

INTESA INTERREGIONALE PER LA  
NAVIGAZIONE INTERNA SUL  
FIUME PO ED IDROVIE  
COLLEGATE

STUDIO PER LA FORMA-  
ZIONE DEL PIANO GE-  
NERALE DELLA NAVI-  
GAZIONE INTERNA  
PADANO-VENETA

CONVENZIONE 6 GIU-  
GNO 1983 - REGIONE  
LOMBARDIA -  
S.I.M.P.O. SpA

S.I.M.P.O. SpA  
VIA LATTANZIO 66 ROMA

H.C. HYDRODATACONSULT  
TORINO

ATLANTE DELLE IDROVIE DI  
FUTURA ESTENSIONE DELLA  
RETE

3 A

RELAZIONE



INTESA INTERREGIONALE PER LA NAVIGAZIONE  
INTERNA SUL FIUME PO E IDROVIE COLLEGATE

STUDIO PER LA FORMAZIONE DEL  
PIANO GENERALE DELLA  
NAVIGAZIONE INTERNA PADANO-VENETA

FASE 1  
COORDINAMENTO 1.4  
STUDIO DELLE ESTENSIONI

S. I. M. P. O.  
H C HYDRODATACONSULT

15 MARZO '84

RELAZIONE



## STUDIO DELLE ESTENSIONI

Questa introduzione è comune ai punti 1.5 (atlante delle idrovie) ed 1.4 (studio di fattibilità dell'estensione del sistema idroviario) previsti dal programma di studi per la formazione del piano generale della navigazione interna padano-veneta. Infatti sembra opportuno porre in evidenza sia il legame tra gli argomenti trattati in tali punti, sia la scelta di un metodo unitario per la manipolazione delle informazioni, sia l'intendimento di far confluire nelle fasi successive le due parti del programma in un solo strumento conoscitivo.

L'atlante delle idrovie concerne l'insieme delle conoscenze, a livello sinottico e di dettaglio, relative alle infrastrutture che costituiscono il sistema idroviario esistente, esteso solo agli interventi di completamento che sono già in corso di progettazione-attuazione o che sono da prevedersi per la messa in funzione del sistema.

L'atlante descrive, mediante allegati grafici di dettaglio, la configurazione del sistema idroviario, indicando la localizzazione e le principali caratteristiche funzionali dei canali navigabili, delle conche di navigazione, delle strozzature provocate da attraversamenti, degli scali ecc.

Nella relazione allegata all'atlante delle idrovie vengono affrontati i problemi di carattere generale che influenzano anche lo studio di estensione del sistema idroviario e che verranno approfonditi nel proseguimento del programma di studi: definizione in via preliminare di un criterio oggettivo per l'assegnazione del livello di servizio di un'idrovia, realizzazione di un quadro geografico unitario di riferimento, studio di problemi specifici nel campo idrologico (ad esempio circa i fondali del Po nel tratto navigabile) ecc.

All'atlante si accompagna, circa il sistema esistente, la documentazione del punto 1.2 del programma, dedicato al reperimento dei principali progetti esecutivi in corso per l'eliminazione di strozzature e per i completamenti.

Lo studio di fattibilità delle estensioni del sistema idroviario concerne progetti di grande impegno per il completamento o la conversione a livelli di servizio superiori dell'impianto esistente, sia attraverso la formulazione delle ipotesi di scenario da assog-

gettarsi alla verifica circa l'assegnazione del traffico, sia attraverso l'esecuzione di istruttorie tecnico-economiche specifiche per singoli progetti.

Entrambi i punti del programma, necessitando di un ampio ricorso alla rappresentazione mediante riferimenti geografici, si appoggiano ad un sistema di base costituito dalla cartografia I.G.M. 1:25.000, impiantato su elaboratore allo scopo di consentire la massima flessibilità nella scelta della composizione tematica o della scala di restituzione e l'aggiornamento-revisione di tale banca-dati nel corso delle successive fasi di lavoro. Si evidenzia infatti l'inevitabile provvisorietà, considerato il ristretto tempo di lavoro disponibile nella 1a fase del programma, a fronte della dimensione e della natura del problema, di tutte le informazioni acquisite circa le caratteristiche di dettaglio del sistema idroviario e di tutte le valutazioni alle quali si è pervenuti.

Le informazioni aventi un riscontro geografico (tracciati ed assi di idrovie, sistema idrico, rete stradale e ferroviaria, abitati, zone industriali, conche di navigazione, sostegni, scali ecc.) sono organizzate a due livelli: a) sinottico, omogeneo per l'intero territorio; b) di dettaglio, mediante infittimento "nell'intorno delle idrovie".

Il livello sinottico delle rappresentazioni cartografiche costituisce una base comune ad entrambe le parti del programma, trattando contenuti fisiografici e territoriali (sistema idrico, sistema idroviario nel complesso, rete stradale e ferroviaria, abitati ed insediamenti industriali di dimensioni rilevanti). Il livello di dettaglio consente la descrizione particolareggiata delle infrastrutture idroviarie, con riguardo agli argomenti specifici (conche di navigazione, sostegni, scali, attraversamenti, profilo altimetrico, singolarità ecc.).

Dall'esame del quadro conoscitivo reso disponibile emergono problemi e prospettive di sviluppo del sistema idroviario, che vengono trattati nella relazione dello studio di estensione con lo scopo di formulare indirizzi circa le possibili strategie da seguire. Tuttavia non si può prescindere da confronti con i risultati prodotti nelle parti del programma dedicate al traffico assegnabile (e quindi, in definitiva, alla quantificazione degli effetti ritraibili). Nè si possono effettuare conclusioni circa un piano di intervento complessivo, quali dovranno derivare solo con il proseguimento del programma di studio.



Nel corso della prima fase di lavoro si è unito ai rilievi diretti, al reperimento dei progetti e della documentazione pregressi, allo studio dei vari problemi ed alle elaborazioni un primo sistematico programma di consultazione presso funzionari di enti preposti alla navigazione interna e presso esperti, allo scopo di acquisire indicazioni tecniche e discutere, solo in via preliminare, aspetti relativi alla formulazione degli "scenari". Si ringraziano in particolare: C.A.Arengi, L.Berger, D.Bettoni, B.Cassarini, J. Chaize, F.Della Luna, P.A.Farisè, G.Gnudi, G.Lombardi, L.Trischitta, M.Tubertini, F.Vido.

Per quasi tutte le idrovie esistenti ed in progetto è stata acquisita la fotografia aerea o (dove disponibile, come nel caso della Regione Emilia Romagna) la cartografia aerofotogrammetrica di dettaglio, impiegate nella compilazione di informazioni sul territorio e nella verifica dei tracciati idroviari.

Inoltre sono stati acquisiti i principali elementi disponibili in documenti tecnici e politici circa aspetti conoscitivi ed orientamenti di programmazione generale, tutti molto recenti ed alcuni concessi in via riservata in quanto non pubblicati. Si citano in particolare: le relazioni settoriali dei Piani dei Trasporti della Regione Emilia Romagna e della Regione Lombardia, lo studio di fattibilità per l'insediamento di un porto sul Po a servizio del bacino di traffico delle province di Parma, Reggio Emilia e Modena, la relazione ELC per un centro interscambio merci annesso al porto di Cremona, la ricerca SURE riguardante l'attrezzatura intermodale dello scalo idroviario di Ferrara-Pontelagoscuro, il programma preliminare dell'Intesa e le relazioni critiche formulate dal Consorzio del Canale Milano-Cremona-Po, le relazioni tecnico-economiche UTECO riguardanti l'idrovia Ferrarese, la relazione settoriale del programma di studi CER, i lavori conoscitivi e programmatici prodotti nell'ambito del gruppo ITALSTAT, i programmi settoriali ENEL, (in particolare "piano carbone"), gli atti dei principali convegni settoriali degli ultimi anni, la rassegna di studi e informazioni NAVIGAZIONE INTERNA.

## 1. Gli "scenari" di sviluppo del sistema idroviario

Intendiamo con questo termine diverse situazioni di progetto del sistema idroviario, caratterizzate ciascuna da un'assegnata configurazione (geografica e strutturale) e da un assegnato livello di servizio. Gli scenari rappresentano ipotesi più o meno ampie di estensione dell'attuale sistema, da verificarsi in rapporto a benefici e costi.

L'assegnazione di uno scenario finale di riferimento a cui sia opportuno, attraverso i programmi di investimento, far tendere il sistema idroviario padano-veneto, coinciderà con la definizione di uno schema direttore per il medio e lungo periodo, attuabile per gradi ma pienamente preordinato circa gli standard sul livello di servizio. Questa esigenza, che trova consenso nell'opinione degli esperti, come risulta nella maggior parte dei lavori di studio citati in premessa, è imprescindibile per il conseguimento di una razionalizzazione degli interventi e della gestione e può essere soddisfatta solo a partire da conoscenze e proposte che coprono l'intero sistema.

In questa prima fase del lavoro sono stati ipotizzati sei scenari da assoggettarsi alla verifica circa l'assegnazione di traffico.

Si tratta di schemi per i quali non avrebbe senso precisare i rispettivi traguardi temporali di messa in funzione, anche perchè essi contengono alternative sostanziali tra diversi possibili modi per attuare alcune relazioni di traffico.

Se quindi, da una parte, negli scenari di questa prima fase si introducono soluzioni che a priori non sono suscettibili di un giudizio di convenienza, tuttavia è necessario porre in evidenza come il passaggio da uno scenario ad un altro non sia del tutto acritico. Infatti si è volutamente tenuto conto dei seguenti indirizzi:

- la navigazione per acque interne nel sistema padano-veneto è motivata, oltre che dalla domanda di trasporto per relazioni interne al territorio direttamente interessato, dall'insieme degli scambi delle merci che si svolgono con i poli esterni attraverso il mare Adriatico;
- occorre incentivare, per quanto possibile, la penetrazione diretta dei battelli fluviomarittimi della classe 5a CEMT (1.500-3.000 t), ciò che dovrebbe essere fattibile, per i terminali di Padova, Rovigo, Ferrara e Mantova (ipotesi di specializzazione

del Canalbianco);

- il progetto generale di bacinizzazione dell'alveo del Po, auspicato per una più estesa penetrazione fluviomarittima, rappresentata, salve tutte le ulteriori verifiche tecniche ed economiche, un orizzonte di riferimento; tuttavia, considerate le distanze dei poli interni localizzati a monte di Mantova rispetto ai porti dell'alto Adriatico, e le caratteristiche di discreta navigabilità del fiume fino a Cremona, in presenza degli inevitabili vincoli finanziari, è possibile considerare come non prioritaria la bacinizzazione a valle di Cremona e prioritaria nel tratto a monte dello sbarramento ENEL di Isola Serafini fino a foce Ticino o Bastida Pancarana nell'ipotesi che convenga estendervi la navigazione; in questo modo il Po verrebbe specializzato per la navigazione con automotori fluviali o, più proficuamente con chiatte spinte e le relazioni fluviomarittime per i poli a monte di Mantova avverrebbero, con rottura dei carichi nei porti marittimi;
- l'incremento (ed un efficiente gestione) della portualità, soprattutto di interscambio modale, costituisce condizione senza la quale è impensabile il decollo di qualsiasi scenario di sviluppo del trasporto per idrovie;
- allo scopo di non disperdere risorse finanziarie e gestionali è preferibile non introdurre negli scenari ulteriori localizzazioni portuali marittime nell'alto Adriatico oltre a quelle esistenti, alle quali potrebbe invece essere opportuno allacciarsi direttamente con le idrovie interne (Ravenna, Trieste-Monfalcone); in tal senso si considerano il Po di Levante e Porto Garibaldi sulla Ferrarese non porti commerciali della navigazione interna, ma accessi specializzati per i battelli fluviomarittimi.

La descrizione degli scenari ed i parametri che li definiscono in termini di livello di servizio (LS e gli altri parametri sono determinati con il metodo di cui alla relazione 1.5) risultano dall'esame delle tavole allegate, nelle quali vengono individuati a livello grafico:

- il valore di LS, mediante spessore della linea secondo le classi: 0-35, 36-50, 51-70, 71-100;
- la dislocazione degli scali e le relative importanze (finestratura del nodo in grassetto=porto; finestratura sottile=banchina attrezzata).

Gli scenari contengono alternative e costituiscono ipotesi di prima approssimazione. Dall'analisi dei risultati del modello di assegnazione del traffico prenderà spunto la formulazione dello "schema direttore", che non necessariamente "coinciderà con uno



degli scenari presentati.

Fanno parte degli scenari la situazione attuale e, per i vari archi dello schema, le ipotesi progettuali preesistenti (generalmente progetti elaborati nel periodo 1960-1970) ed alcune ipotesi "ex novo":

- la bacinizzazione (parziale) dell'alveo del Po;
- la penetrazione fino a Torino mediante un canale artificiale a monte di Bastida Pancarana dislocato in prossimità del Po ed interagente con esso in alcuni attraversamenti fondamentali;
- il collegamento a Ravenna ed il taglio Po-Canalbiano.

Un elemento di provvisorietà degli scenari è costituito dal fatto che nelle successive analisi delle configurazioni occorrerà ricalibrare tracciati, parametri e dislocazioni portuali in rapporto ai risultati dell'istruttoria tecnica eseguita per ogni progetto di estensione (cfr. successivo paragrafo). Ad esempio dall'istruttoria sulla realizzazione del collegamento Ticino-Mincio risulterebbe l'impossibilità di attuare il tracciato nel tratto a nord di Milano, ciò che spingerebbe a considerare la possibilità del collegamento a sud-ovest con il canale Milano-Cremona, ipotesi fino ad ora non prevista negli scenari.

D'altra parte quello in atto per la messa a punto di uno schema direttore è un percorso iterativo che, oltre a necessitare delle successive fasi di valutazione (dell'impatto economico ed ambientale), determinerà anche la necessità, in funzione dei risultati del modello di assegnazione del traffico, di un approfondimento dell'istruttoria tecnica per le idrovie che risulteranno concretamente di interesse per l'estensione del sistema.

## 2. Analisi tecnico-economica delle estensioni

Si riportano nel seguito le singole istruttorie tecniche (e di stima dei costi) inerenti la fattibilità dei vari progetti di estensione del sistema idroviario padano-veneto elencati nella relazione 1.5. In allegato si riporta la cartografia.

Come si è avuto modo di anticipare nei documenti intermedi, si è provveduto ad assemblare in una veste per quanto possibile unitaria tutti i progetti di nuove idrovie elaborati negli ultimi decenni, integrandoli con lo studio "ex novo" di alcune soluzioni ritenute potenzialmente interessanti.

Successivamente i vari progetti sono stati sottoposti ad un'analisi critica circa la realizzabilità sul territorio, i problemi idrologici e geoidrologici, le caratteristiche di funzionalità, i problemi di ordine costruttivo ecc.

Tra le conclusioni a cui si perviene si richiamano, per l'importanza che rivestono nell'affrontare il tema dell'estensione a livello di scenario, le seguenti:

- è tecnicamente fattibile, mediante una delle alternative studiate, il collegamento diretto per acque interne fra il Po ed il porto di Ravenna; visto l'interesse che tale relazione idroviaria potrebbe avere nello sviluppo del sistema complessivo, occorrerà puntualizzare i termini del progetto, destinando anche risorse al problema della compatibilità ambientale del progetto;
- è tecnicamente fattibile il completamento del canale da Cremona a Milano, anche se il vincolo in atto sul territorio appare legato ad una scelta definitiva sulle sorti del canale da adottarsi nel breve periodo;
- l'idrovia pedemontana dal Ticino al Mincio con i collegamenti ai grandi laghi prealpini ed il proseguimento a Padova risulta tecnicamente fattibile rinunciando ad oltrepassare la zona a nord di Milano in direzione ovest; si pone in evidenza un impegno finanziario molto elevato dell'operazione, reso a maggior ragione tale dalla necessità di adeguare gli standard di progetto su livelli più alti rispetto a quelli preventivati negli studi originali;
- le idrovie piemontesi, salvi i correttivi apportati ai progetti originali per l'adeguamento alla più aggiornata situazione territoriale, risultano tecnicamente fattibili ma con le considerazioni circa l'impegno finanziario già indicate per l'idrovia pedemontana; l'allacciamento alla rete padana dovrebbe comunque avvenire mediante il proseguimento del canale Cremona-Milano fino al nodo di Bornago in destra Ticino dal quale si aprirebbe anche l'eventuale collegamento al Lago Maggiore, oggetto dei noti accordi internazionali;
- la bacinizzazione dell'alveo del Po a monte di foce Tanaro è un'ipotesi priva di interesse pratico, viste le caratteristiche morfologiche ed idrologiche del fiume che costringerebbero ad un numero rilevante di sbarramenti e a dover affrontare notevoli imprevisti di ordine tecnico ed ambientale;
- risulta tecnicamente fattibile l'ipotesi di un collegamento idroviario tra Torino e Bastida Pancarana mediante la soluzione mista costituita da un canale artificiale che percorra la regione fluviale del Po ed intersechi il fiume (localmente bacinnizzato) in corrispondenza degli attraversamenti ferroviari o stradali diversamente pressochè non risolvibili; questa solu-

zione eviterebbe anche la bacinizzazione del Po nel tratto da Bastida Pancarana a foce Tanaro, che, come risulta anche dagli studi SIMPO inerenti la bacinizzazione, riserverebbe i maggiori margini di rischio sotto il profilo tecnico ed ambientale.



IP/1
IP/2

IP/1 - Po a monte di foce Ticino (mediante bacinizzazione integrale dell'alveo fluviale)

IP/2 - Collegamento idroviario da foce Ticino a Torino (mediante canale artificiale lungo il Po e bacinizzazione limitata dell'alveo fluviale)

**Generalità** - Il collegamento in oggetto costituisce il completamento verso Ovest, con terminale a Torino, della via navigabile Ticino Mare Adriatico lungo l'asta del Po.

Fin dai primi del 1900, furono elaborati studi che esaminavano le possibilità di collegare Torino al Ticino realizzando canali navigabili nella parte alta del percorso, e ricorrendo alla navigazione in alveo sistemato a corrente libera dove le caratteristiche di pendenza dell'asta e le portate disponibili facevano ritenere ottenibili i fondali navigabili richiesti.

Fra i progetti di cui si ha notizia, sembra interessante citare quello redatto nel 1905 per l'idrovia Torino-Casale Monferrato che prevedeva l'utilizzazione come via navigabile del primo tratto (fra Chivasso e la Dora Baltea) del Canale Cavour.

Per i collegamenti Torino-Chivasso e Dora Baltea-Casale era prevista la realizzazione di canali navigabili rispettivamente in sponda destra ed in sponda sinistra del Po.

Il dislivello complessivo di circa 104 m sulla lunghezza di 67 Km veniva superato con 19 conche di altezza compresa fra 6,0 e 3,2 m.

Il progetto non risolveva peraltro il problema del collegamento Casale-Ticino, in quanto non venivano date indicazioni su come superare il tratto Casale-Foce Tanaro, ritenuto non sistemabile per la navigazione a corrente libera.

**Possibilità di navigazione a corrente libera** - I progetti recenti escludono in ogni caso la possibilità di navigazione in alveo Po sistemato a corrente libera in tutto il tratto Torino-Foce Ticino. Le ragioni sono le stesse già evidenziate nei primi progetti, ed essenzialmente:

- insufficiente disponibilità idrica: le portate di durata media 355 giorni/anno risultano estremamente esigue, anche per l'ef-

fetto delle derivazioni per utilizzazione irrigua (principali derivazioni: Canale Cavour a Chivasso e Canale Lanza a Casale), non superando i 40 mc/s fra Torino (foce Dora Riparia) e foce Sesia, gli 80 mc/s fra foce Sesia e foce Tanaro ed i 140 mc/s fra foce Tanaro e Foce Ticino;

- pendenza del fondo idraulico eccessiva, che non consente di ottenere fondali dell'ordine di 3,0 m con le portate disponibili per 355 giorni/anno, se non restringendo l'alveo navigabile oltre qualsiasi limite compatibile con le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua e con le esigenze stesse di navigabilità (larghezza della sezione e velocità dell'acqua).

Ad esempio, per ottenere un fondale teorico di 3,0 m nel tratto Dora Baltea - Sesia (pendenza minima del fondo idraulico  $i = 0,00088$ ) occorrerebbe realizzare un alveo navigabile di larghezza inferiore a 9 metri con velocità minima di 1,5 m/s, mentre nel tratto foce Tanaro - foce Ticino (pendenza minima del fondo idraulico  $i = 0,00033$ ) la larghezza massima dell'alveo navigabile dovrebbe essere ridotta a 50 m, con velocità minima della corrente prossima a 1 m/s.

**Alternative** - Esclusa quindi ogni realistica possibilità di sistemazione a corrente libera, le alternative da prendere in esame sono essenzialmente:

- la bacinizzazione integrale del corso d'acqua;
- la realizzazione di canali navigabili lungo l'asta fluviale.

**Bacinizzazione** - La prima delle alternative è in parte esaminata a livello di fattibilità nei progetti:

- Magistrato per il Po, Parma - "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzate alla difesa ed alla conservazione del suolo ed alla utilizzazione delle risorse idriche" - SIMPO, Roma, 1982
- Regione Piemonte - Assessorato Viabilità e Trasporti - "Regimazione idraulica e sistemazione d'alveo ai fini di navigazione e difesa del fiume Po da Traversa Enel in Trino a Foce Scrivia - POLITHEMA, Torino, 1982.

**Progetto Magistrato per il Po/SIMPO** - Il primo dei progetti citati prevede la bacinizzazione del tratto foce Tanaro - foce Ticino mediante lo sbarramento dell'alveo con traverse dotate di paratoie mobili.

Poichè l'obiettivo di tale progetto non si limita all'estensione



ed al miglioramento della navigabilità del Po, ma prevede anche lo sfruttamento del salto fra monte e valle di ciascun sbarramento per la produzione di energia idroelettrica, vengono prospettate tre differenti soluzioni (1°, 2° e 3° schema di bacinizzazione) che privilegiano l'uno o l'altro degli obiettivi citati.

Ai fini del presente studio, ci sembra opportuno prendere in esame la soluzione definita in progetto come "3° schema di bacinizzazione" in quanto, a prescindere da ogni considerazione che riguardi un'ottimizzazione dell'insieme dei risultati conseguibili (navigazione e produzione di energia elettrica), tale soluzione sembra essere quella in grado di offrire le migliori condizioni di navigabilità dell'alveo.

Il "3° schema di bacinizzazione" del progetto SIMPO prevede complessivamente la realizzazione di 14 sbarramenti nell'alveo del Po, da foce Tanaro a foce Panaro, allo scopo di stabilizzare, entro certi limiti, i livelli minimi del corso d'acqua e di garantire, anche in condizioni di magra e per la quasi totalità del tratto bacinizzato, fondali navigabili minimi di 3,0 m (1).

Nel tratto ora in esame, cioè quello a monte di foce Ticino, il progetto prevede la realizzazione di 5 sbarramenti che associati ad altrettante conche di navigazione consentono di superare il dislivello massimo di 20,0 m fra foce Tanaro e foce Ticino lungo un percorso di 39,8 Km.

Procedendo da valle verso monte, gli sbarramenti hanno le seguenti caratteristiche:

Ubicazione	Livello di ritenuta (m s.m.)	Livello min. a valle (m s.m.)	Quota fondo idraulico (m s.m.)	Fondale min. (m)
Mezzano				
Sicomario	59,70	55,5	53,0	2,5
Pancarana	64,00	59,7	57,0	2,7
Cascinotto				
Mensa	68,00	64,0	60,2	3,8
Messora	72,00	68,0	65,8	2,2
Capraglia	75,50	72,0	69,6	2,4

Fondali - Si osserva che i fondali navigabili minimi in prossimità di ciascun sbarramento sono dedotti facendo riferimento alla quota del fondo idraulico a valle dello sbarramento stesso; un altro dato interessante per la valutazione della navigabilità dell'alveo ottenibile secondo questa ipotesi deriva dal confronto fra i livelli minimi di bacinizzazione subito a valle delle traverse ed il numero di giorni dell'anno in cui si hanno livelli naturali uguali o superiori a questi:

Traversa	Quota livello min. di bacinizzazione a valle traversa (m s.m.)	Durata caratteristica del livello naturale corrispondente al livello min. di bacinizzazione (gg/anno)
Mezzano Siccomario	55,5	minore di 182 gg
Pancarana	59,7	compresa fra 91 e 182 gg
Cascinotto Mensa	64,0	compresa fra 91 e 10 gg
Messora	68,0	circa 91 gg
Capraglia	72,0	circa 182 gg

In definitiva, si deduce che le migliori condizioni di navigabilità si hanno fra gli sbarramenti di Cascinotto Mensa e Pancarana, e quelle meno favorevoli fra Capraglia e Messora (2).

E' prevedibile che per garantire la navigabilità in condizioni di magra sarebbero comunque necessari dragaggi in alveo localizzati specialmente a valle delle traverse per ottenere in ogni caso fondali non inferiori a 3 m.

Sistemazioni d'alveo - Gli interventi di bacinizzazione prevedono in ogni caso estese sistemazioni d'alveo, tanto più onerose quanto più il percorso dell'alveo inciso tende ad essere instabile ed a dar luogo a ramificazioni; il problema è evidente soprattutto a monte di foce Scrivia.

Questo fatto, assieme alla considerazione della maggiore difficoltà di disporre delle portate minime necessarie agli obiettivi della bacinizzazione, ha indotto a limitare l'estensione degli interventi del progetto SIMPO a foce Tanaro.

Progetto Regione Piemonte-Polithema - Nel secondo progetto di bacinizzazione citato, viene proposta l'estensione del progetto SIMPO fino alla esistente traversa della centrale ENEL di Trino Vercellese.

Il dislivello di 51,8 m esistente fra la quota di regolazione dello sbarramento di Capraglia (SIMPO) e la traversa ENEL di Trino, viene superato con 10 conche di navigazione associate ad altrettanti sbarramenti.

La lunghezza complessiva del tratto bacinizzato risulta di 56,6 Km.

Il progetto è stato impostato in modo da ottenere fondali minimi di m 1,50 in condizioni "statiche" e facendo riferimento ad un fondo alveo medio ricostruito a partire da una serie di restituzioni aerofotogrammetriche.

Le caratteristiche degli sbarramenti, procedendo da valle verso monte, sono le seguenti:

Ubicazione	Livello di ritenuta (m s.m.)	Livello min a valle (m s.m.)	Quota fondo idraulico (m s.m.)	Fondale min. (m)
Mugarone	81,30	77,1	75,9	1,2
Cascina Grossa	88,00	83,5	82,1	1,4
Valmacca	93,80	90,1	88,8	1,3
Frassineto	97,40	95,5	94,0	1,5
Cascina Barone	103,00	99,4	98,2	1,2
Casale Monferrato	108,20	103,0	101,9	1,1
Canale Lanza	115,00	108,2	106,7	1,5
Coniolo	119,00	115,0	113,3	1,7
Pontestura	123,00	119,0	117,9	1,1
Cornale	127,30	123,0	121,8	1,2

Dallo studio comparato dei profili di bacinizzazione con i profili idraulici dell'alveo (3) si può dedurre che:

- i fondali minimi teorici a valle degli sbarramenti sono generalmente inferiori a quelli (già modesti) di progetto;
- i tratti d'alveo in pratica non bacinizzati (nei quali il livello di magra ordinaria risulta già superiore al livello statico

di bacinizzazione) interessano complessivamente circa 12,8 Km di asta fluviale;

- la lunghezza di asta effettivamente navigabile, con fondali superiori a 2 m, non supera il 60% della lunghezza del tratto bacinizzato;
- considerata l'opportunità di limitare l'altezza di ritenuta dei singoli sbarramenti per evitare problemi di impatto ambientale di difficile e onerosa soluzione (modificazioni dei livelli di falda, infrigidimento dei terreni attigui all'alveo), un programma di bacinizzazione volto a garantire fondali minimi navigabili dell'ordine di 2,5 m nel tratto Trino-foce Tanaro, richiederebbe la realizzazione di non meno di 15 sbarramenti, cioè mediamente uno sbarramento ogni 3,8 Km di asta, con un costo, per le sole opere di sbarramento e per le conche di navigazione, non inferiore a 10 miliardi/Km.

La maggiore difficoltà della bacinizzazione del tratto in esame risiede però nella necessità di stabilizzare l'alveo di magra del Po fra foce Sesia e foce Tanaro, allo scopo di realizzare un percorso navigabile non soggetto a continue modificazioni.

Il raggiungimento dell'obiettivo si potrebbe teoricamente ottenere con una sistemazione che preveda la realizzazione di pennelli trasversali molto ravvicinati, collegati all'estremità lato alveo di magra da difese longitudinali continue. Lo spazio fra i pennelli sarebbe destinato a riempirsi con il materiale solido trasportato dalle piene.

Una sistemazione di questo tipo è stata realizzata per il Rodano tuttavia non è assolutamente possibile garantirne il successo per il tratto di Po in esame, dove si può avere un'estrema variabilità di stati idrologici ed un ingentissimo trasporto solido.

Gli interventi dall'esito più incerto sarebbero comunque quelli finalizzati alla stabilizzazione della confluenza Sesia-Po, attualmente estesa ad un tratto di asta della lunghezza di circa 2 Km e modificata ad ogni piena per effetto del notevolissimo trasporto solido del Sesia.

Si ritiene che quanto sopra esposto sia sufficiente ad evidenziare, se non l'impossibilità, almeno la difficoltà e l'onerosità di una bacinizzazione del Po a monte del Tanaro.

**Proposta di canale navigabile** - Per questo motivo si è studiata in questa sede, a livello di proposta per uno studio di fattibilità,

la possibilità di realizzare una via navigabile fra Torino e foce Ticino perlopiù in canale artificiale, utilizzando l'alveo del Po solo in tratti molto limitati e non soggetti a forte instabilità.

Il tracciato dell'idrovia si sviluppa per la maggior parte in prossimità dell'asta fluviale, in sponda destra e sinistra, estendendosi per complessivi 121 Km fra il terminale di Castiglione Torinese (Porto di Torino) e lo sbarramento di Mezzano Siccomario proposto nel citato "3° schema di bacinizzazione" del progetto Magistrato per il Po/SIMPO.

Il dislivello complessivo di 138,30 m fra le quote 198,00 m s.m. del terminale di Castiglione 59,70 m s.m. del livello di bacinizzazione dello sbarramento di Mezzano Siccomario, viene superato con una serie di 14 conche di navigazione di altezza variabile fra 12,00 e 6,31 m.

Le interferenze con gli affluenti principali (Scrvia, Tanaro, Sesia e Dora Baltea) come quelle con le infrastrutture più importanti vengono evitate realizzando il canale navigabile sulla sponda più libera da vincoli ed attraversando l'alveo del Po in 5 punti.

Tali attraversamenti riguardano complessivamente un tratto di 7,3 Km (su 102 Km in canale) e sono resi possibili mantenendo, con idonei sbarramenti mobili, del tutto simili tipologicamente a quelli previsti per la bacinizzazione dell'asta, il livello in alveo uguale a quello del tratto di canale navigabile immediatamente a valle.

In questo modo, si evitano tutte le interferenze della via navigabile con le linee ferroviarie (che vengono sottopassate navigando in alveo) con i corsi d'acqua maggiori; l'unica opera prevista di particolare impegno costruttivo, oltre alle conche ed agli sbarramenti, risulta il ponte canale per l'attraversamento del Po a Crescentino.

Si ritiene comunque che alcuni ponti sul Po dovranno essere sostituiti con nuovi ponti di luce adeguata a garantire la sicurezza delle manovre richieste ai natanti nei passaggi in alveo.

**Tracciato e caratteristiche principali** - Il possibile tracciato plano-altimetrico del canale è stato studiato utilizzando la base cartografica 1:25.000 I.G.M. per quanto riguarda l'altimetria dei



terreni attraversati; su una ripresa fotografica del 1975, scala 1:15.000, coprente l'intero tracciato per quanto riguarda i vincoli delle infrastrutture (insediamenti, strade, ferrovie); sui profili dell'asta del Po (profili di fondo alveo, profili arginature e profili idraulici) elaborati per lo studio Magistrato per il Po-SIMPO per quanto riguarda le interferenze fra canale navigabile e asta fluviale.

**Criteri di suddivisione delle tratte orizzontali** - Il principale criterio di suddivisione delle tratte di canale è fondato sui vincoli che si è ritenuto corretto imporre per le profondità massime di scavo e per l'altezza massima dei rilevati, ritenendo che i maggiori problemi pratici che si potrebbero incontrare nella realizzazione dell'opera dovrebbero essere connessi alle interferenze dei tratti in scavo con la falda, ed alla stabilizzazione dei rilevati.

In pratica si è mantenuta una profondità massima di scavo dell'ordine di 6-7 m ed un'altezza massima di rilevato di 6-7 m (con un unico caso di 8 m, in prossimità del ponte canale sul Po).

**Standard** - Il canale e le opere annesse sono dimensionate per consentire il transito di chiatte spinte da 76,5 m di lunghezza e 11,60 m di larghezza (4) (portata con immersione di m 2,50: 1.700 tonn. per ogni chiatta), e di automotori da 95 x 11,50 x 2,70 m, con stazza di circa 2.000 tonn.

**Dimensionamento** - Per il dimensionamento del canale e delle opere annesse, si fa riferimento alle indicazioni della normativa CEMT.

In particolare la sezione normale del canale è progettata per garantire un rapporto  $K = 5,0$  fra sezione liquida e sezione maestra del natante tipo (larghezza = 11,6, immersione = 2,5 m).

**Sezione normale**

. larghezza al pelo dell'acqua	m	48,00
. larghezza fra i cigli interni	m	52,00
. larghezza alla profondità di massimo pescaggio (2,50 m)	m	38,00
. larghezza delle strade alzaie	m	5,00
. fondale massimo	m	3,70
. fondale medio sulla larghezza di m 34,40	m	3,55
. franco della strada alzaia sul pelo dell'acqua	m	1,00

. sezione liquida	mq	145,24
. contorno bagnato	m	49,61
. rapporto tra sezione liquida e sezione maestra del natante	K	5,01
. altezza libera di sottotrave sul pelo della acqua	m	6,50
. altezza libera di sottotrave sul piano viabile della strada alzaia	m	5,50

Sezione per ponte canale - Nel caso di tratti del tutto particolari e di breve lunghezza, come nel caso di attraversamento su ponte canale, si ammette un valore minimo del rapporto sezione liquida/sezione maestra natante  $K = 2,6$ .

Sezione ridotta (per ogni via)

. Larghezza al pelo dell'acqua	m	21,60
. Larghezza tra i cigli interni delle sponde	m	21,60
. Strade alzaie	m	5,00
. Fondale massimo	m	3,70
. Sezione liquida	mq	75,62
. Rapporto tra sezione liquida e sezione maestra immersa del natante	K	2,61

Conche di navigazione - Si prevede che tutte le conche abbiano lunghezza di 110 m e larghezza di 12 m, fatta eccezione per la conca associata allo sbarramento di Mezzano Siccomario prevista di 200 x 12 m (le conche previste dal progetto Magistrato per il Po - SIMPO, nel tratto bacinnizzato a valle del Ticino sono dello stesso standard). L'altezza delle conche previste è variabile fra un massimo di 12,0 m e un minimo di 6,31 m.

Caratteristiche principali dell'idrovia - L'idrovia Torino-monte Ticino si compone di 14 tratti realizzati in canale artificiale, con brevi passaggi nell'alveo del Po, e di un tratto terminale nell'alveo bacinnizzato del Po, fino allo sbarramento di Mezzano Siccomario.

La lunghezza complessiva fino allo sbarramento di Mezzano Siccomario è di 121 Km, dei quali 102 Km in canale artificiale e 19 in alveo bacinnizzato.

Le lunghezze, le quote, gli attraversamenti principali e le osservazioni di carattere idraulico sui singoli tratti in canale ed in

alveo sono riportati sinteticamente nelle schede allegare alle pagine seguenti. Si avverte che le lunghezze dei tratti in alveo si riferiscono ad un percorso lungo l'asse dell'alveo che comprende anche il breve tratto di canale di accesso alla conca immediatamente a monte.

**Osservazioni sullo schema idraulico dell'idrovia** - Lo schema idraulico adottato è vincolato alla possibilità di mantenere, nei tratti in cui l'idrovia è collegata al Po, livelli in alveo che siano pressochè costanti, ed indipendenti dalle portate defluenti.

Questa condizione viene rispettata fino a quando il livello di bacinnizzazione (mantenuto dalla traversa in alveo) ha una quota superiore al livello naturale (non modificato dalla traversa): risulta pertanto che per portate superiori ad un certo valore massimo il collegamento canale navigabile - Po non è realizzabile (5).

Nello studio eseguito, considerati i vincoli di tirante d'aria sotto i ponti (che costringono a limitare il livello di bacinnizzazione in alveo), risulterebbe impraticabile tale collegamento mediamente per 10 giorni all'anno nel passaggio più "critico" sotto questo aspetto. E' tuttavia possibile che disponendo di un accurato rilievo delle quote delle infrastrutture più vincolanti, siano definibili profili di bacinnizzazione nei brevi tratti in alveo, che garantiscano l'esercizio della via navigabile, per tutta la sua estensione, senza la limitazione cui si è fatto cenno.

**Portate disponibili per l'alimentazione dell'idrovia** - La possibile carenza di portate per l'esercizio dell'idrovia è uno dei principali problemi da affrontare.

Se infatti, per avere un primo ordine di grandezza del fabbisogno idrico si facesse riferimento ad un ritmo massimo di 1 conca ogni 45 minuti (corrispondente per un esercizio effettivo di 18 ore su 300 giorni/anno ad una capacità di smaltimento di traffico superiore a 24 milioni di tonnellate/anno), la portata necessaria per alimentare una conca di  $110 \times 12 \times 12 = 15.840$  mc risulterebbe di  $15.840 \text{ mc} / (45 \times 60) \text{ s} = 5,9 \text{ mc/s}$ .

Considerando anche le perdite per evaporazione (10 mm/g) e per filtrazione (0,0003 m/s), essendo la superficie dello specchio liquido e la superficie bagnata del canale valutabili rispettiva-

mente in mq 5.800.000 e mq 6.000.000, risulta in definitiva:

. Portata massima necessaria per l'esercizio delle conche	Q1 = 5,9 mc/s
. Perdite per evaporazione	Q2 = 0,7 mc/s
. Perdite per filtrazione	Q3 = 1,8 mc/s
	<hr/>
	QTOT = 8,4 mc/s

---

(1) Ricorrendo anche a dragaggi a valle della traversa

(2) Si ricorda che per "durata di un livello idrometrico" o "durata di una portata" si intende il numero di giorni all'anno in cui il livello o la portata effettivi risultano superiori o uguali ad un valore assegnato.

In ogni caso, bassi livelli e basse portate corrispondono ad alti valori di durata; alti livelli ed alte portate corrispondono a bassi valori di durata.

(3) Dati elaborati nel corso del presente studio, utilizzando profili di fondo alveo e profili idraulici del progetto SIMPO/Magistrato per il Po.

(4) Considerate le caratteristiche generali dell'idrovia, non si ritiene di proporre, in questa fase, l'impiego di convogli spinti in freccia.

(5) Non si è considerata la possibilità di svincolare il livello del Po da quello del canale mediante conche, vista la scarsa utilizzazione che si farebbe comunque di tali manufatti.

TRONCO I da pr. 0,00 a pr. 4,05-1 = 4,05 Km  
Castiglione Torinese - S.Raffaele di Cimena

. ALTIMETRIA

- quota PL 198,00 m s.m. - quota fondo 194,30 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

n° 4 cavalcavia per attraversamenti secondari

- Di corsi d'acqua

n° 3 attraversamenti in sifone di rogge

. OPERE PARTICOLARI

Porto di Torino

Collegamento ferroviario e stradale al porto

. CONCA DI NAVIGAZIONE

alla pr. 4,05-1 x b x h = 110 x 12 x 11,0 m

TRONCO II da pr. 4,05 a pr. 8,14-1 = 4,09 Km

S.Raffaele di Cimena - Chivasso

. ALTIMETRIA

- quota PL 187,00 m s.m. - quota fondo 183,30 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

n° 6 cavalcavia per attraversamenti secondari

- Di corsi d'acqua

n° 2 attraversamenti di rogge in sifone

. CONCA DI NAVIGAZIONE

alla pr. 8,14-1 x b x h = 110 x 12 x 10,69 m

TRONCO IIbis da pr. 8,14 a pr. 9,36-1 = 1,22 Km

Passaggio in Po sotto ponte stradale fino a traversa di Chivasso

. ALTIMETRIA

- quota PL 176,31 m s.m. - quota fondo 172,66 m s.m.

- osservazioni 176,31 = quota ritenuta traversa di Chivasso -  
occorre dotare la traversa di paratoie in grado di regolare  
fino alle portate comprese fra Q10 e QP.O.



. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali  
sostituzione ponte stradale di Chivasso
- Di corsi d'acqua  
Accesso alla conca di monte utilizzando un tratto del canale di scarico della centrale ENEL di Cimena
- Passaggi in Po  
Necessari dragaggi in alveo per l'intera lunghezza del tratto

. OPERE PARTICOLARI

- Porto di Chivasso
- Sistema di paratoie di regolazione sulla traversa

TRONCO III da pr. 9,36 a pr. 12,36-1 = 3,00 Km

Traversa Chivasso - Ponte FF.SS. Chivasso-Asti

. ALTIMETRIA

- quota PL 176,31 m s.m. - quota fondo 172,61 m s.m.
- osservazioni  
quota P.L. imposta da quota traversa di Chivasso

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali  
n° 4 cavalcavia per strade secondarie
- Di corsi d'acqua  
n° 2 attraversamenti di rogge in sifone

. OPERE PARTICOLARI

- Chiusa alla pr. 9,36 per intercettazione livelli di piena

. CONCA DI NAVIGAZIONE

- pr 12,36 l x b x h = 110 x 12 x 6,31

TRONCO IIIbis da pr. 12,36 a pr. 13,95-1 = 1,59 Km

Ponte FF.SS. Chivasso-Asti - Loc.S.Sebastiano (in alveo)

. ALTIMETRIA

- quota PL 170,00 m s.m. - quota fondo 166,30 m s.m.
- osservazioni  
- Quota F.I. 166,6 (pr.12,68)-164,8 (pr.13,95)  
- Quota P.O. 170,8 (pr.12,68)-167,9(pr.13,95)

. ATTRAVERSAMENTI

- Ferroviari

Sottopasso del ponte FS. Chivasso-Asti

- Passaggi in Po

il tirante d'acqua minimo sul fondo idraulico alla pr. 12,68  
è di 3,4 m

. OPERE PARTICOLARI

Traversa mobile in alveo a valle di progr.13,95. Può regolare  
fino alla piena ordinaria.

Luce traversa 300 m

Altezza paratoie 4 m

TRONCO IV da pr. 13,95 a pr. 18,00-1 = 4,05

S. Sebastiano - Lauriano

. ALTIMETRIA

- quota PL 170,00 m s.m. - quota fondo 166,35 m s.m.

- osservazioni

livello 170,00 imposto da traversa in alveo

. ATTRAVERSAMENTI

- stradali

n° 4 cavalcavia per strade secondarie

- Di corsi d'acqua

n° 3 attraversamenti di rogge in sifone

n° 1 tombamento roggia

. OPERE PARTICOLARI

Chiusa alla pr. 13,95 per intercettazione livelli di piena

. CONCA DI NAVIGAZIONE

alla pr. 18,00 l x b x h = 110 x 12 x 10,0

TRONCO V da pr. 18,00 a pr. 25,80-1 = 7,8 Km

Lauriano - Crescentino

. ALTIMETRIA

- quota PL 160,00 m s.m. - quota fondo 156,35 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

n° 3 cavalcavia per strade secondarie

n° 1 sottopasso per strada secondaria

- di corsi d'acqua  
attraversamento del Po mediante ponte canale di lunghezza  $L = 500$  m  
quota F.I. = 146,4; Quota max piena = 153,6; Quota sottotrave  
ponte = 155,1

- . CONCA DI NAVIGAZIONE  
alla pr. 25,80  $l \times b \times h = 110 \times 12 \times 12,0$

TRONCO VI da pr. 25,80 a pr. 33,90-1 = 8,10 Km  
Crescentino - Fontaneto Po

- . ALTIMETRIA
  - quota PL 148,00 m s.m. - quota fondo 144,30 m s.m.
- . ATTRAVERSAMENTI
  - Stradali  
in sovrappasso: strada Crescentino-Brusasco  
n° 6 cavalcavia per strade secondarie
  - Di corsi d'acqua  
n° 2 attraversamenti di rogge in sifone  
n° 2 tombamenti in rogge

- . CONCA DI NAVIGAZIONE  
alla pr. 33,90  $l \times b \times h = 110 \times 12 \times 10,0$

TRONCO VII da pr. 33,90 a pr. 39,50-1 = 5,60 Km  
Fontanetto Po - Trino Centrale ENEL

- . ALTIMETRIA
  - quota PL 138,00 m s.m. - quota fondo 134,30 m s.m.
- . ATTRAVERSAMENTI
  - Stradali  
n° 4 cavalcavia per strade secondarie
  - Di corsi d'acqua  
n° 5 attraversamenti di rogge in sifone  
n° 2 tombamenti di rogge
- . CONCA DI NAVIGAZIONE  
alla pr. 39,50 Km  $l \times b \times h = 110 \times 12 \times 8,0$  m

TRONCO VIIbis da pr. 39,50 a pr. 40,90-1 = 1,40 Km  
Loc. Centrale ENEL di Trino (in alveo)

. ALTIMETRIA

- quota PL 130,00 m s.m. - quota fondo 124,30 m s.m.
- osservazioni
  - F.I. = 126,60 (pr. 39,50) - 124,70 (pr. 40,90)
  - P.O. = 128,50 (pr. 40,90)

. ATTRAVERSAMENTI

- Passaggi in Po
  - il fondale minimo, valutato rispetto al fondo idraulico è di m 3,40 alla prog. 39,50

. OPERE PARTICOLARI

- traversa in alveo Po a valle pr. 40,90
- luce traversa L = 300 m
- altezza paratoie h = 4,5 m

TRONCO VIII da pr. 40,90 a pr. 46,20-1 = 5,30 Km  
Trino - Morano Po

. ALTIMETRIA

- quota PL 130,00 m s.m. - quota fondo 126,30 m s.m.
- osservazioni
  - livello 130,00 tenuto da traversa in Po

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali
  - in sovrappasso:
    - . strada Trino-Pontestura
    - . S.S. n° 455
  - n° 5 cavalcavia per strade secondarie
- Di corsi d'acqua
  - n° 5 attraversamenti di rogge in sifone
  - n° 4 tombamenti in rogge

. OPERE PARTICOLARI

- chiusa alla pr. 40,90 per intercettazione livelli di piena del PO

. CONCA DI NAVIGAZIONE

- alla pr. 46,20-1 x b x h = 110 x 12 x 10,00 m

TRONCO IX da pr. 46,20 a pr. 54,23-1 = 8,03 Km

Morano Po-Casale

. ALTIMETRIA

- quota PL 118,00 m s.m. - quota fondo 114,30 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

n° 6 cavalcavia per strade secondarie

- Di corsi d'acqua

n° 4 attraversamenti di rogge in sifone

. CONCA DI NAVIGAZIONE

pr. 54,23 - l x b x h = 110 x 12 x 10

TRONCO IXbis da pr. 54,23 a pr. 55,65-1 = 1,42 Km

Loc. Casale

. ALTIMETRIA

- quota PL 108,00 m s.m. - quota fondo 104,30 m s.m. (richiesto)

- osservazioni

F.I. 103,2 (pr. 54,90) - 102,2 (pr. 55,65)

P.O. 109,0 (pr. 54,90) - 108,9 (pr. 55,65)

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

sottopasso in alveo del ponte Stradale di Casale quota intradosso 114,00 - Tirante d'aria = m 6,0

Necessaria sostituzione per luce insufficiente

- Ferroviari

sottopasso in alveo del ponte ferroviario di Casale quota intradosso 114,00 - Tirante d'aria = m 6,0

- Passaggi in Po

Fondale minimo, valutato rispetto al fondo idraulico m 4,8 alla pr. 54,90.

Il livello 108,0 può essere regolato dalla traversa mobile fino a portate prossime alla piena ordinaria (P.O.).

. OPERE PARTICOLARI

Traversa mobile in alveo Po a valle della pr. 55,65

Luce traversa = 200 m

Altezza paratoie = 6,0 m

Porto di Casale



TRONCO X da pr. 55,65 a pr. 63,00-1 = 7,35 Km  
Casale - Frassineto

. ALTIMETRIA

- quota PL 108,00 m s.m. - quota fondo 104,30 m s.m.
- osservazioni  
livello 108,00 tenuto da traversa in alveo Po.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali  
in sovrappasso:  
attraversamento Autostrada A26 - Quota piano stradale 116,0 n°  
1 cavalcavia per strada Casale-Frassineto  
n° 9 cavalcavia per strade secondarie
- Di corsi d'acqua  
n° 8 attraversamenti in sifone o tombamenti di rogge.

. OPERE PARTICOLARI

- Chiusa alla pr. 55,65 per intercettazione livelli di piena del Po

. CONCA DI NAVIGAZIONE

- pr. 63,00-1 x b x h = 110 x 12 x 12,0.

TRONCO XI da pr. 64,42- a pr. 73,00-1 = 8,58 Km  
Frassineto - Bozzole

. ALTIMETRIA

- quota PL 96,00 m s.m. - quota fondo 92,30 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali  
in sovrappasso:  
strada Ticineto-Valmacca  
strada Bozzole-Pomaro Monferrato  
n° 6 sovrappassi per strade secondarie
- Di corsi d'acqua  
attraversamento in sifone del Torrente Laio  
n° 7 attraversamenti in sifone o tombamenti in rogge.

. CONCA DI NAVIGAZIONE

- dalla prog. 73,00 - l x b x h = 110 x 12 x 8,50



TRONCO XIII da pr. 85,00 a pr. 95,24-1 = 10,24 Km  
Gambarana - Mezzana Bigli

. ALTIMETRIA

- quota PL 78,00 m s.m. - quota fondo 74,30 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

in sovrappasso

SS. n° 211 (Loc. Pieve del Cairo)

Strada Mezzano Bigli - Balossa Bigli

n° 9 sovrappassi per strade secondarie

- Di corsi d'acqua

tombamento torrente Agogna

Tombamento cavo Erbatici

attraversamento in sifone per colatori Agognetta e Riale

n° 10 attraversamenti in sifone o tombamenti di colatori secondari.

. CONCA DI NAVIGAZIONE

alla pr. 95,24 l x b x h = 110 x 12 x 8,00

TRONCO XIV da pr. 95,24 a pr. 100,06-1 = 14,82 Km  
Mezzana Bigli - Mezzana Rabattone

. ALTIMETRIA

- quota PL 70,00 m s.m. - quota fondo 66,30 m s.m.

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali

in sovrappasso

Autostrada A7 (loc. Cascinotto Mensa)

Strada Sannazzaro-Cornale (Loc. Buscarola)

Strada Linasco-Mezzano Rabattone

n° 8 sovrappassi per strade secondarie

- Di corsi d'acqua

n° 15 attraversamenti in sifone o tombamenti di rogge

. CONCA DI NAVIGAZIONE

alla pr. 100,06 l x b x h = 110 x 12 x 10,30

TRONCO XIVbis da pr. 100,06 a pr. 110,60-1 = 0,54 Km  
Collegamento all'alveo del Po, loc. Foce Terdoppio

. ALTIMETRIA

- quota PL 59,70 m s.m. - quota fondo 56,00 m s.m.
- osservazioni  
quota 59,70 tenuta da traversa di Mezzano Siccomario (prog. 121,00- SIMPO III° schema).

. ATTRAVERSAMENTI

- Passaggi in Po  
F.I. = 56,40 m s.m. (pr. 110,6); fondale = 3,30 m

TRONCO XV da pr. 110,6 a pr. 121,0-1 = 10,4 Km

Tratto in alveo bacinizzato Bastida Pancarana-Mezzano Siccomario previsto dal "3° schema di bacinizzazione" Magistrato per il Po/SIMPO

. ALTIMETRIA

- quota PL 59,70 m s.m. -
- quota fondo idraulico max 56,40 m s.m. (pr. 110,6 Km)

. ATTRAVERSAMENTI

- Stradali  
Ponte stradale e ferroviario di Mezzana Corti  
Quota intradosso 64,0 - Tirante d'aria 7,60 m
- Ferroviari  
c.s.
- Passaggi in Po  
Quota max F.I. alla pr. 110,6 = 56,4 m s.m.  
Fondale minimo valutato sulla quota del fondo idraulico alla pr. 110,6 = m 3,30.  
Quota max F.I. alla pr. 121,0 = 5,30  
Fondale minimo valutato sulla quota del fondo idraulico, a valle della traversa = 2,5 m (necessari dragaggi)

. OPERE PARTICOLARI

- Sbarramento di Mezzano Siccomario
  - . Larghezza m 250
  - . Altezza paratoie 6,5 m

. CONCA DI NAVIGAZIONE

- Associata allo sbarramento  $l \times b \times h = 200 \times 12 \times 4,08 \text{ m}$





IP/3 - Po da foce Ticino a Cremona (mediante bacinizzazione integrale dell'alveo fluviale)

**Generalità** - L'idrovia fluviale Ticino-Cremona costituisce uno dei tronchi fondamentali dell'estensione del sistema idroviario padano, in quanto è l'indispensabile collegamento fra la rete idroviaria esistente (che in sostanza ha il terminale ovest a Cremona) e l'area Piemontese.

L'alveo del Po costituisce la naturale base del possibile collegamento idroviario in oggetto.

**Attuali condizioni di navigabilità del tratto** - Le attuali condizioni di navigabilità del tratto sono estremamente limitate, e condizionate sia dalla mancanza di qualsiasi sistemazione finalizzata alla navigazione nel tratto a monte di Piacenza, che dalle condizioni d'alveo a valle della conca di navigazione associata all'impianto idroelettrico ENEL di Isola Serafini.

In sostanza, nel tratto fra foce Ticino e Piacenza la navigabilità è normalmente possibile solo in tratte isolate (utilizzo per trasporto su brevissime distanze di inerti estratti dall'alveo), mentre è possibile su tutto il tratto solo in condizioni di portata particolarmente favorevoli (stati di morbida) e con l'impiego di chiatte speciali per trasporti di carichi eccezionali.

Le condizioni idrauliche di gran parte del tratto compreso fra Piacenza e lo sbarramento di Isola Serafini sono influenzate dal rigurgito provocato dallo sbarramento stesso, e garantiscono un certo miglioramento dei fondali.

Lo studio dei fondali navigabili in questo tratto, eseguito nell'ambito del citato progetto di bacinizzazione Magistrato per il Po/SIMPO elaborando dati COPNI (rilevamento fondali nel periodo gennaio 1978-agosto 1981) mostra la disponibilità di tiranti minimi d'acqua limitati a 1,5 m fra Piacenza e Mortizza, e tiranti minimi di 2,8 m fra Mezzano Passone e Isola Serafini.

Il principale ostacolo al collegamento idroviario fra Cremona e Piacenza è comunque costituito dalle condizioni d'alveo a valle della conca di Isola Serafini, che rendono di fatto inutilizzabile la conca stessa.

Tale situazione, conseguente ad un abbassamento d'alveo dell'ordine di 2,5 m, verificatosi a valle dello sbarramento ENEL in epoca successiva alla realizzazione dell'impianto, fa sì che attualmente i tiranti d'acqua superiori a 2,5 m, misurati sulla soglia della conca, siano disponibili per non più di 60-70 gg/anno e quindi rende praticamente impossibile il transito di natanti adatti al traffico commerciale.

La via navigabile fra la conca di Isola Serafini ed il porto di Cremona, di complessivi 7,5 Km di lunghezza, si estende per un primo tratto di 1,2 Km entro il canale di scarico (artificiale) della centrale ENEL, e quindi nell'alveo naturale del Po nella zona di confluenza del fiume Adda.

Le sistemazioni a via navigabile sono limitate ad un tratto di 2,4 Km a monte del mandracchio del porto di Cremona (curva n°45), mentre in tutto il tratto a monte le opere esistenti (curve n° 46 e n° 47) non sono tali da poter garantire fondali minimi superiori a 1,5-2,0 m.

**Attracchi e porti esistenti** - Gli attracchi di qualche interesse risultano, procedendo da monte verso valle:

- la darsena della Breda a valle del ponte della Becca in sponda sinistra, utilizzata per l'attracco di chiatte speciali adibite a trasporto di carichi eccezionali;
- il pontile annesso alla centrale ENEL termoelettrica di Piacenza, un tempo utilizzato (nei primi anni '60, quando era praticabile la conca di Isola Serafini) all'attracco di chiatte adibite al trasporto di olio combustibile;
- lo scalo della centrale nucleare ENEL di Caorso;
- il porto di Cremona.

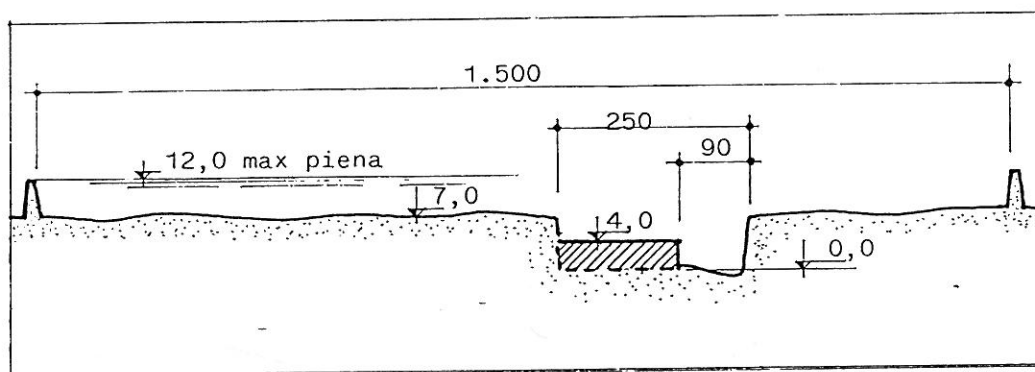
Oltre al porto di Cremona, che ha registrato un volume di traffico massimo di 9.000 tonn/anno nel decennio 1970-1980, e che comunque sarebbe in grado di far fronte ad una domanda ben superiore di traffico, l'unico attracco impiegato, anche se solo sporadicamente, è quello dalla Breda alla Becca.

**Possibilità di sistemazione a via navigabile** - Le caratteristiche di pendenza del fondo alveo e di portata, potrebbero essere teoricamente sufficienti per una sistemazione del tratto alla navigazione a corrente libera.

A valle del Ticino, con portate di magra ordinaria superiori a 240 mc/s e pendenze massime dello 0,2/1/000, si potrebbe garantire un fondale teorico di 3 m in una sezione di 90 m di larghezza.

E' invece tutta da dimostrare la compatibilità delle caratteristiche idrauliche dell'alveo di magra sistemato con larghezze così ridotte, con le caratteristiche idrauliche dell'alveo di piena necessarie per smaltire le portate massime al colmo (dell'ordine di 12.000-12.500 mc/s fra Ticino e foce Adda).

Tenuto conto che colmi di piena dell'ordine di grandezza indicato, defluiscono con altezze d'acqua sul fondo idraulico di circa 12 metri, che la larghezza minima dell'attuale alveo inciso (di magra) è dell'ordine di 250 m, e che la larghezza media dell'alveo di piena è di (1.500 m, secondo lo schema qui sotto indicato), in base a semplici calcoli risultano:



C = 20 in golena

C = 30 nell'alveo inciso

- velocità nell'alveo inciso  $V = 2,22$  m/s

- portata nell'alveo inciso  
per una larghezza di 250 m

$$Q = 6.600 \text{ mc/s}$$

- velocità in golena  $V = 0,82$  m/s

- portata in golena per una  
larghezza di 1.500 m

$$Q = 5.125 \text{ mc/s}$$

---


$$QTOT = 11.725 \text{ mc/s}$$

Si può quindi osservare che il contributo dell'alveo inciso allo smaltimento della portata di piena è superiore al 50%.

Se pertanto se ne riducesse la larghezza a 90-100 m (sempre secondo lo schema illustrato) per garantire i fondali navigabili, si

avrebbe una diminuzione di capacità di portata complessiva dell'ordine di 2.000 mc/s.

Il conseguente incremento del livello di piena, di circa 1 m, sarebbe certamente incompatibile con la situazione delle arginature del tratto foce Ticino-Cremona.

In base a queste semplici considerazioni, e senza affrontare altri aspetti che potrebbero rendere incerto l'esito di una sistemazione a corrente libera (ad esempio quelli riguardanti la compatibilità della geometria naturale dell'alveo con la disposizione planimetrica delle curve di navigazione), si ritiene di poter affermare che una soluzione di questo tipo avrebbe scarse possibilità di pratica attuazione.

**Alternative-Bacinizzazione** - La bacinizzazione dell'alveo può essere considerata in questo tratto una valida alternativa alla sistemazione a corrente libera.

Il tratto in esame ha infatti caratteristiche morfologiche ed idrauliche che si prestano a questa soluzione, ed in particolar modo:

- stabilità dell'alveo inciso che non tende a divagare o a ramificarsi: ne consegue un limitato onere di sistemazioni d'alveo;
- pendenza del fondo limitata che consente di realizzare per ogni sbarramento tratte bacinizzate sufficientemente estese;
- sponde a lato dell'alveo inciso relativamente alte (mediamente 6-8 m) che non pongono vincoli troppo severi alle quote massime dei livelli di bacinizzazione.

Alcune alternative di bacinizzazione del tratto (definite come 1°, 2° e 3° schema di bacinizzazione) sono state proposte nel progetto: Magistrato per il Po, Parma - "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzate alla difesa ed alla conservazione del suolo ed alla utilizzazione delle risorse idriche" SIMPO, Roma.

Come già ricordato al punto IP/1 della presente relazione, gli schemi di bacinizzazione proposti nel progetto Magistrato per il Po/SIMPO, sono finalizzati sia al conseguimento della navigabilità dell'alveo del Po, sia alla produzione di energia elettrica, ed inoltre mirano a rendere disponibili volumi idrici per l'agricoltura.

I tre schemi proposti in alternativa differiscono in sostanza per l'impostazione più favorevole alla produzione idroelettrica (1° schema) o più favorevole alla navigazione (3° schema).

In questa sede si prenderà in esame il "3° schema" che garantisce - con le limitazioni imposte dall'utilizzazione idroelettrica - le migliori condizioni di navigabilità dell'alveo.

In sintesi, lo schema di bacinizzazione proposto per il tratto in esame viene realizzato stabilizzando i livelli idraulici del Po, fino a portate dell'ordine di quelle presenti in alveo per 30 gg/anno, mediante tre sbarramenti (più quello esistente di Isola Serafini) dotati di paratoie mobili.

Gli sbarramenti sono realizzati nell'alveo inciso e mantengono i livelli minimi a valori compresi fra le quote di magra ordinaria e le quote del piano campagna.

A ciascun sbarramento è associata una conca di navigazione necessaria per far superare ai natanti il dislivello (mediamente di 5 m) fra monte e valle dello sbarramento stesso.

Procedendo da monte verso valle, il primo sbarramento del tratto è ubicato nei pressi di Arena Po, subito a monte della confluenza dell'Olonza, il secondo in località Bosco, poco a monte della confluenza del Lambro, il terzo in località Puglia di Piacenza, a monte della confluenza del Trebbia.

Tra foce Trebbia e Cremona il progetto citato non prevede sbarramenti, in quanto gran parte del tratto è interessata dal rigurgito dello sbarramento di Isola Serafini.

I livelli minimi a valle di Isola Serafini e di Cremona sono stabilizzati dallo sbarramento di Brancere (1), ubicato a circa 3 Km a monte di foce Arda-Ongina.

Le caratteristiche principali dello schema di bacinizzazione, ai fini della navigabilità dell'alveo, sono riportate nella tabella che segue:

Sbarramento	Quota di bacinizzazione (m s.m.)	Liv.Min a valle (m s.m.)	Quota fondale navigabile (m s.m.)	Fondale minimo (m)
Arena Po	55,50	51,3	49,2 (2)	2,1
Bosco	51,30	48,2	44,8 (2)	3,4
Puglia di P.C.	48,00	42,9	40,6 (2)	2,3
Isola Serafini	41,00	32,7	30,0	2,7
Brancere	32,70	29,5	26,2	3,3 (1)

Fondali - Si può subito osservare che i fondali risultano ancora insufficienti a valle degli sbarramenti di Arena Po e di Puglia.

Nel primo caso si ritiene che fondali sufficienti siano ottenibili ricorrendo a dragaggi localizzati in special modo a valle della traversa, mentre per i bassi fondali fra lo sbarramento di Puglia Mortizza il problema è di soluzione meno immediata, sia per l'estensione del tratto (circa 10 Km) che per la presenza di una zona di forte deposito di materiale solido quale è la confluenza del Trebbia.

Eventuali dragaggi del fondo alveo, per essere efficaci, dovrebbero portare la quota massima del fondo navigabile a 38,0 m s.m., ossia 4,9 m al di sotto del fondo idraulico in corrispondenza dello sbarramento di Puglia, e circa 2 m al di sotto del fondo idraulico a Piacenza, e dovrebbero prevedibilmente essere eseguiti non solo saltuariamente.

In ogni caso, un approfondimento di tale entità potrebbe avere notevoli effetti destabilizzanti sulle opere di difesa spondale.

Qualora si debba escludere la fattibilità e l'efficacia dei dragaggi, possono essere prospettate due alternative per il superamento del tratto con fondali insufficienti:

- a) la realizzazione di un ulteriore sbarramento poco a valle di Mortizza (per l'esclusivo impiego ai fini della navigazione: è escluso l'uso idroelettrico);
- b) la realizzazione di un canale navigabile in golena sinistra.

Nella prima ipotesi, i fondali sufficienti alla navigazione verrebbero ottenuti bacinizando il tratto Puglia-Mortizza alla quota minima di 43,6 m s.m.

Tale quota di bacinizzazione non potrebbe dar luogo ad alcuna anomala situazione idraulica, in quanto corrisponderebbe a Piacenza al livello naturale per portata di durata di 90 gg/anno, ed a foce Trebbia al livello per portata di durata di circa 180 gg/anno.

Nella seconda ipotesi, il tratto di fondali insufficienti verrebbe "aggirato" con un canale navigabile, che innestandosi a monte dello sbarramento di Puglia si porterebbe, correndo lungo l'argine maestro sinistro e sottopassando i rilevati di accesso ai ponti di Piacenza (S.S. 9, F.S. Piacenza-Milano, Autostrada A1) fino al vertice della curva di Mortizza.

La conca di navigazione potrebbe essere ubicata subito a monte dei ponti sopra citati.

Rispetto alla soluzione del "3° schema" SIMPO, si avrebbero maggiori oneri per:

a) ipotesi di sbarramento a valle di Mortizza

. sbarramento in alveo di luce 275 m ed altezza di ritenuta 5,0 m	ME	35.000
. conca di navigazione da m 200x12x2,6	ME	15.000
. sistemazioni d'alveo	ME	10.000

---

Totale ME 60.000

b) ipotesi di canale navigabile

. canale della lunghezza di 11 Km, con sezione liquida di 145 mq	ME	38.500
. attraversamenti	ME	19.500
. opere di difesa idraulica del canale: chiusure d'imbocco a monte e valle, arginature di protezione	ME	20.000
. conca di navigazione: nessun onere aggiuntivo in quanto viene eliminata quella associata allo sbarramento di Puglia	ME	--

---

Totale ME 78.000



Il confronto economico, indicativo seppure estremamente sommario, mette in evidenza la maggiore convenienza della soluzione a), che, fra l'altro, sotto l'aspetto realizzativo presenta minori incognite.

**Collegamento Isola Serafini-Cremona** - Il progetto Magistrato per il Po/SIMPO prevede la sostituzione della conca di Isola Serafini con una nuova conca di dimensioni adeguate per il transito di un convoglio spinto (due chiatte da 76,5 x 11,6 in freccia - spintore) (lxb = 200 m x 12 m), con soglia a quota 29,7 m s.m., e la stabilizzazione dei livelli minimi di magra a quota 32,70 m s.m. mediante la realizzazione di uno sbarramento a valle di Cremona (sbarramento di Brancere).

Tale soluzione è certamente quella più affidabile, in quanto consente, tra l'altro, di definire con sicurezza la quota della soglia della nuova conca.

Come verrà esposto al successivo paragrafo, è tuttavia evidente che le condizioni di navigabilità del Po a valle di Cremona raggiungono già ora, grazie alle sistemazioni degli ultimi decenni, uno standard sufficiente a garantire un livello di traffico ben superiore all'attuale.

Per questo motivo si ritiene che in un programma organico che tenda a realizzare un'estensione equilibrata della rete idroviaria, la bacinizzazione a valle di Cremona debba essere successiva alla estensione della navigabilità verso il Ticino ed al ripristino del collegamento Piacenza-Cremona con il rifacimento della conca di Isola Serafini.

La nuova conca dovrebbe quindi essere progettata a prescindere dalla realizzazione dello sbarramento di Brancere.

In tal caso la maggiore incognita progettuale sarebbe costituita dalla quota di soglia della conca, in quanto non si è in grado, al momento attuale, di fare affidabili previsioni sull'evoluzione del noto fenomeno di abbassamento dell'alveo del Po.

Nell'attuale situazione con livelli di magra misurati sulla soglia della conca esistente di soli 10 cm, occorrerebbe progettare la nuova conca con soglia a quota non superiore a 25,30 m, conservando ancora un franco di 1 m per far fronte ad un'eventuale progressione del fenomeno di abbassamento d'alveo.

In questo caso l'altezza della conca risulterebbe di 12,20 m.

Sistemazione alveo a valle della conca - In base all'elaborazione delle misure dei fondali rilevate dal COPNI, risultano per il periodo GEN.1978-AGO.1981 i seguenti fondali minimi nel tratto di alveo fra la conca di Isola Serafini ed il porto di Cremona:

Località Durata gg/anno	Canale di S.Carlo	Fondale minimo				
		Località Tinazzo	Curva 47	Olza monte	Curva 45 V.	Cremona monte
274	110	280	230	170	220	260
300	100	280	220	170	190	230
355	70	160	140	150	160	190

Si osserva che nel canale di scarico di Isola Serafini subito a valle della conca si hanno tiranti d'acqua assolutamente insufficienti alla navigazione; nella restante parte del percorso si può parlare di fondali mediamente sufficienti solo per durate inferiori a 274 gg/anno.

I dati riportati dimostrano che in sostanza per il ripristino del collegamento idroviario Cremona-Piacenza non è sufficiente la sostituzione della conca di Isola Serafini, ma occorre completare le sistemazioni d'alveo fino a Cremona ed adeguarle alla nuova situazione dei fondali.

Anche in questo caso il problema non è di immediata soluzione, in quanto il progetto delle sistemazioni a via navigabile è fortemente condizionato dalla particolare morfologia del tratto di confluenza Po-Adda.

Si ritiene comunque che anche un intervento di completamento delle opere di navigazione nel tratto non sia da solo sufficiente a garantire fondali superiori a 2,50 m per più di 300 gg/anno, senza far ricorso a dragaggi.

---

(1) Lo sbarramento di Brancere non è compreso nel tratto in oggetto.

(2) Si fa riferimento alla quota del fondo idraulico anziché a quella del fondo navigabile nei tratti in cui i fondali non vengono rilevati.



IP/4 - Po da Cremona a foce Mincio (mediante bacinizzazione integrale dell'alveo fluviale)

Il tronco intermedio dell'asta del Po, di 128 Km di lunghezza compreso fra Cremona e foce Mincio è, assieme al tratto immediatamente a valle - foce Mincio, Governolo, Po di Levante - l'asse principale dell'attuale sistema idroviario Padano.

**Attuali condizioni di navigabilità** - Le attuali condizioni di navigabilità dell'alveo possono essere definite mediamente buone e comunque sufficienti per gli attuali livelli di traffico, grazie soprattutto ai lavori di sistemazione a via navigabile intrapresi a partire dal 1931 e oggi in gran parte completati.

Le opere eseguite consistono in sostanza in rivestimenti di sponda e pennelli longitudinali che assolvono la funzione di definire un alveo inciso caratterizzato da un percorso formato da una successione di curve paraboliche con raggi di curvatura (nell'impostazione del progetto originale) di 1.000-2.000 m a distanza fra i vertici di 500-2.000 m.

Tale geometria era stata scelta sulla scorta dello studio e della analisi del comportamento idrodinamico dell'alveo naturale, per garantire una disponibilità di fondali di almeno 2,50 m sulle soglie, corrispondenti ai punti di flesso fra due curve contigue, e per evitare viceversa, per esigenze di sicurezza idraulica e di stabilità delle opere, la formazione di gorgi eccessivamente profondi ai vertici delle curve.

La larghezza minima dell'alveo, in corrispondenza dei punti di flesso, prevista dapprima in 300 m, è stata ridotta nelle elaborazioni successive del progetto a 250 m.

A lavori praticamente ultimati, è giudizio largamente diffuso che la sistemazione, progettata per consentire il transito di natanti da 600 tonn, non solo abbia avuto esito pienamente favorevole, ma abbia raggiunto risultati superiori a quelli cui mirava il progetto originale.

**Fondali** - A questo riguardo sembra estremamente interessante segnalare i risultati (1) di un confronto eseguito fra i pescaggi possibili nel tratto Cremona-foce Mincio e quelli nel tronco supe-

riore del Reno (Mannheim-Strasburgo) caratterizzato da un elevatissimo volume di traffico, dell'ordine di 14 Mt/anno.

Anno	Pescaggio possibile - gg/anno			
	Po		Reno	
	≥2,50	≥3,00	≥2,50	≥3,00
1969			159	84
1970			258	180
1971			39	14
1972			73	19
1973			98	36
1976	125	95		
1977	270	225		
1978	180	150		
1979	185	130		
1980	128	90		
1981	199	158		
MEDIA	181	141	125	67
MEDIA 1930-1970	-	-	188	100

Si può osservare che i fondali medi del Po nel periodo 1976-1981 risultano migliori di quelli del Reno del quinquennio 1969-1973 e dello stesso ordine di quelli del trentennio 1940-1970.

In base a queste osservazioni si dovrebbe quindi concludere che non c'è motivo per ritenere che l'assenza di fondali migliori costituisca un grave ostacolo ad un maggiore sviluppo idroviario dell'asta fluviale.

A completamento di quanto detto, può essere interessante fare qualche considerazione sulla scorta dei risultati di uno studio particolareggiato dei fondali navigabili eseguito per il citato progetto Magistrato per il Po/SIMPO, studio nel quale i dati relativi alle misure di fondali eseguite fra il 1978 ed il 1981 dal COPNI, sono stati elaborati in modo da ottenere per ogni singolo punto di misura il valore del fondale disponibile per un assegnato numero medio di giorni all'anno.

In base a tale elaborazione è quindi possibile individuare per un assegnato valore di durata (giorni/anno) i punti della via na-

vigabile con fondali inferiori ad un limite prefissato.

I risultati possono essere così riassunti:

- situazione in condizioni di magra - Fondali disponibili per 355 gg/anno:

i fondali inferiori a m 2,50 sono distribuiti in continuità sull'intero tratto e riguardano 41 degli 80 punti di misura.

Si raggiungono punte minime di soli 1,0 m alla curva 13 a valle di foce Oglio, di 1,5 m in località Portiolo, e di 1,6 m a Fossa Caprara.

I fondali disponibili non consentono in pratica la navigazione commerciale.

- Fondali disponibili per 300 gg/anno:

i fondali inferiori a 2,50 m riguardano 11 su 80 punti di misura, con valori minimi di 2,00 m a Salletto e di 2,20 a Fossa Caprara e alla curva n° 31 (valle foce Taro).

La navigazione è possibile su tutto il tratto con natanti di pescaggio inferiore a 2,0 m: ad esempio chiatte spinte da 76,5x11,40 m (tipo Europa II) con carico inferiore a 1.290 tonn.

- Fondali disponibili per 274 gg/anno:

i fondali inferiori a m 2,50 riguardano 5 su 80 punti di misura, con punte minime di 2,20 m a Salletto, 2,30 m a Portiolo ed alla curva n° 31, 2,40 m a Fossa Caprara ed a valle della curva n° 12; i punti con fondali inferiori a 3,00 m sono 16 su 81. Fra i più insufficienti risultano: Foce Taro con m 2,50, pennello Sacca valle con m 2,50, Ponte S.Benedetto con m 2,60, Cremona Fronte con 2,70 m.

Si osserva che essendo i punti insufficienti isolati ed in numero limitato, la navigabilità dell'alveo con natanti di pescaggio di m 2,50 a pieno carico può essere facilmente assicurata per 9 mesi all'anno (fruibilità del 75%) con pochi interventi di dragaggio e di sistemazione di opere di navigazione.

In conclusione, una soddisfacente fruibilità della via navigabile potrebbe essere raggiunta a breve termine intervenendo nei seguenti punti:

- Salletto
- Portiolo
- Fossa Caprara
- Curva n° 31 fronte
- Curva n° 12 valle
- Foce Taro
- Pennello Sacca valle
- Ponte S.Benedetto
- Cremona Fronte

Porti e scali - Le possibilità di attracco, di scalo e di imbarco merci sono limitate nel tratto ai seguenti punti:

- porto di Cremona
- pontile della raffineria Amoco di Cremona
- banchina di Casalmaggiore
- cantiere navale di Boretto
- banchina del COPNI a Boretto

Recentemente è stato svolto uno studio di fattibilità (2) per l'insediamento di un nuovo porto al servizio del bacino di traffico delle province di Parma, Reggio e Modena, che verrebbe ubicato a Pieve Saliceto (poco a valle di Boretto).

Bacinizzazione - Come già anticipato al capitolo precedente, nel quadro di un organico sviluppo della rete idroviaria padana, estesi interventi migliorativi delle condizioni di navigabilità del tratto Cremona-foce Mincio dovrebbero essere successivi ai provvedimenti volti all'eliminazione delle carenze strutturali della rete (altrimenti definite "punti neri") che pur essendo circoscritte e limitate come numero, ne pregiudicano gravemente l'efficienza e la possibilità di sviluppo.

Nell'ottica di un programma a lungo termine, può invece risultare di notevole interesse l'attuazione di un'ipotesi di bacinizzazione integrale dell'asta, al fine di ottenere la disponibilità permanente di fondali che consentano un radicale salto di qualità del livello di servizio fornito dall'idrovia fino come ipotesi massima, alla possibilità di transito di natanti fluviomarittimi.

A monte di ogni altra considerazione, è comunque necessario definire quali devono essere gli obiettivi di una bacinizzazione del Po e quali possono essere i concreti risultati sotto l'aspetto della navigabilità dell'alveo.

Fra gli obiettivi saranno dunque da enumerare:

- a) la garanzia sui valori dei fondali minimi navigabili;
- b) l'incremento dei fondali minimi rispetto alla situazione attuale;
- c) la stabilizzazione del profilo medio del fondo alveo e quindi la salvaguardia delle opere di difesa in alveo;
- d) la riduzione (media sul tratto) delle variazioni di altezza idrometrica.



E' evidente che il raggiungimento di ciascuno degli obiettivi citati dipende sia dal livello cui viene spinta la bacinnizzazione, sia dai vincoli ambientali, sia dalle caratteristiche idrologiche ed idrauliche del corso d'acqua.

Così, ad esempio gli obiettivi a) b) e c) sono facilmente ed immediatamente raggiungibili per l'intera tratta bacinnizzata se non sussistono condizioni che impongano di limitare i massimi livelli di bacinnizzazione, oppure che vincolino in qualche modo la posizione degli sbarramenti lungo l'asta fluviale.

Lo studio pratico (3) del problema ha in effetti dimostrato che con i vincoli imposti:

- ai livelli massimi di bacinnizzazione dall'utilizzazione agricola delle aree golenali e dalle quote di bonifica dei terreni esterni agli argini;
- alla posizione degli sbarramenti dalle interferenze con i numerosi corsi d'acqua i cui livelli non possono essere sensibilmente incrementati per non interferire con le quote di scarico dei canali dei grandi consorzi di bonifica;

è possibile garantire fondali superiori a 3,50 m, sufficienti per gli obiettivi massimi di navigabilità dell'alveo per circa l'ottanta per cento del tratto bacinnizzato, mentre nei tratti a valle degli sbarramenti, dove i livelli bacinnizzati sono mediamente superiori di 1 metro rispetto a quelli naturali per portate dell'ordine di 355 gg/anno, è necessario prevedere il ricorso a dragaggi in alveo per mantenere i fondali voluti.

Schema di bacinnizzazione e fondali ottenibili - La bacinnizzazione a valle di Cremona, fino a foce Mincio richiede, per la migliore utilizzazione idroviaria, la realizzazione di 5 sbarramenti:

Sbarramento	Quota di bacinnizzazione	Quota min livello a valle	Quota max fondale a valle	Fondale min.(4)
Brancere	32,79	29,60	26,2	3,40
Roccabianca	29,50	24,69	21,6	3,09
Mezzano Rondani	24,00	20,32	17,5	2,82
Suzzara	20,00	16,03	13,23	2,80
Camatta	15,80	10,96	8,16	2,80

La lunghezza complessiva del tratto baciniizzato (Cremona-Camatta) lungo l'asse medio dell'alveo inciso è di 125 Km.

Tiranti d'aria - Nessuno dei ponti esistenti limiterebbe il tirante d'aria a valori inferiori a 6,50 m, anche in condizioni di massimi livelli di baciniizzazione:

Ponte	Quota intradosso	Quota max baciniizzazione	Tirante d'aria (m)	Quota profilo per Q=Q10(5)	Tirante d'aria (m)
Cremona	41,9	33,5	8,4	34,9	7,9
A21	42,9	33,2	9,7	34,3	8,6
Isola					
Pescaroli	38,9	30,1	8,8	30,5	8,4
Casalmaggiore	33,9	24,8	8,2	25,9	7,1
SS.358	30,8	21,8	9,9	23,7	7,1
Guastalla	29,2	21,0	8,2	22,7	6,5
Borgoforte	24,7	17,4	7,3	19,5	5,2
A22	25,8	16,7	9,1	18,5	7,3
SS.413	24,8	15,8	9,0	17,4	7,4

Si osserva che anche per livelli superiori a quelli massimi di baciniizzazione i tiranti d'aria risultano generalmente più che sufficienti, con la sola eccezione del ponte ferroviario di Borgoforte che limiterebbe lo standard richiesto per circa 30 gg/anno.

Conche di navigazione - Le conche di navigazione associate agli sbarramenti hanno altezze variabili comprese fra 3,10 m (Brancere) e 5,0 m (Camatta) e dimensioni standard di m 200 x 12.

Nel progetto si è previsto di poter associare in una seconda fase di esercizio dell'idrovia ad ogni traversa una seconda conca, realizzata a lato della prima, con dimensioni di m 200 x 24, che consentirebbe il transito senza rotture del convoglio di 4 chiatte spinte da 76,5 x 11,4 m.

175

---

(1) Gabriele Della Luna - "Sistemazione del Po e navigazione fluviale" - Navigazione Interna n° 1, 1980.

(2) Regione Emilia Romagna - Assessorato ai trasporti - vie di comunicazione - "Progetto di fattibilità di un porto regionale sul Po - (1983).

(3) cfr. il citato progetto Magistrato per il Po/SIMPO.

(4) Fondale teorico ottenibile senza dragaggi, nell'ipotesi che la quota media del fondale non subisca variazioni a seguito della bacinizzazione.

(5) Q10 = portata con durata media di 10 gg/anno. In queste condizioni gli sbarramenti sono abbattuti e non provocano variazioni dei livelli naturali.



IP/5 - Po da foce Mincio a Voltagrimana (mediante bacinizzazione limitata dell'alveo fluviale)

Premesse - Il tratto di asta fluviale del Po a valle di foce Mincio è quello che per le sue naturali caratteristiche idrauliche (pendenze limitate, inferiori allo 0,12/1.000 e portate di magra mai inferiori a 300 mc/s e solo occasionalmente - per tempi di ritorno medi di 5 anni - inferiori a 400 mc/s) viene ritenuto naturalmente adatto all'uso idroviario.

E' ovvio che tale considerazione non può prescindere dalla definizione di uno standard di navigabilità a cui fare riferimento: pertanto se in passato, prima degli interventi di sistemazione del tratto Cremona-Foce Mincio, si era ritenuto tale standard adeguato, e comunque superiore a quello del tratto di monte, attualmente la situazione risulta ribaltata.

Situazione attuale - Le ragioni che hanno finora ritardato le iniziative degli interventi di sistemazione a via navigabile sono comunque connessi non solo alla originale minore urgenza delle opere, ma anche alle caratteristiche generali dell'alveo di piena del Po a valle di Bergantino, dove la necessità di restringere l'alveo di magra per ottenere migliori fondali navigabili sembrerebbe in contrasto con la sentita esigenza di dare invece maggiore sfogo alle portate di piena.

In ogni caso, le sistemazioni finora realizzate nel tratto non sono state - se non in rarissimi casi - progettate per il miglioramento dei fondali navigabili, ma principalmente per la difesa delle sponde e delle arginature.

Ciò nonostante, si deve considerare che gran parte delle opere esistenti sono compatibili e possono essere inglobate in opere più specifiche per la navigazione.

Fondali attuali - Le attuali condizioni di navigabilità dell'alveo sono confrontabili con quelle del tratto di monte (Cremona-foce Mincio).

Riprendendo le considerazioni già riportate nel paragrafo precedente un confronto eseguito fra i fondali disponibili in un tratto di Reno caratterizzato da un notevolissimo volume di traffico (1) (tratto Mannheim-Strasburgo con volume di traffico dell'ordine di

14 Mt/anno) ed i fondali disponibili fra foce Mincio e Volta Grimana, non evidenzia condizioni di navigabilità peggiori, sotto questo aspetto per il Po.

Anno	Pescaggio possibile - gg/anno			
	Po		Reno	
	≥2,50	≥3,00	≥2,50	≥2,00
1969			159	84
1970			258	180
1971			39	14
1972			73	19
1973			98	36
1976	140	110		
1977	262	178		
1978	215	155		
1979	195	139		
1980	189	126		
1981	162	115		
MEDIA	194	137	125	67
MEDIA 1930-70	-	-	188	100

Come si è osservato per il tronco Cremona-foce Mincio, anche in questo caso non c'è quindi motivo per ritenere che l'assenza di fondali migliori costituisca un grave ostacolo allo sviluppo di maggiori traffici idroviari nel tratto in esame.

A completamento di quanto esposto, può essere interessante fare qualche considerazione sulla scorta dei risultati di uno studio particolareggiato dei fondali navigabili eseguito per il citato progetto Magistrato per il Po/SIMPO, studio nel quale i dati relativi alle misure dei fondali eseguite fra il 1978 ed il 1981 dal COPNI sono stati elaborati in modo da ottenere per ogni singolo punto di misura il valore del fondale disponibile per un assegnato numero medio di giorni all'anno.

In base a tale elaborazione è quindi possibile localizzare per un assegnato valore di durata (giorni/anno) i punti della via navigabile con fondali inferiori ad un limite prefissato.

I risultati possono essere così riassunti (2):

- situazione in condizioni di magra - Fondali disponibili per 355 gg/anno:

i fondali inferiori a m 2,50 sono distribuiti in continuità nel tratto e riguardano 32 dei 72 punti di misura.

Si raggiungono punte minime di 1,60 m a Pagliotta; 1,70 m a Isola Malavasi, Isola Bianca e Crespino; 1,80 m a Melara valle e a Bosco Caposotto.

I fondali minimi consentono un livello di navigabilità molto limitato (ad esempio con chiatte al 50% della capacità di carico).

- Fondali disponibili per 300 gg/anno:

i fondali inferiori a 2,50 m riguardano 8 dei 72 punti di misura.

I valori minimi sono localizzati a Pagliotta, Isola Bianca e Crespino con 2,20 m; a Melara valle e Bosco Caposotto con 2,30 m.

La navigazione è possibile su tutto il tratto con natanti di pescaggio inferiore a 2 m: ad esempio con chiatte spinte da 76,50 x 11,40 m con carico inferiore a 1.290 t.

- Fondali disponibili per 274 gg/anno:

i fondali inferiori a 2,50 m sono limitati a 4 su 72 punti di misura (Pagliotta, Bosco Caposotto, Isola Bianca con m 2,40 e Crespino con m 2,30);

i fondali inferiori a 3,0 m riguardano complessivamente 24 su 72 punti di misura, concentrati per i 2/3 del totale fra Sermide e Borgo di Pescara.

Si osserva comunque che con interventi limitati a pochi punti sarebbe possibile garantire la navigabilità dell'intero tratto per natanti con 2,50 m di pescaggio a pieno carico, per 9 mesi all'anno.

In conclusione, una fruibilità soddisfacente della via navigabile potrebbe essere raggiunta a breve termine predisponendo interventi adatti a migliorare i fondali nei seguenti punti:

- Crespino
- Pagliotta
- Bosco Caposotto
- Isola Bianca

Porti e scali - Anche in questo tratto sono rari i punti di attracco di qualche interesse che possano essere luogo di arrivo o di partenza per i traffici idroviari.



I principali sono:

- la conca di Pontelagoscuro che dà l'accesso dal Po al porto di Ferrara;
- la conca di Volta Grimana che costituisce il collegamento dell'asta del Po con la rete idroviaria Veneta (canale Brondolo) e con il mare (Porto Levante);
- i pontili delle centrali termoelettriche ENEL di Ostiglia e di Sermide.

**Attraversamenti, tiranti d'aria minimi** - Un quadro dei tiranti d'aria massimi e minimi dalla quota di sottotrave dei ponti per condizioni idrologiche corrispondenti ad uno stato di magra ed uno stato di piena ( $Q = Q_{355}$  e  $Q = Q_{10}$ : portate presenti in alveo per una durata media di 355 e di 10 gg/anno) è riportato nella tabella che segue:

Ponte	Quota intradosso	Quota P.L.		Tiranti d'aria	
		$Q=Q_{355}$	$Q = Q_{10}$	Max	Min
Revere F.S.	21,09	8,3	14,4	12,8	5,7
Castelmassa	20,40	5,7	11,8	14,7	8,6
Ficarolo	18,49	4,3	10,1	14,2	8,4
Occhiobello A13	17,55	2,2	8,4	15,4	9,2
Pontelagoscuro					
F.S.	13,36	1,8	7,6	11,5	5,7
Polesella	14,55	0,9	6,4	13,7	8,2
Corbola	6,50	0,2	3,5	6,3	3,0

Come si può osservare, un solo ponte, quello di Corbola, limita il tirante d'aria a meno di 6,5 m anche in condizioni di magra; il ponte ferroviario di Pontelagoscuro limita il tirante d'aria a meno di 6,5 m solo in condizioni particolari di livello del Po, per una durata di 10-30 gg/anno.

**Progetti di sistemazione a via navigabile** - Nell'ottica di un programma di interventi a media scadenza, è possibile prevedere la attuazione di programmi di sistemazione dell'intero tratto in studio.

Le possibili alternative di intervento, ossia la sistemazione a corrente libera e la bacinizzazione sono in questo caso destinate ad integrarsi.

Sistemazione a corrente libera - Il progetto generale più completo per la sistemazione a corrente libera è stato eseguito nel 1965 dall'Ufficio speciale del genio civile per il Po di Parma su incarico del Magistrato per il Po (3).

Nel progetto che riguarda il tratto da Foce Mincio a Serravalle, viene proposta la regolarizzazione e stabilizzazione dell'alveo di magra del fiume mediante la realizzazione di una successione di opere (difese di sponda e opere in alveo) che indirizzino la corrente secondo un percorso costituito da curve successive alternantesi sulle due sponde e che impediscano l'allargamento dell'alveo stesso nei passaggi fra una curva e la successiva.

L'alveo di progetto ha larghezza al fondo medio di 100 m ed al pelo libero di 174 m, con profondità d'acqua di 3,70 m in condizioni di massima magra; in magra ordinaria l'altezza d'acqua di progetto è di 5,0 m.

La naturale conformazione dell'alveo e l'evolversi delle sue caratteristiche lungo il percorso, impongono la scelta di differenti tipologie di sistemazione.

In sostanza vengono distinti quattro tratti caratteristici:

- I) foce Mincio-Bergantino, -di 28 Km di lunghezza, caratterizzato da un alveo di massima piena di larghezza compresa fra 800 e 2.000 m (con una sola eccezione a Revere dove la larghezza è di 350 m) e da un alveo di magra tendenzialmente instabile;
- II) Bergantino-Pontelagoscuro, di 43 Km di lunghezza, con alveo di massima piena di larghezza compresa fra 600 e 1.500 m, ad alveo di magra di 200 m di larghezza non soggetto a divagare;
- III) Pontelagoscuro-Polesella, di 16 Km di lunghezza, caratterizzato da una grande vicinanza degli argini maestri, che limitano l'alveo di piena alla larghezza di 400-700 m.  
L'alveo di magra è di per sè incanalato, ma tuttavia soggetto a brusche variazioni di direzione e di sezione.
- IV) Polesella-Serravalle, di 24 Km di lunghezza, dove il fiume è canalizzato e l'alveo di piena ordinaria coincide in pratica con quello di magra.

- Per il tratto I) simile come caratteristiche al tratto a monte di foce Mincio è prevista la classica sistemazione con curve di regolarizzazione delle sponde concave, atte a dirigere la corrente alternativamente sulle due sponde ed a restringere l'alveo di magra, nei passaggi fra una curva e la successiva, alla

larghezza di circa 200 m.

- Per il tratto II) sono previste modeste opere in alveo localizzate ove esista la possibilità di deviazione della corrente rispetto al tracciato di progetto; la maggior parte delle opere consiste in difese e regolarizzazioni di sponda; una delle opere più impegnative è la regolarizzazione della curva di Pontelagoscuro, che prosegue a valle del ponte con la chiusura del ramo in destra dell'Isola Bianca.
  - Le opere previste per il tratto III) sono perlopiù finalizzate alla difesa degli argini in froldo lambiti dalla corrente e seguono il tracciato delle curve naturali.
  - Nel tratto IV) dove l'alveo è stabilmente incanalato, risulta necessario il semplice consolidamento delle difese esistenti realizzate seguendo le curve naturali del fiume.
- Nella sola zona di Crespino (una delle zone con fondali più scarsi) la maggiore distanza fra le golene rende instabile il filone, e pertanto è prevista la realizzazione di tre curve di navigazione - a Passo Doppio, a Cologna Ferrarese ed a Crespino - per fissare il filone su un tracciato stabile.

Si osserva che in genere i restringimenti operati sull'alveo naturale non sono notevoli; in ogni caso, il progetto prevede nei tratti in cui l'alveo di piena è insufficiente, sia l'allargamento dell'alveo di piena ordinaria con scavi in golena, sia la realizzazione di argini in ritiro, dove gli argini esistenti sono eccessivamente vicini.

Il progetto non si limita quindi all'obiettivo di ottenere un alveo di magra stabile con buone caratteristiche di navigabilità, ma molto opportunamente, prende parallelamente in esame il problema della sicurezza idraulica in modo tale che le opere realizzate in alveo siano non solo con questa compatibili, ma anche migliorative della situazione esistente.

**Bacinizzazione** - Le possibilità di bacinizzazione del tratto in esame, studiate nel citato progetto Magistrato per il Po/SIMPO, risultano notevolmente limitate rispetto ai tratti di asta fluviale a monte.

La ragione di ciò è connessa essenzialmente a problemi di sicurezza idraulica che limitano sia l'altezza degli sbarramenti, che la loro possibilità di localizzazione; in pratica, si è verificato che la sezione più a valle dell'asta dove la realizzazione di uno stato idrologico permanente artificiale come quello richiesto dalla bacinizzazione non presenta problemi di difficile soluzione, si trova in corrispondenza dell'abitato di Ficarolo (a monte di

foce Panaro).

Assegnando un livello di bacinizzazione a Ficarolo di 8,20 m s.m. compatibile con le quote dei terreni circostanti (interni ed esterni agli argini) si può avere un buon miglioramento dei fondali fino a Melara e quindi, grazie ai buoni fondali fra Melara e Ostiglia è possibile rendere navigabile, senza specifiche sistemazioni d'alveo il tratto Ostiglia Ficarolo, garantendo fondali superiori a 3 metri.

Per il tratto a monte di Ostiglia, fino a foce Mincio è da prevedere comunque la sistemazione d'alveo a corrente libera per raggiungere lo standard di fondali minimi di almeno 3 m anche in condizioni di magra.

Nel progetto citato non è stato previsto un ulteriore sbarramento fra foce Mincio e Ostiglia essenzialmente per ragioni di incompatibilità con l'uso idroelettrico della bacinizzazione, in quanto verrebbe ridotto ulteriormente il salto disponibile allo sbarramento di monte (ubicato a Camatta), mentre il salto disponibile al nuovo sbarramento sarebbe troppo limitato per l'utilizzazione idroelettrica.

Per quanto riguarda il tratto a valle di Ficarolo, esistono, come si è accennato, controindicazioni alla bacinizzazione, soprattutto a causa delle alterazioni che verrebbero prodotte sul delicato equilibrio fra i livelli nel Po ed i livelli di falda dei terreni esterni agli argini.

Anche in questo caso è quindi da prevedere in ogni caso la sistemazione a corrente libera dell'alveo di magra, sistemazione che, come si è già detto, è perlopiù limitata alla regolarizzazione del tracciato esistente, senza che si rendano necessarie opere in alveo di particolare impegno, se non in zone circoscritte (ad esempio a Pontelagoscuro ed a Serravalle).

In conclusione, si ritiene che ai fini della navigazione, la soluzione di sistemazione dell'intero tratto a corrente libera o la soluzione che prevede la bacinizzazione del tratto Ostiglia-Ficarolo e la sistemazione a corrente libera dei tratti foce Mincio-Ostiglia e Ficarolo-Volta Grimana, siano equivalenti, in quanto lo standard di navigabilità raggiungibile risulterà comunque determinato dal successo delle sistemazioni d'alveo.

---

(1) Gabriele Della Luna "Sistemazione del Po e navigazione fluviale" - Navigazione Interna n° 1, 1980.

(2) Si deve comunque tener conto che lungo il tratto vengono eseguiti costantemente dragaggi per il mantenimento dei fondali.

(3) Per la stima dei costi si farà riferimento anche al progetto "Sistemazione idraulica per la difesa dalle piene" facente parte del progetto Magistrato per il PO/SIMPO. Tale progetto è del tutto compatibile con il progetto generale dell'Ufficio speciale del Genio Civile del Po, anche se non è finalizzato, per il tratto a valle di Foce Panaro, alla navigazione.



IP/6 - Collegamento idroviario Torino-Novara-Ticino (nodo di Bornago)

Generalità - Il collegamento idroviario Torino-Novara, è parte di un vasto progetto finalizzato all'estensione della navigazione interna ai principali centri pedemontani della pianura padana, e che nella sua configurazione più completa dovrebbe collegare Torino a Venezia lungo la direttrice Torino-Novara-Milano-Brescia-Verona-Vicenza-Padova-Venezia.

Da questo asse principale si diramerebbero i collegamenti verso Genova-Savona (idrovia Novara-Acqui), verso la Svizzera (idrovia Novara-Lago Maggiore), verso l'area padana (idrovie Milano-Cremona e Pozzolo-Mantova), verso i laghi (collegamenti ai laghi di Como, Iseo e Garda).

Per quanto concerne il collegamento Torino-Novara, si ritrova una prima sanzione ufficiale nel R.D. 8 giugno 1911 che inserisce la idrovia Torino-Lago Maggiore nelle linee navigabili di seconda classe, assieme all'idrovia Torino-Mar Ligure.

Nel 1961 si costituiva a Torino, presso la Provincia, il Comitato idrovie piemontesi e liguri, allo scopo di progettare esecutivamente l'idrovia in oggetto e l'idrovia Torino-Mar Ligure.

Il progetto, portato a termine nel 1964 è stato recentemente (1981) sottoposto a verifica per controllarne la compatibilità con le infrastrutture e gli insediamenti e realizzati in data successiva al progetto.

L'idrovia in oggetto è stata iscritta fra le linee navigabili di 2a classe con legge 9 febbraio 1968 n° 96, con la nuova precisazione dei punti iniziale e terminale; con voto n° 3584 del 14 dicembre 1968 il comitato tecnico amministrativo presso il Magistrato per il Po ha approvato in linea di massima, (nei soli riguardi tecnici) il progetto dell'idrovia.

Nella presente relazione viene esaminato sinteticamente il progetto del 1964 e l'aggiornamento del 1981 al fine di indicare i termini della fattibilità attuale dell'opera sotto il profilo tecnico.

Il tronco Torino-Novara/Ticino ha una lunghezza complessiva di 93,6 Km; 86,9 Km dal porto di Torino (Settimo) al porto di Novara, più 6,7 Km fra il porto di Novara ed il nodo di Bornago in cui è previsto il collegamento con le idrovie per il Lago Maggiore e per Milano.



**Profilo** - L'idrovia è divisa in tre tratte orizzontali:

- la prima, di 10,6 Km va dal porto di Torino fino all'attraversamento della ferrovia Chivasso-Asti con livello liquido alla quota 190,00 m s.m.;
- la seconda, di 10,4 Km, va dall'attraversamento della ferrovia Chivasso-Asti all'attraversamento della ferrovia Chivasso-Casale, con livello liquido alla quota 170,25 m s.m.;
- la terza, di 72,6 Km, va dall'attraversamento della ferrovia Chivasso-Casale al nodo di Bornago, con livello liquido alla quota 160,80 m s.m.

**Tracciato** - Nel progetto originale l'idrovia ha dunque il suo punto iniziale nel porto di Torino ubicato in sponda sinistra Po, nelle immediate vicinanze dell'alveo, nel comune di Settimo Torinese e si dirige verso Chivasso percorrendo la golena sinistra del Po ed attraversando in ponte canale i torrenti Malone e Orco.

L'idrovia supera la zona urbanizzata di Chivasso sovrappassando il Canale Cavour e lo scaricatore del Cavour in fregio alla centrale termoelettrica ENEL con un viadotto canale della lunghezza di 1.322 m.

A valle da Chivasso è prevista la prima conca di navigazione che portando il livello della superficie liquida da 190,00 m s.m. a 170,25 m s.m. con un salto di 19,75 m, consente alla linea ferroviaria Chivasso-Asti il sovrappasso del canale subito a valle della conca con un modesto rialzamento del piano del ferro (30 cm) per ottenere il tirante minimo d'aria di progetto di 5,25 m.

A valle della conca di navigazione il canale prosegue in sponda sinistra Po e, superato Verolengo, attraversa la Dora Baltea con un ponte canale della lunghezza di 147 m. Fra il ponte canale e la linea ferroviaria Chivasso-Casale è ubicata la seconda conca di navigazione che collega la terza tratta di idrovia a quota 160,8 m s.m. con un salto di 9,45 m.

Tale quota è vincolante perchè essendo comune alle idrovie destinate a confluire nel nodo di Bornago sulla sponda destra del Ticino a nord di Cameri (la Milano Nord-Ticino-Lago Maggiore e Torino-Novara-Ticino), è stata concordata fra gli Enti ed i Consorzi interessati.

Il sovrappasso ferroviario della linea Chivasso-Casale, a valle della conca comporta il rialzo del piano del ferro di 4,75 m.

Poco dopo l'attraversamento ferroviario; il tracciato curva in

direzione nord-est passando nei pressi di S.Grisante e S.Germano Vercellese; attraversa il torrente Elvo a Casanova Elvo, il Cervo poco a valle di Formigliana ed il Rovasenda fra l'abitato di Villarboit ed il Canale Cavour.

L'attraversamento del Sesia in ponte canale è previsto all'altezza di S.Nazzaro Sesia.

Ad est di S.Nazzaro l'idrovia corre parallela al Canale Cavour fino al nodo di Mosezzo dove è previsto il collegamento con la idrovia in progetto Novara-Acqui Terme.

Subito ad est di questo punto, l'idrovia attraversa il Canale Cavour, e correndo in direzione Est giunge, dopo aver attraversato i torrenti Agogna e Terdoppio, a Sud di Cameri, dove è previsto il porto di Novara.

Il collegamento con il nodo di Bornago è realizzato lungo un tracciato che supera a Sud-Est l'abitato di Cameri e corre in direzione Nord-Nord Est per 6,7 Km fra il Ticino e l'aeroporto militare di Cameri.

Attraversamenti - Gli attraversamenti stradali più importanti e gli attraversamenti ferroviari sono i seguenti:

- attraversamenti di autostrade:

Stroppiana-Santhià A26/4

Voltri-Sempione A26

Autostrada TO-MI A4

- attraversamenti di strade statali:

S.S. 11 Padana Superiore

S.S. 143 Vercellese

S.S. 230 Vercelli-Biella

S.S. 229 Novara-Gravellona

S.S. 32 Ticinese

- attraversamenti ferroviari:

linea F.S. Chivasso-Asti

linea F.S. Chivasso-Casale

linea F.S. Torino-Milano

linea F.S. Novara-Biella

linea F.S. Novara-Varallo Sesia

linea F.S. Novara-Borgomanero

linea F.S. Novara-Luino

Fra gli attraversamenti ferroviari indicati, i più impegnativi sono quelli della linea Chivasso-Asti e Novara-Varallo che compor-

tano un rialzo del piano del ferro rispettivamente di 4,75 m e di 2,75 m (per avere un tirante d'aria sul canale di 5,25 m).

Caratteristiche idrovia - Il progetto è stato eseguito in conformità delle norme prescritte dalla CEMT per le vie navigabili di IV classe europea (cioè quelle adatte a consentire il transito di natanti di 1.350 t di stazza-automotori o chiatte spinte tipo Europa I).

. La sezione corrente del canale in rettilineo ha le seguenti caratteristiche:

larghezza di livello del pelo libero

larghezza all'affondamento di 2,50 m

profondità sull'asse

profondità media sulla larghezza di 28 m

scarpa delle sponde

. 3:2 fino all'affondamento di 2,60 m

. 3:1 fino all'affondamento di 3,50 m

. 30:1 fino all'affondamento di 3,75 m

area sezione liquida

rapporto fra sezione liquida e sezione trasversale immersa del natante da 1.360 t.

. La sezione liquida su ponte canale ha forma rettangolare:

larghezza

profondità acqua

. Raggio minimo di curvatura: 1.000 m

. Allargamento in curva per R 2.000 m pari a  $L^2/2R$

. Attraversamenti stradali e ferroviari

luce fra le pile

tirante d'aria

Conche di navigazione - E' prevista per la prima fase di esercizio la realizzazione di conche aventi dimensioni:

- lunghezza utile	110,00 m
- larghezza utile	12,00 m
- profondità minima	3,50 m

Per una successiva fase di esercizio è prevista la possibilità di associare alle conche già realizzate nuove conche di dimensioni:

- lunghezza utile	200,00 m
- larghezza utile	12,00 m
- profondità minima	3,50 m

Le due conche previste in progetto a Chivasso ed a Crescentino hanno rispettivamente altezza di 19,75 m e 9,45 m.

**Osservazioni ed aggiornamenti** - Vengono qui di seguito riportate alcune osservazioni riguardanti la compatibilità delle opere progettate con l'attuale situazione degli insediamenti abitativi ed industriali e delle altre infrastrutture (2).

La zona più compromessa da infrastrutture realizzate in epoca successiva al progetto è quella compresa fra Torino e Crescentino, dove il tracciato dell'idrovia dovrebbe subire radicali modifiche per essere realizzabile.

I maggiori problemi riguardano i seguenti punti:

- area portuale di Settimo: la zona del porto è tuttora solo in piccola parte compromessa da nuovi insediamenti, mentre tutta la vasta zona immediatamente ad ovest, prevista dal progetto come area industriale destinata a possibili utilizzatori dell'idrovia, è occupata dall'impianto di depurazione del consorzio Po-Sangone, destinata a trattenere le acque reflue di un vastissimo comprensorio (3).
- collegamento a Chivasso: non è realizzabile secondo il tracciato previsto che interferisce con la superstrada Torino-Chivasso (S.S. 11 bis); nel tratto a sud di Verolengo il canale corre al di sopra di un importante metanodotto; l'attraversamento di Chivasso lungo il tracciato indicato (probabilmente il solo possibile) comporta la demolizione di insediamenti civili e industriali ad ovest del canale Cavour.
- sottopasso della ferrovia Chivasso-Casale: non è realizzabile nel punto previsto dal progetto, in quanto, a valle dell'attraversamento l'idrovia correrebbe nell'area dello stabilimento Teksid di Crescentino.

Il problema del sovrappasso ferroviario al canale è di difficile soluzione, perchè il forte rialzo del P.F. richiesto (4,75 m per un tirante d'aria di 5,25 m) sembra con ogni probabilità incompatibile con le quote dello scalo ferroviario annesso allo stabilimento sopra citato.

Nel tratto intermedio, fino a Villarboit non sembrano sussistere particolari problemi, se non quelli, superabili, di due nuovi attraversamenti stradali: quello della Stroppiana-Santhià A26/4 quello della Voltri-Sempione A26 attualmente in fase di completamento.

- Nella parte finale del tracciato che si svolge a Nord del canale Cavour e che già all'epoca del progetto presentava le maggiori difficoltà per i numerosi attraversamenti ferroviari e di corsi d'acqua, non si rileva la presenza di nuovi vincoli. Solamente a monte dell'area portuale di Novara, la realizzazione della nuova circonvallazione di Novara pone qualche ostacolo alla prevista area di espansione industriale.
- Per quanto riguarda gli attraversamenti di corsi d'acqua, si nutre qualche perplessità sull'attraversamento in sifone del torrente Terdoppio che nel novembre 1968 ha fatto registrare una portata di piena più che doppia rispetto alla portata di dimensionamento assunta in progetto.

---

(1) Il progetto è stato elaborato facendo riferimento al tirante d'aria di 5,25 m raccomandato dalle norme CEMT per le vie navigabili adatte per natanti di IV classe europea.

Per l'adeguamento al transito di natanti fluviomarittimi, è stata studiata anche la possibilità di aumentare il tirante d'aria a 6,50 m.

Nelle conclusioni dello studio si asserisce che tale obiettivo è tecnicamente possibile, ma si esprimono perplessità in ordine al notevole incremento di costo e di difficoltà delle opere.

(2) Parte delle osservazioni sono riportate nella memoria "Puntuallizzazione su alcuni aspetti generali ed aggiornamento delle previsioni di traffico e costo delle opere" redatta nel 1981 a cura del Comitato idrovie piemontesi e liguri.

(3) 2.700.000 abitanti equivalenti.

## IP/7 - Collegamento idroviario Acqui-Novara (nodo di Mosezzo)

**Generalità** - Il collegamento idroviario Novara-Acqui Terme-Porti Liguri è parte di un vasto progetto finalizzato all'estensione della navigazione interna ai principali centri pedemontani della pianura padana, e che nella sua configurazione più completa dovrebbe realizzare il collegamento fra i poli piemontesi (Torino) e liguri (Genova e Savona) con la Svizzera (lago Maggiore) e con il mare Adriatico, lungo la direttrice Torino-Novara-Milano-Brescia-Verona-Vicenza-Padova-Venezia.

**Origini del progetto** - Le origini storiche del progetto possono essere fatte risalire alla seconda metà dell'ottocento, quando apparve, ad opera dell'ingegnere Torinese Gaetano Capuccio, un libro dal titolo "Torino porto di mare" sul quale si sostenevano le ragioni e la fattibilità di un'idrovia ligure-piemontese.

Il riconoscimento ufficiale dell'idrovia ligure-piemontese (Torino-Mar Ligure), si è svolto in varie tappe a partire dal 1911 quando venne inserita fra le vie navigabili di seconda classe ai sensi del T.U. n. 959 del 1913.

**Progetto esaminato** - Il progetto qui esaminato è stato redatto nel 1965 per iniziativa del "Comitato idrovie piemontesi e liguri" costituitosi nel 1961 allo scopo di progettare in termini esecutivi i collegamenti idroviari che interessano le due regioni e di espletare le pratiche amministrative inerenti alla costruzione e concessione d'esercizio delle opere di navigazione.

L'idrovia in oggetto è stata iscritta fra le linee navigabili di 2° classe con legge 9 febbraio 1968 n° 96, con la precisazione dei punti iniziale e terminale previsti dal progetto in esame.

Nella presente relazione viene esaminato sinteticamente il progetto del 1965 e l'aggiornamento del 1981 al fine di indicare i termini della fattibilità attuale dell'opera sotto il profilo tecnico.

**Collegamento ai porti liguri** - La possibilità di realizzare un collegamento idroviario diretto ai porti di Genova e Savona è stata esclusa già nella premessa del progetto a causa delle notevoli

lissime difficoltà tecniche e della prevedibile estrema onerosità delle opere. Viene infatti evidenziato che nella migliore delle ipotesi occorrerebbe realizzare due gallerie di oltre 35 Km di lunghezza ciascuna a quota 200 m s.m. e quindi eseguire il collegamento ad Acqui con una serie di conche per superare un dislivello di 70 m e, verso mare, piani inclinati per scendere da quota 200 a quota zero.

Scartata dunque l'ipotesi del collegamento diretto ai porti, il terminale sud dell'idrovia viene localizzato ad Acqui Terme come punto di transito nel quale deve avvenire il cambio del mezzo di trasporto delle merci sbarcate dai porti di Genova e Savona con direzione verso l'Italia settentrionale, la Svizzera e viceversa.

Il problema del collegamento fra i porti di Savona e Genova ed il terminale idroviario di Acqui non è peraltro risolto, in quanto l'esame delle possibilità offerte dalle strade e dalle linee ferroviarie esistenti dimostra una sicura inadeguatezza dei collegamenti già in atto.

Viene anche esaminata la possibilità di collegamento mediante impianto funiviario, mettendo però in evidenza i limiti che tale sistema comporta per il trasporto di merci che non siano rinfuse.

In epoca successiva al progetto dell'idrovia, l'aspetto del collegamento ai porti liguri è stato condotto in modo più specifico, sia con il progetto di un sistema funiviario, sia con un esame approfondito delle altre proposte fatte in passato o fattibili.

Fra queste vanno citate:

- il collegamento idroviario con elevatori;
- il collegamento mediante "ferridrovia" ovvero sistema di trasporto chiatte (da 600 tonn) su speciali carrelli su binari;
- il collegamento mediante ferrovia dedicata esclusivamente al servizio del terminale di Acqui (noto come proposta ILRES).

A tutt'oggi quest'ultima soluzione è giudicata fra le più meritevoli di attenzione sia per la capacità di traffico smaltibile (3,5 milioni di tonnellate/anno), adatta alle capacità dell'idrovia, sia per il probabile minor costo d'impianto rispetto agli altri sistemi (esclusa la funivia).

In data più recente (1981), nella nota "Puntualizzazione su alcuni aspetti generali ed aggiornamento delle previsioni di traffico e costo dell'opera" redatto a cura del Comitato idrovie piemontesi e liguri, si mette nuovamente in rilievo come il terminale di Acqui



possa avere un significato solo se collegato direttamente con Genova e Savona-Vado, e si propone, considerata l'importanza del porto di Savona-Vado come scalo carbonifero (previsione di movimentazione di 8 milioni di tonnellate/anno), la creazione di un terminale carbonifero nell'area del porto di Acqui, collegato con carbodotto a Savona-Vado.

Dal terminale carbonifero e centro di stoccaggio di Acqui potrebbe avvenire la distribuzione sia per via d'acqua (a lungo raggio) sia per ferrovia e per strada (a breve raggio).

Sempre nella citata memoria del Consorzio idrovie piemontesi e liguri viene riproposta per il collegamento Genova-Voltri-Acqui la soluzione del collegamento ferroviario (progetto ILRES) adibito al solo servizio del terminale di Acqui.

Tracciato - L'idrovia Novara-Acqui-Porti Liguri ha origine al nodo di Mosezzo dove si immette sull'idrovia in progetto Torino-Novara-Ticino e termina al porto di Acqui con un percorso di 98,2 Km.

Il nodo di Mosezzo dista - lungo la via navigabile - 72 Km dal porto di Torino e 15 Km dal porto di Novara.

Il percorso si svolge prevalentemente in direzione Nord-Sud in sponda sinistra Sesia fino al Po che viene superato in ponte canale poco a valle di Bassignana ed a monte della confluenza del Tanaro; superato anche il Tanaro in ponte canale; l'idrovia si mantiene in sponda destra Tanaro e, più a monte, in sponda destra Bormida fino ad Alessandria e ad Acqui Terme.

In prossimità di Palestro è previsto l'innesto della bretella di collegamento per il porto di Vercelli (lunghezza 5,8 Km). L'intero percorso è suddiviso in dieci tratte di canale orizzontali collegate da conche di navigazione.

Fra il punto iniziale - nodo di Mosezzo - dove il pelo liquido del canale è a quota 160,80 m s.m. ed il punto terminale - porto di Acqui - a quota 130,10 m s.m., il canale raggiunge la quota minima di 90,50 m s.m. nella tratta di attraversamento del Po e del Tanaro su ponte canale.

Il dislivello complessivo superato fra Mosezzo ed Acqui (somma dei dislivelli) è quindi di  $70,3 + 39,6 = 109,9$  m.

Vengono impiegate allo scopo 9 conche di navigazione di altezza compresa fra 15,05 e 7,65 m.

Si riporta qui di seguito la descrizione sintetica delle caratteristiche essenziali dei diversi tronchi dell'idrovia riportata nella "Relazione sul progetto definitivo dell'idrovia Novara-Acqui Terme con collegamenti con il mar ligure" (1).

- Nodo d'innesto all'idrovia Torino-Novara-F.Ticino, alla progress. Km 72+051,59 di quest'ultima, tra Biandrate e Mosezzo, immediatamente a Sud del Canale Cavour con pelo libero dell'acqua alla quota (160,80).
- Andamento Nord - Sud-Sud Est pressochè normale alla direzione del Canale Cavour e parallelo alla strada Biandrate-Casalbeltrame-Casalvolone, tre chilometri in media ad Est della stessa strada.
- Progress. Km 1+563. Conca di navigazione n° 1, con salto di 15,05 m, in discesa fra la quota (160,80) della prima tratta e la quota (145,75) della seconda tratta.
- Progress. Km 6+486. Conca di navigazione n° 2, con salto di 15,05 m fra la quota (145,75) della seconda tratta e la quota (130,70) della terza tratta.
- Progress. Km 7+256. Sottopasso alla FF.SS. Torino-Milano a doppio binario, con ponte in ferro ad un'unica campata della luce netta, in obliquo, di 55,30 m.
- Progress. Km 7+622. Sottopasso alla S.S. n° 11 al Km 85+4 della stessa, con manufatto in c.a.
- Progress. Km 8+450. Scalo di Orfengo, con pelo libero alla quota (130,70).
- Andamento all'incirca rettilineo e sempre in direzione Nord - Sud-Sud Est; l'Idrovia passa 400 m ad Ovest di Casalino e 500 m ad Est di Vinzaglio.
- Progress. Km 16+090. Conca di navigazione n° 3, con salto di 15,05 m, tra la quota (130,70) della terza tratta e la quota (115,65) della quarta tratta.
- Progress. Km 17+104. Scalo di Palestro e diramazione del tronco di allacciamento al porto di Vercelli, con pelo libero alla quota (115,65).
- Andamento pressochè parallelo al fiume Sesia dalle cui numerose anse l'Idrovia si mantiene distante al minimo 400 m ed al massimo 2,5 Km. Il Canale passa successivamente 400 m ad Ovest di Palestro, 500 m ad Ovest di Rivoltella, due chilometri ad Ovest di Rosasco, 300 m ad Ovest di Langosco, due chilometri ad Ovest di Candia Lomellina ed, infine, 500 m ad Ovest di Breme; in corrispondenza di quest'ultima località la Sesia sbocca nel Po.
- Progress. Km 27+049. Conca di navigazione n° 4, con salto di 15,05 m, dalla quota (115,65) della quarta tratta alla quota (100,60) della quinta tratta.
- Progress. Km 32+312. Sottopasso alla FF.SS. Casale-Mortara a semplice binario, con ponte in ferro ad un'unica campata della luce netta, in obliquo, di 50,60 m.
- Progress. Km 32+540. Porto di Casale M., tra la ferrovia e la S.P. Casale-Mortara, con pelo libero alla quota (100,60).
- Andamento all'incirca parallelo al Po in direzione Nord Ovest-Sud Est, da Breme sino all'attraversamento del fiume, previsto a Sud di Suardi. L'Idrovia passa successivamente 3 Km ad Ovest di Sartirana, 1.500 m a Sud di Torre Beretti, 400 m a Sud Ovest di Frascarolo ed, infine, 800 m a Sud di Suardi.

- Progress. Km 46+810. Conca n° 5, ultima in discesa, con salto di 10,10 m dalla quota (100,60) della quinta tratta alla quota (90,50) della sesta tratta.
- Progress. Km 48+052. Sottopasso alla FF.SS. Alessandria-Torre Beretti a doppio binario, con ponte in ferro ad un'unica campata della luce netta, in obliquo, di 50,20 m.
- Progress. Km 56+688. Ponte-canale sul f.Po, in venti campate a travi portanti in c.a. prc., della luce complessiva di 497 m.
- Andamento in direzione Nord - Sud sin dopo l'attraversamento del Tanaro, in direzione Nord Est - Sud Ovest, parallela al corso del fiume, sino alla foce del Bormida. L'Idrovia passa 200 m ad Est di Bassignana, 500 m ad Ovest di Piovera, 1.300 m a Nord Ovest di Lobbi, 600 m ad Ovest di Castelceriolo.
- Progress. Km 59+730. Ponte-canale sul f.Tanaro, in tredici campate, a travi portanti in c.a.prc., della luce complessiva di 322 m.
- Progress. Km 68+912. Sottopasso all'autostrada Torino-Asti-Alessandria-Piacenza al Km 7+65 del 12° lotto della stessa. Il manufatto d'attraversamento è in c.a. prc. a tre campate e di larghezza pari a 24,00 m.
- Andamento costantemente ad Est del f.Bormida con allontanamenti ed avvicinamenti da questo in dipendenza delle anse del fiume e dei diversi attraversamenti da effettuare sino ad Acqui T. L'Idrovia passa successivamente tra l'Aeroporto di Alessandria (in progetto) e Marengo a circa 4 Km dal centro della città; tra Castellazzo Bormida e Casalcermelli, 400 m ad Ovest di Castelspina, 500 m ad Ovest di Sezzadio, 800 m ad Est di Castelnuovo B., immediatamente ad Ovest di Rivalta B. L'Idrovia ha termine all'altezza di Strevi ed Orsara B. Sempre sulla sponda destra della Bormida, con porto di Acqui T.
- Progress. Km 69+820. Porto di Alessandria, con pelo libero alla quota (90,50).
- Progress. Km 71+289. Conca di navigazione N° 6, la prima delle conche in salita, con salto di 7,65 m dalla quota (90,50) della sesta tratta alla quota (98,15) della settima tratta.
- Progress. Km 702+620. Sovrappasso alla S.S. n° 10 con ponte-canale in c.a. prc. della luce di 12,50 m.
- Progress. Km 74+714. Conca di navigazione n° 7, con salto di 10,65 m dalla quota (98,15) della settima tratta alla quota (108,80) dell'ottava tratta.
- Progress. Km 75+313. Sovrappasso alla FF.SS. Alessandria-Piacenza, con ponte-canale in c.a. della luce, in retto, di 10 m.
- Progress. Km 75+436. Sovrappasso alla FF.SS. Alessandria-Genova, con ponte-canale in c.a. della luce, in retto, di 10,00 m.
- Progress. Km 78+146. Ponte-canale sul torrente Orba, in sette campate, a travi portanti in c.a. prc., della luce complessiva di 172 m.
- Progress. Km 81+293. Conca di navigazione n° 8, con salto di 10,65 m, dalla quota (108,80) dell'ottava tratta alla quota (119,45) della nona tratta.
- Progress. Km 81+867. Sovrappasso alla FF.SS. Alessandria-Ovada, con ponte-canale in c.a. della luce, in retto, di 10,00 m.
- Progress. Km 91+180. Conca di navigazione n° 9, con salto di 10,65 m dalla quota (119,45) della nona tratta alla quota (130,10) della decima tratta.
- Progress. 94+170. Sifone del Rio Badello, con manufatto a tre canne in c.a. ed area libera complessiva di 15,00 mq.

- Progress. Km 97+764. Porto terminale di Acqui I., con pelo libero alla quota (130,10).

**Caratteristiche dell'Idrovia** - Come già detto in premessa, l'idrovia in esame è stata concepita come ramo di collegamento ai porti liguri delle idrovie "pedemontana" (Ticino-Milano Nord-Venezia) e "padana" (Lago Maggiore-Ticino-Milano Sud-Cremona-Po-Mare Adriatico), quest'ultima dichiarata dalla Conferenza Europea dei Ministri dei Trasporti (CEMT) di interesse europeo.

A tale idrovia sono pertanto state assegnate, come prescritto dalla CEMT, caratteristiche di via navigabile di IV classe, ossia in grado di consentire il transito di natanti da 1.350 tonn. secondo i noti standard.

**Natanti di progetto** - I natanti considerati nel progetto sono:

- . automotore da 1.350 tonn.
  - lunghezza massima 80,00 m
  - larghezza massima 9,50 m
  - altezza di costruzione 3,00 m
  
- . chiatta spinta tipo EUROPA I°
  - lunghezza massima 70,00 m
  - larghezza massima 9,50 m
  - altezza di costruzione 3,20 m

**Sezione corrente in rettilineo** - La sezione corrente in rettilineo ha le seguenti caratteristiche:

- . larghezza a livello del pelo libero 39,00 m
- . larghezza all'affondamento di m 2,50 31,50 m
- . profondità sull'asse 3,75 m
- . profondità media sulla larghezza di 28 m 3,49 m
- . scarpa delle sponde:
  - 3:2 fino all'affondamento di 2,60 m
  - 3:1 fino all'affondamento di 3,50 m
  - 20:1 fino all'affondamento di 3,75 m
- . area sezione liquida 120,13 mq
- . rapporto fra sezione bagnata e sezione immersa del natante da 1.350 t 5,06

**Sezione su ponti canale** - La sezione liquida su ponti canale ha forma rettangolare ridotta:

- . larghezza 28,00 m
- . profondità 3,50 m

Curve - Raggio minimo di curvatura: 1.000 m - Allargamento in curva per R 2.000 m pari a L EXP2 / 2R essendo L la lunghezza del natante di progetto (80 m).

Ponti - Luce fra le pile 28,00 m - tirante d'aria 6,50 m.

Conche di navigazione - Nella prima fase di esercizio è prevista la realizzazione di conche aventi dimensioni:

- . lunghezza utile 110,00 m
- . larghezza utile 12,00 m
- . profondità minima 3,50 m

Per una successiva fase di esercizio è prevista la possibilità di associare alle conche già realizzate nuove conche di dimensioni:

- . lunghezza utile 200,00 m
- . larghezza utile 12,00 m
- . profondità minima 3,50 m

Osservazioni ed aggiornamenti - Vengono qui di seguito riportate alcune osservazioni riguardanti la compatibilità delle opere progettate con l'attuale situazione degli insediamenti abitativi ed industriali e delle altre infrastrutture (2).

Considerando l'intero tracciato non sono state individuate interferenze con le infrastrutture esistenti tali da pregiudicare la fattibilità dell'opera secondo il tracciato di progetto.

In pratica sarebbe necessario adeguare il progetto ad alcuni nuovi importanti attraversamenti stradali:

- Autostrada Voltri-Sempione A26 (in fase di completamento) il suo percorso attraversa l'area del porto di Vercelli che dovrebbe essere riposizionato; in compenso la possibilità di realizzare uno svincolo autostradale per il collegamento al porto sembra un dato positivo;
- Autostrada Voltri-Sempione A26: incrocia nuovamente l'idrovia in località Cascina S.Leonardo (nei pressi di Castellazzo Bormida). Ad un primo esame l'attraversamento sembra molto difficile in

quanto in un raggio di circa 500 m dovrebbero incrociarsi a vicenda la suddetta autostrada, la linea F.S. Alessandria Ovada e l'idrovia che in questo punto corre su alto rilevato (quota PL = 119,45; quota terreno 107).

E' probabile che l'attraversamento richiederebbe modifiche del tracciato dell'idrovia.

Per quanto riguarda le altre interferenze con infrastrutture esistenti, risultano sporadici casi di costruzioni civili costruite sul tracciato dell'idrovia.

---

(1) Gli aggiornamenti necessari per adeguare il tracciato alla situazione attuale, sono riportati in altra parte della presente relazione.

(2) Molte delle osservazioni sono già riportate nella memoria "Puntualizzazione su alcuni aspetti generali ed aggiornamento delle previsioni di traffico e costo delle opere" redatta a cura del Comitato Idrovie piemontesi e liguri.

IP/8 - Collegamento idroviario Ticino (nodo di Bornago) - Lago Maggiore - Milano Nord

Premessa - Il collegamento Ticino - Lago Maggiore - Milano Nord qui esaminato si basa sull'impostazione di due distinti progetti:  
- progetto della Sottocommissione Internazionale Italo-Svizzera per il collegamento idroviario Lago Maggiore - Adriatico (1953)  
- progetto della Società Idroviaria Ticino-Milano Nord-Mincio per l'omonimo canale (1959-1964)

**Progetto sottocommissione Italo Svizzera** - Il primo dei due progetti citati prevede il collegamento dell'area Milano-Sud con il Lago Maggiore mediante un'idrovia costituente il proseguimento verso Nord del canale navigabile Milano-Cremona-Po.

Il punto di origine dell'idrovia si trova in località Conca Fal-lata (1); di qui, secondo il progetto, il canale si dirige verso Corsico dove attraversa il Naviglio Grande, la ferrovia Milano-Mantova e la strada provinciale Milano-Abbiategrasso, passando quindi fra gli abitati di Baggio e Cesano Boscone.

La S.S. 11 Padana Superiore viene incrociata nei pressi di S.Pietro all'Olmo; la linea ferroviaria e l'autostrada Torino Milano vengono incrociate nei pressi della cascina Valdarenne.

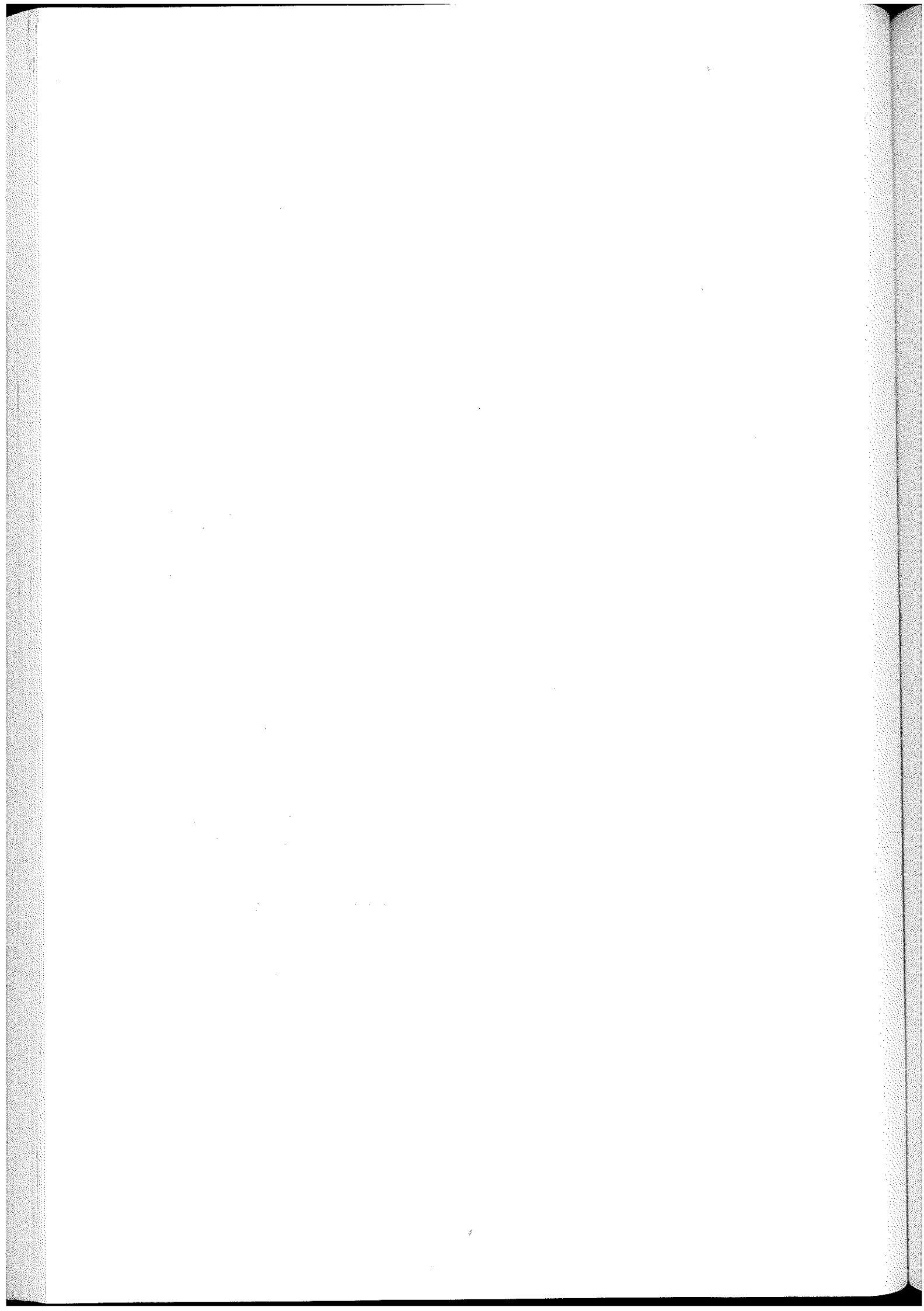
Dopo l'attraversamento, il canale si dirige verso est seguendo un percorso parallelo al canale Villoresi fino all'incrocio con la linea ferroviaria Turbigo-Castano Primo.

La quota iniziale di questa prima tratta di 35,7 Km è fissata a 105,9 m s.m. (incrocio con naviglio di Pavia): quella terminale a 170,8 m s.m. (quota attraversamento del fiume Ticino) (2).

Il dislivello di 64,9 m su complessivi 19,7 Km, è superato con sei conche:

Località	salto (m)	progressiva (Km)
Lorentaggio	10,10	4,50
Cesano Boscone	10,00	7,18
Cascina Castelletto	10,00	10,89
S.Pietro all'Olmo	10,00	14,34
Cascina Valdarenne	12,40	16,62
Cascina Paglianasca	12,40	19,76





La seconda tratta di canale si estende da Castano Primo a Porto della Torre con un percorso di 21,2 Km.

Da Castano l'idrovia prosegue in direzione Ovest ed attraversa il Ticino in ponte canale poco a sud di Nosate.

Sulla sponda destra del Ticino, a Bornago è previsto l'allacciamento con la rete idroviaria piemontese-ligure.

Dal nodo di Bornago il canale prosegue verso nord seguendo la valle del Ticino sempre alla quota 170,80.

L'altopiano di Varallo Pombia viene superato con una conca di 21,70 m, che porta il livello del canale a quota 192,50 (max).

Il canale si immette infine nel Ticino a monte dello sbarramento di Porto della Torre che ne regola il livello fra le quote 191,35 e 192,50 m s.m.

Nel tratto a monte di detto sbarramento la via navigabile viene realizzata sistemando l'alveo del fiume lungo la sponda sinistra; l'ultima conca di navigazione prima dell'ingresso nel lago Maggiore consente di superare il salto dello sbarramento della Miorina (massimo 2,90 m) che regola il lago fra le quote 194,50 e 192,30 m s.m.

Il tratto in alveo è lungo complessivamente 10,9 Km.

**Standard di progetto** - Nel progetto originale della Sottocommissione Italo-Svizzera le opere sono dimensionate secondo le norme fissate (all'epoca) dal Consiglio Superiore dei LL.PP., ed in definitiva consentono il transito di natanti fino a 1.000 t.; già alla fine degli anni 50 si era comunque riesaminato il progetto per adottarlo agli standard europei (larghezza delle conche portata da 10 a 12 m, sezione del canale da 74 a 101 mq ecc.).

**Progetto società idrovia Ticino-Milano Nord-Mincio** - Il secondo dei progetti citati in premessa prevede il collegamento idroviario Ticino Mincio secondo il percorso Bornago-Arluno-Milano Nord-Brescia-Pozzolo.

Il tratto che qui si considera, quello di Bornago-Milano Nord, si sviluppa da Bornago a Castano Primo sul tracciato del canale Lago Maggiore-Milano Sud, ma, superata la linea ferroviaria Turbi-

go-Castano Primo, devia verso Inveruno anzichè seguire a poca distanza il percorso del canale Villoresi.

Il tracciato prosegue verso Arluno e Pogliano che vengono superati a Nord, e quindi attraverso i territori di Rho, Arese, Bollate, Senago, Paderno Dugnano, Cinisello Balsamo.

Il tratto ha termine subito a valle dell'attraversamento dell'autostrada Milano-Venezia in località Cascina Pelucca, in comune di Sesto S.Giovanni.

Il percorso si sviluppa a partire dalla sponda destra del Ticino per complessivi 48,2 Km, in maggior parte (45,6 Km) su un'unica livelletta orizzontale con pelo liquido a quota 160,80.

In località S.Fruttuoso (fra Monza e Cinisello Balsamo) è prevista la realizzazione di un elevatore meccanico che, con un salto di 20,80 m porta il livello dell'idrovia a quota 140,00 m s.m..

La maggior parte del percorso di questa tratta, della lunghezza di 2.600 m a valle dell'elevatore, è realizzato in galleria a doppio senso di marcia (L = 1.990 m) per il sottopasso delle numerose infrastrutture esistenti: il Canale secondario Villoresi, la S.S. n° 36, la linea ferroviaria Milano-Monza, l'Autostrada Milano-Venezia, oltre a due strade secondarie ed insediamenti abitativi.

**Standard di progetto** - Il canale e le opere annesse sono basate sulle caratteristiche fissate dal Consiglio Superiore dei LL.PP. nei voti relativi ai progetti delle idrovie Milano-Cremona-Po e Ticino-Milano Nord-Mincio, ed alle norme della CEMT.

La sezione corrente del canale è dimensionata per un natante standard con sezione maestra di 23,75 mq tipica dell'automotore RHK da 1.350 t (larghezza = 9,5 m, pescaggio = 2,50 m, lunghezza = 80 m).

. larghezza al pelo dell'acqua	m 41,40
. larghezza fra i cigli interni	m 45,40
. larghezza fra i cigli interni delle strade alzaie	m 51,40
. larghezza alla profondità di massimo pe- scaggio (2,50 m)	m 31,40
. larghezza delle strade alzaie (1+4+1 m)	m 6,00
. fondale massimo	m 3,65
. fondale medio sulla larghezza di 28 m	m 3,516

. franco della strada alzaia sul pelo della acqua	m 1,00
. sezione liquida	mq 120,895
. contorno bagnato	m 42,992
. rapporto tra sezione liquida e sezione mae- stra del natante	K 5,09
. altezza libera di sottotrave sul pelo della acqua	m 6,50
. altezza libera di sottotrave sul piano via- bile della strada alzaia	m 5,50

Per opere particolari come ponti canale o tratti in galleria sono previste sezioni speciali.

Ad esempio per ponti canale di notevole lunghezza (attraversamento fiume Ticino  $L = 2.232$  m) è prevista una sezione a vie sdoppiate con due luci parziali di 18 m di larghezza:

Caratteristiche della sezione di ciascuna via:

. larghezza al pelo dell'acqua	m 18,82
. larghezza fra i cigli interni delle sponde	m 18,00
. strade alzaie	m 4+1 e 3
. fondale massimo	m 3,65
. sezione liquida	mq 80,82
. rapporto tra sezione liquida e sezione mae- stra immersa del natante	K 3,40

Per il tratto in galleria a valle dell'elevatore di Monza è prevista una sezione a vie sdoppiate con luci di 16 m e fondale di 4,40 m.

Caratteristiche della sezione di ciascuna via:

. larghezza al pelo dell'acqua di ciascuna via	m 15,98
. fondale massimo	m 4,40
. tirante d'aria minimo per 8,75 m a cavallo dell'asse della galleria	m 6,50
. area liquida delle due gallerie	mq 136,4
. rapporto tra sezione liquida e sezione mae- stra immersa del natante	K 5,74

L'elevatore di Monza (l'unico previsto nel tratto) che consente di superare il dislivello di 20,80 m è dotato di una vasca di lunghezza utile 90 m e larghezza utile di 12 m ed è quindi utilizzabile anche per convogli spinti formati da spintore + chiatta tipo Europa I (lunghezza = 70 m, larghezza = 9,50 m, immersione = 3,20 m).

Si osserva che le dimensioni dell'elevatore non sarebbero sufficienti per il transito di chiatte spinte tipo Europa II (lunghezza = 76,5 m, larghezza = 11,4 m) in quanto la lunghezza del convoglio (minima = 91,5 m eccede quella dell'elevatore) (3).

Osservazioni sull'aggiornamento alla situazione attuale - Come evidenziato nella descrizione sintetica del progetto, il collegamento idroviario al lago Maggiore è sempre stato concepito, storicamente, come parte del collegamento Lago Maggiore, Milano Sud - Cremona - Po - Adriatico, e come tale è stato classificato in idrovia di 2a classe fin dal 1911 (decreto 8 giugno 1911 n°823).

Lo stesso collegamento fu compreso dalla CEMT fra le vie d'acqua europee definite di interesse particolarmente urgente.

Lo stesso canale Milano - Cremona - Po è stato in origine concepito come la continuazione verso il Po dell'idrovia Lago Maggiore - Ticino - Milano.

Le ragioni per cui il collegamento al Ticino - Lago Maggiore viene qui considerato ed integrato nel tratto Ticino - Milano Nord sono esclusivamente legate alla schematizzazione della rete idroviaria seguita nel presente lavoro, che considera i collegamenti ai laghi come facenti capo all'unica asta idroviaria pedemontana Torino - Novara - Milano Nord - Mincio - Padova - Venezia.

Questa premessa è importante, se si considera che l'attuale fattibilità del tratto idroviario a nord di Milano (Arluno - Milano) sembra tutt'altro che verificata, considerati i pesantissimi vincoli imposti al tracciato dagli insediamenti e dalle infrastrutture esistenti.

La non fattibilità del collegamento Arluno - Milano Nord renderebbe allora improponibili (o almeno poco interessanti) il collegamento al Lago Maggiore ed i collegamenti piemontesi se non fosse possibile un collegamento idroviario alternativo fra Arluno e l'attuale terminale in progetto di Locate Triulzi del canale Milano - Cremona - Po, collegamento che viene trattato al punto IP/11 della presente relazione.

In ogni caso, il profilo ed il tracciato previsti nel progetto della sottocommissione Italo - Svizzera dovrebbero essere modificati radicalmente in quanto la quota di attraversamento del Ticino è stata definitivamente stabilita in 160,8 m s.m., ed inoltre la possibilità di collegamento con il canale Milano - Cremona in località Conca Fallata è del tutto tramontata.

Riguardo alla attuale fattibilità delle opere descritte, si possono distinguere le tre tratte:

- . Lago Maggiore-Ticino-Bornago (progetto Sottocommissione Italo-Svizzera)
- . Bornago-Arluno (progetto Società Idroviaria Ticino-Milano Nord-Mincio)
- . Arluno-Milano Nord

La prima tratta non presenta particolari difficoltà legate a problemi di interferenze con infrastrutture ed insediamenti: gli attraversamenti stradali del canale artificiale sono limitati alla S.S. 336, alla provinciale Oleggio-Busto Arsizio e a strade di minore importanza (che non collegano le due sponde del Ticino) mentre i soli attraversamenti di corsi d'acqua di qualche importanza sono quelli dello scaricatore del canale Regina Elena e della roggia di Oleggio.

Le opere più impegnative riguardano senz'altro la conca di navigazione alta 21,70 m e, soprattutto, il successivo tratto di canale sull'altopiano di Varallo Pombia che comporta un tratto in scavo in trincea di profondità notevole (circa 1 Km di trincea ha profondità superiore a 30 m, con un massimo di 52 m) La variante essenziale da apportare al progetto originale, consiste nell'inserimento, subito a nord di Bornago di una nuova conca di dieci metri di altezza che possa collegare la quota di progetto del tratto a nord di Bornago (170,8 m s.m.) con la quota stessa del nodo di Bornago (160,8) modificata in epoca successiva alla stesura del progetto.

La tratta Bornago-Arluno (21,5 Km) comprende il ponte canale sul Ticino che con una lunghezza di 2.232 m ed un'altezza media di 21 m del pelo liquido sulla golena è senz'altro un'opera, nel suo genere, del tutto inconsueta, e comunque di notevolissimo impegno realizzativo.

Anche in questo tratto, in una limitata zona in sponda sinistra Ticino, la realizzazione del canale comporta (secondo il progetto della Società Idrovia Ticino-Milano Nord-Mincio) un tratto in trincea molto profonda (da 15 a 30 m per una lunghezza di circa 4,5 Km).

Per quanto riguarda le interferenze con strade e ferrovie, si contano un solo attraversamento ferroviario (linea Novara-Busto Arsizio) ed una quindicina di attraversamenti di strade provinciali e comunali.

Numerosi gli attraversamenti dei cavi irrigui che si diramano dal

Canale Villoresi che corre parallelo all'idrovia.

La tratta Arluno-Milano Nord (Sesto S.Giovanni) di 26,7 Km è quella che presenta le maggiori difficoltà realizzative a causa della intensa urbanizzazione delle aree attraversate.

Si ritiene al riguardo sufficiente osservare la notevole irregolarità del tracciato del progetto del 1964 per comprendere come, già a quell'epoca non fosse stato agevole individuare un percorso altimetricamente valido e che non interferisse con gli insediamenti abitativi.

Lungo i circa 27 Km del tratto si contano fra l'altro:

- . 4 attraversamenti ferroviari: Milano-Gallarate; Milano-Saronno-Como; Milano-Seveso-Como; Milano-Monza-Bergamo;
- . 2 attraversamenti autostradali (Milano-Varese A8 e Milano-Venezia A4);
- . 5 attraversamenti di strade statali (n° 33, n° 233, n° 35 e 35 bis, n° 36)
- . 2 attraversamenti di altre strade di grande traffico: (Milano-Desio; Milano Cinisello Balsamo)
- . 12 attraversamenti di altre strade importanti
- . l'attraversamento del torrente Seveso e di altri sette corsi d'acqua minori.

Come già indicato, per superare il nodo formato fra Sesto S.Giovanni e Cinisello Balsamo da S.S. n° 36, linea ferroviaria Milano-Monza, autostrada Milano-Venezia, canale secondario Villoresi, è previsto un tratto di 1.990 m in galleria.

Può infine essere interessante osservare che nella relazione "Appunto sull'idrovia Ticino-Milano Nord-Mincio" redatta a seguito della campagna di ricognizioni intrapresa a cura della Società Idrovia Ticino-Milano Nord-Mincio nel novembre 1980 lungo il tracciato di progetto per accertare la situazione attuale, del tratto Arluno-Milano Nord non si fa neppure menzione, mentre si indica come ormai compromessa dall'espansione urbanistica la tratta successiva Sesto S.Giovanni - fiume Adda.

Si può comunque affermare che la fattibilità dell'idrovia secondo il tracciato del progetto citato è da escludere, ed una proposta di variante richiederebbe senz'altro uno studio approfondito in loco.



---

(1) In questa località il canale Milano-Cremona-Po, secondo il progetto aggiornato dell'epoca, doveva attraversare a raso il Naviglio di Pavia. Nella situazione attuale tutto il tracciato da conca Fallata a Bornago è incompatibile con i progetti più recenti della Milano-Cremona-Po e delle altre idrovie destinate a collegarsi a Bornago.

(2) In epoca successiva al 1960, i consorzi e gli enti interessati all'attraversamento idroviario del Ticino convennero sulla necessità di modificare la quota dell'attraversamento da 170,8 a 160,8 m s.m., in base ai voti del Consiglio Superiore dei LL.PP. che riconoscevano l'incompatibilità della quota 170,8 m s.m. con i vincoli imposti dalla vicinanza di Bornago con l'aeroporto di Cameri.

(3) La sezione corrente dell'idrovia non è, d'altra parte dimensionata secondo le norme per natanti di 11,4 m di larghezza.



IP/9 - Collegamento idroviario Milano Nord - Laghi di Como, Iseo,  
Garda - Mantova

Il collegamento idroviario in esame è schematicamente composto dall'asta principale Milano Nord-Mincio che si sviluppa in direzione ovest-est e dai rami di collegamento ai laghi di Como, Iseo, Garda e Mantova; si basa sull'impostazione di due progetti distinti:

- il progetto della Società Idrovia Ticino-Milano Nord-Mincio per l'omonimo canale (1959-1964);
- progetto del Consorzio per l'idrovia Lago di Garda-Laghi di Mantova per l'omonimo canale navigabile (1959-1963).

Progetto società idrovia Ticino-Milano Nord-Mincio - Il primo dei due progetti è già stato in parte esaminato al punto IP/8 della presente relazione per il tratto Ticino-Milano Nord.

Nel presente paragrafo viene di tale progetto esaminata la tratta da Milano Nord (Sesto S. Giovanni) al Mincio (Pozzolo) ed i collegamenti ai laghi di Como e d'Iseo.

**Milano Nord-Mincio** - Il tronco ha inizio a Sesto S. Giovanni dove è previsto il porto commerciale di Milano in prossimità dell'autostrada Milano Venezia e si sviluppa per complessivi 128,5 Km su quattro livellette orizzontali collegate da elevatori meccanici.

La prima livelletta con pelo liquido a quota 140 m s.m. è lunga 62,2 Km e termina all'elevatore di Travagliato. Il percorso si sviluppa dopo l'attraversamento del fiume Lambro da S. Maurizio al Lambro verso Bussero che viene superato a sud; attraversato il torrente Molgora, l'idrovia devia a nord-est per passare a nord gli abitati di Gessate ed Inzago.

Il fiume Adda viene superato con un ponte canale della lunghezza di 721 m subito a monte dell'abitato di Fara Gera d'Adda.

Il tracciato prosegue verso Pontirolo Nuovo nei cui pressi è previsto il nodo di collegamento con la diramazione per il lago di Como, e dopo il sottopasso della F.S. Milano-Bergamo si dirige verso Castel Rozzone e Castel Liteggio.

Il fiume Serio viene superato con un ponte canale di 651 m di lunghezza fra gli abitati di Martinengo e Romano di Lombardia, ed il

fiume Oglio con un ponte canale di 669 m ubicato poco a monte dell'esistente ponte ferroviario della linea Milano-Venezia.

L'idrovia prosegue verso Chiari, che supera a sud dopo aver attraversato la linea suddetta ferroviaria e poco a monte di Travagliato, dove, come detto, ha termine la livelletta, si collega con la diramazione per il lago di Iseo.

La seconda livelletta va da Travagliato a Castiglione delle Stivere ed è lunga 39,1 Km.

Il pelo liquido è alla quota 114,00 ed il salto di 26 m dalla livelletta di monte è superato con elevatore meccanico.

Nel tratto iniziale della seconda livelletta, nei pressi dell'attraversamento del torrente Mella è prevista la zona portuale di Brescia.

Il canale prosegue, superata l'area di Brescia e la linea ferroviaria Cremona-Brescia in direzione sud-est verso Borgosatollo e quindi ripresa la direzione est, attraversa il fiume Chiese a nord di Montichiari con un ponte canale di 61 m di lunghezza.

Nei pressi di Castiglione delle Stivere, ad est del centro abitato, è ubicato il secondo elevatore che, con un salto di 26 m collega la livelletta di monte a quota 114,00 m s.m. a quella di valle a quota 88,00.

La terza livelletta, a quota 88,00 è lunga 13,0 Km e si sviluppa da Castiglione delle Stivere in direzione sud-est fino a Cavriana, dove è ubicato il terzo elevatore, in grado, come i precedenti di superare un dislivello di 26 m.

La quarta livelletta, a quota 62,00 m s.m. collega Cavriana a Pozzolo lungo un percorso di 9,0 Km che costeggia il canale Virgilio a sud di Volta Mantovana.

Poco a monte di Pozzolo, in corrispondenza del nodo di collegamento con l'idrovia in progetto Lago di Garda-Mantova, ha termine l'asta principale dell'idrovia Milano Nord-Mincio.

**Collegamento al lago di Como** - Il ramo di collegamento idroviario al Lago di Como ha origine allo sbarramento di Olginate sul lago di Garbate a sud di Lecco, e si immette nell'asta idroviaria principale nei pressi di Pontirolo.

La via navigabile di complessivi 38,2 Km è realizzata in parte (17 Km) nell'alveo dell'Adda (tratto Olginate-Brivio-Rocchetta) e parte (21,2 Km) in canale artificiale (Rocchetta-Pontirolo).

La navigabilità dell'alveo naturale dovrebbe essere assicurata, secondo il progetto grazie agli sbarramenti realizzati per la regolazione del lago e per uso idroelettrico.

Il primo sbarramento, quello esistente di Olginate regola il livello del lago di Garbate fra le quote 198,59 m s.m. (max) e 196,70 m s.m. (min) e deve essere superato con una conca di 4 m di altezza.

Il livello a valle dello sbarramento dovrebbe essere regolato dallo sbarramento di Rocchetta, (all'epoca in fase di studio) (1) nei pressi di Paderno d'Adda, per il quale si prevede una quota di massimo invaso di 196,00 m s.m. e di minimo invaso di 194,50.

Poco a monte dello sbarramento di Rocchetta, in sponda sinistra Adda ha inizio il canale navigabile artificiale, della lunghezza complessiva di 21,2 Km, suddiviso in cinque livellette collegate da quattro conche di navigazione.

La prima livelletta con livello del pelo liquido variabile fra 194,5 e 196,0 m s.m. ha una lunghezza di 9,2 Km e percorre un tratto in sinistra alveo dell'Adda, a est di Medolago, Suisio e Castelletto per poi deviare a sud-est verso Filago dove è prevista la prima conca di navigazione per superare il dislivello massimo di 11,25 m.

La seconda livelletta, della lunghezza di 2,7 Km è a quota 184,75 il tracciato prosegue in direzione est verso Osio di sopra e interseca il torrente Brembo che viene superato in ponte canale.

La seconda conca, a nord di Osio, di 9,75 m di altezza, dà accesso alla terza livelletta di 3,1 Km a quota 175,00 m s.m.

In questo tratto è prevista la zona portuale di Bergamo.

La quarta livelletta a quota 157,50 m s.m. è collegata al tratto a monte dalla conca di Boltiere, di 17,50 m di altezza.

Il percorso dell'idrovia si sviluppa in questo tratto in direzione sud, ad est dell'abitato di Ciserano per una lunghezza di 3,2 Km fino alla conca di Pontirolo, che con un salto di 17,50 m mette in comunicazione il collegamento idroviario al lago di Como con l'asse idroviario Milano nord-Mincio attraverso il nodo di Pontirolo.

Collegamento al Lago d'Iseo - Il ramo di collegamento idroviario al lago d'Iseo si sviluppa per 16,7 Km, sempre in canale artificiale ed ha origine sulla sponda sud, del lago, circa 1,5 Km ad ovest dell'abitato di Iseo.

Il primo tratto del canale è lungo 9,6 Km ed ha livello variabile fra 186,25 e 184,85 m s.m. in funzione della quota del lago.

Il tracciato si sviluppa in direzione sud e sottopassata a valle della stazione di Provaglio-Timoline la linea ferroviaria Brescia Iseo la costeggia sulla sinistra in profonda trincea.

Poco a monte della località Spinella il canale entra in galleria a senso unico, ed esce nuovamente a cielo aperto in località Betolino dopo 2,4 Km.

Il tracciato continua in sinistra della ferrovia fino a circa 0,5 Km a monte della stazione di Bornato-Calino, dove la ferrovia viene nuovamente sottopassata.

La prima livelletta termina a Cazzago S.Martino dove a monte della stessa linea ferroviaria è ubicata la conca di Cazzago di 17,5 m di altezza.

La seconda livelletta, a quota 168,75 ha inizio con il sottopasso della linea ferroviaria Brescia-Iseo e si sviluppa per 2,1 Km terminando alla conca di Ospitaletto, di 14,25 m di altezza, ubicata subito a valle dell'attraversamento dell'autostrada Milano-Venezia.

La terza livelletta a quota 154,50 si sviluppa per 1,9 Km fra l'autostrada e la ferrovia Milano-Venezia; il canale sottopassa quindi la S.S. n° 11 circa 1,5 Km a ovest di Ospitaletto.

La terza conca di navigazione, di 7,25 m, è ubicata immediatamente a monte della suddetta linea ferroviaria, nei pressi della località Segabiello.

La quarta livelletta è a quota 147,25 e con un percorso di 1,3 Km raggiunge la località Pedrocca, dove è ubicata la quarta ed ultima conca di navigazione, di 7,25 m di altezza che congiunge la diramazione per il lago d'Iseo all'asta principale del canale Milano Nord-Mincio, a quota 140 m s.m.

La quinta livelletta, a quota 140 è in sostanza costituita dal raccordo al canale principale.

Collegamento Lago di Garda-Mantova - Il collegamento lago di Garda-Mantova qui esaminato sul quale si inserisce l'idrovia Milano Nord-Mincio si basa sul progetto del Consorzio per l'idrovia Lago di Garda-Laghi di Mantova nato allo scopo di studiare e proporre una sistemazione del Mincio utile sia per la difesa idraulica che per la navigazione.

Nella sua forma più aggiornata (2), il progetto prevede che l'idrovia, della lunghezza complessiva di 37,2 Km si sviluppi in parte nell'alveo sistemato del Mincio (tratto iniziale di 5,6 Km fra Peschiera del Garda e lo sbarramento di Monzambano e tratto terminale di 6,0 Km fra la conca di Moglio-Fornaci ed i laghi di Mantova).

L'intero percorso è diviso in cinque livellette collegate da quattro conche di navigazione che consentono di superare il dislivello totale massimo di 48,85 m fra il lago di Garda (65,35 m s.m.) ed il lago Superiore di Mantova (16,50 m s.m.).

La prima livelletta, con livello a quota variabile fra 65,35 e 64,25 m s.m. in funzione delle condizioni idrometriche del lago di Garda, è lunga complessivamente 15,6 Km e si può suddividere in due tratte.

La prima tratta di 5,6 Km, da Peschiera del Garda alla traversa di Monzambano è, come si è già detto, realizzata nell'alveo sistemato del Mincio; la seconda tratta, interamente in canale artificiale, ha inizio sulla sinistra della traversa di Monzambano e termina alla conca prevista in località Gatti, necessaria per realizzare il collegamento con il canale Milano Nord-Mincio (a quota 62,00).

Il canale navigabile si stacca dunque dalla esistente traversa di Monzambano, segue il corso del Mincio sulla sinistra per circa 3 Km ed in località Burona lo attraversa in ponte canale seguendo, in sponda destra il percorso del canale Virgilio, fino a giungere, dopo circa 10 Km alla conca prevista in località Gatti che con un salto variabile fra 2,25 e 3,35 m porta il pelo liquido alla stessa quota (62,00 m s.m.) del canale Milano nord-Mincio.

La seconda livelletta, a quota 62,00 m s.m. costituisce in pratica il nodo di collegamento con il canale Milano nord-Mincio, si sviluppa per 1,9 Km e termina con l'elevatore di Montecorno, capace di un salto di 17,20 m.

La terza livelletta a valle dell'elevatore di Montecorno è a quota 44,80 m s.m. ed ha una lunghezza di 6,5 Km.



Il percorso si svolge a partire dalla sponda destra del Mincio che subito dopo l'elevatore viene attraversato a raso grazie allo sbarramento di Pozzolo (esistente) che regola il livello a quota 44,80, e prosegue nell'esistente canale scaricatore Pozzolo Maglio a monte di Marengo è previsto l'innesto dell'idrovia per Verona-Padova.

A Marengo ha inizio la quarta livelletta a quota 32,00 e della lunghezza di 6,5 Km che si sviluppa per 5 Km nell'esistente scaricatore Pozzolo-Maglio.

Il salto a Marengo è superato con una conca di 12,80 m di altezza.

Il livello di 32,00 m s.m. è mantenuto da un sostegno da realizzare sul ramo dello scaricatore che si immette nel canale diversivo del Mincio.

Lo stesso diversivo viene superato in ponte canale dall'idrovia poco a monte dell'ultima conca di navigazione, di Maglio-Fornaci di 15,50 m di altezza.

La quinta ed ultima livelletta è a quota 16,50 ed ha una lunghezza di 6,7 Km.

Il canale, poco dopo la conca, entra nell'alveo del Mincio che deve essere sistemato con rettifiche di sezione e di tracciato fino all'estremità est del lago superiore regolato a quota 16,50 dall'esistente sostegno a Porta del Molino.

Anche se in progetto non è previsto, sarebbe interessante valutare la possibilità di un collegamento fra lago Superiore (a quota 16,5 m s.m.) e laghi di Mezzo e inferiore (a quota 14,50), che darebbe l'accesso al Po ed al Canal Bianco.

Premesso che è improponibile la regolazione a 16,5 m s.m. dei laghi di Mezzo ed Inferiore, sarebbe quindi necessario realizzare una ulteriore conca di navigazione a lato del sostegno della Porta del Molino per superare il salto di 2,0 m.

La luce libera minima sotto i ponti stradale e ferroviario di Mantova è di 5,50 m, quindi non dovrebbe essere particolarmente difficile, con la sostituzione dei ponti e la realizzazione di brevi rampe di accesso (anche se la stazione ferroviaria di Mantova non dista più di 1,2 Km dal ponte) ottenere il tirante minimo di 6,0 m previsto per tutta la rete idroviaria a monte.

Standard dell'idrovia - I collegamenti idroviari esaminati al presente paragrafo sono dimensionati per natanti da 1.350 t, di lunghezza tipica di 80 m, larghezza di 90,50 m e pescaggio di 2,50 m.

Il tirante d'aria di progetto è di 6,50 m.

Sezione canale - Per il canale Milano nord-Mincio e per i rami di collegamento ai laghi di Como e d'Iseo è prevista una sezione corrente di tipo normale avente le seguenti caratteristiche:

- larghezza al pelo dell'acqua	m	41,40
- larghezza fra i cigli interni	m	45,40
- larghezza fra i cigli interni delle strade alzaie	m	51,40
- larghezza alla profondità di massimo pescaggio (2,50 m)	m	31,40
- larghezza delle strade alzaie (1+4+1 m)	m	6,00
- fondale massimo	m	3,65
- fondale medio sulla larghezza di 28 m	m	3,516
- franco della strada alzaia sul pelo dell'acqua	m	1,00
- sezione liquida	mq	120,895
- contorno bagnato	m	42,992
- rapporto tra sezione liquida e sezione maestra del natante	K	5,09
- altezza libera di sottotrave sul pelo della acqua	m	6,50
- altezza libera di sottotrave sul piano viabile della strada alzaia	m	5,50

Per opere particolari quali ponti canale o tratti in galleria sono previste sezioni speciali.

Ad esempio per i ponti canale di notevole lunghezza è prevista una sezione del tipo sotto indicato:

(Caratteristiche della sezione di ciascuna via:)

- Larghezza al pelo dell'acqua	m	18,82
- Larghezza fra i cigli interni delle sponde	m	18,00
- Strade alzaie	m	4+1 e 3
- Fondale massimo	m	3,65
- Sezione liquida	mq	80,82
- Rapporto tra sezione liquida e sezione maestra immersa del natante	K	3,40

mentre per ponti canale minori (di piccola lunghezza) è prevista una sezione rettangolare ridotta:

- Larghezza al pelo dell'acqua m 28,82
- Larghezza fra i cigli interni delle sponde m 28,00

Il tratto in galleria a senso unico alternato previsto per il collegamento al lago d'Iseo ha le seguenti caratteristiche:

- Larghezza al pelo dell'acqua m 16,00
- Fondale massimo m 3,65
- Tirante d'aria minimo per 8,75 m a cavallo dell'asse della galleria m 6,50
- Sezione liquida mq 56,864
- Rapporto tra sezione liquida e sezione mae stra immersa del natante K 2,37

**Elevatori e conche** - Sull'asta Milano Nord Ticino è previsto l'esclusivo impiego di elevatori meccanici con bacino utile di 90x12 m; sulle diramazioni per i laghi (compreso il tratto lago di Garda-laghi di Mantova) sono previste conche di 120x12 m.

La ragione della scelta degli elevatori sull'asta principale, risiede anche nella necessità di limitare il consumo d'acqua della idrovia che cresce con l'altezza delle conche e con la frequenza delle concate.

A commento si osserva che l'impiego di elevatori con bacino limitato a 90 m di lunghezza limita il transito agli automotori classe RHK da 1.350 t ed ai convogli spinti formati da chiatta tipo Europa I più spintore.

**Osservazioni sull'aggiornamento alla situazione attuale** - Un aggiornamento riguardante l'attuale fattibilità del collegamento idroviario Milano Nord-Laghi-Mantova è stato promosso nel 1980 dalla Società Idrovia Milano Nord-Mincio.

Sulla scorta delle risultanze dei sopralluoghi, è risultata compromessa dagli insediamenti urbani la fattibilità secondo il percorso di progetto del tratto Milano Nord-Adda, mentre per la rimanente parte si è verificato che il tracciato è ancora valido.

La predetta Società ha quindi fatto analizzare in termini di fattibilità economica (3) il collegamento idroviario Lecco-Mantovamare che si svolge sui tracciati esaminati nella presente relazione e sul Fissero-Tartaro-Canalbianco (4).

Lo studio non ha preso in esame il collegamento al Lago d'Iseo, in quanto per tale tratta la progettazione è stata arrestata alla fase di massima.

Per quanto riguarda la sola fattibilità tecnica dell'opera, si osserva che uno dei presupposti su cui si basava la navigabilità in alveo dell'Adda nel tronco lago di Garbate-Rocchetta, ovvero l'esistenza dello sbarramento di Rocchetta, è tuttora mancante.

E' comunque evidente che non può essere la presenza o meno di quest'opera a condizionare la fattibilità dell'idrovia.

Lungo il percorso dell'asta principale non sono state realizzate, negli anni, infrastrutture e insediamenti di rilievo.

Ad esempio si ha un solo caso di nuovo importante attraversamento: quello della autostrada A21 Brescia-Cremona.

Per quanto concerne il collegamento lago di Garda-laghi di Mantova, si osserva che parte delle opere necessarie sono già realizzate.

In effetti, dei 37,2 Km complessivi, circa 17 sono già realizzati e per la navigabilità sarebbero necessari, oltre al completamento dei canali (tratto Monzambano-Pozzolo e Maglio-Fornace-lago Superiore), la realizzazione di tutte le conche (quattro) e del sostegno sullo scaricatore Pozzolo-Maglio, il rialzo di tutti i ponti sullo stesso scaricatore (già predisposti per l'occorrenza) e la sostituzione con un ponte levatoio del ponte di Porta Verona nell'abitato di Peschiera.

Gli altri ponti (S.S. 11, A4 e F.S. Milano Venezia) garantiscono tiranti d'aria già sufficienti.

Un serio ostacolo alla realizzazione dell'opera potrebbe sorgere a seguito della costituzione del parco del Mincio, destinato a vincolare le aree interessate dalle opere.

---

(1) Tuttora irrealizzato.

(2) Fin dal 1911 il collegamento al lago di Garda è classificato come via navigabile di 2<sup>a</sup> classe.

(3) Le risultanze dello studio sono riportate nella relazione "Convenienza economica per la collettività del canale Lecco-Mantova-Mare" ed indicano un rapporto 2,16 fra costi e benefici sociali dell'intera idrovia lunga 322 Km, sulla base di un volume di traffico valutato in 3.250 Mt/Km nel 1990, 4.160 Mt/Km nel 2000 e 5.320 Mt/Km nel 2010.

(4) Il Fissero-Tartaro-Canalbianco è trattato nell'ambito delle idrovie esistenti e pertanto non viene preso in esame nella presente relazione.



IP/10 - Collegamento idroviario Mantova (nodo di Roverbella) Verona - Vicenza - Padova

**Generalità** - Il collegamento idroviario in oggetto costituisce il tratto intermedio dell'idrovia Pedemontana, essendo compreso fra i tronchi Ticino Milano Nord - Mincio (in progetto) e Padova-Venezia (in fase di realizzazione).

Occorre premettere che formalmente occorrerebbe distinguere i due tronchi Mincio-Verona e Verona-Padova, che ricadono sotto la competenza di due differenti Consorzi e che sono stati oggetto di progetti distinti.

E' tuttavia evidente che l'idrovia ha caratteristiche e ragioni d'essere che hanno una validità per tutto il tratto esaminato, anche se per ragioni storiche la genesi dei tronchi Mincio-Verona e Verona-Padova è avvenuta in tempi diversi.

Le iniziative ed i progetti riguardanti il canale Mincio-Verona risalgono al 1917 ed erano stati a quell'epoca dettati anche da ragioni di ordine militare; le prime iniziative per gli studi sul canale Verona-Padova risalgono invece al 1960 e data al 1964 il progetto di massima del collegamento idroviario.

Gli studi per il Verona-Padova sono proseguiti fino al 1969, anno in cui è stato redatto, a cura del Consorzio per l'idrovia Verona-Vicenza-Padova, il progetto generale che ha, appunto, come presupposti i collegamenti all'idrovia Ticino-Mincio e Padova-Venezia (1).

Le indicazioni qui di seguito riportate si basano quasi interamente sui dati di tale progetto.

**Tracciato** - L'idrovia in oggetto ha una lunghezza complessiva di 108,6 Km (più 4,0 Km per il collegamento al porto di Vicenza) fra il nodo di Roverbella (2) e l'innesto nell'idrovia Padova-Venezia in località Brentasecca.

Il primo tratto, fino al porto di Verona, ubicato alla periferia Sud della città, nei pressi di Castel d'Azzano, ha una lunghezza di 21,2 Km e si sviluppa dapprima in direzione Nord Est costeggiando gli abitati di Roverbella, Malvicina e Mozzecane.

Poco a monte dell'attraversamento della S.S. 62 e della linea fer-

roviaria Verona-Mantova, devia più ad Est per passare fra gli abitati di Villafranca di Verona e Povegliano Veronese.

Attraversata l'autostrada A22 (Modena-Verona-Brennero) e la linea ferroviaria Verona-Rovigo, e passato a Nord l'abitato di Azzano, l'idrovia si collega al porto di Verona in località Castel d'Azzano.

Il secondo tratto di 87,4 Km collega Verona a Padova passando circa 16 Km a sud di Vicenza.

Il terminale di Vicenza è ubicato fra gli abitati di Villaganzerla e di Ghizzole a circa 12 Km dalla città ed è collegato al ramo idroviario principale con una bretella di 4 Km di lunghezza.

La scelta di un tracciato idroviario che in sostanza non tocca Vicenza, è stata imposta da precisi vincoli altimetrici che avrebbero reso onerosissima ed insostenibile una differente soluzione (3).

Il tracciato di questo tratto segue dapprima la direzione Est a partire dal porto di Verona, costeggiando i centri abitati di Castel d'Azzano, Buttapietra, Zevio, Ronco d'Adige (dove attraversa l'Adige in ponte canale), quindi Arcole e Zimella.

Dopo aver attraversato il fiume Guà l'idrovia prosegue costeggiando i primi rilievi dei monti Berici fino ad incrociare la linea ferroviaria Legnago-Grisignago di Zocco che essendo in disarmo viene utilizzata come sede del tracciato idroviario per circa 7 Km.

Il percorso tocca quindi gli abitati di Sossano, di Ponte Barbarano, di Bosco di Nanto (nei cui pressi è previsto l'allacciamento della bretella per il porto di Vicenza) e prosegue lungo la sponda destra del fiume Bacchiglione, a circa 1,5 Km dall'alveo, fino all'incrocio con la ferrovia Padova-Bologna.

L'idrovia ha termine all'incrocio con la Padova-Venezia che raggiunge in località Brentasecca dopo aver attraversato la periferia Sud di Padova toccando gli abitati di Albignasego e Ponte S. Nicolò ed attraversato a raso il Bacchiglione inferiore.

**Profilo altimetrico** - L'intero percorso si sviluppa su quattro livellette fra la quota 44,80 m s.m. al nodo di Roverbella e la quota 4,00 m s.m. del porto di Padova.



La quota del punto d'origine (44,80 m s.m.) è la stessa quota mantenuta sullo scaricatore Pozzolo Maglio dal sostegno di Marengo ubicato circa 2 Km a valle (verso Mantova) del nodo di Roverbella.

La quota del punto terminale (4,00 m s.m.) è condizionata dalla quota di progetto del porto di Padova inserito sul canale Padova-Venezia.

La prima livelletta a quota 44,80 m con una lunghezza di 23,7 Km è dunque compresa fra il nodo di Roverbella e la conca di navigazione di Verona ed è vincolata oltre che dal collegamento con la idrovia Garda-Mantova, dalla necessità di sottopasso delle linee ferroviarie Verona-Mantova e Verona Rovigo. Tutto il tratto che si sviluppa su terreni a quota media 50 m s.m. è realizzato in scavo. La conca di navigazione di Verona, ubicata in località Castel d'Azzano, poco a valle del Porto di Verona, collega con un salto di 9,30 m la prima alla seconda livelletta, a quota 35,50 m s.m., della lunghezza di 23 Km.

La quota è scelta in modo da essere compatibile con l'attraversamento della linea ferroviaria Verona-Bologna (che deve venire rialzata di 40 cm sul sovrappasso) e dell'attraversamento dell'Adige in ponte canale.

La quota minima della livelletta è vincolata inoltre dall'opportunità di evitare scavi troppo profondi (che raggiungono comunque valori massimi di 9-10 m).

Subito a monte ed a valle dell'attraversamento dell'Adige in ponte canale, l'idrovia corre in rilevato, con fondo canale a quota di circa 8 m sul piano campagna.

Un elevatore di 19,5 m di altezza, previsto poco a valle del ponte canale sull'Adige collega la seconda alla terza livelletta, a quota 16,00 m s.m., della lunghezza di 47,7 Km.

In questo tratto, realizzato quasi interamente in trincea, la quota vincolante è data dall'attraversamento del fiume Guà che correndo pensile sul piano campagna, passa l'idrovia in ponte canale.

La diramazione per il porto di Vicenza che si stacca dall'asta principale in località Bosco di Nanto, insiste sulla stessa livelletta.

La quarta livelletta a quota variabile fra 4,0 e 5,0 m s.m. ha una lunghezza di 14,2 Km ed è collegata al tratto di monte dalla conca

di Padova (ubicata in prossimità dell'abitato di Abano Terme), con un'altezza massima di 12,00 m.

La variabilità del livello del pelo liquido fra 4,0 e 5,0 m s.m. è determinata dal passaggio a raso del Brenta effettuato sul tronco idroviario Padova-Venezia che può avvenire fino ad un livello massimo nel Brenta di 5,0 m s.m., mentre il livello normale del pelo liquido mantenuto dal sostegno sul corso d'acqua è 4,0 m s.m.

La posizione della conca è vincolata dall'attraversamento della linea ferroviaria Bologna Padova che sovrappassa l'idrovia immediatamente a valle della conca stessa.

**Dimensionamento** - L'idrovia è dimensionata, secondo il progetto per il transito di natanti fluviomarittimi (4) da 1.350-2.000 t. Più precisamente le sezioni adottate, con aree comprese fra 127 e 148 mq sono più che sufficienti per natanti da 1.350 t (b x h = 9,50 x 2,50 m), e leggermente carenti per natanti fluviomarittimi da 2.000 t (b x h = 11,40 x 2,70).

La sezione tipo adottata in progetto è impostata su un gabarit di 28 m x 3 m ed ha le seguenti caratteristiche:

- larghezza della superficie liquida variabile in funzione della pendenza delle scarpe fra	42,0-51,5 m
- larghezza in cunetta	28,0 m
- profondità massima	3,8 m
- profondità minima sulla larghezza di 28 m	3,5 m
- scarpa delle sponde variabile fra	1:1,7-1:4
- area liquida compresa fra	127 - 148 mq
- rapporto fra la minima sezione liquida e la sezione maestra del natante	
. da 1.350 t (9,5 x 2,5 m)	5,3
. da 2.000 t (11,4 x 2,7 m)	4,1
- tirante d'aria sotto i ponti	6,70 m

Per il ponte canale sull'Adige, di 884 m di lunghezza, è stata scelta una sezione con le seguenti caratteristiche:

. larghezza alla base	2 x 16,50 m
. larghezza in sommità	2 x 18,00 m
. profondità massima	3,50 m

**Conche ed elevatori** - Il dislivello totale di 40,80 m fra i punti

iniziale e terminale dell'idrovia viene superato con due elevatori meccanici ed una conca.

Gli elevatori hanno una lunghezza utile di 110 m e larghezza utile di 12 m; la conca ha lunghezza utile di 210 m (100 + 110) e larghezza di 12 m.

I dislivelli superati con tali manufatti risultano:

- elevatore di Verona	m 9,30
- elevatore Adige	m 19,50
- conca di Padova	m 12,00 (max)

L'adozione degli elevatori meccanici è stata determinata soprattutto dalla necessità di limitare il consumo d'acqua dell'idrovia che imporrebbe altrimenti di recuperare mediante pompaggi l'acqua usata per le concate.

Con la soluzione proposta i consumi d'acqua risultano:

- . di circa 3 mc/s per il funzionamento della conca di Padova (prelievo dal Bacchiglione);
- . di 2 mc/s per il funzionamento degli elevatori e per far fronte alle perdite nel canale (prelievo dal Garda-Adige).

**Attraversamenti stradali e ferroviari** - Fra gli attraversamenti stradali e ferroviari i più importanti sono i seguenti:

- ferrovia Verona-Mantova
- ferrovia Verona-Rovigo
- ferrovia Verona-Bologna
- ferrovia Padova-Bologna
- Autostrada del Brennero A22
- Autostrada Bologna-Padova A13

**Attraversamenti di corsi d'acqua** - Oltre al ponte canale sull'Adige, i manufatti più impegnativi riguardano:

- il ponte canale del fiume Guà sull'idrovia;
- l'attraversamento a raso del Bacchiglione inferiore.

Gli altri attraversamenti vengono effettuati con sifoni o tombini.

**Osservazioni** - Il progetto generale è stato eseguito tenendo conto delle aree di sviluppo previste dai PRG dei vari centri attraversati e delle infrastrutture stradali all'epoca in progetto ed oggi realizzate.

Ad un primo esame, non risulta che l'attuale situazione degli insediamenti e delle infrastrutture possa invalidare il tracciato e le soluzioni scelte per l'idrovia.

---

(1) Per completare il quadro, si ricorda che le prime iniziative intraprese per la Ticino-Mincio e la Padova-Venezia datano al 1955; all'epoca del progetto della Verona-Padova (1969) la realizzazione delle due suddette idrovie sembrava imminente; attualmente la Padova-Venezia è in corso di realizzazione, mentre la Ticino-Mincio, classificata per legge, è rimasta alla fase di progetto.

(2) Poichè non si è al corrente di progetti della Mincio-Verona aggiornati e compatibili con il progetto dell'idrovia Garda-Mantova, si è individuato, di nostra iniziativa, come collegamento possibile al sistema idroviario Ticino-Milano Nord-Laghi-Mantova il nodo di Roverbella, sull'attuale scaricatore Pozzolo Maglio, destinato al secondo i progetti ad essere adibito ad idrovia come parte del tratto Garda-Mantova (si veda IP/9).

(3) Il dislivello totale di 40,8 m da superare con la soluzione scelta, sarebbe aumentato a circa 70 m per la necessità di raggiungere la quota 60 m s.m. di Vicenza.

(4) Non è chiaro a quali tipi di natanti fluviomarittimi si fa riferimento nel progetto. Le dimensioni date e la portata sembrano comunque corrispondere approssimativamente a quelle degli automotori tipo "grosse unità renane" (Lxbxh = 95 x 11,50 x 2,70) con portata di 2.000 t.



**Premessa** - Il collegamento Milano Sud-Pizzighettone costituisce il completamento verso il porto di Milano Sud (Locate Triulzi) dell'esistente idrovia Po-Cremona-Pizzighettone.

Anche se le alterne vicende dell'idrovia Milano-Cremona-Po sono note, si ritiene opportuno un brevissimo cenno storico sulle origini dell'idrovia che risalgono al primo decennio del secolo.

Dal 1902 al 1912 furono infatti eseguiti dal Genio Civile di Milano, dal Comitato Promotore di Navigazione Interna e dall'Ufficio Tecnico Comunale ben quattro progetti, e nel 1919 l'Azienda Portuale di Milano, costituitasi allo scopo, diede inizio ai lavori di scavo del porto (nei pressi di Rogoredo) e di tre tratte di canale, secondo il tracciato Melegnano-Lodi-Cavenago-Pizzighettone-foce Adda, previsto, per l'intera lunghezza, sulla sponda destra del fiume.

Quando i lavori furono sospesi, nel 1922, erano già stati eseguiti movimenti di terra per 2,5 milioni di metri cubi.

E' comunque interessante notare che già nelle prime impostazioni del progetto (1908-1912) il canale Milano-Cremona-Po veniva considerato come il naturale proseguimento del canale Lago Maggiore-Milano, e questa impostazione è rimasta sostanzialmente immutata fino alle varianti più recenti.

Una seconda fase di progettazione fu svolta a partire dal 1941, anno in cui, dopo diciannove anni dalla sospensione dei lavori, venne costituito il Consorzio del Canale Milano-Cremona-Po; alla fine dello stesso anno il Consiglio Superiore dei lavori pubblici approvò il nuovo progetto dell'idrovia e dei porti terminali di Milano e Cremona.

Secondo tale progetto il tracciato del canale si sviluppava per 75 Km fra l'attraversamento a raso del Naviglio di Pavia in località Conca Fallata (punto di collegamento con il canale Lago Maggiore-Milano) e lo sbocco in Po.

Il percorso era suddiviso in 11 livellette collegate da 10 conche di navigazione di altezza compresa fra 8,55 e 5,20 m e si svolgeva da Milano a Pizzighettone in sponda destra Adda, e quindi in sinistra fino a Cremona.

La variante di rilievo rispetto ai precedenti progetti consisteva nella posizione del punto di arrivo in Po (a Cremona anzichè a foce Adda) e nella collocazione del porto di Milano, che era previsto a Sud anzichè a Est della città.

Il porto di Milano doveva infatti essere realizzato come porto-canale industriale della lunghezza di circa 4 Km, fra Conca Fallata e Rogoredo; in quest'ultima località avrebbe dovuto sorgere il porto commerciale.

L'impostazione del progetto per quanto riguarda l'area milanese ha dovuto essere radicalmente modificata dopo gli anni 65-66 in seguito alla eliminazione nei PRG di Milano, e di alcuni altri comuni interessati dal tracciato, dei vincoli sulle aree destinate ad essere occupate dal canale.

Nel frattempo la realizzazione delle tangenziali di Milano aveva già in parte compromesso il tracciato originale.

E' stata quindi progettata una variante, che prevede lo spostamento verso Sud-Ovest dell'asse idroviario e del terminale, a partire da Lodi Vecchio.

Il porto terminale di Milano è stato ricollocato in località Locate Triulzi e l'eventuale nodo di collegamento con l'idrovia per Milano Ovest-Lago Maggiore è stato fissato poco ad Ovest di S.Zenone al Lambro.

**Situazione attuale** - I lavori finora eseguiti, hanno portato alla realizzazione del porto di Cremona con la conca di accesso e la avanconca, e di 12,6 Km di canale fra il porto di Cremona e Pizzighettone.

Nel tratto realizzato è compresa la conca di Acquanegra che con un'altezza di 6,4 m collega le livellette alle quote 38,30 m s.m. (porto di Cremona) e 44,70 m s.m. (Pizzighettone).

**Il collegamento Milano Sud-Pizzighettone secondo il progetto ufficiale** - L'idrovia Milano Sud-Pizzighettone ha origine in Località Carpiano a valle del terminale di Locate Triulzi e si sviluppa per 44,5 Km fino al porto (in parte costruito) di Pizzighettone.

Il dislivello di 47,7 m per i punti iniziale e terminale viene

superato con 6 conche di navigazione di dimensioni utili 200x12 m, localizzate a:

- Melegnano	H = 9,00 m
- Lodi Vecchio	H = 7,50 m
- Lodi	H = 70,50 m
- Castiglione d'Adda	H = 8,55 m
- Maleo	H = 9,25 m
- Pizzighettone	H = 5,90 m

Il tracciato della prima livelletta, a quota 92,40 m s.m. si sviluppa per 2,5 Km a partire dal porto di Locate Triulzi in direzione quasi parallela all'autostrada del Sole, sottopassando la strada Binasco-Melegnano;

la seconda livelletta, a quota 83,40 m s.m. ha una lunghezza di 15,1 Km fra le conche di Melegnano e di Lodi Vecchio.

Il tracciato prevede l'attraversamento del Lambro in ponte canale ed il sottopasso dell'autostrada del Sole.

A monte del Lambro è previsto l'innesto dell'eventuale raccordo per Milano Ovest (Lago Maggiore) e per Pavia, ed a valle dell'Autostrada, l'innesto del raccordo per Milano Nord-Est.

La terza livelletta, a quota 75,90 m s.m. ha inizio, subito dopo la conca di Lodi Vecchio, con il porto di Lodi. Il tratto, di 5,0 Km di lunghezza, termina alla conca di Lodi a valle della quale avviene l'attraversamento della linea ferroviaria Milano-Piacenza.

La livelletta a valle della conca di Lodi è a quota 68,40 m s.m. ed ha una lunghezza di 15,8 Km.

Lungo il percorso che si svolge parallelo alla provinciale Lodi-Pizzighettone avviene oltre all'attraversamento della linea FS. sopra citata, anche l'attraversamento della S.S. n° 9 e del canale della Muzza.

La quinta livelletta a quota 59,85 m s.m. è compresa fra le conche di Castiglione d'Adda e di Maleo ed ha una lunghezza di 7,4 Km.

Nel tratto è previsto il porto di Codogno.

A valle della conca di Maleo è previsto l'allacciamento idroviario per Piacenza a quota 50,60.

Il tracciato del canale cambia direzione a nord dell'abitato di Maleo e dopo l'attraversamento della linea FS. Codogno Cremona si



dirige verso il fiume Adda, che viene superato in ponte canale.

Immediatamente a valle del manufatto è ubicata la conca di Pizzighettone, l'ultima necessaria per l'allacciamento al canale già costruito con pelo libero a quota 44,70 m s.m.

Allacciamenti agli altri rami della rete idroviaria - Come già detto, nel piano generale della Milano-Cremona-Po sono previsti allacciamenti idroviari per Milano-Ovest (Lago Maggiore), Pavia, Milano Nord-Est a Piacenza.

Di questi il più importante, nel quadro dell'estensione del sistema idroviario, è il collegamento verso Milano Ovest.

Se infatti il collegamento Ticino-Milano Nord dovesse risultare, in base ad un approfondito esame di tutte le possibili soluzioni progettuali, del tutto irrealizzabile per l'estrema urbanizzazione delle aree attraversate a nord di Milano (si veda il punto IP/8 della presente relazione), il collegamento Ticino (Bornago)-Milano Ovest-Milano Sud-Cremona-Po sarebbe l'unica alternativa in grado di giustificare l'esistenza stessa delle idrovie Torino-Novara-Ticino, Acqui-Novara e Lago Maggiore-Ticino.

Anche prefigurando un diverso scenario di massima estensione idroviaria, in cui fosse l'asta fluviale del Po la direttrice dei collegamenti verso il Piemonte (in questo caso il collegamento a Torino avverrebbe lungo la valle del Po anziché attraverso il nodo di Bornago), sembra evidente che la possibilità di accesso idroviario al terminale di Locate Triulzi dalla zona di Milano Ovest, dall'area novarese e dalla Svizzera (Lago Maggiore), incrementerebbe l'interesse del tronco idroviario Milano Sud-Pizzighettone.

Il collegamento Milano Sud-Milano Ovest, che potremmo qui localizzare fra i nodi di Cerro al Lambro ed Arluno non è stato finora studiato in dettaglio.

Il tracciato, con una lunghezza complessiva di circa 42,5 Km, si svilupperebbe a partire dal nodo di Cerro al Lambro, sull'idrovia Milano-Cremona, proseguendo dapprima verso Sud Ovest in direzione di Vidigulfo, e quindi a Nord Ovest, toccando le località Siziano, Basiglio, Zibido, S.Pietro Cusico, Trezzano sul Naviglio, Cusago e S.Pietro all'Olmo.

Dopo quest'ultima località, l'idrovia devierebbe più ad ovest verso Mantegazza ed Arluno dove avverrebbe la connessione con l'asta

idroviaria Ticino (Bornago) - Milano Nord.

Le lunghezze dei vari tratti del collegamento Lago Maggiore-Bornago-Arluno-Milano Sud risulterebbero:

Lago Maggiore-Bornago	Km 26,4
Bornago-Arluno	Km 21,5
Arluno-Milano Sud (Cerro al Lambro)	Km 42,5
	<hr/>
. Lago Maggiore-Milano Sud	Km 90,4

Il dislivello da superare fra Arluno e Milano Sud risulterebbe di 77,4 m (160,8 m s.m.-83,4 m s.m.), e considerati anche i vincoli altimetrici imposti dai numerosi attraversamenti stradali (SS.412, SS. 35, A7, SS.494, SS.11, A4), ferroviari (Milano Genova, Milano Mortara, Torino Milano), di canali e corsi d'acqua (Lambro meridionale, Naviglio di Pavia, Naviglio Grande), potrebbe essere superato con 8-10 conche (salto medio 9,7-7,7 m).

- Standard dell'idrovia - L'idrovia Milano-Cremona-Po è stata progettata per il transito di natanti da 1.350 t (secondo il progetto di adeguamento del 1962).

. La sezione corrente del canale in progetto (1) prevede:

larghezza al pelo dell'acqua	40,50 m
larghezza fra i cigli interni	43,50 m
larghezza alla profondità di massimo/	
pescaggio (2,5 m)	31,00 m
fondale massimo	3,80 m
profondità media nella larghezza di	
28 m	3,60 m
sezione liquida	121,60 m
rapporto fra la sezione liquida e la	
sezione maestra del natante	5,15

. il tirante d'aria sotto i ponti è fissato in 6,50 m per consentire il transito anche a natanti fluviomarittimi.

. le conche di navigazione sono previste di dimensioni utili di 200 x 12 m e permettono il transito di convogli spinti (2) formati da 2 chiatte tipo Europa II più spintore.

---

(1) La sezione dei primi due tronchi realizzati (da Cremona alla conca di Acquanegra) ha caratteristiche leggermente inferiori.

(2) L'avanconca di accesso al porto di Cremona ha una lunghezza utile di soli 110 m.

IP/12
IP/13

IP/12 - Taglio Po - Canalbianco (a monte di Ferrara)

IP/13 - Taglio Po - Canalbianco (a valle di Ferrara)

Premesse - I collegamenti idroviari in oggetto (uno in alternativa all'altro) vengono esaminati in questa sede al fine di verificarne la fattibilità in via di larghissima massima.

Entrambi si fondono sull'idea di rendere possibile un collegamento "diretto" dell'idrovia Fissero-Tartaro-Canalbianco con il porto di Ravenna attraverso l'idrovia Ferrarese (1).

La proposta può risultare interessante se si riconosce la validità dei seguenti presupposti:

- opportunità del completamento dell'idrovia Fissero-Tartaro-Canalbianco, considerata non solamente la sua funzione idroviaria, ma anche quella (originale) attinente alla protezione idraulica;
- riconoscimento del porto di Mantova come terminale ovest della navigazione fluviomarittima.  
In altri termini, potrebbe essere stabilito a Mantova il limite a ovest del quale risulta sensibile la convenienza di un trasporto idroviario anche con rotture di carico in uno dei porti adriatici;
- prevalente destinazione dell'asta del Po a valle di Mantova alla navigazione di convogli fluviali;
- prevalente destinazione del Canalbianco e della Ferrarese alla navigazione di battelli fluviomarittimi.

In base a tali presupposti la navigazione nel Po verrebbe ad avere caratteristiche peculiari, distinte da quelle caratterizzanti la navigazione su Canalbianco e Ferrarese che sarebbero in grado di garantire una costanza di fondali difficilmente ottenibile per il Po.

Il terminale di Mantova, avendo quindi accesso diretto sia dai porti Veneti che da Ravenna, sarebbe in comunicazione con tutti i porti importanti dell'alto Adriatico.

E' evidente che per la funzionalità del collegamento Mantova - porti adriatici "specializzato" per battelli fluviomarittimi classificabili in classe V la realizzazione del taglio Po-Canalbianco qui considerata è un elemento indispensabile ma non sufficiente, in quanto:

- il percorso del Canalbiano dovrebbe subire numerose e sostanziali rettifiche planimetriche e di sezione e le opere attualmente in progetto (conche) dovrebbero risultare adeguate allo standard (ad esempio larghezza minima di 14 m);
- il tratto terminale e la conca a Po in progetto della Ferrarese ("direttissima Po-Volano") dovrebbe essere sullo stesso standard (2).

**Soluzioni proposte in variante** - Sono stati individuati due percorsi alternativi che si ritengono idonei per realizzare il collegamento Po-Canalbiano.

Entrambi si immettono in Po in località prossime a Ferrara e contemporaneamente non troppo discoste dal Canalbiano.

Il primo tracciato, a monte di Ferrara è quello che si ritiene preferibile sotto l'aspetto dell'efficienza del collegamento, in quanto comporta una lunghezza totale di percorso fra Bressane (luogo in cui si stacca dal Canalbiano) e la conca del tronco di collegamento diretto al Po di Volano (3), di circa 19,5 Km (di cui 11,7 nel Po), mentre il secondo tracciato comporta, fra gli stessi punti, un percorso di circa 36 Km.

Il secondo tracciato è invece più favorevole sotto l'aspetto del costo dell'opera, in quanto richiede l'esecuzione di un canale di 4,3 Km di lunghezza, contro una lunghezza di 7,8 Km per il primo tracciato.

**Taglio Po-Canalbiano a monte di Ferrara** - Collega il Canalbiano in località Bressane con il Po in località Gilliola (circa 1 Km a monte di Stienta).

Il tracciato si sviluppa in una zona abbastanza libera da insediamenti ed infrastrutture per complessivi 7,8 Km.

Il collegamento col Canalbiano potrebbe avvenire in corrispondenza della curva verso Est che l'idrovia compie nell'abitato di Bressane; di qui proseguirebbe in direzione Sud attraversando il canale consorziale di Stienta, quindi con un'ampia curva ad Est attraverserebbe il cavo Bentivoglio in località Ponte Favarzano, per sbloccare in Po dopo una deviazione a Sud poco a valle della località Gilliola.

Il percorso è stato controllato su recenti fotografie aeree della

zona in base quali non risultano interferenze significative della idrovia con insediamenti o infrastrutture importanti. Il punto più critico sembra quello dell'immissione nel Canalbianco per la relativa urbanizzazione dell'area di Bressane.

**PROFILO** - La quota del Canalbianco all'innesto del collegamento è di 3,82 m s.m. (mantenuta dal sostegno di Bussari).

La quota ottima alla quale mantenere il pelo liquido del canale per minimizzare i movimenti di terra ed i problemi connessi alle quote di falda, sarebbe 8-9 m s.m., considerato che i terreni attraversati sono a quote generalmente comprese fra 7 ed 8 m s.m. Tuttavia, considerata la necessità di realizzare comunque la conca a Po, sembra eccessivo proporre anche una conca subito a valle dell'innesto sul Canalbianco.

Si ritiene pertanto che in via preliminare sarebbe da studiare la fattibilità del collegamento con pelo liquido alla stessa quota del Canalbianco (3,82 m s.m.).

La realizzazione del canale richiederebbe uno scavo profondo da 7,5 ad 8,5 m per garantire fondali non inferiori a 4 m.

Una indicazione positiva sulla fattibilità dell'opera nei confronti dei problemi di falda può venire dall'esistenza stessa del Canalbianco che nella zona si trova in una identica situazione altimetrica rispetto al piano campagna.

La conca a Po dovrebbe essere di tipo reversibile essendo i livelli nel fiume variabili fra 2,6 m s.m. (per durata 355 gg/anno) a 9,0 m s.m. (per durate di 10 gg/anno).

La quota di massima piena nella sezione considerata è 15,30 m s.m (piena 1951 ricostruita).

Il salto massimo della conca, con livelli nel Po che permettono l'esercizio della navigazione è valutabile in  $9,0 - 3,82 = 5,18$  m.

**Attraversamenti** - Il canale attraversa tre strade di importanza regionale o locale:

- la strada Ostiglia-Ferrara che viene attraversata subito a nord della conca;
- la strada Trecenta-Stienta;
- la strada Castelguglielmo-Pincane, attraversata dal canale all'immissione nel Canalbianco.

Non sono da prevedere attraversamenti ferroviari.

Per quanto riguarda le interferenze con corsi d'acqua, si tratta di sifonare alcuni canali di scolo, fra i quali i più importanti sono:

- il Canale Consorziale di Stienta;
- il Cavo Bentivoglio;
- il Cavo Arienti;
- lo scolo di Castel Guglielmo.

**Taglio Po-Canalbianco a valle di Ferrara - Collega il Po a Polesella con il Canalbianco a Bosaro.**

La zona sembra adatta soprattutto per la breve distanza fra Po e Canalbianco che potrebbero qui venire collegati con un canale di soli 4,3 Km di lunghezza.

Come già detto in premessa, questa soluzione risulta invece meno favorevole sotto il profilo dell'economia generale di un possibile collegamento "diretto" Mantova-Ravenna, in quanto comporterebbe, rispetto alla precedente soluzione, un allungamento di percorso di circa 17 Km.

**Tracciato e profilo -** Il tracciato dell'idrovia seguirebbe un'andamento quasi parallelo alla Fossa Polesella e si svolgerebbe, per le stesse ragioni prima esposte riguardo al Taglio Po-Canalbianco a monte di Ferrara, su un'unica livelletta con pelo liquido a quota 1,26 m s.m., uguale alla quota del Canalbianco a valle del sostegno di Bussari.

Le quote medie dei terreni attraversati (5,0-6,0 m s.m.) richiederebbero l'esecuzione dell'intero canale in trincea della profondità di 8-9 m.

L'incrocio con il Canalbianco potrebbe essere realizzato fra lo abitato di Bosaro e la linea ferroviaria Ferrara-Rovigo; la conca di navigazione a Po potrebbe venire realizzata circa 1,5 Km a valle di Polesella in località Boariola.

Poichè i livelli idrometrici nel Po, in corrispondenza della conca sono compresi fra 0,90 m s.m. e 6,4 m s.m. per portate di durata rispettivamente di 355 e di 10 gg/anno, la conca dovrebbe essere di tipo reversibile e capace di un salto massimo - in condizioni di esercizio - di 5,14 m.

Attraversamenti - Gli attraversamenti di strade importanti sono i seguenti:

- S.S. n° 16 Ferrara-Rovigo;
- strada Polesella-Bottrighe
- strada Borgo S.Maura-Guarda Veneta

Non sono da prevedere attraversamenti ferroviari.

Gli attraversamenti di canali di scolo di qualche importanza, da realizzare mediante botti a sifone, sono limitati al Collettore Padano ed allo Scolo Magarino.

Caratteristiche dell'idrovia - In entrambi i casi, si ritiene si debbano prevedere sezioni di canale adatte al transito di natanti classificabili in classe V (1.500 - 3.000 t).

In particolare dovrà essere garantito l'accesso ed il transito sia a natanti assimilabili alle "grosse unità renane" (95x11,5x 2,7 m), sia a chiatte spinte di tipo padano (76,5 x 11,6 x 2,50 m), sia a battelli fluviomarittimi con larghezza fino a 13,5 m.

Tenendo conto dell'immissione a pieno carico di questi tipi di battelli (3,30 m), il tirante d'acqua minimo garantito dovrebbe essere di 4,30 m.

Una sezione tipo adatta potrebbe essere la seguente:

larghezza dello specchio d'acqua	m 59,2
larghezza alla profondità di 42,0 m	m 31,0
area liquida	mq 217,6
rapporto fra sezione liquida e sezione maestra del natante di progetto (13,5 x 3,3 = 44,55 mq)	4,9
tirante d'aria	m 6,5

Ammesso che i principali problemi per una "ristrutturazione" del Canalbianco sarebbero connessi alla rettifica del tracciato, più che all'approfondimento ed all'allargamento delle sezioni (per la funzionalità dell'idrovia secondo l'ipotesi di progetto fatta in premessa occorrerebbero sezioni sui 180-200 mq e tiranti d'acqua sui 4,30-4,50 m), sembra più realistico non considerare la possibilità di transito per convogli spinti e quindi non prevedere l'impiego di conche di 200 m di lunghezza.



Le conche adottate potrebbero quindi avere dimensioni:

lunghezza = 110 m,            larghezza = 14 m.

---

(1) Si intende l'idrovia Ferrarese sistemata e completata come descritto al punto IP/15.

(2) Secondo il progetto esistente (anno 1972) questo tronco sarebbe dimensionato per il transito di natanti fluviali da 1.350 t, e comunque la conca a Po, prevista di 12 m di larghezza porrebbe serie limitazioni al transito di battelli fluviomarittimi, per alcuni dei quali è richiesta una larghezza di conca di 14 m.

(3) Si veda IP/15.



IP/14 - Collegamento idroviario dal Po all'area Bologna/Modena  
(terminale di S.Giovanni in Persiceto)

Premessa - Il progetto esaminato, riguardante il collegamento idroviario in oggetto, è stato eseguito nel 1969 per iniziativa dell'Istituto di Tecnica ed Economia dei trasporti dell'Università di Bologna, e del Consorzio Palata-Reno che ha competenza sulle aree attraversate dalle nuove opere di navigazione.

Tracciato - L'idrovia, che con un percorso della lunghezza complessiva di 37,8 Km collega l'area di Modena e Bologna al Po, ha come terminale Sud il porto di S.Giovanni in Persiceto (ubicato a 20 Km dai due capoluoghi) e si immette nell'alveo del Po immediatamente a valle di Foce Panaro.

Il tracciato può essere suddiviso in due tronchi distinti:

- il tronco di monte, di 23,9 Km, da S.Giovanni in Persiceto fino all'immissione nel Cavo Napoleonico in località S.Carlo da realizzare "ex novo";
- il tronco di valle di 13,9 Km che segue il corso del Cavo Napoleonico, attualmente impiegato sia per il servizio irriguo, che come scolmatore in Po delle piene del Fiume Reno.

Nel progetto viene d'altra parte ricordato che già in fase di progetto di massima della sistemazione del Cavo Napoleonico a scolmatore di piena (1947) venne tenuta presente la possibilità di una futura utilizzazione idroviaria dell'opera, tanto che il canale venne realizzato con fondo orizzontale.

Attualmente il Cavo Napoleonico termina a Po con l'impianto idrovoro del Palantone che provvede nei mesi irrigui al sollevamento dell'acqua del Po nel canale.

Come già detto, il tracciato a monte della località S.Carlo, prevede la realizzazione di un nuovo canale navigabile che staccandosi in sinistra del Cavo Napoleonico si dirige dapprima ad ovest passando a nord l'abitato di Buonocampra, quindi con direzione Sud-Ovest attraversa una zona di recente bonifica compresa fra Crevalcore, Cento e Finale Emilia, dove sono scarsi sia gli insediamenti che le infrastrutture varie.

Il terminale idroviario è previsto in località Barchessa in comune di S.Giovanni in Persiceto, circa 4,5 Km a Nord del centro abitato.

Profilo - L'intero percorso si sviluppa su tre livellette orizzontali: due sul canale da realizzare, una nel corso del Cavo Napoleonico.

La prima livelletta, con pelo liquido a quota 15,50 m s.m. ha una lunghezza di 13,9 Km ed è compresa fra il porto terminale e la conca di navigazione in località Dodici Morelli, con un salto di 3,50 metri.

La seconda livelletta, di 9,6 Km di lunghezza, ha pelo liquido a quota 12,00 m s.m. ed ha come estremo di valle la conca di S. Agostino che dà accesso al Cavo Napoleonico.

La terza livelletta, si sviluppa per tutta la lunghezza (13,9 Km) nel cavo Napoleonico, ed ha livello variabile fra 8,50 m s.m. e 10,00 m s.m. in funzione dell'utilizzazione irrigua del Cavo.

In sostanza si prevede di mantenere la quota 10,00 m s.m. durante il periodo irriguo, mentre negli altri mesi dell'anno il livello verrebbe regolato a quota 8,50 per non limitare eccessivamente la capacità di laminazione del Cavo qualora debba funzionare come scaricatore del Reno.

Il collegamento al Po è realizzato mediante conca di navigazione prevista sulla destra del sistema di chiaviche dello scolmatore.

Dimensionamento - L'idrovia è dimensionata per il transito di natanti automotori da 1.350 tonn di convogli di chiatte spinte e di natanti fluviomarittimi fino a 2.000 tonn.

L'alveo di magra del Cavo Napoleonico ha una larghezza di 50-80 m, ed è previsto il solo rivestimento delle sponde per renderlo adatto alla navigazione.

La sezione corrente del tratto di nuova costruzione ha le seguenti caratteristiche:

. larghezza al livello del pelo liquido	42,20 m
. larghezza del fondo	28,00 m
. profondità massima	3,50 m
. sezione liquida	122,50 mq
. tirante d'aria sotto i ponti (1)	6,50 m

Conche di navigazione - Le tre conche di navigazione hanno

dimensioni utili di 200 x 12 m; è prevista la possibilità della realizzazione in parallelo di conche da 200 x 24 m.

I dislivelli da superare sono:

m 3,50 per la conca di Dodici Morelli

m 3,50 (max) per la conca di S. Agostino

m 5,70 (max) per la conca a Po, in corrispondenza di uno stato di massima magra del Po (4,30 m s.m.); in condizioni di massima piena (livello in Po 15,60 m s.m.) il massimo dislivello può essere  $15,60 - 8,50 = 7,10$  m (2).

**Attraversamenti** - Il tratto di idrovia da costruire ex novo non è interessato da attraversamenti di ferrovie, autostrade o strade statali; gli attraversamenti sul Cavo Napoleonico sono adeguati a garantire tiranti d'aria di 5,0 m con livello del pelo liquido a 10,0 m s.m. (periodo irriguo) e di 6,50 m nella rimanente parte dell'anno e non ne è prevista la sostituzione.

---

(1) Con livello nel Cavo Napoleonico di 8,50 m s.m.

(2) In condizioni di piena è però verosimile che vengano aperte le paratoie a Po e che perciò non si stabilisca alcun dislivello fra monte e valle della conca.

IP/15
IP/16

IP/15 - Collegamento idroviario dal Po a Ravenna (mediante taglio ad est di Ferrara, parziale ricalibratura della Ferrarese e collegamento a porto Corsini)

IP/16 - Collegamento idroviario dal Po a Ravenna (mediante canale artificiale ex novo a sud delle Valli di Comacchio fino a Porto Corsini)

Premessa - Il collegamento diretto Po-Ravenna costituisce il ramo sud-orientale della rete idroviaria padana.

Attualmente il collegamento diretto a Ravenna non è possibile, in quanto l'idrovia Ferrarese (esistente) ha come terminale a mare Porto Garibaldi, circa 20 Km a nord di Porto Corsini (Ravenna).

E' cosa nota, d'altra parte, che Porto Garibaldi è utilizzato soprattutto come scalo turistico e di natanti da pesca, mentre il porto di Ravenna è uno dei maggiori porti commerciali italiani: è pertanto ovvio che il collegamento idroviario verso Ravenna sia stato, anche in anni recenti oggetto di studi approfonditi.

Il collegamento può essere considerato fondamentalmente secondo due alternative progettuali:

- la prima alternativa prevede il ricupero di gran parte del corso dell'idrovia Ferrarese e l'estensione della stessa verso Ravenna;
- la seconda alternativa prevede un nuovo collegamento diretto, completamente indipendente dall'idrovia esistente.

I progetti (di massima) esistenti sono stati impostati sulla prima alternativa; quelli qui considerati sono stati eseguiti fra il 1970 ed il 1972 e costituiscono, nell'insieme, un piano di estensione e di risistemazione generale della idrovia Ferrarese:

- Camera di Commercio di Ferrara: "Direttissima Po-Volano", 1972  
"Ricalibramento del tronco Ferrara-Canale Pallotta", 1972
- Comitato per il sistema portuale Porto Corsini-Porto Garibaldi:  
"Canale navigabile Porto Corsini - Porto Garibaldi", (1970).

Per quanto riguarda la seconda alternativa (collegamento diretto ex novo Po-Ravenna) che nell'ambito del presente lavoro è stata esaminata in modo sommario per valutare la proponibilità o meno di uno studio più approfondito, non si ha notizia di progetti già eseguiti.

Progetto di estensione e sistemazione dell'idrovia Ferrarese - E' il caso di premettere all'esame dei progetti un brevissimo cenno

sullo stato attuale dell'idrovia Ferrarese che con un percorso di 70 Km collega il Po (Pontelagoscuro) all'Adriatico (Porto Garibaldi).

Il percorso si svolge su tre tratte di differenti caratteristiche:

- il canale Boicelli di 5,5 Km di lunghezza, al quale si accede dal Po mediante la conca di Pontelagoscuro (in esercizio dal 1931), che passando ad ovest del centro abitato di Ferrara collega il Po al Po di Volano;
- il corso del Po di Volano fra Ferrara e Fiscaglia (35,5 Km) che, rimasto isolato dall'alveo principale dopo la rotta di Ficarolo del 1152, venne in seguito utilizzato come recapito dei canali di bonifica di Burana e del Bondenese e quindi, dalla fine dell'ottocento, utilizzato anche come idrovia;
- il canale Pallotta che collega il Po di Volano in località Fiscaglia a Porto Garibaldi con un percorso di 29 Km.

Lungo la via navigabile, oltre alla conca di Pontelagoscuro, sono ubicate le conche di Valpagliaro e di Valle Lepri.

Il percorso si svolge quindi su tre livellette:

- . a quota 4,60 m s.m. fra le conche di Pontelagoscuro e Valpagliaro;
- . a quota 1,50 fra Valpagliaro a Valle Lepri
- . a quota variabile fra 0,6 e 0,9 m fra Valle Lepri e Porto Garibaldi.

Le condizioni di navigabilità dell'idrovia sono limitate in primo luogo dalle insufficienti caratteristiche della conca di Pontelagoscuro, dimensionata per natanti da 600 t, e praticamente inutilizzabile per buona parte dell'anno a causa dell'insufficiente tirante d'acqua sulla soglia (circa 1 m in condizioni di magra ordinaria del Po).

Altri pesanti limiti all'utilizzazione dell'idrovia sono imposti dai numerosi ponti con tirante d'aria insufficiente (minore di 4,50 m), dalla limitata sezione liquida di alcuni tratti e dalla presenza di numerose curve con raggio insufficiente (si arriva a minimi di 250-350 m).

#### 1° alternativa

- Il criterio base che ha ispirato i progetti eseguiti nel 1970-72, è quello di collegare Ferrara all'Adriatico (Porto Corsini-Porto Garibaldi) mediante un'idrovia adatta al transito di navi fluvio-marittime da 3.000 t e da convogli di varia composizione.



Secondo questa impostazione, il porto di Ferrara da realizzare sulla nuova idrovia sarebbe il luogo di incontro fra la navigazione interna e la navigazione marittima e punto di smistamento di convogli fluviali tipo LASH.

Nel loro complesso i progetti citati riguardano un'idrovia di 82,8 Km di lunghezza e prevedono:

- A) la realizzazione di un collegamento diretto fra il Po subito a valle di Ferrara e l'idrovia esistente (idrovia Ferrarese - diversivo del Volano adatto per natanti fluviali).
- B) il completo rifacimento con estese rettifiche di tracciato (il termine "ricalibramento" che compare nel titolo del progetto è piuttosto riduttivo) del corso del Po di Volano costituente l'attuale via navigabile fra la passerella in località Addolorata ed il ponte apribile di Valle Lepri, in funzione della navigazione con natanti fluviomarittimi fino a 3.000 t.
- C) il collegamento da Valle Lepri a Porto Corsini realizzato in parte nella zona palustre delle Valli di Comacchio, sempre con caratteristiche adatte per natanti da 3.000 t.

Questi tre punti che distinguono tratti differenti ed omogenei di idrovia verranno qui di seguito esaminati singolarmente.

**Collegamento Po-Volano** - La proposta di un collegamento diretto fra il Po e l'idrovia a valle di Ferrara nasce dalla necessità di garantire una via navigabile di adeguate caratteristiche ai natanti in transito fra l'Adriatico ed i porti interni padani.

Le caratteristiche dell'idrovia Ferrarese nel tratto cittadino (Canale Boicelli e primi 4 Km del Po di Volano) sono infatti alquanto limitate e d'altra parte sarebbe estremamente difficile un adeguamento della sezione e dei tiranti d'aria sotto i ponti, considerati i vincoli dovuti alle infrastrutture esistenti.

Basta a questo riguardo pensare ai problemi connessi al rialzo del ponte ferroviario a quattro binari (tirante d'aria attuale 4,17 m) che richiederebbe in pratica il sovrizzo del piano del ferro della stazione di Ferrara.

L'insufficienza della sezione liquida del canale Boicelli è evidente se si considera che il rapporto fra sezione immersa del natante-tipo e la sezione liquida del canale deve essere, a norme CEMT non inferiore a 5.

Se si considerano un natante standard da 1.350 t (sezione immersa  $9,50 \times 2,50 = 23,75$  mq) ed una tipica chiatta spinta padana (se-

zione immersa  $11,6 \times 2,5 = 29,00$  mq) tale rapporto per il Canale Boicelli (area liquida di 92 mq) risulta rispettivamente pari a 3,9 e 3,2 quindi molto inferiore a quanto stabilito dalle norme ed a quanto l'esperienza dimostra essere un limite per una buona efficienza del sistema idrovia-natante.

Secondo l'impostazione del progetto esaminato il nuovo collegamento idroviario si sviluppa per 12,1 Km ad Est di Ferrara ed ha origine con la conca di navigazione a Po ubicata circa 2,5 Km a valle del ponte ferroviario di Pontelagoscuro.

**Conca di navigazione** - La conca di navigazione, di dimensioni utili  $200 \times 12$  m è progettata per un dislivello massimo di 8,71 m fra il livello di massima piena del Po (13,31 m s.m.) e la quota della superficie liquida nel canale navigabile (4,60 m s.m.).

**Tracciato** - Il tracciato dell'idrovia segue la direzione Nord-Sud nella prima parte del percorso fino alla località Stecchi, e devia quindi ad Est superando le località Boara e Baura.

Il collegamento al Po di Volano avviene poco a monte della passerella in località Addolorata.

**Profilo** - L'intero percorso si sviluppa su un'unica livelletta orizzontale con pelo liquido a quota 4,60 m s.m. (fra 0,00 e + 1,50 m rispetto al piano campagna).

**Attraversamenti** - Nel tratto non esistono attraversamenti ferroviari; gli attraversamenti stradali non sono di grande impegno: sono previsti 5 attraversamenti per strade comunali e 4 botti a sifone per canali irrigui o di drenaggio.

La luce libera sotto i ponti è di 6,50 m.

**Sezione tipo** - La sezione tipo è dimensionata per natanti standard da 1.350 t (sezione maestra di  $9,50 \times 2,50$  m).

- larghezza della superficie liquida	38,50 m
- larghezza fra i cigli interni	41,50 m
- larghezza alla profondità di 2,50 m	31,20 m
- profondità massima	3,80 m
- larghezza strade alzaie	6,00 m

- pendenza sponde (rivestite in conglomerato bituminoso)	2/3
- sezione liquida	124,44 mq
- rapporto fra sezione liquida e sezione maestra del natante tipo	5,23

Rettifica del Po di Volano - Il completo rifacimento dell'idrovia Ferrarese fra la passerella in località Addolorata ed il ponte apribile di Valle Lepri, è imposto dall'obiettivo del progetto, che, si ripete, è quello della realizzazione di una via navigabile adatta a natanti fino a 3.000 t. (dimensioni 90 x 15 x 3,50) ed a varie combinazioni di natanti, fino alle dimensioni massime di un convoglio tipo LASH (larghezza 23 m, lunghezza 185 m).

Il conseguimento di tale obiettivo ha consigliato, sulla scorta delle verifiche eseguite per un gran numero di possibili combinazioni di convogli in transito, un'idrovia con le seguenti caratteristiche:

- larghezza dello specchio d'acqua	63,00 m
- altezza d'acqua	5,00 m
- sezione liquida	264,00 mq
- larghezza minima fra i cigli delle arginature	67,00-71,00 m
- larghezza del fondo orizzontale	41,00 m
- pendenza delle sponde (rivestite)	1:2
- raccordo al fondo con pendenza	1:3
- tirante minimo d'aria sotto i ponti	7,00 m

Profilo - L'ubicazione delle conche di navigazione e le quote del pelo liquido rimarrebbero invariate:

- a monte della conca di Valpagliaro	4,60 m s.m.
- fra le conche di Valpagliaro e Valle Lepri	1,50 m s.m.
- a valle di Valle Lepri variabile in funzione delle condizioni di marea. In progetto si considera la quota 0,00 m s.m.	

Tracciato - Il tracciato si sviluppa per 35,9 Km dal ponte della località Addolorata al ponte apribile di Valle Lepri (16,2 Km in meno rispetto al tracciato attuale).

Dal punto iniziale fino a Medelana il nuovo canale segue ora in destra, ora in sinistra il tracciato attuale con una successione di rettilinei e di curve ad ampio raggio (2.000 m) che tagliano le

strette curve ed anse del Volano; da Medelana a Migliarino, il tracciato si discosta decisamente dal Po di Volano, attraversando la ferrovia Codigoro-Ferrara ed immettendosi con bacino di viraggio sull'esistente tracciato del canale navigabile Fiscaglia Porto Garibaldi per sottopassare, utilizzando il manufatto esistente, la superstrada Ferrara-Mare.

Dopo tale attraversamento il nuovo tracciato non si discosta sensibilmente da quello dell'esistente canale.

**Conche di navigazione** - E' prevista la realizzazione, a lato delle conche esistenti di Valpagliano e Valle Lepri (che rimarrebbero comunque in esercizio) di due nuove conche adatte al transito dei natanti e dei convogli "di progetto".

Le dimensioni previste sono:

Lunghezza utile massima	210,0 m
. vasca di monte	92,5 m
. vasca di valle	103,5 m
Larghezza	24,0 m
tirante d'acqua sulla soglia	5,0 m
salto	
. Valpagliano	3,1 m
Valle Lepri	1,5 m

**Attraversamenti** - Per quanto riguarda gli attraversamenti, il progetto prevede di garantire la praticabilità di quelli attualmente esistenti.

Sono previsti 14 attraversamenti stradali ordinari con tirante d'aria di 7,0 e 2,0 m realizzati con ponti metallici apribili a valle delle due conche.

Per il nuovo attraversamento ferroviario sulle linee Codigoro-Ferrara, è prevista l'adozione di un ponte girevole, in quanto la soluzione con ponte fisso e rilevati di raccordo, oltre ad un costo superiore, risulterebbe difficilmente compatibile con i vari vincoli altimetrici della linea ferroviaria.

**Collegamento Valle Lepri-Porto Corsini** - Il collegamento Valle Lepri - Porto Corsini completa il collegamento della rete idroviaria a Ravenna.

Il progetto esaminato fa in effetti riferimento al "canale navigabile Porto Corsini - Porto Garibaldi" ed ha lo scopo di "...creare un'ampia zona lagunare, collegata con Porto Corsini e Porto Garibaldi, servita da due porti e congiunta con un canale navigabile, già ultimato (1), a Ferrara ed al Po". E' tuttavia evidente che il massimo interesse di questa nuova idrovia risiede nel collegamento fra l'idrovia Ferrarese (Valle Lepri) ed il porto di Ravenna.

**Dimensionamento** - In base all'impostazione di progetto, il canale è stato dimensionato per natanti da 3.000 t. (90 x 15 x 3,50 m) considerando anche che l'assenza nella zona interessata dal tracciato, di insediamenti, di ferrovie e di vie di grande comunicazione non impone i consueti vincoli economici (dovuti alle opere di attraversamento di una via navigabile di dimensioni superiori a quelle normalmente adottate).

**Sezione tipo** - La sezione scelta in progetto ha dunque le seguenti caratteristiche:

- larghezza della superficie liquida (con pelo liquido a quota 0,0 m s.m.)	
. tratti esterni alle Valli	70,0 m
. tratto interno alle Valli	80,0 m
- larghezza del fondo orizzontale	40,0 m
- profondità (con pelo liquido a quota 0,00)	5,0 m
- sezione liquida minima (c.s.)	275,0 mq
- rapporto fra sezione liquida e sezione immersa del natante tipo (52,50 mq)	5,2
- pendenza delle sponde (rivestite)	
. tratti esterni alle Valli	1:3
. tratto interno alle Valli	1:4
- tirante d'aria sotto i ponti	7,0 m

**Tracciato** - Il tracciato del canale della lunghezza complessiva di 34,8 Km ha origine immediatamente a valle del ponte apribile di Valle Lepri e segue nel primo tratto la direzione nord-sud costeggiando l'argine Agosta ed attraversando le Valli Pega e Fossa di Porto.

Dopo circa 13 Km il canale devia verso Est attraversando la Valle di Lido di Magnavacca fino a giungere a circa 3,5 Km dal mare, quindi devia nuovamente a sud per attraversare a raso il fiume Reno.

Attraversata anche la strada Romea, il percorso prosegue costeggiando la pineta di S.Vitale e termina alla Piallassa della Bajona, zona destinata allo sviluppo del porto commerciale di Ravenna.

In quest'ultimo tratto, oltre al passaggio del Reno, sono previsti gli attraversamenti a raso del canale di bonifica a destra del Reno e del torrente Lamone.

**Profilo** - Il tracciato si sviluppa per l'intera lunghezza su una unica livelletta orizzontale con pelo liquido a livello variabile in funzione delle condizioni di marea (l'ampiezza media delle maree sigizie a Ravenna è di circa 50 cm, ma in condizioni di vento particolari il livello può salire anche di 1,60 m).

Il fondo è fissato a quota -5,00 m s.m.

Le arginature sono comunque a quota 3,00 m s.m. per poter contenere i livelli delle più alte mareggiate e anche i livelli di piena del Reno nel caso non si provvedesse alla chiusura dei manufatti di attraversamento.

**Attraversamenti** - Si è già detto che per il Fiume Reno, il Torrente Lamone ed il canale di bonifica in destra Reno è previsto l'attraversamento a raso con chiuse di guardia sull'idrovia.

Per gli attraversamenti minori è previsto l'impiego di botti a sifone.

L'emissario Fosse (nelle Valli) viene incrociato a raso.

Per quanto riguarda gli attraversamenti stradali, l'unico di un certo impegno è quello della via Romea (con luce centrale di 54 m); mentre sulla strada d'argine Agosta-Comacchio è previsto un ponte levatoio.

#### 2° alternativa -

**Premessa** - La seconda alternativa al collegamento idroviario Po-Ravenna qui presa in esame, che prevede un tracciato del tutto nuovo ed indipendente dall'esistente idrovia Ferrarese, viene considerata, come già detto, al solo scopo di verificare la proponibilità o meno di uno studio più accurato al riguardo.

Lo studio eseguito è impostato sostanzialmente sulla ricerca di un

possibile tracciato idroviario che avendo origine in sponda destra del Po, ad Ovest di Ferrara in una zona di prevedibile sviluppo industriale raggiunga il porto di Ravenna con un percorso il più possibile diretto senza interferire con centri abitati ed insediamenti importanti.

Con lo spostamento della conca a Po ad Ovest di Ferrara, si avvicina il porto di Ravenna agli esistenti ed ai futuri scali idroviari ubicati lungo l'asta del Po, e si offre a Ferrara la possibilità di realizzare un porto in una zona che non ne vincoli già sul nascere il possibile sviluppo.

**Tracciato** - Il tracciato dell'idrovia di 86,2 Km di lunghezza complessiva ha origine con la conca a Po di fronte all'abitato di Gilliola (località della quale potrebbe essere previsto un nuovo collegamento Po-Canalbianco).

La prima parte del tracciato, per circa 13 Km, si svolge in direzione sud passando ad ovest l'abitato di Casaglia ed a est Vigarano Pieve e Vigarano Mainarda.

Fra queste due ultime località avviene l'attraversamento delle linee ferroviarie Ferrara-Cento e Ferrara-Suzzara.

In prossimità dell'abitato di Coronella l'idrovia devia verso Sud-Est per correre parallelamente - dopo aver attraversato la linea ferroviaria Bologna-Ferrara, l'autostrada A13 Bologna-Padova e la SS. n° 64 - alla strada Poggio Renatico - Molinella, fino a Spinazzino.

Qui devia ad Est per attraversare poco a Sud di Bova il Po morto di Primaro.

A valle dell'attraversamento, in corrispondenza della netta variazione di quota del terreno (da quota media 7-8 m s.m. a monte a quota media 2 m s.m. a valle) è ubicata la seconda conca di navigazione.

Il tracciato prosegue quindi passando a sud di Benvignate per attraversare la S.S. n° 16, la S.S. n° 495 e le linee ferroviarie Bologna-Portomaggiore e Ravenna Ferrara, e superando a nord l'abitato di Bando.

Il percorso continua quindi correndo parallelo allo scolo Gramigne ed alla fossa della Valle, fino alla canaletta Umana a valle della

quale è ubicata la terza conca di navigazione in località Cantoncino.

Con un'ampia curva a nord dell'abitato di S. Alberto, il canale riprende la direzione Sud-Est e supera a raso il fiume Reno, il canale di bonifica in destra del Reno ed il torrente Lamone.

Oltrepassata la strada Romea, attraversa, seguendo il corso del canale Fossatone, la pineta di S. Vitale e si innesta, all'estremità del canale Bajona compreso nel sistema portuale di Ravenna.

**Profilo** - Il profilo dell'idrovia si sviluppa su tre livellette orizzontali:

- . la prima a quota 8,0 m s.m. fra la conca a Po e la conca di Bova ha una lunghezza di 35,0 Km;
- . la seconda a quota 1,0 m s.m. fra la conca di Bova e quella in località Cantoncino, della lunghezza di 36,0 Km;
- . la terza a quota variabile in funzione delle condizioni di marea (0,0 - 1,6 m s.m.) fra la conca in località Cantoncino ed il porto di Ravenna, di Km 15,2.

**Dimensionamento** - Considerati i numerosi vincoli altimetrici dovuti agli attraversamenti ferroviari, che vincolano le quote massime delle livellette, e la natura dei terreni attraversati che non sembra favorevole a scavi profondi, si ritiene prudente non proporre in questa sede la fattibilità di un'idrovia con tiranti di acqua di 5 m e tiranti d'aria di 7 m (come nei progetti prima esaminati) adatta a consentire il transito di navi fluviomarittime da 3.000 t.

Si ritiene invece proponibile una sezione che consenta il transito di convogli di chiatte spinte "padane" di dimensioni 76,5 m x 11,6 m x 2,5 m (sezione maestra 29 mq).

Tale sezione può avere le seguenti caratteristiche:

- |  |        |
|--|--------|
| . larghezza alla quota del pelo liquido                              | 52,0 m |
| . larghezza al fondo (orizzontale)                                   | 31,0 m |
| . larghezza alla profondità di 2,5 m                                 | 37,0 m |
| . fondale massimo  | 3,5 m  |
| . pendenza delle sponde (rivestite)                                  | 1:3    |
| . sezione liquida  | 145 mq |
| . rapporto fra sezione liquida e sezione maestra immersa del natante | 5,0    |
| . tirante d'aria sotto i ponti                                       | 6,5 m  |



**Attraversamenti** - Numerose sono le interferenze dell'idrovia con strade, ferrovie e corsi d'acqua.

Complessivamente si hanno:

- 5 attraversamenti ferroviari (Ferrara-Cento, Ferrara-Suzzara, Ferrara-Bologna, Bologna-Portomaggiore, Ravenna-Ferrara)
- 1 attraversamento autostradale (A13 Bologna-Padova)
- 6 attraversamenti di strade statali (nn° 496 - 255 - 64 - 16 - 16 bis - 309) e 9 di altre strade importanti
- 1 attraversamento su ponte canale (Po morto di Primaro)
- 3 attraversamenti a raso (Fiume Reno, canale di bonifica in destra del Reno, Torrente Lamone)
- numerosi attraversamenti in sifone di canali di bonifica, fra i quali il più importante è l'emissario della Burana.

---

(1) Nella citazione si fa riferimento alla Ferrarese nelle attuali condizioni.



IP/17 - Collegamento Monfalcone Jugoslavia

Premessa - Il collegamento Monfalcone-Jugoslavia (Lubiana) costituisce il tratto terminale ad Ovest dell'idrovia Danubio-Mare Adriatico.

L'impostazione generale del progetto (1), prevede:

- il collegamento Monfalcone-Gorizia-Lubiana secondo due tracciati alternativi;
- il collegamento Sava-Danubio secondo le direttrici:
  - . Sava (Zidani Most) - Danubio (fra Vienna e Bratislavia)
  - . fiume Sava fino a Belgrado, o in alternativa fiume Sava fino a Samac e collegamento idroviario Samac-Vukovar (Danubio).

Nel complesso l'opera in progetto appare di impegno notevolissimo: considerando una delle alternative proposte, ovvero la Monfalcone-Gorizia-Lubiana (in parte lungo il corso del fiume Idrijca)-Samac (lungo la Sava)-Vukovar (in canale artificiale fino al Danubio), ed il collegamento all'alto Danubio lungo uno dei due percorsi alternativi Zidani Most-Danubio, si hanno complessivamente:

. Monfalcone-Lubiana (Sava)	Km	151
. Lubiana (Sava)-Vukovar (Danubio)	Km	506
	TOT	Km 657
. Zidani Most (Sava)-Danubio	Km	354
	TOT	Km 1.017

così suddivisi:

		Monfalcone Vukovar	Zidani Most- Danubio	Tot.
in canale artificiale	Km	165	117	282
in alveo bacinizzato	Km	475	224	699
in galleria	Km	17	13	30
		<hr/>		
	TOTALE	657	334	1.011

La somma dei dislivelli superati è di 543,5 m fra Monfalcone e Danubio (Vukovar) e 493,0 m fra Zidani Most (Sava) e Danubio.

E' previsto l'impiego di

- 25 conche fra Monfalcone e la Sava
- 22 conche sulla Sava fino a Samac
- 2 conche fra Samac (Sava) e Vukovar (Danubio)

TOT. 49 conche sul percorso Monfalcone-Vukovar

Nello studio non viene specificato il numero di conche necessarie per superare il dislivello totale (inteso come somma dei dislivelli) di 493 m fra Zidani Most e Danubio.

Collegamento Monfalcone-Jugoslavia - Il collegamento in oggetto è stato studiato secondo due alternative definite come "soluzione Idrijca" e "Soluzione Vipava".

Il tratto iniziale di 26 Km, da Monfalcone a Gorizia è identico per entrambe e comporta in sostanza la realizzazione di un canale artificiale lungo il corso del fiume Isonzo, suddiviso in sette livellette da sei conche di navigazione.

Alla confluenza dei fiumi Vipava (Vipacco) ed Isonzo, a circa due chilometri dal confine orientale italo-jugoslavo, vengono prospettate le due possibilità:

soluzione Vipava: l'idrovia dopo essere passata in ponte canale dalla sponda destra alla sponda sinistra dell'Isonzo prosegue in canale artificiale lungo il fondovalle del fiume Vipava, entra subito in territorio jugoslavo e con sei conche supera un primo dislivello di 47 m (da 48 m s.m. a 95 m s.m.) su un percorso di 31,6 Km fino al porto di Vipava.

Il tratto successivo di 28,5 Km comprende:

- . 3,5 Km percorsi su tre piani inclinati in successione (pendenza 7%) che fanno superare all'idrovia il dislivello di 205 m, per portarla a quota 300,00 m s.m.
- . 25 Km in galleria (sotterraneo attivo) con pendenza (nel senso di marcia) allo 0,16/1.000 (2).

All'uscita della galleria una serie di 4 conche porta il livello da quota 296 a quota 266 (livello P.L. del fiume Sava bacinizzato a Lubiana) lungo un tratto di 35,1 Km di canale artificiale.

Soluzione Idrijca: poco a valle di Gorizia, il canale passa mediante ponte canale in destra Isonzo fino al porto di Gorizia in località S.Andrea. Di qui l'idrovia prosegue nell'alveo bacinizzato dell'Isonzo sul quale viene costruita una serie di traverse e di dighe.

Con una serie di 4 conche (di cui una doppia per superare il dislivello di 48 m) viene risalito l'Isonzo fino alla confluenza del fiume Idrijca, superando un dislivello di 105 m su una lunghezza di circa 43 Km.

Con una serie di tre conche delle quali due doppie ed una tripla viene risalito il corso dell'Idrijca bacinnizzato (dislivello superato: 147 m su 26 Km), fino alla conca di accesso alla galleria (sotterraneo attivo) che con una lunghezza di 17 Km sbocca a quota 302 nel bacino della Sava.

Con un'ultima serie di 4 conche su canale artificiale di 37,8 Km viene superato il dislivello di 36 m fra le quote 302 (sbocco galleria) e 266 fiume Sava bacinnizzato nei pressi di Lubiana.

**Percorso nel territorio Italiano** - Dopo questa premessa per inquadrare il progetto generale, si esamina più in dettaglio in tracciato in progetto in territorio italiano.

L'idrovia ha dunque origine con il porto fluviale in prossimità del porto di Monfalcone, all'estremità verso mare dell'esistente "canale navigabile".

Il tracciato segue per circa 4 Km il suddetto canale navigabile, quindi, attraversata la S.S. 352 per Grado, si mantiene in sponda sinistra dell'Isonzo aggirando ad Est l'abitato di Monfalcone.

Al Km 10 attraversa la S.S. n° 14 e la linea ferroviaria Venezia-Trieste, al Km 15 l'autostrada A4 (che deve essere notevolmente rialzata per sovrappassare l'idrovia) e quindi, in ponte canale passa in sponda destra Isonzo per superare l'abitato di Sagrado.

Costeggiando la bretella autostradale per Gorizia, il tracciato supera a nord l'abitato di Gradisca ed attraversa per due volte (ad Ovest ed a Nord del suddetto centro abitato) la S.S. n° 351, e passa nuovamente in ponte canale l'Isonzo (circa 200 m a valle del ponte della bretella autostradale) portandosi in sponda sinistra.

A monte del ponte canale sono previste le due alternative di percorso (soluzioni Idrijca e Vipava) cui si è accennato.

La prima soluzione, che, come già detto prevede la risalita dello Isonzo comporta un tracciato in territorio italiano di maggior lunghezza (7,5 Km in più) e l'attraversamento della bretella autostradale per Gorizia.

**Profilo** - Il percorso dal porto fluviale al secondo ponte canale sull'Isonzo è suddiviso in 7 livellette alle quote (m s.m.) 0,00-7,00 - 15,00 - 22,00 - 29,00 - 39,00 - 48,00 - da sei conche di navigazione.

Nel caso della "soluzione Idrijca" l'alveo dell'Isonzo viene bacinizzato a quota 48,00 m s.m., fino a Nord di Gorizia, dove un secondo sbarramento (con associata conca di navigazione) porta il livello a 55,00 m s.m.

Le opere a monte sono tutte in territorio jugoslavo.

Nel caso della "soluzione Vipava" l'idrovia esce dal territorio italiano a quota 48,00 m s.m., in canale artificiale, dopo circa 3 Km dal secondo ponte canale sull'Isonzo.

**Collegamenti con la rete idroviaria italiana** - Nel progetto citato è previsto il collegamento diretto alla rete idroviaria italiana mediante la realizzazione di un canale artificiale della lunghezza di circa 4,5 Km, che partendo a valle dell'ultima conca (quota 0,00) corre in direzione Sud-Ovest fino ad attraversare a raso l'Isonzo a valle del ponte della S.S. 352 per Grado e ad immettersi nell'idrovia Litoranea Veneta attraverso il canale Isonzato.

Sempre nel progetto citato, si fa notare che il collegamento alla rete idroviaria italiana sarebbe inutile se non si prevedesse l'adeguamento della Litoranea Veneta per permettere il transito di natanti della V classe (scelta come classe di progetto per tutta l'idrovia in oggetto).

---

(1) I dati riportati sono desunti dallo "Studio di prefattibilità sull'idrovia Monfalcone-Gorizia-Lubiana" eseguito dall'Ufficio di coordinamento degli accordi di Osimo-Ministero degli affari esteri, sett. 1983.

(2) Per limitare la sezione liquida in galleria viene realizzato, mediante pompaggio, un flusso d'acqua che accompagna il natante nel moto.  
Ovviamente, per ogni senso di marcia, esiste una galleria indipendente.

STIME

IP/1 - Po a monte di foce Ticino (mediante bacinizzazione integrale dell'alveo fluviale) - non computato -

—ooo—

IP/2 - Collegamento idroviario da foce Ticino a Torino (mediante canale artificiale lungo il Po e bacinizzazione limitata dell'alveo fluviale)

Stima sommaria di larga massima delle opere

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile ed opere annesse Km 102 x 5.000 ME/Km	510.000	
2. Sistemazioni d'alveo bacinizzato Km 19 x 2.000 ME/Km	38.000	
3. Conche di navigazione n° 14 conche di dimensioni 110x12 m ed altezze (m): 11,00/10,69/6,31/10,00/12,00/10,00/ 8,00/10,00/10,00/12,00/8,50/9,50/ - 8,00/10,3	260.000	
n° 1 conca di dimensioni 200x12 m altezza m 4,08	15.000	
4. Traverse fluviali n° 6 per una lunghezza complessiva di 1.400 m	140.000	
5. Chiuse - n° 5	37.500	
6. Ponti canale - ponte canale sul Po L = 500 m - ponte canale su T.Agogna L = 50 m	30.250	
7. Attraversamenti n° 2 sovrappassi autostradali	15.000	
8. Sostituzione ponti con tirante di aria e/o luce insufficiente n° 4 ponti	60.000	
TOTALE	1.105.750	1.105.750



	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
9. Imprevisti (15%)	165.862	165.862
		<hr/>
TOTALE		1.271.612

IP/2 - costo stimato = 1.270 miliardi di lire (c.t.)

IP/3 - Po a foce Ticino a Cremona (mediante bacinizzazione integrale dell'alveo fluviale)

Stima sommaria di larga massima delle opere

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Sistemazioni d'alveo		
- da foce Ticino a isola Serafini (1)	38.000	
- da Isola Serafini a Cremona Km 7,5 x 2.000 ME/Km	15.000	
2. Conche di navigazione		
- n°4 da m 200 x 12 ed altezza inferiore a 6,0 m (1)	60.000	
- rifacimento conca di Isola Serafini: m 200 x 12 x 12,20	25.000	
3. Traverse fluviali		
n° 4 traverse a paratoia mobili (1)	148.000	
	TOTALE	286.000
4. Imprevisti (10%)	28.600	28.600
	TOTALE	314.600

IP/3 - costo stimato = 310 miliardi di lire (c.t.)

(1) Costi desunti dal progetto Magistrato per il Po/SIMPO

IP/4 - Po da Cremona a foce Mincio (mediante bacinizzazione integrale dell'alveo fluviale)

Stima sommaria di larga massima delle opere

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Sbarramento in alveo		
- Brancere		
- Roccabianca		
- Mezzano Rondani		
- Suzzara		
- Camatta	160.000	
2. Conche di navigazione		
n° 5 conche da m 200 x 12 altezza inferiore a 6 m	75.000	
3. Sistemazioni fluviali	65.000	
4. Viabilità ed opere accessorie	10.000	
	TOTALE	310.000
5. Imprevisti (15%)	31.000	31.000
	TOTALE	341.000

IP/4 - costo stimato = 340 miliardi di lire (c.t.)

IP/5 - Po da foce Mincio a Voltagrmana (mediante bacinizzazione limitata dell'alveo fluviale)

Stima sommaria di larga massima delle opere

A. Sistemazione a corrente libera

La valutazione dei costi di realizzazione della sistemazione a corrente libera è eseguita sulla scorta dei dati relativi alla parte "sistemazione idraulica per la difesa dalle piene" del progetto Magistrato per il Po-SIMPO.

L'esame analitico dei costi degli interventi necessari alla difesa dalle piene ed alla navigazione, ha condotto alla definizione di un costo/Km di asta fluviale di:

- . 3.400 ME /Km da foce Mincio a foce Panaro dove sono già compiute opere specifiche per la navigazione;
- . 2.600 ME/Km da foce Panaro al mare ad esclusione delle opere specifiche (perlopiù opere in alveo) per la navigazione.

Poichè occorre comunque suddividere i costi da assegnare alla voce "navigazione" da quelli da assegnare alla voce "difesa idraulica", in quanto gli interventi per la difesa idraulica devono comunque essere eseguiti, indipendentemente da qualsiasi considerazione economica, sembra corretto indicare nella differenza  $3.400 - 2.600 = 800$  ME/Km l'onere aggiuntivo per adeguare le opere di semplice difesa ad opere per la sistemazione a via navigabile.

Il costo da imputare alla navigazione per le opere in alveo che si sviluppano per complessivi Km 125 di asta fluviale, fra foce Mincio e Vetta Grimana, è dunque stimato in:

$$\text{Km } 125 \times \text{ME/Km } 800 = \text{ME } 100.000$$

IP/5 - costo stimato = 100 miliardi di lire (c.t.) (1)

B. Bacinizzazione

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Sbarramento con paratoie mobili	27.000	

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
2. Conca di navigazione	15.000	
3. Sistemazioni fluviali nel tratto bacinizzato (Km 33)	22.000	
4. Sistemazione d'alveo nel tratto non bacinizzato (costo incremen- tale) per complessivi Km 92	73.600	
	<hr/>	
TOTALE	137.600	137.600

IP/5 - costo stimato (B) = 140 miliardi di lire (c.t.) (1)

---

(1) I costi stimati per il caso A e per il caso B si riferiscono entrambi all'in-  
tero tratto IP/5 e riguardano interventi in alternativa

IP/6 - Collegamento idroviario Torino-Novara-Ticino (nodo di Bornago)

Stima sommaria di larga massima delle opere

Una revisione dei costi dell'idrovia al 1980 è riportata nella memoria a cura del Comitato idrovia piemontesi e liguri prima citata.

Il computo eseguito aggiornando sia i prezzi (A), che i costi elementari di ogni categoria di lavoro: (B) ha fornito i seguenti importi:

	(A)	(B)
Tronco Torino-Porto di Novara	ME 471.000	ME 598.000
Tronco Porto di Novara-fiume Ticino (nodo di Bornago)	ME 23.000	ME 34.000
	<hr/>	<hr/>
	ME 494.000	ME 632.000

Applicando un coefficiente di rivalutazione dal 1980 alla fine 1983 pari a 1,59, (dagli indici ISTAT dei "prezzi dei beni finali d'investimento") si ottengono per il tratto in esame le seguenti valutazioni di costo al netto del costo dei porti e degli scali (che dovrebbero essere stimati al 1983 in 115 miliardi di lire):

785 miliardi di lire nel caso A  
1.011 miliardi di lire nel caso B

Per un confronto, si riporta qui di seguito la stima condotta secondo lo schema adottato nel presente studio.

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile ed opere annesse 93 Km x 4.500 ME/Km	418.500	
2. Conche di navigazione di dimensioni 110 x 12 m ed altezze di 19,75 m e 9,75 m	50.000	
3. Attraversamenti		
n° 7 ferroviari	105.000	
n° 3 autostradali	22.500	

		Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
4. Manufatti speciali			
n° 7 attraversamenti in ponte canale, per una lunghezza complessiva di 2.068 m		113.740	
	TOTALE	709.740	709.740
5. Imprevisti (15%)		106.461	106.461
	TOTALE		816.201

IP/6 - costo stimato = 820 miliardi di lire

IP/7 - Collegamento idroviario Acqui-Novara (nodo di Bornago)

Stima sommaria di larga massima delle opere

Una revisione dei costi dell'idrovia al 1980 è riportata nella citata memoria redatta a cura del Comitato idrovie piemontesi e liguri.

Il computo eseguito aggiornando i prezzi d'applicazione (A) ed i costi elementari di ogni categoria di lavoro (B), fornisce i seguenti costi di realizzazione:

	A	B
Tronco Novara (Mosezzo)-Acqui Terme	ME 664.738	ME 1.050.000
Collegamento al porto di Vercelli	ME 43.476	ME 53.178
	<hr/>	<hr/>
	ME 708.214	ME 1.109.178

Applicando un coefficiente di rivalutazione dal 1980 alla fine 1983 pari a 1,59, (dagli indici ISTAT dei "prezzi dei beni finali di investimento") si ottiene per il tratto in esame un costo stimato di:

1.126 miliardi di lire nell'ipotesi A

1.763 miliardi di lire nell'ipotesi B

Per un confronto dei costi di realizzazione così determinati, si esegue anche la stima sommaria secondo lo schema generalmente adottato nel presente studio.

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile e opere annesse		
- tronco Mosezzo-Acqui Terme		
Km 98,3 x 5.000 ME/Km	491.500	
- allacciamento al porto di Vercelli		
Km 5,8 x 5.000 ME/Km	29.000	
2. Conche di navigazione		
n° 9 conche da m 110 x 12 ed altezza:		
H = 15,05 m n° 4 conche		
H = 10,65 m n° 3 conche		



	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
H = 10,10 m n° 1 conca		
H = 7,65 m n° 1 conca	215.000	
3. Manufatti speciali ponti canale sui fiume Po, Tanaro e Orba - LTOT = 991 m	54.500	
4. Attraversamenti di impegno parti- colare n° 5 attraversamenti ferroviari n° 3 attraversamenti autostradali	75.000 22.500	
	<hr/>	
	TOTALE	887.500      887.500
5. Imprevisti (15%)	133.125	133.125
	<hr/>	
	TOTALE	1.020.625

IP/7 - costo stimato = 1.020 miliardi di lire (c.t.)

IP/8 - Collegamento idroviario Ticino (nodo di Bornago) - Lago Maggiore - Milano Nord

Stima sommaria di larga massima delle opere

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Tronco Ticino (Bornago)-Lago Maggiore		
1.1 Canale navigabile ed opere annesse		
- tronco Bornago-Varallo Pombia Km 12,5 x 4.500 ME/Km	56.250	
- tronco Varallo Pombia-Porto della Torre Km 3,0 x 6.000 ME/Km	18.000	
- tronco Porto della Torre-Miorina Km 5,5 x 2.000 ME/Km	11.000	
- tronco Miorina-Lago Maggiore Km 5,4 x 2.000 ME/Km	10.800	
1.2 Conche di navigazione e chiuse		
- conca di navigazione di Varallo Pombia dimensioni: 110 m x 12 m x 21,7 m		
- conca di navigazione di Bornago dimensioni: 110 m x 12 m x 10,0 m		
- conca di navigazione della Miorina dimensioni: 110 m x 12 m x 2,9 m	60.000	
- chiusa di Porto della Torre	7.500	
	TOTALE	163.550
1.3 Imprevisti (15%)	24.532	24.532
	TOTALE 1	188.082

IP/8 - costo stimato 1 = 190 miliardi di lire (c.t.)

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
2. Tronco Ticino (Bornago)-Milano Nord		
2.1 Canale navigabile e opere annesse		
- tronco Bornago-Arluno Km 21,5 x 4.500 ME/Km	96.750	
- tronco Arluno-Sesto S.Giovanni Km 26,7 x 6.000 ME/Km	160.200	
2.2 Conche di navigazione		
- elevatore meccanico dimensioni: 90 x 12 x 20,8	35.000	
2.3 Opere speciali		
- ponte canale a due vie sul fiume Ticino Lunghezza = 2.232 m	167.400	
- galleria a vie sdoppiate Lunghezza = 1.990 m Sezione di ogni galleria 220 mq	131.340	
2.4 Attraversamenti stradali e ferro- viari di impegno particolare		
- 3 attraversamenti ferroviari	45.000	
- 1 attraversamento autostradale	7.500	
	<hr/>	
	TOTALE	643.190
2.5 Imprevisti (15%)	96.478	643.190
		<hr/>
	TOTALE 2	739.668

IP/8 - costo stimato 2 = 740 miliardi di lire (c.t.)

—ooo—

IP/8 - costo stimato (1+2) = 930 miliardi di lire (c.t.)

IP/9 - Collegamento idroviario Milano Nord - Laghi di Como, Iseo,  
Garda, Mantova

Stima sommaria di larga massima delle opere

La stima qui di seguito riportata è di larghissima massima e può servire esclusivamente per fornire un ordine di grandezza dell'impegno finanziario richiesto dalle opere e per il confronto con eventuali alternative.

Si inseriscono nelle stime anche i tratti giudicati compromessi dagli attuali insediamenti applicando il costo chilometrico previsto per l'attraversamento di zone urbanizzate.

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Tronco Milano Nord-Mincio		
1.1 Canale navigabile ed opere annesse		
- tronco Milano Nord-Pontirolo Km 27,1 x 6.000 ME/Km	162.600	
- tronco Pontirolo-Mincio Km 101,4 x 4.500 ME/Km	456.300	
1.2 Elevatori		
- n°3 elevatori meccanici H = 26 m	105.000	
1.3 Opere speciali		
- n°4 ponti canale a vie sdoppiate, per uno sviluppo complessivo di 2.102 m	158.000	
1.4 Attraversamenti ferroviari e stra- dali di impegno particolare		
- n° 3 ponti ferroviari	45.000	
- n° 1 ponte autostradale	7.500	
	<hr/>	
TOTALE	934.400	934.400
1.5 Imprevisti (15%)	140.160	140.160
	<hr/>	
TOTALE 1		1.074.560

IP/9 - costo stimato 1 = 1.070 miliardi di lire (c.t.)

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
2. Tronco Lago di Como-Pontirolo		
2.1 Canale navigabile ed opere annesse		
- tronco Olginate - Rocchetta Km 17,0 x 2.000 ME/Km	3.400	
- tronco Rocchetta-Filago Km 9,2 x 5.000 ME/Km	46.000	
- tronco Filago-Pontirolo Km 12,0 x 4.500 ME/Km	54.000	
2.2 Conche di navigazione		
- conca di Olginate m 120 x 12 x 4	10.000	
- conche di Filago, Osio, Boltiere e Pontirolo, di m 120 x 12 e al- tezza: H = 11,25/9,75/17,5/17,5 m	100.000	
2.3 Opere speciali		
- ponte canale sul Brembo L = 250 m	13.750	
- traversa di Rocchetta	10.000	
2.4 Attraversamenti stradali e ferro- viari di impegno particolare Attraversamento autostrada A4	7.500	
	<hr/>	
	TOTALE	275.250
2.5 Imprevisti (15%)	41.288	41.288
	<hr/>	
	TOTALE 2	316.538

IP/9 - costo stimato 2 = 320 miliardi di lire (c.t.)

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
3. Tronco Lago d'Iseo-Pedrocca		
3.1 Canale navigabile ed opere annesse		
- tratto Iseo-Provaglio Km 2,6 x 3.500 ME/Km	9.100	
- tratto Provaglio-Pedrocca Km 14,1 x 4.500 ME/Km	63.450	
3.2 Conche di navigazione		
- conche di Cazzago, Ospitaletto, Se- gabiellò e Pedrocca di dimensio- ni 120 x 12 m ed altezze: H = 17,5/14,50/7,25/7,25	85.000	
3.3 Opere speciali		
galleria a senso unico alternato Lunghezza = 2.400 m Sezione = 220 mq	79.000	
3.4 Attraversamenti stradali e ferrovia- ri di impegno particolare		
n° 4 attraversamenti ferroviari	60.000	
n° 1 attraversamento autostradale	7.500	
	<hr/>	
TOTALE	304.050	304.050
3.5 Imprevisti (15%)	45.608	45.608
	<hr/>	
TOTALE 3		349.658

IP/9 - costo stimato 3 = 350 miliardi di lire (c.t.)

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
4. Tronco Lago di Garda-Mantova		
4.1 Canale navigabile ed opere annesse		
- tratto Monzambano-Pozzolo Km 11,9 x 4.500 ME/Km	53.550	
- tratto Maglio-Lago Superiore Km 8,0 x 3.500 ME/Km	28.000	
4.2 Conche di navigazione		
- conche di navigazione di Gatti, Montecorno (elevatore), Marengo, Maglio, di dimensioni 120 x 12 m ed altezze: H = 3,35/17,20/12,80/15,50	95.000	
- conca di Porta del Molino di di- mensioni 120 x 12 x 2m	10.000	
4.3 Opere speciali:		
- ponte canale sul Mincio	11.000	
- ponte canale sul diversivo Mincio	5.000	
- sostegno sul Pozzolo-Maglio	2.000	
4.4 Rialzo ponti sul canale esistente e sostituzione ponte di Peschiera del Garda; sostituzione ponti stra- dale e ferroviario di Mantova	20.000	
4.5 Attraversamenti stradali e ferrovia ri di impegno particolare:		
- n° 2 attraversamenti ferroviari	30.000	
	TOTALE	254.550
4.6 Imprevisti (15%)	38.182	38.182
	TOTALE 4	292.732

IP/9 - costo stimato 4 = 290 miliardi di lire (c.t.)

—ooo—

IP/9 - costo stimato (1+2+3+4) = 2.050 miliardi di lire (c.t.)

IP/10 - Collegamento idroviario Mantova (nodo di Roverbella) Verona-Vicenza-Padova

Stima sommaria di larga massima delle opere

In base all'esame del computo metrico estimativo allegato al progetto del tronco Verona-Padova (1969) si può ritenere congrua, per l'aggiornamento al 1984, l'applicazione ai prezzi di un coefficiente di aggiornamento pari a circa 10.

Poichè nel 1969 il costo del canale di 91,4 Km di lunghezza (compreso l'allacciamento al porto di Vicenza) era stato stimato in 68 miliardi di lire, esclusi i porti, la valutazione attuale dovrebbe essere di 680 miliardi di lire pari ad un costo chilometrico di 7,5 miliardi.

Sulla scorta di questo dato, il costo dell'intero tronco Mincio-Padova di 112,6 Km potrebbe essere stimato in 850 miliardi di lire.

Per confronto si esegue anche la stima sommaria secondo lo schema impiegato nella presente relazione:

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale ed opere annesse Km 112,6 x 4.500 ME/Km	506.700	
2. Elevatori e conche		
- elevatore di Verona di dimensioni 110 x 12 x 9,30		
- elevatore Adige di dimensioni 110 x 12 x 19,50		
- conca di Padova di dimensioni 210 x 12 x 12,00	85.000	
3. Opere speciali		
- ponte canale sull'Adige lunghezza m 884	48.620	
- ponte canale del fiume Guà	10.000	
- opere per attraversamento a raso del Bacchiglione	10.000	



		Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
4. Attraversamenti stradali e ferro- viari di impegno particolare			
n° 4 linee ferroviarie		60.000	
n° 2 autostrade		15.000	
	TOTALE	735.320	735.320
5. Imprevisti (15%)		110.298	110.298
	TOTALE		845.618

IP/10 - costo stimato = 850 miliardi di lire (c.t.)

IP/11 - Collegamento idroviario Milano Sud-Pizzighettone

Stima sommaria di larga massima delle opere

La seguente stima è relativa al tratto di canale di 44,5 Km ancora da realizzare fra il porto di Milano Sud ed il porto di Pizzighettone.

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile ed opere annesse - tronco Milano Sud-Pizzighettone Km 44,5 x 4.500 ME/Km	200.250	
2. Conche di navigazione n° 6 conche di navigazione aventi dimensioni 200 x 12 m e altezza me- dia di 8,0 m	120.000	
3. Opere speciali - ponti canale su Adda, Lambro e corsi d'acqua minori lunghezza complessiva 560 m	30.800	
4. Attraversamenti stradali e ferro- viari di impegno particolare - Autostrada del Sole	7.500	
- Linee F.S. Milano-Piacenza	15.000	
- Linea F.S. Codogno-Cremona	15.000	
	<hr/>	
TOTALE	388.550	388.550
5. Imprevisti (15%)		58.282
	<hr/>	
TOTALE		446.832

IP/11 - costo stimato = 450 miliardi di lire (c.t.)

IP/12 - Taglio Po - Canalbianco (a monte di Ferrara)

Stima sommaria di larga massima delle opere

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile ed opere annesse Km 7,8 x 4.500 ME/Km	35.000	
2. Conca di navigazione a Po dimensioni: 110 x 14 x 5,2	15.000	
3. Manufatti speciali, attraversamen- ti di impegno particolare ecc.:non previsti	---	
	<hr/>	
TOTALE	50.000	50.000
4. Imprevisti 15%	7.500	7.500
	<hr/>	
TOTALE		57.500

IP/12 - costo stimato = 60 miliardi di lire (c.t.)

IP/13 - Taglio Po - Canalbianco (a valle di Ferrara)

Stima sommaria di larga massima delle opere

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile ed opere annesse Km 4,3 x 4.500	19.350	
2. Conca di navigazione a Po dimensioni: 110 x 14 x 5,2	15.000	
3. Manufatti speciali, attraversamen- ti di impegno particolare: non pre- visti	--	
	<hr/>	
	TOTALE	34.350
4. Imprevisti (15%)	5.152	5.152
	<hr/>	
	TOTALE	39.502

IP/13 - costo stimato = 40 miliardi di lire (c.t.)

IP/14 - Collegamento idroviario dal Po all'area Bologna/Modena  
(terminale di S.Giovanni in Persiceto)

Stima sommaria di larga massima delle opere

Il progetto di massima del 1967 prevedeva un importo per la realizzazione della sola idrovia (escluso il porto terminale e le attrezzature portuali) di ME 12.300, compresi imprevisti e spese generali (1).

Il costo dell'opera rivalutato al 1984 applicando all'importo suddetto il coefficiente di rivalutazione 13,3 quale risulta dal confronto con altre stime di aggiornamento riferentesi alla stessa epoca risulterebbe di circa 160 miliardi di lire.

Lo stesso coefficiente di rivalutazione risulta congruo se applicato ai costi unitari riportati nella stima allegata al progetto, per cui si ritiene che, ai fini di una semplice valutazione di larghissima massima, la stima aggiornata all'84 di 160 miliardi sia plausibile.

Per confronto si esegue anche la stima sommaria secondo lo schema impiegato nel corso della presente relazione:

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale ed opere annesse		
- tratto Persiceto-S.Carlo Km 23,9 x 4.500 ME/Km	107.550	
- tratto S.Carlo-Po Km 13,9 x 500 ME/Km	6.950	
2. Conche di navigazione		
n° 3 conche di navigazione di dimensioni 200 x 12 m		
- conca a Po H = 5,70		
- conca Dodici Morelli H = 3,50		
- conca S.Agostino H = 3,50	45.000	

(1) Nel progetto esaminato non sono previsti interventi sul Cavo Napoleonico, se non quelli inerenti alla costruzione della conca a Po

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
3. Manufatti speciali - non previsti	--	
4. Attraversamenti di impegno parti- colare - non previsti	--	
	<hr/>	<hr/>
TOTALE	159.500	159.500
5. Imprevisti (15%)	23.925	23.925
	<hr/>	<hr/>
TOTALE		183.425

IP/14 - costo stimato = 180 miliardi di lire (c.t.)

IP/15 - Collegamento idroviario dal Po a Ravenna (mediante taglio ad est di Ferrara, parziale ricalibratura della Ferrarese e collegamento a porto Corsini)

IP/16 - Collegamento idroviario dal Po a Ravenna (mediante canale artificiale ex novo a sud delle Valli di Comacchio fino a Porto Corsini)

### Stima sommaria di larga massima delle opere

#### 1. Estensione e sistemazione dell'idrovia Ferrarese

. Rivalutando al 1984 le stime dei progetti esistenti si ottengono i seguenti importi:

	Stima (ME)	Coeff. Aggior. 1984	Stima 1984 (ME)
- Collegamento diretto fra il Po e l'idrovia Ferrarese in località Addolorata (anno progetto: 1972)	9.000	6,5	58.500
- Rettifica dell'idrovia Ferrarese fra località Addolorata e Valle Lepri (anno progetto: 1972)	20.100	6,5	130.650
- Collegamento Valle Lepri - Porto Corsini (anno progetto: 1970)	22.000	8,4	<u>184.800</u>
TOTALE			373.950

. Applicando lo schema di stima utilizzato per le idrovie per quali non si dispone di dati sufficientemente aggiornati si ottengono i seguenti importi:

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1.1 Canale navigabile ed opere annesse Km 82,8 x 3.500 ME/Km	289.800	
1.2 Conche di navigazione: - conca a Po (200 x 12 x 8,7)		

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
- conca di Valpagliaro (200x24x3,1)		
- conca di Valle Lepri (200x24x1,3)	60.000	
1.3 Opere speciali chiuse per attraversamenti a raso (Reno, canale in destra Reno, Lomone)	30.000	
1.4 Attraversamenti stradali e ferroviari di impegno particolare - attraversamento linea ferroviaria Codigoro-Ferrara con ponte mobile	5.000	
	<hr/>	
TOTALE	384.800	384.800
1.5 Imprevisti (15%)		57.720
	<hr/>	
TOTALE		442.520

IP/15 = costo stimato = 440 miliardi di lire (c.t.)

## 2. Nuovo collegamento Po-Ravenna (in alternativa)

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
2.1 Canale navigabile ed opere annesse Km 86,2 x 3.500 ME/Km	301.700	
2.2 Conche di navigazione - conca a Po (200 x 12 x 8,0) - conca di Bova (200x12x7,0) - conca di Cantoncino (200x12x1,0)	55.000	
2.3 Opere speciali - ponte canale sul Po morto di Primaro - chiuse per attraversamenti a raso (Reno, canale in destra Reno, Lamone)	11.000 30.000	



	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1.4 Attraversamenti stradali e ferrovia ri di impegno particolare.		
Attraversamenti ferroviari:		
. Ferrara-Cento		
. Ferrara-Suzzara		
. Ferrara-Bologna		
. Bologna-Portomaggiore		
. Ravenna-Ferrara	75.000	
Attraversamento A13	7.500	
	TOTALE	480.200
1.5 Imprevisti (15%)	72.030	72.030
	TOTALE	552.230

IP/16 - costo stimato = 560 miliardi di lire (c.t.)

IP/17 - Collegamento Monfalcone Jugoslavia

Stima sommaria di larga massima delle opere

La stima che segue, relativa al solo tratto di idrovia in territorio italiano secondo la "soluzione idrijca", è stata eseguita in base allo schema adottato per le altre idrovie in progetto prese in esame nel presente studio in quanto non si è a conoscenza dei costi stimati nell'ambito del citato studio di prefattibilità dell'ottobre 1983.

	Costo Stimato (ME)	Totale (ME)
1. Canale navigabile e opere annesse		
- tratto Monfalcone-Porto di Gorizia Km 30 x 4.500 ME/Km	135.000	
- tratto di alveo bacinizzato dell'I sonzo da Gorizia al confine Km 7,5 x 2.000 ME/Km	15.000	
2. Conche di navigazione n° 7 di dimensioni 200 x 12 m altezza media m 7,0	105.000	
3. Manufatti speciali		
- n° 2 ponti canale sull'Isonzo	40.000	
- n° 2 traverse fluviali con para- toie mobili	30.000	
4. Attraversamenti di impiego particolare:		
F.S. Venezia-Trieste (da rifare anche ponte sull'Isonzo)		
F.S. Udine-Monfalcone (in progetto)	45.000	
Autostrada A4 (da rifare anche il ponte sull'Isonzo)		
Bretella autostradale per Gorizia	25.000	
	<hr/>	
	TOTALE	395.000
5. Imprevisti (15%)	59.250	59.250
	<hr/>	
	TOTALE	454.250

IP/17 - costo stimato = 450 miliardi di lire (c.t.)

## Costi adottati nelle stime sommarie di larga massima delle opere

I costi qui di seguito riportati, sono stati dedotti in base all'esame di stime dettagliate ai progetti di alcune delle idrovie esaminate.

Si ritiene opportuno avvertire, per una corretta interpretazione delle stime eseguite in questa sede, che i costi adottati per ogni voce sono finalizzati esclusivamente a formare un costo totale attendibile dell'idrovia e non per valutare le singole opere.

### Canale navigabile e opere accessorie

La voce comprende il canale navigabile completo di rivestimenti, strade alzaie, canalette di drenaggio, sifoni per rogge e colatori, cavalcavia stradali, esclusi quelli di autostrade e ferrovie.

Le classi di costo dipendono essenzialmente:

- dall'altimetria dei terreni attraversati che possono permettere il compenso laterale di scavi e riporti o che, al contrario richiedono forti scavi e/o forti riporti con possibilità (o meno) di compenso longitudinale;
- dall'urbanizzazione delle aree attraversate che influisce sui costi di esproprio e sui costi di ripristino e salvaguardia delle infrastrutture esistenti;
- da condizioni locali particolari.

Sono state adottate le seguenti classi di costo:

- |   |             |
|---|-------------|
| - sistemazione di alveo fluviale mediante dragaggi e regolarizzazioni (escluso il Po)   | ME/Km 2.000 |
| - canale eseguito in zone libere da insediamenti e infrastrutture, in terreno pianeggiate e con compenso laterale dei volumi                                | ME/Km 3.500 |
| - canale eseguito in zone libere da insediamenti ed infrastrutture, con tratti in scavo e/o in rilievo con possibilità di compenso longitudinale dei volumi | ME/Km 4.500 |
| - canale eseguito in zone con insediamenti ed infrastrutture, con possibilità di compenso laterale dei volumi   | ME/Km 4.500 |
| - canale eseguito in zone mediamente libere da insediamenti ed infrastrutture, con esecuzione di tratti in scavo o rilevato particolarmente impegnativi     | ME/Km 5.000 |

- canale eseguito in aree urbanizzate con numero-  
se infrastrutture ME/Km 6.000

I costi chilometrici vengono applicati sulla lunghezza lorda del percorso (ovvero non si detrae la lunghezza di conche ed avanporti, ponti canale, ecc.).

. Conche di navigazione ed elevatori

Il costo di stima comprende opere civili, compresi mandracchi ed avanporti, ed elettromeccaniche della conca di navigazione.

Sono state distinte le seguenti classi:

H (m)	Dimensioni utili			Elevatori
	Conche			
	100-120x12	200x12	200x24	80-120x12
0-6	10	15	20	-
6-9	15	20	25	-
9-12	20	25	30	25
12-15	25	30	35	28
15-20	30	35	40	30
20-25	-	-	-	35

. Chiuse

- Sistema di due chiuse di 16-18 m di larghezza per passaggio a raso di corsi d'acqua, compresi mandracchi, avanporti, ed installazioni elettromeccaniche: ME 10.000
- chiusa semplice di 16-18 m di larghezza per passaggio da canale ad alveo navigabile: ME 7.500

. Ponti canale: sono valutati

- 55 ME/m quelli a via semplice (larghezza circa 45 m)
- 75 ME/m quelli a vie sdoppiate (larghezza circa 60 m)
- a partire da un costo minimo di ME 3.500.

. Tratti in galleria: si considera un costo di 150.000 E/mc riferito al volume netto della galleria.

. Traverse fluviali dotate di paratoie mobili, realizzate in elementi modulari; comprese opere elettromeccaniche, muri d'ala, protezioni fluviali a valle, ecc. vengono valutate 100 ME/m.

. Attraversamenti

Gli attraversamenti di strade ordinarie e di corsi d'acqua secondari che richiedono tombamenti o sifoni sono computati nel costo chilometrico del canale.

Gli attraversamenti di autostrade sono computati ME 7.500 caduno.

Gli attraversamenti ferroviari ME 15.000 caduno, comprese le opere provvisorie per il mantenimento in funzione della linea durante i lavori.

. Sostegni dotati di paratoie mobili: 50 ME/m.

. Imprevisti comprendono gli imprevisti propriamente detti, le opere non computate e le spese tecniche.

. Revisione prezzi per la durata dei lavori: non computata.