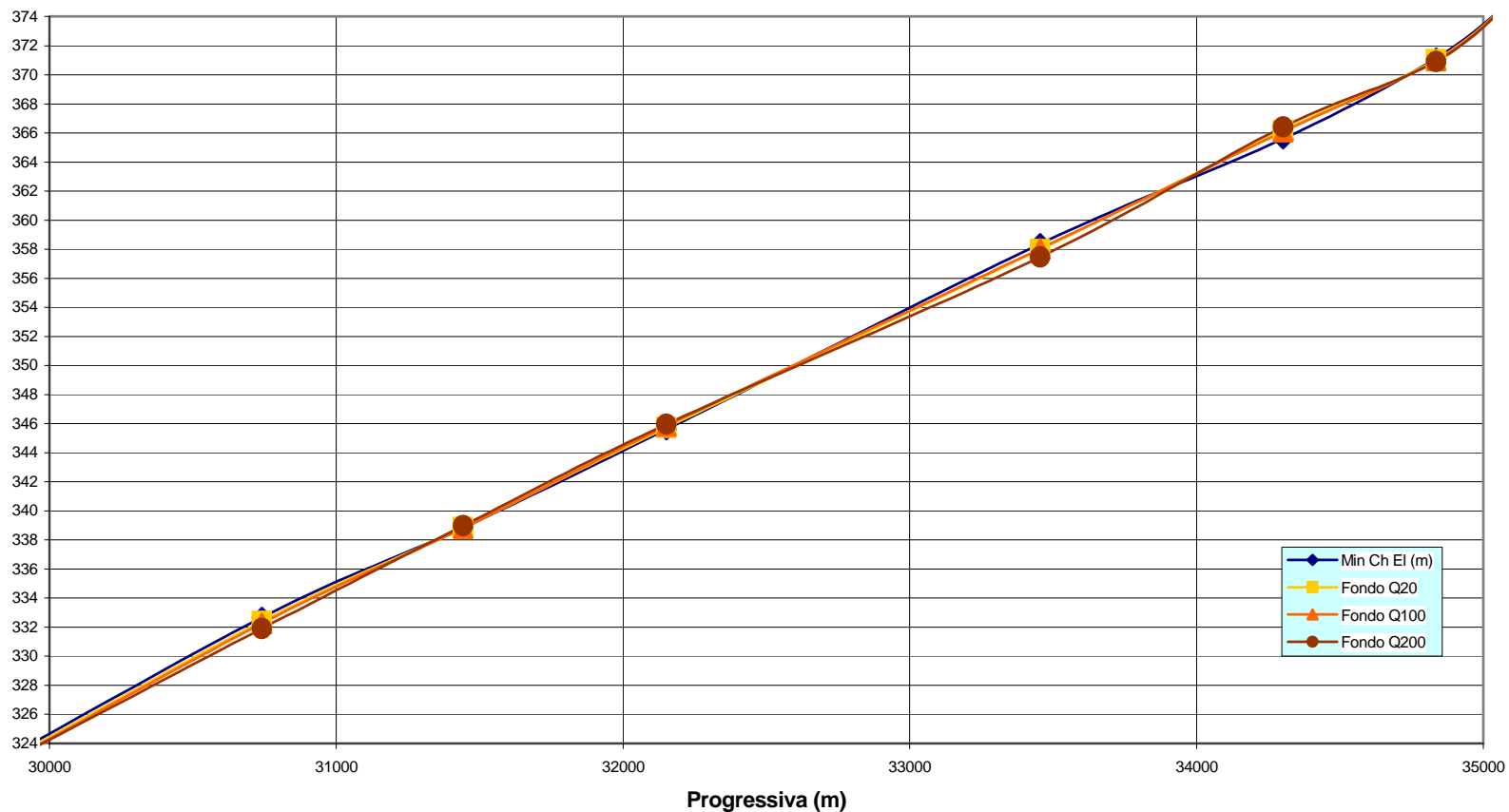


Fig. 35 Variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 20, 100 e 200 anni; tronco da progr. km 30,000 a progr. km 35,000



Tab. 10 Variazioni di breve periodo del fondo alveo per la piena con tempo di ritorno di 200 anni

N. sez. 2003	Distanza progr. (m)	Fondo min. 2003 (m s.m.)	Fondo min. Q200 (m s.m.)	Variaz. Fondo (fQ200 - f.2003) (m)	Variaz. fondo sul tronco	
					min	max
					(m)	
1	0	177.6	177.96	0.36		
2	745	179.51	179.15	-0.36		
3	806	180.07	180.17	0.10		
4	1078	180.38	180.07	-0.31		
5	1633	182.88	183.27	0.39		
6	1972	183.7	183.13	-0.57	-0.57	0.39
7	2691	185.09	185.64	0.55		
8	3449	187.89	187.26	-0.63		
9	4247	190.79	190.86	0.07		
10	5204	193.3	193.24	-0.06	-0.63	0.55
11	6304	198.14	198.89	0.75		
12	7000	199.95	199.95	0.00		
13	7845	203.12	202.76	-0.36		
14	9122	205.13	205.47	0.34	-0.36	0.75
15	9915	208.31	207.04	-1.27		
16	10060	208.64	209.63	0.99		
17	10631	211.1	208.79	-2.31	-2.31	0.99
18	10771	212.25	213.90	1.65		
19	11643	216.07	214.48	-1.59		
20	13580	221.55	223.18	1.63		
21	14995	228.24	226.93	-1.31		
22	16160	233.42	234.45	1.03		
23	16939	236.97	236.21	-0.76		
23.1	17676	239.91	241.07	1.16		
24	18228	242.67	241.31	-1.36		
25	18946	246.05	246.13	0.08	-1.59	1.65
26	19721	249.61	249.49	-0.12		
27	20319	253.18	253.26	0.08		
28	20939	256.26	256.18	-0.08		
29	20996	256.41	256.63	0.22		
30	21750	262.68	261.90	-0.78	-0.78	0.22
30.1	22694	265.97	267.05	1.08		
31	24039	273.7	273.34	-0.36		
32	25149	280.65	281.15	0.50		
33	25449	283.99	283.67	-0.32	-0.36	1.08
34	26149	289.25	289.26	0.01		
35	26880	295.14	295.52	0.38		
36	27513	301.98	301.92	-0.06		
37	28228	309.48	308.69	-0.79		
38	28641	311.31	312.14	0.83	-0.79	0.83
39	29481	319.09	319.09	0.00		



N. sez. 2003	Distanza progr. (m)	Fondo min. 2003 (m s.m.)	Fondo min. Q200 (m s.m.)	Variaz. Fondo (fQ200 - f.2003) (m)	Variaz. fondo sul tronco	
					min	max
40	30741	332.67	331.91	-0.76		
41	31442	338.85	338.98	0.13		
42	32152	345.59	345.97	0.38		
43	33455	358.36	357.45	-0.91	-0.91	0.83
44	34302	365.59	366.41	0.82		
45	34836	371.12	370.91	-0.21		
46	35141	375.77	375.77	0.00	-0.91	0.82

9.2.11 Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo generalizzato correlate al trasporto solido

Per le dinamiche di tipo generalizzato, che si manifestano a media scala temporale, è stato fatta una valutazione della capacità di trasporto dell'alveo con riferimento alle portate di piena determinate idrologicamente.

Come detto al punto precedente, nell'impossibilità di effettuare un bilancio sedimentologico di lungo periodo per il tronco di corso d'acqua in questione, si è scelto di integrare le considerazioni derivanti dal confronto delle quote di fondo dell'alveo inciso con le valutazioni della capacità di trasporto della corrente nei singoli tronchi del corso d'acqua.

Il calcolo è stato fatto per le portate con tutti i tempi di ritorno definiti – compresi tra 2 e 500 anni – anche se sono significative quelle relative alle portate con tempo di ritorno minore, compreso tra 2 e 5 anni; la portata con tempo di ritorno di 5 anni è stata assunta come portata di riferimento a bordi pieni per tutto il corso d'acqua in studio.

In questo caso è parso di interesse confrontare i risultati rispetto alle condizioni dell'alveo rappresentate rispettivamente dalla geometria del 1975 e da quella attuale (2003); le elaborazioni numeriche sono pertanto state eseguite mediante il modello di simulazione con riferimento ad entrambe le condizioni geometriche.

I valori della capacità di trasporto nelle singole sezioni trasversali, calcolati mediante l'applicazione del modello, sono stati successivamente oggetto di una media per ciascun tronco, pesata sull'interasse delle sezioni, in modo da avere una condizione più rappresentativa della capacità di trasporto non strettamente a livello locale.

Le Fig. 36 e Fig. 37 rappresentano graficamente i risultati del calcolo della capacità di trasporto lungo l'alveo del corso d'acqua per le portate rispettivamente con tempo di ritorno di 2 e di 5 anni.

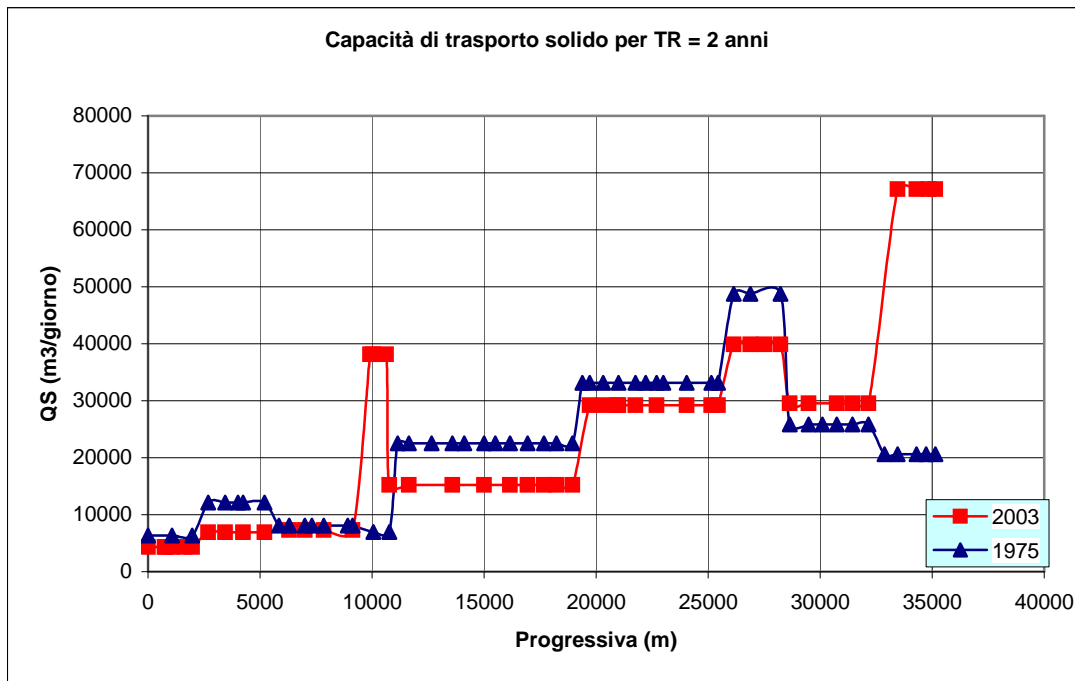


Fig. 36 Capacità di trasporto solido (media per tronchi) dell'alveo per la piena con tempo di ritorno di 2 anni

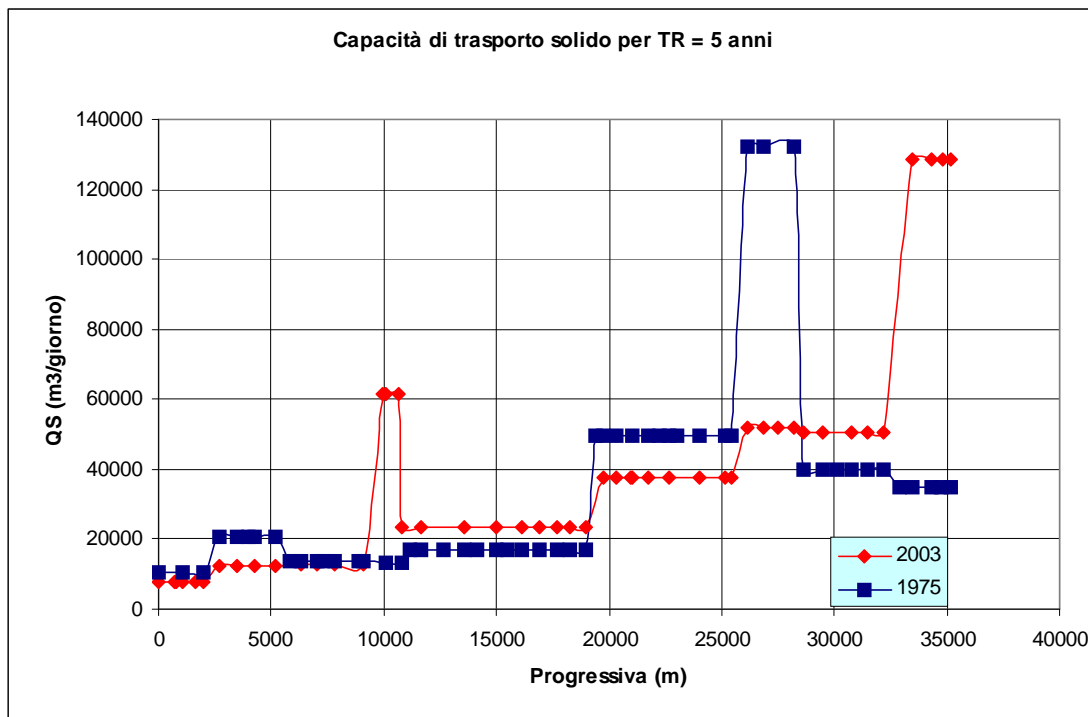


Fig. 37 Capacità di trasporto solido (media per tronchi) dell'alveo per la piena con tempo di ritorno di 5 anni

Le Fig. 38 e Fig. 39 rappresentano i valori della capacità di trasporto calcolati con riferimento alle portate con tempo di ritorno di 2, 5 e 20 anni, riportati separatamente per le geometrie al 1975 e al 2003.

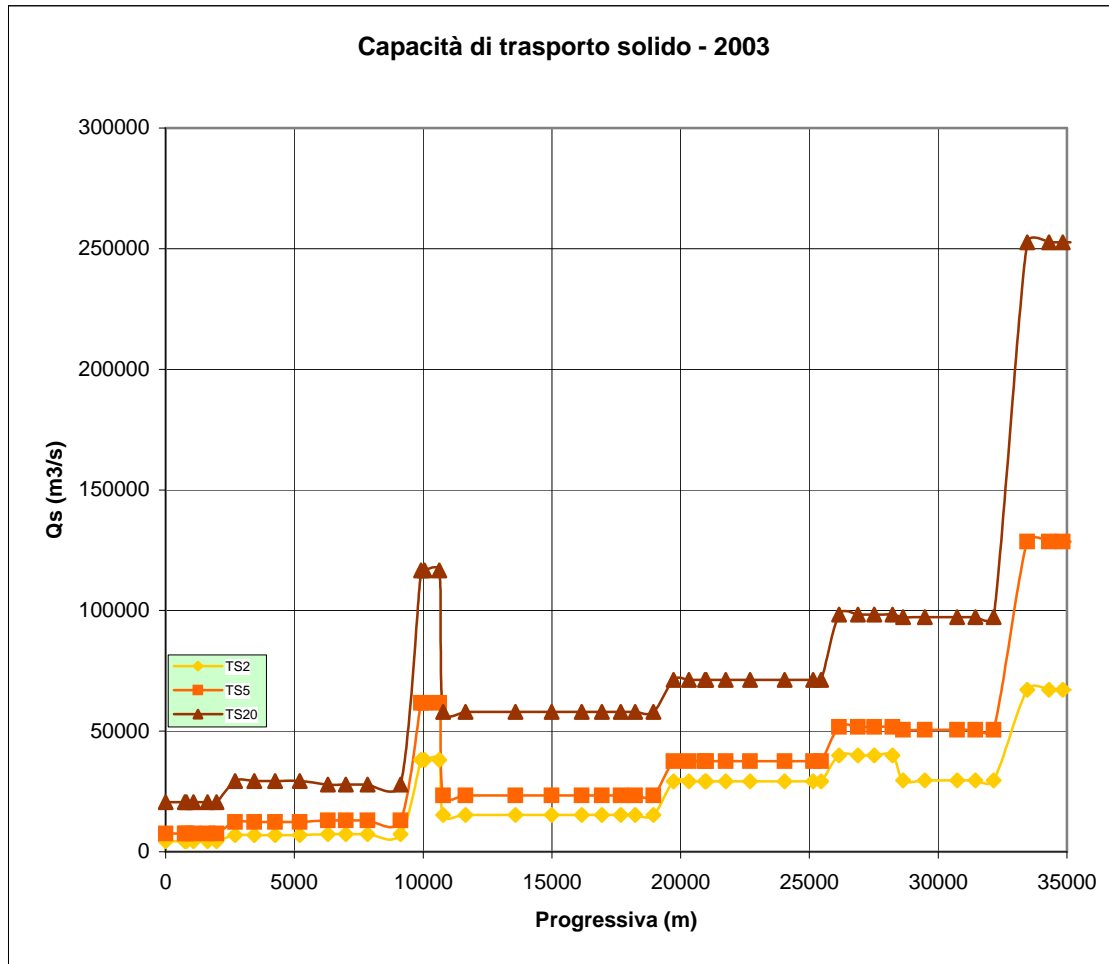


Fig. 38 Capacità di trasporto solido (media per tronchi) dell'alveo per le piene con tempo di ritorno di 5, 10 e 20 anni riferita alla geometria dell'alveo del 2003

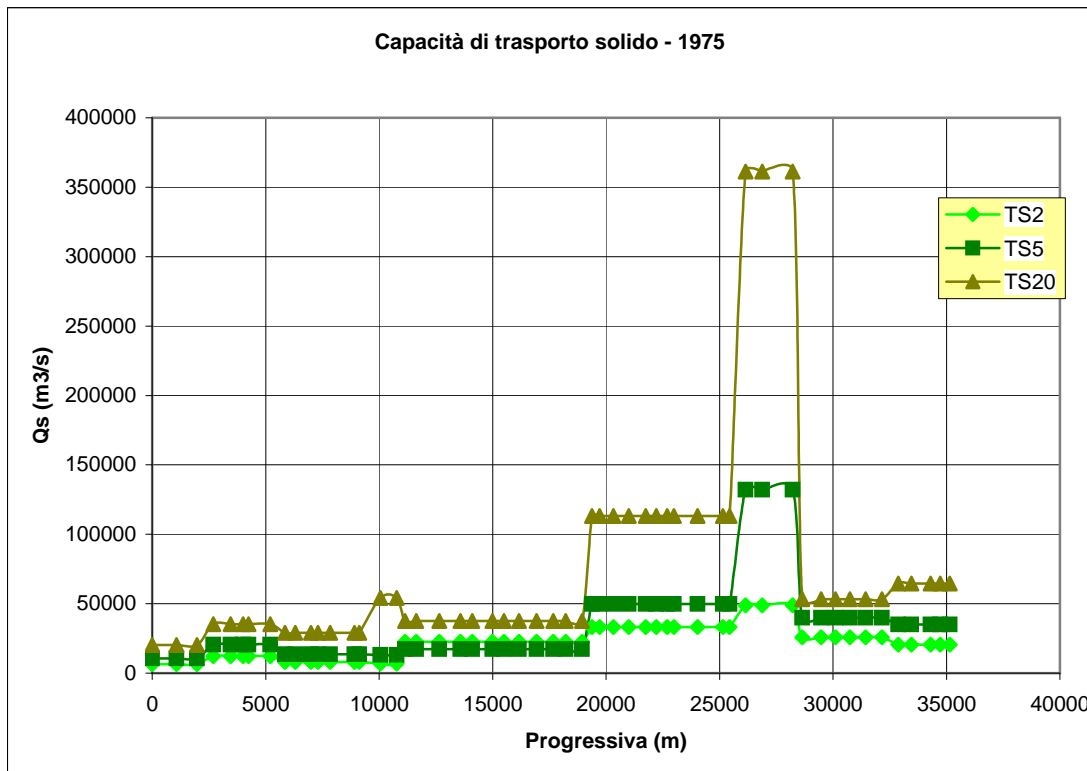


Fig. 39 Capacità di trasporto solido (media per tronchi) dell'alveo per le piene con tempo di ritorno di 5, 10 e 20 anni riferita alla geometria dell'alveo del 1975

Sulla base dei risultati ottenuti si possono fare alcune considerazioni di insieme sul comportamento dell'asta fluviale.

Si è già accennato al fatto che le formule empiriche che quantificano la capacità di trasporto solido della corrente forniscono una grande variabilità di risultati, soprattutto nel caso, come quello in studio, in cui non ci siano valori di taratura o quanto meno misure orientative di paragone. I dati di calcolo hanno quindi un significato maggiore in termini comparativi tra tronchi diversi che in assoluto.

Un ulteriore elemento utile per la caratterizzazione degli ordini di grandezza delle variabili in gioco può essere il riferimento alle stime effettuate nell'ambito del Sotto progetto SP4 dell'Autorità di bacino utilizzando il metodo di Gavrilovic S. (1959).

Si ricorda in proposito che il metodo citato permette di stimare la produzione di sedimenti media annua di un bacino idrografico in funzione del "peso" attribuito, sulla base di analisi statistiche, alle differenti variabili indipendenti considerate: fisiografia, piovosità, termometria, utilizzazione del territorio e assetto vegetazionale, erodibilità del substrato roccioso, condizioni di dissesto idrogeologico in atto.

Tale metodologia, già ampiamente utilizzata e verificata in passato, risulta una delle più complete sotto il profilo delle variabili considerate.

In particolare vengono utilizzati i parametri seguenti.



Parametri fisiografici

S = superficie bacino (km²);

\sqrt{i} = dove i è la pendenza media del bacino (-);

Parametri climatici

t' = coefficiente di temperatura = $\sqrt{t \cdot 0,1 + 0,1}$ dove t è la temperatura media annua

h = precipitazione media annua (mm);

Uso del suolo

A = superficie a boschi e frutteti (km²);

B = superficie a prati e pascoli (km²);

C = superficie seminativi e coltivi vari (km²);

D = superficie sterile (km²);

U = superficie pavimentata e urbanizzata (km²);

Litologia

J = superficie rocce incoerenti (km²);

K = superficie rocce pseudocoerenti e semicoerenti (km²);

L = superficie rocce coerenti (km²);

Dissesti

N = superficie con frane (km²);

P = superficie con erosione accentuata (km²);

Q = superficie zone con valanghe (km²).

I singoli parametri vengono opportunamente combinati e pesati per esprimere i coefficienti di degradazione legati ai diversi fattori che concorrono alla definizione del livello di erodibilità dei bacini ovvero il coefficiente di protezione del suolo dato dalla vegetazione (X), il coefficiente di erodibilità del suolo dato dalla litologia (Y) e il coefficiente di degradazione (V')

$$X = \frac{(A \cdot 0,2 + B \cdot 0,5 + C \cdot 0,8 + D \cdot 1,0 + 0,05 \cdot U)}{S}$$

$$Y = \frac{(J \cdot 1,6 + K \cdot 0,8 + L \cdot 0,3)}{S}$$

$$R = \frac{(N \cdot 7 + P \cdot 4 + Q \cdot 2)}{S} \cdot 100$$



Da R (superficie dissestata relativa) è quindi possibile calcolare il coefficiente di degradazione (V') e quindi il coefficiente di erosione relativa (Z).

Dai parametri calcolati è infine possibile arrivare alla stima del volume di materiale prodotto annualmente entro il bacino considerato a causa dei processi erosivi.

Nel caso specifico il calcolo effettuato sul bacino montano dell'Orco ha portato alla seguente stima dell'apporto solido medio annuo:

148.000 m^3 /anno senza tener conto dell'effetto di intercettazione degli invasi presenti,

127.000 m^3 /anno, computando anche l'effetto degli invasi.

Naturalmente tale stima fornisce i valori medi di "produzione" del bacino, che nella realtà si materializzano non regolarmente, con continuità, ma piuttosto quando sono mobilitati dagli eventi meteorici intensi. Un singolo evento di piena mobilita quindi una portata solida sicuramente superiore che sarà il risultato di un certo numero di anni di degradazione del bacino idrografico.

Su una valutazione di lungo periodo è presumibile che l'apporto solido complessivo all'asta fluviale tenda ai valori sopra stimati.

Con riferimento a questi ordini di grandezza, se si analizzano i dati calcolati sulla capacità di trasporto dell'asta si possono porre alcune considerazioni:

in via preliminare va tenuto conto che l'unità di misura in m^3 /giorno della portata solida è quella di output del modello di simulazione e rappresenta quindi il valore corrispondente alla portata liquida in condizioni di moto uniforme; nel caso si voglia quindi trasferire il dato in termini di volume, occorrerebbe fare riferimento ad una durata della portata stessa; per quanto detto in precedenza, non è questo lo scopo dell'analisi condotta e non si quindi fatte valutazioni in questo senso;

la capacità di trasporto tende naturalmente a decrescere da monte verso valle; appaiono alcune anomalie, rappresentate da tronchi con trasporto superiore a quelli di monte, legata alla morfologia e alla geometria dell'alveo, che possono essere indicative di una tendenza locale all'erosione di fondo nel tronco interessato e, conseguentemente, a deposito nel tronco di valle;

con riferimento al tempo di ritorno di 5 anni, la capacità di trasporto dei tronchi di valle è dell'ordine dei 20.000 m^3 /giorno, e cresce progressivamente verso monte fino a superare il valore di 120.000 m^3 /giorno nel primo tronco dell'asta (geometria 2003); appaiono quindi valori coerenti con produzione media del bacino, se si tiene conto, in prima approssimazione della frequenza e della durata di piene simili;

il confronto con la capacità di trasporto relativa alla geometria del 1975 mette in evidenza come localmente la variazione della morfologia dell'alveo incida sensibilmente sulla capacità di trasporto; complessivamente, d'altro canto, le variazioni geometriche intervenute fino ad oggi non paiono avere cambiato in modo significativo la capacità di trasporto complessiva del tratto di corso d'acqua in studio; le capacità di trasporto sull'asta al 1975 e al 2003 appaiono infatti paragonabili globalmente, fatte salve variazioni locali anche significative; tale fatto indica quindi che la tendenza evolutiva non sembra essere ragionevolmente modificata da tale fattore.



9.3 Assetto delle opere idrauliche di difesa

La consistenza delle opere idrauliche di difesa presenti sul corso d'acqua è stata valutata con riferimento principale alle informazioni derivate dal Catasto delle opere di difesa idrauliche e di versante (SICOD) messo a disposizione dal Servizio Difesa del Suolo della Regione Piemonte, costruito sulla base di sopralluoghi e rilevamenti diretti svolti di recente e che rappresenta quindi fedelmente lo stato attuale delle opere sul corso d'acqua.

Oltre al posizionamento planimetrico delle opere idrauliche, si è fatto riferimento anche alle altre informazioni contenute nel Catasto relative alla tipologia, allo stato e alle condizioni di efficienza dell'opera.

Tali informazioni sono state inoltre integrate da osservazioni dirette fatte nel corso di sopralluoghi speditivi relativamente alle situazioni di maggiore interesse per gli scopi delle analisi finalizzate alla definizione del Programma di gestione.

L'attenzione si è concentrata naturalmente sulle opere idrauliche che interagiscono con la dinamica morfologica dell'alveo direttamente e indirettamente e che possono condizionare il bilancio sedimentologico dell'alveo.

Sotto questo aspetto il ruolo di maggiore importanza è svolto, sul corso d'acqua in questione, dalle opere di sponda che hanno la funzione di controllare la divagazione planimetrica dell'alveo attivo; le opere trasversali che condizionano le quote di fondo alveo (traverse di derivazione e soglie) sono presenti in numero molto limitato, anche se svolgono un ruolo importante almeno localmente. Un ulteriore ruolo è svolto dalle opere con funzioni arginali, anche in questo caso relativamente limitate, in quanto comportano normalmente l'esigenza di contenere la divagazione dell'alveo al fine della stabilità delle opere stesse.

Si rimanda all'analisi svolta per singolo tronco dell'asta fluviale per il puntuale commento delle opere presenti e della loro funzione nell'ambito dell'assetto del corso d'acqua; in tale sede viene dato conto sia dell'assetto idraulico attuale sia dei condizionamenti indotti sulla dinamica dell'alveo.

A livello generale di asta, occorre notare che la distribuzione delle opere di sistemazione idraulica è molto disomogenea, alternando tronchi o tratti con forte densità di opere ad altri, sicuramente più estesi, nei quali sono praticamente assenti.

E' evidente che tale assetto discende prevalentemente dalle esigenze di protezione del territorio circostante (infrastrutture e insediamenti), ma di esso occorre tenere conto in modo preciso sia nella definizione delle linee generali del Programma di gestione che negli interventi specifici sui singoli tronchi.

9.4 Interventi di movimentazione/asportazione di materiale d'alveo eseguiti nel periodo 2000-2005

Come ulteriore elemento conoscitivo utile a inquadrare l'assetto attuale del corso d'acqua in studio, si è ritenuto necessario procedere ad una ricognizione degli interventi recenti di movimentazione e/o estrazione di materiale solido realizzati nell'alveo del torrente.

E' stato scelto come periodo significativo quello a partire dall'anno 2000, tenendo conto che la piena dell'ottobre dello stesso anno, eccezionale per il corso d'acqua, ha cambiato radicalmente l'assetto morfologico dell'alveo, caratterizzando come uno di



quegli eventi rari e particolarmente intensi che influenzano pesantemente quello che è stato chiamato il bilancio sedimentologico di breve periodo.

Si è dunque proceduto a censire tutti gli interventi realizzati che hanno comportato l'estrazione o la movimentazione di materiale d'alveo, consultando direttamente la documentazione progettuale disponibile presso la sede di Moncalieri (TO) di AIPO.

Per ciascun intervento sono state raccolte le seguenti informazioni:

- localizzazione planimetrica dell'intervento,
- volume di materiale d'alveo movimentato,
- volume di materiale asportato,
- soggetto realizzatore dell'intervento (AIPO o soggetto terzo).

Complessivamente è possibile sintetizzare i risultati mediante la seguente tabella, che suddivide gli interventi in funzione del tronco omogeneo all'interno del quale sono stati realizzati.

Tab. 11 Interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sul torrente Orco nel periodo 2000 – 2005 raggruppati per tronchi omogenei

TRONCO	PROGRESSIVA (m)	MOVIMENTAZIONE (m ³)	ESTRAZIONE (m ³)	N° INTERVENTI
1	da 0 a 1,9 Km	78027	9899	2
2	da 1,9 a 5,2 Km	64850	0	1
3	da 5,2 a 9,1 Km	50670	0	1
4	da 9,1 a 10,6 Km	13080	36500	2
5	da 10,6 a 18,9 Km	208958	112358	10
6	da 18,9 a 21,7 Km	55070	29670	4
7	da 21,7 a 25,4 Km	202586	32709	10
8	da 25,4 a 28,6 Km	70500	19827	4
9	da 28,6 a 33,4 Km	175244	121074	4
10	da 33,4 a 35,1 Km	153728	0	5
	da 35,1 a 42,1 Km	150908	35359	11
TOTALE		1223621	397396	54

Come si può osservare, si è ritenuto utile censire anche gli interventi realizzati a monte del punto di inizio del corso d'acqua in studio in quanto risulta essere un tronco particolarmente favorevole alla sedimentazione del materiale proveniente da monte, per caratteristiche idrauliche e morfologiche proprie, e in quanto svolge anche la funzione di "alimentazione" principale di tutta l'asta a valle.

Il grafico a torta di Fig. 40, inoltre, consente di effettuare una prima considerazione.

ANNO	N° INTERVENTI	% su periodo 2000 - 2005
2000	2	4
2001	35	65
2002	1	2
2003	3	6
2004	7	13
2005	6	11
TOTALE	54	100

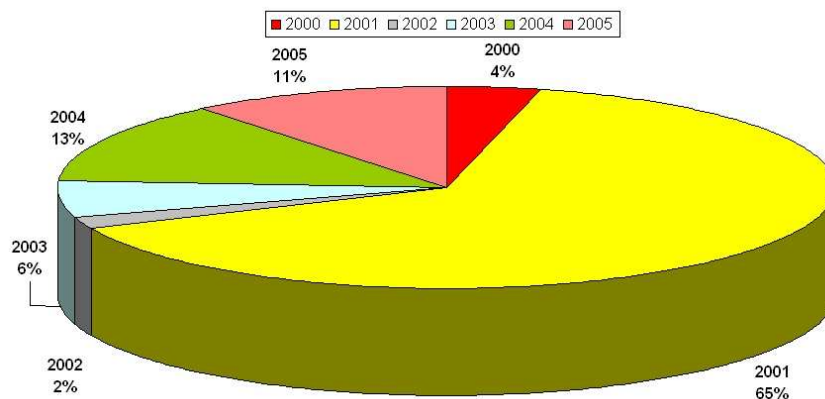


Fig. 40 Distribuzione degli interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sul torrente Orco nel periodo 2000 – 2005 in funzione dell'anno di realizzazione

Infatti, si nota come il 65% degli interventi siano stati realizzati nell'anno 2001 per poi decadere in termini percentuali negli anni successivi assestandosi su valori all'incirca costanti.

Tale ripartizione è dovuta, come è ovvio, ai progetti connessi agli interventi che sono stati realizzati a seguito l'evento alluvionale dell'ottobre 2000, realizzati prevalentemente nel 2001.

Tale evento incide in modo molto evidente anche sulla collocazione spaziale delle opere che si concentrano in corrispondenza dei principali centri urbani (Rivarolo, Cuorné, etc.).

La distribuzione degli interventi realizzati lungo l'asta è rappresentata in Fig. 41.

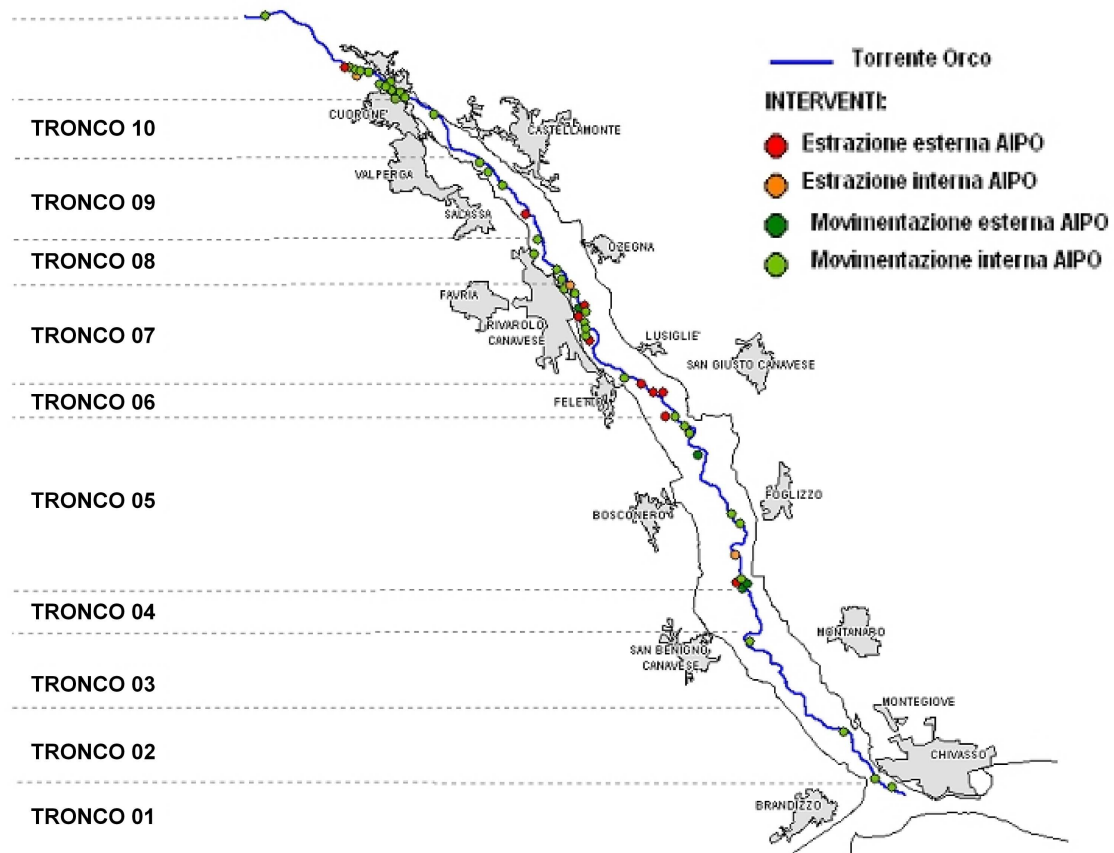


Fig. 41 Distribuzione planimetrica degli interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sul torrente Orco nel periodo 2000 – 2005

Alcune considerazioni possono essere infine fatte circa gli aspetti quantitativi legati ai volumi di materiale d'alveo, che possono sostanzialmente essere considerati come quelli entrati in gioco con l'evento di piena.

La piena dell'ottobre 2000 ha un tempo di ritorno che, sulla base delle analisi idrologiche condotte, può essere stimato di poco inferiore ai 100 anni; si tratta quindi di un evento particolarmente gravoso che ha presumibilmente messo in gioco a livello di bacino idrografico un volume di materiale solido movimentato eccezionale; anche l'apporto diretto di materiale all'asta fluviale nel tratto di pianura può essere considerato rilevante data l'eccezionalità dell'evento.

Se si considerano tutti gli interventi censiti come riconducibili alle necessità di sistemazione che si sono manifestate a seguito dell'evento, i volumi in gioco complessivi sono stati di circa 1.100.000 m³ di materiale movimentato e di 360.000 m³ di materiale asportato sull'asta di pianura (escludendo quindi il tronco 11).

Se è possibile ipotizzare che l'insieme degli interventi considerati abbiano mediamente riportato l'assetto morfologico del corso d'acqua a una condizione di equilibrio o di compatibilità paragonabile a quella precedente all'evento, è possibile considerare che nel corso dell'evento il materiale movimentato all'interno del bilancio sedimentologico dell'asta (apporto da monte e apporto proprio dell'asta attraverso i



processi di erosione di sponda) sia dell'ordine della somma dei due valori, pari quindi a circa 1.450.000 m³; è escluso da questo bilancio il materiale solido complessivamente trasportato a valle nel corso della piena. In questa logica i circa 350.000 m³ di materiale estratto potrebbero essere considerati paragonabili all'ordine di grandezza dell'apporto solido all'asta in occasione di un evento eccezionale, e quindi da ascrivere al bilancio sedimentologico di breve periodo.

Naturalmente occorre tenere conto della natura puramente qualitativa di queste considerazioni, a maggior ragione per la mancanza dei numerosi riferimenti quantitativi circa l'assetto dell'alveo antecedente alla piena che sono necessari per effettuare un bilancio quantitativo effettivo.

Tali dati costituiscono comunque un utile elemento di riferimento; la messa in atto delle attività di monitoraggio e di gestione che andranno previste nell'ambito del Programma di gestione dovranno porre le condizioni affinché la gestione del prossimo evento di piena avvenga su una base conoscitiva migliore e con più precisi riferimenti quantitativi rispetto ai quali inquadrare gli interventi di riassetto.



10 Aspetti geomorfologici dell'alveo

Ogni tipologia planoaltimetrica di alveo fluviale corrisponde a precise condizioni di equilibrio metastabile in relazione alle caratteristiche geometriche della piana alluvionale in cui scorre, in risposta agli stati idrometrici che caratterizzano il regime idraulico del corso d'acqua e quindi strettamente dipendenti dalle precipitazioni, e in stretta relazione con le curve granulometriche caratteristiche dei sedimenti trasportati e dei sedimenti delle sponde incise dall'alveo di magra.

L'alveo del torrente Orco si sviluppa con forme pluricursali soprattutto evidenti nel tratto compreso tra Spineto e Cortereggio. Tale alveotipo è chiaramente evidente in tutte le cartografie ufficiali e riprese aeree precedenti agli anni '70 sino alla confluenza in Po (Allegato 2).

Successivamente, negli ultimi anni, l'alveo si è progressivamente differenziato radicalmente dall'assetto storico: in soli 3 decenni ha mutato radicalmente il suo modello morfologico che era rimasto nel complesso stabile almeno nei secoli per cui sono disponibili fonti documentali e probabilmente per tutta l'epoca storica.

Questa straordinaria e radicale mutazione del suo assetto, oltre a stimolare un acceso dibattito in sede scientifica circa le sue implicazioni legate ai recenti mutamenti climatici, è principalmente da imputare agli effetti della pressione antropica legata alle mutate condizioni di occupazione del suolo e più in generale all'importante processo di infrastrutturazione del territorio e quindi ad un recente e progressivo sviluppo economico.

Le modalità attraverso le quali si esplica il trasporto solido nell'ambiente fluviale sono radicalmente cambiate. La fortissima riduzione in km lineari delle sponde incise, dagli originari numerosi canali attivi di magra all'attuale andamento ad unico canale instabile, ha avuto come principale effetto il dimezzamento della possibilità di mobilitazione del materiale.

Il principale ambito fluviale da cui si producono sedimenti utili al trasporto sono le sponde del fiume. La necessità di difendere il territorio peri-fluviale lungo tratti di sponda con opere di protezione radenti che impediscono al corso d'acqua di divagare liberamente e di "lavorare" sulle sue sponde ha fortemente contribuito a diminuire la capacità di mobilitazione di sedimenti.

Parallelamente ampie porzioni di territorio fluviale, che apparentemente non sono più coinvolte nel sistema fluviale se non durante piene di una certa rilevanza, appaiono oggi a un osservatore ignaro come aree di sedimentazione relitte di impedimento al deflusso: non sono altro in realtà che porzioni di alveo di piena riattivabili con forme fluviali "dormienti" che vengono solo sporadicamente riattivate per portate di piena.

Questa è la ragione fondamentale della presenza di un pronunciato terrazzo fluviale soprattutto in destra e in modo più discontinuo in sinistra orografica lungo tutto l'alveo dell'Orco e dell'instaurarsi dei nuclei abitativi storici al di sopra di tali terrazzi fluviali.

Utilizzando metodi di analisi delle geomorfologia fluviale, analisi fotointerpretativa multitemporale, confronto di DTM di dettaglio dell'area fluviale, confronto di documenti cartografici, i dati granulometrici a disposizione, gli studi condotti a seguito delle più recenti piene (1977, 1993, 1994, 2000), le analisi sin qui condotte da varie amministrazioni ed enti di ricerca, è stato definito l'assetto geomorfologico dell'alveo del torrente Orco di seguito descritto per tronchi omogenei definiti nel capitolo 8.



Viene inoltre proposta la definizione dell'area di massima divagazione compatibile (vedi capitolo 12.1), intesa come area all'interno della quale deve essere prevista la libera incondizionata divagazione dei canali di magra per restaurare un processo di rinascimento con l'obiettivo di riportare in pareggio il deficit di bilancio del trasporto solido del sistema fluviale dell'Orco.

Si specifica che tale area ha esclusivamente un significato morfologico e quindi si differenzia dal concetto di fascia fluviale che per la definizione presente in letteratura e adottata nel PAI ha una valenza legata alla pianificazione territoriale compatibile con un livello di rischio definito come accettabile (Q Tr 200 anni).

Ciononostante, ove si rendono evidenti conflitti tra l'assetto delle fasce e l'area di massima divagazione compatibile, vengono segnalati come criticità e necessità di aggiornamento delle linee di fascia A e B. Parimenti vengono segnalate le criticità legate all'eventuale inefficienza puntuale di opere di difesa e le necessità legate alla realizzazione di nuove opere per la messa in sicurezza del territorio e delle infrastrutture di attraversamento: tutti i ponti sull'Orco, fatto salvo quello di Courgné, sono stati distrutti o gravemente danneggiati nel corso delle ultime piene storiche già citate soprattutto per fenomeni distruttivi legati all'incompatibilità dell'opera con l'area di instabilità planoaltimetrica dell'alveo durante le piene.

Tronco a monte del ponte di Cuorné.

Assetto attualmente monocursale rettilineo. Retaggi di assetto pluricursale ad elevata instabilità.

Attualmente si riscontra la presenza di difese spondali pressoché continue in dx e sx con una notevole riduzione della larghezza dell'alveo attivo soprattutto in dx. Caratteristica la presenza del ponte storico attualmente sul piano campagna abbandonato alla metà dell'800 da una improvvisa variazione d'alveo. Da evidenze morfologiche l'alveo di magra risulta in approfondimento di almeno 50 cm con punte di oltre 1 m in sponda dx.

L'area di massima divagazione compatibile risulta condizionata dalle difese spondali esistenti. Il ponte sulla ex SS 460 di Ceresole risulta inadeguato.

Tronco 10 – dal ponte di Cuorné a derivazione Canale di Caluso.

Assetto monocursale rettilineo a bassissimo indice di sinuosità; pendenza elevata (circa 1%). Fondo alveo in abbassamento. Nel tratto considerato le poche opere di difesa spondale non impediscono alla dinamica fluviale di sviluppare diffusi fenomeni di erosione spondale soprattutto in sponda destra. Poco a monte della traversa di derivazione scorre in roccia in posto per breve tratto condizionando l'evoluzione dell'alveo ed il comportamento in fasi idrometriche di piena. La fascia di divagazione massima compatibile è solo parzialmente delimitata da opere di difesa ed è stata tracciata considerando l'inviluppo delle forme fluviali dell'alveo di magra 1975. Non sono compatibili interventi se non di ripristino della vegetazione ripariale. Le criticità riguardano situazioni di interferenza o di inadeguatezza con la fascia di massima divagazione compatibile. Da segnalare la criticità dell'opera di attraversamento più volte già in passato consolidata le cui pile risultano scalzate (soprattutto la base della prima in sponda sinistra). Gli insediamenti abitativi e produttivi in corrispondenza della sezione del ponte sono stati interessati da allagamento in occasione delle piene del



settembre 1993 e dell'ottobre 2000 (per entrambe le portate sono state stimate portate con tempi di ritorno compresi tra Tr 50 e Tr 100) e tale criticità non pare attualmente risolta.

Tronco 09 – Da canale di Caluso al Ponte ss. 565.

Assetto monocursale con tendenza spiccata a modello pluricursale a canali intrecciati. Pendenza molto elevata (1,8 %) a valle della soglia in roccia in posto e della traversa di derivazione. Fondo alveo in forte abbassamento. Alveo poco condizionato da opere di difesa. L'area di massima divagazione compatibile in sponda destra all'altezza di C.na Bianca in corrispondenza di un'erosione spondale pronunciata prodottasi durante la piena dell'ottobre 2000 evidenzia l'attuale inadeguatezza locale della fascia B del PAI. Possibilità di riattivazione di alcuni rami secondari attualmente relitti ma contenuti nella fascia di divagazione. Il ponte, parzialmente crollato a causa della piena del 2000 per erosione del rilevato in sponda sinistra, è stato integrato con alcune campate per migliorarne la sezione utile. Le pile sia vecchie (ante-2000) che nuove denunciano segni di approfondimento del fondo alveo di circa 1,5 m.

Tronco 08 – Dal ponte ss. 565 al ponte di Rivarolo Canavese.

Assetto monocursale con basso indice di sinuosità soprattutto evidente nel tratto a valle di Vesignano. Nel primo tratto tendenza alla formazione di un modello a pseudomeandri. La pendenza si riduce fortemente (0,8 %). Si nota un accentuato avanzamento verso valle della battuta di sponda in destra all'altezza di Vesignano di circa 800 m soprattutto a seguito della piena del 2000.

I locali fenomeni di innalzamento del fondo alveo, come evidenziato in alcune sezioni, sono dovuti all'instabilità dell'assetto morfologico con migrazione di forme fluviali verso valle e fenomeni di "tilting" dei canali attivi in magra da una sponda all'altra. La fascia di divagazione compatibile risulta condizionata da opere di difesa spondale soprattutto in destra. In destra possibilità di fenomeni di erosione spondale e di riattivazione di canali relitti della piena dell'ottobre 2000. L'opera di difesa in sinistra immediatamente a valle del ponte è di fatto un argine sopraelevato di 2-4 m sull'ampio piano golenale delimitato solo alcune centinaia di metri più esternamente dalla fascia B del PAI. Presenza di un impianto di trattamento inerti in sponda destra all'interno della fascia B del PAI.

Tronco 07 – Dal ponte di Rivarolo Canavese a Feletto.

Assetto monocursale con medio indice di sinuosità a valle di Rivarolo. Nel primo tratto a valle del ponte di Rivarolo il canale principale dal '91, addossato alla sponda destra ha subito una migrazione verso la sponda sinistra per poi meandreggiare di nuovo verso destra. Durante il deflusso di piena si sono accentuati i fenomeni erosivi già storicamente presenti su tutta la sponda destra cui altri se ne sono aggiunti in sinistra.

Il tratto più a valle non è condizionato dalle opere di difesa ed è fortemente instabile con possibilità di divagazione morfologica; la capacità di trasporto risulta inferiore a quella del tronco di monte dovuta essenzialmente a portate e pendenze inferiori con variazioni del fondo minime e tendenza alla sedimentazione moderata.



Tronco 06 – Da Feletto a Cortereggio.

L'andamento medio dell'alveo è subrettilineo monocursale condizionato dalle opere di difesa del ponte della Sp 41 Feletto - Agliè e solo nell'ultimo tratto si ha un'accentuata curvatura con l'inizio di un tratto meandrizato che si estende verso valle.

La capacità di trasporto solido del tronco è pari a quella di monte con una tendenza all'equilibrio dinamico dell'intero tratto.

Tronco 05 – Da Cortereggio a ponte stradale San Benigno - Foglizzo.

Tratto a divagazione libera pluricursale ad elevato indice di sinuosità e tendenza alla riattivazione di rami chiusi durante gli eventi di piena a testimonianza di un'accentuata instabilità morfologica. In sinistra idrografica nei pressi di Cortereggio si hanno fenomeni di erosione che sollecitano le opere di arginatura a difesa dell'abitato.

Il tronco si presenta in fase di incisione moderata con tendenza negli eventi di piena ad accumuli alternati ad abbassamenti di pari grandezza. La capacità di trasporto solido è nettamente inferiore al tratto precedente sia per la diminuzione della pendenza media che dei valori di portata al colmo. L'alveo ha una divagazione planimetrica trasversale accentuata che le poche opere di difesa locale non riescono a contenere. Alla confluenza con il T. Malesina si può verificare un fenomeno di cattura dell'alveo da parte dell'Orco data la tendenza dell'alveo attivo a divagare verso la sinistra idrografica.

Tronco 04 – Da ponte stradale San Benigno - Foglizzo a San Benigno Canavese.

L'alveo si presenta monocursale fortemente condizionato dalle opere di difesa degli attraversamenti stradali; a monte e a valle dei due attraversamenti ha la tendenza a subire forti variazioni di tracciato.

La capacità di trasporto solido è nettamente superiore al tratto di monte ed è essenzialmente dovuta al restringimento della sezione nei pressi degli attraversamenti con un aumento della velocità della corrente e di conseguenza della capacità di erosione del fondo.

Tronco 03 – Da San Benigno Canavese a C.na Bruciata (Montanaro).

Alveotipo ad elevata sinuosità con meandri di ampia curvatura. La divagazione morfologica trasversale è libera non condizionata da opere di difesa; questo comporta una forte divagazione del tracciato con un'accentuata tendenza durante gli eventi di piena alla riattivazione di rami abbandonati sia in destra che in sinistra idrografica. Si hanno diffusi fenomeni di erosione delle sponde e d'incisione dei terrazzi alluvionali in particolare tra la sez. 11 e 10 in sponda sinistra.

La capacità di trasporto solido è inferiore a quella di monte con una tendenza all'incisione moderata ed all'abbassamento dell'alveo con conseguenti fenomeni di canalizzazione.



Tronco 02 – Da C.na Bruciata (Montanaro) a ponte A4 Torino-Milano.

Tratto fortemente condizionato dalle opere di difesa longitudinale pressoché continue con un alveo caratterizzato da accentuati fenomeni di erosione di sponda sia in destra che in sinistra idrografica controllati dalle opere di difesa presenti. Le variazioni di quota del fondo sono minime tali da classificare il tratto in sostanziale equilibrio con una pendenza regolare. La capacità di trasporto solido è uguale a quella di monte con una tendenza all'incisione nei tratti dove sono presenti le difese e un innalzamento a valle nella parte terminale.

Tronco 01 – Da ponte A4 Torino-Milano a confluenza Po.

Alveo condizionato dagli attraversamenti e dalle relative opere di difesa longitudinali; a valle dei ponti non si ha una significativa tendenza alla divagazione planimetrica.

L'intero tronco è caratterizzato da diffusi fenomeni di erosione di sponda che testimoniano una forte instabilità planimetrica contenuta dalle opere di difesa. Si registra una tendenza storica ad una divagazione verso valle della confluenza dell'Orco in Po da imputare ad un maggiore apporto solido dell'Orco al Po, stante al fatto che la sponda sinistra del Po che riceve l'Orco è concava e quindi soggetta per questioni fisiche ad erosione.

La variazione di fondo appare quindi condizionata nel tratto finale dall'alveo del Po; a monte del ponte TAV la quota di fondo è condizionata dalla soglia. Complessivamente il tratto è classificabile con fondo ad incisione moderata con una capacità di trasporto solido inferiore rispetto al tronco di monte.



11 Aspetti ecologico - ambientali

Un corso d'acqua è caratterizzato da una successione di ecosistemi che si avvicendano nella direzione parallela alla corrente, dall'alta alla bassa quota, ed in direzione trasversale alla corrente, popolati da tipiche comunità di organismi vegetali ed animali che instaurano strette relazioni tra loro e con i fattori fisici, chimici e morfologici. Lungo l'asta fluviale le biocenosi hanno maggiore o minore diversità biologica, ricchezza in specie e presentano diversi livelli di interazione.

Il corso d'acqua è quindi un susseguirsi di ecosistemi "aperti", è un sistema complesso, suscettibile di effetti dovuti sia agli eventi naturali che alla presenza dell'attività antropica.

L'ecosistema si è allontanato fortemente dalle condizioni di naturalità, ciò nonostante il corso d'acqua costituisce, sebbene modificato, una rete di connessione ecologica in equilibrio dinamico che garantisce l'omeostasi dell'ecosistema.

Vista la complessità del sistema, per fornire una descrizione dello stato ecologico, è necessario scomporlo nelle sue singole componenti ambientali e valutarne lo stato di salute attraverso l'individuazione di indicatori e la conseguente formulazione di indici, superando così una mera descrizione di tipo qualitativo.

Raccogliere i complessi dati in forma numerica ed aggregarli sotto forma di indici e di punteggi, lascia molti ecologisti scettici in quanto non ritengono esaustivo esprimere la complessità comportamentale delle comunità in termini di valori numerici puntuali. In ogni caso invece la creazione di indici, anche se non di dettaglio, è proprio il modo più chiaro ed utile per gestire la complessità delle valutazioni biologiche qualitative.

L'uso degli indicatori e degli indici è indispensabile nella rappresentazione sintetica della qualità ecologica, ambientale e della pressione antropica per la costruzione di mappe tematiche. Tutte le informazioni sullo stato di un corso d'acqua, acquisite attraverso metodologie di indicizzazione e organizzate in mappe, tabelle, costituiscono l'indispensabile base di lavoro da cui trarre le risposte più efficaci e le strategie di intervento più opportune per raggiungere concreti risultati di miglioramento e di gestione ambientale.

11.1 Metodologia per la valutazione dello stato ecologico - ambientale

11.1.1 Funzioni ecologiche del sistema fluviale

La caratterizzazione della funzionalità dell'ecosistema fluviale e delle interrelazioni esistenti tra le componenti ambientali può essere studiata attraverso la valutazione di funzioni ecologiche fondamentali da esso esercitate e di caratteristiche influenti il suo stato:

- effetto di laminazione delle piene,
- grado di connessione con le acque sotterranee,
- effetto filtro (filtro naturale svolta dalle fasce riparie, che favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione nelle acque ed i meccanismi chimico-fisici di cattura e degradazione delle sostanze),



- produzione di materia organica (biomassa) nelle aree esondabili delle fasce riparie,
- capacità di mantenimento dei valori vegetazionali e faunistici,
- habitat naturali (ambienti favorevoli all'insediamento di specie di pregio vegetazionale e faunistico, e di fornire corridoi ecologici e connessioni tra le aree naturali presenti),
- presenza sul territorio oggetto di analisi di attività antropiche diversificate (fattore di pressione antropica),
- modificazioni dell'alveo occorse nel tempo.

11.1.1.1 *Ambiti da studiare*

1. Valore vegetazionale e faunistico:
 - tipologia delle sponde e tipo di vegetazione spondale e di alveo,
 - aree a vegetazione naturale (arborea e arbustiva) e aree umide,
 - presenza di specie di pregio vegetazionale e faunistico,
 - indagine faunistica (in particolare ittologica e ornitologica).
2. Effetto filtro della vegetazione riparia:
 - continuità ed estensione delle fasce di vegetazione riparia e spondale,
 - tipologia di vegetazione riparia e spondale.
3. Habitat naturali:
 - aree di elevato pregio ambientale e naturalistico individuate e relativo grado di connessione,
 - habitat, biotopi naturali e aree protette istituiti.
4. Qualità delle acque:
 - qualità delle acque a partire dalle analisi svolte dalla Regione Piemonte (SECA, SACA, IBE, LIM...).
5. Uso del suolo e fattori di pressione antropica:
 - aree a destinazione agricola e relative tipologie colturali,
 - insediamenti e infrastrutture,
 - aree a destinazione ricreativa e per il tempo libero.

Lo studio di queste aree si integra con le informazioni derivanti dall'analisi della Geomorfologia e del Regime idrologico – idraulico.

Le componenti del sistema fluviale sopra elencate sono caratterizzate utilizzando opportuni indicatori, ottenibili da:

- dati e informazioni raccolti nel corso delle indagini;
- fotointerpretazione delle foto aeree disponibili;
- dati e informazioni ricavabili da fonti bibliografiche, cartografia tematica, studi ecc. disponibili in letteratura.



11.1.1.2 *Tappe principali*

Le tappe principali attraverso cui si sviluppa questa metodologia sono:

- Indagini sull'uso del suolo (Allegato 1);
- indagini geomorfologiche e vegetazionali;
- indagini sull'efficienza e integrità dell'effetto filtro della vegetazione (funzionalità ripariale);
- indagini sulla qualità dell'acqua;
- indagini relative all'entità della pressione antropica.

11.1.1.3 *Definizione dei tratti omogenei di dettaglio*

La suddivisione in tratti omogenei, necessaria ai fini di questo studio, è stata effettuata secondo i seguenti criteri:

- caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e delle fasce esterne,
- caratteristiche vegetazionali dell'alveo e delle fasce esterne,
- tipologia di uso del suolo prevalente nell'area di indagine,
- presenza di rilevanti infrastrutture di comunicazione,
- presenza di opere e manufatti di difesa idraulica o di regimazione del fiume,

per garantire una scala di dettaglio dell'analisi sufficiente ad individuare le caratteristiche specifiche dell'area in esame e costruire gli indici del metodo proposto di seguito.

11.1.1.4 *Confronto con l'Indice di Funzionalità Fluviale IFF*

Gli aspetti considerati nel metodo di seguito illustrato presentano molteplici punti di contatto con la metodologia utilizzata per l'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (Siligardi, 1994).

Nella seguente tabella di confronto vengono messe in relazione la struttura della scheda IFF e gli indici descritti nella presente relazione metodologica.

Domanda IFF	Componente fluviale	Indici di riferimento nel metodo
1	Stato del territorio circostante	Indice geomorfologico Indice di impatto antropico
2-2bis	Vegetazione nella fascia perifluviale primaria e secondaria	Indice vegetazionale
3	Ampiezza della fascia di vegetazione arborea ed arbustiva	Indice vegetazionale
4	Continuità della vegetazione perifluviale arborea ed arbustiva	Indice vegetazionale
5	Condizioni idriche dell'alveo	Indice geomorfologico
6	Conformazione delle rive	Indice geomorfologico Indice di impatto antropico
7	Ritenzione degli apporti trofici	Indice di effetto filtro
8	Erosione	Indice geomorfologico
9	Naturalità e diversità ambientale	Indice vegetazionale Indice di impatto antropico
10-11	Struttura morfologica dell'alveo	Indice geomorfologico Indice di impatto antropico



11.1.1.5 *Definizione degli indici sintetici*

Gli indici sintetici definiti in questo studio sono l'**indice di stato ambientale SA** (attraverso la valutazione delle informazioni inerenti gli aspetti geomorfologici, vegetazionali e integrità dell'effetto filtro) e l'**indice di pressione antropica PA** (basato sull'impatto antropico).

Per ciascun ambito omogeneo identificato lungo il corso del fiume è stato successivamente valutato l'**indice di Stato ecologico SE** calcolato come sottrazione dell'indice di stato ambientale e dell'indice di pressione antropica:

$$SA - PA = SE$$

dove SA e PA sono derivati dagli indici ambientali normalizzati, illustrati nelle pagine seguenti.

11.1.2 *Costruzione degli indici ambientali*

11.1.2.1 *Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf*

e) Indice di naturalità vegetazionale I-nv: valuta il grado di naturalità della vegetazione presente sulle fasce esterne utilizzando le seguenti categorie:

- superfici boscate naturali,
- superfici boscate di derivazione antropica,
- boscaglia mista di invasione (formata da specie alloctone invasive),
- arbusteti e/o cespuglieti,
- siepi e fasce arborate,
- formazioni erbacee naturali,
- formazioni erbacee di derivazione antropica,
- aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa
- zone umide.

Per ciò che riguarda il grado di naturalità della vegetazione presente nell'alveo, le categorie utilizzate sono le seguenti:

- alveo attivo,
- boscaglia mista di invasione,
- formazioni erbacee,
- aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa
- zone umide.

f) Indice di varietà biotipica I-vb: per la varietà biotipica si attribuisce l'indice analizzando nel tratto omogeneo la presenza di strutture vegetazionali riconoscibili (biotipi) complementari dal punto di vista strutturale e funzionale (identificate nella Carta della vegetazione che è realizzata).



- g) Presenza di habitat naturali protetti o tutelati I-hp: presenza nella fascia d'interesse di habitat/biotopi di elevato valore naturalistico e ambientale (identificati in attuazione della Direttiva Habitat e della Direttiva Uccelli).
- h) Campionamenti dell'ittiofauna (con la definizione di un indice quantitativo, utilizzando il metodo di Moyle e Nichols, 1973, e un indice della struttura) e dell'avifauna I-fa, che saranno svolte lungo sezioni fluviali di circa un centinaio di metri di lunghezza. Analisi faunistiche per definire la struttura, e la valenza delle specie presenti, mediante indici di presenza, ricchezza.

La valutazione sintetica finale è data dal prodotto dei quattro indici:

$$I-vf = I-nv \times I-vb \times I-hp \times I-fa$$

11.1.2.2 Indagini di funzionalità ripariale I-fr

Queste indagini hanno lo scopo di fornire "l'immagine sintetica" immediata della qualità ambientale della zona ripariale presa in esame evidenziandone, a grandi linee, la naturalità o l'impatto antropico che la caratterizza: si prende in esame quindi, l'uso del suolo nell'area circostante l'alveo fluviale, area che condiziona l'equilibrio ecologico.

L'esame è stato svolto, oltre che dalle informazioni presenti nel PTA, attraverso la valutazione di carte dell'uso del suolo e attraverso la fotointerpretazione delle ortoimmagini a colori, valutando l'effetto filtro svolto dalla vegetazione ripariale.

- i) Effetto filtro della vegetazione riparia I-ef: si valuta la combinazione tra il tipo e l'ampiezza della vegetazione riparia e l'integrità della vegetazione riparia.
- j) Integrità della vegetazione riparia naturale I-iv (fondamentale per garantirne le peculiari funzioni ecologiche): la presenza di interruzioni nella copertura vegetale interferisce sugli equilibri tra comunità biotica ed abiotica, alterandone la funzionalità; quindi il valore massimo viene assegnato alla zona riparia che ha conservato la sua fisionomia naturale, mentre il valore minimo si ottiene in situazioni in cui le caratteristiche naturali della vegetazione ripariale non sono più riconoscibili.

La valutazione sintetica finale è data dal prodotto dei due indici:

$$I-fr = I-ef \times I-iv$$

11.1.2.3 Indice di qualità delle acque in alveo I-qa

Questo indice vuole riassumere lo stato qualitativo delle acque e della vegetazione presenti in alveo.

L'esame è stato svolto attraverso l'utilizzo dei risultati presenti nel PTA della Regione Piemonte, che contengono valutazioni sugli indici Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) e Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (SACA), e, dove è stato possibile reperire le informazioni, facendo una valutazione sulle specie vegetali acquatiche presenti nell'alveo (indice I-va).



La valutazione sintetica finale è data dalla media aritmetica dei due punteggi ottenuti dai due indici moltiplicato I-va:

$$I\text{-fr} = [(I\text{-seca} + I\text{-saca})/2] \cdot I\text{-va}$$

11.1.2.4 *Indice di Pressione Antropica PA*

La pressione antropica valuta l'impatto potenziale che le attività umane hanno sulla risorsa acqua, prendendo in considerazione il carico inquinante derivante dalle attività antropiche, la presenza di tessuto urbano e la presenza di ecosistemi agricoli industrializzati, indirettamente è valutata la possibile contaminazione .

Indice di uso del suolo I-us: analizza i seguenti aspetti, per ognuno dei quali si individuano diverse tipologie di uso del suolo a cui viene assegnato un valore:

- urbanizzazione,
- industria e attività estrattive,
- agricoltura,
- vie di comunicazione.

k) Indice di modificazione dell'alveo I-ma: valuta la naturalità della sezione dell'alveo bagnato, sulla base dell'entità (numero e sviluppo) degli interventi antropici ed eventualmente con fotointerpretazione, individuando forme artificiali quali sbarramenti, dighe, prese, ponti, argini, difese spondali, ecc. (la presenza di elementi artificiali allontana il corso d'acqua dalle condizioni di naturalità, influenzando negativamente su suoi equilibri ecologici).

La valutazione sintetica finale è data dal prodotto dei due indici:

$$PA = (I\text{-us} \times I\text{-ma}) \times 2,5$$

11.1.2.5 *Scopo dello studio*

Attraverso l'elaborazione degli indici sopracitati é stato possibile effettuare valutazioni finali sull'assetto ecologico del sistema fluviale indagato e così:

- rappresentare lo stato ecologico complessivo come risultante della qualità ambientale e della pressione antropica esercitata;
- fornire una valutazione dello stato/qualità lungo i vari tratti del corso d'acqua con la possibilità di rivalutare gli indici tenendo conto dell'attuazione sia degli interventi strutturali che di quelli non strutturali ed eventualmente degli interventi nella regione fluviale che prevedono la sistemazione vegetazionale;
- caratterizzare la variazione dei diversi indici al variare dei possibili scenari d'intervento in termini di possibilità di miglioramento dello stato ecologico del singolo tratto;
- individuare una scala di classi di qualità rappresentative dello stato ecologico e attribuire per ciascun tratto omogeneo un valore;



In conclusione, per ogni tratto fluviale, una volta definito lo stato ecologico attuale, si sono prospettati interventi migliorativi che portano alla definizione di uno stato ecologico potenziale.

11.1.2.6 *Individuazione e rappresentazione delle classi di qualità di stato ecologico*

Individuati gli indici e parametrizzati gli indicatori, si è proceduto ad assegnare ad ogni singolo tratto omogeneo un valore rappresentativo dello stato ecologico, al fine di semplificare la rappresentazione si sono individuate delle classi.

L'individuazione e la suddivisione delle classi è stata fatta seguendo i criteri e gli standard di qualità ambientali previsti dal D.Lgs. 152/99.

Ciascuna classe di qualità è rappresentata graficamente da un colore corrispondente un giudizio.

11.2 **Calcolo degli indici ambientali**

Le tappe principali attraverso cui si sviluppa questa metodologia sono:

- indagini vegetazionali;
- indagini sull'efficienza e integrità dell'effetto filtro della vegetazione (funzionalità ripariale);
- indagini relative all'entità della pressione antropica.

L'analisi viene effettuata suddividendo, per tratti omogenei, le informazioni e quindi i vari indicatori, secondo scale di valori. Al termine di tale operazione si giunge alla definizione degli indici sintetici: indice di stato ambientale (valutando le informazioni inerenti gli aspetti geomorfologici, vegetazionali e integrità dell'effetto filtro) e **indice di pressione antropica** (basato sull'impatto antropico).

Per ciascun ambito omogeneo identificato lungo il corso del fiume è stato successivamente valutato l'**indice di Stato ecologico** calcolato come sottrazione dell'indice di stato ambientale e dell'indice di pressione antropica.

$$\begin{aligned} & \text{Indice di Stato ambientale (SA)} - \\ & \text{Indice di Pressione antropica (PA)} \\ & \text{Indice di Stato ecologico (SE)} \end{aligned}$$

dove:

$$\text{Indice di Stato ambientale (SA)} = I-v * 0,6 + I-fr * 0,4 \text{ (per riva sx e riva dx)}$$

$$\text{Indice di Stato ambientale (SA)} = I-v * 0,6 + I-qa * 0,4 \text{ (per alveo)}$$

$$\text{Indice di Pressione antropica (PA)} = (I-us * I-ma)*2,5$$



11.2.1 Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf

11.2.1.1 Indice di naturalità vegetazionale I-nv

Per la naturalità si attribuisce un valore alla vegetazione in base alla sua collocazione rispetto alla situazione teoricamente possibile in assenza di modificazioni umane, basandosi sulle cenosi più complesse e mature, tenendo conto delle particolari condizioni ecologiche che si verificano nell'ecosistema fluviale.

Tipologie vegetazionali presenti sulle fasce esterne	Punteggio
Superfici boscate naturali	10
Superfici boscate di derivazione antropica	7
Boscaglia di invasione	5
Zone umide	8
Siepi e fasce arborate	6
Arbusteti e/o cespuglieti	6
Formazioni erbacee naturali	5
Formazioni erbacee di derivazione antropica	4
Aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa	2
Area antropizzata (presenza di cemento, asfalto...)	1

Tipologie vegetazionali presenti nell'alveo	Punteggio
Alveo attivo	10
Zone umide	8
Formazioni erbacee (barre vegetate)	7
Boscaglia di invasione	6
Aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa (barre laterali non vegetate)	5

Il valore dell'indice di naturalità vegetazionale del tratto si ottiene sommando i valori dei tipi vegetazionali presenti, ponderati secondo l'estensione dell'intera zona di studio.

Si sottolinea che i punteggi delle stesse categorie variano tra le due tabelle; questo poiché uguali tipologie vegetazionali presenti sulle fasce esterne o in alveo danno luogo ad un differente giudizio (i.e., aree non vegetate sulle rive sono negative, aree non vegetate sulle barre è naturale).

11.2.1.2 Indice di varietà biotipica I-vb

Per la varietà biotipica si attribuisce l'indice analizzando nel tratto omogeneo la presenza di strutture vegetazionali riconoscibili (biotipi) complementari dal punto di vista strutturale e funzionale. Questo indice rappresenta la biodiversità biotipica.



Presenza di biotipi complementari	Punteggio
presenza di 6 o più elementi	1,3
presenza di 4 o 5 elementi	1,2
presenza di 2 o 3 elementi	1,1
presenza di 1 elemento	1

11.2.1.3 Presenza di habitat protetti o tutelati I-hp

Un ulteriore fattore positivo è dato dalla presenza nella fascia d'interesse di habitat/biotopi di elevato valore naturalistico e ambientale (identificati in attuazione della Direttiva Habitat e della Direttiva Uccelli).

Presenza di specie protette / habitat naturali	Punteggio
Presenza di 3 o più elementi	1,3
Presenza di 1-2 elementi	1,2
Assenza di elementi di valore naturalistico - ambientale	1

11.2.1.4 Campionamenti della fauna (ittiofauna, avifauna, anfibi...) I-fa

Tutte le indagini riguardanti l'ittiofauna dovrebbero essere condotte con il sistema della pesca elettrica con elettrostorditore ed in genere interessare una sezione fluviale di circa un centinaio di metri di lunghezza. Questa tecnica conservativa consente di pescare efficacemente in un ampio tratto di fiume ed in tempi brevi senza nuocere al pesce, che può essere rilasciato subito dopo le operazioni di riconoscimento sistematico. I campionamenti di tipo quantitativo, quando reperibili, utilizzano il metodo di Moyle e Nichols (1973), per determinare una stima dell'abbondanza relativa delle singole specie con il criterio riportato in tabella seguente (criterio leggermente modificato per ciò che riguarda i punteggi).

Numero di individui ritrovati in 50 m di campionamento	Punteggio
< 3	1
3-10	2
10-50	3
50-100	4
> 100	5

È stato inoltre attribuito un indice concernente la struttura delle popolazioni per meglio caratterizzare la presenza delle singole specie.

Descrizione	Indice di struttura
Popolazione non strutturata: dominanza di giovani	1
Popolazione non strutturata: dominanza di adulti	1,5
Popolazione strutturata	2

In generale, però, le uniche informazioni reperibili dagli studi consultati riguardano le specie presenti (dopo la consultazione di studi di settore) lungo il tratto del corso



d'acqua considerato: si rende quindi necessario un punteggio direttamente riferibile al numero di specie.

Numero di specie presenti lungo il tratto considerato	Punteggio
< 10	1
10-50	3
50-100	6
> 100	10

In caso di presenza di informazioni sia di tipo qualitativo che di tipo quantitativo, il valore dell'indice **I-fa** presenta una maggiore completezza, e si ottiene nel modo seguente:

$$\text{Indice I-fa} = \text{I-fa}_{\text{quantità}} * 0,7 + \text{I-fa}_{\text{qualità}} * 0,3$$

Se le informazioni disponibili sono solo quantitative, il secondo addendo risulta pari a 0.

11.2.1.5 *Valutazione sintetica finale*

Il punteggio complessivo dell'indice vegetazionale **I-vf** è dato dalla combinazione dei singoli sub-indici parziali, calcolando il prodotto dei valori dei singoli sub-indici **I-vf = I-nv * I-vb * I-hp * I-fa**, successivamente normalizzato rispetto alle massime variazioni dei valori lungo l'intero corso del fiume.

11.2.2 *Indagini di funzionalità ripariale I-fr*

(applicabile solo per fascia esterna sinistra e fascia esterna destra)

11.2.2.1 *Effetto filtro della vegetazione riparia I-ef*

L'indicatore è dato dalla combinazione tra i due indicatori ottenuti :

- il tipo e l'ampiezza della vegetazione riparia;
- l'integrità della vegetazione riparia.

Tipo di formazioni vegetali presenti nella fascia riparia perifluviale e nelle fasce esterne.

Con questo parametro viene individuata la fisionomia della vegetazione naturale lungo le sponde del corso d'acqua considerato, ossia il tipo di comunità vegetale presente nella porzione di territorio circostante le rive. Si attribuiscono i popolamenti vegetali presenti nella fascia che costituisce il filtro alle seguenti macrocategorie:

- bosco maturo, compatto e ben sviluppato;
- bosco rado (ovvero con copertura arborea inferiore al 50%) o fascia arborata o siepe;
- formazioni arbustive pioniere;
- formazioni erbacee;
- totale o parziale assenza di popolamenti vegetali.



I punteggi attribuiti ai diversi tipi di vegetazione naturale assumono la forma seguente (il prevalere di uno o più tipi risulterà dall'indicatore "Integrità della vegetazione riparia").

Formazioni insistenti sulla fascia esterna	Punteggio
Bosco denso	10
Bosco rado o fascia arborata o siepe o coltivi di origine antropica	8
Arbusteto o cespuglietto	7
Zona umida	5
Seminativi	3
Vegetazione erbacea naturale	2
Assenza di vegetazione	1

Il valore dell'indice di naturalità vegetazionale del tratto si ottiene sommando i valori dei tipi vegetazionali presenti, ponderati secondo la loro estensione.

11.2.2.2 Integrità della vegetazione riparia naturale I-iv

Continuità della vegetazione riparia	Punteggio
vegetazione della zona riparia intatta (copertura arborea/arbustiva tra 100 - 80%)	1,5
vegetazione della zona riparia con qualche interruzione (copertura tra 79.9 - 60%)	1,4
vegetazione della zona riparia con interruzioni marcate (copertura tra 59.9 - 30%)	1,3
vegetazione della zona riparia quasi assente (copertura < 30%)	1,2
vegetazione della zona riparia assente	1

L'integrità della zona riparia viene valutata unicamente attraverso la componente vegetazionale arboreo/arbustiva, mentre non è considerata la vegetazione erbacea.

11.2.2.3 Valutazione sintetica finale

L'indice di funzionalità ripariale, che fornisce la valutazione complessiva dell'effetto filtro della vegetazione riparia, si ottiene moltiplicando i due indici parziali sopra descritti:

$$I-fr = I-ef * I-iv$$

11.2.3 Indice di qualità alveo I-qa

(applicabile solo per l'alveo attivo)

11.2.3.1 SECA e SACA

L'indice di qualità dell'alveo è valutato analizzando i valori di Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) e Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (SACA) presenti nel PTA della Regione Piemonte. Si ricorda che il SECA è determinato dall'incrocio dei dati del livello dei parametri macrodescrittori (LIM) e delle classi di Indice Biotico Esteso (IBE); il SACA è ottenuto dall'incrocio dei dati del SECA e dello stato chimico.



SECA	Punteggio	SACA	Punteggio
Classe 1	10	Elevato	10
Classe 2	8	Buono	8
Classe 3	6	Sufficiente	6
Classe 4	4	Scadente	4
Classe 5	2	Pessimo	2

11.2.3.2 *Indice vegetazionale acquatico I-va*

Se negli studi consultati, vi sono informazioni riguardanti le specie vegetali acquatiche presenti nell'alveo si rende necessario un punteggio riferibile alla tipologia di specie rintracciate.

Tipologia di specie presenti lungo il tratto considerato	Punteggio
Assenza di specie vegetali acquatiche	1
Presenza di specie vegetali acquatiche alloctone e autoctone	2
Presenza di specie vegetali acquatiche autoctone	3

Ben inteso che in assenza di informazioni al riguardo, si assegnerà valore 1 a questo sub-indice.

11.2.3.3 *Valutazione sintetica finale*

L'indice di qualità dell'alveo si ottiene calcolando la media aritmetica dei punteggi ottenuti dal SECA e dal SACA e moltiplicando il risultato per il valore ottenuto dall'indice vegetazionale acquatico:

$$I\text{-qa} = [(SECA + SACA)/2]*I\text{-va}$$

11.2.4 *Indice di pressione antropica PA*

11.2.4.1 *Indice di uso del suolo I-us*

La valutazione dell'impatto antropico si basa sull'analisi dei seguenti aspetti, per ognuno dei quali si individuano diverse tipologie di uso del suolo a cui viene assegnato un valore:

- urbanizzazione,
- industria e attività estrattive,
- agricoltura,
- vie di comunicazione,
- assenza di interventi antropici.

La tabella che segue si riferisce ai punteggi da assegnare alla sponda sinistra e alla sponda destra del tratto considerato; il valore dell'indice viene ottenuto dalla



sommatoria dei punteggi assegnati alle diverse categorie di uso del suolo, ponderati (normalizzati) secondo la loro estensione.

Uso del suolo	Tipologia presenti sulle fasce esterne	Punteggio
Urbanizzazione	Tessuto urbano continuo	5
	Tessuto urbano discontinuo	2
	Altri insediamenti (campeggi, aree ricreative, aree agricole eterogenee, ecc.)	1
Attività estrattiva (cave attive)	Area produttiva/industriale	10
	Discarica	9
	Impianti trattamento rifiuti – inceneritore – depuratore	5
	Attività estrattiva (cave attive)	4
Agricoltura	Coltivazioni intensive	3
	Altri impianti di arboricoltura (non intensivi)	2
	Incolti / prati stabili e pascoli	1
Vie di comunicazione	Vie di comunicazione principali	6
	Vie di comunicazione secondarie	4
Assenza di interventi antropici	Superfici boscate naturali, zone umide	1

La tabella successiva, invece, contiene i valori da assegnare esclusivamente al tratto di alveo considerato; essi non vanno normalizzati.

Uso del suolo	Tipologia presenti in alveo	Punteggio
Presenza attività in alveo	Area produttiva/industriale	10
	Discarica	9
	Scarichi di acque reflue (senza depuratore)	6
	Impianti trattamento rifiuti – inceneritore	4
	Attività estrattiva (cave attive)	3
	Presenza di impianti idroelettrici ad acqua fluente	2
Assenza attività in alveo	Presenza di soli interventi di difesa o assenza di attività antropica (i.e. scarichi di acque reflue e/o depuratori, ecc...)	1

11.2.4.2 *Indice di modificazione dell'alveo I-ma*

Interventi antropici di modificazione dell'alveo	Punteggio
Tratto senza interventi antropici evidenti	0,1
Presenza di interventi antropici sporadici	0,3
Presenza di interventi antropici sporadici con opere di difesa spondale	0,5
Presenza diffusa di interventi antropici	0,7
Presenza diffusa di interventi antropici con opere di difesa spondale, tratti coperti o con opere trasversali	1,0

11.2.4.3 *Valutazione sintetica finale*

Per una valutazione complessiva della pressione antropica esercitata sull'ambiente fluviale si moltiplicano i due indici parziali sopra descritti, per un fattore correttivo $k = 2,5$ che assegna un peso maggiore al PA rispetto al SA (rapporto pari a 1:4, anziché 1:10):

$$PA = I-us * 2,5 * I-ma$$



11.2.5 Individuazione delle classi di qualità di stato ecologico e rappresentazione

Lo stato ecologico del corso idrico viene rappresentato in classi di qualità ciascuna delle quali recante un giudizio. La scala dell'SE è compresa tra valori minori di 0 e maggiori di 50, questi valori possono a loro volta essere raggruppati in 5 classi. Le classi, vanno da un valor minimo di 1, che indica un ottimo stato ecologico, ad un massimo di 5, che indica un pessimo stato ecologico.

A ciascuna di queste classi è associato un colore utile ai fini rappresentazione cartografica.

Classe	SE	Colore
I	SE < 0	Red
II	0 < SE < 10	Orange
III	10 < SE < 20	Yellow
IV	20 < SE < 30	Green
V	30 < SE < 40	Cyan
VI	SE > 50	Blue

11.3 Considerazioni conclusive

11.3.1 Aspetti Ecologico - Ambientali

Dall'analisi dell'assetto ecologico del sistema fluviale si ottiene lo stato attuale del corso d'acqua e si ha la possibilità di trarre delle considerazioni volte ad individuare opportunità di interventi finalizzati al miglioramento ambientale nel suo complesso.

11.3.1.1 Caratterizzazione della vegetazione

La vegetazione reale lungo l'asta fluviale si differenzia da quella potenziale; le formazioni originarie sono state perlopiù sostituite o comunque appaiono degradate a causa di una scarsa gestione (tagli irrazionali) che ha favorito l'espansione della robinia (*Robinia pseudoacacia*), specie alloctona di difficile contenimento.

Così come in tutta la pianura padana, si è assistito nel tempo alla quasi totale sottrazione di superficie ai boschi mesofili di pianura e ai boschi ripariali lungo le sponde dei corsi d'acqua, tramite il dissodamento per estendere i seminativi e la pioppicoltura, e per lo sviluppo edilizio dei centri urbani di pianura.

Malgrado la presenza di aree protette (S.I.C. e Z.P.S. "Confluenza Orco-Po-Malone", Parco Fluviale del Po, Riserva Naturale della confluenza dell'Orco e Malone) l'asta del Torrente Orco si presenta in alcuni casi degradata, poco valorizzata da un punto di vista turistico - ricreativo e poco salvaguardata da un punto di vista naturalistico. Scarsi sono gli interventi considerabili realmente di pregio ecologico e paesaggistico, e questi risultano peraltro sempre inseriti all'interno di un contesto antropizzato.

Malgrado ciò sono evidenti le potenzialità naturalistiche ed ecologiche dell'area, testimoniate ad esempio dalle aree umide immediatamente adiacenti la confluenza, e dalle fasce boscate residue. Queste ultime, costituite prevalentemente da vegetazione ripariale, risultano fortemente influenzate nella loro composizione specifica e nella loro struttura dalle periodiche piene alluvionali dei corsi d'acqua.



L'influenza antropica sulla vegetazione arborea residua risulta evidente anche dal fatto che questa si alterna e si mescola intimamente ai terreni incolti ed agricoli, ai pioppeti e alle aree edificate circostanti.

La forte pressione antropica esercitata attraverso le pratiche agronomiche ha fortemente contribuito a determinare la quasi totale scomparsa delle fitocenosi naturali, delle quali rimangono pochi elementi, per lo più degradati, e localizzati presumibilmente in quelle zone meno favorevoli allo sviluppo agricolo.

La pressione antropica ha altresì condizionato il sottobosco arbustivo che presenta specie tipiche legate agli ambienti fortemente condizionati dal disturbo antropico, come *Sambucus nigra*, *Amorpha fruticosa* e *Cornus sanguinea*, accanto a fitte formazioni di *Rubus ulmifolius*, mentre lo strato erbaceo è formato in prevalenza da specie nitrofile (*Urtica dioica* e *Parietaria officinalis*), e poi da *Solanum dulcamara*, *Solidago gigantea*, *Filipendula ulmaria*.

Le formazioni vegetazionali spontanee o subsponanee di maggior rilievo sono, per la maggior parte, legate alla zona ripariale: le formazioni ripariali costituiscono gli elementi vegetazionali di maggiore estensione, caratterizzando la quasi totalità delle superfici spondali dell'asta fluviale. Dette formazioni sono composte da cedui di robinia con puntuali riserve ad alto fusto di farnia, che lasciano il posto, in ambito golenale, a cenosi riparie costituite soprattutto da *Salix alba*, accompagnato da sporadici esemplari di *Populus alba* ed *Alnus glutinosa*. Formano popolamenti di recente costituzione su apporti di materiale sabbioso e rappresentano forme relativamente stabili in relazione ad eventuali future azioni distruttive e di disturbo da parte delle correnti fluviali, in genere non molto ricchi di scheletro, a drenaggio libero, asciutti in superficie, ma a falda idrica interessante le aree esplorate dagli apparati radicali, poverissimi in sostanza organica. Sono suoli pertanto soggetti spesso ad erosioni, con conseguente danno alla vegetazione, o a deposizione di nuovo materiale solido.

Le superfici spondali più disturbate dalle correnti fluviali sono caratterizzate da vegetazione. Il saliceto ripario è stato sottoposto a tagli recenti su individui adulti che hanno perso la facoltà pollonifera e ad una conseguente ulteriore riduzione delle già ristrette aree di diffusione, spesso limitate a modeste fasce lungo le rive dei fiumi.

Sono in talune aree presenti superfici incolte e/o cespugliate, limitate ad alcune zone in prossimità dell'alveo fluviale. La vegetazione che colonizza tali superfici è costituita da cespugli e, prevalentemente, da specie erbacee nitrofile o ruderali, appartenenti alla classe *Chenopodietaea*, tra le quali sono comprese quelle caratterizzanti l'ambiente agrario ed identificabili per lo più con le infestanti delle colture. Le specie più comuni sono *Artemisia vulgaris*, *Solidago gigantea*, *Bromus sterilis*, *Chenopodium album*, *Coryza canadensis*, *Sonchus arvensis*, *Solanum nigrum*, *Senecio vulgaris*, *Lamium purpureum*.

L'ambiente fluviale rappresenta, tuttavia, una grossa risorsa per la fauna con la presenza di numerosi habitat colonizzabili.

11.3.2 Caratterizzazione della fauna

Le caratteristiche territoriali dell'area vasta analizzata e del suo intorno, che si contraddistingue per la presenza di ambienti fluviali con superfici forestali intercalate ad aree agricole, con un livello di antropizzazione medio - alto, conferiscono in generale un livello medio di potenzialità per lo sviluppo di catene trofiche complesse e popolamenti faunistici caratterizzati da un buon livello di biodiversità. Il corridoio fluviale



è indubbiamente la porzione di territorio più importante ed interessante per lo sviluppo di habitat idonei all'insediamento della fauna, oltre che essere in grado di esprimere un maggior livello di biodiversità.

Per quanto riguarda l'Erpetofauna, l'Avifauna, le informazioni che si sono utilizzate derivano da informazioni di carattere generale fornite dalla bibliografia di riferimento consultata.

Per quanto riguarda gli insetti non è stata fatta una valutazione specifica in termini qualitativi né quantitativi. Tuttavia si rileva che numerose specie vivono tra la vegetazione arborea ed arbustiva naturale. Molti di essi provengono dai vicini coltivi e si identificano con specie considerate dannose per le piante coltivate e, possono essere considerate nocive anche per le essenze naturali. Nello specifico alcuni insetti possono causare defogliazioni alle piante, come le larve di farfalle appartenenti alle famiglie dei Limantridi (*Lymantria dispar* e *Lymantria monacha*), dei Geometridi (*Erannis defoliaria*) e le processionarie (*Thaumetopoea spp.*).

Altri insetti possono deteriorare le piante, scavando gallerie nel legno del tronco e dei rami, di cui si nutrono, come le larve di alcuni Coleotteri Cerambicidi (ad es. *Cerambyx cerdo* nelle querce e *Saperda charcharias* nei pioppi), Lucanidi (come l'ormai raro cervo volante, *Lucanus cervus*), Buprestidi e Scolitidi.

Per quanto riguarda la mammalofauna lo stato attuale della componente è notevolmente influenzato dalla matrice agricola dell'area indagata e dalla diffusa presenza di infrastrutture. I mammiferi, hanno risentito delle modificazioni ambientali determinate dagli interventi antropici legati sia alle attività agricole che all'infrastrutturazione della pianura.

Attualmente, le presenze sono costituite principalmente da piccoli roditori: il ghio (*Glis glis*), il topo quercino (*Elyomys quercinus*), la lepre (*Lepus capensis*), lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*). Inoltre, la zona è interessata dalla presenza di piccoli mammiferi quali il toporagno (*Sorex araneus*), la talpa (*Talpa europea*), il riccio (*Erinaceus europaeus*), nonché da comuni muridi (*Apodemus sylvaticus*, *Apodemus flavicollis*, *Rattus rattus*).

È inoltre presente il cinghiale (*Sus scrofa*), di cui si è riscontrata la presenza in corrispondenza di aree limitrofe all'alveo e nelle vicinanze di aree antropizzate.

La presenza di SIC e ZPS fa sì che la qualità ambientale, faunistica e vegetazionale, ne risenta in modo positivo.

11.3.3 Caratterizzazione dell'ittiofauna

Il Torrente Orco è un corso d'acqua caratterizzato da portate estremamente variabili su base stagionale, tali, comunque, da garantire sempre la sopravvivenza di un discreto numero di specie ittiche. La variazione della pendenza, la velocità della corrente, l'allargamento dell'alveo, la riduzione della profondità media e della portata a causa delle forti derivazioni idriche portano ad una distribuzione e ad una diversità in specie: la parte superiore del torrente (tratto montano e di collina) presenta pendenze elevate, velocità della corrente medio - alta ed acque fredde, ossigenate e pulite (cioè a basso contenuto di materiale organico sospeso), condizioni che identificano l'habitat tipico della trota fario (*Salmo trutta*). Viceversa procedendo lungo la parte inferiore (tratto di pianura), la pendenza del letto si riduce, ne consegue, dunque, un peggioramento delle condizioni naturali dell'ambiente fluviale che si ripercuote negativamente sulla



composizione ittica. Così, in tale tratto, la trota marmorata e gli ibridi di trota fario sono presenti solo sporadicamente mentre il temolo è praticamente inesistente. Al contrario numerose sono le specie ascrivibili ai Ciprinidi reofili come il barbo comune, il barbo canino, il vairone, la sanguinerola, il cavedano, la lasca, il gobione e specie cosiddette di “accompagnamento” come il cobite comune ed il giozzo di fiume; tutte specie meno esigenti in termini di qualità dell’acqua.

11.3.4 Caratterizzazione dell’acqua

Le acque dell’Orco, seppur parzialmente compromesse dalle attività antropiche, per quanto concerne le caratteristiche biologiche e chimiche presentano valori tali da consentire nel complesso un discreto grado di qualità che si ripercuote positivamente sulla naturalità e sulle cenosi ittiche, valorizzando la funzionalità ecologica dell’ecosistema nel suo complesso.

Lo stato di qualità dell’acqua è da mediocre a discreto, in relazione al grado di antropizzazione (seminativi ed aree agricole) ed urbanizzazione (infrastrutture di differenti tipologie).

La totale mancanza di dati relativi alla vegetazione tipicamente acquatica, *macrophyte acquatiche* e *periphyton*, non consente di fornire un giudizio quantitativo sufficientemente significativo. Tuttavia per avere una dettagliata caratterizzazione della qualità dell’alveo non è possibile prescindere da tale componente, essa infatti costituisce l’elemento base di tutta la catena alimentare, sarebbe quindi opportuno procedere ad un monitoraggio specifico finalizzato a classificare e definire tale componente.

Nel settore di pianura le criticità qualitative riscontrate nella falda superficiale riguardano la compromissione da nitrati e prodotti fitosanitari (localizzata). Nella porzione di bacino montano, le situazioni di criticità potenziale sono riferibili alla insufficiente protezione sanitaria delle fonti di approvvigionamento idropotabile da acque sorgive, o alla vulnerabilità degli acquiferi di fondovalle alluvionale.

11.3.4.1 Caratterizzazione ecologico - ambientale dell’ecosistema torrente Orco

Nel suo complesso il tratto dell’Orco analizzato, da Cuornè a Chiasso, si presenta in uno stato ecologico da discreto a medio - buono. Come si può notare dalla *figura 1*, le fasce destra e sinistra non sempre presentano uno stato ecologico complessivo uguale. Il tratto 5 presenta uno stato ecologico di valore più elevato, questo è dovuto ad una maggiore presenza di formazioni arboree, la fascia destra è coperta per 53 % da formazione arborea. Situazione simile si può notare nei tratti 4, 3 ed 1, dove la copertura arborea in fascia sinistra ricopre superfici rispettivamente pari al 64% , 59 % ,60 %.

I livelli di alterazione sono per lo più dovuti all’attività antropica, che ha modificato la naturalità del territorio. La percentuale dei seminativi risulta coprire una superficie che in alcuni tratti supera il 50%, ad esempio nel tratto 10, dove ha un valore pari al 77 %, e solo in un tratto, nel tratto 9 , in sponda destra, si mantiene sotto il 15% .

La Fig. 43 sintetizza la situazione % dell’andamento della copertura vegetazionale nell’intero tratto del Torrente Orco considerato nell’analisi. Da notare come le formazioni riparie arboree sulla superficie complessiva assumano un valore pari 0.

Le Fig. 44, Fig. 45, Fig. 46 riportano l'andamento vegetazionale riferito, nel dettaglio, rispettivamente all'alveo, alla fascia sinistra e alla fascia destra.

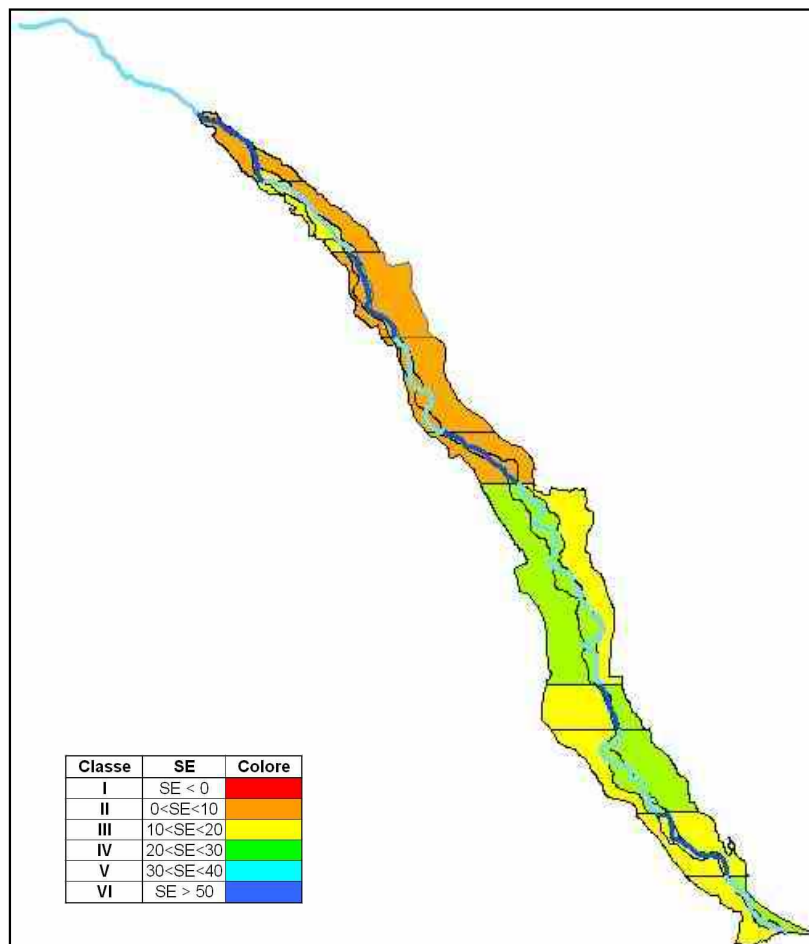


Fig. 42 Rappresentazione dello stato ecologico del Torrente Orco, tratto Cuornè - Chivasso, secondo la suddivisione in classi di qualità

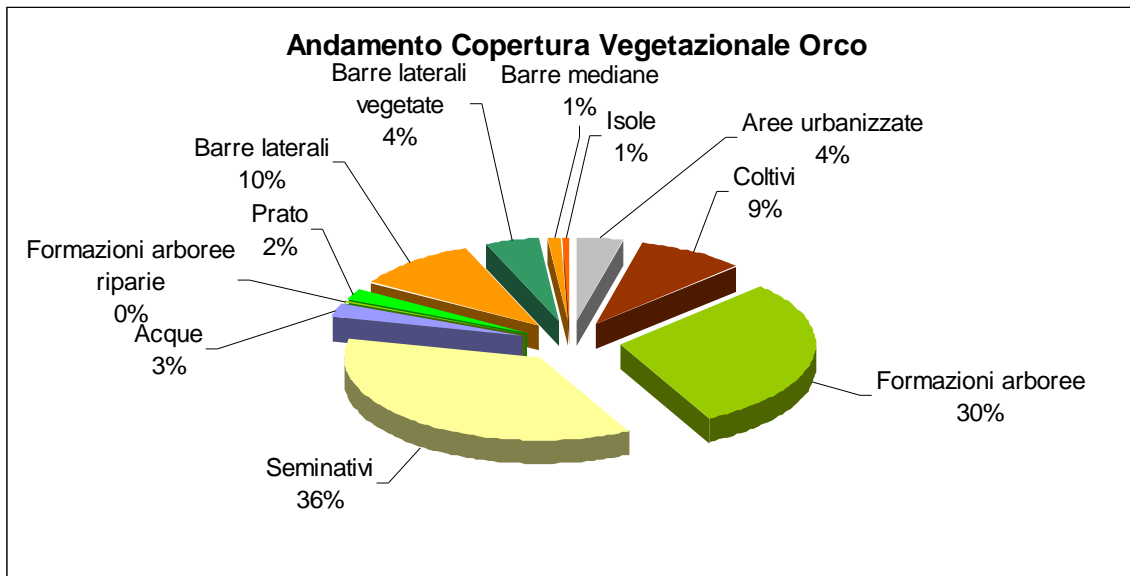


Fig. 43 Torrente Orco tratto Cuornè - Chivasso, distribuzione % sull'intera superficie considerata della copertura vegetazionale

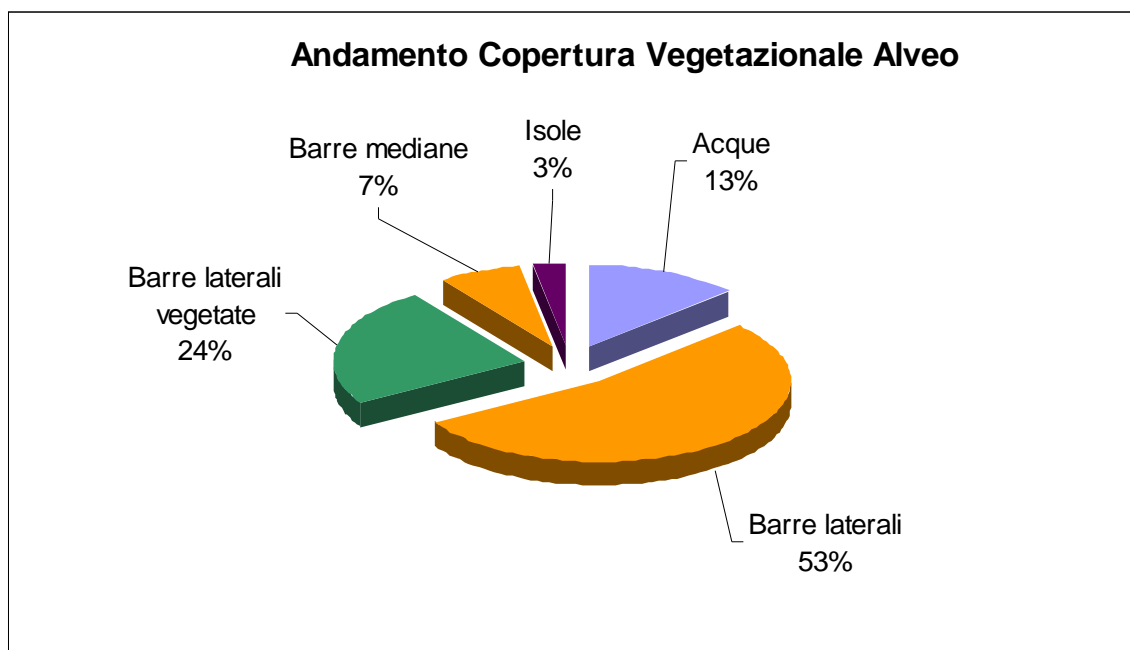


Fig. 44 Torrente Orco tratto Cuornè - Chivasso, distribuzione % sull'intero alveo della copertura vegetazionale (si ricorda che non vi sono dati relativi alla vegetazione tipicamente acquatica)

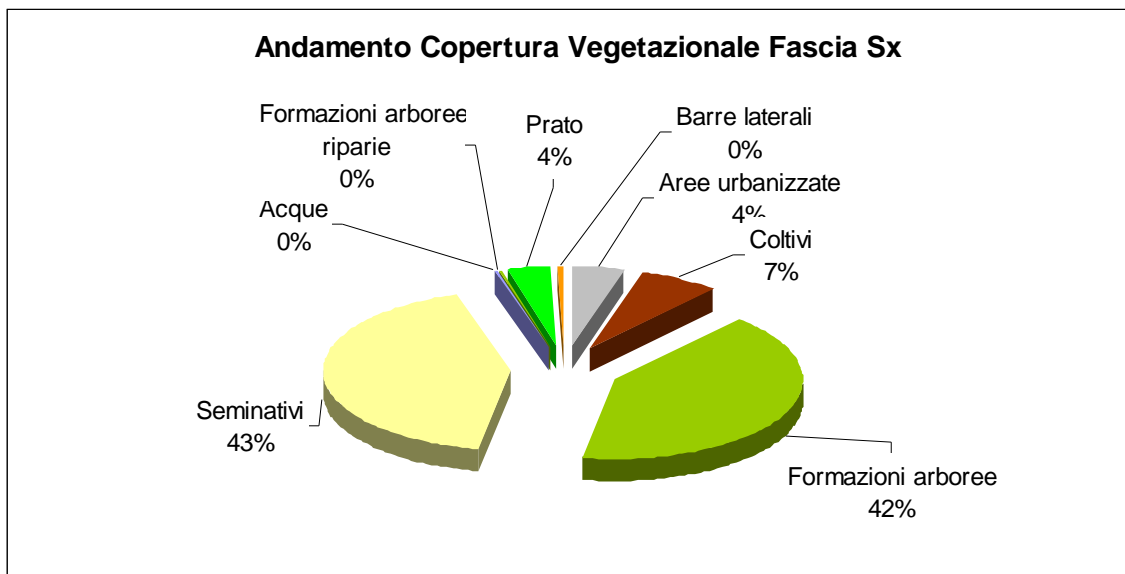


Fig. 45 Torrente Orco tratto Cuornè - Chivasso, distribuzione % lungo fascia sinistra della copertura vegetazionale

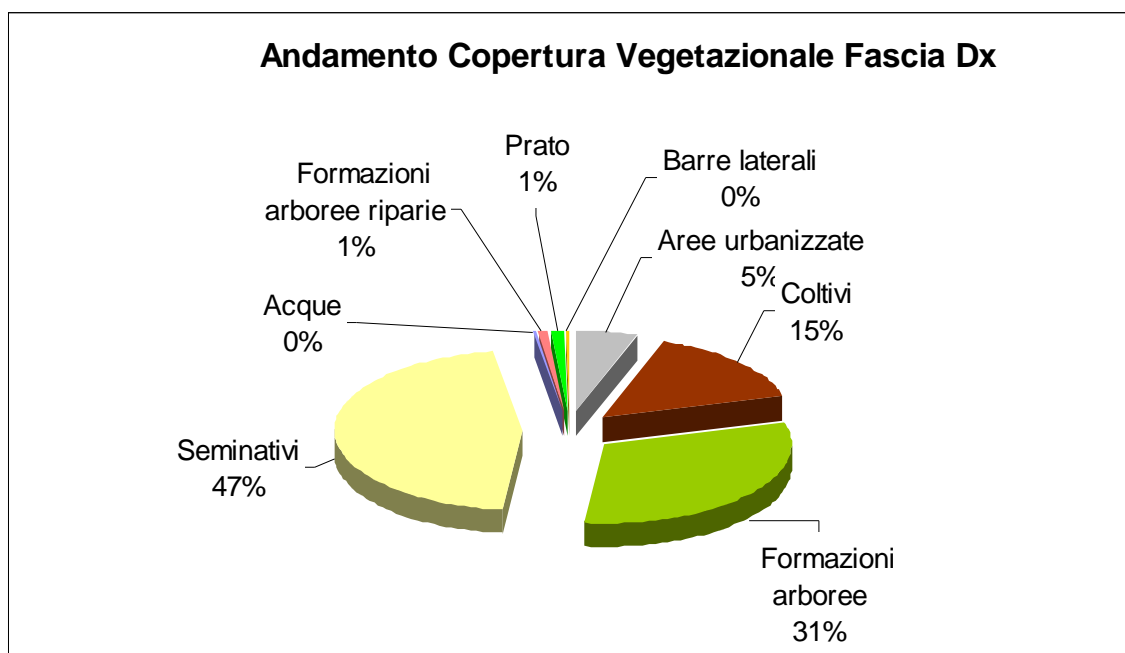


Fig. 46 Torrente Orco tratto Cuornè - Chivasso, distribuzione % lungo fascia destra della copertura vegetazionale

Al termine dell'analisi ambientale fatta si sono individuate tre tipologie di intervento che saranno di volta in volta da valutare per quanto agli effetti sullo stato ecologico: ripristino naturalità vegetazionale, incremento della superficie d'alveo, creazione di zone umide. Come linea di tendenza saranno auspicabili tutti quegli interventi che portano ad un incremento della naturalità vegetazionale, quindi ad un aumento della



superficie a formazioni arboree, ma laddove queste ricoprono già una percentuale elevata dell'intera superficie saranno da valutare. L'incremento delle aree boscate porterà ad un effetto diretto sull'indice di naturalità vegetazionale, ma ad effetti indiretti molteplici sull'intero ecosistema, aumento degli indici faunistici, conseguenza della maggior presenza di biotopi, aumento degli indici di qualità d'alveo, conseguenza del aumento dei parametri biologici.

Parallelamente l'inserimento di zone umide in quelle zone dove vi è una prevalenza di seminativi è auspicabile, mentre sarà da valutare la dove la superficie è prevalentemente occupata di formazioni arboree.

Le considerazioni e le proposte di intervento formulate sono in perfetto accordo con le analisi risultanti dagli aspetti idraulici e geomorfologici.



12 Programma di gestione dei sedimenti

Facendo seguito all'analisi dell'assetto attuale del corso d'acqua, rispetto ai tre aspetti, idraulico, geomorfologico e ambientale che ne rappresentano in forma integrata le componenti, e alla valutazione delle tendenze evolutive dell'alveo attivo e di piena rispetto all'assetto geomorfologico e alla dinamica dei sedimenti, è stato definito il Programma di gestione dei sedimenti relativo all'asta.

Le linee di intervento del programma sono individuate con riferimento ai tronchi omogenei in cui è suddivisa l'asta e sono costituite sia da indicazioni definite a scala di intera asta fluviale, in quanto derivano da condizioni di assetto individuate come obiettivo per il corso d'acqua sia da indicazioni che attengono a condizioni locali. L'insieme delle indicazioni sono raccolte per ciascun tronco su una scheda di interventi, corredata da un supporto cartografico.

Il collegamento tra l'analisi dello stato di fatto e della sua evoluzione prevedibile e le linee di intervento è costituito dalla identificazione di condizioni di *criticità* connesse al rischio idraulico, legate prevalentemente ai fenomeni di evoluzione morfologica dell'alveo di breve e di medio termine e al funzionamento delle opere di difesa che svolgono il ruolo di contenimento della divagazione planimetria dell'alveo attivo.

La definizione a livello quantitativo degli obiettivi di assetto morfologico dell'alveo attivo a livello di asta del corso d'acqua è avvenuta attraverso l'individuazione di due elementi che puntano a definire le caratteristiche planimetriche e altimetriche dell'alveo stesso:

- la fascia di divagazione planimetrica compatibile
- il profilo di variazione compatibile del fondo alveo.

12.1 Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): fascia di divagazione compatibile dell'alveo attivo

Il criterio generale di gestione delle erosioni di sponda che si sta sempre più affermando negli ultimi anni è quello di definire una fascia di divagazione dell'alveo attivo, cioè di una fascia entro cui permettere le divagazioni naturali del corso d'acqua senza intervenire con opere idrauliche di difesa dalle erosioni di sponda.

Tale fascia è quella indicata nella Direttiva dell'Autorità di bacino n. 9/2006 del 05/04/2006 "Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua".

Tale approccio offre indubbi vantaggi dal punto di vista geomorfologico soprattutto nei casi in cui si ha a che fare con alvei in fase di incisione (ad es. consentendo erosioni di sponda che rimobilizzano almeno una parte dei sedimenti di cui vi è carenza nel bilancio sedimentologico dell'alveo) ed ecologico.

Il criterio di base, formulato già negli indirizzi generali del PAI, è quello di assicurare la difesa idraulica, e dunque anche quella rispetto ai fenomeni di dissesto morfologico dell'alveo, rispetto alle aree a rischio e cioè soprattutto rispetto alle aree occupate dagli insediamenti e dalle infrastrutture.



Bisogna compensare l'effetto di artificializzazione del corso d'acqua necessario per questo obiettivo, riducendo al minimo le interferenze antropiche sulla dinamica evolutiva dell'alveo dove non è necessario per i fini indicati. Va infatti valutato l'effetto che gli interventi di difesa locale producono sulle condizioni morfologiche di un corso d'acqua a livello di asta (ad es. riducendo una fonte del materiale solido movimentabile in piena si aumenta la capacità erosiva della corrente innescando fenomeni erosivi in altri punti) e sulle tendenze evolutive relative che possono portare a configurazioni con rischio idraulico complessivamente maggiore (ad es. sollecitazioni erosive sui manufatti di attraversamento e sulle fondazioni delle opere di difesa nei tratti in cui devono essere mantenute efficienti).

Inoltre, a livello locale e dal punto di vista strettamente economico, va tenuto presente il rapporto tra il costo delle opere di difesa e quello dei beni da difendere.

Sono state individuate diverse definizioni di fascia di divagazione compatibile, in relazione sia alle caratteristiche del corso d'acqua e anche quelle complessive del territorio in cui esso è inserito. Secondo l'impostazione derivante dalle prime esperienze attuate in materia, soprattutto in Francia, la fascia di divagazione compatibile è costituita dall'area di fondovalle in cui ha divagato il fiume durante le ultime centinaia di anni e dalle zone di probabile occupazione per effetto dell'erosione laterale prevedibile a medio termine (40-50 anni).

La procedura utilizzata per la definizione di tale fascia richiede quindi le seguenti analisi di tipo geomorfologico: i) la delimitazione della fascia di divagazione storica, relativa a tutto il periodo documentato (ultimi 100-200 anni a seconda del corso d'acqua); ii) la stima delle aree occupate dai fenomeni di erosione di sponda a medio termine; iii) la presa in conto degli aspetti antropici che condizionano attualmente la divagazione dell'alveo (opere idrauliche) o che comunque rendono incompatibile la divagazione dell'alveo. La fascia di divagazione deriva quindi dalla combinazione delle aree i) e ii), compensata con i limiti posti dalle esigenze di sicurezza del territorio e tiene conto quindi della dinamica storica dell'alveo e di quella prevedibile.

La metodologia adottata ai fini del Programma di gestione segue i criteri sopra esposti con le precisazioni che vengono di seguito elencate.

a) Fascia di divagazione storica. Sul tratto in studio del torrente Orco è disponibile l'indagine sull'evoluzione planimetrica condotta dal CNR-IRPI di Torino per conto della Regione Piemonte, nell'ambito dello studio citato, che utilizza l'intera cartografia storica disponibile (a partire dal XIX secolo) fino allo stato attuale (2003), integrata dalle fotografie aeree nei diversi periodi (Fig. 47).

Utilizzando le elaborazioni condotte, si è scelto di considerare un intervallo di 30 anni, a partire dal 1975 ad oggi, e di considerare la divagazione storica limitata all'involuppo delle forme che si sono manifestate in questo periodo. Ciò in considerazione del fatto che un intervallo temporale maggiore avrebbe comportato una fascia di divagazione incompatibile con l'attuale assetto territoriale e quindi non utile per i fini pratici.

Si è inoltre valutato che le maggiori trasformazioni antropiche del territorio si sono manifestate a partire dagli anni '70 e quindi periodo di riferimento è apparso rappresentativo per la formazione della fascia compatibile.

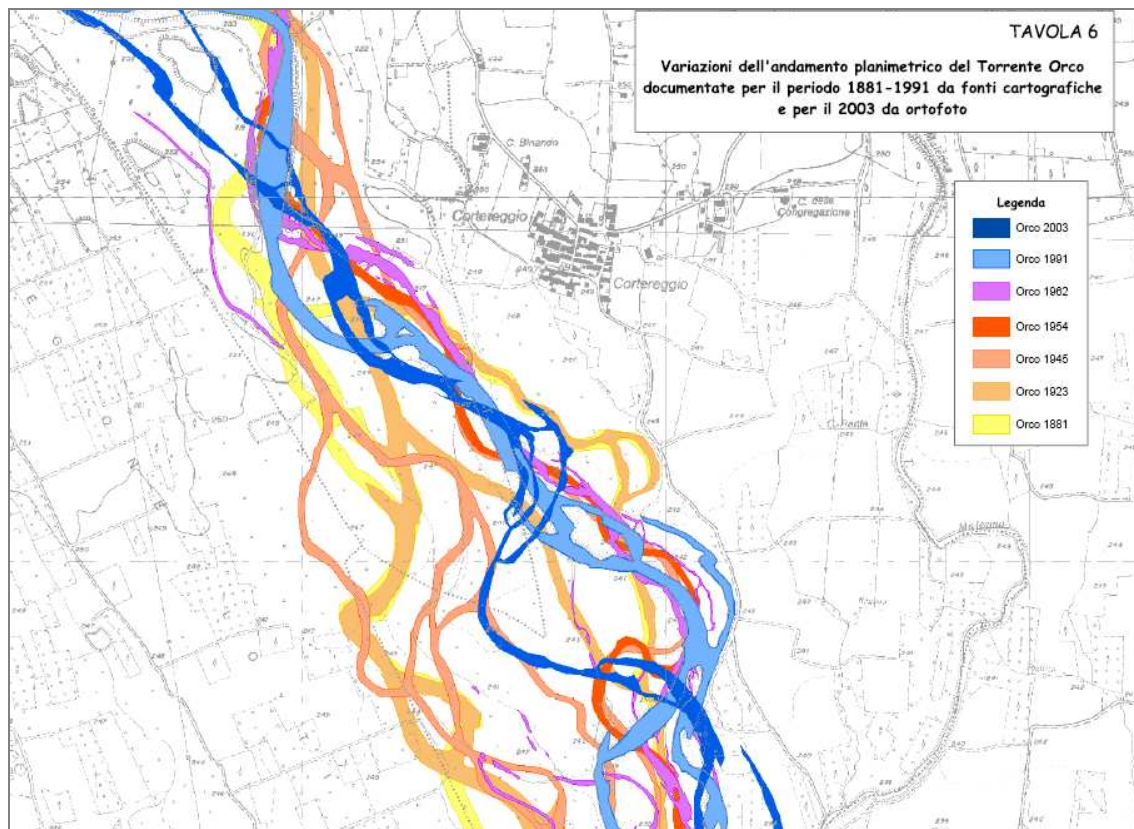


Fig. 47 Estratto dalla cartografia relativa alle variazioni planimetriche del torrente Orco redatta dal CNR-IRPI di Torino

La fascia di divagazione storica, come componente della fascia di divagazione compatibile, è stata quindi definita come involuppo più esterno dei tracciati dell'alveo attivo a partire da quello del 1975 a quello del 2003.

b) Stima dell'erosione a medio termine (30 anni). Per analogia con il periodo storico considerato, si è assunto un termine di 30 anni rispetto al quale valutare la possibile evoluzione delle sponde in relazione ai fenomeni erosivi.

Per ognuno dei tratti di sponda attualmente non difesi e interessati da fenomeni di erosione in corso di piena, sono stati ricavati valori medi di avanzamento laterale della sponda, sulla base della progressione storica riscontrata nel passato recente (sullo stesso periodo 1975-2003). Sulla base di essi è stata tracciata la presumibile posizione-limite della sponda nel prossimo trentennio, con andamento circa parallelo alla sponda attuale e tenendo conto del tracciato complessivo dell'alveo.

Va chiarito che la stima dell'erosione a medio termine è stata effettuata per verificare la possibile ulteriore evoluzione dell'alveo, oltre la fascia di divagazione storica 1975-2003, in modo da poter individuare la necessità eventuale di interventi di controllo rispetto agli aspetti connessi al rischio idraulico. Non è quindi parso utile né necessario effettuare tale valutazione per i tratti dove la fascia di divagazione compatibile è confinata sulla posizione delle opere di difesa esistenti o dalla presenza di infrastrutture o insediamenti non rilocalizzabili.



c) Fascia di divagazione compatibile. La fascia di divagazione compatibile è stata ottenuta a partire dalla fascia di divagazione storica 1975-2003, corretta nei tratti in cui esistono vincoli alla divagazione dell'alveo, dettati sostanzialmente dalle esigenze di protezione degli insediamenti o delle infrastrutture. In tali tratti la fascia è stata appoggiata alle difese di sponda esistenti alle quali è stata riconosciuta tale funzione o è stata appoggiata alla sponda attuale, indicando implicitamente le necessità di realizzare opere di protezione (Allegato 3).

Nei tratti in cui il sistema territoriale non pone limiti alla divagazione dell'alveo, la fascia di divagazione storica 1975-2003 è stata ampliata per la quota di arretramento della sponda derivante dal tasso di erosione stimato come probabile nel prossimo trentennio.

La fascia di divagazione rappresenta quindi la fascia attiva dell'alveo negli ultimi 30 anni e di possibile riattivazione nei prossimi 30 anni, facendo riferimento quindi ad un intervallo temporale complessivo di 60 anni (che coincide con la media scala temporale).

In Fig. 48 è riportato uno esempio schematico della fascia di divagazione compatibile.

La fascia è stata tracciata sulla base cartografica alla scala 1:10.000 per tutto il tratto del corso d'acqua in studio e viene illustrata e discussa nel dettaglio nell'ambito della parte descrittiva delle linee di intervento relative a ciascun tronco omogeneo.

Va sottolineato che la fascia di divagazione compatibile, secondo le modalità di definizione adottate, pur essendo fondata su un'analisi storica del corso d'acqua e sugli elementi che dipendono dalle sue caratteristiche morfologiche e idrauliche, non è un elemento descrittivo dell'evoluzione storica, ma assume la connotazione di uno strumento di progetto, indicando sostanzialmente l'assetto planimetrico dell'alveo attivo che costituisce l'obiettivo della gestione dell'alveo stesso.

In questo senso, per es. la fascia di divagazione è stata ampliata oltre la divagazione del periodo 1975-2003 nel tratto di confluenza, in relazione a una scelta progettuale di possibile intervento sull'assetto dell'alveo in tale tratto.

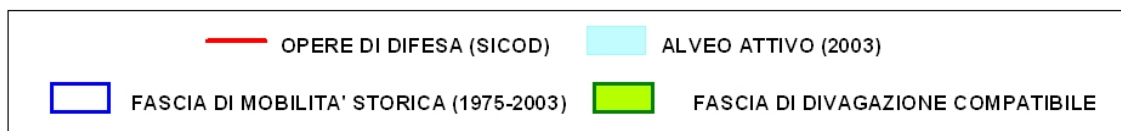
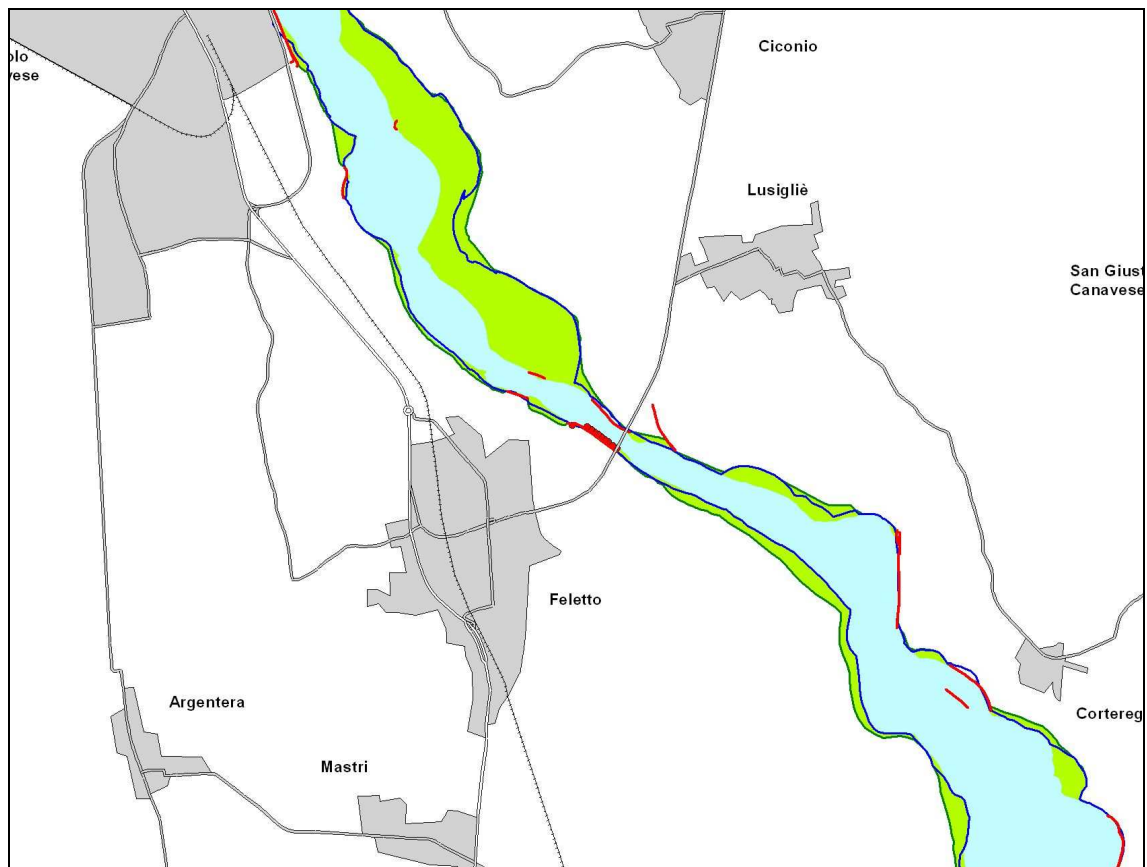


Fig. 48 Esempio di fascia di divagazione compatibile

Le Fig. 49, Fig. 50 e Fig. 51 offrono una visione di insieme dell'andamento della fascia di divagazione compatibile lungo l'intera asta fluviale

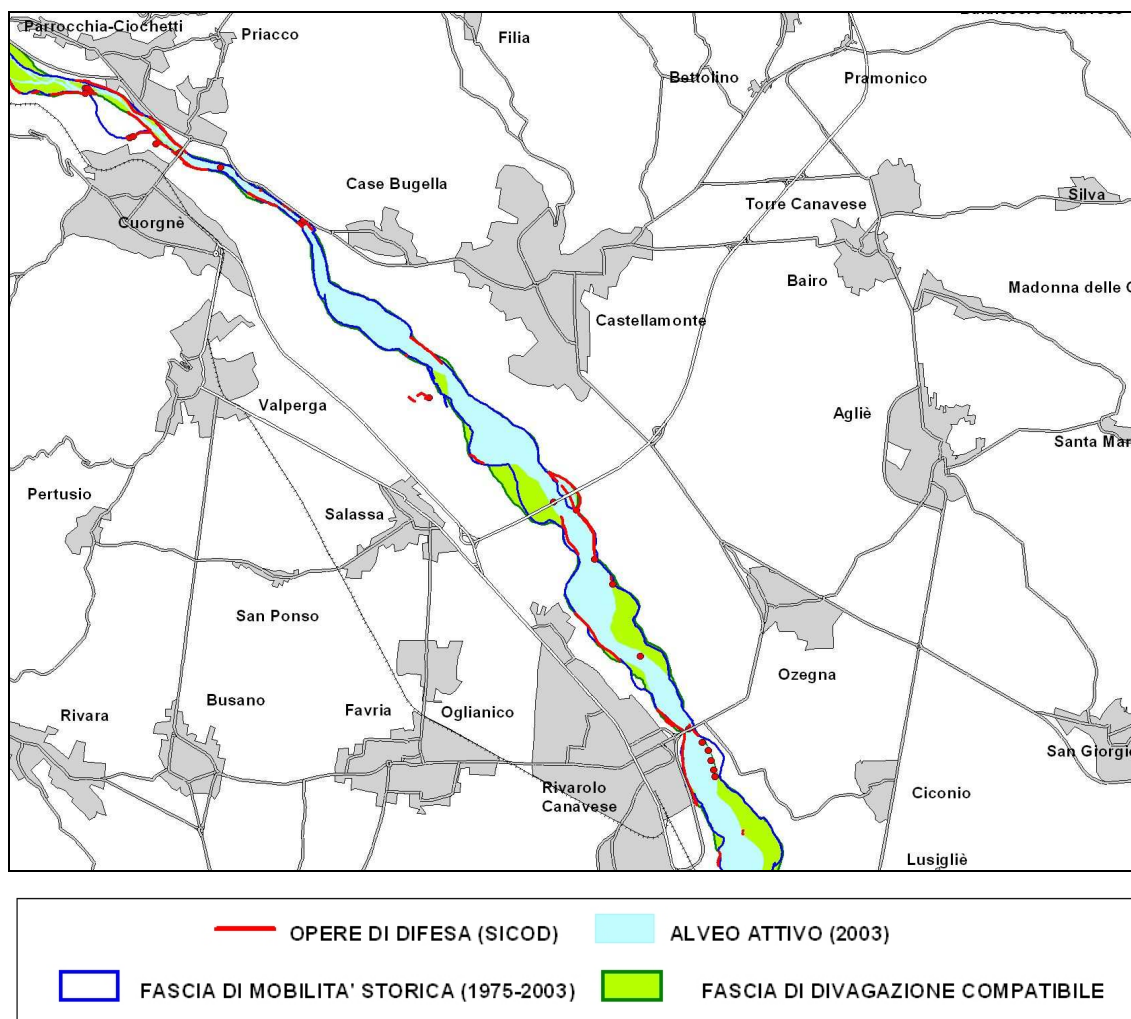


Fig. 49 Fasce di divagazione compatibile da Courgné a Rivarolo Canavese

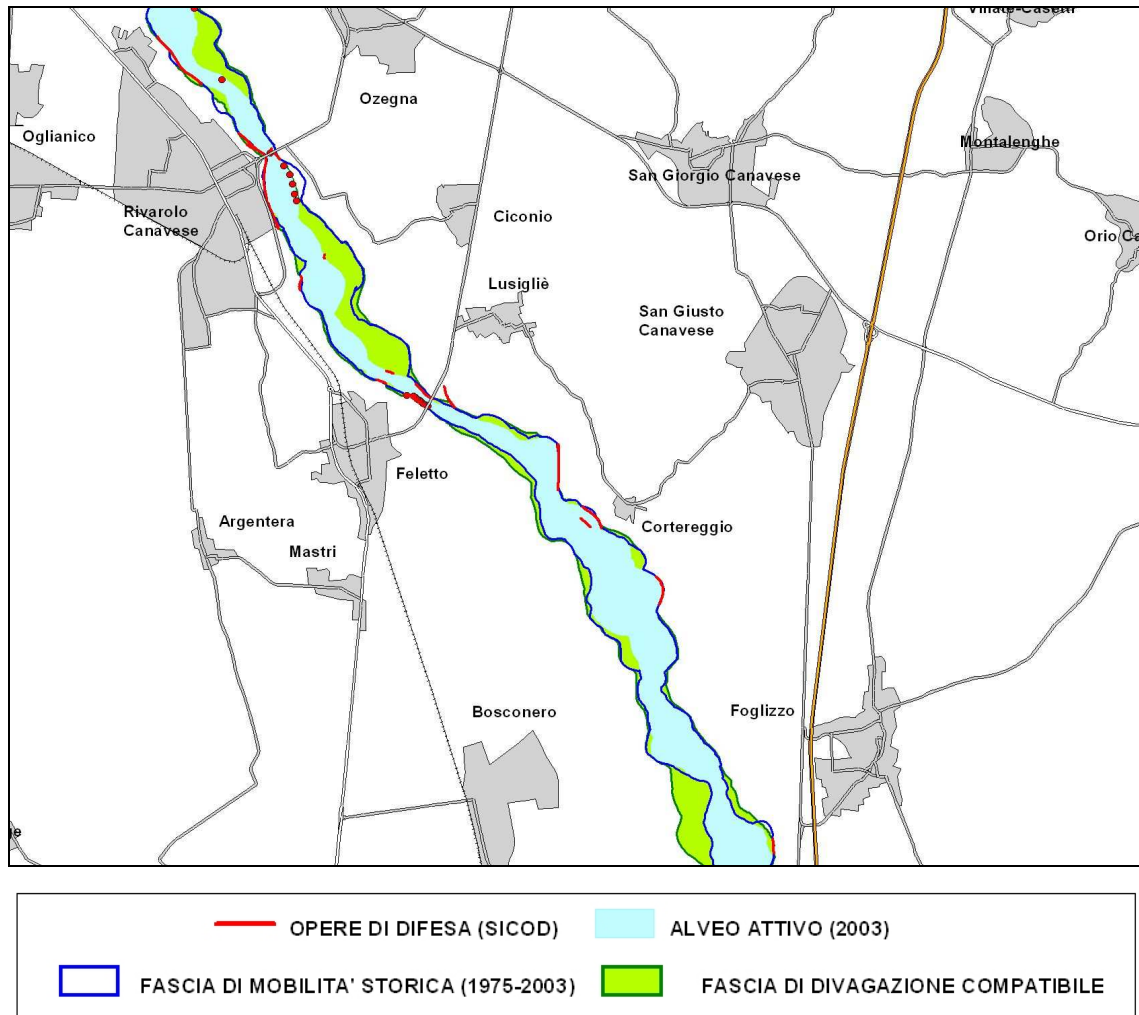


Fig. 50 Fasce di divagazione compatibile da Rivarolo Canavese a Foglizzo

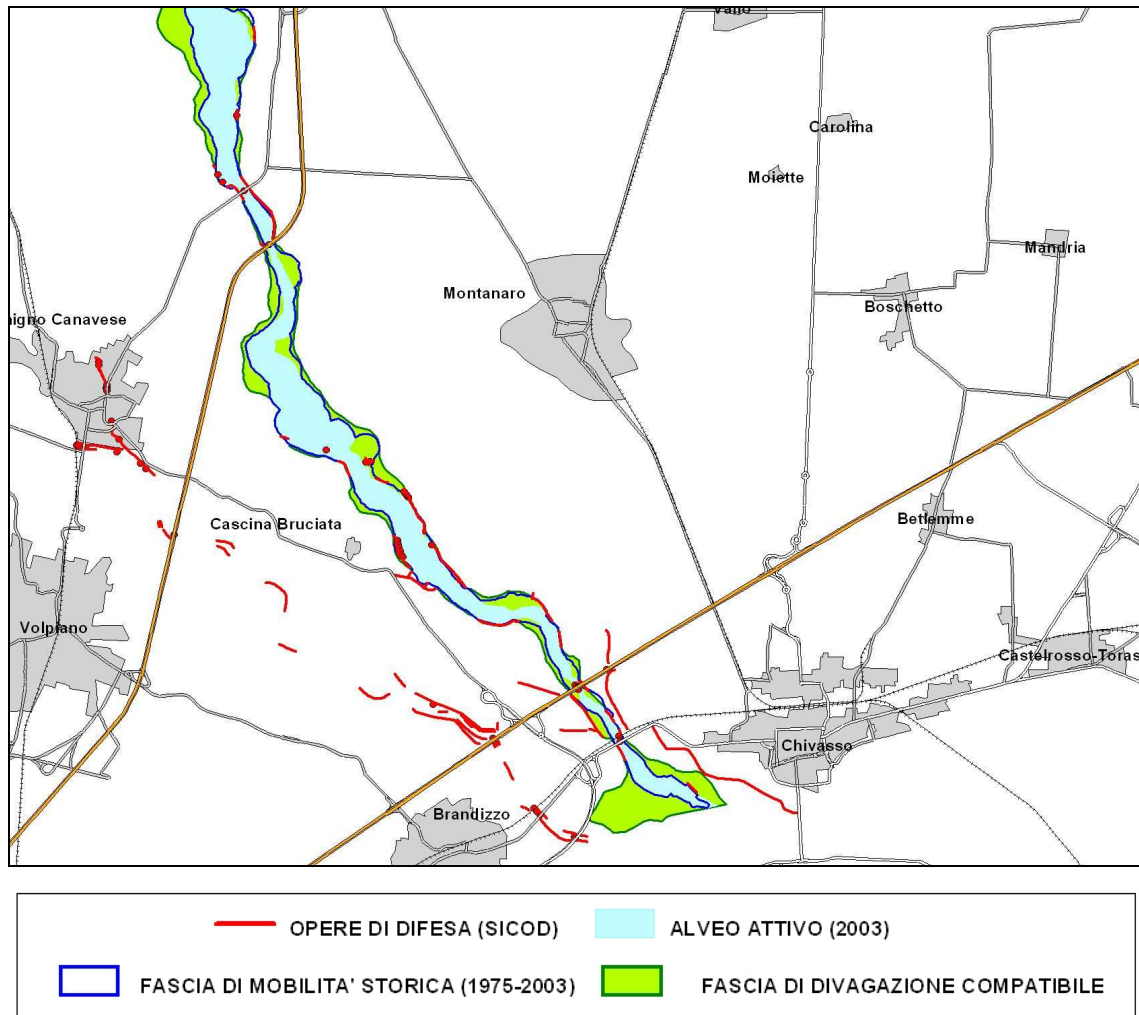


Fig. 51 Fasce di divagazione compatibile da Foglizzo a confluenza Po



12.2 Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): profilo di variazione compatibile del fondo alveo

Il profilo di variazione compatibile del fondo alveo è stato definito come il campo di escursione altimetrica entro cui può muoversi la quota di fondo dell'alveo attivo compatibilmente con le esigenze di contenere all'interno della fascia B la piena di progetto.

A seguito dell'analisi della variazione storica del profilo di fondo alveo, riferita al periodo 1975 – 2003, e delle simulazioni idrauliche relative all'assetto geometrico dell'alveo relativo alle stesse due date su cui sono disponibili sezioni trasversali, è parso utile alle finalità del Programma di gestione dei sedimenti definire anche un elemento altimetrico rispetto al quale impostare la definizione degli interventi che riguardano la geometria dell'alveo attivo.

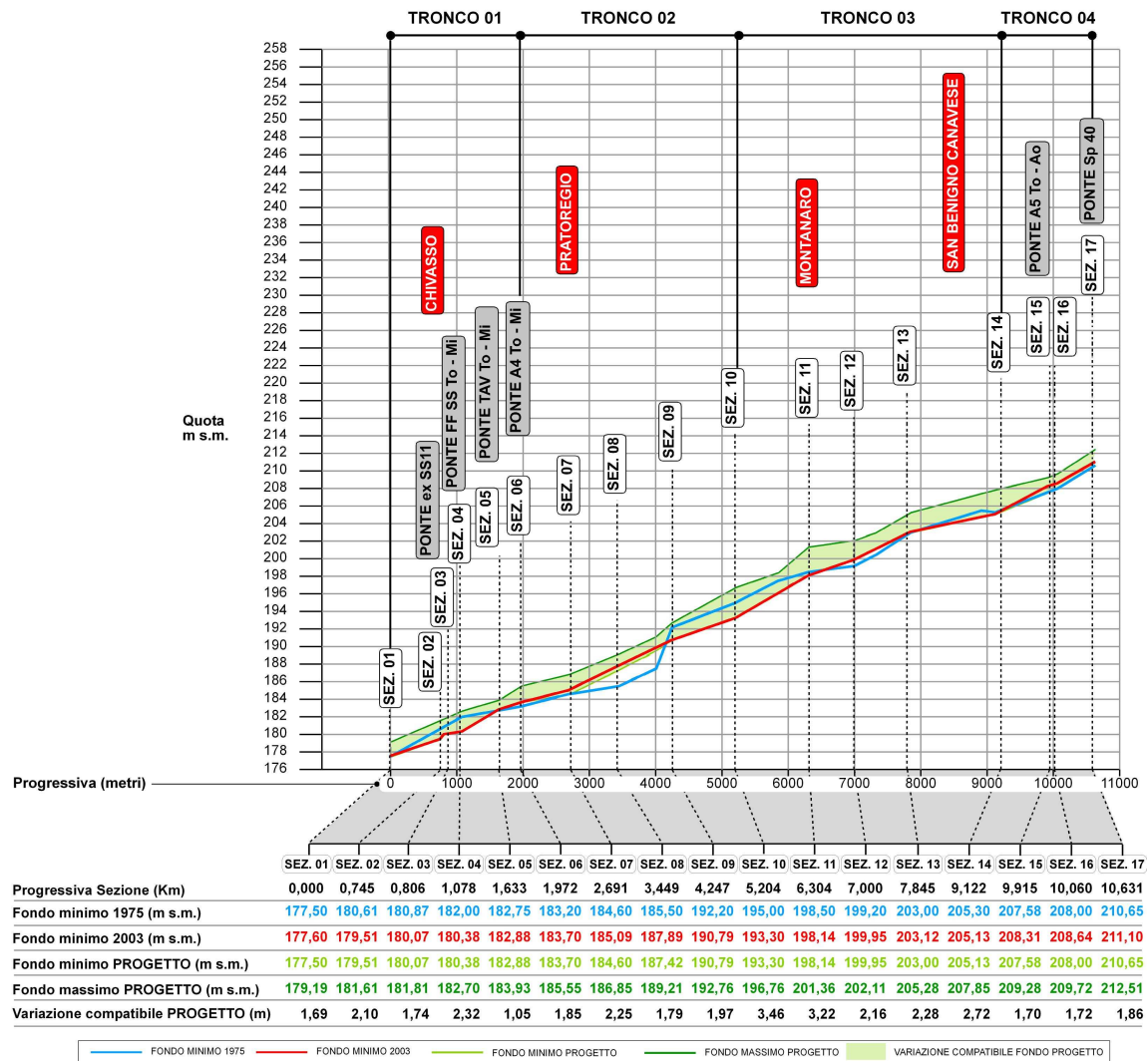
Naturalmente, analogamente al caso della fascia di divagazione compatibile, anche il profilo di variazione del fondo ha il ruolo di definizione di un obiettivo di assetto dell'alveo verso cui tendere con gli interventi di manutenzione dell'alveo stesso.

Va osservato ancora che, rispetto alla fascia di divagazione, il campo di escursione del profilo di fondo è definibile con difficoltà maggiori, in relazione alla forte variabilità locale del fondo, caratteristica del corso d'acqua in questione, e alla dipendenza delle quote dello stesso, anche a livello di tronco, sia dall'evoluzione della conformazione planimetrica dell'alveo sia dalla storia degli eventi idrologici recenti che hanno interessato il corso d'acqua.

Nonostante queste oggettive difficoltà di valutazione, la definizione effettuata secondo la definizione sopra introdotta vuole essere un primo tentativo di approssimazione, rispetto al quale le successive esperienze di gestione e i risultati delle attività di monitoraggio potranno consentire gli affinamenti necessari per una migliore definizione.

In allegato alla presente relazione viene fornito il profilo che rappresenta la fascia di variazione compatibile del fondo alveo con la valutazione quantitativa delle quote di fondo massime e minime in corrispondenza delle sezioni trasversali dell'alveo.

Le Fig. 52, Fig. 53 e Fig. 54 permettono la visione sintetica del profilo stesso lungo l'asta fluviale nei dieci tronchi omogenei individuati.





POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI
ED INFRASTRUTTURE CIVILI



Fig. 52 Profilo di variazione compatibile del fondo alveo del torrente Orco; da tronco 1 a tronco 4

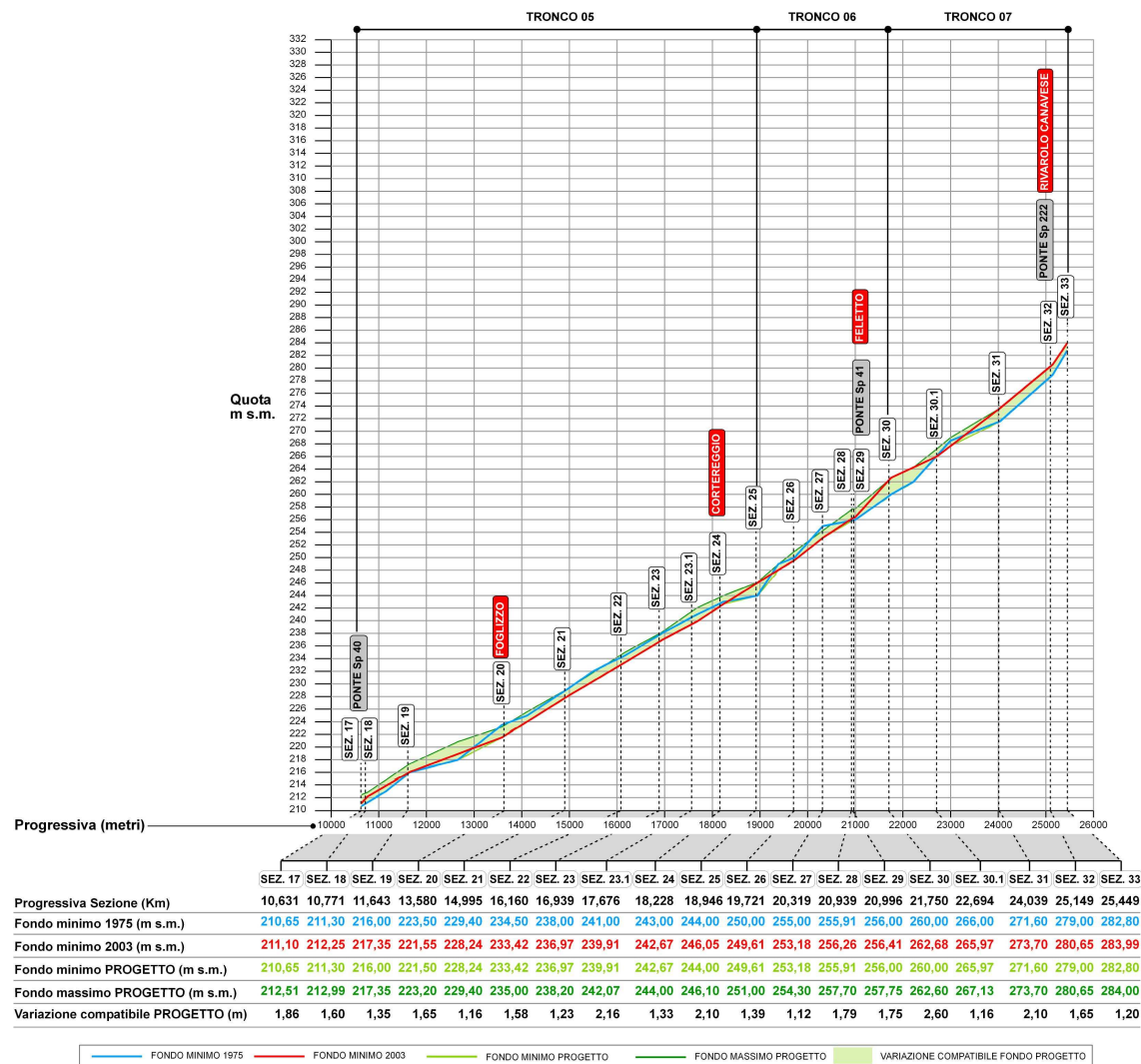


Fig. 53 Profilo di variazione compatibile del fondo alveo del torrente Orco; da tronco 5 a tronco 7

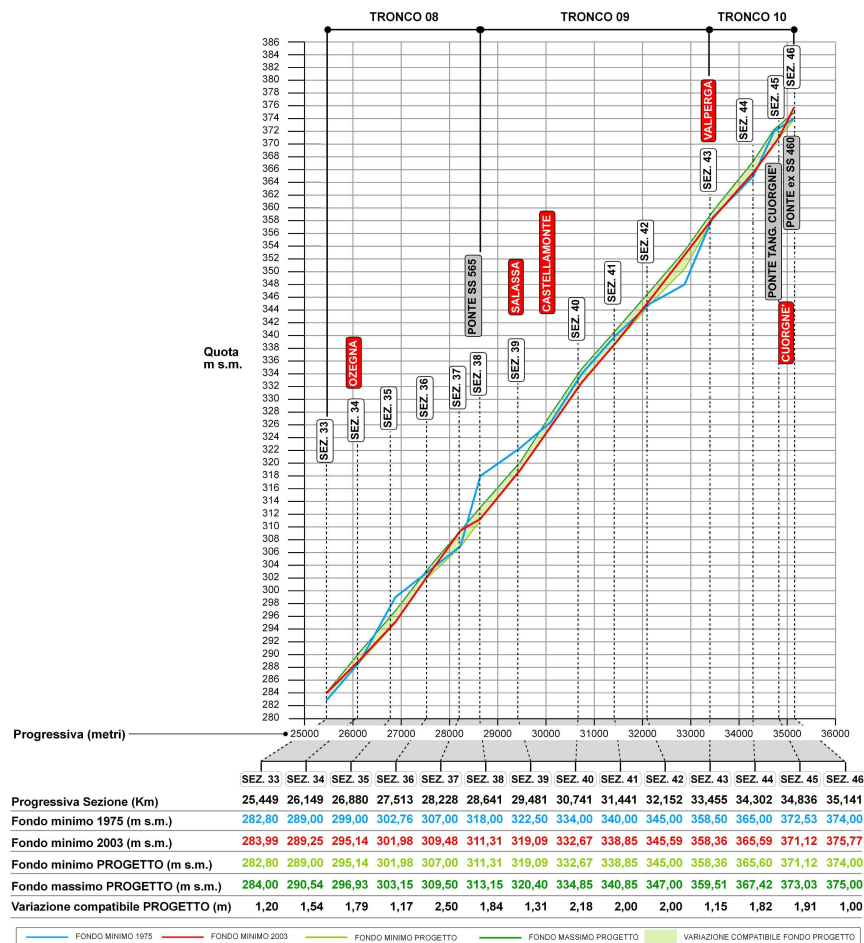


Fig. 54 Profilo di variazione compatibile del fondo alveo del torrente Orco; da tronco 8 a tronco 10



12.3 Interventi del Programma di gestione per tronco omogeneo

Gli interventi che costituiscono il Programma di gestione per l'asta del torrente Orco nel tratto di pianura sono stati individuati sulla base dei risultati emergenti dalle analisi relative alla caratterizzazione dello stato di fatto del corso d'acqua e delle tendenze evolutive che riguardano la morfologia dell'alveo.

Sono inoltre coerenti con gli obiettivi complessivi di assetto morfologico a livello plano-altimetrico, che sono rappresentati dalla fascia di divagazione compatibile e dal profilo di variazione compatibile del fondo alveo.

In relazione al carattere gestionale che si intende dare al Programma, è apparso utile organizzare gli interventi stessi su una scheda sintetica relativa a ciascun tronco omogeneo che raggruppi sia le informazioni conoscitive relative all'assetto del tronco, sia le valutazioni di tendenza sia infine l'indicazione degli interventi.

La scheda, riportata in Allegato 4, è quindi costituita da quattro sezioni:

la sezione **A** riporta le principali caratteristiche del tronco, per gli aspetti geometrici, idraulici, morfologici e ambientali;

la sezione **B** contiene gli indicatori caratteristici delle tendenze evolutive dell'alveo;

la sezione **C** individua gli obiettivi di assetto del tronco, le criticità idrauliche e le linee d'intervento da attuare nell'alveo attivo e nelle aree golenali;

la sezione **D** individua la fascia di divagazione compatibile su base cartografica CTR della Regione Piemonte alla scala 1:10000 con indicazione puntuale degli interventi da attuare.

In merito agli interventi, vengono date indicazioni separatamente per l'alveo attivo del corso d'acqua e per l'alveo di piena (cioè per le aree golenali allagabili adiacenti all'alveo attivo).

Per quanto concerne l'**alveo attivo**, gli interventi riguardano:

interventi sull'assetto morfologico dell'alveo per correggere tendenze evolutive (normalmente rivolte all'incisione) che comportino condizioni di rischio;

interventi di adeguamento/manutenzione delle opere di difesa di sponda, per controllare la divagazione planimetrica dell'alveo attivo in modo che sia coerente con la fascia di divagazione compatibile assegnata;

interventi di adeguamento dell'assetto difensivo in corrispondenza delle infrastrutture di attraversamento.

In questa sede non sono considerate le necessità di opere di contenimento dei livelli idrici per la difesa dagli allagamenti, in quanto al di fuori delle finalità dello studio.

Per le **aree golenali esterne all'alveo attivo (alveo di piena)**, sono state individuate le seguenti tipologie di intervento, tutte con la finalità di migliorare, dal punto di vista idraulico, l'assetto complessivo dell'alveo e contrastare, ove necessario la tendenza evolutiva dello stesso all'incisione e alla canalizzazione. Allo scopo sono state individuate le seguenti tipologie di intervento:

apertura di canali secondari e restauro vegetazionale,



riattivazione lanche,

connessione idraulica e rinaturazione cave dismesse.

L'ultimo intervento, riguarda una tipologia particolare e trae origine dalla presenza di numerose cave dismesse di piccole dimensioni nelle aree golenali del tratto centrale del corso d'acqua per le quali sarebbe di utilità prevederne un reinserimento funzionale nell'alveo del corso d'acqua. Oltre ad esse va segnalata la presenza di un certo numero di impianti di trattamento di inerti in prossimità dell'alveo attivo del corso d'acqua, le cui aree occupate andranno riconnesse all'alveo nel momento in cui siano esaurite le attività.

Inoltre, considerando in ogni caso che la finalità degli interventi è costituita dall'assetto morfologico dell'alveo in rapporto alle condizioni di criticità e di rischio idraulico presenti, sono indicate, soprattutto per l'alveo di piena, gli obiettivi di miglioramento dello stato ecologico dell'alveo che devono essere tenute presenti e devono essere integrate nella progettazione, in modo che il miglioramento di assetto dell'alveo a seguito della realizzazione degli interventi previsti avvenga anche per la componente ambientale.

Gli interventi a carattere ambientale, da considerare integrati con quelli di natura morfologica e idraulica sono rappresentati dalle seguenti tipologie:

- ripristino naturalità vegetazionale,
- incremento superficie alveo attivo,
- creazione di zone umide.

Nel seguito si sintetizzano per tronco di corso d'acqua gli interventi individuati.

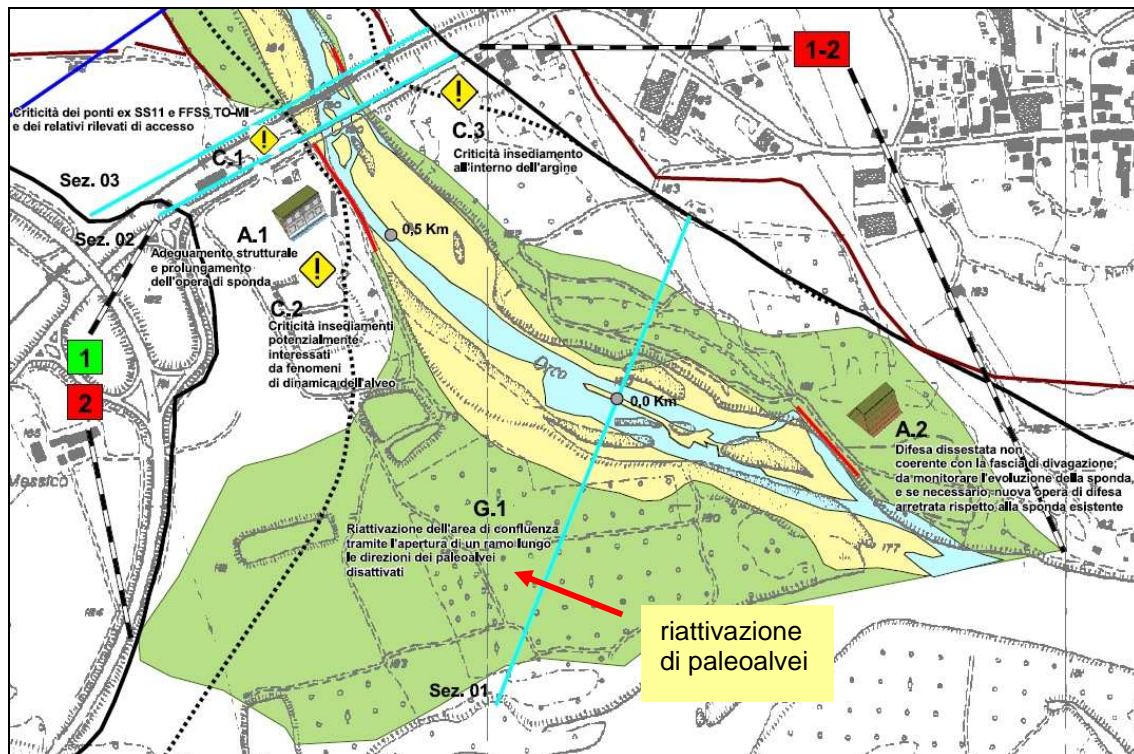


Fig. 55 Tronco 1: intervento sull'area di confluenza del torrente Orco

Tronco 01	Dalla confluenza in Po al ponte dell'autostrada To-Mi (A4)
Assetto morfologico alveo	alveo stabilizzato da opere di sponda fino al ponte della ex SS 11; a valle, l'evoluzione verso est dell'alveo tende a progredire la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione moderata
Assetto ambientale	classe III golena destra; classe IV alveo e golena sinistra
Criticità	C.1. attraversamenti ex SS 11 e ponte FF To-Mi con riguardo sia ai ponti che ai rilevati di accesso C.2. insediamenti in prossimità della sponda destra a valle del ponte ex SS 11, potenzialmente interessati da fenomeni di dinamica d'alveo C.3. insediamento in sponda sinistra all'interno dell'argine
Interventi sull'alveo attivo	A.1. adeguamento strutturale e prolungamento dell'opera di sponda esistente in destra a valle del ponte ex SS 11 A.2. la difesa in sponda sinistra a valle del ponte ex SS 11 è disestata e non ha una funzionalità coerente con la fascia di divagazione; deve essere monitorata l'evoluzione della sponda e, se necessario, prevista successivamente un'opera di difesa, arretrata rispetto alla sponda esistente A.3. deve essere verificata la funzionalità dell'argine in sponda destra tra il ponte dell'Alta capacità e quello a valle (ferrovia To-Mi) in relazione all'ampliamento della luce dei due nuovi ponti e verificata la stabilità delle sponde incise (soprattutto in destra nello stesso tratto)
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. riattivazione dell'area di confluenza, tramite apertura di un ramo lungo le direzioni dei paleoalvei disattivati, in modo da ridurre la tendenza erosiva lungo la sponda sinistra; l'intervento può prevedere la riconnessione dei piccoli laghi di cava presenti nella golena destra

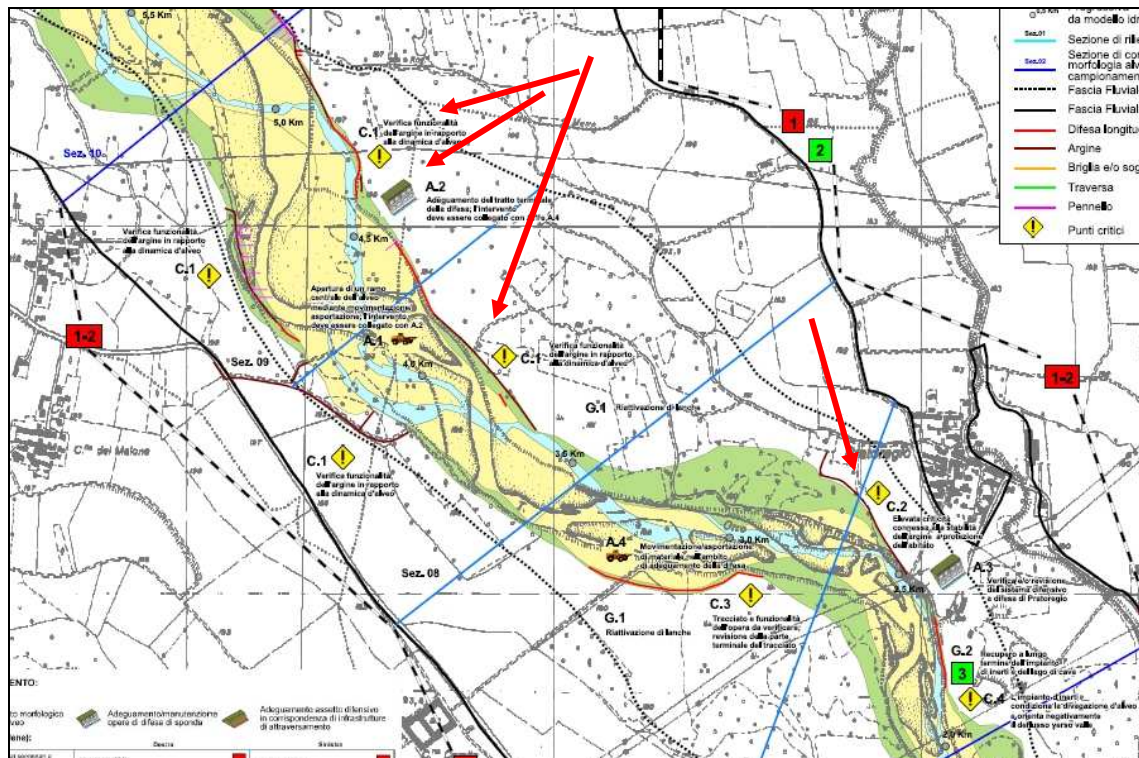


Fig. 56 Tronco 2: interventi in alveo e sulle difese di sponda nel tratto tra Pratoregio e C.na Bruciata

Tronco 02	Dall'autostrada To-Mi (A4) a Montanaro (C.na Bruciata)
Assetto morfologico alveo	la divagazione planimetrica dell'alveo è quasi completamente controllata dalle opere di sponda la variazione del fondo medio è classificabile come di equilibrio
Assetto ambientale	classe III in golena destra, alveo e golena sinistra
Criticità	C.1. da approfondire la funzionalità degli argini in destra e sinistra tra sez. 10 e sez. 8, in rapporto alle fasce fluviali e alla dinamica dell'alveo (condizioni di stabilità in corso di piena) C.2. elevata criticità connessa alla stabilità dell'argine in sinistra a protezione di Pratoregio (sez. 7) rispetto ai fenomeni di instabilità morfologica dell'alveo; va inoltre verificata l'eventuale necessità di estendere verso valle il sistema difensivo anche in coerenza con la fascia B di progetto indicata dal PAI C.3. il tracciato e la funzionalità della difesa di sponda in destra tra sez. 7 e 8 devono essere verificati; è necessaria una revisione della parte terminale del tracciato dell'opera C.4. la presenza dell'impianto di inerti in sinistra, a valle sez. 7, condiziona la divagazione dell'alveo e orienta negativamente il deflusso verso valle
Interventi sull'alveo attivo	A.1. apertura di ramo centrale dell'alveo mediante movimentazione/asportazione di materiale d'alveo (tratto tra sez. 10 e 8); l'intervento deve essere collegato con A.2 A.2. adeguamento del tratto terminale della difesa in sinistra di cui in C.1; l'intervento deve essere collegato con A.1 e A.4 A.3. difesa di sponda per la protezione dell'argine a difesa Pratoregio e/o revisione del sistema difensivo A.4. movimentazione/asportazione di materiale nell'ambito dell'adeguamento della difesa in destra di cui in C.3
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. Compatibili interventi di riattivazione lanche in destra tra sez. 8 e 6 e i tra sez. 8 e 9 in sinistra G.2. recupero impianto di inerti a valle sez. 7, con riduzione effetti di condizionamento sull'alveo

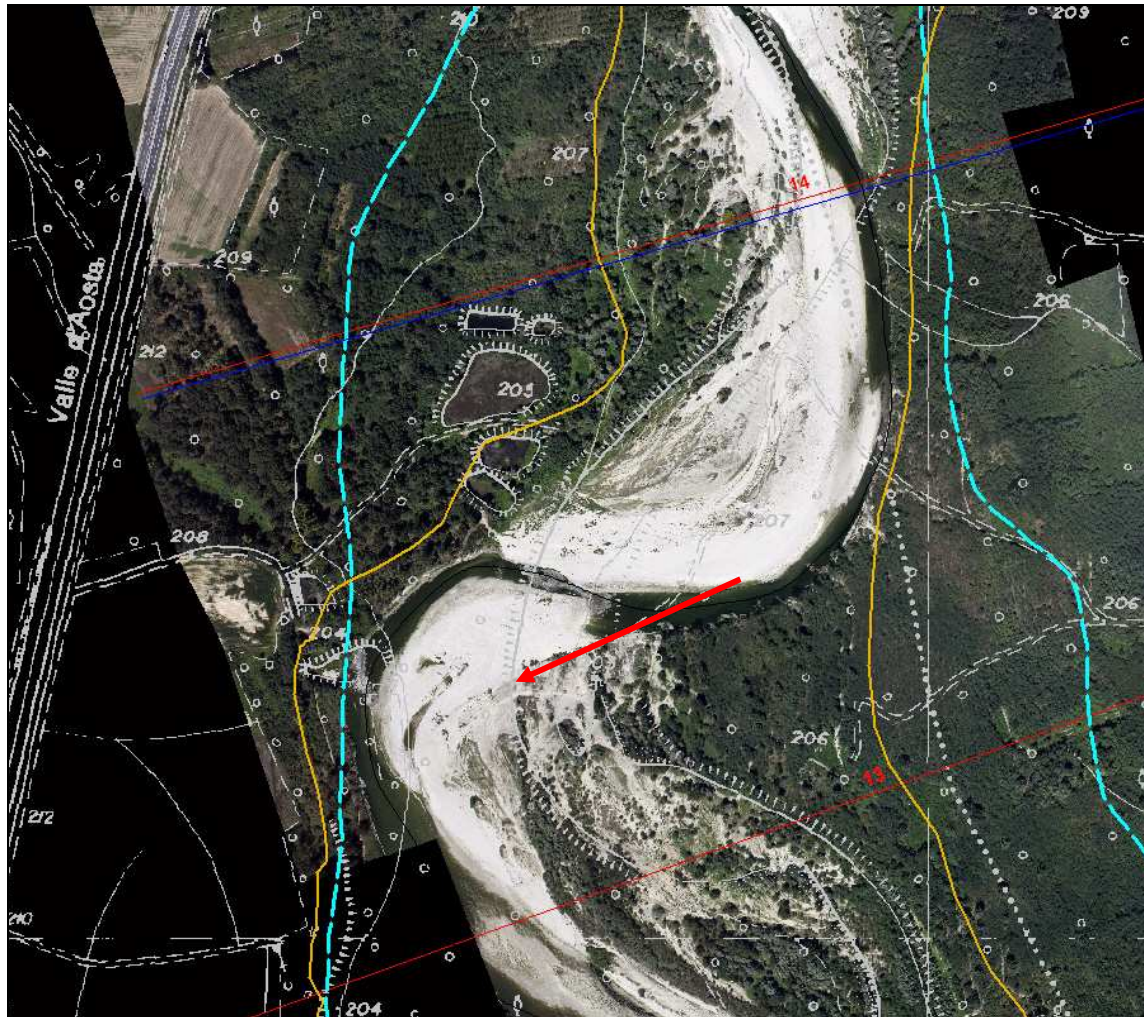


Fig. 57 Tronco 03: apertura di un ramo secondario tra sez. 14 e 13, verso la sponda sinistra

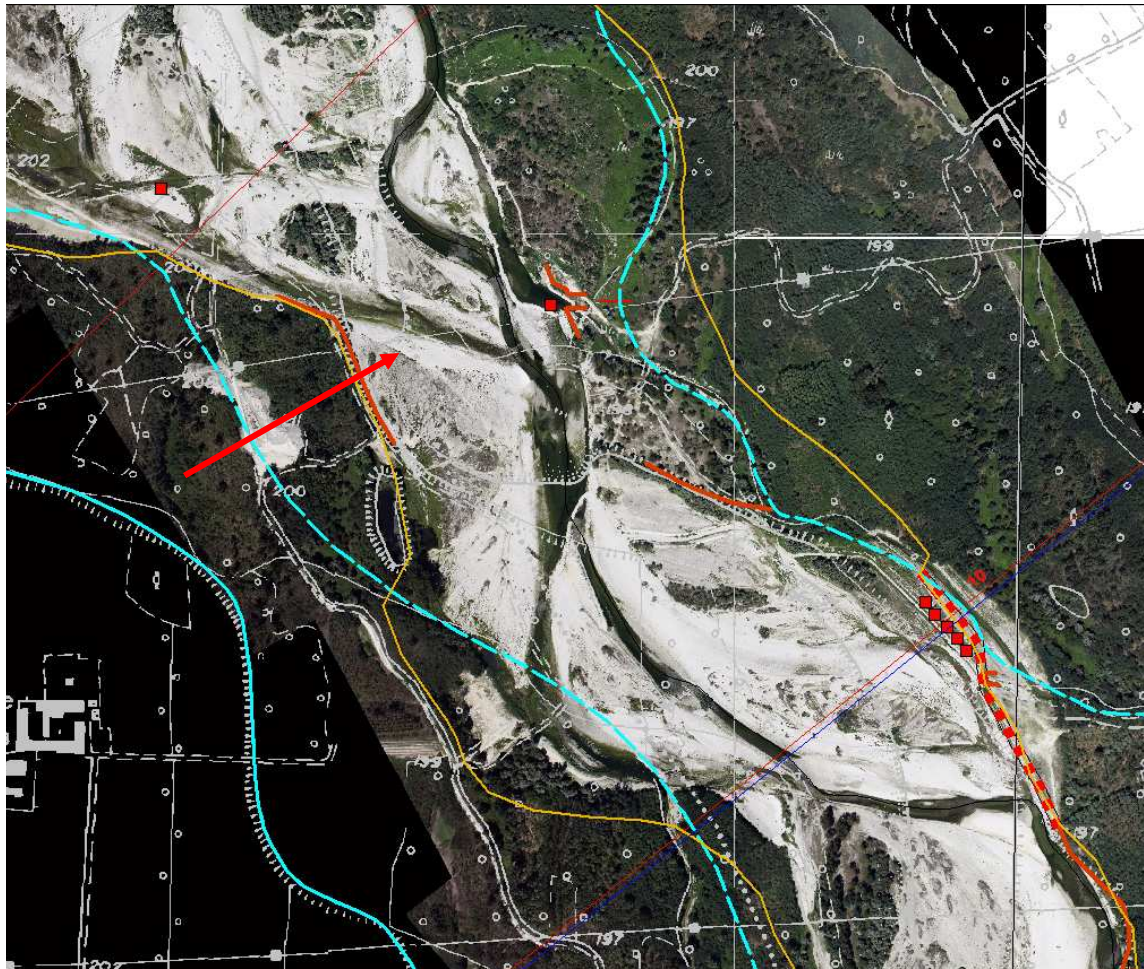


Fig. 58 Tronco 03: apertura di un ramo secondario tra sez. 11 e 10, verso la sponda destra con la finalità di contrastare la tendenza all'incisione e il rischio di aggiramento della difesa in sponda sinistra

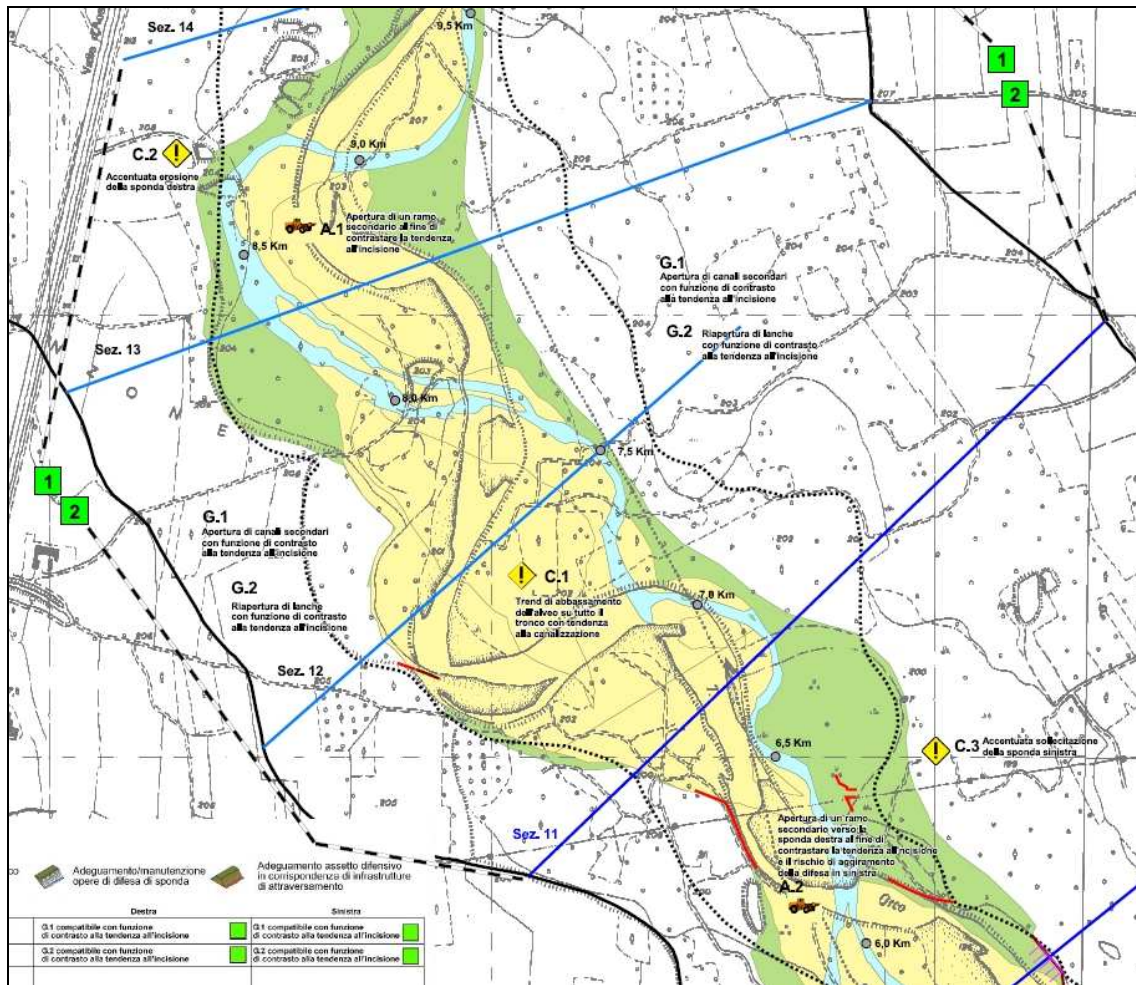


Fig. 59 Tronco 03: quadro a livello di tronco degli interventi A.1. e A.2. relativi all'assetto morfologico dell'alveo attivo

Tronco 03		Da Montanaro (C.na Bruciata) a S. Benigno C.se	
Assetto morfologico alveo	la divagazione planimetrica dell'alveo è libera e attiva; va verificato e possibilmente arrestato (se esiste) il trend all'abbassamento d'alveo che potrebbe fare evolvere verso una tendenza all'incisione la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione moderata		
Assetto ambientale	classe III in golena destra, classe IV in alveo e golena sinistra		
Criticità	C.1. su tutto il tronco, eventuale trend all'abbassamento dell'alveo con conseguente tendenza alla canalizzazione; C.2. accentuata erosione in destra tra sez. 14 e 13 con tendenza a raggiungere la fascia di divagazione compatibile C.3. accentuata sollecitazione della sponda in sinistra tra sez. 11 e 10		
Interventi sull'alveo attivo	A.1. apertura di un ramo secondario tra sez. 14 e 13, verso la sponda sinistra con la finalità di contrastare la tendenza all'incisione A.2. apertura di un ramo secondario tra sez. 11 e 10, verso la sponda destra con la finalità di contrastare la tendenza all'incisione e il rischio di aggiramento della difesa in sponda sinistra		
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. Apertura di canali secondari e restauro vegetazionale sono compatibili in sponda destra e sinistra G.2. Riattivazione lanche sono compatibili in sponda destra e sinistra		

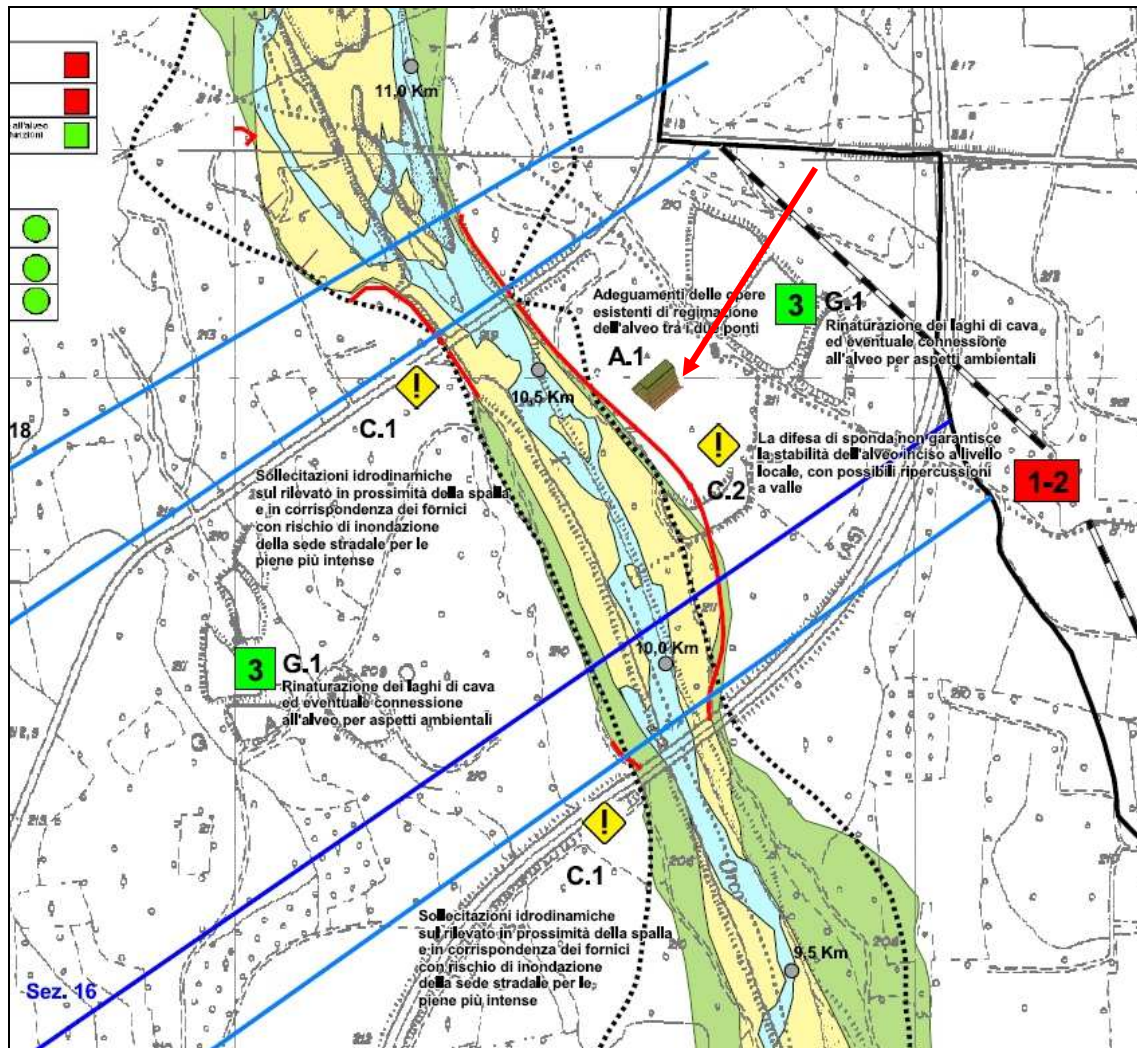


Fig. 60 Tronco 04: intervento di regimazione dell'alveo nel tratto tra i due ponti; in particolare correzione degli effetti sulla corrente provocati dalla curvatura della difesa in sponda sinistra; rinaturazione e adeguamenti delle aree in golena destra a sinistra interessate da laghi di cava

Tronco 04	Da S. Benigno C.se al ponte str. S. Benigno - Foglizzo
Assetto morfologico alveo	la divagazione planimetrica è contenuta dalle opere; va verificato e monitorato il trend all'abbassamento d'alveo che potrebbe comportare effetti negativi sulla stabilità delle opere e sui rilevati stradali; i deflussi in golena sono significativi per le velocità locali e non sono da favorire per i riflessi sulla sicurezza delle opere stradali la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione moderata
Assetto ambientale	classe III in golena destra e in alveo e classe IV in golena sinistra
Criticità	C.1. sollecitazioni idrodinamiche sui rilevati dei due ponti (soprattutto quello stradale di monte) prevalentemente in prossimità delle spalle e in corrispondenza dei fornici; rischio di inondazione delle sedi stradali per le piene più intense C.2. assetto delle opere di difesa tra i due ponti; in particolare l'opera in sinistra che non garantisce la stabilità dell'alveo inciso a livello locale, con possibili ripercussioni anche a valle
Interventi sull'alveo attivo	A.1. Adeguamenti delle opere esistenti di regimazione dell'alveo tra i due ponti
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. rinaturazione laghi di cava e eventuale connessione all'alveo, interventi sulla vegetazione con funzioni di rottura delle linee di corrente tra i due ponti

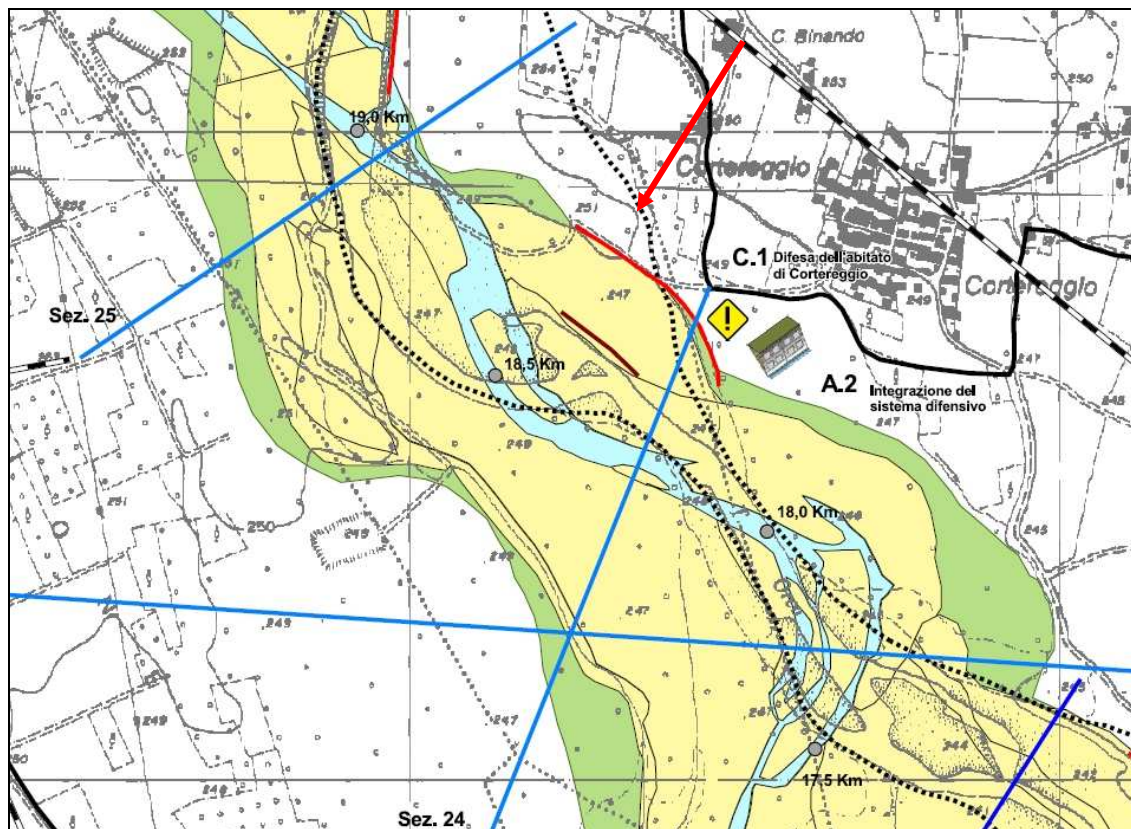


Fig. 61 Tronco 05: integrazione del sistema difensivo a protezione di Cortereggio

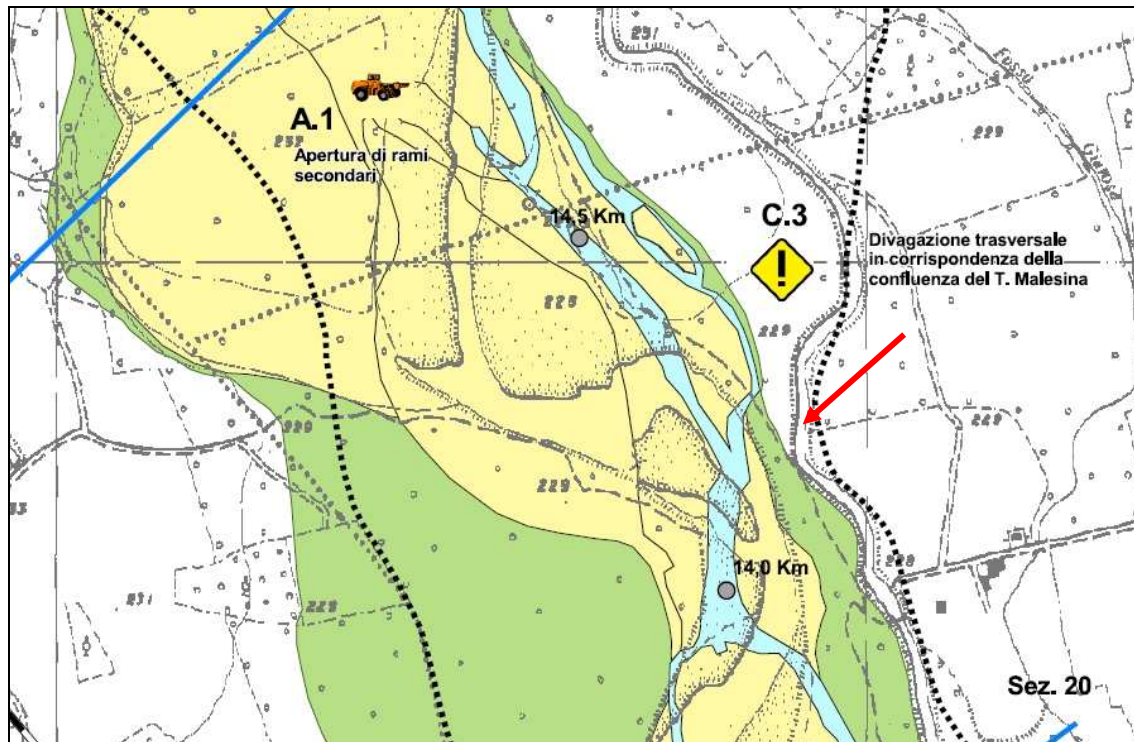


Fig. 62 Tronco 05: interventi sulla morfologia dell'alveo inciso e di controllo della divagazione in corrispondenza del torrente Malesina

Tronco 05	Da ponte str. S. Benigno - Foglizzo a S. Giusto C.se (Cortereggio)
Assetto morfologico alveo	divagazione planimetrica dell'alveo libera e in evoluzione; va verificato e monitorato il trend all'abbassamento d'alveo che potrebbe determinare una tendenza all'incisione la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione moderata
Assetto ambientale	classe IV in golena destra e in alveo e classe III in golena sinistra
Criticità	C.1. difesa dell'abitato di Cortereggio C.2. possibile tendenza all'incisione in tutto il tratto C.3. divagazione trasversale in corrispondenza della confluenza torrente Malesina (sez. 20-21) C.4. criticità ambientale impianto di inerti su sez. 18; sotto l'aspetto idraulico l'impianto non comporta interferenze significative
Interventi sull'alveo attivo	A.1. apertura di rami secondari in corrispondenza della confluenza del torrente Malesina A.2. integrazione del sistema difensivo a protezione di Cortereggio A.3. opere eventuali di controllo dell'alveo in corrispondenza della confluenza del torrente Malesina integrate con apertura rami secondari (A.1)
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. Apertura di canali secondari compatibile a valle della sez. 23.1 in sponda destra G.2. Apertura di canali secondari compatibile su tutto il tratto in sponda sinistra con funzione di contrasto alla tendenza all'incisione G.3. Riattivazione lanche compatibile a valle della sez. 23.1 in sponda destra G.4. Riconversione impianto trattamento inerti a valle sez. 18 a fine attività

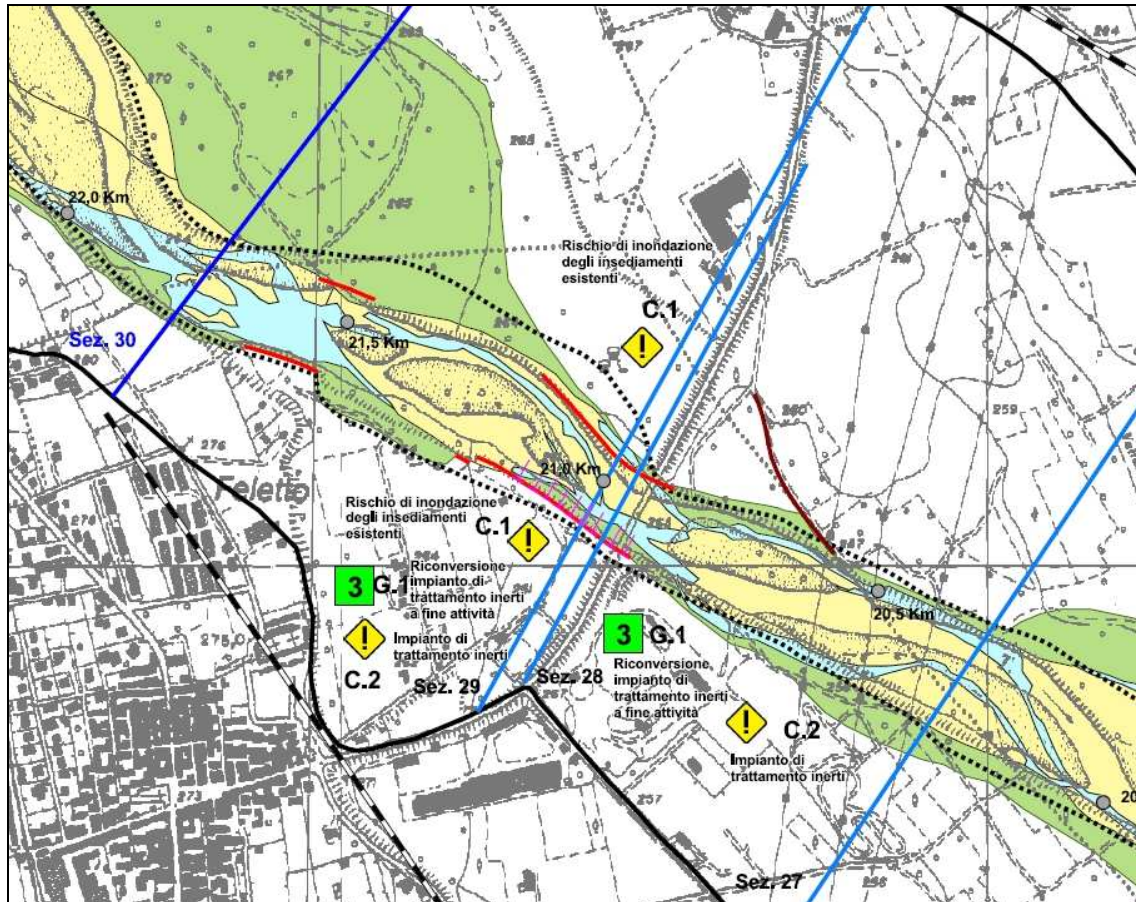


Fig. 63 Tronco 6: riconversione impianti trattamento inerti a monte e a valle del ponte

Tronco 06	Da S. Giusto C.se (Cortereggio) a Feletto
Assetto morfologico alveo	possibile divagazione planimetrica nei tratti non condizionati la variazione del fondo medio e' classificabile come di equilibrio
Assetto ambientale	classe II in golena destra, alveo e golena sinistra
Criticità	C.1. insediamenti in destra e sinistra a monte del rilevato del ponte rispetto al rischio di inondazione C.2. impianti di trattamento inerti in destra a monte e a valle del ponte
Interventi sull'alveo attivo	--
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. riconversione impianti trattamento inerti a monte e a valle del ponte a fine attività

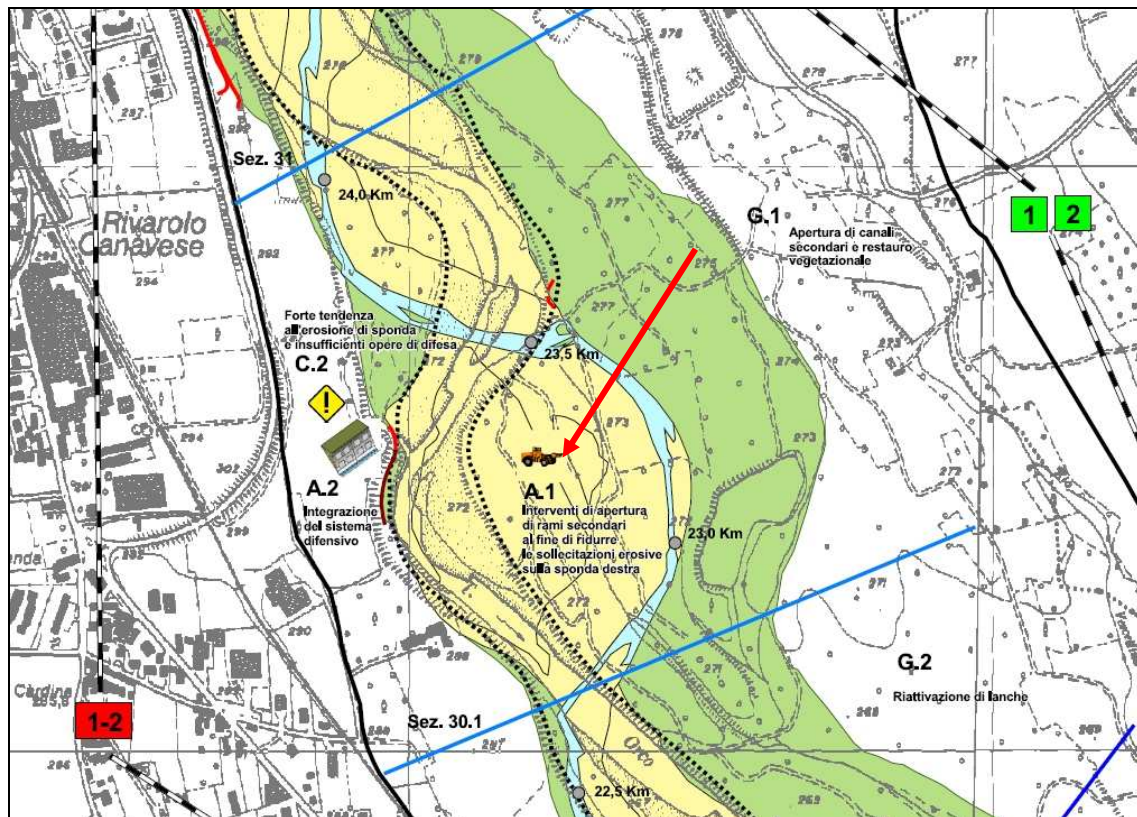


Fig. 64 Tronco 07: interventi di apertura rami secondari nell'alveo attivo tra sez. 31-30 con lo scopo di ridurre le sollecitazioni erosive sulla sponda destra

Tronco 07	Da Feletto a Rivarolo C.se
Assetto morfologico alveo	alveo prevalentemente condizionato da opere di sponda e dall'attraversamento nel primo tratto; molto sollecitato idrodinamicamente sulle sponde, con forte tendenza all'instabilità ove libero. la variazione del fondo medio e' classificabile come di sedimentazione moderata
Assetto ambientale	classe II in golena destra, alveo e golena sinistra
Criticità	C.1. in corrispondenza del ponte, per sollecitazione sulle sponde e sui rilevati di accesso
	C.2. in destra tra sez. 31 e 30.1 a causa della forte tendenza all'erosione di sponda e all'insufficienza delle opere di difesa
	C.3. assetto sponda sinistra a valle del ponte a causa della forte tendenza all'erosione
	C.4. criticità ambientale legata all'impianto di trattamento degli inerti su sez. 31
Interventi sull'alveo attivo	A.1. interventi di apertura rami secondari nell'alveo attivo tra sez. 31-30 con lo scopo di ridurre le sollecitazioni erosive sulla sponda destra
	A.2. integrazione sistema difensivo in destra a valle del ponte nelle zone di criticità segnalate
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1. Apertura di canali secondari e restauro vegetazionale, compatibile in sponda sinistra a valle del ponte
	G.2. Riattivazione lanche, compatibile in sponda sinistra a valle del ponte
	G.3. Recupero dell'impianto di inerti sez. 31

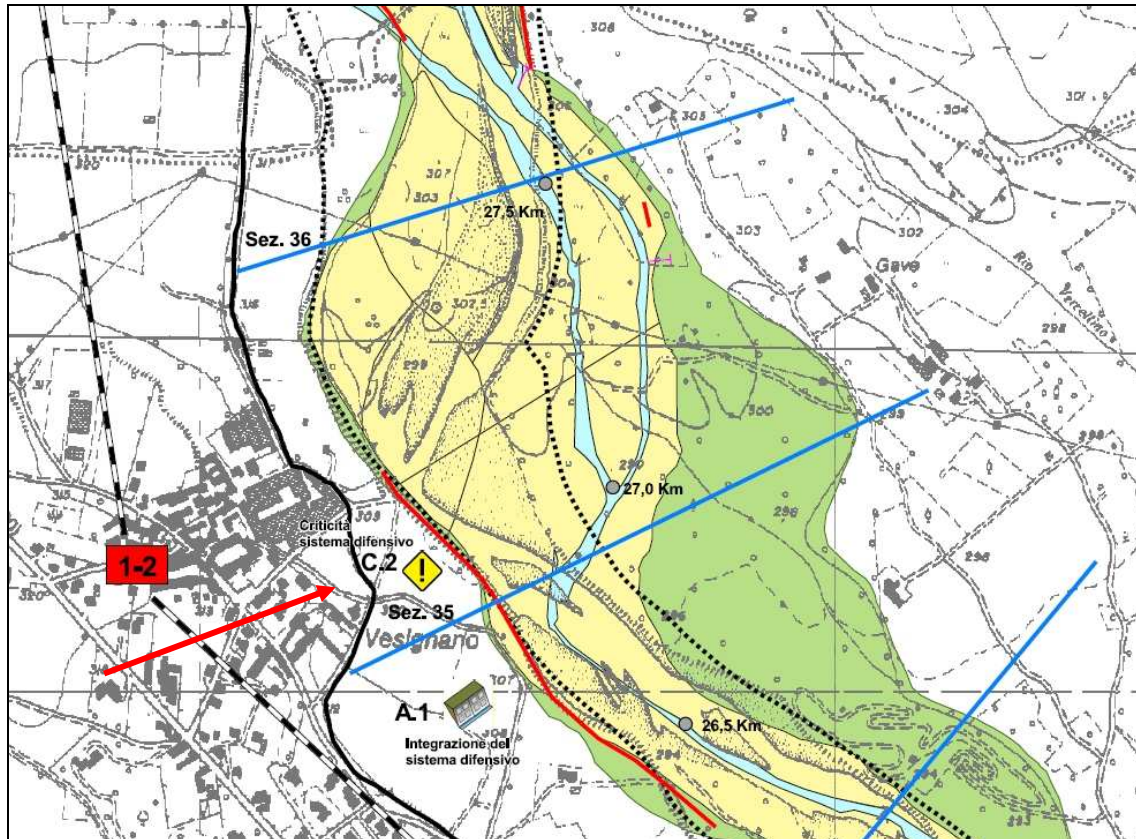


Fig. 65 Tronco 08: verifica/integrazione del sistema difensivo nel tronco con riferimento alla difesa della sponda destra

Tronco 08	Da Rivarolo C.se a ponte SS 565
Assetto morfologico alveo	alveo prevalentemente condizionato da opere di sponda in destra; forte tendenza all'instabilità la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione moderata
Assetto ambientale	classe II in golena destra, alveo e golena sinistra
Criticità	C.1. tratto arginato in sinistra a valle del ponte C.2. sistema difensivo della sponda destra da monte di Vesignano fino a Rivarolo
Interventi sull'alveo attivo	A.1. necessità di verifica/integrazione del sistema difensivo nel tronco con riferimento sia al nodo in corrispondenza del ponte che alla difesa della sponda destra
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1 riconversione impianto di trattamento degli inerti sez. 34-33 a fine attività

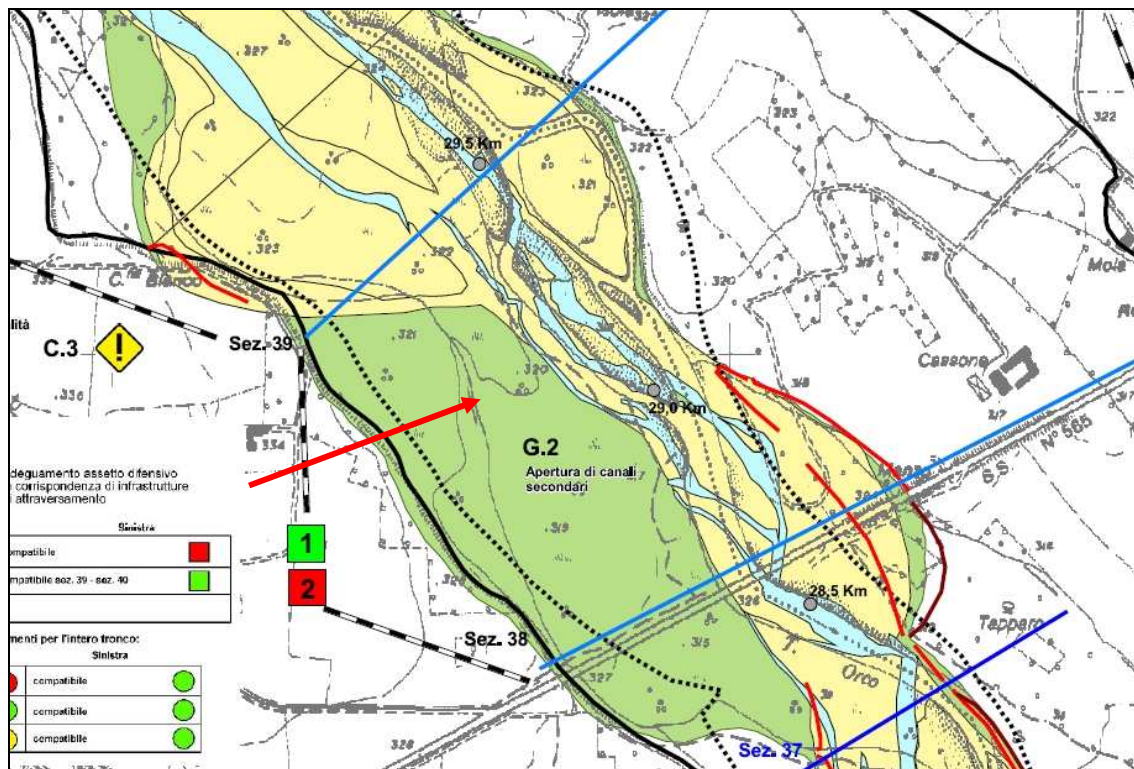


Fig. 66 Tronco 09: G.1 intervento in sponda destra da monte sez. 39 a sez. 38 di apertura di canali secondari in modo da ridurre la tendenza all'erosione della sponda sinistra fino al ponte

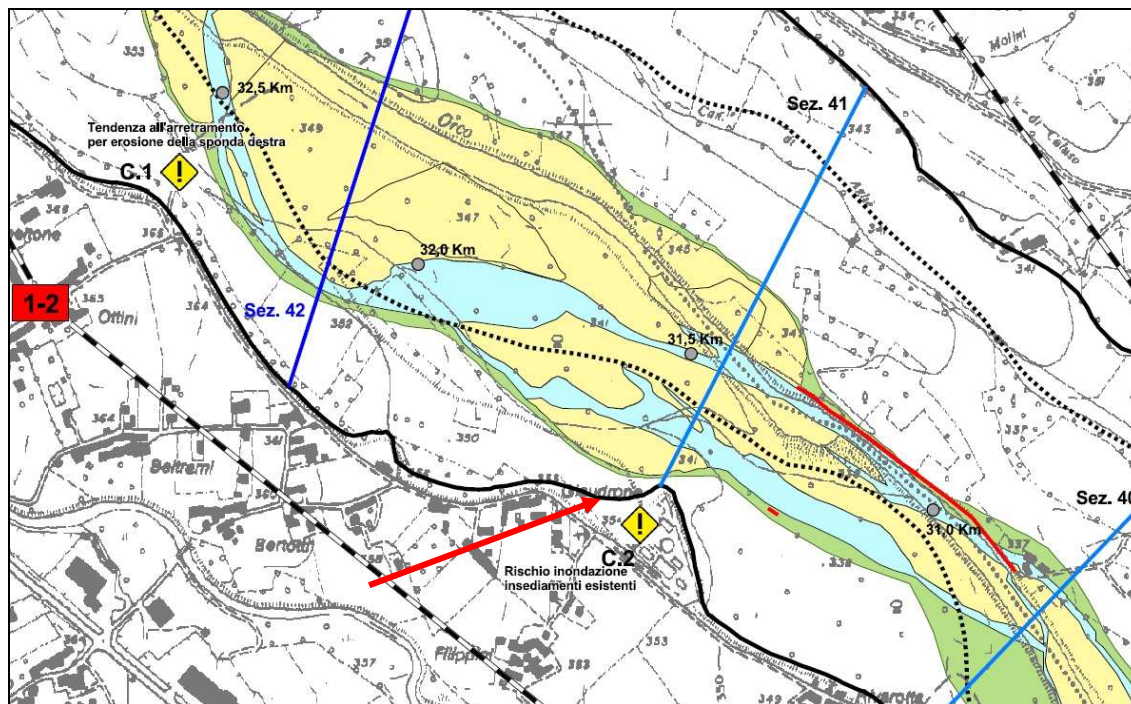


Fig. 67 Tronco 09: opere di controllo della divagazione planimetrica dell'alveo in destra per l'intero tronco, in forma integrata con quelle esistenti in sinistra

Tronco 09	Da ponte SS 565 alla derivazione Canale Caluso
Assetto morfologico alveo	alveo non condizionato da opere di sponda in destra; tendenza alla divagazione planimetrica più modesta rispetto ai tratti di valle, in ragione della maggiore pendenza di fondo la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione elevata
Assetto ambientale	classe III in golena destra e alveo, classe II in golena sinistra
Criticità	C.1. tendenza all'arretramento per erosione della sponda destra da valle traversa per circa l'intero tronco (fino a sez. 39)
	C.2. in località Gaudrone rischio diretto per gli impianti presenti
	C.3. verifica della funzionalità dell'opera di difesa alla sez. 39 in destra
Interventi sull'alveo attivo	A.1 opere di controllo della divagazione planimetrica dell'alveo in destra per l'intero tronco, in forma integrata con quelle esistenti in sinistra
Interventi sull'alveo di piena (golene)	G.1 intervento in sponda destra da monte sez. 39 a sez. 38 di apertura di canali secondari in modo da ridurre la tendenza all'erosione della sponda sinistra fino al ponte
	G.2. Intervento di riattivazione lanche compatibile in sponda sinistra sez. 39 - sez. 40

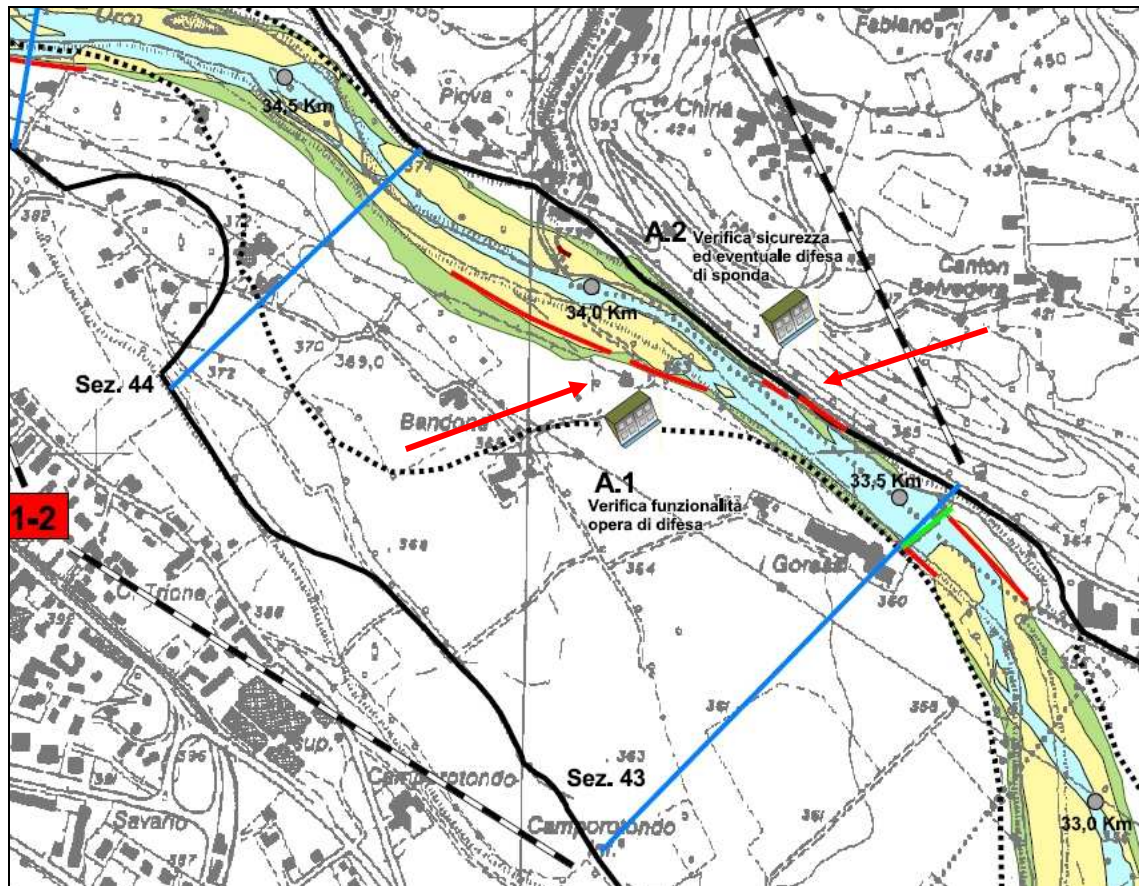


Fig. 68 Tronco 10: verifica funzionalità difesa in destra a valle sez. 44 e eventuale difesa sponda sinistra da sez. 44 a traversa per difesa rilevato stradale e insediamenti

Tronco 10	Dalla derivazione del Canale Caluso a Cuorgnè
Assetto morfologico alveo	possibilità di innalzamento significativo del fondo alveo a monte del ponte; possibilità di divagazione morfologica nei tratti non condizionati anche se non di grande entità la variazione del fondo medio e' classificabile come di incisione moderata
Assetto ambientale	classe II in golena destra e sinistra, classe III in alveo
Criticità	C.1. opera di presa in destra a monte del ponte per rischio allagamento in piena degli edifici circostanti C.2. elevata vulnerabilità intrinseca del ponte (compreso il rilevato di accesso in sinistra) ed effetti di rigurgito a monte, con indotto rischio di allagamento degli insediamenti in sinistra
Interventi sull'alveo attivo	A.1. verifica funzionalità difesa in destra a valle sez. 44 A.2. verifica sicurezza ed eventuale difesa sponda sinistra da sez. 44 a traversa per difesa rilevato stradale e insediamenti A.3. verifica e adeguamento sistema difensivo in corrispondenza del ponte
Interventi sull'alveo di piena (golene)	----



13 Programma di gestione dei sedimenti a scala di asta

La sintesi a livello di asta fluviale del Programma illustrato nei punti precedenti a livello di tronchi omogenei è rappresentato dalla tabella seguente.

Tronco	Descrizione	Interventi in alveo	Interventi in golena (compatibilità)
1	Dalla confluenza in Po al ponte dell'autostrada To-Mi (A4)	Interventi di adeguamento e prolungamento delle opere di difesa adeguamento delle arginature relative al nodo rappresentato dalle 4 infrastrutture di attraversamento	riattivazione di paleovalvei nell'area di confluenza
2	Dall'autostrada To-Mi (A4) a Montanaro (C.na Bruciata)	adeguamento e integrazione delle opere di difesa movimentazione/asportazione di materiale d'alveo per apertura nuovi rami intergrato con il progetto precedente	riattivazione lanche in sponda destra e sinistra
3	Da Montanaro (C.na Bruciata) a S. Benigno C.se	movimentazione/asportazione di materiale d'alveo per apertura di rami d'alveo secondari	Apertura di canali secondari Riattivazione lanche
4	Da S. Benigno C.se al ponte str. S. Benigno - Foglizzo	adeguamenti delle opere esistenti di regimazione dell'alveo tra i due ponti	rinaturazione laghi di cava e eventuale connessione all'alveo
5	Da ponte str. S. Benigno - Foglizzo a S. Giusto C.se (Cortereggio)	integrazione del sistema difensivo a protezione di Cortereggio movimentazione/asportazione di materiale d'alveo per apertura di rami d'alveo secondari integrate con opere eventuali alla confluenza del t. Malesina	Apertura di canali secondari (in parte in destra e per il tronco in sinistra) Riattivazione lanche (in parte sponda destra)
6	Da S. Giusto C.se (Cortereggio) a Feletto	---	--
7	Da Feletto a Rivarolo C.Se	integrazione sistema difensivo in destra a valle del ponte apertura rami secondari nell'alveo attivo tra sez. 31-30	Apertura di canali secondari (in sinistra) Riattivazione lanche (in parte sponda sinistra)
8	Da Rivarolo C.se a ponte SS 565	verifica/integrazione del sistema difensivo nel tronco	
9	Da SS 565 a derivazione Canale Caluso	opere di controllo della divagazione planimetrica dell'alveo in destra per l'intero tronco	Apertura di canali secondari (parte in destra) Riattivazione lanche (in parte sponda sinistra)
10	Da Derivazione Canale Caluso a Cuorgnè	verifica e adeguamento sistema difensivo in corrispondenza del ponte e nel tratto di valle	

Rispetto al quadro delle linee di intervento emergenti, sintetizzate nella tabella prima esposta si può osservare come nella parte alta del corso d'acqua esaminato (tronchi 7, 8, 9 e 10) il corso d'acqua richieda prevalentemente interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sulle opere idrauliche dell'alveo attivo, con modesti interventi sulla morfologia dell'alveo e sulle aree golenali.

Tale situazione trova motivazione dalle caratteristiche idrauliche e geomorfologiche dell'alveo contraddistinte da pendenze di fondo significativamente più elevate, alveo attivo e di piena di dimensioni trasversali più ridotte, elevate velocità di deflusso.



Nel tratto medio e basso, con l'eccezione del tronco 1, di confluenza, che è fortemente condizionato dalla infrastrutture presenti, le maggiori dimensioni dell'alveo, attivo e di piena, la dinamica morfologica, la maggiore tendenza alla divagazione planimetrica offrono lo spazio per una maggiore diversificazione delle azioni di manutenzione che possono coinvolgere in maniera significativa le golene.

13.1 Interventi di manutenzione con asportazione di materiale d'alveo proposti nella DGR n. 54 del 2004

Nell'ambito delle analisi effettuate per la definizione degli interventi relativi al Programma sono state analizzate le proposte di intervento di cui alla DGR n. 54 del 2004 relative al torrente Orco.

La tabella di seguito riportata presenta le proposte indicate e la relativa collocazione nei tronchi di appartenenza.

Corso d'acqua	Comune/località	Finalità intervento	Totale volume materiale d'alveo (m ³)	Tronco di appartenenza
Orco	CHIVASSO	mantenimento di assetto pluricursale dell'alveo tramite riattivazione di canali e realizzazione difese spondali a protezione insediamenti	80.000	1-2
Orco	FOGLIZZO	mantenimento di assetto pluricursale dell'alveo tramite riattivazione di canali e realizzazione difese spondali a protezione insediamenti	270.000	5
Orco	FELETTO	mantenimento di assetto pluricursale dell'alveo tramite riattivazione di canali e realizzazione difese spondali a protezione insediamenti	100.000	6
Orco	RIVAROLO	mantenimento di assetto pluricursale dell'alveo tramite riattivazione di canali e realizzazione difese spondali a protezione insediamenti	180.000	7-8
Orco	CUORGNE'	mantenimento di assetto pluricursale dell'alveo tramite riattivazione di canali e realizzazione difese spondali a protezione insediamenti	40.000	10

Il Programma definisce ora gli interventi di manutenzione da attuare in funzione degli obiettivi di assetto del corso d'acqua.

Il trasferimento di tali linee di intervento a livello di progetto preliminare potrà permettere di precisare gli interventi indicati e la relativa consistenza.



14 Ipotesi di procedura di attuazione del Programma di gestione dei sedimenti

Come illustrato ai punti precedenti, il presente Programma di gestione dei sedimenti definisce per tronchi omogenei:

- le condizioni morfologiche in atto, le tendenze e le condizioni da conseguire (fascia di divagazione compatibile, profilo di variazione compatibile del fondo alveo);
- le criticità rilevanti per la sicurezza idraulica (relative alle dinamiche d'alveo e alla funzionalità delle opere di difesa correlate);
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria che riguardano l'alveo attivo in relazione alla dinamica morfologica dello stesso e al bilancio sedimentologico, con l'obiettivo di conseguire un assetto coerente con gli obiettivi di sicurezza idraulica;
- le compatibilità di gestione delle aree golenali con finalità di miglioramento dell'assetto idraulico e dello stato ecologico.

Le modalità di attuazione del Programma richiedono la trasformazione in progetti delle linee di intervento individuate.

Nella parte generale del lavoro oggetto del presente contratto di ricerca saranno definiti i requisiti minimi necessari per la definizione dei progetti indicati, sotto l'aspetto delle elaborazioni e delle quantificazioni necessarie, legate soprattutto al bilancio sedimentologico dell'alveo, per dimostrare la coerenza con il Programma di gestione e per quantificare gli effetti attesi.

Il Programma di gestione inoltre dovrà essere aggiornato con frequenza che sarà definita dopo un primo periodo di sperimentazione (e sistematicamente a seguito di ogni evento di piena) in funzione dei risultati del monitoraggio dell'evoluzione morfologica, degli effetti degli interventi e della funzionalità delle opere.



15 Integrazioni

A seguito delle richieste di approfondimento emerse durante gli incontri del “Gruppo tecnico di lavoro”, costituito da Regione Piemonte, Autorità di Bacino del Fiume Po e Agenzia Interregionale per il Fiume Po, in allegato V si riportano:

- V-a: l'andamento planimetrico della fascia di divagazione compatibile confrontata con la fascia di divagazione storica del torrente Orco
- V-b: l'analisi di dettaglio degli interventi con finalità idrauliche e di miglioramento morfologico e ambientale. In particolare sono descritte:
 - le caratteristiche generali del tronco omogeneo in cui ricade l'intervento
 - la dinamica geomorfologica in atto
 - le criticità rilevata
 - le finalità dell'intervento
 - la stima economica di massima dei lavori
- V-c: l'inquadramento territoriale del programma degli interventi previsti

Per ogni intervento si riporta, inoltre, l'inquadramento geografico localizzato dello stesso sia su CTR, sia su supporto ortofotografico e lo schema tipologico.