



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

ATTI DELLA COMMISSIONE

PER LO STUDIO

DELLA NAVIGAZIONE INTERNA

NELLA VALLE DEL PO

RELAZIONE SETTIMA

FIUMI, CANALI E LAGHI NAVIGABILI DI LOMBARDIA

CON 5 ALLEGATI E 30 TAVOLE



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA CAMERA DEI DEPUTATI

1903

EIA 9289

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300896

Kat. Bud. Zepko

x
354 / 5



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

ATTI DELLA COMMISSIONE

PER LO STUDIO

DELLA NAVIGAZIONE INTERNA

NELLA VALLE DEL PO

RELAZIONE VII

FIUMI, CANALI E LAGHI NAVIGABILI DI LOMBARDIA

CON N. 30 TAVOLE

F. No. 25 483



Allegati.

- Allegato *A*) Sull'antico progetto Coccoli (1806) per una linea navigabile dall'Oglio, per Brescia al lago d'Iseo. Relazione dell'Ingegnere capo del Genio Civile cav. F. C. Rossi.
- Allegato *B*) Proposta di un canale navigabile, fra Milano e l'Adda a Lodi. Relazione dell'Ingegnere del Genio Civile cav. Giuseppe Paribelli.
- Allegato *C*) Proposta di miglioramento della linea di navigazione Pavia - Milano. Relazione dell'Ingegnere del Genio Civile cav. Giuseppe Paribelli.
- Allegato *D*) Proposta di miglioramento della linea di navigazione Milano - Lago Maggiore. Relazione dell'Ingegnere del Genio Civile cav. Giuseppe Paribelli.
- Allegato *E*) Proposta di miglioramento della linea di navigazione Milano - Lago di Como. Relazione dell'Ingegnere del Genio Civile cav. Pietro Toniolo.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA CAMERA DEI DEPUTATI

1903

G. 43

80.



MINISTERO DEL LAVORO PUBBLICO

DELLA COMMISSIONE



III 18288

IV 301119

RELAZIONE VII

FUORI CANTIERI E LAVORI SOSPESI DI CANTIERI

FORE E CANTIERI

Attestato

Faint, illegible text in the middle section of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

FORE

Akc. Nr. 1146/52

BPW-10-228/2018

INDICE DELLE MATERIE

Relazione VII.

Fiumi, canali e laghi navigabili di Lombardia.

PARTE I. — Cenni generali. Indicazione delle vie navigabili.

Premesse	Pag.	9
I. Dal Po per l'Oglio, obbiettivo Brescia ed il lago d'Iseo. »		13
II. Dal Po per l'Adda, obbiettivo Lodi e Milano. . . . »		<i>ivi</i>
III. Dal Po pel Ticino ed il Naviglio di Pavia, a Milano. »		14
IV. Da Milano al Lago Maggiore. »		15
V. Da Milano al Lago di Como »		17

PARTE II. — Lo stato attuale, possibili miglioramenti, proposte.

CAPITOLO PRIMO — *Dal Po per l' Oglio, obbiettivo Brescia ed il lago d' Iseo.*

I. L'Oglio. »	19
II. Il lago d'Iseo e la Valcamonica. »	27
III. Il canal Fusia ed il progetto Cocoli. »	30

CAPITOLO SECONDO — *Dal Po per l' Adda, obbiettivo Lodi e Milano.*

I. L'Adda inferiore. »	34
II. Il Canale Milano-Lodi ed i canali Lodi-Pizzighetone. . »	38
III. La Muzza. »	43

CAPITOLO TERZO — *Dal Po pel Ticino ed il Naviglio di Pavia a Milano.*

I. Il Ticino (Ticino inferiore). »	44
II. Il Naviglio di Pavia. »	50

CAPITOLO QUARTO — *Da Milano al Lago Maggiore ed ai confini Svizzeri.*

I. Il Naviglio Grande.	Pag. 61
II. Il Ticino Superiore ed il canale di Vizzola.	» 74
III. Il Lago Maggiore, il fiume Toce, il fiume Tresa ed il lago di Lugano	» 83
IV. Il Naviglio di Bereguardo.	» 91

CAPITOLO QUINTO — *Da Milano al Lago di Como ed all'imbocco della Valtellina.*

I. La Fossa interna di Milano.	» 95
II. Il Naviglio della Martesana.	» 101
III. L'Adda, dal Lago di Como, all'incile della Martesana.	» 108
IV. Il Naviglio di Paderno.	» 112
V. Il lago di Como, il lago ed il canale di Mezzola, l'Adda Valtellinese.	» 120

PARTE III. — **Riassunto e conclusione.**

Considerazioni.	» 127
Prospetto riassuntivo delle caratteristiche delle linee naviga- bili, considerate nella Relazione VII.	» 131
Spesa presunta.	» 132

Allegati.

- A)* — Sull'antico progetto Coccoli (1806) per una linea navigabile dall'Oglio, per Brescia al lago d'Iseo. Relazione dell'ingegnere Capo del Genio Civile cav. F. C. Rossi *Pag.* 135
- B)* — Proposta di un canale navigabile, fra Milano e l'Adda a Lodi. Relazione dell'Ing. del Genio Civile cav. Giuseppe Paribelli. » 173
- C)* — Proposta di miglioramento della linea di navigazione Pavia-Milano. Relazione dell'Ing. del Genio Civile cav. Giuseppe Paribelli. » 181
- D)* — Proposta di miglioramento della linea di navigazione Milano - Lago Maggiore. Relazione dell'Ing. del Genio Civile cavaliere Giuseppe Paribelli. » 207
- E)* — Proposte di miglioramento della linea di navigazione Milano - Lago di Como. Relazione dell'Ing. del Genio Civile cav. Pietro Toniolo » 211
-

INDICE DELLE TAVOLE

Relazione.

1. — Schizzo schematico delle linee navigabili.
2. — Corografia generale delle linee navigabili.
3. — Il fiume Oglio da Pontevico al Po (Profilo e Sezioni).
4. — » » (Tipo normale di una Bina di molini).
5. — Il fiume Adda, da Pizzighettone al Po (Profilo e Sezione).
6. — Il fiume Ticino, da Pavia al Po (Profilo e Sezione).
7. — Il Naviglio di Pavia (Profilo e Sezione normale).
8. — Il Naviglio Grande (Profilo e Sezioni).
9. — Il fiume Ticino, dal Lago Maggiore all'incile del Naviglio Grande (Profilo e Sezioni).
10. — Il Canale industriale di Vizzola (Profilo e Sezione normale).
11. — Il Naviglio di Bereguardo (Profilo e sezioni).
12. — La Darsena di Porta Ticinese a Milano (Planimetria).
13. — La Fossa Interna di Milano (Profilo e sezione normale).
14. — Il Naviglio Martesana (Profilo e Sezioni).
15. — Il fiume Adda dal Lago di Como all'incile della Martesana (Profilo e Sezioni).
16. — Il Canale di Paderno (Profilo e Sezione).

Allegati.

17. — All. A. Tav. I. Corografia del tracciato di un Canale dal Lago d'Iseo a Brescia e da Brescia a Canneto sull'Oglio (progetto Cocoli - 1806).
18. — » » II. Profilo e Sezioni normali.
19. — » » III. Profilo di sistemazione della Bocca d'Oglio.
20. — » » IV. Diagramma dei deflussi per la Bocca d'Oglio.
21. — All. B. » I. Corografia (Tracciato di un canale da Milano a Lodi).
22. — » » II. Profilo e Sezioni normali.
23. — All. C. » I. Sistemazione del Naviglio di Pavia (Profilo e Sezioni).
24. — All. D. » I. Corografia (Sistemazione della linea di navigazione da Castelletto di Abbiategrasso al Lago Maggiore).
25. — All. E. » I. Corografia (Sistemazione della linea di navigazione da Milano al Lago di Como).
26. — » » II. Profilo di sistemazione del Naviglio della Martesana.
27. — » » III. Profilo e sezione normale di un nuovo canale di circosollazione in sostituzione della Fossa Interna di Milano.
28. — » » IV. Planimetria (Sistemazione dell'imbocco della Martesana).
29. — » » V. Planimetria (Deviazione della Martesana alla Volta di Cassano).
30. — » » VI. Planimetria (Tipo normale di deviazioni provvisorie per la sistemazione della Martesana).

FIUMI, CANALI E LAGHI NAVIGABILI DI LOMBARDIA

PARTE PRIMA

Cenni generali — Indicazione delle vie navigabili

Premesse — I. Dal Po su per l'Oglio (obbiettivo Brescia ed il Lago d'Iseo) — II. Dal Po su per l'Adda (obbiettivo Lodi e Milano) — III. Dal Po pel Ticino e il Naviglio di Pavia a Milano — IV. Da Milano al Lago Maggiore ed ai confini svizzeri — V. Da Milano al Lago di Como ed all'imbocco della Valtellina.

Premesse

Dalla semplice ispezione dello schizzo schematico delle linee di navigazione, (Tav I,) o dell'elenco messo a capo di questi cenni generali, risulta che la Commissione conserva come spina dorsale della navigazione lombarda il fiume Po. E dicesi che *conserva*, perchè il concetto di ottenere il collegamento della città di Milano col mare, raggiungendo col più breve percorso di canali manufatti il fiume Po, è il concetto più antico e costante, abbandonato, in epoche più a noi vicine, dall'illustre Lombardini, colla sua proposta di riunire Milano ai laghi di Mantova con corsi d'acqua in parte esistenti, in parte da costruirsi, e di raggiungere il Po per mezzo del corso inferiore del Mincio.

A dimostrare che i nostri padri pensavano alla navigazione Milano-Venezia, e credevano renderla effettuabile coll'unione diretta di Milano al Po, anche trascurando che, secondo antiche tradizioni, in remotissimi tempi doveva esistere una navigazione da Milano per la Vettabbia ed il Lambro al Po, basti ricordare che

Carlo Pagnano, nelle poche parole premesse alla sua relazione sulla navigazione dell'Adda (1520), dice che, se si potesse trasportare a Milano con facile navigazione quanto arriva a Venezia attraverso i mari « *Mediolanum, quamquam a mari remotum, maritima civitas facile existimari posset;* » e ciò si potrebbe facilmente ottenere, dice ancora il Pagnano, raccogliendo nei fossati di Milano l'acqua che vi giunge dal Ticino e quella che vi giunge dall'Adda, « *et in unum collecta ac emissa sive iuxta portam quae Paradisi coenobio proxima est, sive per alium opportuniorem locum... et ad Sancti Angeli oppidum deducta, in Padum usque facillime per flumen Lambri, qui ibi navigabilis esse incipit, decurret.* »

La via suggerita era dunque da Milano a S. Angelo Lodigiano, e pel Lambro al Po.

L'unione col Po la si ottenne soltanto nel 1819 per mezzo del naviglio di Pavia, ma fu questa un'unione per via indiretta, sulla traccia di un canale (il naviglio di Pavia) già esistente da secoli, benchè non addatto alla navigazione. Ed il Lombardini nel 1840 lancia un'idea grandiosa ad ottenere l'unione di Milano a Venezia. Trattandosi di un tanto uomo si riportano le sue parole in luogo di interpretarle o di parafrasarle:

« La più utile fra queste linee navigabili sarebbe a mio avviso un canale che unisse il naviglio della Martesana coll'Ollio e col Mincio, il quale trarrebbe le sue origini in vicinanza a Treviglio, siccome da un punto di partizione. Con uno dei suoi rami arricchito delle copiose sorgenti di Bariano e Fornovo, nella provincia di Bergamo, si dirigerebbe a Genivolta; quindi seguendo la destra dell'Ollio si unirebbe a questo in vicinanza di Calvatone, d'onde potrebbe facilmente comunicare, mediante altro tratto di canale, col lago superiore di Mantova, e quindi col Mincio.

« L'altro ramo, poi, dal detto punto di partizione si dirigerebbe all'Adda superiormente all'estrazione della Muzza in prossimità di Cassano, ove con una serie di sostegni comunicherebbe col naviglio della Martesana. Per siffatta guisa la navigazione da Venezia a Milano non avrebbe più a superare la difficoltà dei dazi esteri, delle magre e dei lunghi giri del Po superiore, e si provvederebbe in modo più diretto alle importantissime comunicazioni della pianura col monte, particolarmente ove da questa linea principale si diramassero canali secondari che la unissero coi laghi di Garda e di Iseo. La nuova linea navigabile non incontrerebbe alcun influente dell'Ollio, ed attraverserebbe un terreno per una terza parte della sua lunghezza asciutto, e per un'altra terza parte

« di irrigazione alquanto scarsa, circostanze tutte favorevoli per « scemare la spesa degli edifici da costruirsi » (1).

L'idea di questo *gran tronco* Milano-Mantova fu raccolta ed illustrata nel giornale *il Politecnico* (anno 1841) dimostrandosene la opportunità, la relativa facilità di esecuzione, e facendosene il pernio di tutto un progetto di sistemazione della rete navigabile Lombarda; e Stefano Jacini, con l'acuta penetrazione della sua mente, antiveggendo il momento nel quale i problemi relativi alla navigazione interna verrebbero nuovamente risolti dalle più civili nazioni, riassume con convinzione ed amore tutto il progetto nel suo libro « *La proprietà fondiaria e le popolazioni agricole in Lombardia* » (2) e conchiude un po' tristemente: « *Questi voti non hanno alcuna probabilità di essere per ora esauditi. Col parlarne abbiamo voluto soltanto richiamar la memoria delle persone colte sulle belle e grandi idee che abbiamo già trovate proposte, onde non cada su di esse la prescrizione!* »

La Commissione non poteva chiuder l'orecchio alla parola di tali uomini, e sente il dovere di giustificarsi se non ostante consigli così autorevoli preferisce proporre altre vie.

Le condizioni sono mutate assai dal tempo nel quale il Lombardini progettava il suo *Gran Tronco* ad oggi. Sono mutate alcune condizioni naturali, sono completamente diverse le condizioni politiche.

Quanto alle condizioni naturali la Commissione osserva principalmente:

1° Che più assai difficilmente che non in allora si potrebbe aumentare l'immissione d'acque all'incile del Naviglio della Martesana, per produrre il salto in Adda alla volta di Cassano, ed attivare le serie di sostegni richiesta; poichè nel 1877 si concesse per anni 90 una derivazione dall'Adda, appena inferiormente all'incile del Naviglio, di 15 metri cubi, ed altre due concessioni trentennali (a partire dal 1897 e dal 1898) sottraggono circa m³ 2.00 dal Naviglio Martesana nello spazio compreso fra l'incile e la Volta di Cassano. Le condizioni di regime idraulico in quel punto oggi sono tali che non tollerano variazione senza ledere diritti acquisiti, nè resta margine alcuno di disponibilità di acque. Pur tuttavia davanti

(1) LOMBARDINI, *Sulla somma utilità di estendere in Lombardia l'applicazione dei motori idraulici*. — Milano, Monti 1840, pag. 14.

(2) *La Proprietà fondiaria e le popolazioni agricole in Lombardia*. — Studi economici di Stefano Jacini, Milano e Verona, Stabilimento di Civelli Giuseppe e Comp., 1857, pag. 67.

al pubblico utile si potrebbe coi dovuti compensi riavere la disponibilità dell'acqua necessaria. Ma la Commissione osserva che l'arrivare a Milano colla linea di principal navigazione, dal Naviglio della Martesana, è difettoso per l'obbiettivo di Milano e per quello del Lago Maggiore, tanto planimetricamente che altimetricamente; che questo tracciato sarebbe vantaggioso soltanto per l'obbiettivo del Lago di Como, ma la Commissione crede che possa più facilmente stabilirsi una importante corrente di scambi commerciali fra il lago Maggiore e il mare, e che non fra il mare ed il lago di Como.

2° Che le condizioni di irrigazione del Cremonese sono mutate e migliorate d'assai col Canal Marzano, e cessa in parte l'utilità che il Lombardini si aspettava dal progettato suo canale.

3° Che le condizioni di navigabilità del Po al disopra della foce del Mincio, sono andate continuamente migliorando e miglioreranno sempre in conseguenza delle opere di difesa delle sponde, in forza delle quali opere si fissano le sinuosità del filone della corrente e quindi del canal navigabile.

Ma il motivo che forse indusse il Lombardini a tracciare un canale completamente su suolo lombardo era dato dalle condizioni politiche, di allora, le quali mutarono rendendo il Po, da fiume di confine fra diversi Stati che era, un fiume interamente italiano. E la difficoltà dei « dazi esteri » che il Lombardini mette fra le prime della navigazione del Po a' suoi tempi e « *la complicazione dei confini non ancor ordinati giusta le convenzioni del diritto pubblico europeo sancite nel Congresso di Vienna* » (1) sono difficoltà che non esistono più.

Ed è perciò, che, tenuto conto delle mutate condizioni della regione, in rapporto alle attuali correnti probabili di scambi commerciali, alla presente disponibilità di acque, ai miglioramenti da breve introdotti nella irrigazione delle plaghe fra l'Adda e l'Oglio, e principalmente al diverso carattere politico del nostro maggior fiume, divenuto fiume interno di un solo Stato dalla sorgenti alla foce, la Commissione si crede giustificata se non segue la traccia segnata dal sommo idraulico della prima metà del secolo XIX, e propone una diversa rete di navigazione interna della Lombardia.

(1) *Il Politecnico*. — Anno II, semestre II, volume 4., 1841, pagina 436.

Le cinque linee e la loro lunghezza.

I. — Dal Po per l'Oglio, obiettivo Brescia ed il lago d'Iseo.

L'attuale linea di navigazione può considerarsi spinta fino a Pontevico, essendo che da Canneto a Pontevico ha luogo una navigazione con barche di piccola portata per trasporto di sabbie e ghiaia, mentre una navigazione più importante si effettua fra la foce in Po e Canneto.

Dalla foce in Po a Canneto	chil. 40.625
Da Canneto a Pontevico	» 39.150
	<u>chil. 79.775</u>

La Commissione persuasa che non è possibile sistemare il corso dell'Oglio in modo da rimontarlo da Pontevico fino al lago d'Iseo, ed in pari tempo persuasa dell'importanza di congiungere la navigazione di questo lago con la rete navigabile della valle del Po, rintracciò un progetto dell'ing. Coccoli, compilato in esecuzione ad un decreto Napoleonico del 18 Giugno 1805, e ne riprese lo studio. A suo luogo si riportano le osservazioni e dati relativi a questa linea di navigazione, che, rimontando l'Oglio sino a Canneto, il Naviglio Isorella fino a Brescia, percorrendo un tratto di canale nuovo da Brescia all'incontro con la Fusia a Rovato, ed il canal Fusia sino al lago d'Iseo, risulta della seguente lunghezza.

Dallo sbocco in Po a Canneto	chil. 40.625
Pel Naviglio Isorella da Canneto a Brescia	» 48.436
Pel canale nuovo da Brescia al Fusia	» 26.692
Per il canal Fusia al lago d'Iseo	» 15.530
	<u>chil. 131.283</u>

II. — Dal Po per l'Adda, obiettivo Lodi e Milano.

L'Adda, navigabile saltuariamente in diverse tratte del suo percorso, oggigiorno non può considerarsi linea navigabile diramantesi dalla linea principale del Po che per il tratto inferiore da Pizzighettone al Po.

Da Pizzighettone alla foce in Po	chil. 17.000
--	--------------

Il congiungimento della navigazione del lago di Como con la rete di navigazione fluviale padana, non sarà mai conveniente ottenerlo percorrendo continuamente l'emissario del lago, ma bisognerà utilizzare i canali manufatti che oggi conducono già le acque dell'Adda a Milano; per modo che l'obbiettivo del lago si confonde coll'obbiettivo di Milano. L'Adda inferiore, da Pizzighettone al Po, che presenta ottime condizioni di navigabilità, potrebbe divenire ramo vivo della rete navigabile comunicante col lago di Como, se si trovasse opportuno eseguire il progetto che la Commissione credette formulare per la miglior comunicazione di Milano con Venezia, e che a suo posto verrà maggiormente illustrato. La linea che si suggerisce rimonterebbe l'Adda fino allo sbocco di un canale industriale derivato sulla destra da Cavenago a Pizzighettone, risalirebbe il canale rientrando in Adda all'incile, attraverserebbe l'Adda per risalire dallo sbocco di altro canale industriale dipartentesi dal fiume di contro a Lodi. Da Lodi a Milano sarebbe necessaria la costruzione di un canale navigabile.

La linea risulterebbe della seguente lunghezza:

Per l'Adda dalla foce in Po allo sbocco del canale industriale inferiore	chil. 17.000
Per i canali industriali fino a Lodi	» 25.000
Pel nuovo canale da Lodi a Milano	» 33.170
	<hr/>
	chil. 75.170

Aggiungendo il percorso da Venezia alla confluenza dell'Adda in Po.

	» 321.763
--	-----------

Si ha la lunghezza della linea Milano-Venezia in chil. 396.933

III. — Dal Po pel Ticino ed il Naviglio di Pavia a Milano.

È questa l'attuale linea di navigazione congiungente Milano con Venezia, linea che come si è detto nel paragrafo precedente, la Commissione propone di sostituire con altra. I principali motivi della sostituzione sono: il difettoso tracciato planimetrico della linea attuale e la scarsa potenzialità del Naviglio di Pavia, inadatto a natanti di rilevante portata. Questi motivi ed altri secondari, verranno illustrati e discussi più avanti.

Le lunghezze del percorso sono le seguenti:

Pel Ticino dalla foce in Po a Pavia	chil. 5.248
Da Pavia a Milano pel Naviglio	» 33.103
	<hr/>
	da riportare chil. 38.351

	Riporto chil.	38.351
Aggiungendo il percorso da Venezia alla con-		
fluenza di Ticino in Po.	»	<u>420.721</u>
Si ha la lunghezza totale della linea Venezia-		
Milano	chil.	<u>459,072</u>

IV. — Da Milano al Lago Maggiore.

Da Milano, e precisamente dalla Darsena di Porta Ticinese, dove ha termine il Naviglio Grande, si rimonta detto Naviglio fino al Castelletto di Abbiategrasso, dove ha luogo una diramazione per Bereguardo col Naviglio di tal nome. Da Castelletto di Abbiategrasso proseguendo pel Naviglio Grande si raggiunge il fiume Ticino a Casa della Camera, si rimonta Ticino fino allo sbocco del canale industriale di Vizzola, si percorre detto canale fino al bacino distributore del Canal Villoresi, e poi rientrando, nuovamente in Ticino, si raggiunge il Lago Maggiore a Sesto Calende.

Questa linea di navigazione non soddisfa alle esigenze di una moderna linea di traffico, poichè da Castelletto di Abbiategrasso al Lago Maggiore la navigazione in ascesa si fa solamente a vuoto in causa delle forti pendenze del Naviglio Grande e del Ticino Superiore.

Tanto questa linea, quanto quella della Martesana, di cui si dirà in seguito, potevano essere soddisfacenti pienamente all'epoca in cui furono fatte, e cioè quando l'assorbente centro della città di Milano aveva per prima cura l'assicurarsi il rifornimento dal contado, dal quale ritraeva e derrate e materiali di fabbrica. In quelle condizioni, e per questi scopi, un canale che permettesse la navigazione, con natanti carichi, nella sola direzione centripeta, poteva soddisfare; oggigiorno non più. Se anche si dovesse oggi aver riguardo solamente al grosso centro di consumo di Milano, bisognerebbe riconoscere che le sue sorgenti di rifornimento sono mutate. Vini, agrumi, granaglie, legnami d'opera, cementi e materiali da fabbrica, ed in special modo i combustibili (fra i quali ora la legna da ardere rappresenta la minore parte) se negli scorsi secoli si ritraevano in gran copia dal contado posto a monte della città, e dai laghi, oggi si ritraggono da ogni parte d'Italia e dall'estero.

E quanto dicesi della città di Milano vale pei grossi centri della regione milanese prealpina, e per le rive stesse del Lago

Maggiore e del Lago di Como; per modo che, considerata la rete navigabile della valle del Po quale un complesso di vie di trasporto avente per origine il glorioso porto marittimo che giace allo sbocco di questa valle in mare, nei riguardi del rifornimento della Lombardia, la navigazione in direzione ascendente acquista una principale importanza. E si ripete *principale importanza* per una seconda considerazione che è questa: le linee di trasporto fornite dalla navigazione fluviale sono specialmente indicate per le merci voluminose, di minor prezzo e tolleranti largo lasso di tempo nella consegna, e cioè principalmente per le *materie prime*. I materiali manufatti trasformati dall'industria, e per la varietà dei luoghi di impiego, e per la relativa minore quantità formante oggetto delle singole spedizioni, e per il maggior valore acquistato colla trasformazione industriale, e per i più stretti termini di consegna richiesti dal bisogno dell'impiego, tollereranno mezzi di trasporto più costosi, e preferiranno sempre vie più celeri.

Perciò le vie acquee sono destinate principalmente al trasporto delle *materie prime*; e se una plaga eminentemente agricola, visto che i prodotti del suolo possono considerarsi materia prima, potrà avvantaggiarsi della navigazione fluviale per il traffico di esportazione, una plaga eminentemente industriale ne sentirà principal vantaggio, al contrario, per l'importazione. Ora nell'alto milanese, e sui laghi di Como e Maggiore, l'attività industriale supera l'attività agricola, e certamente la prima richiede dal servizio dei trasporti un contributo d'assai superiore che non la seconda. Perciò i due principali navigli milanesi presentano oggi la loro potenzialità — se così può dirsi — *contro corrente*, ed in questa mutata direzione nelle vie di rifornimento deve ricercarsi forse la principale causa del nessun sviluppo verificatosi nei trasporti per via acqua sui due maggiori navigli milanesi, celebri a buon diritto un tempo, non rispondenti — per quanto si è detto — alle condizioni odierne.

A suo luogo si dirà quanto può aspettarsi di vantaggio per la navigazione dalle opere intese alla utilizzazione delle forze idrauliche, così da rendere questa linea rispondente a quanto si aspetta dalla navigazione fluviale.

La lunghezza di tale linea è la seguente:

Pel Naviglio Grande, dalla Darsena di Porta Ticinese all'In-
cile del Naviglio stesso a Casa della Camera . . . Km. 49.845
da riportarsi Km. 49.845

Riporto Km.	49.845
Pel Ticino dall'incile del Naviglio Grande allo sbocco del canale industriale di Vizzola »	4.705
Pel canale industriale di Vizzola, dal suo sbocco in Ticino alla sua derivazione dal bacino distributore del Canale Villorosi. »	6.861
Pel Ticino, dalla derivazione del canale industriale di Vizzola a sesto Calende »	11.703
Totale Km.	<u>73.114</u>

Questa linea di navigazione subirà delle varianti in conseguenza di nuove tratte di canali industriali che si costruiranno in derivazione tanto del Ticino Superiore quanto del Naviglio Grande, ma le varianti riuscendo di grande giovamento alla navigazione per le modificazioni nella velocità della corrente, non saranno di grande entità rispetto alla lunghezza del percorso.

Da questa linea principale si distacca dal Naviglio Grande a Castelletto di Abbiategrasso la linea affatto secondaria del naviglio di Bereguardo.

Il naviglio di Bereguardo dalla derivazione al Castelletto di Abbiategrasso al suo termine è lungo km. 18.792

V. — Da Milano al lago di Como.

Questa linea di navigazione, benchè si distacchi da Milano al Tombone di S. Marco, nelle condizioni presenti occorre considerarla come distaccantesi dalla Darsena di Porta Ticinese, comechè in oggi la sola via di comunicazione con il Po è il naviglio di Pavia, che si diparte appunto da detta Darsena; e così il primo tratto di questa quinta linea risulta essere la Fossa Interna, dalla Darsena di Porta Ticinese al Tombone di S. Marco. Dal Tombone di S. Marco, rimontando il naviglio della Martesana, la navigazione raggiunge l'Adda a Trezzo, e prosegue ivi nell'alveo del fiume fino allo sbocco del naviglio di Paderno; superate per mezzo di questo canale le rapide che il fiume forma a Paderno, rientra in Adda fino alla bocca dell'emissario presso Lecco, ed ivi si congiunge con la navigazione del lago di Como.

Anche questa è una linea di navigazione che si esercita con natanti carichi solamente in discesa; ed in riguardo a tale condizione di cose si richiamano le osservazioni fatte a proposito della linea da Milano al Lago Maggiore, la quale ha comune con la linea da Milano al lago di Como questo carattere di unilateralità

nella direzione dei trasporti, direzione, ripetesi, divenuta oggigiorno contraria, piuttosto che favorevole, a quella che sarebbe richiesta dai bisogni della plaga attraversata dalla linea.

Per dippiù dal lago di Como a Milano, anche nella discesa la navigazione presenta dei pericoli in alcune tratte del fiume Adda di eccessiva pendenza, ed all'imbocco del naviglio della Martesana.

Meno importante è questa linea, a giudizio della Commissione, che non quella da Milano al Lago Maggiore, considerata come linea di traffico, e non ponendo mente agli scopi militari. È anche prevedibile meno prossimo il tempo nel quale le opere per l'utilizzazione delle forze idrauliche abbiano a correggere i difetti che la linea presenta in causa delle rapide dell'Adda. Pure, a suo luogo, la Commissione esporrà quanto ritiene fattibile per rendere tecnicamente pratica la linea di navigazione da Milano al lago di Como.

La lunghezza della linea è la seguente:

Per la fossa interna dalla Darsena di Porta Ticinese al Tombone di S. Marco (1)	Km. 5.250
Per il naviglio della Martesana al suo incile in Adda a Trezzo »	38.721
Per l'Adda dalla derivazione del naviglio della Martesana allo sbocco del naviglio di Paderno »	8.863
Pel naviglio di Paderno dal suo sbocco in Adda alla sua derivazione dall'Adda »	3.534
Per l'Adda al lago di Como »	23.771
Totale	<u>Km. 80.139</u>

(1) Come si vedrà in seguito la Commissione propone di sopprimere alla navigazione, la Fossa interna di Milano, sostituendovi un canale di circonvallazione distaccantesi dalla Martesana presso Crescenzago, nel qual caso la linea dalla Darsena di P.^a Ticinese al Lago di Como si allungherebbe di circa km. 2.

PARTE SECONDA

Lo Stato attuale, possibili miglioramenti, proposte.

CAPITOLO I.

Linea Navigabile dal Po per l'Oglio — (*obbiettivo Brescia ed il Lago d'Iseo*)

I. L'Oglio — II. Il Lago d'Iseo e la Valcamonica —

III. Il canal Fusia ed il progetto Coccoli.

I. — L'Oglio.

Il fiume Oglio nasce dal Tonale, percorre con rapide pendenze il fondo della Val Camonica per la lunghezza di 90 chilometri e sfocia nel lago di Iseo, o Sebino. Le sue acque, si riposano nel bacino del lago per una tratta di 25 chilometri, ed a Sarnico riprendono corso di fiume, per raggiungere la corrente del Po dopo un percorso di 140 chilometri.

La parte inferiore, o sublacuale, da Sarnico al Po, (Tav. III) è quella che ci interessa nei riguardi della navigazione, come quella che è la via acquea naturale di collegamento del lago di Iseo all'arteria principale della navigazione interna dalla valle padana, e ad essa limitiamo le nostre osservazioni.

L'incile — Il fondo dell'emissario all'incile segna un punto interessante assai, in quanto che, sia per le materie portate dal torrente Guerna che si immetteva in Oglio, fino a poco tempo fà, in direzione quasi normale alla corrente del fiume e nel punto anzidetto, sia per l'ostacolo frapposto ad libero deflusso da manufatti per la Nassa Paratico e per la diga dei molini Alessandri, sia infine per i secolari depositi delle materie di rifiuto provenienti dall'industria della lavorazione della pietra di Sarnico, esso fondo dell'emissario andò elevandosi ad una quota superiore a quella che, senza le predette cause, il regime naturale dell'emissario stesso avrebbe certamente stabilito. Questo fatto tendeva ad invasare le acque del lago d'Iseo, con danno dei rivieraschi,

i quali vedevano crescere il pelo d'acqua di piena; e giova notare che se parte delle rive del lago sono tanto scoscese da non permettere nemmeno l'approdo, altre sono pianeggianti, ed a livello di poco superiore alle acque medie, cosicchè le piene sommergono circa 232 ettari di terreni paludosi detti *Lamme*. Per contro, questo stato di cose era piuttosto favorevole agli utenti delle acque dell'Oglio, come quello che, trattenendo nel bacino del lago parte delle acque di piena, veniva a lenire il male della scarsità dei deflussi di magra, e da questa collisione di interessi nacquero contestazioni e lotte, agitate per secoli, e non ancora oggi sopite. Già nel 1568 il perito Giuliani riconosce le cause dell'ostacolata emissione delle acque dal lago, e scrive: « *Io, Gio. Paolo di Giuliani da Travaiano, livellatore e perito eletto per gli interessati per la Riviera d'Iseo e Consorti, a vedere e riferire le cause dell'inondazione ed esalveazione che fanno le acque del lago d'Iseo nel tempo di escrescenza delle acque, dico e riferisco per il sagramento mio e giudizio che ho in simili cose la causa proveniente per li rispetti infrascritti... ecc.* » (1). Ed il Giuliani trova la bocca d'Oglio troppo stretta per il deflusso delle acque di piena, ingombro come è, l'emissario, dall'edificio « *della Fosa, dalla Nassa della Piscagione di quelli di Paratico e dalle cesate della seriola del Molino di Alessandri; si ritrova ancora il fondo di detta bocca ingierato ed alto per causa del torrente Guerna, li vicino.* »

Ai continui lagni ed alle contese la Repubblica Veneta volle por fine con la *Terminazione Donado* del 2 febbraio 1680. Le autorità, recatesi su sito, riscontrarono le stesse cause già rilevate dal Giuliani, ed in più la causa dovuta ai detriti « *dei Piccapietra di Sarnico* »; decretarono norme per limitare l'estensione delle *Nasse*, e fissarono la misura della bocca libera dell'Oglio « *in braccia 19 ed oncie 7 della misura bresciana, la qual non possa in alcun tempo mai che si sia esser ristretta o minorata* » (2).

Non ostante il divieto estensibile ai posterì, gli ingegneri capi Bossi e Camminada, nel 1829, verificano che la luce libera dell'emissario è ridotta a braccia 16.2 (m. 7.68 in luogo dei m. 9.30 fissati dalla *Terminazione Donado*); prescrivono altresì limiti insuperabili nel senso dell'altimetria, fissando che il fondo dell'alveo alla

(1) Relaz. Giuliani, 26 ottobre 1568, Arch. dell'Uff. del R. Genio Civile di Milano.

(2) *Terminazione Donado*, ivi.

bocca dell'Oglio sia a m. 0.40 sotto la soglia dell'edificio di derivazione della Fusia (1).

Ed intervengono ancora di frequente le autorità a lamentare le condizioni della bocca d'Oglio, ed ancora, in tempi a noi vicini, l'ingegnere di 1^a classe Gonzales, quasi fosse un assistente del Giuliani e l'avesse seguito nella sua visita del 1568, trova che a suo giudizio l'efflusso dal lago è ostacolato artificialmente con le palificate della Nassa Paratico, e dalla presa della roggia Alessandri; con Nassoni (detti Revedi) pel pesce; con i detriti della lavorazione delle pietre gettate dalla riva di Sarnico; col materiale portato dal Torrente Guerna sboccante ortogonale all'Oglio poco dopo l'uscita di questo dal lago.

Finalmente la Nassa Paratico fu distrutta nel marzo del 1860; sul principio del 1883 fu tolto l'altro ingombro presentato dalla diga pei molini Alessandri, e lo sbocco del torrente Guerna fu portato in un punto più a valle.

A questi ostacoli fissi venne sostituita una cavallettata per regolare la bocca dell'emissario ad acque magre, cavallettata che si demolisce quando il lago cresce, ed incomincia la minaccia di danni pei rivieraschi.

Questo provvedimento ha evidentemente migliorato le condizioni della bocca dell'Oglio, ma è di carattere tutt'affatto provvisorio. Sarebbe desiderabile che il regime del lago e dell'emissario venisse definitivamente sistemato con un'opera stabile, e la Commissione fa voti in proposito, tanto più che la quistione è anche presentemente agitata, e presso le autorità ed il Ministero giacciono proposte diverse.

Non mancarono nel secolo XIX i progetti per ridurre il lago d'Iseo a serbatoio con vantaggjo tanto dei rivieraschi quanto degli utenti delle acque dell'Oglio inferiore.

Su tale argomento dà ampie delucidazioni la Relazione dell'ingegnere capo F. C. Rossi dell'ufficio del R. Genio civile di Brescia intorno al progetto Coccoli, relazione qui allegata sotto A, tanto che è il caso (dopo di avere assai sommariamente riassunte le fasi storiche della bocca d'Oglio) di non aggiungere altre parole, ma di rimettersi a quello studio per precludere ad una futura sistemazione definitiva dell'emissario, proficua tanto ai rivieraschi quanto agli utenti delle acque dell'Oglio sublacuale.

(1) Relazione degli ingegneri capi Bossi e Camminada — Sistemazione dell'emissario del lago d'Iseo, 31 ottobre 1829, Arch. dell'Uff. di Milano del R. Genio civile.

Utenze e Portata — E gli utenti sono molti. I dati raccolti dalla Commissione porterebbero a ritenere che da Paratico allo sbocco in Po si derivano dall'Oglio :

1° Sulla sinistra, per la Provincia di Brescia n. 9 canali e cioè: la Roggia Fusia, la Seriola di Chiari, la Roggia Castrina, la Trenzana, la Bajona, la Rudiana, la Castellana, la Visconta d'Urago, la Molina d'Urago con la portata complessiva probabile di M^3 38.35

2° Sulla destra, per la provincia di Bergamo, 3 canali, cioè: la Roggia Sala, la Dauna e la Antegnata della portata complessiva probabile di . . . » 3.50

3° Sulla destra pure, per la provincia di Cremona, si deriva il Naviglio Civico che risponde ad una portata di . . . » 24.38
con un totale di acque derivate di . . . M^3 66.23

Questo quantitativo di derivazioni è piuttosto nominale che reale se si pensa che nelle massime magre il deflusso dal lago di Iseo è valutato a m^3 20 solamente, e che alcuni sostengono anche cifre minori. Però sta il fatto che l'Oglio presenta in sommo grado quella qualità, comune agli altri nostri fiumi funzionanti da emissari di un lago prealpino, di rifornirsi d'acque per mezzo di risorgenze nel proprio alveo, tantochè si ritiene che quando i deflussi dal lago bastano a soddisfare le derivazioni per la provincia di Brescia, i ricuperi nell'alveo del fiume soddisfano alle utenze inferiori. In ogni stato d'acqua, poi, l'estremo tronco, da Pontevico al Po, sia per le risorgenze, sia per il ritorno delle colaticce, presenta sempre un corpo d'acqua rilevante.

Ma dal lago a Pontevico intercedono 60 chilometri, e le acque sono scarse ai bisogni. Giova notare che sonvi circa 90 mila ettari di terreni che hanno diritto all'irrigazione con le acque derivate dall'Oglio; e questa cifra dice quanto sieno già scarsi i 66 metri cubi nominali di competenza delle molte derivazioni; per dippiù, e nell'alveo stesso del fiume, e nelle seriole derivate, sono numerosissimi gli impianti di opifici che da quelle acque attendono la forza animatrice. E le acque sono assolutamente insufficienti per tanti bisogni e per tanti diritti acquisiti o vantati; si è costretti spesso, per esempio, a costruire una chiusa che ristagni l'acqua nell'alveo, perchè il porto natante che mette in comunicazione Castelvisconti ed Acqualunga possa galleggiare.

Si è voluto esporre questo stato di cose per le considerazioni

che si faranno in seguito circa la possibilità di navigare l'Oglio nel suo alveo, o di derivarne un canale di navigazione.

Sulla portata resta a dirsi che la portata ad acque medie (sempre riferita all'incile) la si ritiene di m^3 56 al r'' e quella di massima piena di m^3 300 circa; gli stati di massima magra, di acque medie e di massima piena corrispondono rispettivamente alle letture, sull'idrometro di Sarnico, di $-0,20 + 0,38 + 2,37$.

Descrizione-Corso — L'esame del corso dell'Oglio, allo intento della navigazione, la Commissione lo effettuò con maggior diligenza dalla Cascina *Dossello di Sopra* alla foce in Po (Km. 101.77), in quanto superiormente alla Cascina suddetta l'Oglio presenta caratteri tutt'affatto torrentizi. In quest'ultima parte del suo percorso il fiume offre aspetti diversi che ne suggeriscono la suddivisione in tronchi.

1° Dalla Cascina *Dossello di Sopra* a Bordolano (Km. 10). Il fiume ha ancora carattere torrentizio; scorre in terreno ghiaioso, divide facilmente il suo corso in vari rami, variabili all'incremento delle acque, e, dove è riunito, presenta una larghezza da 40 a 60 metri. Ad acque ordinarie si verificano fondali da m. 0.80 a m. 1.50, ma in corrispondenza alle rapide il velo d'acqua si assottiglia fino a m. 0.50, con velocità superficiali di m. 1.80. Nello stato attuale una vera e propria navigazione è impossibile.

2° Da Bordolano a Pontevico (Km. 12).

Il fiume cambia aspetto; fra rive argillose, scorre su fondo mobilissimo; ad acque ordinarie si hanno fondali da 1.60 a 3 metri, e nelle magre si ritrova ancora l'altezza d'acqua di 1 metro sul filone; le velocità superficiali variano da m. 0.80 a m. 1.00. In buone condizioni d'acqua la navigazione rimonta di fatto fino a Bordolano, e barche della portata da 70 a 90 quintali percorrono questa tratta anche durante le magre. Si incontrano due ponti sorpassanti il fiume: il ponte della ferrovia Cremona-Brescia, e il ponte in ferro di Bordolano; le luci libere sotto i ponti sono più che abbondanti ai bisogni della navigazione.

3° Da Pontevico all'idrometro di Onede (Km. 18.350).

Questo tronco termina poco sotto la foce del Mella, dove le acque di questo fiume, affluenti nel letto dell'Oglio, ne mutano le condizioni. Non presenta nulla di interessante, e si presta alla navigazione con velocità superficiali di circa M. 0.60.

4° Dall'idrometro di Onede all'idrometro di Canneto (Km. 20.800). Incominciano gli argini di 2ª categoria alla con-

fluenza del Mella, e cioè al principio del tronco. La portata del fiume aumenta, e si valuta in magra a m^3 30 circa; aumenta anche la velocità del corso raggiungendo centm. 90 al 1'.

Il 3° ed il 4° tronco vanno considerati assieme in rapporto alla navigazione, perchè all'estremo del 4° tronco trovasi il ponte in legno per la continuità della provinciale Asola-Piadena, che presenta una luce libera in larghezza, fra le stilate, di 6 metri, ed in altezza, fra il sottotrave ed il pelo massimo di navigazione, di soli M. 1.70. Perciò rimontano natanti di moderata dimensione, e cioè lunghi M. 15.00, larghi M. 4.30, e dell'immersione di M. 1.00. Lungo queste due tratte incontransi altri 4 ponti, che presentano però luci libere soddisfacenti anche per natanti di maggior mole.

5.° Dall'idrometro di Canneto a quello di Marcaria (chilometri 18,955). Da questo punto è possibile in ogni stato d'acqua una seria navigazione con barche lunghe M. 30.00, larghe M. 6.50, dell'immersione di M. 1.40 e della portata di 150 tonnellate. Le velocità superficiali si valutano di 0.80 m. al 1'.

6° Dall'idrometro di Marcaria alla foce in Po (Km. 21.670). Il fiume Oglio risente influenza dallo stato delle acque in Po; normalmente la velocità superficiale decresce sino a M. 0.70.

Lungo le tratte 5^a e 6^a si incontrano tre ponti dei quali quello della provinciale a Marcaria presenta la minima dimensione in larghezza della luce libera colla misura di M. 17.50, e l'altro della ferrovia, pure a Marcaria, la minima dimensione in altezza con la misura di M. 2.93 sul pelo massimo di navigazione.

(Per il profilo del fiume Oglio da Pontevecio al Po vedi la Tav. III, coll'osservazione che in detto profilo è segnato come pelo di *magra ordinaria* la linea passante per gli zeri degli idrometri, mentre se forse un tempo si verificò che tale livello segnasse appunto la quota di magra ordinaria, da molti anni si verifica che la magra ordinaria non discende allo zero degli idrometri).

Le Bine — Non si può scrivere dell'Oglio, specialmente nei riguardi della navigazione e trascurare di accennare alle bine, che alla navigazione frappongono uno dei più importanti ostacoli.

Le bine (vedi tavola IV.) consistono in manufatti costruiti in modo da provocare un ristagno delle acque, così da produrre un salto al passaggio di sezione fra l'alveo ristretto e l'alveo naturale; sulla lama d'acqua stramazante sono impiantati dei molini natanti, e, sulla linea di questi, una bocca è lasciata libera per la

continuità della navigazione fra i due tronchi a monte e a valle delle bine.

Le bine sono soggette ad un apposito regolamento, il quale prescrive:

che la bocca per la navigazione sia larga non meno di m. 7.50 ;

che le bine siano poste nel fiume in modo ed in località tale da aversi nella bocca di navigazione un fondale di m. 1.00 ;

chè il concessionario di una bina sia obbligato a conservare questo fondale, anche con escavazioni, per 50 metri sopra e sotto la bina ;

che la bocca di navigazione sia munita di una fila di colonne di invito ;

che di notte un fanale segnali a monte ed a valle la via di navigazione ;

che se una bina viene abbandonata debbano distruggersi fino al fondo del fiume tutte le opere sporgenti nel fiume stesso.

Non ostante quest'ultima disciplina regolamentare, la Commissione ebbe a rilevare in sito diversi ostacoli presentati alla navigazione da avanzi di sottostrutture d'antiche bine abbandonate nell'alveo del fiume (come a Ca Dogana Vecchia), e fa voti perchè se non provvidero a suo tempo coloro che erano obbligati a farlo, si provveda almeno ora d'ufficio.

Da Ponteviso in giù (poichè da Ponteviso in su la Commissione non crede per ora sia il caso di studiare il fiume ad uno scopo di navigazione) le bine sono in numero di 13.

1.	Bina detta di Scandolara, forza attualmente utilizzata	cav. vap.	24
2.	Id. di Seniga,	id.	20
3.	Id. di Pescarolo o Bina nuova	id.	20
4.	Id. di Ostiano	id.	35
5.	Id. di Isola Dovarese (1)	id.	45
6.	Id. di Castelfranco (2)	id.	45
7.	Id. di Vho	id.	30
8.	Id. di Santa Maria	id.	18
9.	Id. di Tezzoglio	id.	18
10.	Id. di S. Bonifacio	id.	16
11.	Id. di S. Michele in Bosco (3)	id.	16
12.	Id. di Gazzuolo	id.	24
13.	Id. di Bosco Chiavica	id.	20
Totale cav. vap.			331

(1) Mette in azione anche una dinamo per l'illuminazione elettrica di Isola Dovarese.

(2) Mette in azione anche una dinamo per illuminazione elettrica privata.

(3) Presentemente abbandonata.

Notisi però che nelle magre o nelle piene il rendimento varia molto, così da ritenere di 214 invece che di 331 la forza utilizzata — in questi stati d'acqua — dalle citate 13 bine.

Proposta per le Bine — Il passaggio della bocca di navigazione aperta nelle bine è faticoso ed anche pericoloso pei natanti, e la Commissione è d'avviso che sarebbe conveniente radunare in un salto solo la pendenza utilizzata dalle bine, a gruppi di due o tre di queste, collando alle nuove briglie una conca di navigazione. La caduta potrebbe assai meglio venire utilizzata; le bine di minore importanza converrebbe espropriarle, resterebbe a compensare i concessionari delle altre con un tributo di forza corrispondente a quella attualmente dagli stessi utilizzata; resterebbe anche da affittare o vendere la forza in più prodotta. All'incirca si calcola che per ognuno dei nuovi salti si avrebbe una forza da 500 a 600 cavalli-vapore.

La Commissione non credette di istituire speciali studî al riguardo, sì da compilare un progetto; il solo confronto della forza ora utilizzata e della ritraibile con opere più rispondenti alla moderna tecnica, dà ragione del suggerimento dato in via tutt'affatto sommaria, come in via affatto sommaria la Commissione è d'avviso che per la natura dei luoghi la trasformazione suggerita potrebbe effettuarsi senza soverchia spesa.

Giova notare — per quanto si dirà in appresso circa la continuità della navigazione fino al Lago d'Iseo — che da Canneto al Po si incontrano solamente 7 bine, la prima delle quali è quella di Vho (ed una delle quali è abbandonata) sviluppati in buone condizioni d'acqua la forza di soli 142 cavalli-vapore.

A chiudere queste brevi notizie sul fiume Oglio resta ad aggiungere che da Pontevico al Po una via alzaia segue il corso del fiume, percorrendo però o la sommità degli argini o le sponde, senza manufatti speciali; l'alveo e la via alzaia sono classificati in 1^a categoria.

Possibili miglioramenti — Da quanto si è detto appare chiaramente che la Commissione giudica impossibile il pensare ad una riduzione dell'alveo dell'Oglio tale da permettere la navigazione dal Po al lago di Iseo nell'alveo stesso. Appare anche che il progetto di un canale parallelo al corso del fiume, con acque derivate dal fiume stesso per il tratto dal lago d'Iseo a Pontevico, spaventa per le sue difficoltà tecniche e finanziarie. L'ingegnere capo della provincia di Brescia così si esprimeva: « *Il problema della navigazione da Pontevico al lago*

di Iseo richiederebbe una trasformazione tale dello stato odierno da non sapere da qual parte incominciare, » e la Commissione si convinse che queste parole riproducono la verità delle cose.

Si è già detto quanto si può suggerire per togliere gli inconvenienti che sono prodotti alla navigazione dalle bine, e rendere così facile la navigazione stessa sino a Pontevecio. Il ponte in legname della provinciale Asola-Piadena, che presenta così ristrette luci libere da impedire l'accesso nel tronco navigabile superiore a quei natanti che per la loro maggior portata rispondono di più ai bisogni della navigazione fluviale, verrà fra poco sostituito con altro manufatto, e la Commissione farà voti che colla nuova opera si tolga l'impedimento che i naviganti oggi lamentano.

II. — Il Lago d'Iseo.

Il lago d'Iseo, posto a circa 192 metri sul livello del mare, presenta una superficie di km. q. 58,500; la sua lunghezza la si misura da Sarnico a Lovere in km. 25, la sua larghezza media è di km. 2,340, e la massima di km. 5,400. È profondo; ed alcuni scandagli diedero la profondità di 300 metri. Presenta due periodi di magra e due periodi di piena; le magre sono l'una estiva, in agosto e settembre, e l'altra invernale da dicembre a marzo, ed è la più forte, col massimo in febbraio e marzo, e qualche volta con un altro massimo in dicembre; le piene sono l'una primaverile e l'altra autunnale, la prima in maggio e giugno, ed è la più regolare e la più sentita, la seconda in autunno fin oltre novembre.

Le piene si formano abbastanza rapidamente, ed il lago passa dalla magra alla piena anche in solo 8 giorni, regolarmente in 15; dalla piena passa alla magra in 25 giorni, e nello stato di piena resta per una quindicina di giorni. Le magre durano complessivamente circa 110 giorni all'anno.

Il dislivello fra il pelo di magra ed il pelo di piena si può ritenere di metri 2.80, e la depressione della magra massima sotto il pelo ordinario, di metri 0.85. Non sono, questi, forti dislivelli, ma la condizione di parte delle sponde del lago li rendono assai dannosi pei rivieraschi. Nella regione meridionale le pianure di Iseo, e, nella settentrionale, quelle di Pisogne, sono poco elevate sul lago, e soggiacciono alle piene, che le inondano per una superficie di circa 232 ettari, invadendo anche l'abitato di Iseo. Questi terreni bassi son detti *Lamme* e sono paludosi; essicandosi al ritirarsi delle acque sprigionano esalazioni malsane. E' questa condizione di cose

che rese sempre gli abitanti delle rive del lago timorosi di ogni opera intesa ad impedire il libero sfogo delle piene a bocca d'Oglio; ma come vedremo in seguito, una razionale sistemazione dell'emisario, renderebbe minore l'altezza di dislivello fra la piena massima e la massima magra, con evidente vantaggio dei terreni ora alternativamente sommersi ed emergenti.

Navigazione e traffico — La navigazione sul lago d'Iseo, isolato come è da ogni via navigabile fluviale, è ridotta a servire il traffico puramente locale. Usansi barche dette *navi* lunghe m. 14, larghe m. 4, della immersione di m. 1.20 e della portata di 25 tonnellate; e barche dette *gondole* lunghe metri 9.50, larghe metri 3.30, dell'immersione di metri 0.80 e della portata di 8 tonnellate. La navigazione si fa a remi ed a vela, e la vela utilizza due venti periodici soffianti alternativamente in direzione opposta. Il vento *Ora* favorisce il percorso da Sarnico a Lovere, e spira da mezzodì al cadere del sole; il vento *Sovero* ha direzione opposta, e nasce al cominciare della notte per cadere nelle ore del mattino. E' in esercizio anche la navigazione a vapore a servizio dei passeggeri.

A Paratico ed a Iseo le ferrovie toccano il lago.

Ora, dalla relazione ufficiale dell'Ispettorato generale delle strade ferrate per il 1900 si rileva che la stazione ferroviaria di Iseo ebbe un introito (merci e passeggeri compresi) inferiore alle 100 mila lire, e che quella di Paratico ebbe un introito di circa 116 mila lire. Se si nota che questi sono i due soli scali ferroviari del lago, cui fa capo tutta la navigazione, si osserva subito che le cifre surriferite sono assai esigue in confronto al movimento di merci che pur si verifica rilevante da e per le valli che mettono capo al lago; per il che si deve dedurre che il traffico non si giova della navigazione del lago e sceglie altre vie. Ed è naturale, quando si osservi che pel traffico di importazione o di esportazione il lago non rappresenta che un tratto isolato di via navigabile della lunghezza massima di 25 chilometri, e che l'economia nei prezzi di trasporto realizzabile su così breve viaggio non compenserà mai gli incomodi e le spese dei trasbordi.

Giova soffermarsi un po' a considerare le condizioni del traffico in questa plaga per dedurne l'opportunità del suo collegamento con la rete navigabile dell'Alta Italia, e perciò non può trascurarsi di prendere in considerazione la Valcamonica.

La Valcamonica — La Valcamonica dal Tonale scende al lago d'Iseo a Lovere, ha 52 Comuni e 60 mila abitanti; ma se vi si

aggiungono i Comuni della Val di Scalve e di altre minori attratte nel movimento della Valcamonica, si giunge ad un complesso di 70 Comuni ed 85 mila abitanti.

Un tempo vi era fiorentissima l'industria metallurgica, per l'abbondanza delle miniere di ferro (anche oggi ne sono attive 16) sparse si può dire in tutta la valle. Si ritrovano pure filoni di rame e di pirite di ferro. Oggi l'industria è in decadenza rispetto al passato, e la causa è riconosciuta consistere nella mancanza di mezzi di trasporto economici, mancanza che, nello sviluppo della viabilità, non ebbero a lamentare altre plaghe. Importanti sono pure le cave di pietra, e sono noti ai costruttori e il granito bigio detto *tonalite*, e la pietra *Simona*, ed il conglomerato detto *Verrucano*, e i diversi marmi detti *lumachella*, *volpinite*, *occhialino*; sonvi cave di gesso, cave di ardesie, cave di calcare atto alla produzione della calce alimentanti oggi 13 fornaci. Altri prodotti importanti della valle sono il carbone di legna e la legna; e basti accennare che sono valutati a 43 mila ettari i terreni occupati da boschi cedui e resinosi. Oggigiorno per la lavorazione del legno sono in attività 54 seghe.

S'è accennato soltanto a questi prodotti, perchè sono appunto quelli che si chiamerebbero, quanto ai trasporti, di stretta competenza della navigazione, e cioè prodotti voluminosi e pesanti, di poco costo in rapporto al volume, prodotti cioè di basso *prezzo specifico*. E questa plaga così ricca di materiali atti ad alimentare industrie diverse è segregata da ogni via di trasporti. E' in attività una tramvia da Lovere a Cividate, tramvia fino ad ora isolata, perchè limitata fra questi due punti, ma è di prossima apertura la tramvia Bergamo-Trescorre-Lovere che fornirà così la prima ed unica via di sbocco pel traffico della Valcamonica. La provincia di Brescia ottenne la concessione per una ferrovia Iseo-Edolo, e, quando questa nuova via sarà costrutta, la Valcamonica avrà un secondo sbocco. Queste due nuove vie faciliteranno evidentemente le comunicazioni con la Valcamonica, specie per i passeggeri e per una grande quantità di merci, dovendosi notare che pressochè tutto quanto riguarda i consumi, derrate alimentari, granaglie, viene importato nella Valcamonica, scarsa di produzione, a questo riguardo, rispetto al numero degli abitanti.

Oltre che per i bisogni del traffico le vie di comunicazione possono essere richieste, così da diventare indispensabili, anche per altri scopi. Non è compito precipuo della Commissione, nè è di sua competenza, lo studiare quanta sia la deficienza di vie di tra-

sporto verso la frontiera nei riguardi della difesa militare. In questo caso però non si può a meno di osservare che la Valcamonica fronteggia l'Austria al passo del Tonale; che da Breno, Cividate, Esine diverse strade conducono in Austria; che nella valle mette il passo di Crocedomini, troppo noto nella storia delle guerre nazionali; che altre strade conducono e per l'Aprica e pel Gavia e pel Montirolo in Valtellina ed indi allo Stelvio. Basta accennare a questa condizione di cose, e rilevare che oggi la Valcamonica è segregata affatto dalla nostra rete di vie di trasporto, per giustificare anche sotto questo aspetto il voto che la Commissione farà perchè il lago d'Iseo venga posto in comunicazione con la valle del Po anche per mezzo di una via acquee navigabile.

III. — La Fusia ed il progetto Coccoli.

Da quanto si è detto più sopra, nel paragrafo I e nel paragrafo II, risulta che la Commissione riconosce nello stesso tempo la grande convenienza della riunione del lago Iseo alla rete navigabile della Valle del Po, e l'impossibilità di ottenere tale riunione per mezzo delle acque del fiume Oglio nell'alveo del fiume stesso. Venuta a conoscenza di un decreto di Napoleone I, in data 18 giugno 1805, con il quale si ordinava che fosse stabilito un canale di navigazione tra Brescia ed Iseo, la Commissione, persuasa che un ordine di tanto uomo non doveva essere rimasto lettera morta, ma doveva essere stato seguito da qualche atto di esecuzione, fece ricerche in proposito, e ritrovò nell'archivio dell'ufficio del Genio civile di Milano i disegni di compendio di un progetto compilato in obbedienza del decreto succitato, redatti con ogni cura, completi anche nei particolari, e degni sotto ogni aspetto della maggiore attenzione, nonchè qualche brano di relazione, documenti importanti relativi al progetto eseguito sotto la direzione dell'ispettore Coccoli.

La Commissione si recò sui luoghi, e seguì sul terreno il tracciato del Coccoli, per farsi una prima idea sommaria e sul tracciato stesso e sulle modificazioni che potessero essersi verificate nelle zone attraversate, così da poter dare un primo giudizio di massima sull'attuabilità di un progetto vecchio di un secolo.

La Fusia — Il punto d'origine del canal Coccoli è la bocca di presa della Fusia. La Fusia, antichissimo canale costruito, nel 1347 dal conte Oldofredo d'Iseo, esce dal lago d'Iseo nel punto in cui le acque del lago incominciano a prendere corso di fiume, e costeggia

l'Oglio fino a Palazzolo, dove risvolta verso levante nella pianura bresciana. Il canale, di costruzione assai ardita, scorre a mezza costa sulla ripida sponda sinistra del fiume, sostenuto da frequenti ed importanti opere murarie; la navigazione un giorno vi dovette essere abbastanza attiva, ma in oggi ha perduto ogni sua importanza. La ferrovia Palazzolo-Paratico si conquistò anche il trasporto dei materiali calcari che alimentano le rinomate fornaci di Palazzolo; ed il canal Fusia infatti, nelle sue condizioni attuali, che permettono la navigazione con natanti della portata di una tonnellata soltanto, con la sezione in alcuni punti assai ristretta, con la scarsa luce libera sotto i ponti, non può soddisfare ai bisogni richiesti da una linea di trasporti di una certa entità.

La portata della Fusia l'ing. Gonzales la valutava di mc. 5.611, e l'ing. Rossi attualmente la valuta di mc. 6.700. Queste acque servono in oggi in modo speciale per la irrigazione, suddividendosi, presso l'abitato di Palazzolo, in due rami principali, l'uno diretto ad irrigare il territorio di Chiari, l'altro diretto su Rovato.

L'idea di utilizzare la Fusia come primo tronco di un canale riunente Brescia al lago d'Iseo, fu accarezzato diverse volte nel corso dei tempi, e vedasi a questo proposito il diligente studio storico che precede la relazione dell'ing. F. C. Rossi qui allegata (Allegato A), ed è ancora questa l'idea che informa il progetto Coccoli.

Il progetto Coccoli — La Commissione, da un sommario esame del progetto e delle località, si persuase essere il caso di riprendere in studio il progetto Coccoli, confrontarlo colle condizioni odierne di cose, e dedurne un criterio sulla sua maggiore o minore attuabilità presente. Pregò di eseguire tale studio l'ing. capo del Genio civile della provincia di Brescia cav. F. C. Rossi, e questi trasmise alla Commissione una diligente e dotta relazione che qui si allega (allegato A), ed alla quale si rimanda lo studioso per tutte quelle notizie che si possono desiderare per formarsi un completo concetto in argomento. Noi qui non facciamo che riassumere assai brevemente.

Base di tutto il progetto è la ricerca di una maggior quantità d'acqua per impinguare la portata della Fusia, ed il Coccoli risolve il problema servendosi del lago d'Iseo come serbatoio, bensì, ma evitando di produrre un vaso dannoso ai rivieraschi; per far ciò in luogo di limitarsi a rigurgitare la bocca dell'emissario, così come si trova, con una traversa, escava il fondo dell'emissario, e, sulla soglia più bassa così ottenuta, costruisce un edificio regolatore; il

Coccoli insomma, si può dire, invasa le acque del lago d'Iseo abbassando però contemporaneamente il lago stesso. La possibilità di questo nuovo regime dell'emissario, gli effetti benefici di diminuzione nei dislivelli fra le massime piene e le massime magre, l'abbassamento dei peli di massima piena, il nessun timore di danni per gli utenti dell'acque dell'Oglio sublacuale, tuttociò è discusso e dimostrato dottamente nell'allegato A (1).

La Fusia, impinguata di acque, ed allargata fino alla misura di m. 12, formerebbe il primo tronco del nuovo canale fino a Palazzolo; da Palazzolo fino alla diramazione per Chiari, allargata fino a m. 11; ed allargata da questo punto fino a Rovato a m. 10, ancora la Fusia, continuerebbe la via. Da questo punto a Brescia ed all'incontro del naviglio d'Isorella occorrerebbe la costruzione di un canale nuovo della larghezza di m. 9, e più in giù il naviglio d'Isorella, sistemato, condurrebbe in Oglio a Canneto.

Il canale superiore, dal lago d'Iseo a Brescia, risulta della lunghezza di Km. 44. 259
il canale inferiore da Brescia a Canneto » 46. 399
Totale Km. 90. 658

Sono progettati 4 sostegni a conca (dei quali 2 doppi) sul canale superiore, e 16 sostegni pure a conca, (dei quali 5 doppi) nel canale inferiore. La caduta totale da superarsi è di m. 157.600; m. 51.317 col canale superiore, m. 106.283 col canale inferiore. La pendenza media unitaria di tutto il canale, esclusi i salti ai sostegni, risulta del 0.57 per mille.

Il costo del canale superiore l'ing. Coccoli lo valutava in lire 2,930,000, e questa cifra, tenuto conto anche della necessità di opere nuove per variazioni avvenute nei luoghi attraversati, l'ingegnere Rossi la corregge in L. 4,800,000

Il costo del canale inferiore era preventivato dal Coccoli in lire 2,070,696 ed il Rossi corregge in » 3,200,000
Costo totale L. 8,000,000

(1) Questa nostra relazione era ormai scritta quando ebbimo notizia di uno studio inedito, per invasare il lago d'Iseo compiuto dall'egregio ingegn. Tobia Bresciani di Brescia. Chiedemmo ed ebbimo la cortese comunicazione di tale studio sommario che risale al 20 Marzo 1898.— E siamo lieti di constatare che le proposte nostre, che naturalmente hanno per principale obiettivo la navigazione, non sono punto in contraddizione con quella dell'ingegn. Bresciani, ma anzi, a nostro avviso, le completano.

Di contro a questa spesa l'ing. Rossi pone un calcolo dei redditi offerti dal canale per sè stesso colle sue acque. Bisogna ricordare che parte delle acque nuovamente defluenti per la rinnovata bocca della Fusia, sarebbero destinate alla irrigazione della plaga asciutta che giace tra Paderno e il Mella, e che altre acque restano disponibili lungo il canale inferiore là dove questo si rimpingua naturalmente o per colaticce o per risorgenze di acque freatiche. Si può far conto sulla disponibilità complessiva, a favore della irrigazione, di mc. 9 d'acqua; e valutando in lire 25 mila al metro cubo il canone annuo di affitto si giunge ad un reddito di lire 225 mila, serviente un capitale di L. 4,500,000

Per dippiù si calcola che sarà ritraibile ai salti una forza di circa 4,500 cav. vap. forza che valutata a lire 5 il cav. vap., dà un reddito di lire 22,730 corrispondente ad un capitale di (1) L. 450,000

Totale	L. 4,950,000
--------	--------------

Contrapponendo questa cifra a quella preventivata pel costo totale delle opere si arriverebbe a giudicare che la somma di circa 3 milioni di lire a fondo perduto basta per mettere in esecuzione il progetto Coccoli. Ma anche senza tali computi di riduzione della spesa, accettando il costo quale lo calcolò il Coccoli e lo corresse il Rossi, deve riconoscersi che il sacrificio finanziario probabile è ben poca cosa di fronte ai grandi vantaggi che ragionevolmente possono ripromettersi dall'esecuzione di quest'opera. Oltre al beneficiare di irrigazione una plaga eminentemente agricola, e creare una nuova via di trasporti della lunghezza di 90 chilometri, alla quale misura dovrebbero aggiungersi la lunghezza della via rappresentata dal lago d'Iseo in 25 chilometri, chi può valutare il vantaggio di ridurre Brescia un porto fluviale in comunicazione da una parte con una grande ed importante zona della sua provincia, dall'altra con la rete della valle del Po e col porto di Venezia? E chi può preventivare quanta nuova corrente di vita possa affluire alle industrie estrattive della Valcamonica, (ora comprese dalle difficoltà dell'isolamento), una volta aperta una via di trasporti economica che la metta in comunicazione con tutto il movimento del traffico dell'alta Italia? E chi può tradurre in moneta l'importanza

La Commissione in altri casi — comè si vedrà in appresso — ritenne opportuno valutare in L. 30 il canone annuale ritraibile da un cav. vap. teor. Nel presente caso non muta il giudizio dell'ingegnere Rossi, ma si attiene all'apprezzamento di chi ebbe ad approfondire il presente studio.

militare della riunione di un punto importante della nostra frontiera alla linea del Po?

A questi punti interrogativi la Commissione risponde facendo voto che il progetto Coccoli, già studiato nelle sue linee principali dall'ingegn. F. C. Rossi, venga messo in prima linea fra quei problemi che devono preoccupare la mente di coloro che dedicano l'opera e lo studio al rintracciare le risorse naturali del nostro Paese, a sviluppare le correnti di vita là dove delle energie potenziali attendono che l'opera dell'uomo permetta la loro trasformazione in energie attive, cosicchè il progetto Coccoli, studiato anche nei suoi particolari, persuada ancor dappiù della sua convenienza ed attuabilità, e che infine la sua esecuzione soddisfi ai secolari desiderî della regione, e suggelli gli studî ed i tentativi fatti con lungo amore ed indomita costanza dai nostri padri. Ed invero dai cenni storici che servono di introduzione all'allegato *A* si rileva come nessuna via si lasciò intentata nei tempi passati per risolvere il problema che ci interessa, e volendosi oggigiorno risolverlo la Commissione è d'avviso che il progetto Coccoli segni la via giusta, anzi la sola via pratica e possibile.

CAPITOLO II.

Linea navigabile dal Po per l'Adda — (*obbiettivo Lodi e Milano*)

I. L'Adda inferiore — II. Il Canale Milano-Lodi — III. La Muzza.

I. — L'Adda inferiore.

Della linea di navigazione della quale imprendiamo a parlare, oggi a vero dire non esiste che il primo tronco, da Pizzighettone al Po.

L'Adda in questo suo ultimo tratto (vedi Tav. 5^a) lungo 17 chilometri è facilmente navigabile in ogni stato d'acqua, e presenta anzi un magnifico canale avente il solo difetto di non condurre a nessun centro di traffico importante. Di contro a Pizzighettone presenta la larghezza fra le due rive, costituite da muraglioni, di 130 metri, larghezza che mantiene od aumenta nella discesa al Po, come mantiene buoni fondali, verificandosi il minimo di m. 1,20 solo in pochi punti (in causa di depositi di sabbie fini e mobili, facilmente rimovibili) quando il pelo d'acqua è allo zero dell'idrometro di Pizzighettone, cioè negli stati di massima magra. Da Lodi a Pizzighettone, in alcuni mesi, si può navigare con natanti di qualche

immersione; e la Commissione percorse questo tratto di fiume navigandolo, ma ritraendone la convinzione che esso non è accessibile che a piccole imbarcazioni, e non soddisfa affatto come via navigabile, presa questa espressione nel senso voluto, poichè nelle rapide, non forti come nell'Adda superiore, ma frequenti, la lama d'acqua s'assottiglia di troppo, il canale utile lo si ritrova difficilmente fra i ghiaieti, e ad ogni modo la velocità della corrente è rilevante.

Dietro questa visita e dietro il conseguente studio, non restava da prendersi in considerazione che il tronco da Pizzighettone al Po, sul quale una qualche navigazione è attiva; e se questa è di poca importanza, comechè serve principalmente pel trasporto di ghiaia, la causa va ricercata non nelle condizioni del corso d'acqua, ma nel fatto che questa breve via rappresenta un ramo a fondo cieco nella rete diramantesi dall'asta del Po, ramo che ha al suo estremo non un grosso centro, ma una piccola città di scarso movimento commerciale, e di nessuna importanza industriale, servita d'altronde già dalle ferrovie: Pizzighettone.

Sorrideva alla Commissione poter raggiungere la città di Lodi, città piena di vita, centro di una delle regioni più fiorenti della valle del Po, per lo sviluppo agricolo, ed importante assai anche per lo sviluppo industriale; ma nella tema di strafare, si peritò ad iniziare studî per rendere navigabile l'Adda da Pizzighettone a Lodi. Tanto la costruzione di un canale laterale, alimentato dal fiume, quanto — e forse più d'assai — la riduzione dell'alveo stesso del fiume per renderlo atto ad offrire un canale navigabile durante le magre, ed a facilitare il passaggio dei natanti, con conche in corrispondenza alle rapide, erano progetti che anche dietro un sommario esame, mostravano richiedere sacrifici sproporzionati ai vantaggi sperabili dalla nuova via acquea desiderata. Fortunatamente anche in questo caso l'iniziativa privata, partita in caccia del carbone bianco, viene in sussidio del perfezionamento della rete navigabile lombarda. E questo fatto, che vedremo ripetersi quasi sempre sulla nostra via, dimostra che è questo il momento di ascrivere i nostri corsi d'acqua più ribelli nella docilità necessaria per una proficua navigazione, o, se lo si lascia passare, probabilmente il momento opportuno non risorgerà più.

L'ing. G. B. Conti studiò un canale industriale da Lodi a Cavenago, e l'onorevole comm. Emilio Conti già da tempo ha inoltrato domanda di concessione per altro canale da Cavenago a Pizzighettone. I progettisti si assoggetterebbero a modificare i loro progetti

in modo che ambedue i canali possano servire anche alla navigazione, (ed i tracciati facilmente si prestano a questa modificazione) qualora l' Autorità ne li richiedesse.

Ed il pensiero della Commissione, a questo riguardo, è esplicitamente espresso nel voto che essa formula perchè il Governo, nel concedere le derivazioni suaccennate, abbia presente il grande vantaggio di creare una via navigabile che tocchi Lodi, ed ottenga di porre a servizio della navigazione i nuovi canali progettati.

L'importanza ed i vantaggi della nuova linea che verrebbe così a crearsi con assai lievi sacrifici, non si arrestano qui.

Reso Lodi un porto sulla rete di navigazione interna, il pensiero della riunione di Milano con Lodi viene spontaneo.

Il tracciato Venezia-Milano — È qui il momento di ricordare che principale obbiettivo degli studii affidati alla Commissione è la linea di navigazione Venezia-Milano. L'unione di Milano col porto di Venezia fu il sogno, lo sforzo secolare di quanti si accinsero a studiare ed a operare per la canalizzazione del Milanese. Vedremo in seguito, di volta in volta, trattando dei singoli canali, quante memorie rimangono di questa tendenza costante ad ottenere una via acquea di comunicazione con l'Adriatico. Dicesi che, nel tempo dei tempi, una comunicazione esistesse, tra Milano e Venezia, per la Vettabbia il Lambro ed il Po; ma se il fatto deve ascriversi, come pare, alle favole, l'antica tradizione, anche priva di valore tecnico, ha un valore morale sintomatico.

Più certo indizio è dato da un diploma di Liutprando, re dei longobardi (prima metà del secolo VIII) pubblicato dal Muratori (1), dove si accenna ad un porto del Lambro, soggetto a gabella, al quale giungevano quelli di Comacchio coi loro carichi di sale, da distribuirsi nel Milanese; ed anche se questo porto non deve ritenersi altro che uno sbarco, e precisamente la spiaggia del Po alla foce del Lambro, segna pur sempre un punto del tanto desiderato tracciato dall'Adriatico a Milano.

Nella prima parte della presente Relazione, abbiamo anche ricordato il progetto del Lombardini ed il suo *gran tronco*, progetto che aveva per obbiettivo immediato la formazione di una rete navigabile interna della Lombardia, ma per obbiettivo finale il raggiungimento del porto veneto.

Vedremo in seguito come il Ticino abbia parzialmente fornito

(1) MURATORI, *Ant. Ital.*, I, II, Dissert. 19.

la via, come il Naviglio di Bereguardo, in mancanza di meglio, abbia rappresentato per diverso tempo un tronco della via stessa, e come infine il Naviglio di Pavia abbia permesso un trasporto continuato per via acqua da Milano a Venezia.

I due tracciati per il Naviglio di Bereguardo e per il Naviglio di Pavia hanno ancora oggi dei favoreggiatori. Il Naviglio di Bereguardo, oltrechè modificarlo bisognerebbe prolungarlo fino all'incontro o del Ticino o del Naviglio di Pavia all'estremità di questo; il Naviglio di Pavia occorrerebbe anch'esso trasformarlo per renderlo atto ad una navigazione importante quale è quella richiesta dalla linea Venezia-Milano, linea che riunisce ad un glorioso porto dell'Adriatico il centro più attivo del movimento commerciale ed industriale d'Italia. Scrivendo in seguito di questi due Navigli diremo specialmente della convenienza e della possibilità di trasformarli o meno; ed ora anticipando sulle conclusioni dei seguenti capitoli 3° e 4°, ai quali si rimanda il lettore per una più particolareggiata conoscenza delle condizioni attuali di quelle due vie acquee, e di quanto le stesse richiederebbero per una soddisfacente sistemazione, ci limiteremo a dire che la loro trasformazione presenterebbe difficoltà e richiederebbe spese quante e più che nel caso della costruzione di un nuovo canale. Ed ammesso ciò, ammesso cioè di dover prepararsi a sostenere un sacrificio pari a quello della costruzione di un nuovo canale se vuoi risolvere il problema, la Commissione si chiese se la soluzione doveva trovarsi ricalcando il tracciato o del Naviglio di Bereguardo o del Naviglio di Pavia; e concluse che no.

Il tracciato più vizioso è quello del Naviglio di Bereguardo. Da Venezia a Milano risulterebbe in lunghezza:

Da Venezia alla confluenza di Ticino . . .	Km. 420.721
Da questo punto alla piarda di Bereguardo . . . »	19.748
Il Naviglio di Bereguardo prolungato »	21.790
Il Naviglio Grande da Castelletto d'Abbiategrasso a Milano »	20.128
	<hr/>
	Km. <u>482.387</u>

Presenta anche un vizio nell'altimetria, obbligando i natanti a portarsi all'altezza di Castelletto d'Abbiategrasso per poi scendere a Milano.

Aggiungasi che il Ticino, nel tratto superiore a Pavia, non

presenta spesso i fondali desiderabili per la principale via di navigazione della rete.

Il tracciato del Naviglio di Pavia svilupperebbe una lunghezza di:

Da Venezia alla foce del Ticino.	Km. 420.721
Da questo punto a Pavia	» 5.248
Da Pavia a Milano	» 33.103
	<hr/>
	Km. 459.072
	<hr/>

Anche in questo caso bisogna osservare che le condizioni migliori di navigabilità il Po non le presenta nel suo tronco superiore, dalla foce dell'Adda alla foce del Ticino.

Per queste considerazioni la Commissione pensò di riunire direttamente Milano con Lodi per mezzo di un nuovo canale. La linea Venezia Milano diverrebbe della seguente lunghezza:

Da Venezia alla foce dell'Adda.	Km. 321.763
Da questo punto a Pizzighettone	» 17.000
Pei canali industriali da Pizzighettone a Lodi.	» 25.000
Pel nuovo canale da Lodi a Milano	» 33.170
	<hr/>
	Km. 396.933
	<hr/>

con un accorciamento di km. 62.000 sul percorso passante dal Naviglio di Pavia e di km. 85.500 su quello passante dal Naviglio di Bereguardo.

II. — Il canale Milano-Lodi ed i canali Lodi-Pizzighettone.

Posta in campo questa idea la Commissione pregò il signor ingegnere cav. Giuseppe Paribelli del Regio Genio Civile, Ufficio di Milano, di studiare il nuovo canale, e l'egregio ingegnere rassegnò alla Commissione una relazione che si allega sotto *B*, relazione concisa, ma che rischiarò completamente sulla soluzione del problema. Nell'allegato *B*, e nei disegni che lo corredano, il lettore può trovare i dati principali che interessano e si richiedono in simili progetti. Noi qui ci limitiamo ad un cenno generale e ad alcune considerazioni.

Il Paribelli non considera nemmeno la convenienza di raggiungere il Po da Milano per mezzo del Naviglio di Bereguardo,

e si limita a prendere in esame come termine di confronto, la linea Milano-Pavia-Ticino-Po, osservando che la distanza da Milano a Lodi (33 km. circa) è uguale alla distanza fra Milano e Pavia, e che la costruzione di un nuovo canale sulla prima direttrice non presenta certo maggiori difficoltà della stessa opera sulla seconda. Occorre notare che, a giudizio dello stesso Paribelli, la riduzione del Naviglio di Pavia alle dimensioni richieste per la linea di principal navigazione sarebbe opera più difficile e più costosa, forse, che non la costruzione *ex novo* di un canale di pari lunghezza, ed a questo riguardo si rimanda il lettore al Capitolo III ed all' allegato C.

Il nuovo canale dovrebbe esser costruito capace di permettere la navigazione a barche della portata da circ. 600 tonnellate, e perciò dovrebbe avere la larghezza in cunetta di m. 18,00, ed il tirante di m. 2,50. Le conche ed i manufatti dovrebbero esser costrutti in modo da presentare ai natanti una lunghezza utile di metri 65,00 ed una larghezza di m. 9,00.

Pe alimentare il canale il Paribelli giudica sufficiente la disponibilità di una portata di m.³ 2,50 al 1."

Come alimentarlo? Lo studio di questo problema è contenuto nell'allegato B del quale ci occupiamo presentemente, ed è studio accurato per quanto abbia carattere di studio di massima piuttosto che di dettaglio. La direzione del canale progettato, da ovest ad est, è tale da intercettare effettivamente la falda acquifera sottostante alla superficie del terreno che declina verso la linea del Po, con l'andamento (considerato in generale) da nord a sud. Le acque freatiche sono abbondanti nella ragione attraversata dal nuovo canale, la prima parte del quale, verso Milano, verrebbe a trovarsi nelle migliori condizioni per funzionare da capofonte, sia per la sua ubicazione altimetrica, rispetto al resto, sia per la probabile maggior portata dello strato contenente le acque freatiche nella regione nella quale verrebbe aperto. E' qui il luogo di richiamare che, la prossima sistemazione del Naviglio Grande richiederà opere che rendano assolutamente impermeabile il fondo del canale che verrà sostituito all'antico Naviglio; conseguenza di che sarà certamente un minor disperdimento per infiltrazioni ed una maggior disponibilità di acque all'estremo del canale. (vedi Capo IV, pagina 57) Così pure si vedrà in seguito che la Commissione suggerisce una sistemazione della Martesana con pavimentazione del fondo, e con probabilità grande che anche per quel Naviglio si verifichi lo stesso benefico effetto. E' sperabile quindi poter di-

sporre di una certa quantità d'acqua all'estremo dei due Navigli, in più di quanta sia ora disponibile; a patto però che, come già accadde, non si lasci dalla pubblica Amministrazione in godimento degli utenti la maggior portata dei canali, che si verifica in seguito ad opere del genere di quelle ora ricordate, poichè in tal caso riesce assai difficile ritrovare disponibile per uso pubblico il maggior rendimento del canale. Bisognerebbe adunque provvedere ad una rigorosa constatazione del quantitativo d'acqua spettante di diritto ai singoli utenti. Siccome poi le proposte che la Commissione ha l'onore di fare sono fra di loro collegate, così si anticipa a questo punto quella che si riferisce alla sostituzione della Fossa Interna di Milano con un nuovo canal navigabile di circonvallazione, e si osserva che, pur riducendo la Fossa Interna a canale coperto per il solo scopo della distribuzione delle acque agli aventi diritto, una volta eliminata per essa la navigazione e sostituita per altra via, resterà sempre disponibile, della portata della Fossa, almeno il mezzo metro cubo che si riserba alla sua estremità per il funzionamento della Conca di via Arena.

Comunque sia, il Paribelli conta alimentare il nuovo canale indipendentemente, facendo calcolo sulle sole acque freatiche; ed il voto di tecnici competenti, i quali ebbero a studiare recentemente la natura del sottosuolo della città di Milano e dei suoi contorni, e l'andamento delle acque freatiche nella stessa località, voto che noi abbiamo creduto dovere nostro procurarci, appoggia il concetto informante lo studio del Paribelli e lo proclama attuabile. Il costo di questo nuovo canale sarebbe rilevante. L'ingegnere Paribelli lo valuta in lire 550 mila al chilometro e cioè lire 18,000,000 in totale.

Il progetto (allegato *B*) porta la testa del canale Milano-Lodi contro il Naviglio di Pavia presso la Conca Fallata, dove si costruirebbe una nuova darsena, capace, proporzionata all'importanza della linea, munita di quanto richiedesi oggigiorno per la celerità delle operazioni di carico e scarico. La Commissione opina che forse la nuova darsena sarebbe meglio situata nei pressi di Rogoredo, al punto di incontro col nuovo canale di circonvallazione proposto in sostituzione della Fossa Interna di Milano (vedi Cap. V, alleg. *E*). La località proposta è prossima a Milano, ma ancor libera di fabbricati, e prossima ad un nodo di linee ferroviarie. Non è però il caso di soffermarsi a discutere come se si trattasse di un progetto di esecuzione, perchè l'idea della Com-

missione, concretata nel progetto Paribelli, deve essere presa come idea di massima.

I canali da Lodi a Pizzighettone — Ma, anche come idea di massima, essa regge nel solo caso che la continuità della linea Venezia-Milano sia data colla costruzione dei progettati canali industriali da Lodi a Pizzighettone, e che tale costruzione si effettui in modo da presentare ai natanti e i fondali e le luci libere offerte dal canale Milano-Lodi, studiato dal Paribelli e pubblicato dalla Commissione; la quale, trovandosi in questo caso di fronte ad una iniziativa privata, deve limitarsi (come in tutti gli altri casi consimili) a rilevarne l'importanza nei riguardi del completamento della rete navigabile presa in studio, senza addentrarsi nei particolari del progetto; ed a far voto che il Governo appoggi in questo, come negli altri casi che vedremo presentarsi, lo slancio della privata iniziativa, e la completi.

Evidentemente i canali studiati per derivazione di acque a solo scopo di creazione di forza motrice, laddove il corso d'acqua dal quale vengon tratti non è navigabile, possono non soddisfare ai requisiti della navigabilità. Se in generale le pendenze e le conseguenti velocità del corso soddisfano (perchè con ogni studio si cerca di non consumare cadente lungo il canale stesso per utilizzarne nella massima misura al salto finale del tronco) possono non soddisfare la larghezza data allo specchio d'acqua, le dimensioni delle luci libere sotto ai ponti attraversanti il canale, e mancano poi sempre i manufatti specialmente richiesti dalla navigazione, cioè le conche. Il modificare i progetti completandoli con quanto occorre per la navigazione, porta di conseguenza necessaria un maggior costo di costruzione, maggior costo che i progettisti evitano, quando, come nel caso presente, trattasi di derivazioni da corsi d'acqua non navigabili. Nel concorrere a sostenere questo maggior costo dovrà esplicarsi l'appoggio del Governo se le proposte e i voti della Commissione verranno accolti.

Dobbiamo dire caso per caso a quanto, secondo il nostro giudizio, ammonterà l'onere? La Commissione crede di no, per non entrare con l'azione sua a compromettere l'azione delle competenti autorità in materia di concessioni. Delle due tratte del canale parallelo all'Adda da Lodi a Pizzighettone, l'inferiore forma oggetto di regolare domanda di concessione che segue da anni la voluta istruttoria, la superiore invece è ancora allo stato di progetto privato. Se la prima o la seconda, o entrambe non riuscissero alla

desiderata concessione, la Commissione fa voto che il Governo stesso si faccia iniziatore di quest'opera.

Ed in questa ipotesi la Commissione sente il dovere di fornire i dati principali che valgano a dare un concetto sommario dell'importanza dell'opera.

Un primo canale, sulla sinistra del fiume, derivato di contro a Lodi e sboccante di contro a Cavenago, risulterebbe della approssimativa lunghezza di km. 6.

Un secondo, sulla destra, derivato a Cavenago, ed avendo termine presso Pizzighettone, presenterebbe la lunghezza di km. 15, (vedi tav. II). Al termine del primo tronco si avrebbe disponibile una caduta di m. 6,50, ed una complessiva di m. 15 nel secondo. Raccolti i dati sulla portata disponibile per la prima e la seconda derivazione, si ritiene che per nove mesi dell'anno si possa contare, per la prima, su una produzione di forza di 2773 cav. vap. e di soli 1475 negli altri tre mesi, e per la seconda cav. vap. 7400 durante nove mesi, e 4533 nel resto dell'annata. Fatta una media fra queste cifre, in proporzione coi periodi di tempo di disponibilità della forza, si giunge al valore di cav. vap. 9131. Questa forza valutata in ragione di un canone annuo di lire 30 per cav. vap. nom. (vedi Relaz. VI) corrisponde ad un reddito di lire 273,930,00, somma che a sua volta corrisponde ad capitale di lire 6,848,250,00 fruttante il 4%.

Questi canali però, costrutti con le norme che la Commissione stabilì per l'arteria principale Venezia-Milano, verrebbero a costare per la loro costruzione circa 10 milioni di lire, come da computi istituiti dall'Ingegn. Paribelli, computi di massima, ma diligentemente condotti ed attendibili.

Resta ad aggiungersi che la Commissione riterrebbe necessario, voltachè fossero costrutti i vagheggiati canali da Pizzighettone a Lodi e da Lodi a Milano, esercire la navigazione su questi con sistemi moderni di alaggio meccanico, reputando tale condizione un requisito indispensabile per una importante via acqua di grande traffico. Uno studio particolareggiato di trazione meccanica la Commissione lo presenta per il Naviglio di Pavia (vedi Cap. III ed All. C); e, basandosi su quello, calcola che l'impianto del sistema illustrato per quel caso, applicato ai canali da Pizzighettone a Lodi e da Lodi a Milano, verrebbe ad importare in cifra tonda la spesa capitale di lire 600,000,00.

Con queste opere e con queste spese sarebbe completata la tanto vagheggiata via acqua da Venezia a Milano; la qual

via, rispondente ad antiche tradizioni e rispondente a nuove iniziative, è dalla Commissione riconosciuta possibile e conveniente. A dimostrare ciò intesero i nostri studi, non a concretare un vero progetto di esecuzione. Altri lo farà se vorrà seguire la medesima via; ma se altri trovasse invece di suggerire via migliore, la Commissione ne sarebbe lieta, essendo suo compito il suggerire il modo di fare, è ben vero, ma essendo d'altra parte sua finalità ultima e suo vivo desiderio che si renda patente la convenienza e la possibilità di fare.

III. — La Muzza.

La Muzza è uno dei canali più antichi del Milanese (il Lecchi (1) ne fissa la data dell'apertura all'anno 1220) ed è altro dei benefici effetti della battaglia di Legnano; poichè, cessate le inimicizie fra Milano e Lodi, si rese possibile radunare le forze di milanesi e di lodigiani al compimento di una grandiosa opera di pace, quale è questo stupendo canale derivato dall'Adda, e portato a fecondare le sabbie del territorio Lodigiano, trasformandole in fertili e celebrate praterie.

Si deriva dall'Adda in sponda destra, appena a valle di Cassano, per mezzo di una diga in muratura attraversante l'alveo del fiume, e, durante le magre, tutta l'acqua dell'Adda passa nella Muzza, la quale, meglio che un canale, ha l'aspetto di un fiume, e fu per molto tempo chiamata l'*Adda Nuova*. Dopo aver percorso una prima tratta di canale, regolare di andamento e di sezioni, ed evidentemente scavato dalla mano dell'uomo, le acque della Muzza scorrono nell'antico alveo del torrente Molgora, con andamento tortuoso, proprio di un alveo naturale di fiume, per suddividersi poi man mano in numerosi corsi d'acqua condotti alla irrigazione del Lodigiano. Da Cassano, e cioè dall'incile, a Paullo, la Muzza è navigabile con piccole barche che trasportano principalmente i materiali impiegati nella manutenzione del canale. Vera navigazione, nel senso che un traffico regolare qualsiasi abbia scelto la Muzza per sua linea di trasporti, non esiste. La Commissione percorse il tratto da Cassano a Paullo, ma venne nella conclusione di non fare studio o proposta alcuna per suggerire di rendere navigabile questo corso d'acqua, pur riconoscendo che sarebbe possibile ottenere un canale

(1) ANTONIO LECCHI — *Trattato dei canali navigabili* — Milano, Stamperia di Giuseppe Morelli, 1776.

navigabile da Cassano a Lodi, ma con ingenti spese, principalmente da Paulo in giù. Troppi e troppo importanti sono gli interessi di altra natura che dipendono dalla Muzza come semplice canale di irrigazione, e cioè tutta la vita agricola di tutto il Lodigiano, per entrare a sconvolgerli con una modificazione del presente stato di cose, senza poi venire a creare un beneficio che compensi tanto sconvolgimento ed i conseguenti enormi sacrifici, perchè la linea di navigazione che potrebbe presentare la Muzza sarebbe pur sempre una linea locale. Cassano e Lodi hanno direzione, nella loro corrente di traffico, su Milano; son serviti da ferrovia, non solo, ma, se il piano proposto dalla Commissione potesse attuarsi, questi due centri verrebbero a trovarsi sulla rete navigabile, anche senza la navigabilità della Muzza.

Informata su questi concetti generali la Commissione non si dilunga a riferire sul canale della Muzza, canale che, a suo giudizio, va lasciato indisturbato nel suo ufficio benefico di apportatore di fertilità al Lodigiano.

CAPITOLO III.

L'attuale linea di Navigazione dal Po a Milano.

I. Il Ticino (Ticino inferiore) — II. Il Naviglio di Pavia.

I. — Il Ticino.

(vedi Tav. VI).

Il fiume Ticino nasce dal gruppo del S. Gottardo nel Canton Ticino, ed entra nel Lago Maggiore dopo un percorso di circa 80 chilometri. Fino a Biasca ha aspetto di fiume alpestre, a fortissime pendenze, a salti, fra gole rocciose, fra massi di pietra intercettanti la corrente; da Biasca al Lago Maggiore le pendenze sono più miti, e le condizioni del fiume permetterebbero di pensare alla sua navigabilità. Giova però osservare che, dalla sorgente al Lago, il Ticino solca territorio svizzero.

Le acque riposano nell'ampio bacino del Lago Maggiore, se vuolsi questo considerare come una varice del fiume Ticino, e riprendono, impinguate dalle acque del bacino scolante nel Lago, il corso di fiume a Sesto Calende, per unirsi alle acque di Po sotto Pavia, dopo un percorso, da Sesto Calende alla confluenza col Po, di chilometri 104 circa.

Questa tratta di fiume formava confine, fino al 1859, fra il Regno Lombardo-Veneto e gli Stati Sardi; ora, all'uscita dal Lago, divide la provincia di Milano sulla sinistra, dalla provincia di Novara sulla destra, passando non molto discosto dalla città di Novara (chilom. 10); inferiormente fa confine fra la provincia di Milano sulla sinistra e quella di Pavia sulla destra, scorrendo presso Vigevano, ed all'estremo corre nel territorio di quest'ultima provincia, toccando la città di Pavia.

Ricordi Storici—L'utilizzazione delle acque del Ticino rimonta lontano nella storia; e, rimandando a suo luogo di ricordare l'opera di derivazione del Naviglio Grande, si ricorderà che in precedenza erasi tentata un'impresa di grande importanza con la costruzione di un canale di derivazione, del quale rimangono imponenti tracce visibili per lungo tratto di campagna, e che costituiscono il fosso del *Pamperduto*, con un tracciato pressochè gemello a quello del moderno Canal Villoresi. Il nome tradisce che l'opera mancò al suo effetto, e che furono sprecate e fatiche e spese. È strano quanta oscurità copra le vicende di questa opera colossale rimasta incompiuta.

Il Giulini si limita a parlarne per dedurre una supposizione atta ad accordare due date diverse, lasciateci dai cronisti, circa l'inizio della costruzione del Naviglio Grande, e cioè le date del 1177 e del 1179, dicendo: « *Forse alcuno potrebbe tentare di sostenere l'una* « *e l'altra opinione, dicendo che nel 1177 i Milanesi si posero al-* « *l'impresa e cominciarono un cavo; ma che questo non riuscì. Ad* « *avvalorare tale conghiettura serva l'osservare che infatti presso* « *a quel sito, dove il Naviglio esce dal Ticino, vi è un altro ca-* « *nale imperfetto che chiamasi PANE PERDUTO* » (1).

Ma ben difficilmente può ammettersi tale ipotesi, inquantochè è inammissibile che nel breve spazio di due anni, quanti ne decorrono dal 1177 al 1179, si sia eseguita l'opera del Pamperduto, anche valutata soltanto dalle vestigia sue, e siansi per dippiù fatti gli studi per un canale in sostituzione, quando quest'ultimo, il Naviglio Grande, non può considerarsi una variante di quello, perchè ha per obbiettivo plaghe affatto diverse, direttive in tutto differenti. Quell'opera idraulica rimonta certo assai più lontano nella storia, ma a noi si presenta priva di documenti sulle sue origini e sulle cause del suo abbandono.

Meno ancora, pertanto, si hanno dati per ritenere che questo

(1) Conte **GIORGIO GIULINI**, *Memorie della città e della campagna di Milano*. Parte VI, pag 503. — Milano, Stamperia di Giambattista Bianchi.

canale fosse destinato alla navigazione piuttosto che alla irrigazione dell'alto Milanese, e la primitiva navigazione dovette effettuarsi nell'alveo stesso del fiume, compatibilmente alle condizioni della corrente.

Che una navigazione esistesse, lo si deduce dal fatto che nella diga di presa sul Naviglio Grande si costruì una bocca, detta Bocca di Pavia, « per la quale si proseguiva la navigazione del Ticino » dice il Bruschetti (1); e quando la straordinaria piena del 1585 rovinò le opere di presa del Naviglio Grande, in modo tale da lasciare questo canale in asciutto, il Magistrato delle acque, su progetto del Meda, deliberò nuove opere di presidio, ed una nuova chiusa attraverso il fiume, ed una nuova *Bocca di Pavia* « per la continuazione del barcheggio nel fiume Ticino al dissotto di quella chiusa » (2).

Barcheggio, meglio che propria e vera navigazione, è forse la parola addatta per indicare la potenzialità nautica in quella condizione di cose, *barcheggio*, però, di una certa importanza commerciale. Basti citare, a tal proposito, il fatto che dalle ghiaie del Ticino si estraevano (e si estraggono tuttora) speciali ciottoli, detti *cogoli*, atti a far vetro, e che tali cogoli, acquistati dai vetrai di Murano e di Venezia, venivano portati con barche dal Ticino alla laguna veneta. Nel 1559 Filippo di Spagna accordò a Francesco Busca e suoi eredi il privilegio dell'estrazione dal Ticino dei *cogoli* ed i negozianti di Murano e di Venezia ne acquistavano grande quantità, come appare da contratti notarili (3).

Prima della costruzione del Naviglio di Pavia, e dopo la costruzione del Naviglio di Bereguardo, la linea navigabile da Venezia a Milano, e cioè l'unione di Milano col Po, era ottenuta per mezzo del Naviglio Grande, del Naviglio di Bereguardo e del Ticino; ma era interrotta, poichè il Naviglio di Bereguardo si arresta al ciglio della valle del Ticino. Le barche provenienti dal Po rimontavano

(1) GIUSEPPE BRUSCHETTI, *Storia dei progetti e delle opere per la navigazione interna del Milanese*, pag. 48. — Milano. Angelo Monti, 1842.

(2) BRUSCHETTI, op. cit., pag. 50.

(3) Ecco un contratto:

« 1581. 8 marzo — Vendita de' sassi o sij cogoli a favore del Brisighella di Murano — rogato in Venezia da Appollonio Castano.

« Gaspare Brisighella verier all' insegna delle 3 corone, acquista da Carlo Francesco Busca « per nove anni migliaia 500 di *cogoli del Tesino di fermo* ed altri 300 miara di *rispetto* a L. 6 « per migliara più le seguenti regalie: una cassa da camera depenta piena de bichieri fini che sia « robba bella et da zentilhomio, uno carratello de tenuta di sette in otto secchi venetiani di mo- « scatello di Candia, dodici torcie di cera de peso de lib. 6 l' una, lib. 72 dei zuchari refini, « libre venticinque de pistachi de due scorce, lib. cinque de pevere intiero, et lib. sei di specie « in vintiquattro sachetti di oncie tre l'uno ».

Notizie tratte dall' archivio Sola-Busca e pubblicate da A. G. Spinelli.

allora il Ticino fino alla Piarda di Bereguardo, ove deponevano il carico, che con mezzi di trasporto terrestre veniva rimesso sui natanti a Bereguardo, e da lì diretto a Milano; e rimane anche memoria che, ad evitare trasbordi, le barche del Ticino, su carri di particolare struttura, venivano trainate fino a Bereguardo, a capo del Naviglio, ed ivi rimesse in acqua.

In tempi più a noi vicini si fecero studi e proposte per altri canali di derivazione dal Ticino, e si ricordano quì i principali progetti al riguardo (1).

Il signor avvocato Diotto, sul finire del 1700, proponeva di derivare dal Lago Maggiore m.³ 100 di acqua da ripartirsi in due canali, l'uno sulla destra del Ticino, per l'irrigazione dell'agro novarese e della Lomellina, l'altro sulla sinistra, per navigazione e per irrigazione della pianura milanese posta fra il Ticino e l'Adda. Da questo ramo, presso Castano, doveva distaccarsi un tronco di canale discendente al Naviglio Grande, per completare la navigazione sia ascendente che discendente da Milano al Lago Maggiore. Per assicurare la disponibilità del volume d'acqua occorrente, il signor avvocato Diotto calcolava di abbassare il livello del Lago Maggiore in occasione di magra. Il matematico Tadini osservò le gravi difficoltà dell'esecuzione del progetto, ed il signor Diotto propose allora una diga di sbarramento presso Tornevento, lanciando così per primo un'idea che forse vedremo fra breve attuata, e cioè l'idea dell'invasamento del Lago Maggiore. Ma la diga di sbarramento presso Tornavento sarebbe riuscita dell'altezza enorme di 44 metri, e il matematico Tadini tarpò le ali al volo troppo alto del progettista, proponendo di portar la diga assai più a monte, riducendone l'altezza a pratiche dimensioni.

Non se ne fece nulla per allora; ed Elia Lombardini, più tardi, suggerì di limitare la nuova irrigazione sperabile dalle acque del Ticino, alla sola stagione estiva, essendo ciò possibile pur lasciando l'emissario del Lago nella naturale sua condizione. Un ramo del nuovo canale proposto dal Lombardini doveva unirsi al Naviglio Grande presso Castelletto di Abbiategrasso per completare la navigazione di quel Naviglio, la quale, da Milano a quel punto, è facile tanto in salita che in discesa. Si sarebbe ottenuta così una comoda Navigazione anche ascendente da Milano fino al punto di derivazione

(1) Vedi la *Relazione della Commissione incaricata dell'esame dei progetti per l'irrigazione dell'Alta Lombardia con acque derivabili dal Lago di Lugano e dal Lago Maggiore*. — Milano, coi tipi di Giuseppe Bernardoni, 1866.

del nuovo canale dal Ticino, punto suggerito fra Presualdo e Gola-secca.

L'idea del Lombardini fu l'idea madre dei progetti Annoni, Villorosi-Meraviglia e Tatti-Bossi; ed è a lamentarsi che nelle deliberazioni successive si sieno trascurati gl'interessi della Navigazione che il Lombardini aveva pure preso in considerazione; tanto più che, nel progetto Annoni, un ramo era navigabile fino a Castelletto d'Abbiategrosso, nel progetto originario Villorosi-Meraviglia era navigabile tutta la nuova rete di canali in raccordo con una derivazione dal Lago di Lugano, e nel progetto Tatti-Bossi, era navigabile il canal principale della rete fino a Monza.

La Commissione incaricata di riferire sui tre progetti, presieduta da Francesco Brioschi, nella sua relazione alla Deputazione Provinciale, proponeva di provvedere alla navigabilità dal Castelletto di Abbiategrosso a Sesto Calende, e da Sesto Calende a Monza.

Nonostante tutti questi autorevoli pareri, la nuova derivazione d'acqua dal Ticino, tanto discussa e desiderata, con la costruzione dell'attuale canale Villorosi si effettuò nell'oblio completo della navigazione interna.

Vedremo, trattando della linea da Milano al Lago Maggiore, come, almeno per questa linea, altre opere abbiano in parte riparato, o varranno in seguito a riparare alla lamentata dimenticanza.

Regime — La Commissione non credette possibile eseguire misure di portata dei molti corsi d'acqua presi in esame, od intraprendere studi speciali al riguardo, e dovette limitarsi a basarsi su dati precedentemente raccolti dagli studiosi. Sulla portata del Ticino, nei diversi stati d'acqua del Lago Maggiore, si fecero pel passato ed in epoche recenti importanti ricerche da distinti idraulici, primi fra questi il Lombardini ed il Cipolletti, i quali ci diedero anche delle scale numeriche dei deflussi del Lago Maggiore. Le opere di presa per le acque del canal Villorosi prestarono il mezzo di eseguire misure delle acque defluenti, di correggere così le cifre ottenute con formole, e di perfezionare le scale di portata. Questi studi e questi esperimenti vennero recentemente riassunti, coordinati e completati dall'ingegnere Gaudenzio Fantoli (1), dall'opera del quale ricaviamo alcuni dati che ci interessano.

(1) Ing. GAUDENZIO FANTOLI, *Sul regime idraulico dei laghi*. Memoria premiata dal Regio Istituto Lombardo di scienze e lettere. — Hoepli, Milano, 1897.

La scala numerica Cipolletti (che per gli stati di magra ed ordinari va ritenuta buona e sicura, come quella che ha il controllo delle misure dirette all'edificio di presa del canal Villoresi) ci dice che per una magra corrispondente all'altezza d'acqua di — 0.60 all'idrometro di Sesto Calende, massima magra assoluta, la portata è di mc. 56.00 al 1''; e via via ci dà le diverse portate del fiume, in mc. al 1'', dietro la variazione di un centimetro nella altezza d'acqua all'idrometro suddetto. All'altezza idrometrica di 1.20 troviamo la portata di m.³ 562. La scala numerica va fino all'altezza idrometrica di m. 3.50; ma il Fantoli suggerisce di adottare la scala numerica Cipolletti fino all'altezza idrometrica di m. 2.00, cui corrisponde una portata di mc. 890.50. Al disopra di tale stato d'acqua interessano la scala Cipolletti, rettificata con la correzione dovuta alla velocità d'arrivo sulla diga del canal Villoresi, e la scala Lombardini, pure rettificata con la correzione dovuta alla cadente del lago superiormente all'idrometro di Sesto Calende (correzione suggerita dal Lombardini stesso). Abbiamo così, a metri 3.00 d'altezza idrometrica, la portata di m.³ 1418; a m. 4.00 di m.³ 2014, e per la massima piena (verificatasi nel 1868 con l'altezza idrometrica di m. 6.94) si ha la portata di m.³ 5102.

Dal Ticino si derivano: sulla destra: La Roggia di Oleggio, il Naviglio Langosco con Galliate, il Naviglio sforzesco, la Roggia Magna e la Roggia Castellana. Sulla sinistra: il canal Villoresi, per sole acque estive, ed il Naviglio Grande. Veramente sulla sinistra del Ticino derivasi anche il canale industriale di Vizzola; ma non è questa una vera derivazione, in quanto che le acque vengono rimesse nell'alveo del fiume; e così pure non si può considerare una derivazione quella della Roggia o Gora Molinara, perchè le acque deviate vengono riversate nel Naviglio Grande.

Condizioni di navigabilità del tronco inferiore in particolare —

Diremo in modo speciale del Ticino superiore quando sarà da illustrarsi la linea da Milano al Lago Maggiore. Sul fiume in generale annoteremo soltanto che i 104 chilometri circa che intercedono fra l'uscita del fiume dal lago, e l'entrata sua in Po, vanno considerati — nei rapporti principalmente della navigazione — divisi in tre tratte: la superiore fra il lago e l'incile del Naviglio Grande, la media fra l'incile del Naviglio grande e Pavia, l' inferiore fra Pavia, ed il punto di confluenza in Po alla Becca. Benchè per tutto il suo corso il Ticino abbia nome di navigabile, sta in fatto che la tratta intermedia non può prestarsi

ad una vera e propria navigazione, ma soltanto ad un barcheggio compatibilmente con gli stati d'acqua; e basti accennare che, durante la magra, la competenza del Naviglio Grande equivale pressochè alla portata del fiume; per modo che, sotto la chiusa di derivazione del canale, dove non si fanno ancora rilevantemente sentire le risorgenze, scarse acque divagano fra le ghiaie, costituenti l'alveo del fiume.

Le risorgenze rimpinguano d'acqua il fiume più a valle; e così, non ostante derivazioni diverse, fra la Piarda di Bereguardo, e meglio fra Pavia ed il Po, anche durante le magre, le acque presentano sufficienti fondali per la navigazione, e cioè fondali minimi di 1 metro in acque magre. Questa tratta inferiore è quella che può ritenersi costantemente navigabile, anche per la limitata pendenza.

In servizio della navigazione su questa tratta, si mantiene soltanto la via alzaia, adattando la sponda dove e quando occorre.

Questo tronco inferiore del Ticino si presterebbe ad una navigazione importante, anche nelle attuali sue condizioni, ma fino ad oggi restò come isolato, dato l'abbandono della navigazione sul Po e la presente scarsa potenzialità del Naviglio di Pavia; ma se già si riprende con slancio ad utilizzare come via navigabile il nostro maggior fiume, vedremo qui in seguito quanto è possibile sperare per un miglioramento della linea Pavia-Milano.

II. — Il Naviglio di Pavia.

Descrizione — Il canale ha origine alla Darsena di Porta Ticinese in Milano, e sbocca in Ticino, riva sinistra, a circa 400 metri a valle dei bastioni della città di Pavia. La sua lunghezza, escluso il bacino o mandracchio alla confluenza in Ticino, è di chil. 33.103.

Il Naviglio è fornito di strada alzaia su ambe le sponde. Da Milano ad Annone serve per alzaia in sponda sinistra la banchina della strada provinciale che corre in fregio al Naviglio; da Annone a Porta Milano di Pavia, e cioè per 26 chilometri, la provinciale si distacca dal Naviglio, ed una vera e propria strada alzaia, della larghezza non mai minore di m. 2.00, corre sulla sponda del canale, mentre sull'altra sponda lo segue una strada carreggiabile della larghezza non mai minore di m. 5.00; fra Porta Milano e lo sbocco in Ticino, o con tratte di apposita alzaia, o con strade carreggiabili correnti in fregio, il canale è pure sempre accompagnato da strada su ambedue le sponde.

Il dislivello totale del fondo, dall'origine al termine, è di m. 56.73, dei quali m. 4.52 sono consumati nella pendenza del canale, e m. 52.21 sono esauriti dai salti di 14 sostegni, di cui 4 riuniti a due a due.

1.	Sostegno della Conchetta	col salto di m.	1.855
2.	» al Lambro (conca Fallata)	» » »	4.655
3.	» di Rozzano.	» » »	3.600
4.	» Moirago	» » »	1.700
5.	» Casarile	» » »	4.800
6.	» Nivolto	» » »	3.500
7.	» della Torre Mangano (Certosa)	» » »	4.400
8.	» del Cassinino	» » »	4.800
9.	» di Porta Cairoli	» » »	4.400
10.	Primo sostegno accollato alla Bo- tanica	» » »	3.800
11.	Secondo sostegno accollato alla Botanica	» » »	3.800
12.	Primo sostegno accollato di Porta Garibaldi	» » »	3.800
13.	Secondo sostegno accollato di Porta Garibaldi	» » »	3.800
14.	Sostegno del Ticino o del Con- fluente	» » »	3.300
	Totale	m.	<u>52.210</u>

Di questi sostegni, quello al Lambro (conca Fallata) presenta la lunghezza massima, fra il salto e la camera dei portoni, di m. 34.75, e quello di Rozzano la minima di 30.80. I sostegni della Conchetta di Rozzano e di Moirago hanno rispettivamente la larghezza minima di m. 5.00 - 5.03 - 5.02; tutti gli altri non hanno larghezze inferiori ai m. 5.20.

Il canale è sorpassato da 22 ponti, dei quali n. 6 sono in ferro, n. 16 in muratura, oltre uno galleggiante-girevole. L'altezza minima della luce libera sul pelo normale di navigazione è limitata dal ponte di Moirago, nella misura di m. 3.00.

Risulta che le dimensioni minime cui devesi aver riguardo pel passaggio di natanti oggigiorno sono date dalla larghezza del sostegno della Conchetta, dalla lunghezza del sostegno di Rozzano,

dall'altezza del ponte di Moirago, nella misura di larghezza: m. 5. 00, lunghezza m. 30. 80, altezza m. 3. 00.

Il canale ha le due sponde difese da muratura di natura diversa, o da selciato in ciottoli; ha la larghezza sul fondo fra m. 10. 50 e m. 11. 50, ma lungo il suo percorso esistono bacini di scambio per le barche, ed ha poi larghezze maggiori delle anzidette all'imbocco dei sostegni e nei tratti curvilinei.

D'altre opere d'arte richieste per le bocche di derivazione a scopo di irrigazione, e per l'attraversamento di minori corsi d'acqua, e per regolare la portata del canale, come non interessanti in special modo la navigazione, non si crede opportuno darè descrizione.

Ricordi Storici — Il naviglio di Pavia fu ordinato da Galeazzo Visconti, il Lecchi ed altri dicono l'anno 1359, ed il Lecchi (1) cita il Giulini il quale (2) però pone la data dell'apertura del naviglio all'anno 1365, citando la cronaca di Piacenza dove è detto: « *Anno Domini MCCCLXV de Mensibus Aprilis, Maji, et Junii factum fuit Cavum quod appellatur Navilius decurrens a civitate Mediolani ad civitatem Papiae.* »

Le due date possono rappresentare rispettivamente quelle di progetto e quelle dell'inizio dei lavori. Ed il canale fu compiuto, fino a Pavia (non fino in Ticino), e molto verisimilmente a solo scopo di irrigazione del parco del castello di Pavia. Fu compiuto, dicesi, perchè, il 1402, Gio. Galeazzo Visconti si lagna che, per una rottura del canale, non gli giunga sufficiente acqua a Pavia, scrivendo al tribunale di Provvisione il giorno 29 di Maggio di quell'anno: « *Sententias Navigium, per quod aquam in parchum nostrum decurrit fractum esse, unde de dicta aqua sufficienter haberi non potest, volumus ecc.* (3).

Si è detto che il canale non fu progettato navigabile, e lo si deduce da ciò che negli Statuti di Milano, fatti nell'anno 1396 (e cioè dopo l'apertura del nuovo canale), si ordinò di procurare la possibilità della navigazione da Venezia a Milano.

Non si hanno più notizie fino al 1457; nel quale anno Francesco I Sforza, scrive il Benaglia, ordinò che si facesse un altro naviglio che andasse da Milano a Pavia per la strada di Bere-

(1) *Trattato dei canali navigabili dell'abate ANTONIO LECCHI.* — Milano, Stamperia di Giuseppe Morelli MDCCLXXVI, pag. 12.

(2) Conte GIORGIO GIULINI, *Continuazione delle Memorie di Milano nei secoli bassi.* — Parte II. pag. 161, Milano presso Giovanbattista Bianchi.

(3) GIULINI, op. cit. pag. 162.

guardo e di Binasco. (1) Ora queste località indicherebbero un tracciato assai vizioso, e l'anonimo scrittore delle antichità Longobardico-Milanesi, interpetra che Francesco I Sforza abbia contemporaneamente ordinato di costruire il nuovo naviglio di Bereguardo, e di rendere navigabile il preesistente canale di Pavia. E forse in parte l'ordine fu eseguito procurando la navigabilità fino a Binasco, poichè Galeazzo Maria Sforza, il 1 Giugno 1473, scrive al capitano del Parco di Pavia: « *Hauemo ordinatochel se faccia un Naviglio da Binasco ad quella nostra città da Pavia* » ed in « pari tempo lo avverte che occorreranno « *alcuni ligni da opera quali siamo contento lassì tuore ne li boschi de quello nostro Parco secondo richiederà Bertola da Noua o Imello Navarolo* (2).

Bertola da Novate fu dunque incaricato di quest'opera, opera che in capo a due anni fu compiuta, se il 1475 in data 25 di Dicembre il Duca scrive da Milano al Castellano di Binasco di mandare « *presto uno naueto ad Pavia per condurre qui Mag. Joanne Ghiringhello et Mag. Pedro de la Trinità phisici, quale gli manderai ordenato et cum tanti caualli che basteno per condurli comodamente et presto.* » (3) L'alaggio a cavalli ci dà diritto a supporre una strada alzaia lungo il canale.

Questa navigabilità del naviglio di Pavia non doveva essere molto buona, se nel 1477 si dirige una relazione alla Duchessa Bona perchè fosse raccomandato e cavato il naviglio per ridurlo navigabile, acciò la vettovaglie potessero essere condotte comodamente a Milano.

Giova poi osservare che il tracciato di quel naviglio non corrisponde esattamente a quello dell'attuale naviglio di Pavia, ma piuttosto a quello del cosiddetto *Navigliaccio*.

Sotto la dominazione spagnola pare che le riparazioni al canale venissero tanto trascurate e le acque si lasciassero tanto deperire dai potenti a scopo di irrigazione, che tutto andò in rovina. Da quell'epoca a noi, i seguenti brevi cenni cronologici riassumono la storia del canale.

1595. — L'Ingegnere Meda si offre di restaurare il Naviglio.

1601. — Gli ingegneri Romussi e Bisnati (amici e continuatori del Meda) modificano il progetto del Meda, ottengono di cominciare i lavori, che vengono poi sospesi per mancanza di fondi. Fu aperto il primo tratto di un miglio poco o più, il Governamento

(1) BENAGLIA, *Del. Magistr. Straord.*, Cap. XV, pag. 142.

(2) *Lettere Ducali scritte per Galeazzo Maria Duca di Milano dal di lui segretario Gabriele Paleari, nell'archivio della famiglia di questo nome*, pubblicate dal BRUSCHETTI op. cit. pag. 231.

(3) *Lettere citate.*

tore spagnuolo pomposamente lo inaugurò, e vi eresse anche quel monumento che si chiamò il *Trofeo*.

1605. — I lavori sono abbandonati.

Con vendita anticipata di acque, con sussidi di varie città, si raggranellano alcune somme per la prosecuzione dei lavori; ma nasce disparere fra i diversi ingegneri sul modo di esecuzione, e la folla, credendo errato tutto l'impianto dell'opera, dà il nome di *Conca fallata* al luogo ove vennero sospesi i lavori.

1611. — Si decreta l'abbandono dell'impresa, e si vendono materiali ed acque per pagare le opere fatte.

1637. — Il figlio del Bisnati fa rinascere il progetto.

1646. — Una compagnia si offre alla costruzione del Naviglio, ma con pretese tali che non se ne fa nulla.

1772. — Nosetti e Fè presentano un loro progetto; ha l'incarico di studiarlo il Frisi, questi non si trova d'accordo nè con gli appaltatori nè col matematico Lecchi. Pavia si oppone alla costruzione del Canale, e così spira anche il secolo XVIII.

1805. 20 giugno, Napoleone I decreta la costruzione del Naviglio da Milano a Pavia, e la Commissione incaricata degli studi di progetto è composta del Matematico Brunacci e degli Ingegneri Ferrante, Giussani ed Angelo Giudici.

1806. — Il progetto viene inviato in Francia e sottoposto alla critica di Prony. Prony non risparmia gli appunti; trova principalmente eccessivo il salto di circa m. 4.00 progettato per le conche, visto che *in Francia* simili salti sarebbero *giudicati troppo forti*. Si accende una dotta discussione fra gli idraulici italiani ed il Prony, ed il Principe Eugenio, Vicerè d'Italia, pare dia la palma ai nostri, perchè nel giugno del 1807 ordina di metter mano ai lavori, nominandone direttore il Brunacci stesso, ed aiutanti il Giussani ed il Giudici.

Dimissionario il Brunacci, il Giudici succede nella direzione delle opere.

1809. — (28 agosto) si apre il primo tronco fino a Rozzano.

Morto il Giudici assume la direzione dell'opera l'Ingegnere Parea.

1814. — La navigazione giunge sino alla Certosa, i rivolgimenti politici non arrestano l'attività nel procedimento dei lavori.

1816. — Si arriva alle mura di Pavia.

1819. — (16 agosto) Si inaugura la discesa in Ticino.

Condizioni attuali in rapporto alla navigazione e provvedimenti d'urgenza.— La portata del canale si calcola a circa m^3 10,50 alla sua uscita dalla darsena di Porta Ticinese in Milano, e ciò in atto pratico, perchè la competenza teorica è minore, e questo volume di acqua viene per la maggior parte estratto lungo il percorso a scopo di irrigazione.

Il pelo d'acqua segue l'andamento del fondo; nella prima parte ha la maggior pendenza del 0.22 ‰, e nell'ultima del 0.03 ‰. Le corrispondenti velocità variano da m. 0.90 a m. 0.02 al 1". La navigazione sotto questo riguardo è facilissima tanto in discesa quanto in ascesa.

L'altezza minima del velo d'acqua è di metri 1.00, salvo quanto in appresso; e le barche, secondo i regolamenti, devono pescare solo m. 0.85. Ma una lussureggiante vegetazione di erbe acquatiche produce un rigurgito tale che le barche possono (benchè abusivamente) aumentare il carico sino ad ottenere un'immersione di un metro ed anche più. Questo fatto presenta una condizione favorevole fino a quando il rigurgito è limitato a 20 o 30 centimetri al massimo, poichè abbiamo visto che i natanti devono sottopassar buon numero di ponti non molto alti, e che il ponte di Moirago offre, in chiave, una altezza libera sul pelo *normale* di soli m. 3.00. In condizione di acque rigurgitate, adunque, se è disponibile un maggior fondale, viene troppo a limitarsi la *sagoma di carico* superiormente alla linea d'acqua. Per il regime normale del canale si provvede a frequenti tagli delle erbe palustri.

Il maggior incaglio rilevato dalla Commissione viene offerto dalle attuali condizioni dello sbocco del Naviglio in Ticino. Trascurando di dare troppa importanza ad un banco sabbia formatosi nel bacino di confluenza, banco che la Commissione suggerì di togliere, e che raccomanda non venga lasciato riprodurre, sta che nella platea del sostegno *del Confluente*, platea formata di lastroni di granito, vennero poste in opera trasversalmente in piano delle *poutrelles* alte 30 centimetri, allo scopo di controbilanciare la spinta esercitata da acque sotterranee risorgenti, le quali solleverebbero, rimovendola, la platea stessa. Anche senza questo incaglio, la capriata d'arresto dei portoni, adagiata sulla soglia, sopraelevandosi di circa centimetri 25, ne presenterebbe un altro pressocchè equipollente; e ne risulta che, posto lo zero dell'idrometro unito a quel manufatto, al piano della soglia, come è in fatto, quando la magra di Ticino giunge a m. 1.15, benchè nel sostegno l'altezza d'acqua sia pure di m. 1.15, per l'emergenza sul fondo delle *poutrelles* di cui si

disse, l'altezza libera del pelo d'acqua in rapporto alla navigazione non è che di 0,85; e siccome in stati di magra non normali ma nemmeno eccezionali, il pelo d'acqua discende anche sotto ai m. 1.15 dell'idrometro, ed in caso eccezionale arriva sino a m. 0.60, si ha che si può far calcolo — per la navigazione — di fondali anche minori dei m. 0.85 fino a m. 0.30. In questa condizione di cose attualmente si rende necessario di alleggerire le banche, scaricandole parzialmente, per sorpassare il primo sostegno, salvo ricaricarle poi per proseguire verso Milano, con quanta perdita di tempo e di opera è facile comprendere.

La Commissione, anche in attesa dei miglioramenti più radicali che propone in seguito, fa voto perchè sia tolto questo incaglio che sminuisce rilevantemente la potenzialità di un importante canale considerato anche solo nello stato suo attuale.

Allorquando in occasione di piena, il pelo d'acqua in Ticino raggiunge la quota di 5.50 sull'idrometro citato, e la supera, cessa l'entrata e l'uscita delle barche al sostegno del Confluente, sia perchè in questo stato d'acqua la navigazione in Ticino diventa pericolosa, sia perchè viene a ridursi, e fin quasi ad essere acciecata, la luce libera del ponte che sta fra i sostegni accollati di piazza Garibaldi ed il sostegno del confluente.

Le magre inferiori alla quota di m. 1.15 si verificarono nel decennio 1891-1901 per giorni 58 all'anno in media. Le piene superiori alla quota di m. 5.50, pure in detto decennio si ebbero per giorni 3 in media all'anno.

Per dippiù il naviglio di Pavia vien posto all'asciutto per le necessarie riparazioni e per gli spurghi, in due periodi ciascun anno: un periodo di 28 giorni nel marzo, ed uno di 7 giorni nel settembre, in totale son 35 giorni di impossibilitata navigazione.

Se il canale vuole considerarsi isolato, dobbiamo dire che è navigabile tutto l'anno eccetto che nei 35 giorni sopraddetti; quindi, non volendosi tener calcolo del divieto di navigazione notturna (divieto che potrebbe venire revocato quando il bisogno del traffico lo richiedesse, visto che non v'è nessun pericolo per la navigazione anche durante le notti più scure e nebbiose), il coefficiente, di navigabilità di questo canale è alto, ed è dato da

$$\frac{365 - 35}{315} = 0.90.$$

Ma se il naviglio di Pavia vuolsi considerarlo come una tratta della linea navigabile Venezia-Milano, allora bisogna tener conto

delle difficoltà opposte alla navigazione dalle condizioni attuali dal suo punto di unione col Ticino, in caso di magra o di piena: e benchè si sia visto che quando la magra scende a, o sotto, la quota di m. 1.15, la navigazione non è impossibile, ma soltanto è inceppata e ritardata dalla necessità di alleggerire le barche pel passaggio del sostegno del Confluente, pure e dei 58 giorni di magra e dei 3 giorni di piena, e cioè dei 61 giorni in media all'anno di difficoltàata navigazione, deve tenersi conto.

Giova notare però che il fiume Ticino presenta la sua maggiore magra nei mesi di febbraio, marzo ed aprile, per il che alcuno dei 58 giorni di magra da noi considerati coincide coi 28 giorni nei quali, appunto durante il marzo, si pone in asciutto il Naviglio, e precisamente, dalla media di un dodicennio, risulta che sono 4 i giorni coincidenti. Dovremo pertanto considerare solamente 54 giorni di magra in luogo di 58, da sommarsi ai 3 giorni di piena, ed avremo per valore del coefficiente di navigazione

$$\frac{365 - (35 + 57)}{365} = 0.75.$$

Notasi ancora che, una volta rimossi gli ostacoli che emergono dalla platea del sostegno del Confluente, l'altezza d'acqua di m. 1.15 sullo zero dell'idrometro, e cioè sulla soglia del sostegno, non corrisponderà più ad uno stato di difficoltàata navigazione, ma ad un fondale utile di m. 1.15. Vuol dire che siccome la Commissione propone in seguito alcune opere intese ad ottenere che il fondale del naviglio di Pavia sia di circa m. 1.20, il coefficiente di navigabilità or ora calcolato si riferirà non al limite di navigazione assoluta, ma indicherà approssimativamente la potenzialità del canale, considerato come via navigabile, per un regime normale di immersione dei natanti da attuarsi con le opere proposte.

Proposte di miglioramenti — Oltre a quei miglioramenti che furono ritenuti dalla Commissione quali aventi carattere di urgenza, se vuolsi che il Naviglio di Pavia soddisfi alla condizione regolamentare attuale dell'immersione di m. 0.85 per i natanti, miglioramenti che meglio si chiamerebbero opere di ripristino per ridurre il Naviglio nelle sue originarie condizioni, e dei quali già si disse parlando dello stato attuale del Naviglio stesso, la Commissione si preoccupò del fatto che oggigiorno il Canale da Pavia a Milano è la sola via navigabile che unisce Milano al Po e quindi a Venezia; e sotto questo riguardo, dato che appunto la linea Venezia-Milano è il principale ob-

biettivo affidato agli studi della Commissione, questa tratta di via navigabile assume speciale importanza. Ora è inutile nascondersi che anche riportando il Naviglio in condizioni da permettere l'immersione regolamentare di m. 0.85, restano le altre dimensioni prescritte pei natanti in m. 4.75 di massima larghezza, in m. 23.80 di massima lunghezza ed in m. 1.85 per l'altezza massima del carico sullo specchio d'acqua. Sono dimensioni, queste, scarse assai rispetto a quelle che permette il resto della linea Venezia-Milano; e se si volesse, anche con modificazione alle disposizioni regolamentari, aumentarle, un limite è imposto dallo stato di fatto; ed abbiam visto che la larghezza del sostegno della Conchetta è di m. 5.00, la lunghezza del sostegno di Rozzano è di m. 30.80, la luce libera del ponte di Moirago ha l'ordinata, in chiave, di m. 3.00 sul pelo d'acqua normale. Tenuto conto che nel bacino delle conche esiste un diaframma per ricevere l'urto dell'acqua a piedi del salto, non si potrebbero ammettere dimensioni maggiori delle seguenti: lunghezza m. 27, larghezza m. 4.85, elevazione del carico sul pelo d'acqua m. 2.40; dimensioni ancora insufficienti, e tali da rendere virtualmente separato dalla linea di grande navigazione questo ultimo tratto della linea stessa.

Giova ricordare che la Commissione, tenuto conto di molteplici elementi, ha assunto come dimensioni-tipo delle conche su canali promettenti rilevante traffico, esclusa tuttavia la linea principale da Venezia al Po, (per la quale ha adottato dimensioni maggiori) le seguenti: lunghezza m. 36, larghezza minima m. 7.20, profondità m. 2; ed ha ritenuto di determinare anche pei ponti una larghezza minima di luce libera di m. 7.20 ed un'altezza minima del sottarco o soppalco sul pelo ordinario di navigazione di m. 3.80.

Ciò posto, per primo la Commissione pensò se era possibile ridurre il Naviglio di Pavia tale da presentare le suesposte diminuzioni a favore dei natanti; ma, appena intrapreso lo studio, dovette convincersi che questo non era partito da proporsi.

Infatti il fondale di 2 metri non è ottenibile nel presente caso con artificiali rigurgiti, ma per la massima parte dovrebbe raggiungersi con escavazioni; e siccome i manufatti di irrigazione sottopassanti l'alveo del Naviglio sono numerosissimi, si renderebbe necessaria la ricostruzione di questi a quote più basse delle attuali; arrobe che nel caso di allagamento del canale tali manufatti dovrebbero anche venir prolungati, e cioè insomma verrebbero ad essere interamente ricostruiti in condizioni più difficili di esecuzione che non trattandosi di

costruzione *ex novo*. Le stesse considerazioni valgono in gran parte per i sostegni e per i ponti; e per le tratte fra l'un manufatto e l'altro, osservasi che il Naviglio è costeggiato sulle due rive da strade, e queste alla lor volta lambiscono, per lunghi tratti, minori canali di irrigazione, cosicchè l'allargamento del Naviglio porterebbe di conseguenza lo spostamento di strade e canali contigui, senza discorrere dell'arretramento di fabbricati, e tutto ciò in condizioni d'opera difficilissime, e quasi insuperabili, se si pensasse di non portare interruzione nè nell'irrigazione, nè alla navigazione, nè nell'utilizzazione di forza motrice, e con aumento incalcolabile di spesa se si pensasse di sospendere l'utilizzazione delle acque del canale, e di indennizzare gli aventi diritto. Per tutte queste considerazioni riesce ovvio che una trasformazione radicale del Naviglio di Pavia importerebbe una spesa pari o superiore alla costruzione di un nuovo canale in sostituzione. E posta in campo l'idea della costruzione di un nuovo canale, la Commissione fu d'avviso doversi allora prendere in esame anche il tracciato migliore pel congiungimento di Milano al Po, e venne nella convinzione di proporre quanto trovasi esposto nel capo II della presente Relazione.

Abbandonato il concetto di trasformare il Naviglio di Pavia in modo da soddisfare alle dimensioni che la Commissione crede doversi assegnare alle linee più importanti, e ciò anche perchè e il Po superiore, dalla foce dell'Adda alla Becca, ed il Ticino dalla Becca a Pavia non offrono costantemente i due metri di fondale (cosicchè parrebbe superfluo incontrare ingenti spese per crear tale fondale all'estremo di una linea, quando non lo si trovasse in una parte intermedia) la Commissione non rinunciò tuttavia al pensiero di aumentare la potenzialità del Naviglio, e rendere possibile che fosse percorso da barche provenienti dal Ticino con l'immersione di m. 1.00, sopprimendo così la necessità di dover parzialmente scaricare le barche per alleggerirle nel passaggio dal Ticino in Naviglio, ed affidò lo studio di una trasformazione del canale in questi limiti all'ingegnere signor cav. Giuseppe Paribelli dell'ufficio di Milano. Questo studio costituisce l'allegato C della presente Relazione, dove l'ingegnere Paribelli dà ragione in particolare delle proposte di miglioramento, proposte che la Commissione unanime fa sue. Qui osserveremo soltanto per sommi capi che per portare il fondale a m. 1.20 non occorrono opere di grande entità, e che dette opere possono eseguirsi senza sospendere la utilizzazione delle acque del canale. L'ammontare complessivo della

spesa è preventivato in L. 60,000
comprese in questa somma le spese necessarie per sistemare il sostegno *del Confluente*, sistemazione che abbiamo visto richiesta da una ben intesa conservazione del canale, quand'anche si volesse soltanto ripristinarlo nelle sue condizioni originarie.

Si aggiunga che per rendere possibile un'altezza di carico sopra il pelo d'acqua normale di m. 2.80 si richiederebbero opere ai ponti per l'ammontare di . . . » 15,000
Totale . . . L. 75,000

Con queste operazioni il canale, sul quale oggigiorno il traffico è rappresentato dalla cifra di 122,000 tonnellate all'anno circa, assumerebbe una potenzialità che il Paribelli calcola in tonnellate 3,648,000, cifra che egli poi, ne' suoi calcoli per l'impianto di un sistema meccanico di alaggio, riduce per pratiche considerazioni a tonnellate 500,000. È evidente senz'altro la importanza del vantaggio ritraibile in paragone della relativamente modica spesa necessaria.

Quanto all'applicazione al Naviglio di Pavia dell'alaggio col sistema della fune mobile, si rimanda il lettore al diligente studio contenuto nella relazione del signor ingegnere Paribelli, costituente l'allegato C.

La Commissione rileva soltanto che per l'esercizio di quel sistema di trazione si calcola su una forza motrice di circa 70 cavalli-vapore, e che sono tutt'ora disponibili al salto di Moirago circa 90 cavalli-vapore. L'utilizzazione di questo salto fu chiesto in concessione da privati per la produzione di energia elettrica, e la Commissione crede dover suo far presente che, qualora le sue proposte circa il Naviglio di Pavia venissero accolte, anche in quanto riguarda l'impianto di un alaggio meccanico lungo il canale, sarebbe necessario, nel dare la concessione del Salto di Moirago, tener presente la eventualità di poterne disporre per tradurre effettivamente in atto le proposte stesse.

Ad ogni modo la Commissione fa voto che, ridotto il Naviglio di Pavia come si è detto, si esperimenti l'applicazione del sistema di anaggio meccanico illustrato nell'allegato C, con sensibile immediato vantaggio del traffico su questa via acqua già sin d'ora assai importante, e preventiva a tale scopo una spesa di impianto valutabile in cifra tonda a L. 300 mila.

CAPITOLO IV.

La Linea di navigazione da Milano al Lago Maggiore.

I. Il naviglio Grande — II. Il Ticino superiore ed il Canal di Vizzola — III. Il Lago Maggiore, il fiume Toce, il fiume Tresa ed il Lago di Lugano — IV. Il Naviglio di Bereguardo.

I. — Il Naviglio Grande.

Descrizione - Corso — Il Naviglio Grande (tav. VIII) è canale completamente artificiale derivato sulla sinistra del fiume Ticino a Casa della Camera, presso Tornavento.

In un percorso di circa 50 chilometri porta le acque nella Darsena di Porta Ticinese in Milano, con un tracciato, in sul principio (circa km. 18) tortuoso, assecondante le sinuosità del fondo della valle del Ticino e della alta sponda o terrazzo cui si appoggia, difeso e sostenuto per lunghi tratti da robuste arginature in sulla destra verso il fiume.

Lungo questo percorso trovansi — a partire dall'incile — gli abitati di Turbigo, Peregnano, Castelletto di Cuggiono, Bernate, Boffalora.

A Boffalora il canale, con andamento di tracciato più regolare, tende a guadagnare il piano di campagna mantenendosi in trincea ancora al ponte vecchio di Magenta ed a Robecco. Quivi, toccando Cascinetta di Lugagnano, raggiunge Castelletto di Abbiategrasso.

A Castelletto di Abbiategrasso diramasi il Naviglio di Bereguardo; ed il maggior corpo d'acque, mantenendo ancora il nome di Naviglio Grande, muta direzione, volge a levante, scorre con regolare tracciato lungo la strada provinciale Milano-Vigevano or poco sopra, or poco sotto al piano di campagna, lambe gli abitati di Gaggiano, Trezzano, Corsico, Ronchetto, San Cristoforo e si versa nella Darsena di Porta Ticinese a Milano.

La derivazione delle acque dal fiume Ticino è ottenuta mediante una diga detta *La Paladella*, edificata attraverso l'alveo del fiume, lunga m. 280.00. larga da m. 9.50 a m. 17.80; costrutta di una platea di massa muraria con soprastruttura in lastricato di granito, rassodata da taglioni e colonne di rovere. Sulla destra della diga fu mantenuta un'apertura, della luce di 60 metri, detta la *Bocca di Pavia*, per un più facile sfogo delle piene, ed

anche per conservare una continuità di via acqua nel letto del Ticino.

Il canale così derivato ha la larghezza massima di m. 50.00 e minima di m. 22 pei primi 15 chilometri del suo percorso, ed alla larghezza fra i cigli delle sponde di m. 50 corrisponde la larghezza dello specchio d'acqua di m. 48.00. Per altri successivi 24 chilometri la larghezza varia fra i m. 24 ed i m. 18, e per la restante tratta non si hanno mai larghezze minori di m. 12.

L'altezza massima dell'acqua è di m. 3.80, la minima di m. 1.00.

Il canale è regolato, e perciò sonvi 18 scaricatori, includendo in tal denominazione anche 5 sfioratori, con 78 porte complessivamente. Undici scaricatori sono costruiti presso l'imbocco, allo scopo principale di smaltire le acque di piena del Ticino; quattro sono disposti lungo l'asta del canale per provvedere alle piene proprie del Naviglio, in tempo di grandi piogge, e tre sono posti all'estremo del canale a Milano, per scaricare le acque di piena del fiume Olona che ha la sua foce nella Darsena di Porta Ticinese. Oltre a questi sonovi altri scaricatori secondari aventi altro ufficio, cioè quello di ottenere il massimo effetto durante l'annuale asciugamento artificiale del Naviglio.

Il fondo del canale è in terreno naturale, eccetto che pei primi 200 metri circa dall'incile, e per circa due chilometri a valle del ponte vecchio di Magenta, nelle quali tratte il fondo è rivestito da selciato. Le sponde al contrario sono tutte difese da muri e da selciati, e solamente per brevi tratti è difesa una sponda sola, quella lambita dalla strada alzaia; poichè lungo tutto il canale percorre o sulla destra o sulla sinistra, una strada, comunale o provinciale, o — dove queste mancano — un'alzaia propriamente detta di larghezza variabile, ma tale da permettere il carreggio sempre, eccetto fra Boffalora e Robecco. Nel tratto da Castelletto di Abbiategrasso a Milano ambedue le sponde sono servite da strade praticate da cavalli d'attiraglio.

La grande pendenza del fondo è corretta con numerose briglie (ve ne sono 40 fra i ponti di Robecco e di Castelletto), alcune delle quali emergono rilevantemente dal fondo (quella alla deviazione della Roggia Biraga è alta sul fondo m. 0.90) così da produrre un vero salto nella lama d'acqua.

Il canale non ha conche, ed in quanto ad opere d'arte, oltre le già ricordate, accenneremo che sono 26 i ponti sorpassanti il Naviglio, n. 6 in ferro ad una sola luce, e n. 20 in muratura, dei

quali 10 in una sola luce, 9 in due luci ed 1 in tre. La ordinata minima dal pelo d'acqua al sott'arco la si incontra al ponte di Castelletto di Cuggiono nella misura di m. 2.38.

Sottopassano il canale n. 27 *tombe* per la continuità di corsi d'acqua di irrigazione, e le bocche di estrazione dal Naviglio per irrigazione e per forza motrice sono in numero di 127.

Infine sono 8 gli idrometri lungo il canale per la regolarizzazione della portata progressivamente decrescente del canale stesso.

Tutte le opere d'arte inerenti al Naviglio sono in discreto stato di conservazione, avuto riguardo anche alla loro vetustà. Il Naviglio Grande è iscritto in prima categoria per tutte le opere nuove e di manutenzione da farsi sul medesimo. Il servizio di manutenzione è affidato all'ufficio del Genio civile di Milano.

Regime - Navigabilità - Navigazione — I dati di stato di fatto attuali, più da vicino interessanti la navigazione, sono i seguenti :

La portata del Naviglio Grande è di m³ 65 misurata all'idrometro di Nosate, ed è da ritenersi questa la misura del volume di derivazione dal fiume Ticino. Alla Darsena di porta Ticinese, la portata è ridotta a m³. 12. Ora si ha che, valutando i volumi d'acqua erogata (misura in oncie milanesi) dalle bocche di estrazione, ed aggiungendovi le erogazioni dovute al naviglio di Pavia ed al naviglio di Bereguardo, si giunge alla cifra di m³ 51.07, e la forte differenza fra questa cifra e quella originaria di m³ 65 tradisce che, anche fatta la dovuta parte alla perdita per evaporazione, i disperdimenti per infiltrazione sono rilevanti, e lo si comprende data la natura dei terreni attraversati dal canale. Se ne deduce anche però che con opere di difesa del fondo si potrebbe avere ancora disponibile una quantità d'acqua non indifferente.

Nei riguardi delle pendenze il naviglio grande va considerato diviso in 4 tronchi.

1. Dall'incile al C. S. n. 47, e cioè pei primi km. 13,620 la pendenza del pelo d'acqua non è mai minore di m. 0.65 ‰₁₀₀ raggiungendo anche un massimo di m. 1.546.

2. Dal C. S. n. 47 al C. S. n. 72, e cioè pei successivi km. 7.67 abbiamo pendenze più miti, variabili da un massimo di m. 0.80, ad un minimo di m. 0.20 ‰₁₀₀.

3. Dal C. S. n. 72 al castelletto di Abbiategrasso (km. 8.428) ritroviamo forti pendenze variabili da un massimo di m. 1.51 ad un minimo di m. 1.07 ‰₁₀₀.

4. Per l'ultima tratta, da castelletto di Abbiategrasso a Mi-

lano (km. 20.128) le pendenze soddisfano pienamente ai bisogni della navigazione restando sempre al dissotto di m. 0.39 ‰.

Le velocità superficiali corrispondenti alle pendenze surricordate sono rilevanti. Riguardo alla velocità massima dobbiamo ricordare che in corrispondenza alle numerose briglie costrutte nel fondo del canale per conservarne il profilo longitudinale, si verificano dei veri salti, incompatibili con la navigazione in ascesa.

Il Naviglio Grande è canale regolato, il pelo normale mantenuto dai numerosi scaricatori, è detto *profilo di gattellazione*, locuzione questa che riuscirà ostica nelle regioni italiane che non sieno il milanese. *Gattelli* sono detti alcune forme di cunei di legno che servono a fissare l'apertura delle paratoie alle bocche di derivazione; porre i *gattelli* e fissare la luce di erogazione è sinonimo, e perciò *profilo di gattellazione* è quel profilo del pelo d'acqua necessario a dare la dovuta competenza alle bocche di derivazione.

Questo profilo, sul Naviglio Grande, corrisponde all'altezza di oncie mil. 11. $\frac{1}{2}$ all'idrometro di Nosate; di oncie 30. $\frac{1}{4}$ all'idrometro di Castelletto di Abbiategrasso; di oncie 40 all'idrometro di Gaggiano, e di oncie 30 $\frac{1}{2}$ a quello della Darsena di Porta Ticinese. A questo profilo corrispondono altezze della vena d'acqua non mai minori di m. 1.00 con un massimo di 3.80. Nel periodo di sviluppo delle erbe acquatiche anche qui, come nel naviglio di Pavia, è sensibilissimo il rigurgito prodotto, rigurgito che raggiunge persino la misura di m. 0,25.

Le barche usate sul Naviglio grande, e quindi anche sul Ticino superiore dal quale provengono sono:

il <i>Burchiello</i>	della portata di tonnellate	40-45
la <i>Battella</i>	»	30
la <i>Cormanna</i>	»	20

Le dimensioni massime sono di m. 23.50 per la lunghezza, e di m. 4.75 per la larghezza superiore delle sponde. È regolarmente prescritta l'immersione di soli m. 0.70 dall'incile al Castelletto di Abbiategrasso, e di qui a Milano quella di m. 1.00.

Per regolamento vige divieto di navigazione nei giorni festivi da Sesto Calendè a Castelletto di Abbiategrasso, e quindi anche per la parte superiore del Naviglio Grande; e vige per tutto il canale divieto di navigazione notturna.

Altra interruzione nella navigazione è data dal periodo di asciugamento artificiale del Canale, periodo di 28 giorni, scelto nel mese di marzo di ogni anno, e richiesto dalla necessità di

provvedere alla manutenzione delle opere d'arte, le quali, come si è già osservato, tradiscono la loro vetustà.

Da questi dati si può dedurre il coefficiente di navigabilità del Canale. Considerato in sè stesso, e non come tratta della attuale linea di navigazione Milano-Lago Maggiore (chè allora occorre tener calcolo delle condizioni di navigabilità del Ticino superiore), e trascurato il divieto di navigazione festiva nella tratta fra l'incile e Castelletto di Abbiategrasso, poichè questo divieto non riguarda alcuna condizione tecnica del canale, e trascurato anche il divieto di navigazione notturna, come abbiamo fatto pel canale di Pavia, restano a considerarsi come sottratti alla navigazione i 28 giorni del mese di marzo di ogni anno, durante i quali il Naviglio viene posto in asciutto, ed avremo:

$$\frac{365 - 28}{365} = 0.92.$$

Questa cifra a vero dire vale per la tratta da Castelletto d'Abbiategrasso a Milano dove la navigazione è possibile tanto in discesa quanto in ascesa, non già per la parte superiore fino a all'incile; ma non sarebbe nemmeno esatto creare il coefficiente per quella parte superiore col dividere per metà la cifra ottenuta, e formare,

per quella, il coefficiente $\frac{0.92}{2} = 0.46$, poichè la condizione spe-

ciale della navigabilità in una sola direzione, non tradita da questa cifra, rende questa tratta di Naviglio non paragonabile ad altri canali di difficoltà e scarsa navigazione, sia pure, ma percorribili in doppio senso.

Oggigiorno l'utilizzazione di questo canale, come linea navigabile, è scarsa: ne abbiamo detto altrove i motivi, considerando la direzione moderna delle linee di traffico richieste dai centri di consumo o di rifornimento, contraria a quella cui può soddisfare e il Naviglio e la linea d'acqua che vi accede pel Ticino. Si è detto che l'utilizzazione è *scarsa*, avendo in mente piuttosto quanto potrebbe essere utilizzato un canale, anello della catena che unisce uno dei più gloriosi porti del mondo a due valichi alpini, il Sempione, fra breve, il Gottardo, da qualche anno. Ma noi qui facciamo la riproduzione fotografica dello stato attuale, ed attualmente il traffico sul Naviglio Grande è rappresentato dalle seguenti cifre, desunte come *media* dal traffico annuale del ventitreennio decorso dall'anno 1878 all'anno 1900:

Navi cariche in ascesa N.	203	con tonnellate	8.120
» » in discesa »	2354	» » »	94.160
Zattere » » »	58	» » »	2.320
		Tonnellate . .	<u>104.600</u>

N.B. — Le navi cariche in ascesa riguardano solo il tratto inferiore, da Milano a Castelletto di Abbiategrasso. Dalle cifre riportate sono escluse le barche corriere ancora in uso, benchè in decadenza, le quali trasportano pure involti, colli e merci di natura diversa.

Quanto alla natura delle merci trasportate, questa oggigiorno corrisponde a condizioni specialissime topografiche dei luoghi di produzione, ma non dà una qualsiasi norma di proporzionalità nel movimento di merci della plaga attraversata. Scendono dal Lago Maggiore granito di Baveno e di Mont'Orfano, calci dolci di Arona, Ispra, Caldè prodotte sulle sponde del Lago, carbone di legna, legna da ardere, pietrisco calcare per l'inghiaimento delle strade; i ghiaietti del Ticino danno ciottoli di quarzo (detti *cogoli*) utilizzati per la fabbrica del vetro, delle ceramiche, e ciottoli pel lastricato delle strade. Presso a Milano, specie nel tratto fino ad Abbiategrasso si ha un trasporto abbastanza attivo di concimi chimici e di laterizii.

Del costo di questi trasporti parleremo al termine del presente capitolo, riferendosi, i dati raccolti, al costo di trasporto lungo tutta la linea Milano-Lago Maggiore. Eccezione è data dalla tratta speciale Abbiategrasso-Milano, per la possibilità della navigazione tanto in ascesa che in discesa.

Da Abbiategrasso a Milano, da lire 0,041 a lire 0,048 per tonn. km.

Da Milano ad Abbiategrasso, da lire 0,09 a lire 0,10 per tonn. km.

La spesa sostenuta per la manutenzione del Canale, desunta nella cifra di media annuale dalle effettive spese verificatesi per un decennio dal 1890 al 1900 è data dalle seguenti cifre :

Per spurgo di alveo, media annuale .	L.	9.122
Per taglio di erbe » » .	»	1.175
Per lavori diversi » » .	»	<u>44.312</u>
Media totale. . .	L.	<u>55.609</u>

Proposte di miglioramento — Nel descrivere il Naviglio Grande sotto il duplice aspetto di Canale artificiale di derivazione d'acqua in generale e di Canale navigabile in particolare, abbiamo già osservato l'esistenza di eccessive pendenze e di conseguenti eccessive velocità della corrente) e di veri salti in corrispondenza alle briglie trattenenti il fondo, in conseguenza di che la navigazione di barche cariche in ascesa, superiore ad Abbiategrasso, non è praticata. Per quel tratto si rimorchiano faticosamente le barche vuote, riunite per lo più a cinque a cinque, ed il gruppo di cinque barche chiamasi *cobbia*. Per rimorchiare una *cobbia* non occorrono meno di 10 cavalli. Se la barca carica che discende impiega ore 8 circa a giungere a Milano dall'incile del Naviglio, la *cobbia* in ascesa, a vuoto, ne impiega circa 15 per lo stesso percorso. Basta por mente a questo spreco di forza motrice e di tempo per persuadersi come non è possibile che questa via navigabile nelle sue attuali condizioni, soddisfi alle esigenze del traffico, nemmeno riguardo alla modicità dei prezzi di trasporto, caratteristica questa dei trasporti per via acqua.

Abbiamo anche osservato l'esistenza di troppo ristrette luci libere sotto ai ponti, notando che l'ordinata libera sul pelo normale al ponte di Castelletto Cuggiono, scende sino a m. 2.38; ma resta a prendersi in considerazione anche il ponte di Castelletto di Abbiategrasso; e qui per ora giova fermare l'attenzione, visto che per il resto fortunatamente, non occorre studiare provvedimenti, o suggerire modificazioni, davanti al fatto che la privata iniziativa, in cerca di forze idrauliche per la produzione di energia elettrica, provvederà fra breve ad utilizzare la cadente del Naviglio Grande, come più particolareggiatamente si dirà in seguito; e fra non molto, dall'incile ad Abbiategrasso questo canale verrà quasi interamente sostituito con altri.

Ma il ponte al Castelletto di Abbiategrasso non è compreso nei progetti suaccennati e rimarrà quale lo trovò la Commissione, se non si provvederà altrimenti. Questo antico ponte è costruito in due arcate disuguali appoggianti sopra una grossa pila. Il restringimento della sezione in questa località, aggravato dall'ostruzione che presenta la grossa pila, è causa di un rigurgito che a sua volta produce una rapida, appena a valle del manufatto. Se si aggiunge che il manufatto stesso segna il vertice di un angolo nell'andamento planimetrico del Canale, si capisce come in detta località la navigazione sia resa difficile ed anche pericolosa. La Commissione unanime fa voto che al vecchio ponte ne venga sostituito

tuito uno nuovo di muratura in un'arcata sola, o costituito di una travata metallica ad una luce sola. La spesa per tale opera viene preventivata in lire 40 mila come risulta dall'Allegato D, allegato che contiene la relazione che l'Ufficio del Genio Civile di Milano inoltrò alla Commissione, interpellato da questa intorno ai possibili miglioramenti della linea di navigazione da Milano al Lago Maggiore.

Anche il ponte di Castelletto di Cuggiono resterà così come è, e presenterà un grave incaglio alla navigazione per la scarsa luce libera offerta sopra il pelo d'acqua, se non si provvederà; inquantochè i progetti di deviazione del Naviglio Grande escludono quella parte del canale dove trovasi il ponte di cui si parla. L'ufficio del Genio Civile di Milano preventiva in lire 40 mila la spesa per la sostituzione dell'attuale ponte con altro offerente i voluti requisiti.

Dallo stesso D allegato si desumono i dati relativi alla progettata deviazione del Naviglio Grande per iniziativa privata, deviazione segnata in planimetria nella tav. I dell'Allegato D. La Commissione prese conoscenza di tali progetti e delle dimande di concessione relative, e non ha che a felicitarsi che la ricerca della soluzione del nuovo problema della creazione di energie idro-elettriche, venga in pari tempo a sussidiare la soluzione del problema della navigazione interna.

E' questo uno degli esempi più cospicui, che già si verificò nella costruzione del canale di Vizzola, e che vedremo si ripeterà pel corso superiore del Ticino.

Davanti ai progetti di deviazione del Naviglio Grande, dall'incile ad Abbiategrasso, la Commissione non ha altro che a far voti perchè i progetti stessi entrino nel più breve termine di tempo nel campo d'attuazione. Raccomanda però vivamente che non si tenga come modulo per le dimensioni richieste a vantaggio della navigazione, quelle presentate dalla conca che trovasi a capo del bacino di presa detto del canal Villorosi; la qual conca, lunga soltanto m. 28.75; non permette l'immersione di m. 1.25 per le barche. Ora le conche del canale industriale di Vizzola, hanno lunghezza utile di m. 38, larghezza non mai minore di m. 5.50, e fondali che permettono l'immersione di m. 1.25; ed i progetti di deviazione del Naviglio Grande soddisfano a queste maggiori dimensioni; ma inutile riuscirebbe l'addottarle nei futuri lavori, come l'averle adottate già pel canale di Vizzola, se poi lungo la linea la conca del bacino di presa del canal Villorosi presentasse una strozzatura

pei profili dei natanti. E qui cade in acconcio una osservazione. La Commissione ha sempre voluto, compatibilmente con le condizioni di fatto, ridurre uniformi le dimensioni utili ai natanti pei diversi canali, od almeno per categorie di canali di pari importanza. L'arteria principale, ossia la linea Venezia-Milano, fa da sè, con dimensioni sue proprie, prestabilite dalla Commissione dietro considerazioni molteplici. I canali di maggior importanza dopo la linea suddetta dovrebbero offrire ai natanti le seguenti dimensioni utili: lunghezza libera nel bacino delle conche m. 36.00; larghezza minima m. 7.20; fondale minimo m. 2.00; e sempre quando lo si ritenne possibile e conveniente le proposte della Commissione si uniformarono a questi limiti. Ma davanti al problema della sistemazione dei tre Navigli che fanno capo a Milano si deliberò di fare eccezione alla regola. S'è già visto come una ricostruzione del Naviglio di Pavia equivarrebbe alla distruzione del presente canale ed al suo rifacimento *ex novo*, opera cotesta pei molteplici interessi che verrebbero turbati e si dovrebbero indennizzare, impossibile. Così pure il Canal di Vizzola sulla linea da Milano al Lago Maggiore, di recente costruzione, non presenta le dimensioni surricordate e manca l'ardire di proporne il rifacimento. Dicasi altrettanto del Canale di Paderno sulla linea da Milano al Lago di Como, e dicasi in generale che tanto pel Naviglio della Martesana, quanto pel Naviglio Grande, nel suo ultimo tronco da Abbiategrasso a Milano, l'ottenere il fondale minimo di m. 2.00 è problema assai complicato per la cui soluzione si renderebbero necessarie ingentissime spese. Davanti a questo stato di fatto la Commissione giudicò prudente non distaccarsi troppo dalla condizione presente di cose, e formare delle linee di Navigazione facenti capo a Milano (esclusa la Venezia-Milano) una famiglia a parte. Per questa famiglia di canali l'immersione di m. 1.25, e le dimensioni delle luci libere, in lunghezza di m. 38.00, ed in larghezza di m. 5.50, furono giudicate rispondenti alla natura dei corsi di acqua presi in studio, ed agli usuali natanti che li percorrono.

La Commissione crede che una volta sistemate le linee d'acqua di cui si parla, anche con queste dimensioni ridotte, sia possibile un importantissimo traffico da e per Milano, non solo, ma anche da e per la Vallata del Po. Non ignora che sarebbe desiderio di molti lo spingere la linea di principal navigazione, oltre Milano, fino agli sbocchi alpini; ma il pensare a ciò avrebbe forse portato il lavoro della Commissione oltre i limiti del mandato affidatole. Se dopo questi primi nostri studi venisse riconosciuta la

opportunità di spingere la penetrazione della principal linea di navigazione interna o lungo il Po superiore, o nel bacino del Verbano, si studieranno allora i mezzi atti a raggiungere l'intento; e basti per ora, e per nostra quiete, il considerare che le proposte della Commissione non compromettono affatto la futura soluzione del problema.

Per il che la Commissione raccomanda:

I^o Che nelle modificazioni inevitabili dai progetti di massima ai progetti di esecuzione, non si permetta nei canali di deviazione del Naviglio Grande di scendere con le dimensioni delle luci libere dei manufatti al disotto di quelle presentate dal canale industriale di Vizzola, e che si renda poi sempre possibile l'immersione dei natanti di m. 1.25;

II^o Anticipando quanto si ripeterà a suo luogo, che si coordini a suo tempo la conca del bacino del canal Villoresi alle dimensioni delle altre conche della linea.

Ricordi Storici — Il Naviglio Grande ha diritto ad un cenno speciale nella storia dei canali per due motivi: esso è il più antico dei canali che ancora ci rimangono in piena attività, nell'efficacia completa voluta al tempo della sua costruzione, ed è monumento di un raro e lodevole spirito d'associazione dei nostri avi. Non ne ordinò la costruzione un principe od il governo di un Comune o d'una Regione; l'opera venne ideata, iniziata, e in gran parte eseguita da privati associatisi nel vantaggio comune, i quali, scrive il Settala « ebbero in pagamento tant'acqua quanto fecero spesa. »

Fu nel 1177 o nel 1179 che si derivò dal Ticino il *Tesinello* fino ad Abbiategrasso. Ciascuna delle due date ha autorevoli sostenitori; più antichi, e forse più autorevoli, la seconda. In origine il canale fu costruito pare a scopo di sola irrigazione, e ciò è ammissibile, considerando appunto che i privati si associarono per costruirlo, e che l'utile della irrigazione è più facilmente ed esattamente divisibile fra promotori interessati che non lo sieno i vantaggi di una linea acquea di trasporti.

Tesinello, e non naviglio, dicono le più antiche carte; ed il nome di *naviglio*, che se oggi in Lombardia lo si trova applicato anche a canali non navigabili, in origine, nei primi casi nei quali lo si applicò (e questo è il primo di tutti), dovette pure alludere alla condizione della navigabilità, appare solamente allorchè si parla del *naviglio di Gazano o Gaggiano*, e cioè allorchè, nel 1257, il

cavo che terminava ad Abbiategrasso, venne continuato, mutandone bruscamente la direzione, dirigendolo verso la terra di Gaggiano e cioè direttamente su Milano.

Qui vediamo intervenire l'utile pubblico ed il conseguente scopo della navigabilità; l'opera di proseguimento da Abbiategrasso verso Milano non è più di sola iniziativa dei privati, ma forse di iniziativa di Martino della Torre podestà di Milano nel 1256. (1) Beno de'Gozzadini, che volgarmente è detto il promotore del Naviglio Grande, e che la tradizione non solo, ma anche qualche storico, ricordano come pietosa vittima dell'ingratitude della folla, perchè sarebbe stato affogato nelle acque del Naviglio da lui creato dal popolo messo in furore per l'ingente costo dell'opera, non è una fiaba come podestà di Milano (poichè lo fu nel 1257) ma lo è come promotore, nonchè del preesistente *Tesinello*, anche del Naviglio di *Gazano*, e come protomartire della canalizzazione della Lombardia.

Una carta dell'archivio di Chiaravalle accenna ad un consiglio tenuto ai 28 di novembre del 1271, alla presenza del podestà, nel quale si prendono provvedimenti « *atteso l'utile grandissimo prodotto dalla navigazione ed irrigazione del Tesinello e Naviglio di Gazano.* » (2) Se ciò dimostra l'esistenza di una navigazione pel Naviglio Grande fino alle porte di Milano, non indica ancora che la navigazione entrasse propriamente in Milano, o nei fossati circondanti le mura; ed è d'uopo ritenere giungesse solamente in prossimità della città, poichè abbiamo, a testimonianza di questo, che posteriormente, e cioè nel 1272, negli statuti decretati da Napo della Torre col consiglio degli ottocento, il podestà doveva obbligarsi con giuramento, fra le altre cose, a prolungare il cavo del Ticinello, coll'aggiunto Naviglio di Gaggiano, in modo che detto cavo potesse entrare comodamente nella città (3).

La navigazione entrò in città in occasione della fabbrica del Duomo, ma allora vi entrò, se così può dirsi, eccezionalmente solo per questo scopo. Cesare Cantù, nel suo proemio alla pubblicazione degli Annali della Fabbrica del Duomo (4) così si esprime: « Il canale Naviglio, che i nostri padri ebbero il coraggio di aprire » « pochissimi anni dopo rialzata la loro città dalle ruine del Barba- » « rossa, venendo dal Ticino, avvicinavasi solo all'antica città. Si » « pensò valersene per condurre i marmi, che, dalla Gandulia al-

(1) *Dalle Ant. Long. Milan*, vol. II, diss. XII.

(2) *Op. cit.*

(3) CORIO, *Hist. di Milano*, parte II.

(4) *Annali della fabbrica del Duomo di Milano*, lib. ed. G. Brigola, 1877. — Proemio.

« l'estremità del Lago Maggiore, dovevano giungere al Duomo.
« Per tal uopo si aperse il varco di Viarena, poi si scavò un ca-
« nale che rasentando le porte, ora ponti, dei Fabbri, Ticinese,
« S. Celso, Romana, riusciva in un laghetto al Brolio, dove poi
« fu eretto l'Ospedale Maggiore (il laghetto è nominato per la
« prima volta nel 1390 a pag. 38). Qui si scaricavano i massi
« che facilmente si carreggiavano fino al camposanto, dove erano
« lavorati. Per introdurre l'acqua in quel canale si pensò all'arti-
« fizio delle conche ecc. ecc. »

L'artificio delle conche, quale lo conosciamo oggigiorno, è certamente posteriore al 1390, ma è però assodato che per il passaggio dei natanti dal Naviglio di Gaggiano ai fossati interni della città, in occasione della costruzione del Duomo di Milano fu applicato, rozzamente il principio delle conche stesse, il principio cioè di creare una zona intermedia, di livello variabile, fra due specchi d'acqua posti a differente livello. Ciò lo si otteneva con chiuse fatte e disfatte di volta in volta, e comprendenti estese tratte di canale.

Nell'anno 1439 il Duca Filippo Maria Visconti estese veramente la navigazione del Naviglio Grande alla fossa della città, facendo costruire la conca di Viarena, conca che chiamavasi in allora: « *Conca di Nostra Signora del Duomo* ».

Bastino questi pochi dati, che riteniamo fra i più attendibili, e rimandiamo per altre notizie a dove si parlerà della Fossa Interna di Milano.

Sulle vicende del Naviglio Grande basterà ricordare il fatto saliente delle radicali modificazioni alle opere di presa.

In origine la derivazione del canale era ottenuta mediante un pennello o sperone protendenti nell'alveo del fiume dal vertice dell'angolo formato, a valle dell'incile, dalla riva destra del Naviglio con la riva sinistra del Ticino. Pare che le divagazioni del filone del Ticino tendessero ad appoggiare sulla sponda destra del fiume, a vantaggio della *bocca di Pavia* ed a svantaggio del Naviglio Grande, e che la bocca del Naviglio andasse interrandosi per le materie trasportatevi dal fiume, cosicchè per rimediare a ciò si sia provveduto consecutivamente, per lungo tempo, a prolungare sempre più lo sperone suaccennato, all'effetto di richiamare la corrente nel canale. Si giunse così al punto in cui, durante una piena, quella del 1585, il filone del fiume, riprendendo, come accade se non interviene la mano dell'uomo, un'antica traccia, investì di fronte lo sperone, vi aperse una breccia larga a sufficienza per scaricarsi da

quella, e lasciò in secco tanto la bocca di Pavia sulla destra quanto il Naviglio sulla sinistra.

Fu una calamità grande per buona parte del Milanese; ed in mezzo a suggerimenti, studii, progetti diversi, si fece strada l'idea del Meda, che, attuata, assicurò il regolare andamento delle cose fino ai nostri giorni.

Precisata la bocca di presa nelle nuove condizioni create dalla divagazione del fiume, abbassando la soglia dell'incile, si sostituì una vera traversa di solida opera muraria, detta la *Paladella* all'antico sperone; la bocca di Pavia, mantenuta, fu resa invariabile con una soglia fissa detta *traversino*, per evitare che, come prima, il fondo naturale, corrosa dalla corrente, venendo ad abbassarsi, facesse sempre maggior richiamo del filone del fiume e lo spostasse ai danni del Naviglio; le sponde del fiume a monte dell'edificio di presa furono difese e consolidate così da impedire le divagazioni in quella località. Queste, per sommi capi, le basi del restauro del Meda, e queste le condizioni odierne all'incile del Naviglio.

Non si vuole omettere di ricordare che, fra le idee esposte dal Meda in questa circostanza, vi fu quella della costruzione di uno speciale canale derivatore in sponda sinistra del Ticino, a monte dell'incile del Naviglio, canale che veniva a sfociare in vicinanza all'imbocco del Naviglio stesso, in direzione tale da ribattere la direzione della corrente del fiume per allontanarla dall'incile e dirigerla verso la bocca di Pavia; il canale suddetto doveva esser costruito per modo da diventare attivo solo in caso di piena, ed in caso di piena avrebbe così funzionato da respingente della corrente di piena del Ticino, per il più regolare regime del Naviglio Grande. L'esperienza però, avendo dimostrato che le piene del fiume trovavano facile sfogo sia al disopra della cresta della *Paladella*, sia per la bocca di Pavia, sia pei numerosi scaritori e sfioratori (detti allora *travacatori*) predisposti appena a valle della presa del Naviglio, così da rendere superfluo il provvedimento atteso dall'azione del canale di cui si parla, non se ne iniziò la costruzione. Ciò non pertanto se n'è voluto tener memoria, perchè appare da questo progetto inattuato del Meda, la non comune genialità di quel nostro antico costruttore idraulico.

Alla storia del Naviglio Grande aggiungeranno una pagina importantissima le opere che l'iniziativa privata progetta per utilizzare, ancor più che non lo siano attualmente, quelle acque già guidate dai nostri padri sui campi lombardi a vantaggio dell'agricoltura e dell'industria.

Queste opere sono strettamente connesse al problema della navigazione, e le ricordiamo in seguito, dove parliamo dei miglioramenti che in questo campo ci è dato sperare.

II. — Dal Lago Maggiore all'incile del Naviglio Grande.

Il Ticino superiore — Il canale industriale di Vizzola.

(TAV. IX).

Il Ticino Superiore — Del Ticino in generale si è già detto quando incontrammo le acque di questo fiume alla sua confluenza in Po. Ora annotiamo solo alcuni dati riguardanti specialmente il Ticino superiore, da Sesto Calende all'incile del Naviglio Grande, tratta che ci interessa come parte della linea di navigazione da Milano al Lago Maggiore, avvertendo che tale tratta oggigiorno non è continua, ma interrotta dalla derivazione del Canale industriale di Vizzola, il quale venne a sostituirsi in parte al corso del fiume, ed a inserirsi in sua vece nella linea di navigazione che descriviamo; cosicchè, a stretto rigore, se si volesse seguire esattamente la via dei natanti, dovrebbero discorrere di una prima tratta del Ticino, compresa fra il canale industriale di Vizzola ed il Naviglio Grande, poi del canale di Vizzola, e per ultimo nuovamente del Ticino fino al Lago Maggiore. Ma per non ripetere notizie comuni alle due tratte del corso del fiume, data la somiglianza dei caratteri delle stesse, si considerano riunite in un solo paragrafo.

Descrizione—A Sesto Calende le acque del Lago Maggiore si avviano in corso di fiume attraverso alla profonda erosione della morena frontale del bacino lacuale, dapprima con miti pendenze, per circa km. 3 e mezzo, e poi, per un percorso di km. 4.100, con carattere di rapido fiume. Su questa tratta sonvi vere cadute o rapide, identificate con nomi speciali in numero di cinque: la *Miorina*, la *Ca-garatta*, la *Traversagna*, la *Monga*, la *Corobiolo*. La pendenza, da un minimo di m. 2.40 ‰ alla Miorina, raggiunge il 7.50 ‰ alla rapida Monga.

In seguito le acque risentono del rigurgito prodotto dall'edificio di presa del Canale Villoresi, posto alla distanza di circa km. 11 e mezzo da Sesto Calende, e ristagnano.

Dall'edificio di presa allo sbocco del Canale Industriale (km. 6.892) le acque percorrono l'alveo artificiale di cui si dirà in seguito, ma

dallo sbocco del canale suddetto all'incile del Naviglio Grande, (km. 4.635) ritornate nel letto naturale del fiume, riprendono corso veloce, e presentano quattro rapide, dette: della *Madonnina*, dell'*Oggetto*, della *Tensa*, della *Mora*, con una pendenza massima (alla rapida della Tensa) del 5.15 ‰.

In prossimità all'incile del Naviglio Grande, le pendenze diminuiscono per effetto del rigurgito prodotto dalla diga la *Pala-della*.

Sulla sinistra del fiume, a partire da Sesto Calende, e per una lunghezza di km. 1.300, è mantenuta una strada alzaia, difesa e sistemata, della larghezza di m. 2.50; ma poi, scendendo a valle, l'attiraglio che pure vien praticato sempre sulla sinistra del fiume, batte un sentiero non ben stabile, aperto sulle *piarde*, variabile a seconda delle corrosioni del fiume; e più a valle ancora, tra il canale di Vizzola ed il Naviglio Grande, l'alzaia è meglio degna di tal nome, larga alle volte 3 metri, alle volte soltanto m. 1.50; finchè, due chilometri prima dell'incile del Naviglio Grande, corre sulla sommità delle robuste difese della riva sinistra, difese costrutte per rendere stabile il corso del fiume in quella località.

L'alzaia, non presenta altro di interessante che il ponte alla confluenza della Strona con Ticino, ponte di legname, lungo m. 17.80, largo 2.50, a tre luci e due stilate, manufatto in poco buone condizioni di conservazione, e che andrebbe rifatto per la buona continuità dell'alzaia.

Oggigiorno l'alzaia, dove è sistemata, è sommergibile, presso Sesto Calende quando le acque segnano l'altezza di m. 3.50 sullo zero di quell'idrometro, e nel tratto inferiore, fra il Canal di Vizzola e l'incile del Naviglio Grande, quando le acque raggiungono i m. 2.50 dell'idrometro suddetto. Ma questo fatto poco influisce; giacchè, per le altezze d'acqua su ricordate, cessa la possibilità di navigare nel Ticino superiore.

L'opera d'arte veramente importante che incontrasi nel corso del Ticino superiore, è l'edificio di presa del Canal Villoresi utilizzato anche per il Canale industriale di Vizzola, di cui in appresso. Non è qui il caso di darne la descrizione, come non è il caso di entrare a discorrere dei ruderi di antiche opere che si rintracciano nell'alveo del fiume in questa parte superiore del suo corso, ruderi che alcuni ritengono platee di ponti, altri fondazioni di traverse per derivazioni d'acqua.

Al disotto del ponte di Sesto Calende un solo ponte attraversa il Ticino, ed è quello per la continuità della strada provin-

ciale da Gallarate ad Oleggio, composto di 3 travate metalliche della lunghezza di m. 60 ciascuna. L'ordinata di luce libera presentata dal ponte sul pelo delle acque massime è di m. 5.39.

Modeste opere d'arte, di carattere provvisorio, eseguite nell'alveo del fiume, sono le *Filarole*, e cioè arginelle di ciottoli ed anche di gabbioni, destinate a tener convogliate le acque in un canale principale perchè non si disperdano pei ghiaietti, in occasione di acque magre, e permettano la continuità della navigazione. In questi casi di scarsità di acque, si procede anche a qualche escavazione subacquea ed alla rimozione di grossi ciottoli ingombranti il canale.

Ricordi Storici — Oltre quanto si è ricordato allorchè si disse del Ticino in generale, si vuol qui far menzione di una specialissima impresa interessante in particolar modo la navigazione del Ticino superiore precisamente da Sesto Calende all'incile del Naviglio Grande, e cioè della ferrovia a cavalli pel trasporto delle barche sulle sponde.

Fu l'ing. Bermani che nel 1855 studiò di evitare il grave incaglio presentato dalle rapide del Ticino superiore al buono sviluppo della navigazione, con un progetto di ferrovia a cavalli, progetto che, modificato dall'ing. De Simoni, venne eseguito negli anni 1856-1857.

La ferrovia a cavalli durò nell'esercizio dal 1858 al 1865. L'impresa non fu fortunata, ma non può disconoscersi che il concetto fosse ardito. A Tornavento v'era un bacino pel carico delle barche sui carri della ferrovia, per mezzo della quale, dopo un percorso accidentato di 18 chilometri, si portavano le barche alla Resica presso Sesto Calende. Ivi, dall'altezza di circa 20 metri sul fiume, le barche venivano rimesse in Ticino, trasportatevi da una piattaforma contrappesata, che scendeva e s'immergeva in acqua sino a lasciar galleggiare la barca. Si trasportavano così in media 8 barche al giorno (in luogo delle 18 preventivate) con un impiego di 75 persone e 70 cavalli. L'impresa non riuscì, la sede stradale ed i manufatti della ferrovia furon venduti ai privati.

Condizioni di navigabilità — Per una navigazione in ascesa a carico, le condizioni del Ticino superiore sono infelicissime; basti ricordare le numerose e forti rapide del fiume; e diffatti tale navigazione non è praticata. Rimontano le barche vuote, trascinate faticosamente dai cavalli. Anche per la discesa si presentano delle difficoltà.

Quando l'idrometro di Sesto Calende segna a m. 0.50 sul suo zero il pelo d'acqua, non è più possibile discendere con barche che si immergano di cm. 70, cifra che indica l'immersione regolamentare per questa navigazione. Allora le barche riducono il carico; ma quando l'idrometro segna — 0.57 l'immersione possibile è di soli m. 0.35. Continua tuttavia la navigazione; ed allora piccole barche — dette *lebbie* — scendono unite alla barca destinata ad entrare nel Naviglio Grande, per completare il carico di questa al termine della difficile navigazione del Ticino superiore. Ora, dalle osservazioni dell'ultimo decennio, risulta che l'idrometro di Sesto Calende segnò quote inferiori a quelle di + 0.50 in media per 226 giorni all'anno, cifra rilevante, che indica quanta parte dell'anno la navigazione, se non è impedita assolutamente, è ridotta assai di potenzialità.

Si aggiunga che per uno stato d'acqua corrispondente alla quota di m. 2.50 all'idrometro di Sesto Calende, non è possibile, perchè troppo pericoloso, scendere per Ticino, e la navigazione si sospende. Dalle osservazioni dell'ultimo decennio si hanno in media giorni 4 all'anno in queste condizioni di piena. Volendosi anche qui cercare un coefficiente di navigabilità, bisognerebbe considerare che per 230 giorni all'anno la navigazione è o impossibile o ridotta. Si arriverebbe al basso coefficiente di 0.37, pur trascurando il divieto di navigare in giorno festivo, e l'eventualità di giornate di nebbia, poichè queste coincidono col periodo delle magre invernali. Non è trascurabile il divieto di navigazione notturna, perchè realmente la navigazione notturna presenterebbe dei pericoli. Si dovrebbe giungere ad un coefficiente assai basso, ma non conta soffermarsi su ciò date le prossime canalizzazioni dell'acque del Ticino.

Navigazione — Pei dati statistici riguardanti la navigazione del Ticino superiore si rimanda a quelli già esposti per il Naviglio Grande, non trattandosi che della stessa linea di traffico. Ricorderemo che la discesa delle barche da Sesto Calende all'incile del Naviglio richiede ore 6, delle quali ore $3\frac{1}{2}$ sono consunte pel passaggio nel canale di Vizzola. L'ascesa delle barche vuote si compie in ore 11.

Manutenzione — La media delle spese annuali, dedotte dal decennio 1890-1900, risulta nelle seguenti cifre:

Per sgombero del canale di navigazione nelle rapide L. 63.86

Per lavori diversi » 26.32

Totale media annuale » 90.18

Possibili miglioramenti — Il compito della Commissione è in questo caso assai facile. L'iniziativa privata ha già prodotto diversi progetti di derivazione delle acque del Ticino superiore, allo scopo di utilizzare le rapide del fiume per la produzione di energia, e così è da aspettarsi che fra non molto si verifichi per tutto il Ticino superiore quel beneficio che già arrecò alla navigazione la costruzione del Canale industriale di Vizzola. Questi progetti dai promotori vennero regolarmente inoltrati alle superiori Autorità per la concessione delle opere. La Commissione ne prese notizia sommaria, non essendo compito suo l'esame particolareggiato degli stessi. Per dati più precisi intorno a questo aiuto esterno che, alla navigabilità del Ticino superiore, ci giunge dalla privata iniziativa, si allega il rapporto (All.° D) comunicato in proposito dall'egregio Ing. Cav. Giuseppe Paribelli del R. Genio Civile, ufficio di Milano. Alla Commissione non resta che raccomandare anche in questo caso che nel concedere le progettate derivazioni si prescrivano quei minimi delle luci libere dei manufatti, e dei fondali, che si sono ricordati a proposito delle progettate derivazioni del Naviglio Grande.

Il Canale Industriale di Vizzola Vittorio Emanuele III (Tav. X) —

Questo canale, noto nel milanese col nome quasi per antonomasia di *canale industriale*, ed ora dopo la visita di S. M. intitolato col nome di *Vittorio Emanuele III* è il prototipo di quella categoria di canali che speriamo veder costruiti, in breve volger di tempo, allo scopo diretto di creare della energia idroelettrica, ed a grande vantaggio indiretto della navigazione. Tutti i nostri corsi d'acqua, aventi origine nella catena alpina che corona la vallata del Po, sia che scendano direttamente al grande collettore dell'alta Italia, sia che riposino, dilagando al piede dei monti, in bacini lacuali, prima di raggiungere la pianura propriamente detta a trovarvi miti pendenze, devono passare una zona intermedia di accentuato declivio, dove, per le grandi velocità, si assottiglia il velo d'acqua. Questi fatti concomitanti di velocità grande e di scarso fondale, uniti agli effetti prodotti dalla natura dei terreni attraversati, terreni sciolti e ghiaiosi di grande permeabilità, (in conseguenza di che parte della portata del corso d'acqua scompare assorbita nel sottosuolo impoverendo il velo d'acqua superficiale, il quale, per la mobilità dell'alveo, muta facilmente la direzione del corso del filone, e riesce divagante), fanno sì che in questa zona le condizioni offerte alla navigazione sono pessime, tanto che può dirsi esista un anello prealpino

coibente rispetto alla navigazione fluviale, interposto fra la regione dei nostri laghi e la pianura padana.

Fra i canali di Lombardia che abbiano osato valicare completamente tale zona, nei tempi decorsi, va certamente data la preminenza al canal Fusia, che prende le acque al lago d'Iseo e le porta in pianura a Rovato. (Vedi retro pagina 30). È un esempio unico, e l'eccezione conferma quanto risultò difficile ai nostri avi, pure benemeriti della canalizzazione delle nostre acque, il modificare una condizione naturale e generale dei nostri fiumi. Fortunatamente questa zona, così ingrata fino ad oggi per la navigazione, è favorevole ai moderni impianti per produzione di energia idroelettrica; come quella che, pur presentando rilevanti dislivelli negli alvei dei corsi d'acqua, non è posta in regioni alpine di scarsa popolazione, ma è anzi popolosa di abitanti e di centri industriali, così da riescire per ogni riguardo adatta allo scopo che la privata iniziativa si prefigge nella ricerca della utilizzazione delle forze idrauliche.

Questo canale di Vizzola, costruito dalla *Società Lombarda per la distribuzione di energia elettrica*, utilizza sul percorso di Km. 6.861 (quanti ne intercedono fra il suo incile e il termine del canale di scarico) un salto di 28 metri, sostituendosi, rispetto alla navigazione, ad un tratto del fiume Ticino. Questo salto è diviso in quattro conche, accoppiate due a due, e la prima barca passò per la nuova via il giorno 11 dell'aprile del 1900.

La derivazione delle acque pel canale non ha luogo direttamente dal Ticino, ma bensì dal bacino di derivazione del canal Villoresi, subito a valle della bocca di presa di quest'ultimo. Noi però consideriamo assieme e il canale industriale ed il bacino suddetto, il quale non è altro, che un diversivo del fiume.

Dal fiume Ticino si passa nel bacino distributore del canale Villoresi per mezzo di una conca, la quale presenta la particolarità di aver due coppie di porte, l'una sovrapposta all'altra, e ciò perchè quando l'idrometro a Sesto Calende segna l'altezza di m. 2.50 (e si sospende in tale stato d'acqua la navigazione) la coppia superiore di porte viene chiusa per trattenere le acque di piena, ed impedire che invadano il bacino distributore.

Appena a valle della bocca di presa del canal Villoresi trovasi il vero incile del canale industriale. Dal bacino suddescritto si entra nel canale per mezzo di altra conca che vince il salto di m. 0.30. Come abbiamo già accennato il salto residuo di 28 metri, utilizzato dal canale, è suddiviso in quattro altre conche, accoppiate

due a due. Segue il prospetto delle sei conche che si incontrano lungo tutto il percorso :

Indicazione del sostegno	Lunghezza utile del bacino del sostegno	Larghezza minima del sostegno	Altezza utile d'acqua sulla soglia	Tempo impiegato per carico e scarico di ogni sostegno	Annotazioni
	metri	metri	metri	minuti primi	
1° Sostegno all'opera di presa del Canale Villoresi	28.75	8.00	1.15	(*)	Questo sostegno non funziona per altezze d'acqua in Ticino inferiori a metri 0.14 sotto lo zero dell'idrometro di Sesto Calende, perchè allora le acque entrano nel bacino di presa del Canale Villoresi senza battente.
2° Sostegno all'incile del Canale industriale.	38.00	5.50	3.50	10'	Salto metri 0.30.
3° Coppia di sostegni accollati nel Canale industriale. Per ciascun sostegno	38.00	5.50	1.50	25'	
4° Coppia di sostegni accollati nel Canale industriale. Per ciascun sostegno	38.00	5.50	1.50	25'	L'altezza d'acqua sulla soglia del portone del secondo sostegno di questa coppia diminuisce negli stati di magra eccezionale del fiume e può ridursi a metri 0.70.

(*) Variabili a seconda dell'altezza d'acqua in Ticino.

Il canale sviluppa il suo percorso parallelo al Canale Villoresi, e da questo poco discosto; è continuamente seguito da una strada alzaia sulla sua sinistra, strada della larghezza variabile da metri 3 a metri 4. La sponda ed il fondo sono rivestiti completamente in calcestruzzo, eccettuata la sponda sinistra, costituita, per l'altezza di metri 1,50, da muratura di ciottoli.

In corrispondenza ai sei sostegni suddescritti sonvi rispettivamente sei ponti in muratura, necessari per il servizio di manovra ai sostegni; ed oltre a questi ponti, altri cinque se ne trovano lungo il canale, richiesti dalla continuità della viabilità fra le due sponde,

dei quali quattro sono in ferro ad una sola travata, ed uno è in muratura a due luci. L'altezza minima che si riscontra al passaggio di questi ponti, per l'ordinata della luce libera fra il pelo d'acqua e l'intraddosso dei ponti stessi, è di metri 3,80, altezza rispondente ai bisogni della navigazione.

Il canale ha la larghezza sul fondo da metri 11 a metri 13,50, allo specchio d'acqua da metri 17 a metri 23,50, l'altezza del pelo d'acqua è di metri 3,50, e presenta quindi dimensioni e fondali rispondenti a buone condizioni di navigabilità.

Il Canale industriale ha una portata compresa approssimativamente fra m^3 55 e m^3 62, la sua pendenza è del 0,15 per mille, eccetto che nell'ultimo tratto, e cioè nel canale di scarico, lungo Km. 0,600, per la restituzione delle acque in Ticino, dove la pendenza del fondo è nulla, e la pendenza del pelo d'acqua è variabile a seconda degli stati d'acqua del fiume. In caso di eccezionali magre il pelo d'acqua nel canale di scarico si abbassa fino a presentare solo metri 0,70 sulla soglia dell'ultimo sostegno a valle, fondale troppo scarso, se si vuole far conto sulla immersione superiore ad un metro pei natanti richiesti da una navigazione importante.

Questo inconveniente sarebbe anche oggi facilmente tolto con opere, assai semplici, provvisorie (come filarole ed arginelle di ciottoli) intese a produrre un artificiale rigurgito del fiume allo sbocco di scarico del Canale di Vizzola nel tempo di magra eccezionale. Però l'utilizzazione che si farà, a valle del canale in parola, delle cadute che ancora presenta Ticino prima di giungere all'incile del Naviglio Grande, (vedi allegato *D*) darà origine colle opere di presa pel costruendo canale nella zona inferiore, ad uno stato di cose tale da evitare questo eccessivo abbassamento dal pelo d'acqua allo scarico del Canale di Vizzola durante le magre eccezionali, e da rendere facile e regolare la produzione di quel rigurgito artificiale che più sopra si suggeriva d'ottenere con provvisorie opere.

Si è detto che la navigazione si aprì attraverso questa nuova via il giorno 11 del mese di aprile del 1900. Le barche che transitano per questa via non danno una misura della potenzialità della via stessa di fronte alla navigazione, perchè siamo davanti ad una tratta intermedia di più lunga via acqua, e la limitazione al traffico è data dalla difficoltà d'esercizio di tratte precedenti e susseguenti. Il coefficiente di navigazione particolare pel Canale di Vizzola sarebbe dato da una cifra assai prossima all'unità, perchè il passaggio del canale sarebbe facile e sicuro tanto di giorno che di notte, ed in qualunque stato dell'atmosfera. Non resterebbero a conside-

rarsi che pochi giorni richiesti dalle riparazioni al canale, giorni nei quali il canale stesso viene posto all'asciutto. Si comprende facilmente che la società esercente ha tutto l'interesse a fare sì che tali giornate si riducano al minimo possibile. Possiamo far conto su una media di cinque giorni all'anno.

Giova infine osservare che le barche cariche che discendono dal Lago Maggiore a Milano impiegano tre ore e mezza a passare il Canale di Vizzola e le sue sei conche.

Dalla descrizione stessa del canale si rileva che la Commissione non ha che a testificare delle migliori condizioni fatte alla navigazione, colla sostituzione del canale artefatto ad una tratta difficile del fiume Ticino, per lo sperato perfezionamento della linea Milano-Lago Maggiore, e se si aggiunge che le opere d'arte di recente costruzione sono in ottimo stato di conservazione parrebbe che null'altro restasse a dire come espressione dei desiderii della Commissione stessa.

Pure è importante ricordare che il sostegno che dà la comunicazione fra il fiume ed il bacino distributore del canal Villoresi, bacino necessariamente attraversato dalla navigazione, presenta la sola lunghezza utile di m. 28.75 e l'altezza d'acqua sulla soglia di m. 1.15, mentre gli altri sostegni del canale industriale offrono una lunghezza di m. 38 ed un fondale di m. 1.50. È desiderabile, e la Commissione esprime come un voto questo desiderio, che anche questo sostegno venga ridotto a dimensioni conformi a quelle degli altri, perchè altrimenti ne annulla i vantaggi presentati alla navigazione. Questa modificazione importerebbe una spesa (V. allegato D.) di circa lire 30 mila.

In secondo luogo è necessario, come d'altronde venne prescritto nel disciplinare di concessione, che le opere che verranno eseguite dalla Società delle strade ferrate del Mediterraneo, in conseguenza della concessione data con decreto 24 giugno 1900, per la costruzione di un canale (pure navigabile) fra il punto di scarico del Canal di Vizzola e l'incile del Naviglio Grande, sieno coordinate alle dimensioni surriferite a vantaggio della navigazione, ed a provvedere all'inconveniente della scarsità di fondale all'uscita del canal di Vizzola, per la desiderata continuità di una via navigabile con fondale almeno di m. 1.25.

III. — Il Lago Maggiore — Il Fiume Toce — Il Fiume Tresa — Il Lago di Lugano

Il Lago Maggiore. — Il Lago Maggiore, posto in confine tra l'Italia e la Svizzera, presenta uno specchio d'acqua che può ritenersi di 212 kmq. L'ing. Fantoli (1) studiò una scala delle superfici nei diversi stati d'acqua, dalla quale si deduce che per l'altezza di m. 0.00 all'idrometro di Sesto Calende la superficie è di Kmq. 208.00
per l'altezza di m. 1.00 all'idrometro di Sesto Calende la superficie è di » 212.00
per l'altezza di m. 7.50 all'idrometro di Sesto Calende la superficie è di » 249.82

La lunghezza da Sesto a Magadino è di km. 64,600, la larghezza minima di km. 1,270, la media di km. 3,120, la massima è inferiore ai 6 chilometri. Però in corrispondenza al Golfo di Pallanza la larghezza fra le due rive, misurata da Laveno a Feriolo, è di km. 9.

Dicesi che la profondità raggiunga in qualche punto gli 800 metri, ma lo scandaglio massimo ottenuto fu di m. 325.

La elevazione del lago sul livello del mare fu giudicata diversamente, a seconda dei capisaldi di partenza; ma, coordinando tutti i risultati e facendo una media degli inevitabili errori, può ritenersi che lo zero dell'idrometro di Sesto Calende sia a m. 193 sul livello del mare.

La superficie del bacino scolante si valuta nella misura di 6200 kmq., compresavi la superficie dello specchio d'acqua del lago, e di questo bacino scolante quasi una giusta metà è in territorio svizzero e l'altra in territorio italiano. Sono 4 i principali bacini tributari del lago, od almeno si possono raggruppare intorno ai 4 principali corsi d'acqua affluenti nel lago stesso: 1° il Ticino superlacuale o svizzero; 2° il fiume Maggia; 3° il fiume Tresa; 4° il fiume Toce.

Il bacino scolante del Ticino superlacuale svizzero, compresovi quello della Verzasca, si valuta Kmq. 1.700

Il bacino del fiume Tresa, e cioè del lago di Lugano, unito ai bacini dei laghetti Varesini e di alcune minori valli » 1.300

da riportarsi Kmq. 3.000

(1) Molti dati riferiti in questo paragrafo sono tolti dall'opera dell'Ing Gaudenzio Fantoli: *Sul regime idraulico dei laghi*, Milano, Hoepli, 1897.

	Riporto Kmq.	3.000
Il bacino del Toce, compreso il gruppo alpino del Motterone	»	1.700
Il bacino del fiume Maggia, comprese le valli Canobine ed Intrasche	»	1.300
Lo specchio del lago.	»	200
	Kmq.	<u>6.200</u>

L'altezza d'acqua meteorica precipitata su questo grande bacino di impluvio si valuta a millimetri 1780, ma l'afflusso reale è minore, e la perdita è calcolata nella misura dell'11 per cento; questa perdita riduce a millimetri 1582 l'altezza d'acqua utilizzata, ed a questa altezza corrisponde il modulo di efflusso di mc. 311 al 1," modulo di efflusso rispondente ai più recenti studî di portata del Ticino a Sesto Calende. Il Lombardini s'era già avvicinato d'assai a questa cifra calcolando pel modulo di efflusso m.³ 322 al 1".

Quanto agli afflussi massimi, i due affluenti svizzeri principali, Ticino e Maggia, giungono a portate, il primo di mc. 2500 al 1" ed il secondo di 1800; la Tresa non ha rapide piene, poichè alla sua origine il lago di Lugano funge da bacino serbatoio, ed il suo deflusso di piena lo si ritiene di circa mc. 230; ma il Toce eccezionalmente pare sia arrivato a portate di 5000 mc. al 1". Se si aggiungono gli afflussi degli altri minori bacini, si può ammettere che, per breve ora, gli afflussi al Lago Maggiore raggiungano la cifra di 10 mila mc. al 1". Nelle piene, gli afflussi medî giornalieri si valutano da 3 a 4 mila metri cubi.

Le piene del lago si verificano dalla metà di maggio alla fine di giugno, e dalla metà di settembre a tutto ottobre; eccezionalmente se ne hanno in altri mesi. La durata delle maggiori piene è da 8 a 9 giorni, e la durata delle acque morbide è da 23 a 30 giorni. Le magre massime si verificano ordinariamente in febbraio, marzo ed aprile; sono di durata assai variabile e cioè da 3 a 40 giorni.

Le magre ordinarie cadono nei mesi da gennaio alla metà di aprile, verso la metà di dicembre e per pochi giorni in altri mesi. La loro durata media è di 123 giorni.

In rapporto a queste epoche di piena e di magra è interessante riportare quanto l'ing. Fantoli desume dallo spoglio dei dati idrometrici dal 1868 al 1893, per stabilire la frequenza dei mas-

simi e dei minimi annuali di afflusso, espressa questa frequenza in percentuali.

Frequenza del massimo annuale:

Maggio	16	} piene primaverili
Giugno	32	
Agosto	4	} piene autunnali
Settembre	12	
Ottobre	24	
Novembre	8	
Dicembre	4	
	<hr/>	
	100	
	<hr/>	

Frequenza del minimo annuale:

Gennaio	15.3	} magre invernali
Febbraio	27.0	
Marzo	42.3	
Novembre	7.7	
Dicembre	7.7	
	<hr/>	
	100.0	
	<hr/>	

La navigazione si esercita con barche della lunghezza da 10 a 24 metri, della larghezza sul fondo da 1.50 a 4.80, e della portata da 5 a 36 tonnellate. Queste barche hanno generalmente un albero con una vela rettangolare, ed utilizzano i venti periodici che scorrono sulla superficie del lago, detto *Inverna* quello che spira da sud a nord dalle ore 10, circa, al tramonto del sole, e *Tramontana* il vento contrario, il quale domina dalla sera alle 10 del mattino.

La navigazione a vapore, ora concessa alla Società di Navigazione dei Laghi di Garda e Maggiore, Impresa Mangili, incominciò nel 1826 con un piroscalo detto il *Verbano*, la quale se ne aggiunse un secondo, detto il *San Carlo*, nel 1836.

La riunione di questa navigazione alla navigazione della val e Padana, ed al porto di Venezia, sarebbe di una importanza grandissima. Basti accennare che le rive del lago in molti punti sono collegate per mezzo di ferrovie al valico alpino del Gottardo, e che a Bellinzona (unita con ferrovia a Locarno) mette capo la valle della Moesa che conduce al passo di S. Bernardino. Fra poco il golfo di Pallanza si troverà, si può dire, ai piedi del nuovo valico

alpino del Sempione, lambito sulle sue rive dalla linea ferroviaria di accesso. Oltre a questi obiettivi transalpini i fiorenti centri ricchi di popolazione e di industrie, che spesseggiano sulle sponde del Verbano e nelle vallate che se ne diramano, sono per sè soli scopo bastante ad una importante linea di trasporti. Forni a calce, vetrerie, forni per la cottura delle ceramiche, officine metallurgiche, opifici per le arti tessili, molti e diversi altri impianti industriali popolano le rive del lago, non riserbate a sola stazione climatica o di villeggiatura; i graniti rossi e bianchi di Baveno, di Montorfano e di Feriolo, apprezzati in tutta Italia, e che conoscono anche già la via delle Americhe, il marmo bianco della Candolia, che può presentare come campione delle sue qualità costruttive il Duomo di Milano, l'altro marmo con vene di bardiglio che si cava a Silva, ritrarrebbero enormi profitti da una via acquea di trasporti, pel minor costo, per la facilità del carico dei grossi monoliti e per l'esclusione dei trasbordi.

Se nelle lontane epoche geologiche il Lago Maggiore era un Fiord conducente le acque del mare libero fin dentro le valli alpine, l'opera dell'uomo oggi ancora può — si osa dire — assai facilmente, ripristinare, nei rapporti del traffico, quella condizione di cose, ed ottenere che la nave salpata dall'Adriatico venga ad ancorarsi agli imbocchi del Gottardo o del Sempione.

Del fiume Maggia e del Ticino superlacuale, benchè quest'ultimo possa facilmente ridursi navigabile da Biasca fino al lago, non è compito della Commissione interessarsi, inquantochè questi due corsi d'acqua scorrono completamente su territorio svizzero.

Non così degli altri due principali affluenti del Lago Maggiore, e cioè del Toce e della Tresa.

Il Fiume Toce. — Il fiume Toce nasce all'Alpe di Pian Tondo, sul versante italiano in provincia di Novara. La sua direzione, presa in generale, è da Nord a Sud, e sbocca nel golfo di Pallanza a circa 5 chilometri da questa città. Dalla sorgente alla foce in lago il suo percorso è di circa 83 chilometri.

Il bacino di impluvio che si può considerare di spettanza di questo fiume si valuta in 1613 chilometri quadrati, ma le portate di magra e di piena non furono studiate in modo speciale. Se il Comm. Gian Domenico Protasi, nella relazione al Consiglio Provinciale di Novara sulla Concessione del Canal Villoresi, dice che il Toce, nella piena del 1834 e del 1840, giunse alla portata di mc. 5000, il Ministero di Agricoltura Industria e Commercio, nella

monografia (1873) sulla irrigazione della provincia novarese, dà i dati seguenti:

Portata di massima magra	mc. 15
» di media	» 150
» di massima piena	» 2100

e ciò alla foce in lago. Queste cifre paiono le più attendibili.

Sul Toce era attiva una volta la fluitazione, sia a tronchi sciolti, sia a zattere. Ora tale attività è quasi scomparsa, e la navigazione non si esercita che per un breve tratto presso alla foce, dove il corso d'acqua riposa nella pianura compresa fra il laghetto di Mergozzo ed il Golfo di Pallanza.

La vallata del Toce, almeno rimontandola fino al grosso centro di Domodossola, è ricca di abitati di una certa importanza. Una ferrovia la percorre da Gravelona-Toce a Domodossola, fra breve sarà ultimata la costruzione di una seconda, conducente al valico del Sempione.

Queste circostanze richiamarono l'attenzione della Commissione, benchè il Toce non sia compreso fra i fiumi navigabili, tanto più che alla Commissione stessa venne sottoposto un progetto per la canalizzazione delle acque del Toce, da Domodossola fin presso allo sbocco del lago, inteso ad utilizzare le forze idrauliche disponibili, e nello stesso tempo a provvedere alla facile navigazione di questa importante tratta del fiume, con una produzione di 4800 cavalli dinamici, ed un costo di costruzione di circa lire 7,700,000. La Commissione percorse la località osservando e la natura dei luoghi e l'aspetto del fiume, anche in rapporto al citato progetto, e giunse alle seguenti conclusioni:

Senza entrare a discutere specialmente il progetto sottoposto, non reputando esser ciò di sua competenza, crede assai più arduo che non appaia nel progetto stesso, il condurre un canale artificiale nel fondo della valle, sorpassante i torrenti affluenti del Toce, torrenti che, durante le piene, portano tanto materiale da creare vaste zone di nuovi terreni alluvionali;

Ritiene non esser provato che le traverse a panconcelli mobili, le quali possono fare ottimo effetto sull'Adda e sul Ticino, (fiumi questi che, inferiormente ai laghi di Como e Maggiore, possono considerarsi corsi d'acqua limpida) debbano far buona prova nel letto del Toce, fiume torrentizio, che trasporta grandi quantità di materiale;

Ritiene la spesa occorrente per un canale industriale e navi-

gabile simile a quello in parola, superiore alla cifra che i primi progettisti preventivarono, e tale in ogni modo da escludere che una simile opera possa intraprendersi pel solo scopo della navigazione, anche perchè il traffico locale sperabile non la comporterebbe; ed il traffico possibile transalpino non sentirebbe grande vantaggio dal trasportare il punto di trasbordo delle merci, dalle barche sui carri ferroviari, una trentina di chilometri più in su della riva del lago, e ridurre Domodossola ad essere il porto lacuale del valico del Sempione, invece che Gravellona;

I due scopi abbinati della ricerca di energia e della navigazione possono però rendere possibile e conveniente la costruzione di un canale del Toce; e la Commissione non può che far voti perchè, se un'opera consimile venisse col tempo nel campo di attuazione, si tengano abbinati i due scopi, e si conquisti un'altra trentina di chilometri alla rete interna navigabile dell'Alta Italia.

Il fiume Tresa ed il Lago di Lugano. — Il fiume Tresa è l'emissario del Lago di Lugano, e da Ponte Tresa alla sua foce nel Lago Maggiore presso Germignaga, misura uno sviluppo di circa chilometri 13. Per una prima tratta (circa 7 chilometri) a partire da Ponte Tresa, il suo filone segna il confine italo-svizzero, e per il resto scorre su territorio italiano.

Il Lago di Lugano, le cui acque per buona parte sono acque svizzere, ha una superficie di circa 50 chilometri quadrati in piena e di 48 in magra; l'area di dominio del lago è di chilometri 599, sulla qual area la precipitazione meteorica (1) si calcola in millimetri 1854, precipitazione, che ridotta dell'11.3 per cento (coefficiente di perdita per questo bacino) si riduce all'altezza utile di millimetri 1645, altezza cui corrisponde il modulo di efflusso di metri cubi 31.3 per minuto secondo. Tale è dunque la portata media del fiume Tresa, mentre la portata minima nelle massime magre, che ritenevasi di circa mc. 11, ora, dopo più recenti osservazioni (Legler e Paladini) discende sino a mc. 4,70 circa, e la portata massima sale fino a mc. 230 al minuto secondo,

Le piene del Lago di Lugano sono, quelle primaverili, in anticipazione sulle piene del Lago Maggiore, e quelle autunnali, in posticipazione: le prime si verificano dalla metà di aprile alla metà di maggio, e le seconde dalla metà di ottobre alla metà di novembre, e durano mediamente 15 giorni. Questa non concomi-

(1) FANTOLI, op. cit.

tanza delle piene dei due vasi comunicanti, dipendente dalla diversa importanza del dominio delle nevi sui due bacini di impluvio, è opportuna per una maggior regolarità degli efflussi del Lago Maggiore.

Le magre del Lago di Lugano durano in media 20 giorni estivi, dalla metà di luglio alla metà di agosto, e 40 giorni invernali, dalla metà di dicembre alla metà di febbraio.

Queste osservazioni, appoggiate alla lettura dell'idrometro di Ponte Tresa, valgono evidentemente anche per l'emissario del Lago.

Il Lago di Lugano è elevato sul livello del Lago Maggiore di circa metri 76, cifra che rappresenta la pendenza totale del fiume Tresa; ha la profondità massima di metri 161; la larghezza massima di metri 2800, e la lunghezza massima, fra Porlezza e Ponte Tresa, di chilometri 32.

Il pensiero di deviare dal Lago di Lugano un canale navigabile ed apportatore di acque di irrigazione all'alta pianura milanese, è antico.

Il Giulini all'anno 1396 ricorda uno Statuto il quale ordinava la costruzione di un canale dal fiume Tresa a Milano. La Commissione, eletta dalla città di Milano nell'anno 1516, per proporre nuove linee di navigazione vantaggiose alla metropoli lombarda, pensò un momento anche ad un canale navigabile che unisse questa al lago di Lugano, ed abbandonò poi il pensiero, per proporre di preferenza l'unione col lago di Como per mezzo del canal di Paderno.

In tempi più a noi vicini, nel 1772, il principe di Kaunitz raccomandava al conte De-Firmian, ministro plenipotenziario a Milano, di delegare il matematico Frisi a *maturare e riferire sul progetto del Naviglio della Tresa*, ma gli studi non vennero ripresi che al principio del secolo XIX, come son riassunti in una relazione dell'idraulico Fumagalli alla Direzione generale d'acque e strade di Lombardia, con sfavorevole conclusione.

Riprese lo studio nel 1840 l'ing. Possenti, e recentemente compilarono progetti i signori ingegneri Cotta, Villoresi-Meraviglia e Tatti-Bossi.

A base di tali progetti stava la riduzione del lago di Lugano a serbatoio, per una maggiore erogazione di acque nelle ordinarie epoche di magra. Al qual proposito occorre il permesso delle autorità svizzere, ed infatti da un decreto del 15 marzo 1865 del

Consiglio di Stato del Canton Ticino apparisce acconsentito dalle Autorità svizzere la riduzione a serbatoio artificiale del lago di Lugano a condizione;

1° Che il pelo di piena non abbia a riuscire elevato più di m. 2.00 sullo zero dell'idrometro di Ponte Tresa;

2° Che il pelo ordinario non sia mantenuto a più di m. 0.85 sullo zero stesso.

3° Che il pelo di magra non abbia giammai a discendere al disotto di m. 0.25 sopra lo zero di detto idrometro.

Oggigiorno di questi progetti non se ne parla più, nè credesi che se ne debba riparlare in avvenire. Infatti un canale direttamente derivato dal lago di Lugano presenterebbe, rispetto alla irrigazione dei piani lombardi, il solo vantaggio dell'altimetria, rendendo possibile di portar le acque sugli alti terreni incolti — le brughiere; ma non conquisterebbe una nuova quantità di benefiche acque, poichè quanto venisse tolto direttamente al serbatoio del lago di Lugano verrebbe a mancare nel lago Maggiore, e conseguentemente nel Ticino. Ora, da questo fiume, si derivano con assai minor spesa le acque a profitto delle pianure milanesi, sia pure in zone più basse. E rispetto alla navigazione osservasi che, voltachè Milano fosse comodamente riunita al lago Maggiore, anche per mezzo di una navigazione ascendente, i natanti si porterebbero a Germignaga alla distanza di soli 13 chilometri dalle acque del lago di Lugano.

Verrebbe quindi più naturale il pensiero di rendere navigabile il fiume Tresa; ed il moderno modo di considerare la possibile utilizzazione dei corsi d'acqua avvalorerebbe un progetto di tal natura, inquantochè le acque del lago di Lugano oggi richiamano dippiù l'attenzione degli speculatori col salto di 76 metri che devono compiere per cadere nel lago Maggiore, che non per altre proprietà. Ed a tal riguardo è a notarsi che la caduta del fiume Tresa è già in parte utilizzata a scopo industriale, e può dirsi che le derivazioni d'acqua esistenti oggigiorno, sia per antico possesso, sia per concessioni fatte in base alla vigente legge, si riferiscono a uno sviluppo di circa M. 4500 del fiume Tresa, e ad un salto di circa m. 30 misurato tra le singole prese ed i singoli punti di restituzione delle acque. All'infuori di poche e brevi ed inutilizzabili tratte, che pur possono ancora esistere tra le derivazioni inferiori esistenti in territorio italiano, la parte del fiume Tresa, che ancora si può prestare ad un'utilizzazione delle sue acque, è la superiore, a partire da Ponte Tresa, per circa km. 8.50 con un salto

complessivo di circa 46 metri. Si è costituita una *Società della Tresa* col proposito di utilizzare il salto ancora disponibile e di regolare anche i deflussi del lago di Lugano. Tale Società presentò domanda di concessione il 9 aprile 1901.

Nè le utilizzazioni di acqua cadente già fatte, nè queste nuove che si progettano, hanno riguardo alcuno per la navigazione. In questo stato di cose la Commissione crede di esprimere un voto tutt'affatto platonico, dicendo che sarebbe stato desiderabile, e lo sarebbe per l'avvenire, abbinare anche in questo caso lo scopo della navigazione a quello della creazione di forza motrice, e teme che il lago di Lugano resti oramai per sempre escluso dalla comunicazione con la rete navigabile interna della valle del Po, e ciò non per una impossibilità materiale, ma perchè l'aggravante di sacrificii finanziari richiesti da diritti lesi, si aggiungerebbe a non comuni difficoltà naturali, mettendo in forse la convenienza di risolvere il problema della navigabilità del fiume Tresa.

IV. — Il Naviglio di Bereguardo.

Ricordi storici. — Il Naviglio di Bereguardo, così denominato perchè ha termine al villaggio di tal nome, era certamente aperto come cavo conduttore d'acqua di irrigazione prima assai che se ne parlasse come di una possibile via navigabile, benchè tollerasse un qualche barcheggio di poca importanza.

Nel secolo xv sono abbastanza frequenti gli accenni a tentativi di rendere navigabile il canale in discorso, accenni che, se provano appunto la sua preesistenza, provano altresì le sue condizioni sfavorevoli alla navigazione.

L'opinione più comunemente accettata è che una vera e propria sistemazione, all'intento di rendere possibile la navigazione, sia dovuta a Francesco Sforza, ed abbia avuto principio nell'anno 1457, termine nel 1470. Lo stato presente del canale con le sue conche, quali attualmente sussistono, non rimonta tanto lontano, ma è dovuto ad una successiva sistemazione effettuata nel secolo xvi, e di interessante si nota che fu applicata a questo Naviglio la conca *accollata* (che qui presenta il primo e più antico esempio), proposta e studiata dal Meda per il canale di Paderno, dove non aveva trovato applicazione, per le vicende complesse che fecero in allora fallire la tanto discussa opera della derivazione di un canale ai *Tre Corni* dell'Adda.

Prima dell'apertura del Naviglio di Pavia fu questa del Na-

viglio di Bereguardo la linea di comunicazione fra Milano ed il Po. Il Naviglio si arresta al margine dell'altipiano solcato dalla vallata del Ticino, e dal suo termine alle acque del Ticino intercede una distanza di 3 chilometri. Merci provenienti dal Po, rimontato Ticino fino alla *Piarda di Bereguardo*, venivano trasbordate e portate per via terrestre fino a capo del Naviglio; da questo punto, nuovamente per acqua, potevano proseguire fino a Milano. Si usò anche, durante un certo tempo, caricare le barche, all'uscita dalle acque di Ticino su carri di particolare struttura, trascinarle per via terrestre sino a Bereguardo ed ivi rimetterle nelle acque del Naviglio. Questa difficile e punto pratica navigazione cessò coll'apertura del Naviglio di Pavia. Oggigiorno il canale di Bereguardo, ha una scarsa attività come via di trasporto e non ha per obiettivo che scambi locali.

Descrizione. — Il Naviglio si dirama sulla destra del Naviglio Grande al Castelletto di Abbiategrasso, appena a valle del ponte in muratura detto appunto di Castelletto, e termina a Bereguardo dopo un percorso di chilometri 18.850, senza toccare abitati d'importanza. La sua sponda destra è seguita sempre da una strada alzaia, difesa per quasi tutta la sua lunghezza da muratura o da selciato. La sponda sinistra è invece indifesa, eccetto in prossimità ai sostegni, ha la larghezza media al pelo d'acqua di 10 metri, con un minimo di 7 metri; presenta la caduta totale di m. 24.76, di cui se ne esaurisce con 11 sostegni (uno dei quali doppio) per m. 20.67; il resto è suddiviso nella pendenza dei 12 tronchi interposti fra i salti (pendenza variabile da 0.07 a 0.49 per mille);

Segue il prospetto dei sostegni:

1.	Sostegno della Conca del Dazio, col salto di	M.	1.900
2.	Id. dei Bardani, id.	»	1.187
3.	Id. di Bugo, id.	»	2.038
4.	Id. di Morimondo, id.	»	1.915
5.	Id. di Coronate, id.	»	2.140
6.	Id. di Basiano, id.	»	2.300
7.	Id. di Fallavecchia, id.	»	1.030
8.	Id. di Riviera, id.	»	1.982
9 e 10.	Id. accollati dell'Inferno id. (compl.) »		2.412
11.	Id. della Motta, id.	»	2.166
12.	Id. della Zelata, id.	»	1.600
	Totale	M.	20.670

La lunghezza utile di questi sostegni presenta un minimo, in quello di Bugo, colla dimensione di m. 31.00, ed un massimo, in quello della Zelata, con m. 34.50.

Oltre a queste opere ricordansi 5 ponti in muratura sorpassanti il canale, e 4 passarellé, di cui due girevoli. L'ordinata minima di luce libera presentata dal sott'arco o sottotrave sul pelo d'acqua è di m. 3.00. Sono interessanti anche i passaggi dall'una all'altra sponda ottenuti con *guadi*.

Il canale ha inoltre 2 idrometri, l'uno a valle e l'altro a monte del sostegno del Dazio, ed ha 23 bocche di erogazione d'acqua a servizio dell'irrigazione.

Regime - navigazione e traffico. — La portata del Naviglio di Bereguardo è di m³ 4.00 al 1", e viene completamente assorbita per l'irrigazione.

Il tirante d'acqua presentato ordinariamente è di soli centimetri 70, per il che per poter navigare coll'immersione di centimetri 75, come permette il regolamento, al passaggio dei natanti nei singoli tronchi, delimitati fra l'uno e l'altro sostegno, si chiudono le bocche di erogazione, l'acqua invasata così la si lascia poi defluire nel tronco inferiore quando vi scende il natante. Si ottiene per tal modo un fondale di m. 0.90, ma può dirsi che il natante deve farsi accompagnare dall'acqua che gli abbisogna, come coi suoi occhi potè per fortunato accidente constatare la Commissione nella sua visita.

In queste condizioni la navigazione riesce lenta, e punto economica come mezzo di trasporto; si impiegano 10 ore a percorrere il canale tanto in ascesa che in discesa (in ascesa alaggio con due cavalli, in discesa con uno); ed i trasporti vengono a costare:

in discesa da lire 0.139 a lire 0.155 per tonnellata km.

in ascesa da lire 0.155 a lire 0.167 per tonnellata km.

La navigazione sarebbe possibile sempre, anche di notte, ed a tale riguardo il coefficiente di navigazione sarebbe l'unità; ma anche questo Naviglio vien posto in asciutto per 28 giorni all'anno durante il mese di marzo, e per dippiù *provvisoriamente* la navigazione rimane sospesa dal 1° luglio al 15 agosto di ogni anno, per favorire maggiormente, durante questo periodo, gli utenti delle acque a scopi agricoli. Non è un diritto acquisito, questo, di sottrarre un mese e mezzo di tempo alla navigazione, ma gli interessi di questa sono ridotti a così poca cosa, rispetto agli interessi dell'agri-

coltura che abitualmente tale sospensione si effettua, ed in compenso venne permessa la navigazione in giorno festivo.

In complesso, adunque non si naviga sul canale di Bereguardo per circa 2 mesi e mezzo all'anno.

Dalle osservazioni di un ventitreennio, e cioè dal 1878 al 1900 si ha che in media si ebbero:

in ascesa navi cariche n. 71 con tonnellate 2840

in discesa navi cariche n. 30 con tonnellate 1200.

Il naviglio di Bereguardo è iscritto in prima categoria, le spese di manutenzione richieste, desunte come media delle spese occorse nel decennio dal 1890 al 1900, sono:

a) per spurgo dell'alveo	L. 976,00
b) per taglio d'erbe (compenso fisso agli utenti dietro obbligo per questi del taglio delle erbe)	» 76,00
c) per lavori diversi	» 6,768,60
Media annuale totale L.	<u>7,820,60</u>

Migliorie e modificazioni. — Già per lo passato si pensò diverse volte a prolungare il Naviglio Bereguardo fino a raggiungere il Naviglio di Pavia (km. 9.000) o fino a discendere in Ticino (km. 3.00). Non se ne fece mai nulla; ma l'idea non è ancora seppellita. La Commissione ebbe notizia che alcuni propugnano ancora oggigiorno la riunione dei Navigli milanesi al Po per mezzo del naviglio di Bereguardo, prolungato e sistemato.

La Commissione non crede di dover fare proposte per questa via, parendole d'aver posto sott'occhio agli studiosi la possibilità di una via assai più diretta e vantaggiosa al Capo II della presente relazione.

Ad abbondanza: quanto al prolungamento al Naviglio di Bereguardo al Ticino osserva:

che la navigazione del Ticino, da Pavia alla Piarda di Bereguardo, non è sempre possibile o facile;

che l'ingente spesa per la scala di conche necessarie per superare la sponda del Ticino e raggiungere l'altipiano, non troverebbe in questo caso compenso dall'utilizzazione del salto a scopo industriale, poichè, se il salto è forte, manca l'acqua, nè può sperarsi d'impinguare in modo rilevante il Naviglio di Bereguardo;

che la via di comunicazione che si verrebbe per tal modo ad ottenere, considerato come punto di partenza Venezia, o un

punto centrale della Valle Padana, sarebbe assai difettosa planimetricamente per l'obbiettivo di Milano, il principale, e per l'obbiettivo del Lago di Como; e lo sarebbe anche altimetricamente dovendosi risalire fino a Castelletto di Abbiategrasso per poi ridiscendere alla darsena di Porta Ticinese;

che quanto al prolungamento fino all'incontro col Naviglio di Pavia stanno pressochè tutte le osservazioni qui sopra fatte.

Da quanto si è detto risulta che la Commissione non annette grande importanza al Naviglio di Bereguardo come via navigabile; che crede il canale destinato a servire il limitato traffico locale delle campagne attraversate, e che non crede dover proporre opera alcuna per mutare lo stato e la destinazione del canale stesso.

CAITOLO V.

Linea di navigazione da Milano al Lago di Como.

I. La Fossa Interna di Milano — II. Il Naviglio della Martesana — III. L'Adda del Lago di Como all'incile della Martesana — IV. Il Naviglio di Paderno — V. Il Lago di Como — il lago ed il Canal di Mezzola — l'Adda valtellinese.

I. — La Fossa Interna di Milano.

La darsena di Porta Ticinese. — (V. Tav. XII). — Come principio della linea di navigazione che stiamo per descrivere, vuolsi considerare la Darsena di Porta Ticinese a Milano, che è altresì punto di riunione dei navigli milanesi.

La darsena, scavata al piede dei bastioni, presenta un bacino lungo metri 420.00, largo da metri 28.00 a metri 68, e della profondità sotto il pelo d'acqua da metri 1.00 a metri 1.20 nello stato di massima magra.

In questo bacino immette, ed ha termine, il Naviglio Grande, e — per mezzo della Conca di Via Arena — si scaricano le poche acque della Fossa Interna necessarie per la concata, e cioè quanto rimane delle acque del Naviglio della Martesana. Vi sfocia anche liberamente il fiume Olona, fiume che nei pressi di Milano è solitamente assai impoverito di acque, ma che offre anche delle piene di una certa importanza, nei quali casi arriva nel bacino con acque torbide, e cagiona interrimenti che richiedono forti espurghi.

Le piene dell'Olona si scaricano in parte per uno scaricatore

detto del *Residuo*, in parte rimontano il Naviglio Grande, dal quale passano per gli scaricatori di Boniforte e di S. Cristoforo, in parte si convogliano nel Naviglio di Pavia, il quale ha la sua origine nel bacino in parola.

La Darsena è contornata da banchine sostenute da muri, larghe da 4 a 5 metri, accessibili ai carri, e servite anche da un binario della tramvia a vapore della Società dei trams interprovinciali.

Oggi la Darsena di Porta Ticinese è il nodo della navigazione del milanese, e qualora tale navigazione prendesse lo sviluppo che è nei voti della Commissione la Darsena sarebbe assolutamente insufficiente. Abbiamo veduto al Capo II quali progetti si possono fare per ottenere un porto fluviale di una qualche importanza a servizio della città, visto che per la sua ubicazione la Darsena di Porta Ticinese, rinchiusa come è oramai fra le vie ed i fabbricati della città, ampliata oltre i bastioni, non offre la possibilità di un ingrandimento.

La Fossa Interna.

Ricordi Storici. — L'attuale Fossa Interna di Milano segna la traccia del fossato di difesa circondante l'antica Milano, nucleo della Milano attuale; era assai più larga che non lo è attualmente, e cioè era larga del doppio, più profonda, ed era ricca d'acque, senza che ve le immettesse, come ora, il naviglio Martesana non ancora costruito, e ciò sia per acque freatiche, sia per le acque del Seveso che vi scaricava le sue piene. Le materie scavate nella costruzione del fossato, portate in argine sulla sponda interna, formavano i *terraggi*, argini o bastioni, dei quali ancor oggi si conserva non solo il nome in diversi punti della città, ma l'andamento planimetrico, più evidente che l'altimetrico, in alcune antiche vie. La fossa non era navigabile, destinata come era ad altri scopi, e separata dal Naviglio Grande, il quale terminava presso Milano alla distanza di circa 600 metri dal fossato della città. La prima spinta ad introdurre la navigazione venne data dal bisogno di trasportare materiale per la fabbrica del Duomo di Milano più presso al cantiere che fosse possibile.

Dove ora sorge l'Ospedale Maggiore le acque della Fossa e del Seveso dilagavano in un bacino, a memoria del quale restano ancora i nomi di alcune vie di quelle località; e questa Darsena,

vicina assai al Duomo, parve addatta a servire di scalo per i marmi della Candoglia, destinati alla fabbrica, e trasportati a Milano per la via del Ticino e del Naviglio Grande.

Si congiunsero allora le acque del Naviglio Grande con quelle della Fossa aprendo il varco di via Arena. Il livello fra i peli d'acqua nei due vasi differiva per più di due metri; e, per ottenere il passaggio dei natanti, si ricorreva a manovre lunghe e complicate, come quelle che richiedevano e la sospensione dell'erogazione di acque dal Naviglio Grande perchè il pelo d'acqua di questo si elevasse vicino a Milano, e la costruzione di chiuse che contenessero le acque rigonfiate, chiuse che dovevano demolirsi per lasciare il passo ai natanti nell'atto che si mettevano in equilibrio le acque fra i vasi comunicanti. Pare che la necessità continuata di questa comunicazione, abbia suggerito di ridurre entro breve spazio la zona di bacino a pelo variabile, per risparmio di tempo e di incomodi, sì da limitare fra le chiuse una tratta di canale atta a contenere una barca; le chiuse, prima costrutte e demolite di volta in volta, in progresso di tempo si impiantarono stabilmente con congegni adatti, e raggiunsero poi la forma attualmente consacrata dall'uso generale; ma la conca di Via Arena, la più antica del Milanese, chiamata una volta la *conca di Nostra Signora del Duomo*, è forse il prototipo delle conche, certo è la prima fra le conche a noi note, giacchè pare assodato funzionasse nel modo nel quale comunemente si intende il funzionamento di una conca fino dall'anno 1439.

La Fossa pare venisse poi resa tutta navigabile e munita di conche (1) al tempo di Filippo Maria Visconti, tempo nel quale chiamavasi Naviglio Ducale, ma era in comunicazione solamente con le acque del Ticino. Il Naviglio della Martesana che nei primi tempi scaricava pel Seveso nel Redefosso, e poi per un cavo detto il *Naviglietto*, nel Lambro, fu immesso nella Fossa sotto Lodovico il Moro nell'anno 1496.

Ricinta la città di nuove mura, comprendenti nella nuova più ampia cerchia l'anello di sobborghi sorti al di fuori del Naviglio Ducale, questo divenne Fossa interna della città, ed assunse tal nome.

Descrizione. — La Fossa interna, dal Tombone di San Marco alla darsena di Porta Ticinese misura lo sviluppo di km. 5.253; ha le sponde in muratura, e la sponda esterna, o sulla sinistra

(1) Della Conca di Sant'Ambrogio presso porta Vercellina si parla nel 1445.

della corrente, è munita di un parapetto in pietra là dove lambe le vie della città che servono anche di strada alzaia. Il fondo per grande parte fu, a spese della città di Milano, pavimentato in cemento. Il dislivello fra il tombone di San Marco e la darsena di Porta Ticinese, è vinto, oltrechè con la pendenza del canale nelle tratte fra i sostegni (pendenza che varia da m. 0.48 a m. 0.07 per mille), con 5 salti cui corrispondono altrettante conche.

1°	Sostegno dell'Incoronata	col salto di m.	1.34
2°	» di San Marco	» » » »	1.79
3°	» del Marcellino	» » » »	0.90
4°	» di Porta Venezia	» » » »	1.14
5°	» di Via Arena	» » » »	1.82
Somma dei salti			<u>m. 6.99</u>

La massima lunghezza utile del bacino è data dal sostegno di Via Arena, nella misura di m. 26.06, e la minima dal sostegno di Porta Venezia in m. 22.00, il qual sostegno offre anche la minima luce libera nella larghezza con m. 5.20.

Sorpassano la Fossa interna 22 ponti, dei quali 4 in ferro, 17 in muratura ed uno in legname, e fra questi il ponte Marcellino offre la minima luce sopra il pelo d'acqua, e cioè solamente l'altezza libera di m. 2.54, altezza inferiore a tutte quelle che si ritrovano poi lungo la linea di navigazione tanto nei ponti sorpassanti il Naviglio Martesana, quanto in quelli del Naviglio di Paderno; e, nel senso della larghezza, la minima luce libera la dà il ponte dell'Incoronata con la misura di m. 5.20.

La fossa ha tre scaricatori e 35 bocche di derivazione delle quali però una parte devia le acque della Fossa in canali che poi ve le rimettono; cosicchè, mentre la portata della Fossa si valuta a m³ 4.29 al 1", la somma della portata delle diverse bocche di derivazione darebbe una cifra superiore.

Tutta l'acqua della Fossa interna viene così erogata, e non ne resta che circa mezzo metro cubo per il funzionamento della conca di Via Arena e l'unione con la darsena di Porta Ticinese pel ramo di canale che si distacca a questo scopo dal ponte degli Olocati.

Il fondale fornito dalla Fossa Interna varia da m. 1.80 a m. 0.80, e sulla soglia dei sostegni, da m. 1.47 e 0.95 in acque normali.

Regime e Navigazione — Ma durante le magre della Martesana, tra il ponte di Porta Vittoria ed il sostegno di Via Arena, in causa delle molte erogazioni che si effettuano in questa tratta, si giunge a mala pena ad aver disponibile un fondale di m. 0,70; per il che si rende necessario far rigonfiar le acque, con la chiusura temporanea delle bocche di erogazione, per rispetto ai diritti della navigazione; e questo invaso è regolato da apposito idrometro, situato sulla sponda destra, di fronte alla bocca del Borgognone, idrometro che segna il limite dell'invaso quando il pelo d'acqua raggiunge le oncie 18 dell'idrometro stesso. Ma da qualche tempo i diritti della navigazione, invece che in prima linea, si trovano nella seconda, per il che, a togliere gli inconvenienti creati agli utenti delle acque della Fossa dalla chiusura delle bocche di erogazione, dal 1884 in poi la navigazione è permessa solamente nelle ore antimeridiane. Se si aggiunge che vige la disposizione dell'Autorità che vieta la navigazione in giorni festivi e durante la notte, e si aggiunge ancora che la Fossa è posta in asciutto per 40 giornate all'anno, si vede quanta poca potenzialità presenta questo canale nei riguardi del traffico. Volessimo considerare che in media sono 20 giorni all'anno, durante i quali, per magra dell'Adda, scarseggia l'acqua e nella fossa interna di Milano, e non si raggiunge il fondale voluto, si arriverebbe ad un coefficiente di navigazione assai basso, e cioè

$$\frac{1}{2} \times \frac{365 - (40 + 20)}{365} = 0,43$$

e ciò qualora si togliesse il divieto di navigare di festa; perchè, se consideriamo anche tale divieto, il coefficiente scende a 0,33.

Il canale, però, permette la navigazione tanto in discesa quanto in ascesa, impiegando le barche nella discesa 3 ore, e nell'ascesa - se cariche - 4 ore e mezza; ma ciò non ostante si dimostra insufficiente assolutamente allo sviluppo di una attiva navigazione. Se si volesse anche raddoppiarne la potenzialità, rispetto al tempo, col tornare a permettere la navigazione del pomeriggio, si incontrerebbero serie difficoltà per contrastanti diritti acquisiti dagli utenti delle acque, difficoltà che si possono meglio chiamare insormontabili, se si riflette che la Pubblica Amministrazione già soccombette in una causa giudiziale con la utenza della bocca del Borgognone.

Ma già da tempo la cittadinanza milanese invoca la copertura del Naviglio; e quest'opera, già iniziata con la copertura del tratto morto detto di S. Gerolamo, in un tempo più o meno vicino dovrà

pur compiersi, a grande vantaggio ad abbellimento della città. Se si dovesse pensare alla copertura completa della Fossa, senza provvedere in pari tempo a mantenere i diritti secolari della Navigazione, le difficoltà sarebbero grandi, ed il distruggere quella via di unione fra le acque dell'Adda e quelle del Ticino, tanto desiderata dai nostri avi, ed il cui compimento fu impresa tanto gloriosa, sarebbe poi, per un verso, un atto di barbarie e non di progresso. Non si può pensare alla soppressione della Fossa, interna di Milano (come canal navigabile) senza sostituirvi altro canale navigabile che ne faccia le veci. L'idea di massima suggerita dalla Commissione è sviluppata nello studio del signor ingegnere cav. P. Toniolo, dell'Ufficio del Regio Genio Civile di Milano, studio contenuto nell'allegato *E* della presente Relazione. Il nuovo canale di circovallazione, cingente la Milano ingrandita, si distaccherebbe dal Naviglio della Martesana a Crescenzago, incontrerebbe il nuovo canale proposto dalla Commissione da Milano a Lodi (Vedi conclus. al cap. II) e sboccherebbe nel Naviglio di Pavia presso la conca Fallata, in comunicazione quindi e con la darsena di Porta Ticinese e col Naviglio Grande. (Vedi Tav. I dell'All.° *E*.)

La Fossa Interna, non soppressa, ma coperta, servirebbe solamente di canale apportante le acque alle bocche di erogazione in essa aperte, mentre alla riunione della navigazione del Lago Maggiore con la navigazione del Lago di Como servirebbe il proposto nuovo canale esterno. Perciò alla Fossa Interna bisognerà lasciare tutta la sua competenza d'acqua, ed alimentare il nuovo canale di circovallazione indipendentemente. L'ingegnere Toniolo accenna all'eventualità di potere impinguare le acque della Martesana, qualora venga tradotto in atto il progetto di regolarizzare gli efflussi del lago di Como, e rendere meno sensibili le magre del suo emissario. Potrebbe anche accennare alla possibilità di avere a Crescenzago una maggior portata della Martesana, anche solo col rivestire di selciato in malta il fondo del canale, dove si presentano rilevanti disperdimenti per infiltrazione, come già altra volta si potè constatare sia avvenuto coll'esecuzione di brevi tratti di simili selciati. Ma l'ingegner Toniolo non vuol far calcolo sull'incerto, e conta alimentare il nuovo canale con le acque freatiche. E davvero la località dei pressi di Crescenzago è ricca di tali acque, a la sua posizione a' timetrica rispetto al tracciato del canale è ottima per crearvi il capofonte alimentatore del canale stesso. La spesa di esecuzione dell'opera sarà rilevante, tenuto conto del valore dei terreni e dei frequenti attraversamenti delle strade irra-

dianti da Milano; l'ingegner Toniolo la valuta in lire 350,000 al chilometro, il che dà la somma totale di lire 4,200,000. L'ing. Toniolo calcola anche il quantitativo di forza idraulica ritraibile ai salti del nuovo canale; ma la Commissione non ne tien conto, perchè, se teoricamente il computo è esatto, in pratica, quando la portata del canale (come nel caso presente) è piccolissima, il disturbo che si arreca agli utenti della forza ai salti, con la sospensione necessaria per la manovra e l'erogazione d'acqua della condotta, fa sì che riesca poco appetibile — in condizioni simili — la forza idraulica disponibile.

È qui il luogo di esprimere il voto che gli interessi peculiari della riforma edilizia della città di Milano si sposino agli interessi generali delle vie di trasporto dell'Alta Italia, sì che, dalla loro unione, scaturisca la soluzione del problema che ci siamo posto, problema interessante assai, degno sotto ogni aspetto dell'attuazione degli studiosi non solo, ma principalmente della sollecitudine dei governanti. Al suo risolvimento la Commissione non pretende di essere giunta in modo perfetto, così da non prestare il fianco ad ulteriore discussione, ma crede d'altra parte d'aver suggerita una via possibile, ed anche di pratica attuabilità, e di avere in ogni modo ridestata l'attenzione che il problema si merita, vivamente augurando che, sulla traccia suggerita o su altra che più maturi studi facessero ritenere preferibile, si giunga a quella soluzione che consigli di entrare nel campo pratico dell'esecuzione.

II. — Il Naviglio della Martesana.

(V. Tav. XIV).

Ricordi Storici. — Il Naviglio della Martesana, che dicevasi anche Naviglio Piccolo per contrapposto al Naviglio Grande, prese il nome dal territorio sul quale si svolge e cioè dal contado della Martesana.

La sua costruzione alcuni la anticiparono sull'epoca vera, attribuendola a Galeazzo Visconti, altri la posticiparono, come il Du Fresne, attribuendola a Lodovico il Moro. Ma il decreto di Francesco Sforza, pubblicato dal Benaglia, sotto la data del 1° luglio del 1457 con il quale lo Sforza ordina il nuovo cavo di questo Naviglio, costituendone commissario Rossino Piola, non lascia dubbio intorno alle origini di quest'opera idraulica. E l'opera fu ordinata non solo, ma subito eseguita - architetto Bertola da Novate - anche se la costruzione non incominciò nell'anno 1457, ma nel 1460, come

alcuni ritengono; e fu presto compiuta, se un decreto di Bianca Maria, agli 11 di settembre del 1465, prescrive il modo con cui derivare le acque per l'irrigazione (1).

Le acque della Martesana nei primi anni, non entravano nella Fossa di Milano; ma, in prossimità della città, si scaricavano, assieme con le piene del Lambro, nel Seveso, dal Seveso nel Redefosso, e dal Redefosso nel Lambro inferiore, per mezzo del *Naviglietto*, cavo utilizzato a tale scopo, ma esistente, credesi, fino dal secolo XIII. Fu Lodovico il Moro che eseguì l'unione della Martesana con la Fossa di Milano nel 1496. Ben presto però si ha notizia delle cattive condizioni del Nuovo Naviglio; poichè, o fossero trascurate le opere di manutenzione nei tempi calamitosi, o la derivazione delle acque fosse regolata piuttosto dalla prepotenza degli utenti che dalla legge, sta che, alla metà del 1500, non si navigava più che due giorni la settimana, ed ancora chiudendo tutte le bocche di derivazione. Nel 1571 si intraprese un restauro ed un ampliamento del canale, se ne allargò il letto dall'incile a Gropello, si scavò il fondo in punti diversi, si ricostruirono alcuni edifici attraversanti il Naviglio per ottenere maggiori luci libere di deflusso, per le quali opere si vendettero in anticipazione le acque chiamate ad impinguare il canale (100 onze) e dalla vendita si ricavò circa il doppio della somma richiesta pel restauro. Nel 1574 la Martesana serviva nuovamente al duplice uso della navigazione continua e dell'irrigazione.

Corso e descrizione. — Il canale Naviglio della Martesana si deriva dall'Adda, in sponda destra, sotto al Castello di Trezzo. La chiusa di derivazione attraversa obliquamente il fiume, lunga m. 110.80, larga m. 8, costrutta in muratura e ricoperta da lastroni di granito. In essa sono aperte cinque bocche, due presso la sponda sinistra, dette Bocche bergamasche, due presso la sponda destra dette Bocche milanesi, ed una quinta, detta Bocca molinara, che resta sempre aperta per scaricare l'acqua di competenza di derivazioni inferiori, mentre le altre quattro, durante le magre del fiume, vengono chiuse con panconcelli per provvedere alle derivazioni della Martesana.

Il canale si sviluppa sulla mezza costa, seguendo l'andamento della valle dell'Adda fino alla volta di Cassano (km. 9,455) dove, mutando bruscamente direzione si volge a levante verso Milano, scorrendo ormai al piano di campagna.

Dall'incile a Gropello, la sponda sinistra del canale, che ri-

sulta ad essere la sponda destra dell'Adda, è difesa da importanti opere di presidio spingentisi nell'alveo del fiume; a Groppello il canale si trova fortemente incassato sotto il piano di campagna, ma, dalla volta di Cassano in poi, segue da vicino l'andamento naturale della superficie del terreno.

Sono km. 38.721 che intercedono fra l'incile ed il Tombone di S. Marco in Milano, dove sfocia il Naviglio; e questo percorso, in riguardo alle pendenze, può dividersi in cinque tronchi:

km. 9.455	dall'incile alla volta di Cassano,	pend. 0.34 — 0.42 ‰
» 6.429	da questo punto al ponte di Villa Fornaci	» 0.45 — 0.66 »
» 3.121	» » all'abitato di Gor- gonzola	» 0.23 »
» 11.611	» » al ponte del Mat- tellino	» 0.45 — 0.48 »
» 8.105	» » al Tombone di S. Marco.	» 0.38 — 0.92 »
<hr/>		
km. 38.721		

Lungo tutto il percorso non è vi che una sola conca, ed è la conca detta della Cascina dei Pomi, col salto di m. 1,83, colla lunghezza utile nel bacino di m. 33,00, e la minima luce libera in larghezza di m. 5.80.

I ponti sorpassanti il canale sono 28, dei quali 23 in muratura, quattro in ferro ed uno in legno, che ai natanti offrono luci libere soddisfacenti nella maggior parte dei casi, variabili con un minimo dell'ordinata sul pelo dell'acqua di m. 2.69 al ponte del sostegno della Cascina dei Pomi (dimensione a vero dire, assai scarsa) ed un minimo nella larghezza al ponte di Monastirolo, colla misura di m. 4.80.

Il canale è sempre seguito da una strada alzaia larga non mai meno di m. 1.80, ed in alcuni punti carrozzabile, sulla sua sponda sinistra rafforzata da muro a presidio dell'alzaia stessa, ma, per alcune tratte le strade comunali o provinciali lambenti il canale servono all'attiraglio. La sponda destra è per alcune tratte rivestita di ciottoli; ed il fondo, che nel suo complesso è formato sul terreno naturale, è pure per alcune tratte rivestito di selciato in malta, allo scopo di eliminare l'inconveniente delle infiltrazioni nei terreni ghiaiosi attraversati.

A ricordare le opere d'arte principali esistenti sul Naviglio Martesana, diremo che, per regolarne la portata, vi sono 3 sfioratori, dei quali il primo, presso l'incile, presenta una lunghezza di stramazzo di metri 268; il secondo trovasi di fronte alla foce del fiume Seveso, il terzo è aperto presso il tombone di S. Marco, a Milano, per regolare l'immissione nella Fossa Interna durante le piene. Il Lambro che, al pari del Seveso, immette liberamente nel canale, e passa, si può dire, a livello, nonchè il Seveso, richiedono altre luci di sfogo; ed infatti alla casa demaniale detta del Lambro, sita cioè alla confluenza di questo fiume, sonvi 4 scaricatori. Altri 4 scaricatori sono aperti da Trezzo a Concesa, ed altri 2 a Vaprio. Di altri corsi d'acqua importanti che attraversino il tracciato del Canale vuolsi ricordare il torrente Molgora (presso Gorgonzola) che lo sottopassa in una botte a tre arcate.

Sottopassano per dippiù la Martesana 24 condotte d'acqua, delle quali sette sono mantenute dall'amministrazione pubblica, e 17 dai privati. Le bocche di erogazione sono in numero di 132 costrutte, pressochè tutte secondo il modulo magistrale milanese, e servienti per la massima parte alla irrigazione di terreni. Presso Vaprio si eroga acqua anche a scopo di creare forza motrice.

Aggiungiamo che il canale presenta una larghezza, allo specchio d'acqua, variabile fra i 9 ed i 18 metri, ed una profondità variabile da metri 0.80 a metri 2.80, e che il suo stato di manutenzione (è iscritto in 1^a categoria) è soddisfacente. Anzi, le opere di manutenzione tendono a migliorarne le condizioni; poichè da un po' si vanno sostituendo le *marognate* a secco, costituenti la sponda sinistra ed il sostegno dell'alzaia, con muratura di puddinga e malta, ed oramai non restano che circa chilometri 6 in cui operare tale sostituzione di struttura.

Le spese di manutenzione della Martesana, dedottane la media annuale dall'esame della spesa sostenuta nel decennio decorso dal 1890 al 1900, risultano le seguenti:

Per spurgo dell'alveo	L. 4,861,00
Per taglio delle erbe	» 413,00
Per lavori diversi	» 50,778,00
Totale media annuale	L. <u>56,052,00</u>

Regime — Navigazione e traffico. — Il Naviglio della Martesana è un canale regolato, ed abbiamo visto che è infatti provveduto degli appositi edifici. La sua portata è valutata in metri 34

e mezzo circa all'origine e viene tutta erogata, come s'è visto, in piccola parte per forza motrice, in massima parte per irrigazione, eccetto il quantitativo di circa mezzo metro cubo riserbato al funzionamento della Conca di via Arena nella Fossa Interna di Milano. Si regola l'immissione delle acque nel canale dietro le indicazioni dell'idrometro di Concesa; ma, se non è possibile ottenere il pelo d'acqua a detto idrometro all'indicazione di oncie 41 (il che accade per le più forti magre in media 20 giorni all'anno) non si può più ottenere nel Naviglio una lama d'acqua tale da permettere la navigazione con l'immersione regolamentare di metri 0.70; anche ad acque normali, poi, a valle del sostegno della Cascina dei Pomi, in corrispondenza a dorso della Tomba Annoni sottopassante, si ha un'altezza d'acqua di appena 70 centimetri, e le barche cariche in discesa, possono passare solo perchè il colpo d'acqua di svaso della vicina conca, rialza temporaneamente il pelo d'acqua di 15 o 20 centimetri.

La navigazione a carico si fa solamente in discesa, eccezionalmente anche in ascesa, ma quest'ultima non è usitata nè conveniente. Le barche che portano il loro carico a Milano, scendendo senza rimorchio, rimontano il corso del canale riunite in gruppi di 5, gruppi detti *cobbie*, e per ogni *cobbia* occorre l'attiraglio di 5 cavalli.

La discesa da Trezzo a Milano si compie in 8 ore, l'ascesa di una *cobbia* in ore 12.

Si usano più comunemente due tipi di barche: i *Burchielli*, lunghi 22 metri, larghi in sommità metri 4.65, e della portata di tonnellate 35, e le *Battelle*, lunghe dai 18 ai 20 metri, della larghezza di metri 4.30 e della portata di circa 25 tonnellate. Scrivendo poi sulla linea complessiva dal Lago di Como a Milano, riferiremo qualche dato circa l'importanza del traffico, essendo che, ora che consideriamo separatamente i diversi tronchi della linea stessa, una statistica delle barche transitanti pei singoli tronchi non esprimerebbe nulla relativamente ai tronchi stessi. Però un qualche traffico è limitato al percorso della Martesana, e per tale percorso si possono ritenere le seguenti medie di costo di trasporto:

Discendendo:

da Trezzo a Milano (a metà corso della Fossa Interna)	per	tonn. Kilm. L.	0,037 — 0,045
della Volta di Cassano a Milano.	»	»	0,036
da Gorgonzola a Milano	»	»	0,033

Ascendendo :

da Milano a Gorgonzola	»	L. 0,043
da Milano alla Cascina Volta di Cassano	»	» 0,046
da Milano a Trezzo	»	» 0,049

costi di trasporto, come si vede, abbastanza elevati.

Resta ad aggiungersi che vige sul canale il divieto di navigare in giorno festivo e di notte, e che, ad incagliare la navigazione, oltre alle cause già ricordate di magre rilevanti dall'Adda, il Lambro ed il Seveso, con inghiaamenti durante le piene, concorrono per sottrarre in media altri 3 giorni all'anno al libero passaggio dai natanti; altri 40 giorni son sottratti dalle periodiche *asciutte*, e cioè dalla messa in secco del canale di primavera e di autunno, per la necessità degli spurghi e delle riparazioni.

Il coefficiente di navigazione è dunque basso, e lo dimezzerebbe ancora la considerazione che la navigazione è praticamente effettuata nella sola direzione di discesa.

Proposte di miglioramento. — Osservando che i difetti principali presentati dalla Martesana, in rapporto alla navigazione, consistono ed in una troppo forte velocità della corrente, superante un metro al r" su una grande parte del suo sviluppo, ed in una deficienza di fondale, nasce naturalmente l'idea che entrambi i difetti si possano togliere con il raffrenare le acque e rigonfiarle, vincendo poi la pendenza con salti muniti di conche per la continuità della navigazione. Lo studio di una simile modificazione della Martesana venne assunto dal sig. ing. cav. Toniolo dell'Ufficio del Regio Genio Civile di Milano, ed è allegato alla presente relazione (allegato E), nè fu uno studio facile. Occorre pensare che la somma di interessi grandi che si connettono alle derivazioni d'acqua del canale della Martesana, rende impossibile (certo non suggeribile) il far conto di poter tenere asciutto il canale per tutto il tempo necessario alle opere richieste da una modificazione radicale dello stesso. I periodi di tempo nei quali regolarmente il canale viene posto all'asciutto bastano appena per le opere di ordinaria manutenzione, sono affatto insufficienti per un lavoro di ricostruzione. Per ciò lo studio del cav. Toniolo si basa sulla contemporaneità dell'esecuzione dei lavori necessari, e della continuità del deflusso della Martesana; e ne deriva il provvedimento di eseguire delle deviazioni del canale nei punti ove occorre costruire un so-

stegno. In alcuni casi la deviazione è provvisoria, e serve a permettere l'esecuzione delle opere murarie nel letto del canale; in altri le nuove costruzioni invece si eseguirebbero sul ramo derivato, destinato a segnare un nuovo andamento del Naviglio, con tracciato vantaggioso, come verificasi, per es. alla volta di Cassano (V. tav. V dell'All.° E). Ma la costruzione di sostegni non basta. La nuova pendenza data al canale richiede modificazioni nella sua sezione, se vuolsi conservare la sua portata costante, come è necessario ottenere. Al quale proposito l'ing. Toniolo compì uno studio interessante ed utile sulla variazione delle portate del Naviglio nei suoi diversi tronchi, studio contenuto nell'allegato E. Difficoltà tecniche rilevanti però, gli allargamenti del canale (da eseguirsi in sponda destra dove non esistono bocche di erogazione) e gli scavi ed i riempimenti di fondo, e la modificazione delle bocche di erogazione non ne presentano, e queste opere potranno farsi durante i periodi di *asciutta* ed anche durante il deflusso delle acque.

Altra opera di una certa importanza, vivamente richiesta per ottenere buone condizioni di navigabilità, è una modificazione della bocca di presa in Adda, dove oggi si verifica una corrente vorticoso, assai lamentata dai barcaioli. Così ridotto il canale permetterà la navigazione tanto in discesa quanto in ascesa a barche della lunghezza da m. 27 a m. 30, della larghezza di almeno m. 5, e dell'immersione di non meno di 1 metro; e questi natanti possono soddisfare ai bisogni di un rilevante traffico. L'ingegner Toniolo valuta l'importo di queste opere in lire 4.000.000, delle quali lire 1.000.000 per indennità diverse e per danni eventuali, spesa corrispondente a circa lire 100 mila al chilometro, non eccessiva, ma tutta viva, in quanto che non è da sperare che in questo caso venga in aiuto l'iniziativa privata in cerca di energia idraulica, giacchè da conti sommari istituiti il cavallo-vapore ritraibile dalla caduta delle acque della Martesana riuscirebbe troppo costoso.

Tuttavia se al privato tornaconto il valore della forza ricavabile non compensa il costo delle opere necessarie per ricavarla, sta però che un valore non trascurabile viene a crearsi. Si valuta in 2753 cavalli a vapore teorici l'energia corrispondente ai nuovi salti che verrebbero a formarsi lungo il Naviglio Martesana; e, volendosi anche tener bassa l'estimazione del canone annuo relativo, nel caso di cessione a privati, si deve far conto su un possibile reddito annuale di lire 82.590,00 corrispondente ad una somma capitale di lire 2.064.750,00 valutata, questa, in ragione del 100 per 4.

La Commissione riconosce che lo studio dell'ing. Toniolo indica una soluzione pratica del problema di rendere la navigazione nel Canale Naviglio Martesana attiva, e rispondente alle esigenze di una linea di traffico, ed appoggia lo studio col suo voto.

III.—L'Adda dal Lago di Como all'incile della Martesana.

(TAV. XV).

A vero dire il fiume Adda fornisce alla linea di navigazione Milano-Lago di Como due tronchi separati, l'uno dal lago all'incile del Naviglio di Paderno, l'altro dallo scarico di questo Naviglio all'incile della Martesana. Ma per non dire due volte dei caratteri del fiume, comuni ai due tronchi, si raccolgono in un paragrafo solo le notizie ed i dati che ci interessano.

Descrizione. — L'Adda, dopo percorsa la Valtellina, dalle sorgenti al Lago di Como, con un corso di chilometri 123, e dopo dilagate le acque nel bacino del Lario, per una lunghezza di chilometri 44, riprende il corso di fiume presso il ponte Visconteo di Lecco, per portare le sue acque al Po presso Castelnuovo Bocca d'Adda, sviluppando nel suo corso inferiore una lunghezza di 137 chilometri. Ma, all'uscita dal lago, prima di riprendere definitivamente andamento ed aspetto di fiume, riposa ancora le sue acque dapprima nel laghetto di Garlate, poi in quello di Olginate. Un terzo laghetto susseguente, quello di Brivio, è oggi interrito, e non presenta che un largo alveo pianeggiante nel quale l'Adda rallenta il suo corso e divide facilmente le sue acque in diversi rami. Dopo Brivio, l'Adda precipita il suo corso presentando una sequela di rapide, in un letto ingombro da massi rocciosi, incassato profondamente fra alte sponde, e le acque non rallentano che per le opere costrutte dall'uomo, e cioè per circa chilometri 1,900 a monte della diga di Paderno, nella zona dominata dal rigurgito prodotto da questa, e per altri 390 metri a monte della chiusa di derivazione del Canale Naviglio Martesana. Le rapide principali sono le seguenti:

All'uscita del lago di Como, nel Canale di unione col lago di Garlate v'è una prima rapida; una seconda nella strozzatura fra il lago di Garlate e quello di Olginate; una terza all'uscita di quest'ultimo, detta la rapida di *Lavello*; una quarta all'uscita del fondo piano di Brivio, detta del *Molinazzo di Brivio*; una quinta poco appresso detta delle *Iselle di Arlate*; una sesta detta di *Imber-*

sago cui fa seguito una settimana detta dei *Molini Castelbarco*. Si giunge così al punto dove si risente il rigurgito prodotto dalla diga di Paderno; e, dallo stramazzo della diga, sino al punto di restituzione delle acque del canale di Paderno, l'Adda si può dire presenti una rapida sola, nota col nome appunto di *Rapida di Paderno*, vincente il rilevante dislivello di m. 31.44. Inferiormente, fino all'incile del Naviglio della Martesana, sono a notarsi ancora: la rapida di *Suisio*, la rapida del *Paradiso*, la rapida di *San Benedetto*, ed infine la rapida di *Trezzo*. Queste rapide (eccetto quella di Paderno) vengono superate dai natanti, carichi nella discesa, e vuoti nell'ascesa, ma con difficoltà e qualche pericolo. Basta accennare che la pendenza del fiume raggiunge persino (alla rapida dei Molini Castelbarco) il 4.80 per cento.

Una strada alzaia segue sulla sponda destra il fiume, eccetto che in corrispondenza ai laghetti di Garlate e di Olginate ed alle rapide di Paderno, nel qual ultimo tratto l'alzaia abbandona l'Adda e segue il canale di Paderno; è larga da due a tre metri, sostenuta da muratura a secco, e presidiata al piede verso il fiume da gettate di pietra. Sorpassa diversi colatori e torrentelli scendenti all'Adda dalla sponda milanese, e la continuità della strada alzaia in dette località è mantenuta con manufatti in legno o in muratura, e fra questi di qualche importanza se ne noverano 17.

Eccezionalmente l'attiraglio si effettua anche sulla sponda sinistra, la bergamasca, in corrispondenza alla rapida detta delle Iselle di Arlate, perchè in stato di magra occorre in quel punto tenere raccolte le acque in un unico canale, con opere provvisorie di arginelle speciali dette *Filarole* (come praticasi anche sul Ticino) per poter disporre di un fondale atto alla navigazione, ed il canale principale in quella località si forma di preferenza contro la viva bergamasca.

L'alzaia di cui parliamo è soggetta alle piene in diverse tratte, e complessivamente è sommergibile per km. 1.500 a monte del canale di Paderno, e per km. 0.900 a valle, quando l'idrometro di Trezzo segna l'altezza d'acqua di m. 2.50. Ma allorchè questo fatto si verifica la navigazione cessa per altre cause, per cui il difetto presentato dall'alzaia, non è, allo stato attuale delle cose, di grande importanza.

Di altre opere d'arte interessanti lungo la tratta del fiume presa in considerazione, oltre i manufatti di derivazione del canale di Paderno e della Martesana, dei quali è detto a suo luogo, non resta che da accennarsi ai ponti.

Il primo è a Lecco, ed è il ponte Visconteo ad 11 luci, lungo 131 metri. Presenta come minima ordinata di luce libera al sott'arco misurata sul pelo di massima piena del 1868) l'altezza di m. 3,80. Segue il ponte, in tre travate metalliche, lungo m. 140, costruito per la ferrovia Como-Lecco, il quale presenta solamente l'altezza libera di m. 2.81 fra il pelo di massima piena succitato ed il sottotrave. Altro ponte in ferro ed in tre travate è quello per la continuità della ferrovia Milano-Lecco che presenta però abbondanza di dimensioni nella luce libera offerta alla navigazione (ordinata minima m. 4.30). Noto è il viadotto di Paderno, costruito a servizio della ferrovia Ponte S. Pietro-Bergamo e dalla strada provinciale Merate Bergamo. È ad arco metallico, del diametro di m. 150 e della saetta di 75 metri. Pure notevole il ponte in ferro per la continuità della strada provinciale Trezzo-Bergamo, che sorpassa il fiume con un arco della luce di 75 metri, e che presenta un'ordinata al sott'arco, dal pelo della piena del 1868, di m. 30.08.

Attraversano il fiume, oltre ai ponti, diversi porti in chiatte, e cioè il porto di Olginate per la comunicazione con Calolzio, il porto di Brivio ed il porto di Imbersago.

Le opere inerenti alla navigazione sono in prima categoria.

Le spese annuali di manutenzione (media del decennio 1890-1900) sono:

per spurgo dell'alveo	L.	497
per lavori diversi	»	6,657
	L.	<u>7,067</u>

Regime Navigazione. — Nel profilo presentato dalla Tav. XV è disegnato il pelo di magra contemporaneo rilevato nel 1896, corrispondente alla lettura di $- 0.48$ sull'idrometro del ponte di Lecco, ed a quella di $+ 0.14$ sull'idrometro del Castello di Trezzo. È questo uno stato d'acqua di magra accentuata e punto frequente, essendochè la massima magra conosciuta diede, rispettivamente ai due idrometri sopradetti, le altezze di $- 0.56$ e di $- 0.08$. Alla magra massima corrisponde un deflusso dal lago, e quindi una portata dell'Adda all'incile, che si valuta di circa 30 m^3 al 1"; ed il vecchio dato della portata di $\text{m}^3 18$ in massima magra deve ritenersi assolutamente sbagliato. Le risorgenze nell'alveo del fiume assicurano però sempre la derivazione voluta nella Martesana. In

queste condizioni d'acqua però non è possibile che un'immersione di m. 0.30 pei natanti, la navigazione cessa da Lecco a Paderno, e continua solo inferiormente a servizio del traffico locale.

Quando l'idrometro di Lecco segna - 0.25 e quello di Trezzo + 0.40, abbiamo la magra limite che permette l'immersione regolamentare di m. 0.70 ai natanti, perchè già a questa quota, nelle rapide il fondale riesce affatto scarso. Devesi notare che da osservazioni decennali rilevasi che in media sono 84 giorni dell'anno nei quali il pelo d'acqua dell'Adda segna quote inferiori alle suddette.

Le piene si considerano tali per stati d'acqua collimanti o superiori alla lettura di + 2.50 all'idrometro di Trezzo. A questo punto cessa la navigazione pei pericoli presentati dalle rapide, e specialmente alla risvolta del Castello di Trezzo ed all'imbocco del Canale della Martesana. La portata di piena dell'Adda si calcola in m. 800 al 1" cifra data però dai calcoli di afflusso e deflusso del lago di Como.

Le barche usate su questa parte del fiume son quelle che discendono poi per il Naviglio della Martesana, dette Burchielli e Battelle. Impiegano a percorrere il tratto da Lecco all'incile del canale di Paderno (km. 23,771) ore 7 in discesa. Dall'uscita del canale di Paderno all'incile della Martesana (km. 8,863) scendono in ore 1 e mezza. Rimontano vuote, riunite in *cobbie* ed impiegano due giornate dall'incile della Martesana a Porto d'Adda e cioè allo sbocco del Naviglio di Paderno, e tre giornate dall'incile di questo canale a Lecco.

Miglioramenti - Proposte. — Da quanto si è detto risulta chiaramente che l'Adda, dal Lago alla Martesana, offre una via navigabile assai imperfetta, di scarso coefficiente di navigabilità, non scevra di pericoli, e difettosa in sommo grado sotto l'aspetto della navigazione ascendente. Fortunatamente anche qui, benchè con maggior lentezza che sul Ticino, l'industria della creazione di energia idro-elettrica verrà in grande aiuto della navigazione. Nell'Allegato E l'ingegner Toniolo elenca tutte le domande inoltrate finora all'Amministrazione pubblica per ottenere concessione di derivazioni d'acqua a scopo industriale, a scopo cioè di utilizzare la forza offerta dalle rapide dell'Adda. Non v'ha dubbio che trattandosi di un tratto di fiume classificato navigabile, i nuovi canali derivati saranno soggetti alla servitù di provvedere alla continuità della navigazione. Già oggi pressochè tutte le rapide da noi ricordate formano oggetto di do-

mande di concessione, e la Commissione in questo caso non può che limitarsi a far voto che presto entrino nella fase d'attuazione tutti i progetti compilati per iniziativa privata, e che nelle concessioni corrispondenti si tenga calcolo delle dimensioni delle luci libere dei manufatti e di fondale che la Commissione giudica più opportuni per questa linea di navigazione, quali appaiono dal progetto proposto per la modificazione del canale della Martesana.

IV. — Il Naviglio di Paderno.

(V Tav. XVI).

Ricordi Storici. — Lo storico più autorevole delle origini del Naviglio di Paderno è certamente Carlo Pagnano, membro di quella Commissione che, incaricata di provvedere di una nuova via navigabile il Milanese, concluse col proporre appunto la costruzione di tale Naviglio. Nel raro libretto stampato il 1520 dal titolo; *Decretum super flumine Abduae reddendo navigabili, etc.*, il Pagnano dà una completa relazione dei lavori di questa Commissione, ed è interessante seguirlo, perchè si vede quanto ardimentosi erano i nostri avi nel pensare a queste opere idrauliche, e perchè, fra i diversi progetti scartati dalla Commissione, si rintracciano i germi di alcuni posteriori progetti della canalizzazione nostra.

La mossa fu data dalla donazione fatta da Francesco I di Francia alla città di Milano di diecimila ducati annui, la metà dei quali doveva essere destinata alla costruzione di un nuovo naviglio. Il Pagnano in compagnia d'altri delegati dall'Ufficio di Provvisione, parte da Milano il 4 novembre 1016 per un primo giro di perlustrazione. Dapprincipio si pensa di unire il lago di Como coi laghi del piano d'Erba, e scendere poi a Milano pel Lambro, ma si trova troppo ardua l'impresa. Si visita poi l'Adda e la località dei *Tre corni*, ma non si giunge ad una conclusione, questa prima volta, perchè le nebbie impediscono qualunque livellazione o misura, e si ritorna a svernare in città.

Mutata un po' la compagnia, i delegati partono il 2 giugno del 1517; e questa volta studiano la possibilità di raggiungere il lago di Como pel Seveso e per la sua valle, interrogano anche i Comensi in proposito, ma, anche senza livellazioni *inuenerunt non esse possibile*, e tornano a Milano.

Al 4 luglio dello stesso anno ripartono con idee più grandiose e cioè di raggiungere il lago di Lugano per l'Olona e la sua valle, perlustrano i luoghi, ma « *non inuenerunt per eam uiam aliquid ad*

propositum. » Giacchè eran sul posto studiano l'unione del lago di Lugano col lago di Como sul tracciato Porlezza Menaggio, ma « *cognouerunt esse impossibile.* » Si volgono ad occidente, e studiano l'unione del lago di Lugano col Verbano, per la via della Tresa, ma « *invenierunt dictam Trexiam nulla fere habere aquam, ac maxime impetuose labi.* »

E via via, pensano ad utilizzare il corso della Lura e giungere a Milano per Saronno; ritentano una diversa unione delle acque del Lario col Lambro, studiano un tracciato Porchera-Cernusco-Usmate-Arcore. e cioè una Martesana più alta, e trovano possibile l'esecuzione di tali progetti « *sed cum maxima impensa* ». Ritornano a Brivio per ristudiare la possibilità della navigabilità dell'Adda, ed ivi vien detto loro che sotto Lodovico Sforza eran stati sul posto degli ingeneri a far livellazioni « *ut duceretur nauilium a Brippio Mediolanum* » e che a Milano devono trovarsi le « *scripturae librationis* ». Tornano a Milano a far ricerca di queste scritture, ma « *facta omni diligentia eas non inuenierunt* ».

Finalmente ritornano sul posto il 6 agosto, assieme agli architetti Bartolomeo della Valle e Benedetto da Missaglia, e giudicano essere possibile rendere in parte navigabile il letto dell'Adda, e per l'altra parte sostituirvi un canale dipartentesi dalle *Tre Corna*.

I dodici di Provvisione, informati di ciò, bandiscono una specie di concorso, col premio di 200 ducati a chi presentasse un progetto migliore. Ma non se ne presentano, pare, sicchè il 6 novembre 1518 si eleggono alcuni cittadini perchè concretino sul posto il progetto della navigabilità dell'Adda (1). Questi andarono videro e discussero, ed infine « *ordinauerunt et statuerunt deducendas esse aquas Abduae, et flumen Abduae reddendum navigabilem per cavum designatum per dictum magistrum Benedictum de Massaglia, incipiendum apud locum appellatum le Tre Corne, etc.* ».

Però si impiega l'anno seguente per fare un tracciato di esecuzione, assaggi ecc. ed il progetto definitivo viene presentato al Vicario di Provvisione il 19 dicembre 1519.

Questo progetto della Commissione, che ebbe per relatore il Pagnano, è originale? Parrebbe di sì, stando al relatore, il quale candidamente confessa che, avendo saputo a Brivio, per caso,

(1) Se ne eleggono dodici, « *quorum nomina sunt haec, videlicet magnifici domini Franciscus Corius, Philippus Guasconus, Bernardinus de Vegiis, Io. Matheus Cusanus, Ludovicus Vicomercatus, Mapheus Ladrianus, Praepositus Piola, Octavianus Panigarola, Cristophorus Caymus, Carolus Pagnanus, Hyeronimus Mellius, Jacobus Tantius, etiam adhibito domino Paolo de Casate* » pratico dei luoghi e che ospitasse la Commissione.

(poichè era la seconda volta che recavasi a studiare l'Adda) come tempo addietro, sotto Lodovico Sforza, fossero state eseguite misure e livellazioni per derivare un canale, se ne tornò a Milano a far ricerca di questi studi precedenti e non li trovò. Questa confessione è però testimonianza preziosa per confermare, se ve ne fosse bisogno, che Leonardo da Vinci, in precedenza, ebbe l'intuizione del modo di risolvere il problema della navigabilità dell'Adda, e vi applicò il suo potente ingegno. Già il Lombardini aveva accennato all'intervento di Leonardo negli studi per aprire un canale navigabile laterale all'Adda fra il lago di Como ed il Naviglio della Martesana. Luca Beltrami rischiarò questo punto, ed illustra alcuni disegni del Codice atlantico, in modo da non lasciar dubbio che Leonardo avesse avuto in mente l'opportunità e la possibilità di un canale corrispondente all'attuale canale di Paderno, da costruirsi nella stessa località (1). Dalla pubblicazione del Beltrami appare anche una soluzione geniale ed ardita, quale poteva aspettarsi dalla mente di quel grande, per vincere in un sol salto, coi natanti, la pendenza dell'Adda nel tratto in cui si sostituiva al fiume il canale derivato.

Questo doveva a valle far capo ad un pozzo posto in comunicazione col corso inferiore dell'Adda mediante una breve galleria scavata nella roccia, pozzo e galleria praticabili alle barche; la bocca della galleria doveva munirsi di saracinesca, destinata, se chiusa, a far rigonfiare le acque nel pozzo e ad elevare quindi i natanti fino a livello del superiore canale. Nella stessa località e per la soluzione dello stesso problema, più tardi Giuseppe Meda, conscio forse di questo ardimentoso concetto di Leonardo, progettava e costruiva quasi completamente, una conca col salto di 18 metri; e si vogliono ricordare qui questi fatti, a gloria dei nostri maggiori ed a testimonianza del precoce ardimento della scienza idraulica italiana; poichè invero, tre secoli dopo Leonardo, e due secoli dopo il Meda, il Prony nel suo giudizio sul progetto del Naviglio di Pavia, condanna il valor medio di 4 metri d'altezza nei salti progettati, e dichiara che simili cadute sarebbero giudicate in Francia troppo forti, non ostante tutti i mezzi ed i ripieghi che si usassero per introdurre l'acqua nei sostegni medesimi, senza degradare la fabbrica di questi, e senza sturbare la loro manovra (2).

(1) Arch. LUCA BELTRAMI - *Leonardo da Vinci negli studi per rendere navigabile l'Adda* - Memoria letta all'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, pubblicato nella serie II, vol XXXV, fasc. II-III, pag. 159 e segg.

(2) BRUSCHETTI, *Storia dei progetti, delle opere per la navigazione interna del Milanese*. — Angelo Monti, Milano, 1842, pag. 146.

I lavori proposti dalla Commissione civica Milanese alla fine del 1519 furono tosto incominciati, ma anche presto sospesi in causa delle complicazioni politiche sopravvenute, e della conflagrazione guerresca del 1521 fra Francesco I e Carlo V, la quale ebbe per teatro principale il Milanese.

Nel 1557 si ha notizia di nuovi ma inutili sforzi del Municipio di Milano; ed il progetto della derivazione di un canale pare tanto caduto nell'oblio che, nel 1512, Francesco Rizzo ritornò alla carica con l'idea di rendere navigabile l'Adda nel suo alveo costruendo delle chiuse nell'alveo stesso; ma non se ne fece nulla.

Del resto gli anni di mezzo del secolo XVI rappresentano più che una sosta, un vero regresso nello sviluppo della canalizzazione del Milanese, conseguenza questa dei metodi del Governo spagnuolo. Abbiám visto, scrivendo del Naviglio della Martesana, che durante questi anni anche quel Canale era ridotto in miserande condizioni, così da rendersene poi necessario un completo restauro, condotto a termine nel 1574.

In quel momento di fugace rinascimento della canalizzazione del Milanese, Giuseppe Meda, uomo di bizzarro ma vivace ingegno, riprese il progetto del Naviglio da derivarsi dall'Adda presso Paderno, e si offerse di condurre a termine l'opera in breve tempo. È notevole che il Meda progettasse di radunare in due soli sostegni un salto di metri 23.76, dei quali sostegni il primo doveva aver l'altezza di circa metri 6, ed il secondo di circa metri 18 (1).

Seguire le peripezie dell'impresa del Meda non è qui il caso; le costruzioni incominciate nel 1591 subirono rallentamenti, inter-

(1) La conca del Meda, di altezza tanto inusitata, venne da lui stesso chiamata il *Castello*. Le sue parti principali consistevano nel *parapetto di legno* nell'*arcone* nel *canale del soccorso* nella *volta piatta*.

Il *parapetto di legno*, posto come diaframma davanti alle *portine* di immissione dell'acqua nel bacino della conca, divideva questo bacino in due parti, e sosteneva l'urto dell'acqua al momento dell'immissione. Comunicava poi col bacino propriamente detto, contenente il galleggiante, per aperture poste alla base del parapetto.

L'*arcone* era una volta lasciante per disotto la luce libera al passaggio delle navi, e sostenente un alto muro di sponda del bacino della conca.

Il *Canale del soccorso* era aperto in fianco al bacino, diviso da questo dal cosiddetto *muro di mezzo*, ed in comunicazione col bacino stesso per via di bocche poste a diverse altezze, e doveva servire pel pronto riempimento e svuotamento del bacino.

L'*arco piatto* consisteva in una piattabanda collegata con l'*arcone* nella sua facciata verso il bacino, ed aveva l'ufficio di otturare il vano triangolare presentato dai portoni del sostegno nella loro posizione di chiusura.

ruzioni, guasti per cause molteplici, naturali e non; e giacchè in quell'opera tutto doveva presentare caratteri che precorrevano i tempi moderni, non mancò anche uno sciopero dei lavoratori, con conseguenti tumulti; nella qual contingenza il Meda, a dir vero, non si mostrò sufficientemente moderno, trascese a violenze e fu imprigionato. Fu imprigionato una seconda volta sotto l'imputazione di aver defraudato la città di Milano nei contratti stretti con questa: e, rilasciato libero nel 1599, verso l'agosto morì. Anche se le gravi imputazioni fossero state basate su fondamento di verità, per le doti dell'ingegno il Meda andrebbe pur sempre ricordato dai posteri con ammirazione. Dobbiamo a lui anche l'idea madre delle *conche accollate*, giacchè per temperare il grande salto di 18 metri del suo *Castello* progettò, a valle del sostegno, una seconda mano di porte, da adoperarsi negli stati di magra del fiume, e da porsi fuori uso durante le piene.

L'ing. Bisnati, allievo ed amico del Meda, ne continuò l'opera dopo la morte del maestro, ma gli eventi non arrisero al suo zelo. Egli stesso nel 1603 consigliò di vendere i materiali provvisti in cantiere, di ostruir l'incile del nuovo canale (che pure pel primo tronco era stato aperto alla navigazione in via di esperimento) affinché le piene non rovinassero almeno le opere già fatte.

Il canale di Paderno rimase così abbandonato, come una interessante rovina, fino al 1773, anno nel quale si decretò di riattivarlo, modificandolo, e si strinse contratto per l'esecuzione delle opere, con l'Impresa Nosetti. Questa volta i lavori procedettero fino al termine, e l'11 ottobre 1777 si aprì con solenne festa il nuovo canale alla navigazione.

Da allora la storia del Canale non ha che a registrare le modificazioni che vi praticò nel 1898 la Società italiana di elettricità sistema Edison, tanto alla presa, quanto allo sbocco in Adda.

Descrizione. — Dall'incile a Porto d'Adda, attuale punto di scarico del canale, il Naviglio di Paderno misura km. 3,534. È derivato sulla destra del fiume mediante una diga attraversante obliquamente l'alveo dell'Adda, costrutta in puddinga e granito, lunga m. 178. La parte mediana della traversa compresa fra le spalle, della lunghezza di m. 130, fu ridotta a un piano orizzontale, della larghezza di m. 12.80, per impiantarvi ed imperniarvi i cavalletti della diga mobile, sistema Poirée, costrutta dalla Società Edison, per la derivazione delle acque occorrenti all'impianto idroelettrico detto di Paderno. Il primo tratto del Naviglio è ora comune con la de-

rivazione della Edison, l'edificio di presa della quale trovasi appunto in questo primo tratto e in sponda destra, poco a monte del primo sostegno. In aderenza alla spalla destra della diga trovasi uno scaricatore, ed alla spalla sinistra una scala di monta pei pesci.

All'incile del canale funzionano due porte metalliche foggiate a quarto di cerchio, girevoli, colla manovra delle quali si regola l'immissione dell'acqua principalmente in tempo di piena.

Nel Naviglio di Paderno vanno considerate tre tratte. La prima dall'incile al primo sostegno, detto della Conchetta (m. 717) serve anche di bacino derivatore delle acque utilizzate dalla Società Edison. La portata in questo primo tronco è di m.³ 32.50 al 1", giacchè 30 metri cubi sono concessi alla società suddetta, e 2 metri cubi e mezzo occorrono alla navigabilità del canale. La larghezza è di m. 13, la profondità del velo d'acqua è superiore ai due metri.

La seconda, dal punto suddetto all'antico termine del Naviglio (m. 1888) presenta larghezze variabili da m. 9 a m. 11, e fondali variabili da m. 0.70 a m. 1.30. Il canale è pensile in gran parte, difeso dall'Adda con opere di presidio che si spingono sino nell'alveo del fiume, e per la lunghezza di m. 285 la sua sponda sinistra è costituita da un muraglione.

La terza tratta è costituita dal prolungamento eseguito dalla Società Edison, e lunga m. 920 e presenta larghezze variabili da 8 a 20 metri, e fondali da m. 1.00 a m. 1,10.

Il salto totale superato col Naviglio di Paderno è oggi di m. 31.44, e sono 7 i sostegni.

1°	sostegno	detto	la Conchetta	con salto di m.	4.81
2°	»	»	la Conca vecchia	» » » »	4.15
3°	»	»	delle Fontane	» » » »	4.25
4°	»	»	la Conca grande	» » » »	6.20
5°	»	»	la Conca di mezzo	» » » »	4.28
6°	»	»	la Conca in Adda	» » » »	4.16
7°	»	»	la Edison	» » » »	<u>3.02</u>
					m. <u>30.87</u>

La massima lunghezza utile pei natanti è data dalla penultima conca, detta *in Adda* (degnà di tal nome una volta quando trovasi allo scarico del canale) nella misura di m. 35.00; la minima dalla Conca delle Fontane: m. 24.00. In larghezza (luce libera ai natanti) il massimo è dato dalla Conca Edison: m. 5.80, ed il minimo della Conca Vecchia: m. 4.80; il salto delle conche è utiliz-

zato in due punti, e cioè alla Conchetta ed alla Conca Grande, per produzione di energia elettrica a servizio di industrie private.

Attraversano il canale 9 ponti, uno per ciascuna conca, più uno all'incile ed uno allo scarico, e questi ultimi due sono in travata metallica della lunghezza rispettivamente di m. 11 e m. 20. Gli altri 7 vecchi ponti (eccettuato il primo che ha spalle in muro e tavolato in legname) sono in arco di muratura ed in due luci, una luce pel bacino dei natanti ed una pel canale di scarico contiguo, e tutti presentano luci libere sufficienti in altezza, riscontrandosi la minima nella misura di m. 3.19 al ponte della Conca in Adda. Le larghezze, come abbiám visto per le conche, scendono a m. 4.80 come minimo.

Il Naviglio è munito degli opportuni sfioratori e scaricatori, anche per metterlo completamente in asciutto; è pure costeggiato dalla strada alzaia larga da m. 1.80 a m. 2.50, ora sulla sua sinistra ora sulla destra. È in molti punti pavimentato, perchè il terreno cavernoso nel quale è escavato non è completamente solido, e se non si smuove più, come nei vecchi tempi, scoscendendo in modo da compromettere il canale, pure cagiona disperdimenti rilevanti, e rilevanti spese di manutenzione. Le quali (media annuale desunta dalle spese del decennio 1890-1900) sono le seguenti:

per spurgo d'alveo	L.	403
per taglio di erbe	»	94
per lavori diversi	»	14,679
	L.	<u>15,176</u>

È canale classificato in 1ª categoria.

Navigazione. — La navigazione sul Naviglio di Paderno, considerato a sè, sarebbe possibile e facile tanto in discesa quanto in ascesa, ma subisce l'influenza degli ostacoli presentati dai due tronchi d'Adda che lo comprendono. Così, anche durante le grandi piene, la navigazione cessa sul Naviglio perchè cessa nell'Adda. Una barca impiega 3 ore e mezzo per la discesa e può sempre contare sull'immersione regolamentare di cm. 70. Il coefficiente di navigabilità del Naviglio, preso isolatamente, sarebbe quindi prossimo all'unità, se non fosse necessario, per la sua manutenzione, metterlo in asciutto due volte l'anno per la durata di 30 giorni nel marzo e nell'aprile, e per la durata di 10 giorni in settembre od ottobre.

Proposte. — Ma anche queste relativamente buone condizioni di navigabilità del naviglio di Paderno non soddisfano ad una condizione che la Commissione crede importantissima per ottenere che i trasporti di una qualche importanza possano trovar sviluppo da una via navigabile, la condizione cioè che possano navigare natanti della lunghezza almeno di 27 metri, della larghezza di 5 e col-l'immersione di m. 1.

Per ridurre il Naviglio di Paderno e rispondere a questa condizione non resta molto a fare.

Nell'allegato *E* alla presente relazione, dove l'ing. Toniolo riferisce sui miglioramenti possibili nella linea di navigazione Milano-Lago di Como, si contempla naturalmente anche la sistemazione del Naviglio di Paderno ed è valutata in sole lire 100,000 la spesa necessaria per le opere desiderate.

Navigazione e traffico della linea in generale. — Occorre riassumere qui, dopo aver detto partitamente dei 4 tronchi in cui si divide la linea Milano-Lecco, alcuni dati che non sono riferibili ad alcuno dei singoli tronchi, ma che riguardano la linea stessa presa in generale.

Trascurando il traffico locale fra diversi punti della linea, traffico invero trascurabile, dalle osservazioni di un ventitreennio (1878-1900) si desume che il numero medio annuale delle barche cariche in discesa fu di 1664, e ritenendo un carico medio — per le barche in discesa—di 30 tonn., si ha il tonnellaggio medio annuale di tonn. 49920. In ascesa si verifica pure qualche trasporto, e si ha la media annuale di n. 33 barche, le quali—a carico ridotto e cioè a sole 14 tonn. per barca — danno la cifra media di tonn. 784. Questo movimento pare presenti da qualche anno un incremento se le cifre della statistica non sono senza espressione. Nel 1900 si ha un movimento minore che nel 1878, è vero, (nel 1878 barche discendenti n. 1929, nel 1900 barche discendenti 1674) ma dal 1893 in poi le osservazioni fatte segnano un progressivo sviluppo della navigazione (nel 1893 barche discendenti n. 843).

Le merci che ricercano questo mezzo di trasporto sono legnami, pietra da calce, calce, gesso, granito, altre pietre da costruzione (come le bevole ed il *moltrasio* del lago, la puddinga detta *ceppo*) ciottoli, ghiaia ed anche granaglie. In ascesa si trasportano concimi chimici, cenci, fuliggine, materiali in prevalenza destinati all'agricoltura; per il che credesi che la statistica delle barche ascendenti su riportata (fatta al passaggio del sostegno della Cascina dei Pomi)

per i trasporti in ascesa, debba limitarsi al solo naviglio della Martesana, attraversante una plaga eminentemente agricola dove tali materiali sono ricercati.

I prezzi di trasporto da Lecco a Milano in buoni stati d'acqua, si possono valutare corrispondenti a lire 0.065 in media per tonn. km., e salgono, nelle magre pronunciate, a lire 0.084 in media, pure per tonn. km. Questi prezzi, già alti, aumentano se la via è percorsa in senso contrario; e cioè il trasporto da Milano a Lecco in acqua buona costa in media lire 0.10, e, durante le forti magre, persino lire 0.14 la tonn. km. Sono però prezzi variabilissimi, non solo per gli stati d'acqua, ma anche per la natura delle merci da trasportarsi, e per molte diverse cause, quali la entità dei contratti, la continuità degli stessi, ed altro, tantochè le suesposte cifre non possono assumersi come valido termine di confronto o come elemento sicuro di calcolazioni.

V. — **Il lago di Como, il lago ed il canale di Mezzòla, l'Adda Valtellinese.**

Il lago di Como. — Il lago di Como, dallo sbocco della Valtellina protendesi verso i piani lombardi, dapprima riunito in un unico bacino della lunghezza di circa km. 26, e poi di contro alla punta di Bellaggio, quasi si trovasse di contro ad uno spartiacque, si biforca in due rami; il destro, lungo km. 26.600 a fondo cieco, termina a Como, il sinistro, lungo km. 18.00 a Lecco, dove le acque del lago, sotto le arcate del ponte Visconteo, prendono corso di fiume ed alimentano l'Adda sublacuale.

La sua larghezza massima è di m. 4400,00 cifra che dice poco, poichè il lago di Como presenta la caratteristica di bacini susseguentisi, offerenti allo sguardo e strozzature e rigonfiamenti.

Si può valutare in m. 1900,00 circa la sua media larghezza, come si può dire che è frequente lo scandaglio di circa m. 300 nella profondità delle sue acque, mentre gli scandagli stessi giunsero a 600 metri come massimo.

L'Adda valtellinese è l'affluente maggiore del lago, e sfocia all'estremo di questo, poco a nord di Colico; ma oltre l'Adda sono numerosi i piccoli fiumi ed i torrenti che scendono al lago portando le acque delle valli laterali. Lo specchio del lago è della superficie di kmq. 156,50, e raduna le acque scolanti da un bacino di imprevio valutato della superficie di 4300 chilometri quadrati;

da recenti osservazioni, deducesi (1) che l'afflusso massimo fornito da questo bacino scolante raggiunge, per breve ora però, la portata di 3000 m.c. al 1", afflusso corrispondente a m. c. 0.700 per kmq. La sola Adda valtellinese fornisce un massimo di afflusso (sempre per breve ora) di m.c. 1404 al 1". Si comprende come le piene siano sensibili ed anche rapide. Il pelo d'acqua di massima piena raggiunge all'idrometro di Como la quota di + 3.95, mentre la massima magra segna — 0.55, ed anche — 0.60, come nel 1896; il che dà un dislivello fra i peli di massima piena e di massima magra di m. 4.55. E le piene sono rapide: nel 1888 si verificò l'incremento di un metro nel pelo d'acqua durante l'intervallo di tempo di 24 ore.

Le piene si verificano in primavera ed in autunno, complessivamente durano una sessantina di giorni, e sono dannose; invadono parte della città di Como ed allagano il Pian di Spagna, il basso Piano di Colico, ed altre basse rive per una superficie di circa 700 ettari. Sono terreni sterili e paludosi, questi soggetti alle piene, è vero, ma non è men vero che son sottratti quasi completamente all'agricoltura, e che al ritiro delle acque producono esalazioni nocive.

Le magre si verificano principalmente nell'inverno, dal dicembre al marzo, qualche rara volta nel settembre.

La navigazione sul lago è attivissima per scambio locale fra le rive popolate e ricche di industrie, e trova importanti porti come quelli di Como, di Domaso, di Colico, di Gravedona, di Dongo, e molti altri minori. Oltre la navigazione a vapore, che primeggia per il servizio dei passeggeri, ma è anche al servizio del traffico in misura abbondante, si esercita la navigazione a remi ed a vela,

Due venti periodici e pressochè costanti favoriscono quest'ultima, e cioè il vento detto *la Brega* e quello detto *il Tivano*. La Brega spira da Sud a Nord sorgendo al mattino, verso le ore che precedono immediatamente il meriggio, per cessare col cader del sole; il Tivano spira in senso contrario nelle ore che gli lascia libere la Brega, e cioè da quando il sole è tramontato, alle ore 9-10 del mattino seguente. Sono usati principalmente due tipi di barche: il *Combollo* che è lungo da 23 a 27 metri, largo da metri 5.75 a metri 6.75, della portata da tonn. 150 a tonn. 250, coll'immersione di 0.75 a 0.85, ed i *barconi* che possono portare da 15 a 30 tonnellate. Altri battelli minori, di diverse forme e di diverse portate, solcano le acque del lago.

(1) Ing. FANTOLI. *Op. cit.*

E le rive del lago, fitte di abitati, di ville, di laberghi, sono anche ricche di stabilimenti industriali di varia natura, non solo, ma anche di prodotti del sottosuolo. Sono note le cave del granito bigio detto di San Fedelino, del marmo nero di Varenna, della pietra di Moltrasio, del marmo bianco di Musso, ottimi materiali da costruzione, che troverebbero impiego in regioni più lontane se una comoda ed economica via ve li potesse trasportare. Vanno anche ricordate le miniere di ferro spatico, delle quali alcune in attività.

Il lago ed il Canal di Mezzola. — L'Adda valtellinese con le sue alluvioni, riempì l'avvallamento del lago di Como di contro alla foce, e ne separò una piccola parte a nord, formandone un laghetto isolato, che si chiama il lago di Mezzola.

Il piano alluvionale, che separa il lago di Como dal laghetto di Mezzola, dicesi il Pian di Spagna, ed è inciso da un canale che mette in comunicazione i due specchi d'acqua, e che è detto il Canal di Mezzola.

Fin verso la metà del secolo scorso l'Adda defluiva ancora attraverso la sua alluvione, e cioè attraverso il Piano di Spagna, ma nel 1857 fu rettificata nel suo corso inferiore, e portata a sfociare direttamente nel Lago di Como poco a nord di Colico. Poco dopo il compimento di quest'opera nacque l'idea di aprire un vero canale navigabile fra il Lago di Como ed il Lago di Mezzola, accessibile alla navigazione a vapore, per facilitare le comunicazioni della Lombardia con Chiavenna; ed il Comune di Chiavenna si unì in consorzio con la Provincia di Como a questo scopo, ottenendo altresì dallo Stato italiano obbligazione per un concorso nella spesa. Trattavasi d'eseguire un canale della lunghezza di km. 5,190 e della larghezza di m. 25,25 fra sponde armate da un rivestimento in legname. Ma iniziati i lavori di scavo si constatò che la sezione scavata veniva interrandosi.

Si disse ciò dipendere dal fatto che gli scavi erano stati condotti da Sud a Nord, contro corrente. Forse in quella località, data la natura delle materie costituenti il Pian di Spagna, l'interrimento può anche avvenire dal sotto in su, per contropeso, nonchè per scoscendimenti, anche subacquei, dei fianchi dello scavo. Comunque sia, nacquero contestazioni, si sospesero i lavori e si abbandonò l'opera; ed oggi, in acque magre, il Canal di Mezzola non è navigabile, nonchè dai piroscafi nemmeno dalle minori barche. Le condizioni del Canal di Mezzola vanno continuamente peggiorando per

gli interrimenti prodotti dalle acque defluenti dai monti sulla sua riva destra.

La Commissione interpellò il Corpo Reale del Genio Civile di Como sulla possibilità e sulla convenienza di un ripristino. Quanto alla convenienza, l'ingegnere capo di quell'ufficio osserva che la ferrovia Colico-Chiavenna ha d'assai diminuito l'importanza di prolungare la navigazione fino alle rive del laghetto di Mezzola; quanto alla possibilità, informa che la spesa di impianto non sarebbe inferiore alle 150 mila lire, ma che le spese di manutenzione ammonterebbero ad una rilevante cifra annuale.

A questo proposito la Commissione deve rilevare che, tanto il lago di Mezzola che il canale di tal nome sono classificati fra le opere di prima categoria, e che ciò che per prima cosa riesce più stridente è la contemporaneità di tale classifica e delle condizioni miserrime del canale. La logica reclamerebbe delle due cose l'una: o sclassificare il canal di Mezzola, o renderlo quale la sua classifica comporta. Ad una o all'altra delle risoluzioni potrebbe giungere il Governo dietro accordi con gli interessati; e, se a questo proposito deve aver peso il nostro voto, la Commissione osserva:

che se la spesa necessaria fosse contenibile nei limiti della somma di 150 mila lire, indicata dall'Ufficio del Genio Civile di Como, varrebbe la pena di effettuare la continuità della navigazione fra il Lago di Mezzola ed il Lago di Como, non fosse altro per il vantaggio del traffico locale, e per aprire una via continua e sicura di trasporti alle cave del granito di San Fedelino;

che nelle condizioni odierne di navigabilità della linea Milano-Lago di Como, il prolungamento della navigazione fino all'estremo del Lago di Mezzola, dove dovrebbe in ogni modo arrestarsi, non ha peso sulle più importanti correnti di traffico;

che qualora la suddetta linea di navigazione fosse sistemata a seconda dei voti della Commissione, cosicchè da tutta la nostra rete di navigazione interna si potesse accedere al Lago di Como, rimontando con barche cariche, il raggiungere lo scalo di Novate, all'estremo del Lago di Mezzola ed ai piedi del passo dello Spluga, presenterebbe una importanza non trascurabile.

Da queste considerazioni la Commissione potrebbe dedurre, come conclusione, il voto di non abbandonare il concetto della navigabilità del canal di Mezzola, ma di rimandare le spese occorrenti per ottenerla a quando sia completa la linea Milano-Lago di Como, come a complemento di questa; a meno che lo sviluppo dei traffici locali, e specialmente quello delle cave di gra-

nito, non reclami già prima quella via acquea di trasporti ; ed in questa eventualità essa pone nei suoi preventivi, anche la spesa occorrente per quest' opera.

L'Adda Valtellinese. — L'Adda superlacuale non è classificata come fiume navigabile, ed infatti nello stato attuale di cose non è possibile che il corso del fiume sia accessibile ai natanti, e serva come linea di trasporti lungo la importante vallata solcata dalle sue acque. La Valtellina, che conduce ai valichi del Bernina e dello Stelvio, è una via che dall'Europa centrale scende all'Italia, via nota dagli antichissimi tempi ai traffici, ai viaggiatori ed anche agli eserciti. La valle è industrie, ricca di vigne celebrate, sparsa di borgate e città.

Per quanto sorrida il pensiero di vederla per buona parte della sua lunghezza dotata da un canale navigabile centrale, che la metta in comunicazione col lago di Como, e da questo con la rete navigabile della Valle del Po, pure tuttavia la Commissione, intesa a studiare la imperfetta rete già esistente, a proporre i miglioramenti, ed a progettare eccezionalmente tronchi di canale nuovo solamente là dove era necessario riunire fra di loro vie navigabili già aperte, ma seperate dalla rete principale, la Commissione, dicesi, credette che avrebbe sorpassato i limiti del compito affidatole se avesse provveduto a compilare un progetto allo scopo di render navigabile l'Adda Valtellinese, tanto più avendo dovuto constatare che, nella concessione accordata per l'impianto idroelettrico a servizio delle ferrovie valtellinesi, con la derivazione al Desco sopra Morbegno, non s'era tenuto conto alcuno della possibile riduzione dell'Adda a canal navigabile, cosicchè oggi giorno è completamente rotta la continuità del corso d'acqua in un punto importante, fra il lago e la città di Sondrio, capitale della Valtellina.

Ma con vivo compiacimento della Commissione le vennero presentati diversi progetti, già uniti a corredo di domande di concessione per derivazioni d'acqua dall'Adda, i quali contemplanon solamente la soluzione del problema della ricerca d'energia, ma anche quello della navigabilità dell'Adda, dal Lago di Como fino a Sondrio, provvedendo a sormontare l'ostacolo grave creato dalla derivazione su accennata del Desco.

Non è di competenza della Commissione il portare un giudizio su quei progetti, i quali d'altronde, con le domande di concessione relative, sono in corso di istruttoria presso i competenti Uffici ; ma è perfettamente rispondente al compito suo il far rimarcare l'im-

portanza del fatto che l'iniziativa privata muovasi a far sorgere il concetto della navigabilità dell'Adda Valtellinese, si dimostri pronta ad affrontare le difficoltà ed i pesi della soluzione del problema, lamenti che la prima concessione di derivazioni d'acque accordata non ne abbia tenuto calcolo, e voglia rimediarsi; ed è quindi tanto più rispondente ai doveri della Commissione l'esprimere vivamente il voto che questi sforzi della privata iniziativa siano appoggiati dall'Autorità, e possano in breve tempo venir coronati dal successo.

PARTE TERZA

Riassunto e conclusione.

I corsi d'acqua, naturali ed artificiali, che sono presi in esame ed illustrati dalla presente Relazione VII, possono considerarsi, nel loro stato attuale, come divisi in tre gruppi. Ritenuto come fondamentale il corso del Po che forma oggetto della Relazione apposita, la IV, e del quale qui non ci occupiamo) troviamo, rimontandolo, tre vie navigabili naturali, che a detto corso si innestano; e cioè l'Oglio, l'Adda ed il Ticino. Tutte e tre queste vie presentano alla navigazione una penetrazione scarsa; l'Oglio, attualmente fornisce una via della lunghezza di circa 80 chilometri, di scarsa potenzialità nella metà superiore, e che termina, si può dire, per rapporto al traffico, e fondo cieco. L'Adda ci dà una via più ampia ma più corta, penetrante per una ventina di chilometri solamente, e da considerarsi pure, dal punto di vista delle linee di trasporto, a fondo cieco. Il Ticino ci conduce a Pavia dopo soli 5 chilometri, e più in su presto perde le qualità di via navigabile. Quest'ultima via, però, non può dirsi a fondo cieco; perchè, per mezzo del Naviglio di Pavia, penetra fino a Milano, importantissima testa di linea; e da qui si irradia al lago di Como ed al lago Maggiore, Ma non è esatto il dire che da Milano si dipartano due vie acquee dirette a questi laghi, giacchè la navigazione ascendente deve arrestarsi a Milano, non potendo essa rimontare nè il Naviglio Grande nè il Naviglio della Martesana. Anche questa linea, aperta dal Ticino, va considerata chiusa a Milano, e va per dippiù osservato che, da Pavia a Milano, essa è rappresentata da un canale di scarsissima potenzialità.

Questo è in riassunto lo stato attuale, come è particolareggiatamente descritto nella presente Relazione VII; ed è uno stato di cose punto brillante nei riguardi della navigazione interna, perchè — in conclusione — la linea dell'Oglio muore senza condurre ad alcun punto importante; più presto ancora muore la linea del-

l'Adda, senza raggiungere alcun centro di traffico; e la linea del Ticino si strozza nell'angusto naviglio di Pavia.

D'altre parte vediamo che le tre linee in parola sono la via naturale di deflusso di tre laghi, il lago d'Iseo, il lago di Como e il lago Maggiore, nei quali la navigazione è in fiore, e pei quali si ottiene forte penetrazione nelle vallate alpine verso i valichi più importanti della nostra frontiera.

Il lago d'Iseo è assolutamente segregato, nè alcuna via acqua di trasporti ne esce o vi entra.

Il lago di Como ed il lago Maggiore comunicano, più teoricamente che praticamente, con l'asta del Po, ma soltanto per un traffico diretto in discesa, per vie acquee difficili e di scarse dimensioni. Il traffico in ascensione non penetra nei bacini di questi due laghi, e può pertanto asseverarsi che l'attuale rete navigabile non ha penetrazione neanche nel Lario e nel Verbano.

Davanti a questo stato di cose due erano i problemi più importanti che naturalmente si presentavano alla Commissione: 1.º raggiungere Milano, con la linea principale Venezia-Milano, per mezzo di una via acqua di grande potenzialità, quale è logico venga richiesta dall'unione del centro più vivo di attività commerciale ed industriale della valle del Po, con un porto di gloriosa tradizione non solo, ma specialmente favorito dalla natura per diventare il porto-tipo di irradiazione di una rete di navigazione interna; 2.º creare la continuità delle vie navigabili fra i laghi e l'arteria del Po, ottenendo così una profonda penetrazione nel massiccio delle Alpi, oltre all'acquistare alla rete navigabile lo sviluppo delle linee di navigazione sullo specchio dei laghi.

La Commissione non pretende di aver risolto i due gravissimi problemi in modo perfetto, ma crede di averne posto in chiaro l'importanza predominante sugli altri secondarii; e crede per dappiù, di aver suggerito soluzioni contenute nei limiti della pratica attuabilità.

Per la soluzione del primo, essa Commissione suggerisce di abbandonare il corso del Po alla confluenza dell'Adda, e di rimontare l'Adda fino a Pizzighettone. Da Pizzighettone a Lodi non crede conveniente pensare alla navigazione dell'Adda nel suo alveo, ma accoglie l'idea, già lanciata dall'iniziativa privata, della costruzione di due tratte di canale, parallele al corso del fiume, abbinando allo scopo della navigazione quello della creazione di forza idraulica; forza che — in tale percorso — l'Adda può fornire nella misura di circa 9 mila cavalli. Da Lodi a Milano si rende necessaria la

costruzione di un canale al solo scopo della navigazione, non potendosi far calcolo su portate che rendano remuneratori gli impianti occorrenti per l'utilizzazione dei salti a scopo di creazione di forza. Lungo questi canali, capaci di dar passo a natanti della portata di 600 tonnellate, la Commissione propone anche l'impianto di un sistema d'alaggio meccanico, e così crede poter soddisfare a quanto potrà richiedersi da una linea di principale importanza, posta a servizio di un rilevante traffico, ed a seconda dei moderni bisogni. La linea suggerita è fra le più brevi che si possano ideare per raggiungere da Milano il corso del Po, ed ha il vantaggio di passare per Lodi, centro assai importante, in pieno sviluppo agricolo ed industriale.

Alla soluzione del secondo problema, per quanto riguarda il lago d'Iseo, concorse un antico progetto dell'Ingegnere Coccoli, compilato in esecuzione ad un decreto di Napoleone I, progetto che la Commissione disotterrò dalla polvere degli archivi, studiò ed aggiornò. Proponiamo di abbandonare la linea dell'Oglio a Caneto, deviare ivi pel corso del Naviglio Isorella (lungo canale rettilineo che pare attenda d'esser ridotto atto alla navigazione) toccare Brescia, costruire una nuova tratta di canale da Brescia a Rovato, e penetrare nel lago d'Iseo per mezzo del canal Fusia sistemato e rimpinguato di acque. Anche in questo caso si incontra la possibilità di creare nuove forze idrauliche, e per di più si provvede alla irrigazione di una plaga asciutta, in una regione dove l'agricoltura è in grande onore; nè sfuggirà ad alcuno l'importanza del fatto di venire così a porre la città di Brescia sulla rete navigabile della valle del Po.

Quanto al Lago di Como ed al Lago Maggiore la Commissione crede sia necessario, ma sufficiente per ora, sistemare le attuali vie acquee di comunicazione in modo che si renda possibile la navigazione anche in senso ascendente, e le vie stesse presentino il massimo di potenzialità compatibile colla loro natura. Per l'Adda Superiore, per il Naviglio Grande e per il Ticino Superiore, l'iniziativa privata ha già fatto preziosi studi di deviazioni e canalizzazioni; studi che formano base di domande di concessione, seguenti la voluta istruttoria presso l'Autorità. In un tempo più o meno breve l'utilizzazione delle rapide, a scopo di creazione di forza, avrà reso facile, tanto in ascesa che in discesa, la navigazione su quei corsi d'acqua o sulle loro derivazioni. Trattandosi di fiumi e canali classificati navigabili i diritti della navigazione devono venire salvaguardati; e la Commissione si limita, in que-

sto caso, a raccomandare che, disciplinando le concessioni relative, si ponga mente a quanto essa di volta in volta ha giudicato opportuno allo scopo di una buona navigazione. Ma per il Naviglio della Martesana l'iniziativa privata non si è mossa, nè forse si muoverà per il che la Commissione propone la sistemazione del Naviglio stesso, in modo da permettere la navigazione anche in senso ascendente ed una immersione di natanti maggiore di quanto non sia oggi possibile.

Anche in questo caso si giunge a creare, con la sistemazione suggerita, una non trascurabile forza idraulica, che verrà a diminuire il sacrificio finanziario richiesto dalle opere proposte.

Queste, per sommi capi, le proposte che la Commissione fa per la soluzione dei due principali problemi che le si affacciarono.

È un corollario la proposta di sottrarre alla navigazione la Fossa Interna di Milano, e di costruire in sostituzione un canale di circonvallazione; e ciò perchè la Fossa Interna di Milano può giudicarsi irriducibile alla potenzialità voluta, ed è d'altra parte importantissimo mantenere fra di loro comunicanti i diversi canali che metton capo a Milano.

Altra proposta di ordine minore, ma importante, è quella di aumentare i fondali utili sul Naviglio di Pavia, e di applicare anche a questo canale l'alaggio meccanico.

Questa del Naviglio di Pavia, è per intanto la sola comunicazione dei canali del Milanese col Po; e, ridotta come la Commissione propone, può servire un traffico di rilevante importanza. Anche quando tutto il piano di canalizzazione che noi proponiamo fosse riconosciuto attuabile, e venisse attuato, questa via acqua fornirebbe pur sempre il collegamento di Milano con Pavia ed il Ticino, e meriterebbe, anche per sè sola, il buon restauro che la Commissione propone.

Per le altre proposte di ordine secondario, si rimanda il lettore ai diversi capitoli della presente Relazione VII raccogliendo nel prospetto seguente le caratteristiche di tutti i fiumi e canali di cui si è parlato.

Numero progressivo	INDICAZIONE dei fiumi e canali	Estesa	LUNGHEZZA DEI TRONCHI											
			classificati tra le op. idr. di I.	non classificati	nuovi	attualmente navigabili	che si conservano inalterati	da sistemare o da so- stituire con canali di derivazione.	nuovi	che saranno navigabili con barche				
										da 600 t.	da 250 t.	da 100 t.	di piccola portata	
1	Fiume Oglio . . .	79,775	79,775	»	»	79,775	79,775	»	»	»	»	40,625	39,150	
2	Naviglio Isorella . .	48,436	»	48,436	»	»	»	48,436	»	»	»	48,436	»	
3	Canale da Brescia al Fusia	26,692	»	»	26,692	»	»	»	26,692	»	»	26,692	»	
4	Canale Fusia . . .	15,530	»	15,350	»	»	»	15,330	»	»	»	15,536	»	
5	Fiume Adda . . .	49,634	49,634	»	»	49,634	17,000	32,636	»	17,000	»	32,634	»	
6	Canali industriali Piz- zighettone-Lodi. .	25,000	»	»	25,000	»	»	»	25,000	25,000	»	»	»	
7	Canale Lodi-Milano .	33,170	»	»	33,170	»	»	»	33,170	33,170	»	»	»	
8	Fiume Ticino . .	21,656	21,656	»	»	21,656	5,248	16,408	»	»	»	21,656	»	
9	Naviglio di Pavia. .	33,103	33,103	»	»	30,103	»	33,103	»	»	»	33,103	»	
10	Naviglio Grande di Milano	49,845	49,845	»	»	49,845	»	49,845	»	»	»	49,845	»	
11	Canale Vizzola. . .	6,861	»	6,861	»	6,861	6,861	»	»	»	»	6,861	»	
12	Fossa interna di Mi- lano (I)	(5,250)	(5,250)	»	»	(5,250)	(5,250)	»	»	»	»	»	»	
13	Nuovo canale di cir- convallazione . .	12,000	»	»	12,000	»	»	»	12,000	»	»	12,000	»	
14	Naviglio della Marte sana	38,721	38,721	»	»	38,721	»	38,721	»	»	»	38,721	»	
15	Naviglio di Paderno.	3,534	3,534	»	»	3,534	»	3,534	»	»	»	3,534	»	
16	Naviglio di Bereguar- do	18,792	18,762	»	»	18,792	18,792	»	»	»	»	»	18,792	
17	Canale di Mezzola. .	5,190	5,190	»	»	»	»	5,190	»	»	»	5,190	»	
	Totali	467,939	325,250	70,827	96,862	301,921	127,676	243,401	96,862	75,17	»	334,827	57,642	
				467,939				467,939				467,939		

(1) La lunghezza della Fossa Interna è esclusa dai computi, perchè si propone di sottrarre alla navigazione tale canale.

Lo stato attuale ci dà uno sviluppo di corsi d'acqua, navigabili più o meno bene, in una sola direzione o in doppio senso, della misura di Km. 307,171

La Commissione sottrae alla navigazione la fossa interna di Milano » 5.250
 restano Km. 301.921
 e propone di ridurre navigabili corsi d'acqua che non lo sono, o di crear nuovi canali per » 166.018
 giungendo allo sviluppo totale di Km. 467.939

La creazione di nuove tratte di canali navigabili per lo sviluppo di Km. 166 circa, è una conseguenza della soluzione data al problema della penetrazione della rete navigabile entro il bacino dei laghi, ed a quello di raggiungere la città di Milano col canale di principal navigazione su tracciato opportuno.

Le proposte principali e le secondarie si riassumono poi nel seguente prospetto :

N. d'ordine	Corso d'acqua	Designazione dell'opera	Importo presunto
1	Canal Fusia e Naviglio Isorella,	Costruzione di un edificio regolatore dell'emissario del Lago d'Isco — Restauro del Canal Fusia — Costruzione di un nuovo canale da Rovato a Brescia — Modificazione del Naviglio Isorella (1)	8,000,000
2	Fiume Adda	Derivazione di un canale sulla sinistra, da Lodi a Cavenago, e derivazione di un canale sulla destra, da Cavenago a Pizzighettone (2)	10,000,000
3	—	Costruzione di un canale di navigazione da Milano a Lodi	18,000,000
4	—	Impianto dell'alaggio meccanico sui canali di cui ai ai N. 2 e 3.	600,000
5	Naviglio di Pavia.	Approfondimento saltuario del canale e rifacimento di ponti.	75,000
6	Id.	Impianto dell'alaggio meccanico sul Naviglio di Pavia	300,000
7	Naviglio Grande	Rifacimento dei Ponti di Castelletto di Cuggiono e di Castelletto di Abbiategrasso	80,000
8	Canale di Vizzola	Modificazioni alla Conca annessa alla derivazione dal Ticino	30,000
9	—	Costruzione di un canale di circonvallazione in sostituzione della Fossa Interna di Milano	4,200,000
10	Naviglio della Martesana	Costruzione di conche, deviazioni, modificazioni (3) . .	4,000,000
11	Id. di Paderno	Modificazioni	100,000
12	Canale di Mezzola	Sistemazione	150,000
			L. 45,535,000

(1) Con quest'opera si ottiene una produzione di forza di 4,500 HP. e si destinano all'irrigazione 9 m³ d'acqua.

(2) Con quest'opera si ottiene una produzione di forza di 9,131 HP.

(3) Id. id. id. id. 2,753 HP.

La ragguardevole spesa presunta di circa 45 milioni e mezzo, se la si volesse considerare semplicemente sotto un aspetto finanziario, andrebbe contrapposta al valore attribuibile alla creazione di 16384 cav. vap. ed alla nuova disponibilità di 9 m³ d'acqua per l'irrigazione. Riassumendo quanto in proposito si è detto nei Capitoli I, II e V, si verrebbe a riconoscere che una somma di quasi 14 milioni troverebbe il suo frutto nell'esecuzione delle opere proposte. Ma non è sotto questo aspetto che la Commissione ebbe incarico di compir degli studi e di concretare delle proposte. Essa doveva avere, ed ebbe, di mira gli incalcolabili vantaggi economici attendibili dalla creazione di nuove vie di trasporto, toccanti centri importanti di attività commerciale agricola ed industriale, e penetranti profondamente attraverso le pianure lombarde fin dentro le vallate alpine, fino a contatto della nostra frontiera. La Commissione crede che, considerate sotto questo aspetto, le sue proposte verranno riconosciute tecnicamente rispondenti allo scopo, e non potranno venir giudicate come richiedenti sacrifici troppo gravi di fronte alla grandezza dell'intento cui mirano.

Venezia, 20 dicembre 1902.

LA COMMISSIONE

- Ing. LEONE ROMANIN-JACUR, Deputato al Parlamento, *Presidente* ;
Ing. FRANCESCO CESARENI, Ispettore del R. Genio Civile ;
Ing. NICOLA COLETTA, Ispettore del R. Genio Civile ;
Ing. ALESSANDRO MOSCHINI ;
Ing. GIUSEPPE PEROSINI, Ispettore del R. Genio Civile ;
Ing. PIERO PIOLA DAVERIO, *Relatore* ;
Ing. ALBERTO TORRI, Ing. Capo del R. Genio Civile, *Segretario* ;
Ing. UGO GIOPPI, Ing. di 1^a cl. del R. Genio Civile, *Segr. aggiunto*.
-

ATTI DELLA COMMISSIONE PER LO STUDIO DELLA NAVIGAZIONE INTERNA

RELAZIONE VII — ALLEGATO A

Corpo Reale del Genio Civile

II COMPARTIMENTO

UFFICIO DI BRESCIA

Relazione sull'antico Progetto Coccoli (1806) per una linea navigabile dall'Oglio per Brescia al Lago d'Iseo.

(Con 4 Tavole e 5 prospetti).

Cenni storici.

Brescia, capoluogo di una regione rinomata in ogni età anche per le arti e le industrie, favorita dalla natura per la svariata costituzione territoriale, ebbe fin dai tempi assai remoti piena giurisdizione sui fiumi Oglio, Mella, Chiese, i quali raccolgono le abbondanti acque che solcano la regione Bresciana, vivificandone i terreni, somministrando l'energia per gli opifici.

L'Imperatore Corrado nel 1037 confermava al vescovo Odorico, investito del Governo dello Stato di Brescia, la più ampia concessione dei diritti regali sugli stessi fiumi, per la cui tutela non mancarono ai Bresciani aspre lotte in specie coi Cremonesi e Mantovani. Ma a tali complesse vicissitudini, l'argomento della presente non abbisogna di riportarsi bastando il ricordare come i Bresciani non lasciassero defluire inutilizzate le acque dei loro fiumi, e come per trarne ogni possibile vantaggio venissero deviate le acque dagli alvei stessi naturali, mediante canali artificiali, che rimangono tuttora monumenti di sapiente e coraggiosa intraprendenza.

Ma non soltanto alla irrigazione ed alla produzione di energia venne in origine provveduto dai Reggitori di Brescia a destinare l'uso delle copiose acque, ma con perseveranti tentativi erasi mirato di costituire delle arterie navigabili per facilitare le comunicazioni delle vallate dell'Oglio e del Chiese con Brescia e da Brescia col mare. Da qualche memoria, inserita nei pochi documenti rimasti, emergerebbe che fino dal 1253 il Podestà di Brescia trattasse con certo Balino Gajano per scavare un canale derivato dal Chiese presso Gavardo. Questo contratto però non ebbe attuazione, poichè in altre memorie viene designato promotore di « così utile e decorosa cosa » il benemerito cittadino Berardo Maggi vescovo di Brescia, il quale nell'anno 1288 deliberava, oltre alla escavazione di due canali derivati dal Mella, quella del naviglio suddetto derivato dal Chiese sopra Gavardo.

Questo naviglio mercè la valida cooperazione dei delegati Ubertino Sala e Giacomo Poncarale veniva effettivamente scavato fra il 1300 ed il 1306 e comprendeva i due tratti: il primo da Gavardo per Nuvolento, Nuvolera, Mazzano, Virle, Rezzato, Cajonvico e Sant'Eufemia fino alle mura di Brescia, dove erasi formato il così detto porto presso al Cantone Mombello; il secondo proseguiva dal detto porto pei territori di Borgosatollo, S. Zeno, Poncarale, Montirone, Ghedi, Malpaga, Calvisano, Isorella, Asola, Casalromano e Canneto, ove sboccava nell'Oglio già navigabile nel proprio alveo naturale, e quindi serviva alla navigazione da Brescia al fiume Po e quindi al mare.

Il primo tratto è l'attuale naviglio Bresciano; il secondo corrisponde al Naviglio d'Isorella, che in gran parte dovea essere un colatore naturale di quella parte di pianura ricca di acque freatiche e di sorgive.

Difettano i documenti per conoscere la vera forma di quest'importantissima arteria, la quale per quanto è lecito di argomentare, dovrebbe essere stata semplicemente costituita colla sola escavazione, ma non regolarizzata coi necessari manufatti per moderare le eccessive pendenze e ridurre la corrente nei limiti necessari per rendere possibile la navigazione. Infatti da un manoscritto del 1372, esistente presso la Queriniana di Brescia, emergerebbe il desiderio vivissimo dei Bresciani di portar a compimento l'opera già iniziata. Se non che le aspre lotte dei Bresciani coi Cremonesi e Mantovani impedirono il compimento dei lavori, ed anzi divenute le terre di Canneto, Asola e Casalromano, e con esse tutto il tratto inferiore del naviglio, in possesso dei Mantovani, veniva dai Bresciani abbandonato il proposito di perfezionarlo per la navigazione.

Ritornata la calma dopo essersi nel 1426 Brescia unita alla Repubblica di Venezia, le proposte per la navigazione si ravvivarono, ed abbandonato per le ragioni politiche il naviglio inferiore o d'Isorella, con deliberazione del 18 agosto 1434, essendo Governatore Veneto Delfino Venier, veniva stabilito di sostituire ad esso un nuovo canale a partire da S. Zeno, il quale seguendo la strada per Bagnolo, utilizzando il fiume Molone, per Manerbio andasse a sboccare nel fiume Mella, già navigabile in quel tratto nel suo alveo naturale, che sbocca nel fiume Oglio, poco distante da Seniga.

L'operazione sarebbe già stata iniziata coll'allargamento del Mella da Manerbio fino all'Oglio; ma le vicende dei tempi la fecero sospendere.

Mentre i suaccennati provvedimenti venivano escogitati per utilizzare le acque del Mella e del Chiese, non minori cure furono rivolte a quelle del fiume Oglio e specialmente a creare una comunicazione dal lago d'Iseo a Brescia.

Pel fiume superiore al lago d'Iseo le rilevanti rapide e le sponde montuose non lasciavano adito a pensare alla possibilità di costruire canali per usi irrigui e navigabili ad un tempo, difficoltà che potè certamente affacciarsi per una rilevante estesa anche a valle del lago; ma la convenienza di estendere la comunicazione dal lago fino a Brescia, non dovea tardare ad essere rilevata anche per la importanza della navigazione lacuale, che dovea essere in ogni tempo rilevante, tanto più quando si consideri che in mancanza di strade comode pei trasporti, che allacciassero lo sbocco della Valle Camonica colla sponda Bresciana, le comunicazioni commerciali non erano possibili che per barca.

Fin dal tredicesimo secolo un Oldofredi costruiva una seriola, che partiva dal lago d'Iseo a Paratico, presso la contrada Fosio a sinistra dell'Oglio, unico emissario del lago, e raggiungeva l'abitato di Palazzolo, presso il quale suddividevasi in due rami uno verso Chiari e l'altro verso Rovato. Questa seriola, chiamata in seguito la Fusia, nel 1347 veniva ampliata a beneficio dell'irrigazione e per quanto non risulti, che a quell'epoca fosse anche ridotta navigabile, ciò che apparirebbe fatto nel 1562, costituiva sempre un canale importante artificiale direttamente dal lago d'Iseo a Palazzolo laterale all'alveo dell'Oglio.

Il divisamento di creare un canale navigabile dal lago d'Iseo a Brescia ove si sarebbe immesso nel naviglio da Gavardo al Po, risulta da una deliberazione 20 ottobre 1486, colla quale il Consiglio Generale decretava di eleggere due cittadini coll'incarico di esaminare e far livellare due vie per condurre il naviglio verso Brescia; l'una di queste vie era indicata attraverso le paludi d'Iseo e le terre di Calino, l'altra da Paratico lungo la valle omonima.

Se non che le sopravvenute variazioni nei tempi calamitosi, per guerre, pestilenze, carestie ed altri disagi conseguenti, non solo causarono la sospensione dei lavori, che pare fossero stati ripresi per completare il naviglio da Gavardo pel Mella all'Oglio, ma anche lo smarrimento della maggior parte dei documenti antichi, e, quel che più monta, fecero quasi dimenticare la memoria dell'iniziata escavazione. Questi guai devono ritenersi specialmente riferiti al naviglio al disotto di Brescia, mentre per il tronco superiore da Gavardo e fino a S. Zeno le numerose seriole derivate dal naviglio e la importanza del suo corso, attestano come fosse utilizzato per le irrigazioni. Ed anzi apparisce, come, in seguito ai reclami degli interessati, il Governatore di Brescia, con disposizione del 9 luglio 1585, confermata dal Senato Veneto il 27 febbraio 1586, incaricava il Podestà Alvise Grimani di provvedere, dietro visita locale del naviglio, perchè fossero rimossi i lamentati inconvenienti e rivendicate le usurpazioni. Dalla visita sarebbe emersa la necessità di accrescere le acque del naviglio per renderlo navigabile anche nelle massime magre e per assicurare le portate competenti alle seriole irrigue.

Mancano le notizie sui risultati conseguiti in seguito a tale visita.

Mentre tali erano le vicende del naviglio Bresciano, la roggia Fusia circa al 1562 veniva ampliata e ridotta navigabile dal lago d'Iseo a Palazzolo, aumentandosi le portate delle due seriole in cui si suddivideva e delle quali l'una andava ad irrigare terreni di Chiari e la seconda proseguiva verso Rovato.

Da un documento del 21 ottobre 1615 rilevasi come il Senato Veneto avesse disposto per lo studio di un canale da Palazzolo verso Brescia, utilizzando meglio la considerevole quantità d'acqua, che arriva a Palazzolo cavata dall'Oglio, e colla quale avrebbesi potuto sistemare un canale navigabile per lo spazio di venti miglia. Ma anche di tali disposizioni non si conoscono le vicende.

Si arriva così all'anno 1656, in cui certo Giacomo Renati da Chiari presentava ai Deputati della città di Brescia alcune proposte per rendere navigabile il naviglio da Gavardo, che già arrivava presso la città verso mattina, e per escavarne uno dal lago d'Iseo attraverso le Lame d'Iseo, « i quali entrambi congiungendosi a Brescia avrebbero dato corso al terzo naviglio verso

mezzodì, che sboccando in Oglio, e di poi nel Po, scorrer potesse fino al mare ». I Magistrati invitarono il Renati a fornire una relazione accompagnata da un disegno, che uniformandosi agli antichi progetti mostrasse chiaramente il da farsi.

Dalle memorie rinvenute apparirebbe che le proposte del Renati si potessero riassumere nei termini seguenti :

Pel 1° naviglio, cioè, quello proveniente da Gavardo, sarebbero occorse solamente le *porte* per alzare le acque e sostenere le barche con pochissima scavazione del fondo e senza pregiudizio delle bocche esistenti nelle rive, destinate per l'irrigazione.

Pel 2° naviglio, che dovea derivarsi dal lago d'Iseo richiedevasi l'intero scavamento attraverso le Lame d'Iseo, ma non dubitavasi della riuscita.

Pel 3° naviglio, che, dal punto di confluenza dei due suddetti al porto di Brescia, dovea procedere verso mezzogiorno, il Renati prevedeva l'intero scavo di un tratto non lungo, fino a raggiungere i vasi esistenti che avrebbero dovuto allargarsi.

E' a ritenersi che le proposte fossero giudicate ammissibili perchè con deliberazione 7 maggio 1660 si decretava, che tanto i cittadini quanto i forestieri potessero contribuire per le opere con denaro, vettovaglie, munizioni ed operai, o con qualunque altra provvigione per il bisogno, e che in conseguenza di ciò ciascuno avrebbe conseguite delle utilità dai benefici dei navigli stessi, salvo le ragioni della Città per il dominio diretto.

Dopo nuove difficoltà, nel 23 luglio 1673 con proclama a stampa confermavasi la deliberazione sopradetta, disponendosi ancora « perchè fossero tolti tutti gl'inconvenienti che potevano essere d'ostacolo al passaggio delle barche, togliendo cioè gli alberi dei beni confinanti col fiume Mella e levando gl'impedimenti di qualsiasi sorta, per la larghezza di braccia otto da esso fiume, incominciando dalla bocca dalla parte di sera da Seniga fino al ponte di Pralboino, e dal detto ponte fino a quello di Pavone dalla parte di mattina, e da questo fino a Manerbio dalla parte di sera ».

Lo stesso ordine veniva dato il 22 agosto 1673 alle Comunità di Manerbio, Cigole, Milzano, Seniga, Pralboino, Pavone e Milzanello.

Intanto si avanzavano i lavori di escavazione e di allargamento dei vasi, a dirigere i quali era stato eletto il Deputato Vespasiano Luzzago.

Per tener conto di vari reclami d'interessati e di una domanda del comune di Manerbio, un'apposita Commissione determinava il tracciato definitivo del naviglio inferiore, in base al quale il Capitano Vincenzo Barattoni da Padova coll'ingegnere Moretti redigeva il progetto definitivo in data 24 novembre 1673.

Esso naviglio partendo da Brescia, dal sito ove arrivava già l'esistente naviglio di Gavardo, per la strada del porto, presso il ponte della Canevrella, per la strada dei Parmesani fino alle Gerole passando per S. Zeno, Montirone, per le Lame di Bagnolo, Porzano, Leno e Milzanello raggiungeva il Mella allo sbocco del Molone.

Questo progetto veniva approvato in un Consiglio Generale del 6 dicembre 1673, e nel successivo giorno 9 dicembre i Rettori ed Ingegneri coi Deputati recavansi sul luogo per il tracciato e per fare iniziare lo scavo, essendosi con apposite convenzioni data assicurazione agl'interessati per le molte irrigazioni di terreni, che sarebbero stati tutelati i loro diritti.

L'operazione pareva avanzare sotto lieti auspici, tanto che riportasi, come nel 12 marzo 1674 i lavori fossero arrivati a tre miglia da S. Zeno, e nel giugno 1674 una barca carica di vino da Seniga sarebbe arrivata a Pralboino.

Devesi però supporre che a quest'epoca si affacciassero delle notevoli difficoltà tecniche, per le quali il Governo veneto inviasse a Brescia il Proto Contini per rilevare i lavori fatti e quelli da farsi lungo il naviglio in quistione da Brescia al Mella.

Esso Proto con una relazione estesa nel 1675 suggeriva doversi costruire le opere seguenti:

Una strada alzaia lungo il Mella dal suo sbocco in Oglio, fino alla confluenza del Molone;

Un edificio a porte all'imbocco del Molone coi relativi scaricatori, per lasciare nel canale la sola acqua necessaria alla navigazione;

Doversi allargare ed approfondire il Molone fino all'alveo del colatore Calvero vicino al Moloncello per provvedere al ricambio di due barche; doversi approfondire il Calvero stesso fino alla strada che va da Leno a Porzano;

Dal fenile del sig. Gazzago fino al canal Montirone doversi scavare per circa due miglia l'alveo in sede propria attraverso terreni e pascoli bassi con sorgive d'acqua: quest'alveo avrebbe dovuto farsi con scarpe del due di base e con argini lontani dallo scavo in riguardo dei terreni ghiaiosi facili a sgrottarsi, con evidente pericolo di otturazione dell'alveo medesimo.

Lo stesso Proto rilevava poi l'abbondanza delle scaturigini d'acqua esistenti dal Montirone a S. Zeno che sarebbero state sufficienti per fornire il canale d'acqua per la navigazione.

Presentata la relazione del Proto Contini dai Governatori di Brescia, il Veneto Senato in data 27 marzo 1675 autorizzava l'attuazione delle varie proposte pei lavori e per le spese relative. Ma questo rimane l'ultimo atto riguardante questo naviglio da Brescia al Mella che non fu continuato. La mancanza di documenti dalla data ricordata alla caduta della Repubblica non permette di conoscere le vere cause, che determinarono l'abbandono dei fatti lavori. Assai probabilmente la grande collisione di interessi per irrigazioni ed opifici esistenti, che si modificavano col nuovo canale, il quale veniva ad impegnare numerosi corsi d'acqua naturali ed artificiali già usufruiti da proprietari influenti nella cosa pubblica, aveva sollevate contro l'attuazione del canale stesso gravissime opposizioni, le quali, aggiunte alle difficoltà di escavare l'alveo per le qualità dei terreni, e di provvedere i denari necessari prevalsero sulle decisioni di coloro che avrebbero difesa l'attuazione di una opera così utile e propugnata già dalla metà del 13° secolo.

Se tali erano le sorti del naviglio anzidetto non diverse erano quelle del naviglio dal lago d'Iseo a Brescia, del quale non si trova più cenno dopo le proposte del Renati.

Quanto al naviglio Bresciano derivato dal Chiese a Gavardo, abbandonate le idee della navigazione esso rimase intieramente utilizzato per irrigazioni ed opifici, e le sue colaticcie continuarono come oggidì a finire nel naviglio d'Isorella, che sgraziatamente per le quistioni politiche era stato abbandonato, quale canale da adottarsi per la navigazione, mentre il suo andamento

rettilineo e la direzione rispetto alla inclinazione naturale del terreno, avrebbero dovuto consigliare diversamente.

Delle acque dell'Oglio numerose derivazioni ed importanti furono stabilite per opifici ed irrigazioni nelle regioni del Bergamasco, del Cremonese e del Bresciano, nel quale territorio, come accennossi, la più antica è la Roggia Fusia derivata direttamente dal Lago d'Iseo, la quale oltre che utilizzata per usi industriali ed irrigui venne circa al 1562 resa anche navigabile fino a Palazzolo e con qualche limitazione fino a Rovato. A questa Roggia fin dal 1615, come fecesi menzione, erasi pensato per continuare un canale navigabile da Palazzolo a Brescia, ma anche di questo canale non trovasi cenno ulteriore, fino alla costituzione del Regno Italico.

Progetto Coccoli.

Napoleone I con apposito Decreto 18 giugno 1805 disponeva: che fosse stabilito un canale di navigazione da Brescia fino all'Oglio.

Lo studio del relativo progetto veniva eseguito nel 1806 sotto la direzione dell'Ispettore Coccoli, con tutto il più desiderabile dettaglio, come ne fanno fede i disegni, che in gran parte si conservano.

Il progetto contempla il canale dal lago d'Iseo a Brescia, e da Brescia all'Oglio, e questo programma viene giustificato dal fatto, che lo stesso Napoleone con altro Decreto avea contemporaneamente ordinato la costruzione dell'altro importantissimo canale navigabile dal lago di Garda a Mantova e lungo il Mincio inferiore al Po, per cui la parte della regione Bresciana della valle superiore del Chiese, avrebbe avuto già uno sbocco a questa grande arteria navigabile presso Salò, senza bisogno di scendere a Gavarado, giusta le mire originarie dei canali Bresciani; conseguentemente lo studio del nuovo Canale dovea precipuamente essere rivolto agli interessi della vallata superiore dell'Oglio così ricca e così appartata dalle vie commerciali allacciando appunto la navigazione di esso lago d'Iseo colle vie navigabili esistenti, passando per Brescia.

Il concetto tecnico preferito dal Coccoli per raggiungere lo scopo fu quello di utilizzare superiormente a Brescia la Roggia Fusia derivata già dal lago d'Iseo e per quei tempi in condizioni sufficienti di navigabilità, ed inferiormente a Brescia il naviglio d'Isorella.

Se i pochi dati storici che si trovano riportati sommariamente nei suesposti cenni, sulle vicende dei canali proposti in passato, ed alcuni anche senza frutto qualsiasi iniziati con ingente dispendio nella pianura Bresciana servono ad avvalorare un giudizio, il concetto del Coccoli non può che ritenersi il migliore ed il più pratico anche sotto l'aspetto della sanzione dei fatti.

I. *Tracciato del Canale.* — Le condizioni del fiume Oglio, le cui acque allo stato ordinario si trovavano già fino da allora completamente utilizzate per antichi usi industriali ed irrigui, e d'altra parte le esigenze del tracciato del nuovo canale, il quale doveva toccare Brescia e coordinarsi col Naviglio inferiore detto di Isorella, escludevano a priori la possibilità di qualsiasi altra soluzione del problema, all'infuori di quella diretta a sistemare uno

dei canali già derivati dall'Oglio: fra i quali solo la Roggia Fusia si prestava all'uopo, sia per le sue condizioni corografiche ed altimetriche, sia anche perchè già sufficientemente navigabile fino quasi al suo termine, a Rovato.

E' perciò che il canale progettato dal Coccoli, ha principio dal F. Oglio sotto Sarnico, dove sbocca il lago d'Iseo, e seguendo sempre dapprima l'andamento della Roggia Fusia, dopo aver toccato Rovato si porta a Brescia, che gira a ponente e mezzodi fino al Canton Mombello.

Da qui il Canale si dirige verso Sud, e, toccato l'abitato di S. Zeno, raggiunge il naviglio di Isorella, che poi segue sempre fino al suo termine passando per Montirone, Ghedi, Isorella, Cà di Marco, Casalromano e sboccando nel fiume Oglio a Canneto.

Riguardo al tratto superiore del naviglio non sarà fuor di luogo l'accennare come non sieno sfuggite all'esame del Coccoli anche le due altre traccie proposte nel 1656 dal Renati per raggiungere il lago d'Iseo da Brescia. quella, cioè, attraverso le Lame d'Iseo e per le terre di Calino, e quella per la valle di Paratico.

Ma, per la prima, planimetricamente più breve dalla lama di Provaglio per Borgonato, Calino e Bornato, attesa l'altezza del taglio, per la sola apertura del Canale fino alla Valle di Calino si sarebbe certo richiesto una maggior spesa di parecchi milioni.

Parimenti, ancora a motivo della spesa, non era opportuna l'altra linea determinata dall'avvallamento, che parte da Paratico e va verso Capriolo stando quasi nel mezzo fra l'Oglio e il monte d'Adro, perchè l'altura, che si incontra a Vanzago e da lì poi si mantiene costante nella direzione di mezzodi, avrebbe impedito di proseguire oltre, e quindi a questo punto avrebbe costretto a portarsi a lambire il fiume Oglio, facendo troppo costare il piccolo beneficio del breve accorciamento.

Era quindi senz'altro preferibile il costeggiare il vallone dell'Oglio, tenendo la linea della Seriola Fusia, la quale risultava così l'unica via possibile per portarsi verso Brescia, e poichè la ripida costiera non lasciava sufficiente spazio per aprire un altro canale a fianco della Fusia, non restava che servirsi del vaso della Fusia stessa opportunamente ampliato.

Presso a Palazzolo, dove la Fusia si scosta dalla sponda dell'Oglio, per il breve tratto fra le località detta Calcine e quella denominata Fabbrica, il Coccoli credette opportuno di abbandonare la linea della vecchia Fusia per correggere la tortuosità, che questa ivi presenta, importando siffatto miglioramento una lieve spesa in più. Ma dalla Fabbrica in poi, e così fino a Rovato, ove termina la Fusia stessa in questa plaga, il nuovo canale torna ancora a seguire l'andamento della roggia dalla quale esso non si può scostare, essendo questa stata condotta per la sola linea di livello possibile, sulla falda a dolce pendenza delle radici del Monte Orfano.

Nè meno assolute si presentano le esigenze del terreno fra Rovato e Brescia per il tracciamento del canale.

Non si sarebbe potuto tenere infatti la linea retta, a motivo della depressione notevolissima della Mandolossa, che è di ben 15 metri più bassa del Mella. Perciò anche nel lodevolissimo intento di portare col canale navigabile pure il beneficio della irrigazione nelle campagne attraversate, che in tutta la plaga da Palazzolo a Brescia hanno l'inconveniente di essere in-

teramente o quasi asciutte, il Coccoli tenne il canale sulla linea più alta possibile, e cioè su quella che per Paderno e Rodengo si porta verso il piede delle colline di Padergnone, Ronco, Gussago, Cellatica e Fantasina. E poichè l'assondare proprio letteralmente le radici delle dette colline avrebbe condotto a una linea troppo tortuosa, così per dare al canale un andamento il più possibile regolare e a fiore di terra in quella plaga tanto accidentata, proponevasi nel progetto di diramare dal naviglio presso Rodengo un canale di irrigazione destinato a portare la fertilità alle radici delle summenzionate colline, spostando alquanto da esse il canale navigabile sviluppato in curva dolce e regolare dal Gandovere fino a Brescia.

A motivo però della singolare accidentalità di quella plaga, fu necessario di abbassare la linea mediante un sostegno doppio al Gandovere, e due altri sostegni semplici nei tronchi compresi tra il Gandovere e la Fantasina, e per non dare al naviglio un andamento troppo serpeggiante e deforme, si rese indispensabile di attraversare in galleria i colli, che stanno a ponente di Brescia alla Fantasina e alla Torricella. Da qui il canale deve tenersi pensile per sorpassare lo stradone di Milano e il fiume Mella, e indi portarsi in linea retta alla Fossa di Brescia tra la Porta di Milano e Porta Stazione, affine di girare poi la città fino al Canton Mombello dove ha principio il naviglio inferiore.

Evidentemente per raggiungere col canale nel modo più economico il Po, conveniva servirsi di uno o dell'altro dei suoi due affluenti, il Mella o l'Oglio.

Ma il ricordo delle passate vicende e dei mal riesciti tentativi per costruire un naviglio da Brescia al Mella, il fatto che il naviglio d'Isorella si conservava già scavato per lunga estesa con un tracciato rettilineo fino allo sbocco in Oglio presso Canneto, e la cessazione ormai di ogni ragione politica che avea indotto i Bresciani ad abbandonarlo, non poteano lasciare esitazione alcuna a preferire la via diretta al fiume Oglio, mercè il completamento di esso naviglio d'Isorella, adottata infatti nel progetto Coccoli.

Ed in proposito è anzi da ritenersi che il Coccoli dapprima, attenendosi alla letterale disposizione del decreto Napoleonico, studiasse solo il naviglio inferiore o d'Isorella per ridurlo navigabile, anche indipendentemente dalla creazione del naviglio superiore da Brescia al lago d'Iseo.

Mercè questa interpretazione, si spiegherebbero le varianti che si trovano nei piani del canale inferiore e che consisterebbero in miglioramenti dal Coccoli proposti in seguito allo studio del progetto del naviglio superiore.

Infatti senza di questo, per fornire il canale inferiore di acqua sufficiente per la navigazione da Brescia fino alle fontane di S. Zeno, si sarebbe dovuto adottare, a partire dal Canton Mombello, il canale orizzontale con una escavazione di 7 metri, collocando alla Masa un triplice sostegno alto complessivamente 10 metri.

In seguito, dalla Masa a S. Zeno, sarebbe occorso di tenere una via più lunga e tortuosa, per portarsi a raggiungere il canale della Fontana, che è alquanto discosto dalla linea naturale del naviglio.

Così, sempre a motivo della scarsità dell'acqua, tanto a Ghedi, che nella località detta Fenile, si sarebbe dovuto progettare un sostegno duplice alto complessivamente metri 7.

Invece col progetto del naviglio superiore, convogliandosi il volume di

acqua all'uopo derivato dal lago d'Iseo, nei detti quattro tronchi si può assegnare al canale un'altezza di scavo assai minore, ripartendo in modo più economico i sostegni e conseguendo così un notevole risparmio di spesa.

II. *Opere complementari.* — Dovendo, come si è visto, il naviglio immergersi nella Fossa di Brescia, ed essendo questa ora percorsa dal torrente Garza, che la gira tutta e poi al Canton Mombello va per la Canevrella a scaricarsi a S. Zeno nel naviglio, che proviene da Gavardo, non poteva sfuggire al Coccoli la necessità di deviare il torrente Garza, affine di non esporre il nuovo canale alle molestie del torrente stesso.

Anticamente il torrente Garza teneva altra via. Entrava nella città di Brescia a Porta Pile e attraversandola tutta da nord a sud, ne sortiva in facciata a S. Domenico (ove ora trovasi lo stabilimento dei bagni attiguo all'ospedale); poi sorpassata la fossa mediante alto acquedotto, si dirigeva verso Folzano, Aspes e Borgo Poncarale, formando la cosiddetta Vecchia Garza, la quale varcando al ponte Rabbioso lo stradone di Cremona, cambiava il suo vero nome con quello di Molone per gettarsi poi in Mella poco al di sotto di Manerbio.

Senonchè essendosi l'antico alveo del Garza superiormente alla città dimostrato insufficiente a smaltire le piene, fu nei secoli passati costruito il diversivo Garzetta, che staccandosi dal Garza a monte di Brescia e dirigendosi verso levante, va a gettarsi nel fiume Mella presso Ponte Gattello.

Era quindi naturale che il Coccoli, considerando che se già in antico il vecchio alveo del Garza si era mostrato insufficiente a contenere le sue piene, tanto meno doveva bastare ora che la città è divenuta più densa di fabbricati, concludesse che non era più possibile ridurre il Garza a battere l'antica via senza inondare la città, e saviamente ideasse il progetto di deviare il torrente al bivio di Valle Trompia, portandolo direttamente nel Mella, circa a metà della tratta Colle Beato-Urago, all'altezza di S. Bartolomeo.

Immettendosi però il Garza nel Mella, converrà rinforzare le sponde e le arginature del Mella, affinchè esse siano in grado di resistere al sovraccarico delle sue acque, sebbene questo aumento non debba poi incutere soverchio timore, perchè essendo le sorgenti del Mella assai più lontane di quelle del Garza, le piene del primo devono arrivare al confluente molto tempo dopo.

Nel progetto Coccoli trovasi anche abbozzata un'aggiunta, che qui si accenna solo per debito di notizia, la quale avrebbe servito a porre il Naviglio di Brescia in comunicazione con la fonderia di cannoni eretta da Napoleone I a Caionvico, e con Montechiari, ove oltre alla navigazione il progettato canale avrebbe portato anche il beneficio dell'irrigazione. Ma di tale aggiunta ora non è più il caso di parlare, poichè non solo la fonderia di Caionvico non esiste più, essendo quell'edificio stato trasformato ad altro uso, e quindi non sussistono più le ragioni strategico-militari, che avevano consigliata quella diramazione, ma anche per la bonifica di Montechiari sono in campo altri progetti.

III. *Dimensioni principali del canale.* — Allo scopo di fornire un'idea per quanto sommaria dell'andamento planimetrico ed altimetrico di questo canale, si allegano alla presente la corografia della regione attraversata ed il profilo longitudinale del fondo sull'asse del canale stesso (Tav. I e II).

La lunghezza complessiva di tutto il Naviglio è di metri 90658, di cui 44259 spettano al tronco superiore dal lago d'Iseo al Canton Mombello e 46399 al tronco inferiore dal Canton suddetto al suo termine in Oglio.

La caduta totale è di m. 157,600, di cui m. 51,317 nel Naviglio Superiore e m. 106,283 in quello Inferiore.

Il Naviglio Superiore, oltre le tre piccole traverse, che si conserverebbero nelle località, ove avviene la partizione delle acque della Fusia dovute ai comuni di Palazzolo, Chiari e Rovato, alte le prime due 40 centimetri e la terza 35 centimetri, presenta quattro sostegni, di cui il primo doppio al Gandovere alto m. 8.908, il secondo alto m. 5.476 fra Padergnone e Villa di Gussago, il terzo alto m. 3.515 fra Villa e la strada di Cellatica ed il quarto doppio alto m. 9, 116 appena a monte della Porta Stazione (Vedi prospetto 1).

Il Naviglio Inferiore, dovendo a motivo del suo andamento vincere una pendenza assai maggiore, conta ben sedici sostegni, di cui cinque doppi e undici semplici. Tre, semplici e alti in media m. 4.75 si trovano subito nel primo tronco tra Brescia e il Biocco Calini, ed altri due pure semplici e alti in media m. 4.80 nel tronco immediatamente successivo tra il Biocco e S. Zeno, mentre nel terzo tronco non vi è nessun sostegno. Gli altri undici sostegni poi sono distribuiti alla fine di ciascuno degli altri rimanenti tronchi ed hanno i cinque doppi l'altezza media di m. 6.72 e i sei semplici quella di m. 3.45.

La pendenza unitaria media di tutto il Naviglio, naturalmente eccettuati i salti dei sostegni, è del 0,57 00/00. Quella del Naviglio Superiore è del 0,52 per mille e in generale decresce sempre dal 0,6 circa al 0,4 circa per mille. La pendenza unitaria media del Naviglio Inferiore è del 0,61 00/00 ed anzi oscillerebbe solo fra il 0,4 e il 0,5 00/00 se non si fosse dovuto assegnare a certi tronchi del canale, a motivo del continuo affluire di sorgenti, una pendenza assai più forte e che in qualche tratto raggiunge anche l'1,2 per mille.

La larghezza del Naviglio nel suo primo tratto fino alla diramazione per Palazzolo è di 12 metri.

Da questo punto a quello ove ha luogo la diramazione per Chiari il canale è largo 11 metri, nel seguente tronco fino a Rovato 10 metri e da Rovato in poi fino al suo sbocco nell'Oglio, il canale conserva la larghezza di nove metri. Quanto all'altezza viva d'acqua si avrebbe un tirante di m. 1.50 fino al nuovo canale d'irrigazione fra Rovato e Brescia, e di almeno m. 1.20 per tutto il rimanente corso fino all'Oglio.

IV. Alimentazione e presa del canale. — Il volume d'acqua necessario per alimentare il canale viene derivato dal fiume Oglio, e poichè l'acqua di questo fiume, come già si disse, era già tutta impegnata per le derivazioni che vi si estraggono, il Coccoli ha proposto di ridurre il lago di Iseo a serbatoio artificiale, e, cioè, di immagazzinarvi l'acqua nei periodi abbondanti per utilizzarla in quelli di scarsità.

Ma in pari tempo egli ha anche progettato di ampliare e approfondire l'incile e il primo tratto dell'emissario a fine di rimuovere ogni pericolo di sommersione per le rive del lago d'Iseo (Tav. III).

La quantità d'acqua occorrente per il Naviglio, tenuto conto di dispen-

sare fra Rovato e Brescia anche acqua per irrigare circa 100 mila pertiche metriche, fu dal Coccoli determinato in circa 7 metri cubi al minuto secondo a Rovato, e in circa 3 metri cubi a Brescia, essendo ivi quest'ultimo volume assolutamente indispensabile per impinguare il primo tratto del Naviglio Inferiore, ove esso difetta affatto di acqua, salvo a destinare più avanti a profitto della irrigazione il volume stesso, nonchè le altre acque esuberanti che il Naviglio viene mano a mano ad acquistare dalle sorgenti e dal sotto-suolo.

A motivo della assoluta scarsità dell'acqua disponibile, devesi però estrarre dal fiume Oglio solo il volume strettamente necessario. In base alla pendenza del canale, la quale era vincolata a quella dei terreni attraversati e in base alle altre esigenze di sostegni a cui il canale doveva sottostare per la navigabilità, e considerato che esso sotto Rovato doveva avere la larghezza di m. 9 e il tirante di m. 1.50, il Coccoli in seguito a laboriosi raffronti idrometrici con altri canali già esistenti determinava la velocità media del nuovo canale fra Rovato ed il proposto canale di irrigazione di circa m. 0.50 al minuto secondo e quindi la sua portata:

$$Q = Av = 9^m,00 \times 1^m,50 \times 0^m,50 = 6,75 \text{ metri cubi}$$

al minuto secondo; velocità e portata naturalmente regolarizzabili colle manovre dei sostegni, mentre colle pendenze assegnate al fondo potrebbero essere anche maggiori.

Alla quale portata, constando la giornata di 86,400 minuti secondi, corrisponde un consumo giornaliero di mc. $6.75 \times 86,400'' = 583,200$ mc. che il Coccoli ha arrotondato a 600,000 mc. per tenere conto anche dei disperdimenti prodotti dalle evaporazioni e dagli assorbimenti.

In modo consimile il Coccoli ha determinato per il Naviglio Superiore presso Brescia, ove ha già ceduta tutta l'acqua destinata alla irrigazione della plaga precedente e quindi basterà che abbia l'altezza d'acqua di m. 1.20 assegnata pure al Naviglio Inferiore, che colla velocità di circa m. 0.30 al minuto secondo avrebbe la portata corrispondente a

$$m. 9.00 \times m. 1.20 \times 0.30 = mc. 3.24.$$

Con ciò sarebbero provvisti mc. 3.54 per la irrigazione, volume il quale, avendo la campagna da irrigare la superficie di circa 10 mila ettari, equivale a un terzo di litro (litri 0.35 propriamente) in media al 1'' per ogni ettaro irrigato e quindi più che sufficiente per terreni a coltivazione mista.

I criteri ideati da Coccoli per l'invasamento del lago di Iseo si riducono ai due seguenti:

1. Limite massimo della trattenuta, m. 1.00 sotto il livello delle massime piene.
2. Altezza dello strato d'acqua da trattarsi nel lago, m. 1.20.

Il detto limite massimo di trattenuta, quando venga riferito all'idrometro di Sarnico, che al tempo del Coccoli ancora non sussisteva, corrisponderebbe letteralmente a circa m. 1.30 sullo zero. Però, allo scopo di più largamente garantire gli interessi dei frontisti del lago d'Iseo, che cominciano a risentire danno, per quanto è dato oggidì di sapere, quando il livello del lago raggiunge l'altezza di m. 1.25, converrà limitarlo all'altezza di m. 1 sullo zero di Sarnico, tanto più che con la distruzione della Nassa Paratico

(marzo 1860) e della Diga Alessandri (in principio del 1883) è avvenuto un abbassamento nell'incile dell'Oglio, il quale deve naturalmente avere depresso anche il livello delle massime piene.

Ritenuta a tale riguardo in m. 1.20 l'altezza dell'invaso, come l'ha proposta il Coccoli, e posto come limite superiore quello di m. 1.00 sopra lo zero di detto idrometro di Sarnico, si viene anche ad ammettere, che lo specchio del lago non abbia mai ad abbassarsi sotto il livello di m. 0.20 sotto lo zero dell'idrometro di Sarnico, livello che oltre a corrispondere già a quello delle massime magre, sarebbe pericoloso di oltrepassare perchè altrimenti si danneggerebbero le rive del lago, sia compromettendo la stabilità dei muri di fondazione dei fabbricati, che ora sono contropremuti dalle acque del lago, sia mettendo in secco i numerosi approdi, sia lasciando scoperte le gronde palustri, che esistono su lunga estesa presso Pisogne, dove l'Oglio entra nel lago e sotto Iseo, ove ne esce, il che porterebbe non lieve pregiudizio alla igiene di tutta quella regione.

Affinchè poi le piene, le quali eventualmente sopraggiungessero quando il lago trovasi invasato, non avessero ad inondare le case ed i terreni situati sulle rive, occorrendo di provvedere al loro rapido smaltimento, il Coccoli avea pure progettato di sgombrare l'incile dell'emissario, non solo demolendo la Nassa Paratico e la Diga Alessandri, ora, come si disse, già distrutte, ma anche ampliando ed abbassando adeguatamente il fondo dell'Oglio nel suo primo tratto, ove l'alveo è più ristretto e rialzato, in guisa da portarne la larghezza da 55 a 72 metri e di approfondirlo di un metro sotto la soglia della bocca attuale della Roggia Fusia (Tav. III); e in pari tempo portando più a valle la foce del torrente Guerna, la quale fu in seguito effettivamente già trasportata più sotto quando fu abbattuta la Diga Alessandri, appunto per impedire che i depositi del torrente ostruissero la bocca dell'Oglio.

Senonchè per aumentare la facoltà di smaltimento dell'emissario, permettendolo le condizioni del fondo gioverà spingere il detto approfondimento non solo a circa 100 metri a valle della bocca attuale della Fusia, come lo avea proposto il Coccoli, ma bensì fino a 400 metri a valle circa della bocca stessa (Vedasi l'unito profilo particolareggiato del fiume Oglio alla presa del canale, Tav. III), in guisa che soppressi tutti i rialzi e i dossi ora esistenti, il fondo nuovo del fiume venga ad assumere per tutto il detto tratto la già notevole cadente del 5 per mille, avviandosi così meglio la corrente nel residuo alveo già tutto dotato di forte pendenza.

La circostanza poi che la Roggia Fusia nel suo primo tratto ha pendenza pure assai grande (metri 1.08 su 486 metri) ha molto opportunamente suggerito al Coccoli di trasportare un centinaio di metri più sotto la bocca della Roggia stessa, per erigere quivi anche la chiusa regolatrice del lago, in località quindi, per la sua fondazione, più sicura che a monte, abbassando in pari tempo la soglia della nuova bocca della Fusia a una quota tale da consentire alle navi che transitano nel canale un tirante di metri 1.30 sotto il limite minimo di vaso, senza peraltro turbare le condizioni essenziali della roggia Fusia.

Nel progetto Coccoli il manufatto regolatore del lago consiste in una chiusa costituita di 17 arcate larghe 4 metri ciascuna e portate da massicci piloni di muratura, i quali oltre a sorreggere un ponte, insieme ad altret-

tante robuste colonne di ferro, le quali dividerebbero per metà ogni arcata, sosterranno le travi orizzontali o i panconi, destinati a regolare il livello del lago e l'erogazione delle acque nel nuovo canale e nell'Oglio.

Avendo però, dopo la compilazione di questo progetto, l'esperienza dimostrata all'evidenza l'ottimo successo delle chiuse mobili, le quali hanno altresì il grande vantaggio di non richiedere grossi piloni fissi e di lasciare interamente libera la sezione del fiume, converrà sostituire alla chiusa progettata da Coccoli una chiusa Poirée.

Dovendo il letto dell'Oglio, nella località dove deve sorgere la chiusa — come già più sopra si disse — essere approfondito per aumentare la facoltà smaltitiva dell'emissario, in modo che ivi il fondo si troverà depresso metri 2.50 sotto lo zero di Sarnico, ed essendo stabilito in metri 1 sullo zero stesso il massimo livello della trattenuta, risulta complessivamente di metri 3.50 l'altezza massima della colonna d'acqua che dovrà essere sostenuta dalla chiusa; perciò occorrendo di lasciare un margine di 35 centimetri per la incassatura dei cavalletti al piede e un altro margine di 35 centimetri al di sopra del livello dell'acqua per tutte le esigenze di manovra e per l'impianto della ponticella di servizio, i cavalletti della chiusa verranno ad avere l'altezza di circa metri 4.20. Ed allo scopo di evitare che i cavalletti Poirée, quando si coricano sul fondo, abbiano a sormontarsi, essendo di 72 metri la luce complessiva della chiusa, basterà ricorrere all'impiego di 16 cavalletti, per modo che risulteranno diciassette intervalli di 4.23 ciascuno.

A fianco della chiusa in riva sinistra verrà aperta la nuova bocca Fusia la cui luce da metri 8.50 sarà portata a metri 12; e appena al di là della detta bocca si costruirà il sostegno destinato a mantenere la continuità della navigazione quando le acque del lago siano invasate.

V. *Innocuità del progetto rispetto alle utenze dell'Oglio.* — Ora non resterebbe che a dimostrare:

1. che col progetto Coccoli si riuscirebbe a fornire al nuovo canale navigabile la quantità d'acqua occorrente, senza sottrarre alle roggie derivate dall'Oglio la loro competenza;

2. che ancorchè sopraggiunga una fortissima piena quando la trattenuta si trovasse già al suo massimo livello, si riuscirà a svasare il lago con tale rapidità e in tale misura da eliminare affatto qualsiasi pericolo di inondazione per i terreni e le case situate a monte della chiusa.

Per provare che non si sottrae acqua alle roggie dell'Oglio, è anzitutto necessario di conoscere il loro fabbisogno. E in proposito devesi pure premettere che il fiume Oglio, al pari e ancora più anzi degli altri fiumi lacuali alpini (1), possiede il beneficio di rimpinguarsi notevolmente al disotto della sua uscita dal lago, sia per i numerosi scoli, che per le molte sorgive, tanto che per i detti recuperi la sua portata sotto Pontoglio va man mano rinnovandosi in guisa che si ritiene generalmente che quando i deflussi dell'Oglio a Sarnico bastino per soddisfare le derivazioni in provincia di Brescia, i suaccennati recuperi danno sufficiente alimento alle inferiori derivazioni cre-

(1) Taramelli, *Spiegazione della carta geologica della Lombardia.* — Lombardini *Notizie naturali e civili sulla Lombardia.*

monesi, e anzi ancora resta nell'Oglio abbastanza acqua da defluire anche al disotto dell'alta traversa che serve per l'ultima derivazione del naviglio in vicinanza della Torre Pallavicina.

Ora la competenza complessiva delle rogge bresciane, derivate in riva sinistra del fiume Oglio è di 38 metri cubi al minuto secondo, compresavi la Roggia Fusia, la cui portata è valutata in metri cubi 6.70 (1). Tuttavia per eccesso di prudenza e per meglio favorire gli utenti delle rogge stesse essa portata per la dimostrazione presente si computa di 42 metri cubi.

Quanto al fabbisogno pel nuovo canale navigabile si è già posto in rilievo che fu dal Coccoli valutato nella cifra tonda di 600,000 metri cubi al giorno, ai quali corrispondono 7 metri cubi (mc. 6.944) al minuto secondo.

Però il Coccoli ha giustamente osservato, che dopo il settembre quando cessano le irrigazioni, mentre pel naviglio occorrerà sempre un volume di acqua costante, per le irrigazioni, dovendosi nella stagione jemale provvedere solo alle marcite, basterà la metà del volume impiegato nell'estate, e quindi in complesso, tra navigazione e irrigazione, solo 5 metri cubi al minuto secondo.

Perciò si può ritenere, che d'estate occorranò 49 metri cubi (42 per le rogge già esistenti e 7 pel nuovo naviglio) e d'inverno 47 metri cubi (42 per le rogge e 5 pel naviglio); con l'avvertenza che nel nuovo naviglio dovendo introdursi anche il volume di metri cubi 6.70 spettanti alla Roggia Fusia, si dovranno immettere metri cubi 13.70 d'estate e metri cubi 11.70 d'inverno.

Ma non basta conoscere il volume d'acqua occorrente al nuovo canale e alle derivazioni già esistenti, perchè, per poter giudicare se il fiume Oglio basti ad alimentare il detto volume è evidente che bisogna altresì conoscere la quantità d'acqua che il fiume Oglio può fornire.

Coordinando i dati forniti dal Lombardini (2) coi risultati concordi di alcune misure di portata fatte in diverse occasioni da parecchi ingegneri

(1) Questa competenza delle rogge bresciane, in mancanza di più recenti misure viene ricavata dalla relazione illustrative della Carta d'Italia, pubblicata dal Ministero di agricoltura, industria e commercio, nonchè da una consulta in data 20 agosto 1855 del Lombardini rivolta quale Direttore delle pubbliche costruzioni alla Luogotenenza di Lombardia, nella quale consulta appunto scriveva: « Le derivazioni bresciane alla « sinistra del fiume hanno luogo da Sarnico a Rudiano con canali, la cui portata « totale, a competenza completa, si calcola presuntivamente di 38 metri cubi. »

Questi canali nella relazione illustrativa della Carta d'Italia — volume Lombardia — sarebbero designati colle rispettive portate come segue:

Roggia Fusia	mc. 6.70
Seriola di Chiari,	» 10.00
Roggia Cristina	» 3.00
Id. Trenzana	» 3.50
Id. Bajona	» 5.50
Id. Rudiana	» 3.50
Id. Castellana	» 2.85
Id. Visconta d'Urago »	1.65
Id. Molino d'Urago »	1.65
Totale.	mc. 38.35

(2) Il Lombardini, *Guida allo Studio dell'Idrologia Fluviale*, assegna all'Oglio lacuale e Cherio in massima magra 20 metri cubi, in magra ordinaria 36 mc., e in massima piena 320 mc.

privati a diversi stati del fiume Oglio e rappresentandoli graficamente si ottiene la scala di portate disegnata nell'unito diagramma (Tavola IV), mediante la quale si può per ogni altezza dell'idrometro di Sarnico ricavare la portata del fiume.

Possedendosi così tutti gli elementi per indagare se la quantità d'acqua disponibile sia sufficiente, uno dei modi più sicuri per giudicare gli effetti delle progettate variazioni nel lago, è certo quello di supporre l'opera già eseguita e quindi di ricercare quali sarebbero allora state le conseguenze dell'invasamento del lago stesso.

Nell'unito prospetto (Prospetto II) si trovano riassunti i risultati di questa indagine per il triennio dal 1° luglio 1898 al 30 giugno 1900, indagine che per quanto fatta non su medie giornaliere ma bensì su medie mensili, basta a dare un concetto degli effetti che si ricercano.

Nel suaccennato prospetto, ad ogni mese trovasi contrapposta subito nella seconda colonna la indicazione dell'altezza media verificatasi all'idrometro di Sarnico.

Incominciando dal principio del triennio si vede che nel luglio del 1898 l'altezza media fu di m. 0.57 sullo zero. A questa altezza dalla succitata scala di portate (Tavola IV) si desume che corrisponde la portata di 72 metri cubi al 1°.

L'altezza media-mensile del successivo agosto fu di m. 0.44 ancora sullo zero. Dunque essendo il lago dal luglio all'agosto calato 13 centimetri, gli afflussi saranno evidentemente stati minori dei deflussi e in base al canone fondamentale già perfettamente intuito dal Coccoli, ma che per la prima volta, come consta, fu messo in rilievo da Lombardini, che, cioè, *in un dato tempo (Δt) la quantità d'acqua affluente (A) eguaglia quella defluente (D), più o meno quella ($S. \Delta h$) della quale si è accresciuto o diminuito il lago*, canone che si può quindi esprimere con la equazione

$$A. \Delta t = D. \Delta t + S. \Delta h$$

tenendo conto che la superficie dello specchio lacuale è di 60 chilometri quadrati, si vede che l'afflusso per minuto secondo al lago nel predetto mese di luglio deve essere stato minore del deflusso della quantità

$$\frac{60000000^{\text{mq}} \times 0,13}{30 \text{ giorni} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 3^{\text{mc}},003$$

e quindi l'afflusso medio al minuto secondo nel detto mese di luglio deve essere stato di **72 mc. — 3mc. = 69mc.**

Ed immaginando che l'opera fosse già eseguita per ricercare quali conseguenze ne sarebbero derivate, è logico supporre che al 1° luglio 1898 i custodi della chiusa regolatrice, vedendo il lago in decremento, ed essendo il volume dell'acqua, che defluiva per l'Oglio superiore alle competenze dei diritti antichi, avrebbero regolata la chiusa Poirée in modo da trattenere l'acqua esuberante, almeno finchè non si superava l'altezza di m. 1.00 sullo zero fissata come limite massimo d'invaso.

Allora, poichè per portare il lago dall'altezza di + m. 0.57, che si è effettivamente avuta quale media mensile, a quella di + m. 1.00, sarebbe abbisognato di trattenere nel bacino lacuale uno strato d'acqua alto 43 cen-

timetri al quale corrisponderebbe un afflusso al minuto secondo per la durata di un intero mese di

$$\frac{60000000^{\text{mc}} \times 0^{\text{m}},43}{30 \text{ giorni} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 9^{\text{mc}},9$$

invece di lasciar uscire dal lago l'intero volume affluito di mc. 69 al 1'' si sarebbe lasciato defluire solo quello di mc. 69 — mc. 9.9 = mc. 59,1 al 1''; dei quali 49 sarebbero andati a soddisfare il complessivo fabbisogno del naviglio e delle rogge derivate dall'Oglio e i rimanenti mc. 10.1 sarebbero defluiti giù per l'Oglio, ove avrebbero potuto andare, se si voleva anche, ad incremento delle utilizzazioni già in corso di esercizio.

Nel settembre del 1898, si è avuta l'altezza media idrometrica di + metri 0.28, cui corrisponde la portata di mc. 47.5. Allora avendosi in confronto dello stato d'acqua dell'agosto avuto il calo di 16 centimetri, sempre con ragionamento analogo a quello fatto pel mese precedente, si vede che nell'agosto stesso l'afflusso deve essere stato inferiore al deflusso di

$$\frac{60000000 \times 0,16}{30 \times 24 \times 60 \times 60} = 3^{\text{mc}},696 \text{ al } 1''$$

e in cifra tonda mc. 3.7 e quindi poichè il deflusso corrispondente all'altezza media di + m. 0.44, verificatasi in agosto (Vedasi la detta scala delle portate) è di mc. 60, l'afflusso unitario medio deve essere stato di

$$60^{\text{mc}} - 3^{\text{mc}},7 = 56^{\text{mc}},3$$

afflusso che i custodi della chiusa regolatrice, trovandosi il lago già alla sua altezza massima d'invaso, avrebbero lasciato defluire per intero giù dall'Oglio, e propriamente mc. 49 per le suaccennate competenze (cioè metri cubi 13.70 nella roggia Fusia e mc. 35.30 alle altre rogge derivate dall'Oglio) e i restanti mc. 7.3 sarebbero defluiti nel fiume in esuberanza; mentre è da rilevarsi che se non si fosse attuato l'invaso, si sarebbe avuto il deflusso medio di soli mc. 47.5 corrispondenti all'altezza idrometrica attuale di + m. 0.28 non sufficiente ai bisogni.

Nell'ottobre 1898 essendosi avuta l'altezza media di + m. 0.37, (cui corrisponde il deflusso di mc. 55 al 1''), si è verificato rispetto al precedente mese di settembre l'incremento di 9 centimetri, e perciò corrispondendo a tale incremento un maggior afflusso di

$$\frac{60000000^{\text{mc}} \times 0^{\text{m}},09}{30 \text{ giorni} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 2^{\text{mc}},79 \text{ al } 1''$$

nel predetto mese di settembre si deve aver avuto l'afflusso complessivo di mc. 47.5 + mc. 2.1 = mc. 49.6, che ancora si sarebbe dovuto lasciar defluire per intero, essendo il lago già al suo massimo limite di trattenuta.

Con ragionamento analogo (Vedasi l'unito prospetto II) si rilevarebbe che nei successivi mesi di ottobre, novembre e dicembre del 1898 si sarebbero rispettivamente avuti gli afflussi di mc. 58 — mc. 62.5 — e mc. 52, che si sarebbero essi pure lasciati defluire per intero, perchè il lago si sarebbe sempre trovato al limite massimo d'invaso.

Nel gennaio del 1899 essendosi avuta l'altezza idrometrica media di + m. 0.20 cui corrisponde il deflusso al minuto secondo di mc. 41.5 ed

essendosi verificato il calo di 2 centimetri a cui corrisponde un minore afflusso di

$$\frac{6000000 \times 0,02}{30 \times 24 \times 60 \times 60} = 0^{\text{m}},462$$

si è avuto l'afflusso complessivo di soli mc. 41.5 — mc. 0.5 = mc. 41 al minuto secondo, e quindi un afflusso minore del fabbisogno che nell'inverno abbiamo visto essere di 47 metri cubi.

Perciò se l'opera fosse stata già eseguita, i custodi avrebbero aperta la chiusa in modo da erogare oltre al quantitativo d'acqua affluito naturalmente, anche quella parte di acqua, trattenuta nei mesi antecedenti, sufficiente per raggiungere il suaccennato fabbisogno di mc. 47 al 1''. E perciò occorrendo oltre l'afflusso naturale, altri mc. 6 al 1'', l'invaso del lago sarebbe calato di

$$\frac{6^{\text{m}} \times 30 \text{ giorni} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''}{6000000^{\text{m}^3}} = 0^{\text{m}},26$$

e quindi l'altezza idrometrica alla fine di gennaio sarebbe scesa a m. 1.00 — m. 0.26 = m. 0.74 sullo zero.

Così anche nei successivi mesi di febbraio e di marzo 1899 l'afflusso essendo stato inferiore al fabbisogno, il lago avrebbe continuato a svasarsi scendendo rispettivamente a + m. 0.36 alla fine di febbraio e a + m. 0.11 alla fine di marzo e provvedendo così a deficienze che senza l'invaso sarebbero state inferiori del bisogno di mc. 7.5 nel febbraio e di mc. 11 nel marzo.

Invece nell'aprile essendosi avuto l'afflusso di mc. 58.8 e quindi un afflusso maggiore del fabbisogno estivo (mc. 49) si sarebbe potuto tornare a immagazzinare nuova acqua di scorta nel lago, raggiungendo alla fine del mese l'altezza di m. 0.53 sullo zero di Sarnico.

E così proseguendo sempre con ragionamento analogo, si sarebbero ottenuti i risultati tutti indicati nel succitato prospetto. Dal quale si desume che senza il progettato vaso non si sarebbe potuto erogare la quantità di acqua occorrente per ben nove mesi, cioè nel gennaio, febbraio, marzo, novembre, dicembre 1899, nel febbraio e marzo del 1900 e nel gennaio e febbraio del 1901; e si vede pure, che, anche prescindendo dal progetto del nuovo canale di navigazione, nei mesi stessi le rogge derivate dall'Oglio non avrebbero avuto il volume d'acqua che loro abbisogna; mentre lo avrebbero sempre avuto quando si fosse attivato l'invaso progettato dal Coccoli. Solo nel bimestre febbraio-marzo del 1900 si sarebbe dovuto patire qualche deficienza nel naviglio, sempre però nell'ipotesi che si volesse valutare la competenza delle rogge estratte dall'Oglio nella misura abbondante ammessa di 42 metri cubi, perchè qualora si dovesse valutarla in 38 metri cubi, come fu fin qui sempre da tutti ritenuta, anche nel suaccennato bimestre vi sarebbe stata tutta l'acqua occorrente.

In conclusione, per quanto lo si abbia pure dimostrato solo con approssimazione, le rogge dell'Oglio non solo non verrebbero danneggiate dalla opera progettata, ma sarebbero dalla medesima avvantaggiate.

E ad aggiungere una assicurazione anche di ordine fisico e materiale per tutti gli utenti delle rogge stesse, conviene far rilevare che ad ogni modo prima della esecuzione del canale navigabile si marcheranno gli stati ai

quali corrispondono le competenze delle rogge derivate dal fiume Oglio, e sotto ai quali non si potrà mai scendere; e questi segni si fisseranno su appositi idrometri regolatori che si impianteranno in tutti i punti necessari, cioè: tre nella Roggia Fusia a monte dei partitori per Palazzolo, Chiari e Rovato, e uno di maggior importanza; per tutte le altre derivazioni, nel fiume Oglio appena a monte della travata della Seriola vecchia di Chiari; travata che è pure progettata da completamente restaurarsi, essendo essa troppo strettamente collegata con le opere di sistemazione della Roggia Fusia.

VI. Innocuità dell'invaso e vantaggi della progettata sistemazione dell'emissario nei casi di piena. — Per passare ora a dimostrare quali saranno le conseguenze dell'invaso in caso di piena, è necessario conoscere la nuova portata che avrà il fiume Oglio quando esso nel suo primo tratto sarà, come si disse, approfondito ed ampliato, in modo da portarne la larghezza dalla misura attuale di 55 metri circa a quella progettata dal Coccoli in 72 metri, e da aumentarne la pendenza dal 3 al 5 per mille; perchè è evidente, che quando al sopraggiungere di una piena, i custodi della chiusa del lago si affretteranno ad abbatterla, i deflussi del fiume Oglio aumenteranno notevolmente in causa del nuovo letto ampliato ed approfondito.

E qui è necessità pure di ricorrere ad altri criteri di analogia e di confronto per valutare questi aumentati deflussi con quella sufficiente approssimazione, che valga a servire di norma per stabilire un concetto sull'andamento degli effetti, che potranno conseguirsi per le mutate condizioni dell'emissario, quando venissero attuati i lavori d'invasamento del lago.

A tal uopo si è rappresentata la scala delle portate dell'Oglio a sezione sistemata nell'unito grafico (Tavola IV) calcolando varie portate col moltiplicare il valore dell'area delle varie sezioni ricavate dai dati di progetto e corrispondenti alle varie altezze idrometriche assunte, per il valore della velocità ricavata dalla formola di Chezy-Eytelwein $v = c \sqrt{Ri}$. Per questa formola la quantità rappresentante il raggio medio (R) e la pendenza (i) furono esse pure desunte dai dati effettivi di progetto, ed i valori del coefficiente (c) furono dedotti per analogia da quelli che si ricavano dalla stessa formola Chezy, quando la quantità c sia supposta incognita, e la formola sia applicata ai deflussi conosciuti, che si hanno nell'Oglio in quella stessa località e nelle condizioni attuali, cioè, con le sezioni che il fiume ha oggi. (Vedasi l'unito computo dimostrativo, Prospetto III).

Con tale criterio, in mancanza di altri elementi, prendendo a considerare, per esempio, la piena avvenuta nel settembre del 1888, che fu una delle più grandi che si conoscano perchè raggiunse l'altezza di m. 2.37 a Sarnico, e fu inoltre una delle più rapide perchè ebbe l'incremento giornaliero di fin 65 centimetri, cosicchè in 4 giorni il livello del lago crebbe da + m. 0.60 a + m. 2.37, con gli stessi ragionamenti già fatti per giudicare gli effetti che l'opera avrebbe avuto nell'intero triennio 1898-901, è facile vedere quali conseguenze pure essa piena avrebbe avuto se fosse sopraggiunta quando il lago si fosse trovato invasato.

Dall'unito prospetto (Prospetto IV), ove sono riassunti i risultati di questa ricerca, si ricava, che il lago il giorno 7 settembre, prima della piena, quando era ancora in istato di acque ordinarie, segnava all'idrometro di Sarnico

l'altezza di m. 0.60 sullo zero. Dalla scala delle portate nelle condizioni attuali si deduce corrispondere a tale altezza idrometrica il deflusso di 75 metri cubi. Essendosi fra il detto giorno e il successivo giorno 8 settembre, verificato il rialzo di metri 0.50 e quindi dovendo nell'intervallo stesso l'afflusso essere stato maggiore del deflusso di una quantità eguale a

$$\frac{60000000^{\text{mc}} \times 0^{\text{m}},50}{24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 347^{\text{mc}}$$

dovrà essersi verificato un complessivo afflusso di mc. 75 + mc. 347 = mc. 422.

Ora supponendo che il lago si trovasse allora invasato, cioè, al livello di un metro sullo zero di Sarnico, è naturale che al sopraggiungere del forte e rapido incremento, verificatosi fra il 7 e l'8 settembre, i custodi della chiusa avrebbero regolata e, occorrendo, anche abbattuta interamente, la chiusa a fine d'impedire un soverchio rialzo del lago.

Rilevandosi però dal grafico che rappresenterebbe la scala delle portate dell'Oglio ed emissario ampliato che quando il suo alveo fosse allargato e approfondito, secondo i criteri accennati, all'altezza di un metro sullo zero, qualora tutta la nuova sezione dell'emissario fosse attiva, si avrebbe la portata di 455 mc. ed essendo questa maggiore dell'afflusso (422 metri cubi) che si sarebbe verificato in quella giornata, è evidente che per quanto il rialzo del lago sia stato forte e rapido non vi sarebbe stato bisogno di aprire tutta la chiusa, ma sarebbe bastato di regolarlo solo in maniera che defluisse l'intero volume affluito di 422 mc.

Il giorno 8 settembre il lago ha segnato metri 1.10 sullo zero di Sarnico, altezza a cui corrisponde il deflusso di mc. 122.5; cosicchè essendosi dal giorno 8 al successivo 9 avuto un incremento di 65 centimetri, e quindi una esuberanza dell'afflusso sul deflusso pari a

$$\frac{60000000^{\text{mc}} \times 0^{\text{m}},65}{24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 451^{\text{mc}}$$

vi deve essere stato un complessivo afflusso di mc. 122 + 451 = mc. 573.

Essendo questo afflusso notevolmente maggiore alla portata di 455 mc. che corrisponderebbe all'altezza di un metro su zero di Sarnico, quando anche tutta la sezione dell'emissario fosse attiva, i custodi della chiusa regolatrice avrebbero rimossi i residui panconcelli e abbattuta completamente la diga.

Senonchè essendo il deflusso di 455 mc. minore del suaccennato afflusso di 573 mc. di una quantità eguale a 573 — 455 = 118 mc., si sarebbe avuto nel lago un incremento di

$$\frac{118 \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''}{60000000^{\text{mc}}} = 0^{\text{m}},17$$

Il giorno 9 settembre si è avuta l'altezza idrometrica di più mc. 1.75 a cui corrisponde il deflusso di 194 mc.; e nelle 24 ore successive essendovi stato l'incremento di 30 centimetri e quindi un eccesso dell'afflusso sul deflusso di

$$\frac{60000000^{\text{mc}} \times 0^{\text{m}},30}{24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 208^{\text{mc}}$$

si è avuto un afflusso complessivo di 194 + 208 = 402 mc.

Ma come si è visto or ora, qualora la sistemazione del lago proposta dal Coccoli fosse stata già eseguita, i custodi della chiusa avrebbero regolato il lago in modo che il giorno 9 settembre si sarebbe invece avuto all'idrometro di Sarnico l'altezza di appena metri 1.17 sullo zero. Epperchè a tale altezza, quando la chiusa sia interamente aperta, corrispondendo la portata di 498 mc., si sarebbe smaltito un volume di $498 - 402 = 96$ mc. in più di quello affluito nello stesso periodo di tempo, e quindi si sarebbe ottenuto un calo di

$$\frac{96^{\text{mc}} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''}{6000000^{\text{mq}}} = 0^{\text{m}},14$$

e il lago quindi si sarebbe abbassato da mc. 1.17 a mc. 1.03 sullo zero di Sarnico.

Il giorno 10 settembre l'idrometro ha segnato più mc. 2.05 a cui corrisponde la portata di 235 mc.: e nelle 24 ore essendovi stato l'incremento di 32 centimetri e quindi una eccedenza dell'afflusso sul deflusso di

$$\frac{6000000^{\text{mq}} \times 0^{\text{m}},32}{24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 222^{\text{mc}}$$

si è avuto un afflusso complessivo di $235 + 222 = 457$ mc.

Ma poichè con la regolazione del lago l'altezza idrometrica, come si è detto or ora, sarebbesi invece contenuta nei limiti di solo metri 1.03 sullo zero, e a quest'altezza mercè l'allargamento e l'approfondimento del letto dell'Oglio corrisponderebbe il deflusso di 462 mc., si sarebbe smaltito in più la differenza fra detto deflusso e il suaccennato afflusso, ossia $462 - 457 = 5$ mc., il che avrebbe prodotto nel lago il calo di

$$\frac{5^{\text{mc}} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''}{6000000^{\text{mq}}} = 0^{\text{m}},01$$

e quindi il livello sarebbe sceso di metri 1.03 a metri 1.02.

Il giorno 11 settembre la piena ha segnato il suo colmo con m. 2.37 sullo zero di Sarnico a cui corrisponde la portata di 300 mc.; e nel giorno successivo essendovi stato il calo da metri 2.37 a metri 2.30 ossia di 7 centimetri e quindi un eccesso di deflusso sull'afflusso di

$$\frac{6000000^{\text{mq}} \times 0^{\text{m}},07}{24 \text{ ore} \times 60' \times 60''} = 49^{\text{mc}}$$

l'afflusso complessivo deve essere disceso a $300 - 49 = 251$ mc.

Ma poichè qualora il progetto Coccoli fosse già stato eseguito, l'idrometro il giorno 11 avrebbe segnato solo metri 1.02 sullo zero e a questa altezza, qualora tutta la nuova sezione del fiume fosse attiva, l'emissario sarebbe suscettibile della portata di 460 mc., che supera il suaccennato afflusso (251 mc.) di ben 209 mc., e quindi se l'edificio regolatore fosse stato interamente aperto si sarebbe avuto un calo nel lago di

$$\frac{209^{\text{mc}} \times 24 \text{ ore} \times 60' \times 60''}{6000000^{\text{mq}}} = 0^{\text{m}},29$$

e quindi il lago si sarebbe abbassato fino a $\frac{1}{2}$ metri 0.73. Ma svasandosi eccessivamente, i custodi avrebbero riposta in attività parte della chiusa,

lasciando defluire una eccedenza di solo 14 mc. al minuto secondo sul volume affluito, ossia solo quel tanto che bastava per far calare il lago di due centimetri per poi tenerlo invasato al livello prestabilito massimo di un metro sullo zero.

Dunque la regolazione del lago proposta dal Coccoli avrebbe abbassato il colmo della piena del 1888, una delle più grandi che si ricordino, della notevole misura di metri 1.20, perchè il colmo che fu di metri 2.37 si sarebbe arrestato a solo metri 1.17, ed anzi, tranne che nel giorno di tale colmo, tutto il decorso della piena si sarebbe contenuto in modo da aggirarsi verso l'altezza idrometrica di appena un metro (tra metri 1.03 e metri 1), mentre invece quella piena elevò e mantenne il lago per parecchi giorni al disopra dei metri due sullo zero.

Ed a comprendere la portata di questo beneficio, bisogna riflettere che nelle condizioni attuali dell'emissario l'altezza di metri uno viene superata quasi ogni anno e per attenersi anche solo all'anno 1901 testè decorso, nel quale non vi fu che una mezza piena, il livello del lago si mantenne al disopra di un metro per quindici giorni, e per una metà di questo tempo superò anche l'altezza di metri 1.17, la quale dalla dimostrazione testè esposta, quando l'emissario fosse sistemato non sarebbe superata nelle più forti piene.

Il regime del lago d'Iseo, considerato nei riguardi degli interessi dei rivieraschi e degli utenti delle derivazioni inferiori, ha certamente un'importanza massima.

Gl'interessi dei rivieraschi reclamerebbero che il deflusso non fosse impedito in modo alcuno, perchè le piene del lago non si elevassero con pericolo di allagamento dei terreni e delle case; le mire invece degli utenti sarebbero dirette a mantenere abbastanza elevato il livello medio per non soffrire penurie d'acqua nelle magre del fiume. Il problema si agita da lungo tempo, e molti anni addietro venne adottato un provvedimento di conciliazione, col demolire la nassa Paratico e la diga Alessandri, per facilitare il deflusso delle piene a beneficio dei rivieraschi, e collo ammettere per gli utenti inferiori la costruzione di un sostegno provvisorio mediante cavalletti di legname delle acque medie e magre alla bocca d'Oglio presso Sarnico, che si abbatte al sopravvenire delle piene.

Qualora venisse adottato il piano di sistemazione ideato dal Coccoli, per quanto si è cercato di dimostrare, le piene del lago non sarebbero più temibili pei rivieraschi, e le magre non turberebbero l'esercizio delle derivazioni a cui verrebbe mantenuta l'acqua della riconosciuta competenza, mercè il volume trattenuto coll'invaso del lago.

Anche sotto tale aspetto il piano stesso deve apparire pertanto meritevole della massima considerazione.

Per lo studio presente della dimostrazione, cioè, della possibilità di costruire il canale navigabile, di cui trattasi, si tenne per guida il progetto Coccoli, il quale, dalla forma stessa degli allegati, che rimangono, offre ogni affidamento di essere uno studio coscienzioso.

Necessariamente la parte essenziale per tale possibilità sta nell'invasamento del lago, per cui la determinazione del livello superiore limite dell'altezza su cui fare assegnamento, ha una importanza capitale.

Questo livello pei computi esplicativi è stato ritenuto corrispondente

all'altezza di un metro dell'idrometro di Sarnico, essendosi ammessa come sufficiente la massima discesa per lo svaso a centimetri venti sotto lo zero di detto idrometro.

Devesi però accennare fin d'ora che ove imperiose esigenze dimostrassero la necessità di stabilire i detti limiti di qualche decimetro più depressi, stante la pendenza del fondo dell'emissario, e del 1° tratto della Roggia da utilizzare, sarebbe anche possibile di raggiungere lo scopo aumentando gli escavi con spesa maggiore.

VII. *Indicazione delle principali opere costituenti il canale.* — Il progetto Cocoli data dal 1806, e quindi, per quanto come piano di massima offra uno studio pregiatissimo, è naturale che abbisogni di aggiunte per le modificazioni sopravvenute lungo il territorio attraversato, e specialmente da Paratico a S. Zeno per le ferrovie e strade costruite o sistemate, e per le variazioni apportate alla zona perimetrale di Brescia. Tenuto conto anche di ciò, le opere necessarie per la costruzione del canale si riassumono nelle seguenti:

1. Allargamento ed approfondimento del primo tratto del fiume Oglio.
2. L'impianto della chiusa regolatrice con la costruzione della nuova bocca della Roggia Fusia e del sostegno di navigazione.
3. L'allargamento della Roggia Fusia per portarla dalla larghezza attuale (che alla bocca è di m. 8.50 e poi decresce man mano da 10 a 5 metri) a quella regolarmente degradante da 12 a 10 metri.
4. L'escavazione del nuovo canale da Rovato a Brescia.
5. La sistemazione della fossa di Brescia con le occorrenti riduzioni ai canali che portano le colatizie della città ed attraversano la detta fossa.
6. L'escavazione dell'altro nuovo tratto di canale fra Brescia e S. Zeno.
7. L'allargamento del Naviglio di Isorella per portarlo alla costante larghezza di 9 metri coi necessari approfondimenti della sua sezione.
8. L'impianto dei sostegni a conca che sono in numero di 20.
9. Le due gallerie alla Fantasina e alla Torricella.
10. Il ponte acquedotto sulla strada di Milano e il ponte canale sul Mella
11. I ponti-canali sulla Bremola, sulla Livorna, sul Gandovere e sopra il cosiddetto canale di Gussago, e la costruzione dei ponti occorrenti per mantenere le comunicazioni sulle vie ordinarie, nonchè di 8 ponti per le ferrovie esistenti (due per la linea Paratico-Palazzolo fra Paratico e Capriolo a un binario, due per la Rovato-Bergamo fra Calcine e Coccaglio a due binari, uno per la Brescia-Iseo fra Paderno e Rodengo a un binario, uno per la Milano-Venezia fra Brescia e S. Zeno a due binari, e due a un binario per la Brescia-Parma, il primo fra S. Zeno e i partitori di Montirone e l'altro fra Casalromano e Canneto d'Oglio).
12. La deviazione del fiume Garza e la sua immissione nel Mella.

Il canale potrebbe essere condotto a termine in tempo relativamente breve perchè quasi tutte le sue parti si potranno attaccare contemporaneamente.

Occorrè però di far rilevare che avanti di mettere mano alla esecuzione del canale lungo la fossa di Brescia, dovrà essere compiuta la deviazione del torrente Garza, poichè altrimenti scorrendo esso nella fossa le sue acque impetuose devasterebbero e rovinerebbero i lavori che vi fossero incominciati.

Così pure è doveroso di notare, che mentre i lavori per la sistemazione della Roggia Fusia e del Naviglio di Isorella per la parte sovrastante al livello delle loro acque potranno farsi senza speciali vincoli di tempo, invece i lavori per escavare il nuovo alveo nella parte sottostante al livello dell'acqua dovranno incominciarsi solo quando tutto sarà pronto per portarli a compimento con la maggiore alacrità ed energia onde portare il minor danno agli utenti delle Roggie, le quali dovranno necessariamente, durante l'esecuzione dei lavori, essere messe in asciutto.

Le materie provenienti dagli scavi del Naviglio di Isorella come pure del nuovo alveo per la deviazione del torrente Garza potranno essere ordinatamente disposte sulle due rive in forma di argini, e lo stesso dicasi per quelle che si ricaveranno dalla Roggia Fusia nella parte inferiore a Calcine, mentre superiormente le materie di scavo potranno essere gettate al di fuori della sponda destra per allargare e rafforzare l'argine-alzaia disponendo i grossi massi in forma di muro a secco con molta scarpa al piede lungo l'Oglio.

VIII. *Spesa presunta per la costruzione del canale.* — Negli allegati, che rimangono del progetto originario del Coccoli, non si rinvengono i computi dettagliati delle quantità di lavori, e degli apprezzamenti relativi. Fortunatamente tali computi sono riassunti in prospetti inseriti, tronco per tronco, nelle planimetrie, pel canale superiore dal lago d'Iseo a Brescia, e figurano, pel canale inferiore da Brescia all'Oglio, elencati in un quadro speciale. Tenuto conto però che, per questo canale inferiore, il quale, all'atto della disposizione Napoleonica, era stato studiato per il primo, ed indipendentemente dal canale superiore, lo stesso autore, dopo concretata la proposta del canale superiore, avea studiate le varianti conseguenti per quattro tronchi del canale inferiore, delle quali si conservano gli allegati disegni coi sommari della perizia, anche nel suddetto quadro speciale fu mestieri introdurre le corrispondenti modificazioni.

Col mezzo di tali elementi fu possibile di redigere un quadro generale riassuntivo per tutto il canale, distintamente tronco per tronco, nel quale si comprendono le principali quantità di lavori necessari, colle valutazioni del relativo costo, calcolati nel progetto originario.

Ed è con questa base, che si può pervenire, per un'opera così complessa, a concretare un computo di spesa, che si ritiene sufficientemente esatto per lo scopo presente.

Ritenuto infatti che le condizioni del territorio non hanno variato come profilo generale, le quantità valutate pel progetto originario, che nell'insieme rimasto si presenta redatto colla massima diligenza, si possono ritenere ammissibili anche oggidì per uno studio di massima. Si tratta quindi di aggiornare i prezzi corrispondenti tenendo a calcolo il maggior valore delle proprietà da espropriare proporzionato alle ubicazioni e valutando le maggiori esigenze della mano d'opera, per le quali, pur considerati i mezzi

d'opera attuali, i movimenti di materie, in cui appunto la mano d'opera prevale, devono essere apprezzati da circa una volta e mezza al doppio in confronto delle valutazioni fatte nel 1806. Tale revisione di prezzi è anche possibile colla desiderabile approssimazione, essendo il riparto fatto per tronchi di limitata lunghezza, per cui è permesso di aver presenti le condizioni locali dei tratti a cui i singoli tronchi si riferiscono.

Riguardo ai manufatti, che per la maggior parte sono sostegni a conca, gli apprezzamenti originari, per quanto si è potuto verificarlo da alcuni prezzi unitari indicati nei prospetti, non presentano nell'insieme una sperequazione in confronto degli odierni; e ciò è giustificato dal fatto, che pei manufatti, la mano d'opera, il cui costo è notevolmente aumentato, entra solo in parte nella valutazione del prezzo unitario, mentre vi prevale l'aliquota di costo concernente i materiali da impiegarsi. Ora avendosi oggidì, in specie per le calci ed i cementi, che surrogheranno certo la costosa pozzolana contemplata nel progetto, un ribasso in confronto del 1806, l'aumento della mano d'opera, bilancia il minor valore dei materiali. Di conseguenza per il calcolo che si vuol fare della spesa presunta attualmente pel canale, l'apprezzamento generale dei manufatti si ritiene invariato.

Giustificato così sommariamente il metodo seguito per la redazione del quadro generale che viene a rappresentare la stima dei lavori (Prospetto V) se ne riporta il riassunto generale nel seguente prospetto, mettendo a riscontro le quantità totali per ogni categoria di spesa, la spesa risultante dal progetto originario, e quella che si presume oggidì, cogli aumenti necessari per le opere non contemplate nel 1806, e cioè, per la deviazione del torrente Garza e pei ponti per le nuove ferrovie, e coll'aggiunta del fondo indispensabile per le spese d'amministrazione e impreviste.

INDICAZIONE DEI LAVORI E DEGLI ALTRI TITOLI DELLE SPESE	Quantità	Importi delle spese calcolate nel	
		progetto originario	computo presente
		Lire	Lire
Espropriazioni di terreni are	11,632. 60	174,614. 26	523,170. 78
Id. di case	»	15,764. 28	47,292. 84
Escavazioni ecc. in roccia dura mc.	134,099. »	308,427. 70	710,538. 50
Id. id. di media durezza »	103,614. »	160,643. 40	246,496. »
Id. id. tenera »	82,023. »	83,624. 25	120,107. 60
Id. id. terra »	2,212,421. »	1,108,182. 31	1,984,856. 98
Arginature con materie prese fuori lavoro »	144,840. »	90,037. 50	228,636. »
Manufatti	»	2,913,383. »	2,913,383. »
Opere complementari e da aggiungere . .	»	52,886. »	492,886. »
Sommano . . .	»	4,907,562. 70	7,267,367. 70
Fondo per amministrazione e imprevisti .	»	93,133. 30	732,632. 30
Totali . . .	»	5,000,696. »	8,000,000. »

IX. *Utilità ritraibili dal canale oltre alla navigazione.* — Oltre alla costituzione di una via navigabile attraverso una regione industriale ed agricola di primaria importanza, la costruzione del nuovo canale conseguirebbe il beneficio di poter distribuire un rilevante volume d'acqua per irrigazione, rendendo anche possibile la creazione di forze motrici per una complessiva energia considerevole.

Per l'irrigazione, si è già accennato, come dei metri cubi 7 da introdursi nel canale mercè la sistemazione del regime del lago d'Iseo colle opere d'inviasamento, metri cubi 3.50 sarebbero destinati per irrigare la plaga, oggi disasciutta, fra Paderno ed il Mella; gli altri metri cubi 3.50 occorrono per rendere navigabile il canale anche inferiormente a Brescia fino a S. Zeno, a valle della quale località, il detto volume non necessita più per la navigazione, alimentandosi esuberantemente il canale per le copiose sorgive naturali, le quali sono dovute alla stessa causa idrologica che ravviva il corso dello stesso fiume Oglio al di sotto di Pontoglio.

Conseguentemente si avrebbero disponibili per la irrigazione i mc. 3.56 per la plaga sopradetta, gli altri mc. 3.50, pure derivati dal lago e non più vincolati per la navigazione a valle di S. Zeno, ed il volume esuberante ai bisogni della navigazione stessa fra S. Zeno e Canneto, nella quale estesa di circa 40 chilometri il canale sarebbe formato colla riduzione dell'esistente naviglio d'Isorella, alveo abbastanza ricco d'acque anche nelle sue condizioni odierne. Allargato il fondo di questo naviglio fino a m. 10 ed approfondato per ridurlo al profilo di progetto sistemato coi sostegni a conca, non credesi di esagerare ammettendo che si raggiungerà una portata di metri cubi 7, dei quali, e per tener conto degli esistenti eventuali diritti d'irrigazione, e per attenersi ad un computo prudente, si ammette che solo metri cubi 2 si possano destinare a nuove irrigazioni lungo la rilevante estesa di canale.

Dietro a tali criteri risulta di poter fare assegnamento complessivamente per l'irrigazione di metri cubi 9.

Valutando il canone netto ritraibile dell'affitto di tali acque in ragione di lire 25 mila al metro cubo, si conseguirebbe un reddito annuo di lire 225 mila a cui corrisponderebbe un capitale di L. 4,500,000.

Avendosi poi lungo il canale n. 20 sostegni sarà pure possibile di utilizzare il salto di ciascuno per produzione di energia.

Per non eccedere nelle previsioni si osserva: come pei quattro salti del canale superiore che sommano m. 27,015 e pei primi cinque salti del canale inferiore che sommano m. 23,726, ossia per una caduta totale di m. 50,741 si avrebbe utilizzabile il volume d'acqua dei mc. 3.50 che deve arrivare a valle di S. Zeno per le esigenze della navigabilità del canale.

A valle di S. Zeno, come sopra si fece menzione, le condizioni del canale si modificano, per la quantità d'acqua che deriva dalle sorgive naturali, e che come ne è una prova l'esistente Naviglio d'Isorella che formerà parte dello stesso nuovo canale, offriranno una abbondante alimentazione. Le dimensioni e le pendenze assegnate al canale permetterebbero una portata anche superiore ai mc. 7; ma per non eccedere nelle previsioni, ammesso pure tale limite e sottratti i mc. 2 i quali, come si è detto, si destinerebbero alle nuove irrigazioni computando altri mc. 2 riservati ad esistenti diritti rimarrebbero mc. 3 di portata per la navigazione che potrebbero utilizzarsi cogli undici salti da S. Zeno a Canneto, i quali comprendono una totale caduta di m. 54,481.

Con tali elementi la energia ritraibile col nuovo canale risulterebbe di:

$$\begin{array}{r} \frac{3,500 \times 1,000 \times 50,741}{75} = \text{cavalli } 2,367 \\ \frac{3,000 \times 1,000 \times 54,481}{75} = \text{cavalli } 2,179 \\ \text{Sommano. . . cavalli } \underline{\underline{4,546}} \end{array}$$

Assegnando per ogni cavallo dinamico il reddito ritraibile in L. 5, si arriverebbe ad un reddito annuo di lire 22,730, a cui corrisponderebbe un capitale di lire 450,000.

Di fronte pertanto alla valutata spesa di 8 milioni per la costruzione del canale, oltre alle utilità incalcolabili che potrebbero essere create colla navigazione, non deve dimenticarsi la possibilità di questi vantaggi per l'irrigazione e per la produzione di energia, che potrebbero coprire col loro reddito un capitale presunto di lire 4,950,000.

Conclusione.

X. Il fiume Oglio è navigabile solo fino a Pontevico o poco più a monte, vietandolo superiormente le forti rapide del suo alveo, dal quale bensì con numerose ed importanti derivazioni viene estratta tutta l'acqua di magra ordinaria utilizzata per irrigazione nelle provincie di Brescia, Bergamo e Cremona. Non sarebbe pertanto possibile l'utilizzazione dell'Oglio stesso quale alveo navigabile, per aprire un varco alla navigazione, anche attualmente importante, del lago d'Iseo. Queste difficoltà naturali hanno, fino dai primi tempi, in cui si rivolse il pensiero a creare una navigazione dal lago d'Iseo a Brescia, indotto la convinzione di dover costruire un canale apposito, al quale da ultimo, in seguito alla disposizione Napoleonica, rivolse studi speciali e diligentissimi l'ingegnere Coccoli, la cui proposta anche oggidì, sarebbe da ritenersi l'unica possibile per la soluzione del difficile problema. Senonchè il fatto, che tutta l'acqua di magra dell'Oglio è già completamente utilizzata per le secolari derivazioni esistenti, non renderebbe possibile l'esecuzione di un nuovo canale, senza fare assegnamento di ricavare per esso il volume d'acqua occorrente, utilizzando le piene lacuali mediante invasamento del lago d'Iseo, come fu già riconosciuto indispensabile dallo stesso autore del progetto.

Cogli elementi, che la fretta di concretare uno studio sul progetto accennato, ha permesso di poter riassumere, ritenendosi di avere rilevata la possibilità di ricavare mediante l'invasamento del lago il volume d'acqua anche maggiore di quello strettamente necessario alla navigabilità del canale, in modo da creare pure altre utilità per scopi irrigui ed industriali, conciliando colla regolazione dell'emissario del lago, i gravi e complicati interessi dei rivieraschi del lago e degli utenti delle derivazioni secolari.

Nel porre fine pertanto allo studio presente, mettendo in rilievo l'attuabilità del progetto in questione, col quale si raggiungerebbe il grandioso concetto di congiungere gli sbocchi della Valle Camonica con Brescia, e colle grandi arterie di navigazione, occorre però di fermare l'attenzione sul fatto, che lo studio dettagliato della parte idraulica, che è indispensabile di premettere per conseguire la piena conferma della stessa attuabilità dell'opera, esige un corredo di osservazioni non brevi e di dati vari da raccogliersi replicatamente a tempi opportuni.

Sarà pertanto fin d'ora necessario di concretare le modalità per procedere gradatamente alla raccolta di tali osservazioni e dati idrometrici sui vari corsi d'acqua naturali ed artificiali interessati, la quale ricerca, anche indipendentemente dalla costruzione del canale, sarebbe indispensabile anche per la soluzione dell'altro problema grave, e che si agita da secoli, per conciliare colla regolazione dell'emissario del lago d'Iseo gli interessi ognora in conflitto perenne, dei rivieraschi lacuali, degli utenti delle derivazioni dell'Oglio e degli abitanti delle sue sponde.

Brescia, 24 settembre 1902.

L'Ingegnere Capo
F. C. ROSSI.

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

Conclusioni

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

... e per questo il ...
... e per questo il ...
... e per questo il ...

Studio ricavato dal Progetto Cocoli dell'anno 1806.

**Prospetto dimostrante le estese del Canale colle relative pendenze per ogni tronco,
il numero dei sostegni col relativo salto.**

Numero dei tronchi	Estesa di ogni tronco — m.	Pendenze		Sostegni a conca			Caduta totale per tronco e conca — m. 4 + 7	<i>Annotazioni</i>
		per mille m.	totale m.	Numero		Salto — m.		
				doppi	semplici			
1	2	3	4	5	6	7		

A) — Canale superiore dal Lago d'Iseo a Brescia.

1	2832. . .							
2	3045. . .							
3	2790. . .	0.61	^(a) 6.450	»	»	»	6.450	(a) Compreso un salto di 0.40 per il partitore delle acque di Palazzolo.
4	1135. . .							
	441. . .							
5	3601. . .	0.66	^(b) 3.187	»	»	»	3.187	(b) Compreso un salto di 0.40 per il partitore delle acque di Chiari.
	162. . .							
6	2257. . .							
7	2559. . .	0.54	^(c) 3.346	»	»	»	3.346	(c) Compreso un salto di 0.35 per il partitore delle acque di Rovato.
	708. . .							
8	2055. . .							
9	2622. . .							
10	2127. . .	0.50	5.671	1	»	8908	14.579	Le dimensioni principali dei sostegni sono le seguenti: Lunghezza. . . . metri 25.50 Larghezza massima al centro della conca » 10.50 Larghezza alle porte » 5.00
11	594. . .							
12	2139. . .							
13	1932. . .							
	210. . .	0.40	0.371	»	1	5476	5.847	
	750. . .							
14	1416. . .	0.41	0.899	»	1	3515	4.414	
	750. . .							
15	1533. . .							
16	2979. . .	0.43	3.485	1	»	9116	12.601	
17	3069. . .							
	516. . .							
18	2037. . .	0.43	0.893	»	»	»	0.893	
	44259. . .		24.302	2	2	27015	51.317	

Numero dei tronchi	Estesa di ogni tronco — m.	Pendenze		Sostegni a conca			Caduta totale per tronco e conca m. — 4 + 7	<i>Annottazioni</i>
		per mille m.	totale m.	Numero		Salto — m.		
				doppi	semplici			
1	2	3	4	5	6	7		

B) — Canale inferiore da Brescia all'Oglio presso Canneto.

1	822. . .	0.40	0.333	»	1	4.700	5.033	I primi cinque salti nei tronchi 1 e 2, che sommano metri 23,726, potranno essere utilizzati per creazione di energia col volume d'acqua di metri cubi 3.50.
	687. . .	0.48	0.326	»	1	4.700	5.026	
	768. . .	0.54	0.410	»	1	4.720	5.130	
	804. . .	0.51	0.651	»	1	4.700	5.351	
	234. . .							
2	1473. . .	0.71	1.050	»	1	4.906	5.956	
	487. . .	0.57	2.003	»	»	»	2.003	Gli undici salti dal tronco 4 al 14, che sommano metri 54,481 potranno essere utilizzati per creazione di energia col volume d'acqua che si valuta in metri cubi 4.00.
3	3000. . .							
4	2800. . .	1.23	3.450	1	»	7.500	10.950	
5	3350. . .	0.58	1.910	»	1	3.660	5.570	
6	2800. . .	0.74	2.058	1	»	7.500	9.558	
7	3130. . .	0.68	2.127	1	»	7.500	9.627	
8	3970. . .	0.52	1.997	»	1	3.709	5.706	
9	3260. . .	0.74	2.406	»	1	3.634	6.040	
10	4200. . .	0.69	2.908	»	1	3.324	6.232	
11	3050. . .	0.66	2.020	1	»	6.306	8.326	
12	5124. . .	0.44	2.282	1	»	4.834	7.116	
13	5530. . .	0.39	2.145	»	1	2.514	4.659	
14	750. . .	0.00	0.000	»	1	4.000	4.000	
	160. . .	0.00	0.000	»	»	»	»	
46399. . .			28.076	5	11	78.207	106283	

RIASSUNTO.

Canale A	44259. . .	24.302	2	2	27.015	51.317
Canale B	46399. . .	28.076	5	11	78.207	106.283
Totali.	90658. . .	52.378	7	13	10.5222	157.600

Prospetto rappresentante le variazioni del livello del Lago di Iseo all'idrometro di Sarnico durante il triennio dal 1° luglio 1898, al 30 giugno 1901, nella ipotesi che il Canale fosse già stato costruito e con esso il necessario invasamento del Lago.

A N N O e M E S E	Andamento a deflusso naturale							Andamento a deflusso regolato					
	Altezza idrometrica- media mensile a S a r n i c o m.	Deflusso corrispondente alla precedente altezza idrometrica mc.	Il lago		Afflusso al minuto secondo			Nuovo deflusso			Il lago		Nuova altezza idrometrica mensile m.
			cresce	cala	in più	in meno	totale	totale	in più	in meno	cresce	cala	
1898 Luglio . . .	+ 0.57	72	»	0.13	»	3.003	69	^(a) 59.1	»	9.9	0.43	»	+1.00
» Agosto . . .	+ 0.44	60	»	0.16	»	3.696	56.3	56.3	»	»	»	»	+1.00
» Settembre . .	+ 0.28	47.5	0.09	»	2.079	»	49.6	49.6	»	»	»	»	+1.00
» Ottobre . . .	+ 1.37	55	0.13	»	3.003	»	58	^(b) 58	»	»	»	»	+1.00
» Novembre . .	+ 0.50	65.5	»	0.11	»	2.541	62.5	62.5	»	»	»	»	+1.00
» Dicembre . .	+ 0.39	56.5	»	0.19	»	4.389	52.1	52.1	»	»	»	»	+1.00
1899 Gennaio . .	+ 0.20	41.5	»	0.02	»	0.462	41	47	6	»	»	0.26	+0.74
» Febbraio . . .	+ 0.18	39.5	»	0.05	»	1.155	38.3	47	8.7	»	»	0.38	+0.36
» Marzo	+ 0.13	36	0.22	»	5.082	»	41.1	47	5.9	»	»	0.25	+0.11
» Aprile	+ 0.35	53	0.25	»	5.775	»	58.8	49	»	9.8	0.42	»	+0.53
» Maggio . . .	+ 0.60	74.5	»	0.09	»	2.079	72.4	61.5	»	10.9	0.47	»	+1.00
» Giugno . . .	+ 0.51	66	»	0.04	»	0.924	65.1	65.1	»	»	»	»	+1.00
» Luglio	+ 0.47	62.5	»	0.09	»	2.079	60.4	60.4	»	»	»	»	+1.00
» Agosto	+ 0.38	56	»	0.06	»	1.386	54.6	54.6	»	»	»	»	+1.00
» Settembre . .	+ 0.32	50.5	»	0.01	»	0.231	50.3	50.3	»	»	»	»	+1.00
» Ottobre . . .	+ 0.31	50	»	0.19	»	4.389	45.6	47	1.4	»	»	0.06	+0.94
» Novembre . .	+ 0.12	35.5	»	0.04	»	0.924	34.6	47	12.4	»	»	0.54	+0.40
» Dicembre . .	+ 0.08	33	0.23	»	5.313	»	38.3	47	8.7	»	»	0.37	+0.03
1900 Gennaio . .	+ 0.31	50	»	0.13	»	3.003	47	47	»	»	»	»	+0.03
» Febbraio . . .	+ 0.18	39.51	0.01	»	0.231	»	39.7	^(c) 45	5.3	»	»	0.23	-0.20
» Marzo	+ 0.19	40.50	0.14	»	3.234	»	43.7	^(d) 43.7	»	»	»	»	-0.20
» Aprile	+ 0.33	51.50	0.29	»	6.699	»	58.2	49	»	9.2	0.40	»	+0.20
» Maggio . . .	+ 0.62	78.50	»	0.18	»	4.158	74.3	55.8	»	18.5	0.80	»	+1.00
» Giugno . . .	+ 0.44	60	»	0.06	»	1.386	58.6	58.6	»	»	»	»	+1.00
» Luglio	+ 0.38	56	0.16	»	3.696	»	59.7	59.7	»	»	»	»	+1.00
» Agosto	+ 0.54	69	»	0.22	»	5.082	63.9	63.9	»	»	»	»	+1.00
» Settembre . .	+ 0.32	50.5	0.06	»	1.386	»	51.9	51.9	»	»	»	»	+1.00

Osservazioni. — (a) Erogazione estiva, ossia nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, mc. 49.
 (b) Erogazione jemale, ossia nei mesi di ottobre, novembre, dicembre, gennaio, febbraio e marzo, mc. 47.
 (c) 45 mc. = 3 canale + 42 roggie oppure = 7 canale + 38 roggie.
 (d) 43 mc. = 1,7 canale + 42 roggie oppure = 5,7 canale + 38 roggie.

**Computo dimostrativo delle portate approssimative del Fiume Oglio
quando l'emissario fosse ampliato.**

Deflussi ad emissario attuale.

Calcolo del coefficiente c della formola
Chezy Eytelwein

1. Stato di massima magra (— 0^m,20 a Sarnico).

Portata $Q = 20$ mc.

Sezione: Larghezza 55^m.

Id. Altezza 0^m,84 — 0^m,58 = 0^m,26.

Id. Area 14^m,3.

Raggio medio $R = 0^m,26$.

Pendenza unitaria $i = 0^m,0033$.

Velocità $V = \frac{\text{Portata}}{\text{Area}} = \frac{20^{\text{mc}}}{14^{\text{m}},3} = 1,4$

dunque il coefficiente c della formola $v = c \sqrt{Ri}$

risulta $c = \frac{v}{\sqrt{Ri}} = \frac{1,4}{\sqrt{0,26 \times 0,0033}} = 47,8$

2. Stato di + 0^m,38 sullo zero idrometro Sarnico.

Portata $Q = 56^{\text{mc}}$.

Sezione: Larghezza 55^m.

Id. Altezza 0^m,84.

Id. Area 46^m.

Raggio medio $R = 0,84$.

Pendenza unitaria $i = 0^m,0033$.

Velocità $v = \frac{\text{Portata}}{\text{Area}} = \frac{56^{\text{mc}}}{46^{\text{m}}} = 1,22$

dunque risulta $c = \frac{1,22}{\sqrt{0,84 \times 0,0033}} = 23,2$

3. Stato di massima piena (+ 2^m,37 a Sarnico ossia
1.99 più alto dello stato precedente).

Portata $Q = 300^{\text{mc}}$.

Sezione: Larghezza 55^m.

Id. Altezza 0^m,84 + 1^m,99 = 2,83.

Id. Area 155^m,65.

Raggio medio $R = 2^m,83$.

Pendenza unitaria $i = 0,0033$.

Velocità $v = \frac{\text{Portata}}{\text{Area}} = \frac{300,00}{156,00} = 1,92$

dunque risulta $c = \frac{1,92}{\sqrt{2,83 \times 0,0033}} = 19,8$.

Deflussi ad emissario ampliato.

La larghezza è aumentata da 55^m a 72^m.

L'altezza è aumentata di 1^m,06.

La pendenza è aumentata da 0^m,0033 a 0^m,005 per metro

1. Stato di massima magra (— 0^m,20 a Sarnico).

Considerato che l'altezza della Sezione ampliata e approfondita si avvicina di più a quella che ad emissario attuale corrisponde allo stato di + 0,38 a Sarnico, si adotta il coefficiente c fornito dal deflusso attuale a questo stato, cioè $c = 23,2$.

Larghezza 72^m.

Altezza 0,26 + 1,06 = 1,32.

Area 95^m.

Raggio medio $R = 1,32$.

Pendenza unitaria $i = 0,005$.

Velocità $v = c \sqrt{Ri} = 23,2 \sqrt{1,32 \times 0,005}$
 $= 23,2 \times 0,081 = 1,88$.

Portata $Q = 1,88 \times 95 = 178^{\text{mc}},6$.

Nel grafico si adotta $Q = 180^{\text{mc}}$.

2. Stato di 0,38 sullo zero a Sarnico.

Si adotta il coefficiente c fornito dal deflusso attuale a questo stato, riscontrandosi maggior grado di analogia fra i corrispondenti raggi medi.

Larghezza 72^m.

Altezza 1^m,90 (cioè 0,84 + 1,06).

Area 136^m,8.

Raggio medio $R = 1,9$.

Pendenza unitaria $i = 0,005$.

Velocità $v = c \sqrt{Ri} = 23,2 \sqrt{1,9 \times 0,005}$
 $= 23,2 \times 0,0975 = 2,26$.

Portata $Q = 2,26 \times 136^{\text{m}},8 = 309^{\text{mc}}$.

Nel grafico si adotta $Q = 300^{\text{mc}}$.

3. Stato di massima piena (+ 2,37 a Sarnico).

Ancora per la ragione accennata al precedente numero si adotta il coefficiente c fornito dal deflusso di massima piena ad emissario attuale, cioè $c = 19,8$.

Larghezza 72^m.

Altezza 2,83 + 1,06 = 3^m,89.

Area 280^m,08.

Raggio medio 3,89.

Pendenza unitaria $i = 0,005$.

Velocità $v = c \sqrt{Ri} = 19,8 \sqrt{3,89 \times 0,005}$
 $= 19,8 \times 0,14 = 2^m,77$.

Portata $Q = 2,77 \times 280 = 775^{\text{mc}},6$.

Nel grafico si adotta $Q = 800^{\text{mc}}$.

PROSPETTO IV.

Prospetto rappresentante le variazioni del livello del Lago d'Iseo all'idrometro di Sarnico durante la straordinaria piena del settembre 1888, nella ipotesi che il Canale fosse già stato costruito e con esso il necessario invasamento del Lago.

D A T A	Andamento a deflusso naturale							Andamento a deflusso regolato					
	Altezza idrometrica a Sarnico	Deflusso	Il lago		Afflusso al minuto secondo			Nuovo deflusso			Il lago		Nuova altezza idrometrica
			cresce	cala	in più	in meno	totale	totale	in più	in meno	cresce	cala	
1888 7 settembre. ^(a)	+0.60	75	0.50	»	347	»	422	422	»	»	»	»	+1.00
» 8 »	+1.10	122.5	0.65	»	451	»	573	455	»	118	0.17	»	+1.00
» 9 »	+1.75	194	0.30	»	208	»	402	498	96	»	»	0.14	+1.17
» 10 »	+2.05	235	0.32	»	222	»	457	462	5	»	»	0.01	+1.03
» 11 ^(b)	+2.37	300	»	0.07	»	49	251	265	14	»	»	0.02	+1.02
» 12 »	+2.30	282	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	+1.00

Osservazioni. — Al rapido crescere del lago i custodi della chiusa regolatrice rimoveranno prima mano i panconcelli in modo che il livello del lago non superi 1 metro sullo zero di Sarnico, e quando a ciò non riescano, abatteranno interamente la diga, onde lasciare libera tutta la sezione dell'emissario.

(a) Al giorno 7 settembre non sarebbe occorso di aprire tutta la diga perchè la portata corrispondente a + 1^m,00 è 455^{mc} > 422^{mc}.

(b) Il giorno 11 si sarebbe già potuto riattivare la chiusa perchè la portata corrispondente a + 1^m,02 essendo 460^{mc}, si sarebbe avuto un calo di 29 centimetri se si fosse lasciata aperta tutta la diga e quindi si sarebbe vuotato troppo il lago.

Quadro generale riassuntivo delle espropriazioni, delle quantità dei movimenti di materie e dei dispendi relativi, nonché del costo dei manufatti e delle altre spese necessarie per la costruzione del Canale, ricavato dagli allegati del progetto Coccoli del 1806.

A confronto dei dispendi originariamente previsti, sono esposti pure quelli che si presumono necessari oggi.

Numero dei tronchi	ESPROPRIAZIONI					ESCAVAZIONI DIVERSE, TRASPORTO E IMPIEGO DELLE VARIE MATERIE										ARGINATURE		MANUFATTI		IMPORTO DELLA SPESA		COSTO TOTALE			
	di terreni		di case			con taglio di roccia					in terra					con materie prese fuori lavoro.				per tronco		del canale			
	Superficie — Are	Valore attribuito nel		Valore attribuito nel			dura		di media durezza			tenera		Costo attribuito nel		Costo attribuito nel		Costo attribuito nel		calcolata nel		calcolato nel			
		progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo	progetto	computo		
		originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente	originario	presente		
—	Lire	Lire	Lire	Lire	metri	Lire	Lire	metri	Lire	Lire	metri	Lire	Lire	metri	Lire	Lire	metri	Lire	Lire	Lire	Lire	Lire	Lire		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
A	Canale superiore dal lago d'Iseo a Brescia																								
1	241.33	2,313.75	6,941.25	360. »	1,080. »	34,696	79,800.80	121,436. »	37,118	55,677. »	74,236. »	26,193	24,883.35	34,050.20	28,037	11,214.80	16,822.20	»	»	»	290,700. »	290,700. »	464,949.70	545,265.65	
2	192.16	737.89	2,213.67	»	»	43,884	100,933.20	153,594. »	45,269	67,903.50	90,538. »	»	»	»	12,358	4,943.20	7,414.80	»	»	»	32,980. »	32,980. »	207,497.79	286,740.47	
3	167.15	1,437.49	4,312.47	»	»	21,063	48,444.90	73,720.50	8,171	12,256.50	16,342. »	17,573	16,694.35	22,844.90	11,614	4,645.60	6,968.40	»	»	»	19,200. »	19,200. »	102,678.84	143,388.27	
4	136. »	2,040. »	6,120. »	2,884. »	8,652. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	14,557	5,822.80	8,734.20	»	»	»	20,592. »	20,592. »	31,338.80	44,098.20	
5	619. »	5,880.50	17,641.50	200. »	600. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	51,286	20,514.40	30,771.60	»	»	»	17,530. »	17,530. »	44,124.90	66,543.10	
6	420. »	5,040. »	15,120. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	53,018	21,207.20	31,810.80	»	»	»	31,852. »	31,852. »	58,099.20	78,782.80	
7	472.50	5,670. »	17,010. »	»	»	»	»	»	»	»	»	27,889	26,494.55	36,255.70	30,377	12,150.80	18,226.20	»	»	»	10,600. »	10,600. »	54,915.35	82,091.90	
8	672.86	16,417.78	49,253.34	11,666.28	34,998.84	»	»	»	»	»	»	»	»	»	105,917	79,437.75	119,686.21	»	»	»	48,295. »	48,295. »	155,816.81	252,233.39	
9	657.50	5,006.25	15,018.75	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	57,493	22,997.20	34,495.80	»	»	»	5,300. »	5,300. »	33,303.45	54,814.55	
10	760. »	4,560. »	13,680. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	69,257	27,702.80	41,554.20	»	»	»	3,230. »	3,230. »	35,492.80	58,464.20	
11	138.50	554. »	1,662. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	13,662	5,464.80	8,197.20	»	»	»	5,300. »	5,300. »	11,318.80	15,159.20	
12	518. »	3,885. »	11,655. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	48,528	19,411.20	29,116.80	»	»	»	5,300. »	5,300. »	28,596.20	46,071.80	
13	528. »	5,280. »	15,840. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	58,917	23,566.80	35,350.20	»	»	»	154,239. »	154,239. »	183,085.80	205,429.20	
14	652. »	8,150. »	24,450. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	78,120	46,872. »	70,308. »	»	»	»	78,270. »	78,270. »	133,292. »	173,028. »	
15	564. »	11,280. »	33,840. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	55,957	33,574.20	50,361.30	»	»	»	67,918. »	67,918. »	112,772.20	152,119.30	
16	783.60	16,455.60	49,366.80	»	»	34,456	79,248.80	361,788. »	13,056	24,806.40	65,380. »	10,368	15,552. »	26,956.80	81,986	36,893.70	55,750.48	»	»	»	201,340. »	201,340. »	374,296.50	760,582.08	
17	1,170. »	26,910. »	80,730. »	654. »	1,962. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	18,598	7,439.20	11,158.80	94,090	70,567.50	188,180. »	406,339. »	406,339. »	511,869.70	688,369.80	
18	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	208,703	129,395.86	194,093.79	»	»	»	164,022. »	164,022. »	293,417.86	358,115.79	
Somme	8,692.60	121,618.26	364,854.78	15,764.28	47,292.84	134,099	308,427.70	710,538.50	103,614	160,643.40	246,496. »	82,023	83,624.25	120,107.60	998,385	513,214.31	770,820.98	94,090	70,567.50	188,180. »	1,563,007. »	1,563,007. »	2,836,866.70	4,011,297.70	
a)	Opere da aggiungere per le variate condizioni territoriali:																								
b)	Deviiazione del torrente Garza e sua immissione nel fiume-torrente Mella																							200,000. »	
	Ponti della luce di metri 10 per le ferrovie: Paratico-Palazzolo; Rovato-Bergamo; Brescia-Iseo; n. 5.																							150,000. »	
																								4,361,297.70	
	Somma per direzione, sorveglianza, imprevisti																						93,133.30	438,702.30	
	Totali pel canale superiore che si riportano.																							2,930,000. » 4,800,000. »	

Quadro generale riassuntivo delle espropriazioni, delle quantità dei movimenti di materie e dei dispendi relativi, nonchè del costo dei manufatti e delle altre spese necessarie per la costruzione del Canale, ricavato dagli allegati del progetto Coccoli del 1806. A confronto dei dispendi originariamente previsti, sono esposti pure quelli che si presumono necessari oggi.

Table with columns: ESPROPRIAZIONI (di terreni, di case), ESCAVAZIONI DIVERSE, TRASPORTO E IMPIEGO DELLE VARIE MATERIE (con taglio di roccia, in terra), ARGINATURE (con materie prese fuori lavoro), MANUFATTI, IMPORTO DELLA SPESA per tronco, COSTO TOTALE del canale. Includes sub-section 'B Canale inferiore da Brescia all' Oglio presso Canneto' and a final summary table 'Riassunto delle partite di spesa per l'intero canale'.

RELAZIONE VII — ALLEGATO B

Corpo Reale del Genio Civile

II COMPARTIMENTO

UFFICIO DI MILANO

**Proposta di un canale navigabile fra Milano e l'Adda a Lodi
(Nuovo Naviglio di Lodi)**

Si fa osservare nell'Allegato C - che fa seguito a questo - come la trasformazione del naviglio di Pavia per renderlo praticabile alle barche di grossa portata non sia provvedimento da consigliarsi per diverse e tutte assai gravi ragioni, e che perciò sarebbe mestieri pensare all'apertura di un nuovo naviglio, in sostituzione dello esistente, con dimensioni e profondità d'acqua quali occorrono per le barche anzidette.

Però se il rendere possibile la comunicazione fra Milano ed il Ticino con barche di grossa portata può essere di giovamento per la navigazione che si sta attivando tra Milano e Venezia, ben maggiore sarebbe il vantaggio per questa, quando, oltre al poter adottare tali barche, si trovasse modo contemporaneamente di accorciare la distanza che intercede per via d'acqua fra i due citati centri commerciali, e di eliminare le difficoltà di vario genere che la navigazione incontra nel tratto di Po dallo sbocco dell'Adda a quello del Ticino e lungo questo ultimo fiume.

Ciò sarebbe possibile quando, anzichè costruire un nuovo canale diretto al Ticino, si congiungesse Milano con l'Adda a Lodi, e si costruissero, rendendoli navigabili pure alle barche di grossa portata, il canale industriale già studiato dall'ing. G. B. Conti fra Lodi e Cavenago, e l'altro pure industriale fra questa località e Pizzighettone per il quale il Sig. comm. E. Conti ha già avanzato domanda di concessione, ritenuto che il tratto di Adda da Pizzighettone al Po può essere mantenuto costantemente, mercè il semplice impiego di draghe, con fondali più che sufficienti per quelle barche stesse.

La linea Milano-Venezia, che seguirebbe i suindicati canali sino a Pizzighettone e quindi l'Adda sino al Po, riuscirebbe di circa 62 chilometri più breve dell'altra diretta al Ticino, il che corrisponde per lo meno ad un ri-

sparmio di due giorni di viaggio per le barche in ascesa, ed eviterebbe le difficoltà di navigazione alle quali si è accennato.

La distanza fra Milano e l'Adda a Lodi è di chilometri 33 circa, vale a dire è pressochè identica a quella fra Milano ed il Ticino a Pavia; il dislivello fra Milano e l'Adda nella località indicata è inferiore di 10 metri circa a quello fra Milano ed il Ticino a Pavia; le difficoltà per la costruzione di un canale diretto all'Adda non sono certamente superiori a quelle che richiederebbe la costruzione di un nuovo canale che immettesse nel Ticino, per modo che si può ritenere che le spese di costruzione dell'uno e dell'altro canale verrebbero ad equivalersi.

In quanto all'alimentazione del canale diretto da Milano all'Adda, che chiameremo Naviglio di Lodi, si potrebbe ottenerla servendosi delle acque del sottosuolo, ovvero di quelle che eventualmente si rendessero disponibili nella Martesana, quando si facesse l'invaso del lago di Como, o nel Naviglio Grande dopo la sistemazione dei suoi primi 30 chilometri, inquantochè, munendo questo di adatto rivestimento, rimarrebbero sopresse molte perdite che attualmente si hanno per infiltrazione. Tanto in un caso come nell'altro il Naviglio di Lodi potrebbe venire collegato coi Navigli della Martesana e di Pavia e quindi con l'esistente Darsena di Porta Ticinese e col Naviglio Grande, con che, se non le barche di grossa portata, almeno quelle attualmente in uso avrebbero la possibilità di transitare indifferentemente da un canale all'altro.

I due canali industriali anzidetti verrebbero invece alimentati con le acque dell'Adda. Il primo di essi si deriverebbe sulla sponda sinistra del fiume inferiormente a Lodi, appena sotto lo sbocco del Naviglio da costruirsi e rimetterebbe le acque nel medesimo fiume poco superiormente a Cavenago per essere di bel nuovo sottratte dall'altro canale di cui ha chiesto la concessione il Comm. E. Conti. Quest'ultimo canale poi si svolgerebbe sulla sponda destra ed andrebbe a sboccare nell'Adda appena sopra Pizzighetone. Il fiume Adda, negli stati di magra, si trova dopo la derivazione del canale Marzano, che si effettua quasi a metà strada fra Cassano e Lodi, completamente asciutto. Esso però va, mano mano che discende verso il Po, ricostituendosi d'acque con le numerose sorgive della valle, e coi residui dell'irrigazione delle pianure laterali. Da calcoli fatti, basandosi sui dati forniti da misure di portata del fiume, e sulle osservazioni giornaliere allo idrometro di Lodi, si può ritenere che in questa località il fiume, negli stati di magra, non ha mai meno di mc. 15 d'acqua, eccetto nei casi di eccezionali prolungate siccità che si verificano solo tre volte in un periodo di 30 anni, e per nove a dieci mesi all'anno un volume d'acqua non mai inferiore a 30 metri cubi.

A Cavenago invece, eccetto anche qui per tre volte in un periodo di 30 anni, la portata del fiume non discende oltre i mc. 20, e si mantiene per nove a dieci mesi all'anno non mai inferiore ai 35 metri cubi.

Come si vede le due derivazioni Conti non potrebbero far assegnamento che su una quantità d'acqua variabile, ma se ciò può costituire uno stato di inferiorità loro in confronto a quelle altre che hanno sempre assicurata la regolare alimentazione, non può tuttavia essere sufficiente motivo per far rinunciare all'utilizzazione della forza considerevole che si può ritrarre dalle

acque dell'Adda nel lungo periodo in cui esse abbondano, così come non lo è stato per l'utilizzazione di molte altre forze ritraibili da diversi corpi d'acqua di queste e d'altre Provincie, che in determinati periodi scarseggiano pure d'acqua, o si riducono anche completamente in asciutto. Ed invero, limitandosi agli esempi che presenta questa Provincia, in peggiori condizioni, inquantochè per 35 giorni dell'anno l'acqua di competenza manca affatto a causa delle ordinarie asciutte, si trovano tutte le derivazioni a scopo industriale che si praticano sui Navigli di Pavia, della Martesana e di Paderno, ed in condizioni pressochè identiche sono la derivazione dell'Adda della Ditta Benigno Creppi, quelle pure dell'Adda della Società del linificio e canapificio nazionale a Fara d'Adda ed a Cassano d'Adda, etc. etc.

Naturalmente per il tempo in cui le due derivazioni Conti non avrebbero sufficiente alimentazione, converrebbe provvedere, come provvedono gli esercenti delle altre derivazioni citate, limitando il lavoro negli stabilimenti proporzionatamente alla forza idraulica di cui si può disporre, oppure supplendo alla deficienza della forza stessa con l'installazione di motori a vapore.

Il primo canale, quello cioè che si deriverebbe dall'Adda a Lodi, avrebbe approssimativamente una lunghezza di km. 6 ed una caduta di m. 6.50; l'altro da derivarsi a Cavenago una lunghezza di km. 19 circa con una caduta di m. 15. Veramente il canale per il quale il Comm. E. Conti ha chiesto la concessione, sarebbe di soli km. 13,238 con una caduta suddivisa in tre salti di soli m. 11.50, inquantochè esso si arresterebbe a Castiglione d'Adda, ma, per quanto risulta, è intenzione del predetto Comm. Conti di prolungare il suo canale sino a Pizzighettone, o poco più sopra. Pertanto, tenuto conto che lo scarico del naviglio proveniente da Milano contribuirebbe esso pure ad aumentare la portata dell'Adda a Lodi di un volume d'acqua che, non dovrebbe essere minore di mc. 2, il primo canale Conti potrebbe ordinariamente derivare 32 metri cubi d'acqua, e 17 negli stati di magra, e l'altro che ad esso succede, un volume di 37 metri cubi pure negli stati ordinari, e di mc. 22 negli stati di magra del fiume.

Si avrebbe così per il primo dei due canali una forza ordinaria di cavalli dinamici 2773, ed una minima di 1473, e pel secondo, supposto prolungato sino presso Pizzighettone, la forza ordinaria di cavalli dinamici 7400, e minima di 4533.

La forza complessivamente ritraibile sui due canali sarebbe quindi di cavalli dinamici 10,173 negli stati ordinari delle acque del fiume, e di cavalli dinamici 6,006 negli stati di magra, e cioè mediamente, ammesso pure che gli stati di magra durino il massimo di tre mesi all'anno, di cavalli dinamici 9,131.

Queste cifre che non si pretende siano esatte, perchè non sarebbe stato ora il caso di ricorrere a rilievi di dettag'io, e che possono essere suscettibili tanto di riduzione come di aumento, dimostrano in ogni modo che vi è disponibile sull'Adda fra Lodi e Pizzighettone una forza considerevole, la quale, oltrechè per la trazione elettrica sul'e ferrovie potrebbe essere utilizzata per animare gli stabilimenti industriali esistenti in quella ricca plaga, e per dar vita a numerosi altri che non tarderebbero di certo a sorgere.

Il bisogno di sfruttare le forze idrauliche va facendosi di giorno in giorno più sentito sia per il progressivo sviluppo industriale del paese, sia pel rincaro ognor crescente del carbone, sia infine per sottrarre

le nostre industrie alle vicende di vario genere alle quali il commercio del carbone medesimo soggiace; e però non è certo avventato il prevedere non molto lontana anche la costruzione dei due canali accennati.

Ma poichè l'Adda sotto Lodi per lungo tratto non è navigabile a cagione della scarsità delle acque, e quindi della mancanza dei necessari fondali, sarebbe davvero imperdonabile che non si prendesse l'occasione della costruzione di quei canali per portare la navigazione delle grosse barche, che ora è possibile senza difficoltà, o quasi, tra il Po e Pizzighettone, sino a Lodi, donde potrebbe risalire, mediante il nuovo Naviglio, sino a Milano.

A questo scopo quei due canali dovrebbero avere delle conche in corrispondenza ai salti e dovrebbero per pendenza, larghezza, altezza d'acqua e dimensioni dei manufatti essere in perfetta consonanza col nuovo Naviglio da costruirsi fra Milano e Lodi.

Naturalmente la spesa di costruzione di questi due canali navigabili da barche di grossa portata sarebbe abbastanza rilevante, e, quantunque manchino dati sufficienti per poterla precisare, si può tuttavia approssimativamente valutare, basandosi sui calcoli di stima che più avanti vengono esposti per il Naviglio di Lodi, in 10 milioni, ritenuto che i manufatti da costruirsi sui due canali stessi sarebbero relativamente per chilometro in numero molto minore e di minore importanza.

Nel progetto del Naviglio di Lodi, che si presenta, si è ammessa l'ipotesi più sfavorevole, e cioè che non vi sieno acque superficiali disponibili, e che quindi il canale debba essere alimentato unicamente con le acque del sottosuolo.

La congiunzione di questo Naviglio con quello di Pavia, e quindi con la Darsena di Porta Ticinese, col Naviglio Grande, con la Fossa Interna e col Naviglio della Martesana, si otterrebbe secondo questo progetto mediante un breve tratto di canale con relativo sostegno, (tav. 1^a, 2^a) che, dipartendosi dal Naviglio pavese suddetto poco sopra la conca al Lambro, o Fallata, immetterebbe nel gran bacino, o darsena, cui farebbe capo lo stesso Naviglio di Lodi.

Qualora però venisse soppressa la navigazione nella Fossa Interna della città di Milano, la congiunzione del Naviglio di Lodi con quello della Martesana potrebbe effettuarsi mediante il canale esterno alla città proposto dal collega cav. Toniolo, sia portandolo a sfociare nella grande darsena suindicata, sia, e meglio nei riguardi dell'economia, innestandolo direttamente nello stesso Naviglio di Lodi presso Chiaravalle, così come è rappresentato con linea tratteggiata nella tavola planimetrica. Il progetto è tutt'affatto sommario ed è naturalmente suscettibile di modificazioni, oltrechè a seconda delle circostanze che si possono verificare, anche in seguito a maggiori e più accurati studi che non è stato ora possibile fare, e che d'altronde allo stato attuale delle cose sarebbero prematuri.

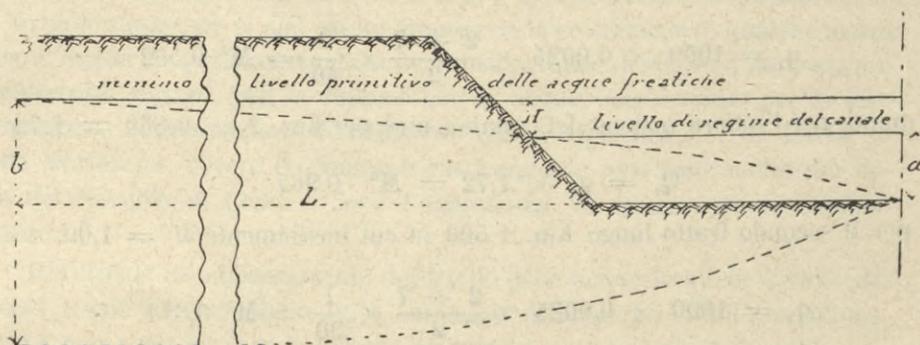
E così una variante che si potrebbe presentare conveniente, anche sotto l'aspetto economico, ma più specialmente nel riflesso di non intralciare il progressivo allargamento edilizio della città, sarebbe quello di portare la darsena del nuovo canale appena al di là della ferrovia Milano-Pavia ad oriente di Chiaravalle, limitandosi a collegare questa darsena col Naviglio di Pavia con un canale di più modeste dimensioni da servire unicamente per

la navigazione delle barche di piccola portata. Ma di questo come d'altri molti dettagli non è il caso ora di occuparsi; essi potranno venire studiati e discussi quando, ammessa la convenienza di una comunicazione per via d'acqua fra Milano e l'Adda, si trattasse di tradurla in atto pratico.

Il Naviglio di Lodi (e quindi i canali da Lodi a Pizzighettone) per essere praticabile alle barche di grossa portata, che navigano nelle lagune e fanno anche in determinate condizioni il servizio in mare del piccolo cabotaggio, a barche cioè di 600 tonnellate circa, dovrebbe avere una larghezza in cunetta di almeno m. 18, profondità d'acqua di m. 2.50 e conche con larghezza minima di m. 9 e con lunghezza utile non inferiore a m. 65. La quantità d'acqua necessaria per l'alimentazione di questo canale, dovrebbe essere per lo meno di metri cubi 2.50 al secondo, tenuto conto delle filtrazioni, per quanto piccole dovendo trovarsi il canale intieramente rivestito e senza feritoie là dov'egli emerge dalle acque freatiche, delle fughe attraverso le porte dei sostegni, dell'evaporazione, e della convenienza di non prolungare e di troppo la durata della carica delle conche.

Per ottenere dal sottosuolo i mc. 2.50 di acqua ritenuti necessari per l'alimentazione del canale, la darsena — che si suppone per ora, trattandosi di studio sommario, di forma rettangolare con m. 300 per 200 di lato, ma che all'atto pratico potrà avere una disposizione più adatta per facilitare il carico e lo scarico delle merci dalle navi, e per l'accesso alle banchine dei mezzi di trasporto — ed il primo tratto del canale stesso per una lunghezza di Km. 0.860 dovrebbero avere il fondo a m. 4 sotto il minimo livello delle acque freatiche, ed il successivo tratto di Km. 1.500 da m. 4 a m. 2, restando così il pelo dell'acqua nella darsena e nel primo tratto del canale a m. 2 sotto il minimo livello suddetto, e da m. 2 a m. 0 nel tratto successivo, (tavola 2^a).

Ciò risulta dai calcoli all'uopo istituiti e che si vanno qui svolgendo.



Si assume per la filtrazione dell'acqua negli strati permeabili la legge sperimentale di Darcy

$$V = \alpha i$$

dove V ed i sono rispettivamente la velocità e la pendenza dell'acqua ed α

un coefficiente dipendente dal materiale in cui avviene la filtrazione; legge universalmente ammessa, e confermata di poi.

Allora detto:

a - l'altezza d'acqua nel canale emungente;

H - l'abbassamento del pelo freatico;

b - l'altezza iniziale dello strato acquifero interessato dal canale emungente, dove l'aspirazione di questo comincia a farsi sentire;

L - la distanza corrispondente dal canale;

K - il coefficiente di permeabilità adatto al terreno considerato;

si ha che il prodotto d'acqua q di un chilometro di canale sino a metà larghezza (Clavenad - *Annales des Ponts et Chaussées* - 1890) è esprimibile da

$$q = 1000 k \frac{a + b}{2} \frac{H}{L}$$

Avuto speciale riguardo alla natura e giacitura della zona attraversata dal progettato canale si assegna a K il valore trovato da Darcy per terreni ghiaiosi, e cioè:

$$K = 0,0025$$

ed a L il valore dato dalle osservazioni fin qui fatte:

$$L = 40 \text{ per } H = 2,00 \text{ ed } L = 30 \text{ per } H = 1,00$$

Tenuto conto dei soli primi *aves*, come denotansi con nome antico e locale le falde acquifere del sottosuolo, non si va certo al di sopra del vero ponendo che l'altezza iniziale b della falda interessata dal canale emungente sia mediamente, tanto nell'uno come nell'altro tratto di questo, di m. 7.

Per il primo tratto lungo Km. 0.860 in cui il pelo d'acqua nel canale si troverebbe a m. 2 sotto il livello minimo delle acque freatiche sarebbe adunque

$$q_1 = 1000 \times 0,0025 \times \frac{2 + 7}{2} \times \frac{2}{40} = M^3 0,562$$

e quindi per l'intera sezione del canale e cioè per Km. $2 \times 0,860 = 1,72$

$$Q_1 = q_1 \times 1,72 = M^3 0,967$$

e per il secondo tratto lungo Km. 1.500 in cui mediamente $H = 1,00$.

$$q_2 = 1000 \times 0,0025 \times \frac{2 + 7}{2} \times \frac{1}{30} = M^3 0,371$$

$$Q_2 = q_2 \times 3,00 = M^3 1,01$$

Resta il bacino all'origine, o darsena, di m. 300 per 200 di lato. Questo bacino si può prudentemente considerarlo come emungente su tutto lo sviluppo del contorno in modo analogo al canale.

In realtà il fondo centrale del bacino stesso potrebbe interessare una falda acquifera più profonda, ma di questo maggior prodotto eventuale d'acqua non vi è mezzo di tenere ragionevolmente conto preventivo.

Essendo per il bacino $H = 2$ e lo sviluppo del contorno di Km. 1, il prodotto risulterebbe

$$Q_3 = q_1 \times 1,00 = M^3 0,562$$

L'acqua d'alimentazione del canale sarebbe conseguentemente rappresentata da

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = M^3 2,539$$

ed in cifra tonda mc. 2.50.

Però per quanto i rilievi fatti da questo Ufficio ed il risultato avuto dall'applicazione delle formole si possano ritenere attendibili, sarà pur sempre prudente, quando si fosse nella contingenza di addivenire alla costruzione di questo canale, di accertarsi previamente con opportune esperienze se con la disposizione progettata del fondo della darsena e del canale si possa realmente fare assegnamento sulla quantità d'acqua dianzi indicata, ed in caso contrario converrà od approfondire di quanto basta quel fondo, ovvero aprire dei cavi emungenti sussidiari. E così quando si temesse che le perdite fossero sensibili e non reintegrabili con le acque del canale che dovrebbe sostituire la Fossa Interna di Milano, sempre quando questo venisse costruito, si potrebbe od abbassare il fondo del canale in qualche tratto intermedio fra Milano e Lodi sotto il livello delle acque freatiche di quanto basta per emungere la quantità di acqua sufficiente a sopperire alle perdite, ovvero ricorrere allo espediente di rifornire il canale con acque elevate dal sottosuolo, o da qualche corso d'acqua naturale, od artificiale, mediante pompe azionate da appositi motori.

Il Naviglio di Lodi con la sua direzione da ovest ad est si trova nelle migliori condizioni per intercettare la corrente acquifera sotterranea perchè questa procede all'incirca da nord a sud, e quindi pressochè normalmente al Naviglio stesso; nè vi può essere timore con la sottrazione di qualche metro cubo d'acqua da quella corrente sotterranea perenne di venire a danneggiare i sottostanti terreni, per la ragione che le acque, che servono per la loro irrigazione, o provengono direttamente dai Navigli Grande, di Pavia, o della Martesana, ovvero da fontanili che hanno le loro teste molto più sopra del Naviglio di Lodi, e dove l'aspirazione di questo non si farebbe sentire.

D'altronde un abbassamento del livello delle acque freatiche a valle del nuovo canale ritornerebbe a tutto vantaggio della igiene e dell'agricoltura, perchè non sono ivi rare le località sommerse, o quasi sature d'acqua.

La costruzione del Naviglio di Lodi non presenta difficoltà tecniche. Vi sono, è vero, delle difficoltà per i sottopassaggi alle strade e specialmente alle strade ferrate Milano-Pavia e Lodi-Piacenza, e per gli attraversamenti dei numerosi corsi d'acqua, ma sono difficoltà solo in quanto richiedono delle opere molto costose.

Circa alla spesa di costruzione di questo Naviglio, essa sarebbe abba-

stanza rilevante, giacchè raggiungerebbe, giusta i calcoli sommari istituiti, la somma di lire 18,000,000, così ripartita :

1.º Espropriazione	M ³ 1.500.000 a L. 1,50 = L.	2.250.000
2.º Scavi di terra in asciutto e relativo trasporto in rinterro od a rifiuto . . .	M ³ 2.500.000 a » 1,50 = »	3.750.000
3.º Scavi di terra in acqua e trasporto c. sopra	M ³ 800.000 a » 3,00 = »	2.400.000
4.º Opere d'arte:		
a) Ponti per ferrovie a doppio bin. N.	2 a L. 100.000 = »	200.000
b) Id. per strade provinciali . . . »	6 » » 75.000 = »	450.000
c) Id. per strade comunali e vicinali »	38 » » 50.000 = »	1.900.000
d) Tombe di luci diverse . . . »	200 » » 10.000 = »	2.000.000
e) Ponte-canale sul Lambro . . . »	1 » » 350.000 = »	350.000
f) Conca d'accesso al Nav. di Pavia »	1 » » 125.000 = »	125.000
g) Conche di m. 65 di lungh. utile »	8 » » 250.000 — »	2.000.000
		————— » 7.025.000
5.º Muri di sponda e rivestimenti del canale.		» 1.200.000
6.º Casotti per guardiani, preparazione strade, siepi, seminagione scarpate, ed altri lavori diversi		» 300.000
		Sommano L. 16.925.000
Studio progetto, direzione, sorveglianza e lavori imprevisi		» 1.075.000
		Ritornano L. <u>18.000.000</u>

cui corrisponde una spesa per chilometro di canale di L. 550,000 circa.

Addizionando a questa somma quella dei 10 milioni prevista per i due Canali da Pizzighettone a Lodi di cui si è a suo luogo parlato, risulta una complessiva spesa approssimativamente di 28 milioni, colla quale appare possibile di costruire una facile via praticabile alle grosse barche fra Venezia e Milano, creando contemporaneamente una forza considerevole da impiegarsi a vantaggio ed incremento delle industrie.

Milano, 10 settembre 1902.

L'ingegnere di 1ª classe
GIUSEPPE PARIBELLI.

Visto: *L'ingegnere capo*
PAVARI.

ATTI DELLA COMMISSIONE PER LO STUDIO DELLA NAVIGAZIONE INTERNA

RELAZIONE VII — ALLEGATO C

Corpo Reale del Genio Civile

II COMPARTIMENTO

UFFICIO DI MILANO

Proposte di miglioramento della linea di navigazione Pavia-Milano

Condizioni attuali del Naviglio di Pavia.

Il Naviglio di Pavia ha pressochè su tutto il suo percorso una sezione di soli m. 12 di larghezza; ha 14 conche con larghezza minima di m. 5 e con lunghezza da m. 30.80 a m. 34.75; e ponti in muratura con la chiave che si eleva anche solo m. 3.00 sullo specchio d'acqua. L'altezza di quest'ultima poi varia sull'asta del Naviglio da luogo a luogo, e varia ancora a seconda della presenza delle erbe palustri, a cagione del rigurgito che queste producono, per modo che, mentre a canale appena espurgato l'altezza minima è di m. 1.00, a canale ingombro d'erbe palustri, vale a dire dal maggio all'ottobre, la stessa sale a m. 1.10, 1.15 ed anche più.

Le barche che percorrono il Naviglio di Pavia devono pertanto presentare le dimensioni, l'immersione, e le altezze del carico in relazione ai dati sovraesposti, e non possono quindi avere larghezza tra i bordi esterni superiore ai m. 4.85, lunghezza che superi i m. 27.00, tenuto conto dell'esistenza nel bacino delle conche del diaframma, o travata, per moderare l'impeto e l'agitazione delle acque della carica; immersione ordinariamente maggiore di m. 0.85, ed eccezionalmente, durante la presenza delle erbe palustri, maggiore di un metro, ed infine un carico che si elevi oltre m. 2.40 sullo specchio dell'acqua.

E' ben vero che il vigente regolamento di navigazione 7 agosto 1829 e le successive disposizioni prescrivono per le barche che transitano sul Naviglio di Pavia la massima larghezza di m. 4.75, la massima lunghezza di m. 23.80, l'immersione massima di m. 0.85, e la massima altezza del carico di m. 1.20 sulle sponde, ossia di m. 1.85 sullo specchio d'acqua, ma ciò non toglie la possibilità di adottare per le barche le dimensioni suddette in ogni qualsiasi epoca dell'anno e quelle maggiori immersioni ed altezza di carico in certe determinate circostanze, ed infatti anche

al presente, sebbene abusivamente, vi sono barche su quel Naviglio che hanno quelle dimensioni, e che si caricano sino a raggiungere quelle maggiori immersioni ed altezze.

A proposito dell'immersione conviene però osservare che anche quella di soli m. 0.85, se può essere adottata tutto l'anno sull'intero tronco dal primo sostegno, posto alla confluenza del Naviglio col fiume Ticino, alla Darsena di Porta Ticinese di Milano, non è invece più consentita per il passaggio di questo sostegno quante volte il pelo dell'acqua del fiume trovasi inferiore a m. 1.15 sullo zero dell'idrometro collocato contro lo spalzone sinistro di quel manufatto.

Dalle osservazioni fatte da questo Ufficio per un lungo periodo d'anni risulta che le acque del Ticino si mantengono mediamente per 58 giorni all'anno sotto i m. 1.15 di detto idrometro, e che scendono nelle magre straordinarie perfino a m. 0.60 sullo zero, e però per tutti questi giorni il carico delle barche pel passaggio di questo sostegno deve essere ridotto in relazione, di guisa che per le magre straordinarie stesse l'immersione non può essere superiore ai m. 0.30.

Ciò è dovuto al fatto che lo zero dell'idrometro corrisponde alla soglia dei portoni e che trasversalmente a questa trovansi collocate delle *poutrelles* di cent. 30 d'altezza per impedire che i lastroni di granito, di cui la soglia stessa è coperta, vengano sollevate dai potenti soffioni ivi esistenti, e al fatto ancora che la capriata in legno, che trattiene i portoni, si eleva essa pure di 25 cent. su quella soglia.

Ne consegue che, verificandosi altezze d'acqua del fiume inferiori ai m. 1.15 dell'idrometro, le barche per entrare nel Naviglio, o per uscirne, devono essere alleggerite, almeno provvisoriamente, e ciò appunto si fa con grande perdita di tempo e con ispreco di lavoro.

Il limitato carico delle barche che, date le dimensioni loro, non può essere di oltre 50 tonnellate per la maggior parte dell'anno, l'impossibilità del trasporto di materie voluminose, determinata dalla poca elevatezza dei ponti, e la necessità di ridurre bene spesso il carico al passaggio del sostegno alla confluenza, sono cause per le quali la navigazione su questo Naviglio riesce costosa e non può prendere quello sviluppo che sarebbe a desiderarsi.

Modificazioni da introdursi nel Naviglio.

Giustamente pertanto si vuole studiare il modo di migliorare le attuali condizioni di navigabilità di questo Naviglio, e ciò appunto si prefigge la presente relazione.

Innanzitutto conviene esaminare se sia possibile dare alle barche maggiori dimensioni di quelle suaccennate, e quindi aumentare il loro carico.

Evidentemente per far ciò converrebbe non solo di allargare ed allungare le 14 conche, ma eziandio di allargare su quasi l'intera sua estesa la sezione del canale.

Ora, astraendo pure dalla spesa che richiederebbe il lavoro di trasformazione di questo canale e che ascenderebbe certamente ad una somma ragguardevole, la trasformazione stessa non è assolutamente possibile.

Le acque del Naviglio di Pavia servono a tre usi, vale a dire alla navigazione, all'irrigazione ed all'animazione di numerosi stabilimenti industriali.

Per eseguire le modifiche necessarie alle conche e l'allargamento della sezione del canale occorrerebbe evidentemente di mettere in asciutto quest'ultimo per un lungo periodo di tempo, che verrebbe ad essere, per quanta attività si impiegasse nel lavoro, di alcuni anni, e per tutto questo tempo di conseguenza dovrebbero rimanere sospesi, non solo la navigazione, ma eziandio l'irrigazione e lo esercizio degli stabilimenti suddetti.

Messa a parte la navigazione, che potrebbe essere provvisoriamente sostituita, sia pure con maggiore spesa, dalle ferrovie e dalle tramvie parallele al canale, non vi ha chi non veda di quali perturbazioni e di quali danni alla pubblica economia sarebbe causa la sospensione della irrigazione di una fra le migliori zone dell'agro milanese e pavese, e la sospensione dell'esercizio delle molte industrie che si animano con le acque del Naviglio. E ciò senza parlare dei compensi enormi che si dovrebbero pagare agli utenti di quelle acque.

Si potrebbe adottare l'espedito di procedere alla trasformazione del Naviglio gradatamente eseguendo i lavori nei soli periodi della annuale asciutta, ma in questo caso, oltrechè si avrebbero sempre delle serie difficoltà per mantenere nel frattempo i servizi ai quali il canale è adibito, la trasformazione non potrebbe trovarsi compiuta se non dopo molti anni, senza che intanto la navigazione avesse a sentirne giovamento. Meglio sarebbe dunque costruire *ex novo* un altro Naviglio che sostituisse l'esistente.

Abbandonata pertanto l'idea di trasformare il Naviglio per aumentare le dimensioni delle barche, resta ad esaminarsi se almeno sia possibile accrescere l'immersione e l'altezza del carico di queste, ed eliminare le difficoltà che si presentano al passaggio del sostegno alla confluenza.

Le osservazioni fatte lungo la linea di navigazione Venezia-Pavia hanno condotto a riconoscere che per buona parte dell'anno il fiume Po, superiormente alla foce dell'Adda a Cremona, ed il fiume Ticino, nel tronco compreso in detta linea, non consentono allo stato attuale un'immersione per le barche maggiore di m. 1.00.

Posto ciò, e ritenuto che il Naviglio di Pavia altro non è che il prolungamento sino a Milano della linea navigabile Venezia-Pavia, ben si comprende come, per le condizioni attuali della navigazione, non sia assolutamente necessario che il Naviglio medesimo offra la possibilità di una immersione maggiore del metro.

Il Naviglio di Pavia in condizioni ordinarie d'acqua, e regolarmente espurgato sino al piano dei caposaldi, ha fondali non mai inferiori a m. 1.20, tranne che in corrispondenza della conca alla confluenza, come è già stato detto, e nei tronchi compresi fra il sostegno di Moirago e quello di Rozzano, e fra questo e l'altro al Lambro.

In quel primo tronco l'altezza d'acqua va gradatamente diminuendo sino a ridursi a m. 1.00 in corrispondenza della soglia dei portoni del sostegno di Rozzano, e nel secondo tronco l'altezza stessa è di m. 1.13 e di m. 1.10 rispettivamente in corrispondenza delle tombe Barinetti e Lambretto, e di m. 1.00 sulla soglia dei portoni del sostegno al Lambro (Tavola 1^a).

Già si è detto come nel periodo di sviluppo delle erbe palustri le barche possano avere l'immersione anche di m. 1.00 perchè le acque si trovano allora rigurgitate. Bisognerebbe adunque potere artificialmente creare, per il

periodo in cui non vi sono le erbe palustri, un rigurgito pari a quello che queste producono. Ma tale provvedimento che del resto importerebbe, esso pure, una spesa abbastanza considerevole per l'indispensabile alzamento dei muri di sponda e conseguentemente delle strade alzaie e dei ponti, inquantochè bisogna tener conto che il rigurgito per effetto delle erbe palustri si produrrebbe tuttavia ed andrebbe ad aggiungersi all'alzamento artificiale prodotto, non è più possibile allo stato attuale delle cose. Infatti se si può al sostegno di Rozzano, dove il salto è utilizzato per isviluppare della forza motrice, compensare il rialzo artificiale dell'acqua a valle con altrettanto rialzo a monte del salto stesso, così non può più farsi al salto del sostegno al Lambro che è anche utilizzato per sviluppare della forza, per ciò che un rialzo del pelo d'acqua nel tronco fra questo ed il superiore sostegno della Conchetta andrebbe a diminuzione della forza che pure si ritrae a questo sostegno, non potendosi, per ragioni che troppo lungo sarebbe citare, trovare anche qui un compenso col rialzo delle acque a monte.

Possibile invece e conveniente, anche sotto l'aspetto della spesa, risulta l'espedito di abbassare su quei due tronchi (Tavola 1^a) il fondo del canale e quindi le soglie dei portoni ed i dorsali delle tombe troppo elevati, così da poter avere ovunque un'altezza d'acqua di m. 1.20 circa, più che sufficiente per poter dare alle barche l'immersione di m. 1.00.

Quanto debba essere quest'abbassamento in ciascuno degli anzidetti due tronchi risulta dai seguenti calcoli:

a — Tronco dal sostegno di Moirago a quello di Rozzano.

Pel tratto dal salto del sostegno di Moirago alla tomba Fossone l'acqua ha sempre altezza superiore ai m. 1.20; per questo tratto adunque non si rende necessario alcun provvedimento. Da questa tomba invece sino al sostegno di Rozzano, le altezze vanno mano mano decrescendo sino a ridursi, come si è detto, a soli m. 1.00 sulla soglia dei portoni del sostegno stesso. Mantenendo quindi fermo il fondo attuale in corrispondenza della tomba Fossone basterà di effettuare l'abbassamento del fondo da questa tomba all'ultimo sostegno citato.

Posti pertanto per questa parte di canale i seguenti dati:

Lunghezza m. 782.20;

Altezza d'acqua in corrispondenza della tomba Fossone in cifra tonda m. 1.20;

Idem sulla soglia dei portoni del sostegno di Rozzano m. 1.00;

Larghezza media del Naviglio m. 12.00;

Pendenza totale del pelo d'acqua, o cadente, m. 0.026, e relativa per metro

$$i = 0,000033;$$

Sezione media, potendosi considerare le sponde a parete verticale,

$$\Omega = \frac{1,20 + 1,00}{2} \times 12 = M^2 13,20;$$

Perimetro bagnato della sezione media,

$$X = \frac{1.20 + 1.00}{2} \times 2 + 12 = M 14.20$$

Raggio medio $R = \frac{\Omega}{X} = 0.929$;

Q = portata ;

V = velocità ;

si ha

$$V = c \sqrt{Ri} = c \sqrt{0.929 \times 0.000033}$$

$$Q = c \Omega \sqrt{Ri} = c \times 13.20 \sqrt{0.929 \times 0.000033} = c \times 13.20 \sqrt{0.00003066}$$

Diminuendosi la pendenza del fondo del Naviglio in modo che la soglia dei portoni di Rozzano venga a trovarsi più bassa di m. 0.227 dell'attuale piano, il che equivale a portare la soglia medesima orizzontale, ossia al livello del fondo che corrisponde alla tomba Fossone, la pendenza del pelo d'acqua col crescere della sezione diminuirà essa pure, e di conseguenza il pelo dell'acqua in corrispondenza della soglia dei portoni di Rozzano si abbasserà, di guisa che l'altezza d'acqua su questa soglia risulterà minore ai m. 1.227.

Per determinare questa minore altezza converrà procedere per supposizioni.

AmMESSo adunque per un supposto che, in seguito all'indicato abbassamento del fondo, l'altezza d'acqua anzichè di m. 1.227 venga a trovarsi di soli m. 1.20, la sezione media sulla parte di Naviglio che si considera sarà data da

$$\Omega' = \frac{1.20 + 1.20}{2} \times 12 = M^a 14.40$$

ed il perimetro bagnato da

$$X' = \frac{1.20 + 1.20}{2} \times 2 + 12 = M 14.40$$

per cui sarà

$$R' = \frac{\Omega'}{X'} = 1.00$$

e quindi

$$V' = c' \sqrt{R'i'} = c' \sqrt{V'}$$

e

$$Q' = c' \times 14.40 \sqrt{V'}$$

Ora essendo $Q = Q'$ e potendosi approssimativamente, per il caso speciale, considerare $c = c'$ si avrà

$$13.20 \sqrt{0.00003066} = 14.40 \sqrt{V'}$$

$$V' = 0.000026.$$

Da ciò risulta che la pendenza totale, o cadente, del pelo d'acqua sulla tratta di m. 782.20 verrebbe ad essere di m. 0.02; e quindi essendo di m. 0.026 quella attuale, vuol dire che il pelo d'acqua, per l'abbassamento

del fondo sino a raggiungere i m. 0.227 sotto la soglia dei portoni, si abbasserebbe esso pure in corrispondenza a questa di m. 0.006, per cui resterebbe sempre un tirante di qualche poco superiore a m. 1.20, ed in ogni modo di m. 1.20 se si tien conto che il calcolo è di semplice approssimazione.

E siccome anche presentemente si hanno m. 1.25 d'altezza d'acqua sul fondo del bacino della conca di Rozzano, così basterà di abbassare la camera dei portoni e la soglia di questi, con la relativa capriata, di m. 0.227, e quindi abbassare il fondo del Naviglio incominciando dalla tomba Fossone, e procedendo gradatamente sino a raggiungere l'altezza di m. 0.227 in corrispondenza della soglia dei portoni suddetti. E ciò sarà possibile farsi senza che occorra di intaccare le tombe, inquantochè i loro dorsi sono su questa tratta di Naviglio ancora al di sotto del nuovo fondo.

b — Tronco dal sostegno di Rozzano a quello al Lambro.

In questo tronco le altezze d'acqua cominciano ad essere minori di m. 1.20 dalla tomba Vernese in su. Allo scopo di evitare, per quanto è possibile, di intaccare le tombe esistenti si rende necessario di considerare in questo tronco separatamente due tratte, la prima, della lunghezza di m. 825, che comincia alla tomba anzidetta e termina a quella del Basmetto, e la seconda, della lunghezza di m. 1499, che va da questa tomba al sostegno al Lambro.

Per la prima tratta basterà, mantenendo fermo il fondo alla quota attuale in corrispondenza della tomba Vernese (Tavola 1^a), procedere gradatamente allo abbassamento del fondo stesso sino a raggiungere il dorso della tomba Basmetto, il che equivale abbassarlo in corrispondenza di questa di m. 0.06.

Ora per vedere di quanto a sua volta il pelo dell'acqua si abbasserebbe, basterà ripetere i calcoli stati fatti per il tronco antecedente e si rileverà che l'altezza d'acqua sulla tomba si ridurrebbe solo a qualche cosa meno di m. 1.20.

Pel tratto di Naviglio dalla tomba Basmetto al sostegno al Lambro, abbassando il fondo in corrispondenza a questo di m. 0.25, e quindi riducendo la cadente del fondo medesimo a soli m. 0.057, si ricava dai calcoli che il pelo d'acqua si abbasserebbe di m. 0.03 circa, per cui anche qui si avrebbe un tirante non inferiore ai m. 1.20.

Questo abbassamento del fondo richiede però anche l'abbassamento rispettivamente di m. 0.10 e di m. 0.14 dei dorsi delle tombe Barinetti e Lambretto (Tavola 1^a), e quello di m. 0.25 della soglia e della camera dei portoni, e di m. 0.15 del bacino della conca al Lambro.

Con questi limitati lavori pertanto, che si possono eseguire durante una o due asciutte al più, il Naviglio di Pavia, per quanto riguarda il tratto al di là del sostegno alla confluenza sino a Milano, può essere reso comodamente navigabile con barche aventi l'immersione di m. 1.00 in ogni epoca dell'anno.

E non si creda che tali lavori, e quelli che necessariamente ne conseguono, possano presentare difficoltà od importare una spesa eccessiva.

Invero per l'abbassamento del fondo, basterà osservare che avendo i muri di sponda del Naviglio fondazioni da 50 a 60 centimetri, l'abbassamento

stesso può sempre essere fatto senza bisogno di eseguire sottofondazioni a quei muri.

L'abbassamento delle soglie dei portoni e delle relative camere delle due conche, nonchè quello del bacino della conca al Lambro, è di così poca cosa che molto probabilmente si potrà eseguire col semplice scalpellamento delle murature esistenti, dato che gli spessori di queste risultino ancora sufficienti da sostenere il carico dell'acqua a conca piena.

Naturalmente in relazione allo abbassamento delle soglie e delle camere dei portoni crescerà l'altezza di questi, ma ciò non richiederà menomamente il loro cambio, giacchè, trattandosi di un accrescimento di pochi centimetri, lo si potrà facilmente ottenere con la semplice sovrapposizione di tavole, od anche di un trave, ai cappelli dei portoni medesimi.

Lavoro di maggiore importanza e di maggiore spesa potrebbe a prima vista sembrare l'abbassamento dei dorsi delle due tombe Barinetti e Lambretto, ma, se si osserva che sono superiormente trattenute tanto l'una che l'altra da travi di legno di m. 0.25 di spessore, si comprenderà come con facilità si possano sostituire a queste travi delle *poutrelles* di minor spessore, così da avere la riduzione necessaria della altezza dei dorsi, senza tuttavia compromettere la solidità degli edifici.

L'importo di tutti questi lavori, supposto nella peggiore ipotesi che per l'abbassamento, almeno delle soglie e delle camere dei portoni delle due accennate conche, fosse assolutamente indispensabile la totale loro rinnovazione, si crede che non potrà superare le L. 30,000.

Devesi però osservare che verrà invece ad aumentare notevolmente la spesa annuale per lo spurgo del Naviglio, inquantochè non basterà più lo spurgo ordinario che si fa nelle asciutte, ma si renderà indispensabile, specialmente per certi tratti, come ad esempio quello fra il sostegno di Porta Cairoli e del Cassinino, e l'altro fra i sostegni al Lambro e della Conchetta, di rimuovere i depositi con draghe od altri mezzi, di mano in mano che si formeranno, senza di che i fondali necessari verrebbero rapidamente a mancare.

Altrove si è detto del grave inconveniente che si presenta al passaggio delle barche al primo sostegno alla confluenza del Naviglio col fiume Ticino per il fatto che, nella circostanza delle magre del fiume, l'immersione non può più mantenersi a m. 0.85 e può ridursi anche a soli m. 0.30.

L'abbassamento della soglia, della camera dei portoni e della capriata, e quello del fondo del bacino di questa conca si rende adunque necessario, indispensabile, anche per l'immersione delle barche oggi ammesso di soli m. 0.85, e tale abbassamento dovrebbe essere di almeno m. 0.30 tanto per la soglia come per il fondo del bacino e per la camera dei portoni, potendosi senza inconvenienti dare alla capriata solo 20 centimetri d'altezza, ed interrarla nella camera dei portoni. Ciò sempre quando si abolissero le *poutrelles* e si provvedesse alla solidità del manufatto contrastando i soffioni in altro modo, e ciò sempre quando ancora si ritenesse, in considerazione della breve lunghezza della conca e della facilità di tenerla espurgata, di limitare il margine fra il fondo delle barche e quello del manufatto a soli cinque centimetri.

La necessità di modificare quel primo sostegno, è, come si vede, indipendente dall'aumento della immersione delle barche, e solo, volendosi rendere possibile l'immersione di m. 1.00 per qualsiasi stato del fiume, conver-

rebbe aumentare l'abbassamento suddetto di almeno 15 centimetri, ovvero di 25 o di 30, se proprio si reputa necessario il margine di 15 o di 20 centimetri.

E' bene tener presente però che crescendo il margine, maggiori di gran lunga potrebbero essere le difficoltà per l'esecuzione del lavoro, sia perchè non si sa sin dove giungano le fondazioni degli spalloni, sia per la presenza di forti soffioni, che aumenteranno di certo in potenza quanto maggiore sarà la profondità dello scavo, sia ancora per la natura del sottosuolo, che per quanto risulta, sarebbe costituito da sabbie fluenti.

Circa l'importo di questi lavori d'abbassamento è difficile, per non dire impossibile, presagirlo, dipendendo esso anche dagli stati idrometrici del fiume durante l'esecuzione dei lavori stessi; in ogni modo si crede che, anche adottandosi il margine di 20 centimetri, non dovrebbe eccedere le L. 30,000.

Riassumendo: tutti i lavori occorrenti per rendere possibile la navigazione con barche con l'immersione di un metro su tutto il percorso del Naviglio di Pavia, e cioè dal Ticino alla Darsena di Porta Ticinese in Milano, e per qualunque sia lo stato di quel fiume, importerebbe una spesa tutt'al più di L. 60,000, spesa che è di ben poco rilievo in confronto degli immensi benefici che la navigazione stessa verrebbe a risentire.

Che se poi oltre all'aumento della immersione delle barche si volesse ottenere ancora tutto quell'aumento che è ancora possibile nell'altezza del carico, la qual cosa sarebbe pure di gran giovamento per la navigazione, non potendo attualmente l'altezza, come già è stato accennato, superare i m. 2.40 sullo specchio d'acqua, converrebbe sostituire con ponti in ferro i ponti in muratura che si trovano agli sbocchi delle conche del Cassinino, della Torre del Mangano, di Nivolto, e di Moirago e che hanno più bassi degli altri l'intradosso in chiave. Ciò però non porterebbe che un aumento d'altezza di 30 o 40 centimetri del carico, ma d'altronde un aumento maggiore non si potrebbe assolutamente ottenere per le difficoltà che presenta la formazione degli accessi, sia in questi come negli altri ponti.

La sostituzione degli anzidetti ponti importerebbe una spesa non maggiore certo alle L. 15,000.

Sistema di trazione da adottarsi per le barche.

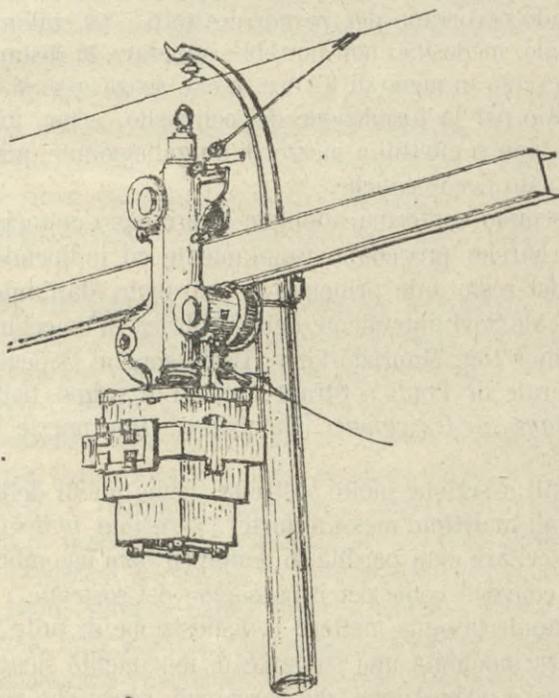
Se le limitate dimensioni che possono avere le barche percorrenti il Naviglio di Pavia, se la loro attuale piccola immersione e le difficoltà che presenta il passaggio al sostegno alla confluenza sono cause dello scarso movimento che si verifica sul Naviglio stesso, la causa precipua però è certamente il sistema di trazione delle barche fatto ancora a mezzo di forza animale che assorbe una spesa rilevante, e che richiede molta perdita di tempo. E' fuor di dubbio che quando si adottasse un sistema di trazione meno costoso e più spiccio, il movimento su questo Naviglio, che ora è rappresentato mediamente da 122,000 tonnellate all'anno, dovrebbe aumentare di molto con vantaggio della pubblica economia.

I sistemi di trazione oggi in uso sui canali e sui fiumi, e che hanno sostituito quello antiquato della forza animale, si possono distinguere in due categorie, secondo che prendono nell'acqua il loro punto d'appoggio, ovvero fuori di essa, e cioè o sul fondo, o sulle rive.

Nella prima categoria si comprendono i battelli di varie specie a ruote, o ad elica, chiamati rimorchiatori se trascinano, e propulsori se spingono le barche ordinarie.

Appartengono alla seconda categoria, per citare i più conosciuti, il tonneggio con fune o gomema, il tonneggio con catena senza fine, l'alaggio con locomotive a vapore, i sistemi elettrici a funicolare (sistema Lamb), a via ferrata aerea (sistema Thwaite-Cawley e sistema Rudolph), a triciclo di alaggio (sistema Galliot-Denèfle), a via ferrata con rotaia unica, ed infine appartiene alla seconda categoria il sistema con fune mobile (*câble marcheur*, o *câble sans fin*, o *câble téléodynamique*).

In tutti gli accennati sistemi, ad eccezione che nell'ultimo, la forza di trazione è direttamente comunicata alle barche da un motore, il quale a sua volta o sull'acqua, o sulle rive, o su una fune sospesa, od infine su una via ferrata aerea, si muove di conserva con le barche stesse. Questo motore ha poi secondo i vari sistemi ed i bisogni, differenti dimensioni, e richiede la presenza di un maggiore o minor personale, sino a ridursi nei sistemi Thwaite-Cawley e Rudolph a poco più d'un giocattolo che vien manovrato a volontà dei barcaioli e senza che occorra l'assistenza di un apposito meccanico.



Sistema Rudolph.

Ciascuno dei sistemi citati può presentare dei vantaggi sugli altri a seconda delle speciali condizioni in cui si esercita la navigazione. In generale però si può stabilire che su quei canali, come è appunto il Naviglio di Pavia, in cui le barche non potranno mai essere capaci di un carico superiore alle 80

od alle 90 tonnellate, in cui ogni barca fa un servizio a sè, ed in cui ancora si riscontrano numerosi sostegni che sono causa di molte perdite di tempo, si può, ripetesi, stabilire, che il sistema di trazione migliore è quello che permette ad ogni barca di procedere isolatamente ed indipendentemente dalle altre.

Per la trazione di una barca con carico di 80 o 90 tonnellate su acque animate da moderata velocità basta una piccola forza, che è sempre molto inferiore a quella che economicamente conviene abbiano i motori suddetti, fatta eccezione per quelli scorrenti su funicolare o su via ferrata aerea; e però le barche stesse, affinchè abbiano a ridursi al minimo possibile le spese del loro rimorchio, dovrebbero essere riunite in convogli di 5, o 6 almeno. Ma ciò porta la necessità che le barche abbiano ad attendere, fors'anche per molte ore, la formazione di questi convogli, e porta ancora un lungo ritardo nella marcia a cagione delle soste al passaggio dei sostegni, senza parlare delle difficoltà di associare per un dato viaggio l'interesse dei singoli proprietari delle barche.

Il Naviglio di Pavia ha 14 conche; se quindi si calcola a 20' il tempo minimo che ogni barca impiega per il passaggio di una conca, ne viene che un convoglio, per esempio, di 6 barche impiegherebbe complessivamente 28 ore per superarle tutte, per cui, calcolando ancora che con la velocità di un metro al secondo occorrono per percorrere tutti i 33 chilometri altre 9 ore circa, il convoglio medesimo non potrebbe superare la distanza tra il Ticino e Milano e viceversa in meno di 37 ore, e ciò, senza essersi tenuto conto del tempo necessario per la formazione del convoglio, e ben inteso nell'ipotesi che la trazione non si effettui a mezzo di un galleggiante qualsiasi che abbia a passare pur esso per le conche.

Questo esempio conferma adunque il principio enunciato della convenienza che le barche procedano isolatamente ed indipendentemente l'una dall'altra, e del resto tale principio è suffragato dall'autorità del signor A. Rudolph, Reale Sovrintendente della fabbrica di macchine a Stettin-Bredow, e dal signor Ing. Maurizio Levy, Professore al Collegio di Francia ed Ispettore Generale di Ponti e Strade. Infatti il primo nella sua memoria *Halage Electrique sur les canaux* (Hambourg - Imprimerie H. O. Persiehl - 1900) scrive:

« Sui canali a sezione molto ristretta, come quelli della Francia e del « Belgio (i canali marittimi messi a parte) la *trazione individuale* deve essere « adottata per evitare ogni perdita di tempo ed ogni ingombro sia per la for- « mazione dei convogli come per il passaggio dei sostegni.

« In un canale bisogna mettere a disposizione di tutte le barche sopra « una lunghezza indefinita una sorgente di movimento sicura ed economica « che sia sempre a disposizione dei barcaioli, senza che sia legata invaria- « bilmente alla barca... »

Ed il Levy nel suo libro *Etude des moyens mécaniques et électriques de traction des bateaux - Première partie - Halage funiculaire* (Paris - Imprimerie Nationale - 1894):

« E' necessario che su un canale ogni barca carica possa partire imme- « diatamente senza dover attendere la formazione e la partenza d'un con- « voglio; è necessario che essa possa arrestarsi quando e come vuole per isca-

« ricare o riprendere delle merci, e ripartire appena che essa è pronta alla partenza. »

Esclusa l'adozione di un sistema di trazione che richiegga la formazione di convogli, resta a vedersi quali fra gli altri sistemi sia da preferire.

Il sistema di alaggio elettrico funicolare Lamb e quelli a via ferrata aerea Thwaite-Cawley e Rudolph sono nella loro disposizione d'insieme analoghi, giacchè l'appoggio è fissato su sostegni ad una altezza da 4 a 5 metri dal piano della strada alzaia, e solo la fune impiegata nel sistema Lamb è rimpiazzata negli altri due da una *poutrelle*.

Sulla fune e sulla *poutrelle* si muovono delle piccole locomotive elettriche che prendono la corrente dalla fune, o dalla *poutrelle* stessa, od altrimenti a mezzo di un *trolley* analogo a quelli impiegati per le tramvie elettriche.

Nel sistema funicolare Lamb il motore della locomotiva aziona dei tamburi intorno ai quali viene ad avvolgersi una seconda fune; nei sistemi Thwaite-Cawley e Rudolph invece il motore aziona delle ruotelle, poste sui due lati della *poutrelle*, che agiscono per aderenza su questa.

Il motore delle locomotive di questi sistemi ha potenza limitata, e si comprende che non può essere diversamente, perchè tali locomotive non possono avere che un piccolo volume ed un piccolo peso; ed è per questo che ciascuna di quelle locomotive serve per la trazione di una sola barca alla velocità fra 3 o 4 chilometri all'ora.

Il maneggio di queste locomotive è dei più facili e si fa dal barcaiolo stando sulla barca. Alla partenza il barcaiolo noleggia dalla Ditta, che esercisce la trazione sul canale, una di queste locomotive; percorre con essa il canale, poi all'arrivo la rimette al controllore pagando la somma fissata dalla tariffa per la consumazione di energia per chilometro e per tonnellata, ed il nolo.

Senonchè dei tre sistemi suindicati quello funicolare Lamb presenta all'esercizio gravissimi inconvenienti, i quali provano che esso non può essere ancora considerato come sufficientemente pratico.

L'altro, quello Thwaite-Cawley, richiede una spesa d'impianto non indifferente. Le *poutrelles* impiegate in questo sistema devono pesare almeno 40 chilogrammi per metro corrente; anzi un peso di 50 a 70 chilogrammi, secondo il signor M. C. Köttgen, Ingegnere Capo della Siemens e Halske A. G., competente in materia per aver studiato in modo speciale questi sistemi di trazione (*Traction électrique sur les canaux* - Paris - Imprimerie générale Lahure - 1900) sarebbe probabilmente ancora preferito.

Tali *poutrelles*, così pesanti, che hanno a sostenere degli sforzi verticali e laterali abbastanza considerevoli, devono essere sorrette da robusti sostegni, i quali poi non possono venire piazzati a distanza maggiore di 10 o 12 metri l'uno dall'altro.

Del sistema Rudolph nulla per ora si può dire non essendo noti i particolari suoi ed i risultati delle esperienze che il suo inventore sta facendo.

Siccome però esso ha come il sistema Thwaite-Cawley delle *poutrelles* pesanti sostenute in alto da sostegni che pur non possono certamente piazzarsi a distanza maggiore di 10 a 12 metri, così si può sin da ora ritenere che la sua spesa d'impianto deve essere come per l'altro assai rilevante.

D'altra parte però questi due ultimi sistemi presenterebbero il vantaggio di una relativamente piccola spesa per l'esercizio, e sotto questo aspetto sarebbero preferibili a quello della fune mobile, ma d'altro lato poi la fune mobile risponde meglio ai bisogni della navigazione individuale ed indipendente, inquantochè non richiedendo essa l'impiego di locomotive, o di speciali costosi od ingombranti ordigni, le barche, in qualunque punto del canale si trovino, possono, a volontà di chi le guida, venire attaccate e staccate dalla stessa con una manovra facilissima e col semplice uso di una corda di cui si dirà in seguito.

Questo sistema si compone nelle sue parti essenziali di una fune metallica senza fine collocata o su un lato solo della via navigabile, ovvero col tratto di andata su un lato e col tratto di ritorno sull'altro, possibilmente poco al di sopra del livello delle acque, a qualche metro dalla sponda, se si vuol lasciar libera la strada anche per l'alaggio con forza animale, e sul ciglio della sponda se non si vuole imporsi questa suggezione, sostenuta e guidata da puleggie, e messa in movimento da un motore fisso.

L'idea prima dell'alaggio funicolare, vale a dire l'idea di rimorchiare le barche con una fune senza fine mossa da una macchina fissa scorrente sopra puleggie stabilite sulle sponde di un corso d'acqua navigabile, costituisce una delle molteplici applicazioni della fune telodinamica di Ferdinando Hirn.

Questa idea non appartiene ad alcuno e solo hanno merito coloro che hanno saputo trionfare delle numerose difficoltà che presenta la sua applicazione.

Sull'applicazione hanno fatto studi i signori Troll, Mercier, Malézieux, Millerand, l'italiano Rigoni, Oriolle, Pavie ed altri, ma chi rese veramente pratico il sistema di trazione con la fune mobile è il signor Maurizio Levy qui addietro citato.

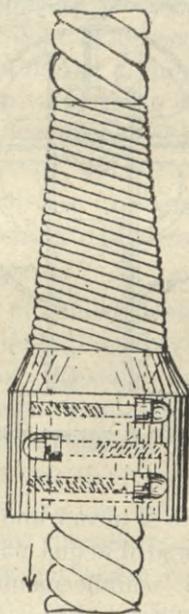
Il signor Levy per incarico del Governo francese fece un impianto di fune mobile sino dal 1889 sui Canali di Saint-Maurice e di Saint-Maur fra Ioinville-le-Pont e Charenton-le-Pont, che servono a mettere in comunicazione la Marna con la Senna, e da allora ad oggi egli con lodevole pertinacia non desistette dal migliorare e dal semplificare il sistema, ottenendo numerosi brevetti d'invenzione, tanto che ora, eliminate tutte le difficoltà, il sistema stesso funziona in modo regolarissimo, come meglio non si potrebbe desiderare, senza dar luogo ad inconvenienti di sorta e con vantaggio incalcolabile per la navigazione.

Descrivere tutti i particolari del sistema della fune mobile, così come trovasi perfezionato dal Levy, porterebbe troppo in lungo, basterà quindi dirne quel tanto che basti per formarsene un chiaro concetto.

La fune che il Levy impiega è costituita da tregoli di fili d'acciaio e da un'anima di filo di ferro ricotto, ed ha diametro da m. 0.025 a m. 0.035 secondo i casi.

Questa fune porta a distanza da 50 a 100 metri e più, secondo la velocità sua, degli arresti per l'attacco dell'alzana, composti di due mezzi anelli d'acciaio, o di bronzo, riuniti col mezzo di viti e trattenuti ancora dalla parte opposta al movimento da una specie di manicotto, od ingrossamento, di

centimetri 10 di lunghezza, ottenuto mediante fili ritorti sulla fune stessa entro un miscuglio di resina e di catrame.



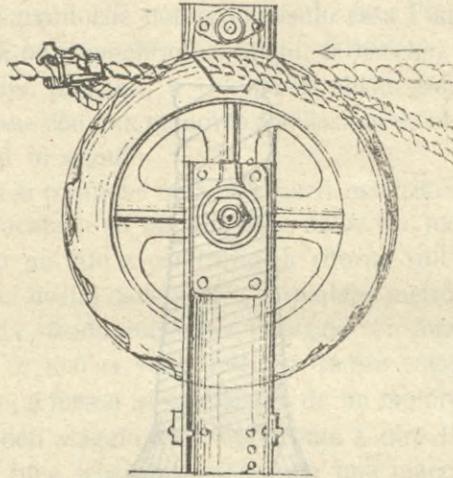
Arresto per l'attacco della alzana.

La fune è sorretta lungo il suo percorso da puleggie collocate da 50 sino a 120 metri di distanza l'una dall'altra, secondo che l'andamento planimetrico del corso d'acqua è più o meno regolare, alcune delle quali disposte in modo da far seguire alla fune stessa le diverse sinuosità dell'andamento anzidetto.

Le puleggie dei tratti rettilinei sono chiamate *puleggie di sostegno ordinario*, le altre *puleggie di cambiamento di direzione*. Le prime hanno il diametro, misurato sul fondo della gola, da m. 0.40 a m. 0.60, le altre da m. 1.40 a m. 2.00 secondo che sono d'angolo ovvero di ritorno, doppie ecc. Le puleggie che portano la fune sono puleggie ordinarie folli sui loro assi, e sono sorrette da sostegni metallici piantati in un massiccio di calcestruzzo, il tutto perfettamente solido senza alcun organo delicato, o fragile. Per impedire alla fune di sortire dalla gola della puleggia, nella quale deve restare invece imprigionata, trovasi fissato al sostegno un pezzo metallico tangente al punto culminante della puleggia, di guisa che la fune passa nella gola come in un foro chiuso da tutte le parti.

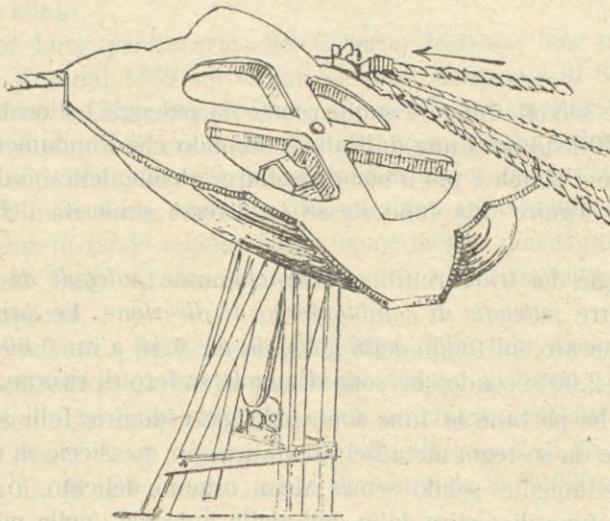
Quando la corda d'attacco delle barche, od alzana, si presenta avanti a quel foro vi penetra essa pure e quindi ne sorte coll'aiuto di speciali tacche,

od aperture, convenientemente praticate nell'orlo, o labbro, della puleggia, che limita la gola dal lato verso l'acqua.



Puleggia di sostegno ordinario.

Allorchè lungo il tracciato si incontrano degli angoli convessi, il di cui vertice si trovi dal lato del corso d'acqua navigabile, si effettua il cambiamento di direzione della fune semplicemente con una puleggia ordinaria girante intorno ad un asse verticale; la fune si trova allora davanti alla puleggia, vale a dire dal lato verso l'acqua, e l'alzana passa oltre senza diffi-



Puleggia di sostegno per angolo concavo.

coltà. Il passaggio invece negli angoli concavi è più difficile, essendochè l'alzana è costretta a passare dietro la puleggia, e cioè dal lato opposto dall'acqua.

Per il passaggio degli angoli concavi la puleggia viene disposta con una data inclinazione che la fa piegare verso l'acqua; essa poi ha una gola molto profonda e nell'orlo di questa sono praticati quattro o sei larghi tagli secondo le circostanze, di cui i denti, o salienti, vengono ad essere più lunghi che nelle altre puleggie, di modo che la puleggia appare come una ruota dentata con quattro, o sei, enormi denti.

L'alzana arriva in una direzione pressochè orizzontale perchè la puleggia si trova il meno alto possibile sullo specchio d'acqua, ed in ogni caso con una inclinazione molto più debole di quella che si ha cura di dare alla puleggia stessa. L'alzana si trova pertanto di già naturalmente più elevata della faccia superiore della puleggia, per di sopra della quale deve saltare; e da questa disposizione risulta che, appena essa trova un'apertura nell'orlo della gola della puleggia, vi entra, e prosegue sino a raggiungerne il punto culminante per essere poi rigettata dall'altro lato dove può liberarsi dalla puleggia in forza del proprio peso.

Fra le puleggie destinate al cambiamento di direzione della fune bisogna annoverare anche quelle delle due traverse del corso d'acqua navigabile all'estremità del circuito. Queste traverse esigono quattro puleggie di ritorno collocate sopra sostegni relativamente molto elevati sullo specchio d'acqua, e cioè elevati almeno di quanto necessita per non difficoltare il passaggio delle barche. Le puleggie di ritorno hanno due metri di diametro al fondo della gola, e per lo sforzo che loro fa sopportare la fune che vi si avvolge per un quarto della loro circonferenza, e per l'altezza alla quale è necessario siano collocate, devono essere portate da sostegni solidissimamente impiantati in un massiccio di più metri cubi di calcestruzzo.

Tali puleggie con l'impianto che richiedono sono dunque costose, e presentano una resistenza passiva considerevole. Tuttavia il loro numero può essere ridotto a due soltanto quando i tratti della fune di andata e di ritorno si trovano su una stessa sponda, ed in questo caso, non essendovi più le traverse, possono anche collocarsi a minore altezza.

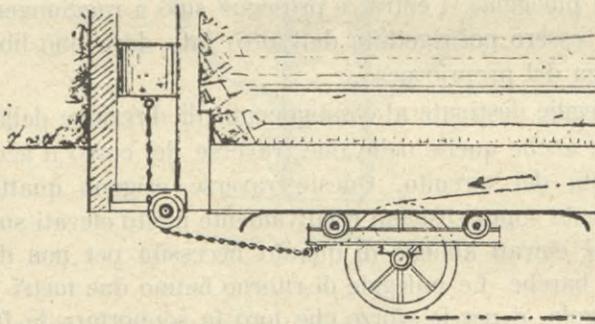
In un punto del circuito, scelto a volontà, la fune passa su due puleggie di 2 metri di diametro al fondo della gola, impiantate sopra solida fondazione in muratura. La prima di queste puleggie è folle sul suo asse e non è in realtà che una puleggia di direzione che obbliga la fune ad avvolgersi pressochè completamente sulla seconda detta puleggia motrice. Quest'ultima, di cui la gola è guarnita di legno per aumentare l'aderenza della fune, è montata su un asse azionato dal motore.

Quando il corso d'acqua navigabile è molto lungo lo si divide in sezioni, in ciascuna delle quali funziona un circuito, ed il motore viene collocato in questo caso, per l'economia dell'impianto e dell'esercizio, dove termina l'una di quelle sezioni e dove incomincia un'altra, e ciò perchè possa contemporaneamente servire a mettere in moto due circuiti.

Il sistema Levy trovasi in attività su due sezioni contigue e cioè sui canali Saint-Maurice, lungo m. 3445.37, e Saint-Maur, lungo m. 1231.85 di cui m. 600 in galleria.

La lunghezza delle sezioni dipende dalle maggiori o minori resistenze del circuito, e quindi dal maggiore o minor traffico, e dalla tensione di cui, nei limiti di sicurezza, è capace la fune.

La fune perchè sia di continuo tesa uniformemente si avvolge infine su una puleggia di due metri pure di diametro al fondo della gola, montata su un carretto, munito di un contrapeso, che può scorrere su un binario. La posizione di questo congegno, detto tenditore, nel circuito che forma la fune è determinata da considerazioni tecniche; è però bene, se appena sia possibile, di collocarlo vicino al motore sotto la vigilanza del meccanico.

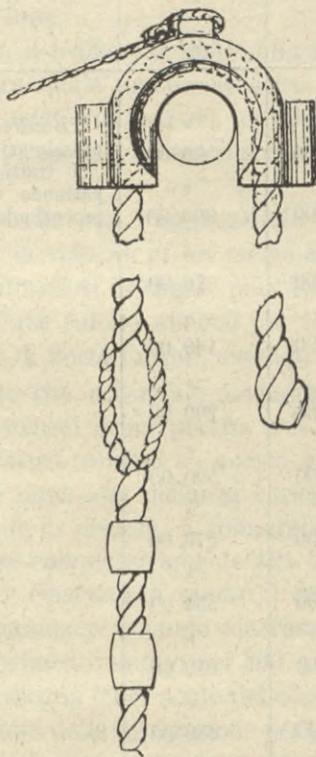


Tenditore della fune.

L'alzana si compone di due pezzi di corda di cui l'uno rimane costantemente assicurato alla barca, e l'altro si annoda a questo solo dopo che è stato attaccato alla fune mobile. Questo secondo pezzo avvolge una piccola staffa d'acciaio disposta in un punto di esso così da dividerlo in due tratti, dei quali il più corto termina con un ingrossamento a forma di pera, che si fa entrare in un occhio praticato nel tratto più lungo dopo che la staffa sia stata collocata a cavalcioni della fune mobile. Il tratto più lungo porta al di sotto dell'occhio due o tre olivi di piombo per aumentare il peso, e deve venire a trovarsi verso l'acqua. La staffa, che (tirandosi l'alzana, viene a portarsi sulla fune mobile) si appoggia tosto contro il primo arresto che le si presenta, di modo che la barca si trova trascinata. Detta staffa superiormente porta un anello cui è attaccata una cordicella mediante la quale il barcaiuolo, stando sulla barca, può ottenere a sua volontà tanto di fermarla come di distaccarla dalla fune mobile.

Per fermare la barca il barcaiuolo non deve far altro che tirare leggermente la cordicella, con che la staffa si inclina così da lasciar passare sotto di sè gli arresti; per distaccarla tira più fortemente la cordicella stessa sino a che per lo sforzo della fune mobile sul tratto corto suddetto nel punto di

congiunzione col tratto più lungo, e pel contrasto del peso dell'alzana, aumentato da quello delle olive di piombo, venga a sortire la pera dall'occhio.



Staffa ed alzana.

L'applicazione della fune mobile per la trazione delle barche sul Naviglio di Pavia non può presentare delle serie difficoltà, inquantochè questo Naviglio è intieramente a cielo scoperto, e cioè senza gallerie, ed ha, come lo dimostra il seguente prospetto, un andamento planimetrico regolare con grandi rettilinei raccordati in generale con curve non troppo sentite.

Numero progressivo	LUNGHEZZA		RAGGIO delle curve — M. ¹	<i>Osservazioni</i>
	dei tratti rettilinei — M. ¹	dei tratti in curva — M. ¹		
	1	1050.00		
2	»	30.00	500 00	
3	500.00	»	»	
4	»	124.00	300.00	
5	600.00	»	»	
6	»	80.00	70.00	
7	350.00	»	»	
8	»	55.00	140.00	
9	200.00	»	»	
10	»	60.00	200.00	
11	1100.00	»	»	
12	»	180.00	500.00	
13	4800.00	»	»	
14	»	75.00	270.00	
15	200.00	»	»	
16	»	90.00	330 00	
17	60.00	»	»	
18	»	70.00	210.00	
19	200.00	»	»	
20	»	80.00	280.00	
21	6530 00	»	»	
22	»	80.00	260 00	
23	170 00	»	»	
24	»	55 00	220.00	
25	140.00	»	»	
26	»	60.00	220.00	
27	200.00	»	»	
28	»	105 00	350.00	
29	340.00	»	»	
30	»	100.00	240 00	
31	1050.00	»	»	
32	»	50.00	110.00	
33	2850.00	»	»	
34	»	20.00	100.00	
35	4300.00	»	»	
36	»	40.00	500.00	
37	5000.00	»	»	
38	»	60 00	130.00	
39	2100.00	»	»	
	31740.00	1414.00		

e complessivamente m. 33154.

Per istabilire le lunghezze delle sezioni in cui questo canale, per l'applicazione del sistema di trazione a fune mobile, dovrebbe essere suddiviso, conviene ricordare quanto è già stato detto in addietro, e cioè che tali lunghezze dipendono dalle maggiori o minori resistenze del circuito, e conseguentemente dal maggiore o minor traffico, e dalla tensione di cui nei limiti di sicurezza è capace la fune.

Per quanto riguarda il traffico si può, sulla base di quello che si verifica attualmente, stabilire quale presumibilmente potrà diventare in epoca non lontana quando coi miglioramenti da introdursi nel Naviglio e coll'applicazione della trazione meccanica si sarà agevolata la navigazione su questo Naviglio.

Supposto che le barche con l'applicazione della trazione meccanica abbiano a procedere con la velocità di un metro al secondo, velocità questa che è già molto forte trattandosi di canale piuttosto ristretto, e che praticamente dovrebbe essere forse ridotta almeno per il tronco di Naviglio fra la confluenza ed il sostegno di Porta Cairoli, essendo ivi i sostegni troppo vicini l'uno all'altro, e ritenuto che occorrono mediamente, con tutte le perdite di tempo inevitabili, 20 minuti primi perchè una barca superi un sostegno del Naviglio, non potrebbero trovarsi su questo in movimento contemporaneamente che 54 barche circa alla distanza ciascuna di 1200 metri, e cioè 27 in ascesa ed altrettante in discesa, e compirebbero l'intero percorso del canale stesso nelle 24 ore complessivamente 124 barche.

Ora ammettendo per ciascuna di queste il carico di 90 tonnellate, che certamente potranno raggiungere quando sia resa possibile la loro immersione ad un metro, il movimento annuo nei 300 giorni in cui la navigazione può effettuarsi, giacchè bisogna tener conto delle asciutte, delle feste solenni, e delle eventuali sospensioni della navigazione per guasti accidentali, sarebbe dato da 37,200 barche con un carico complessivo di tonnellate 3,648,000, cifra che rappresenterebbe la capacità massima di traffico del Naviglio. Ma questa cifra è così lontana da quella di 122,000, dell'attuale traffico, che davvero sarà difficile di poterla tanto presto raggiungere, per quanto possano venire migliorate le condizioni di navigabilità di questo Naviglio; epperò sembra che prevedendo per molti anni ancora un traffico tutt'al più di 500,000 tonnellate si sia assai più vicini alla probabilità.

Stabilito il traffico totale annuale sul quale si può calcolare, e conoscendo il carico delle barche, riesce facile di rendersi conto del numero delle stesse che la fune dovrebbe rimorchiare simultaneamente, e conseguentemente del lavoro effettivo necessario.

La distanza da una barca all'altra dipende dal traffico del canale sul quale la fune viene applicata.

Sia μ il numero dei milioni di tonnellate percorrenti annualmente il Naviglio, e quindi $10^6 \mu$ il tonnelloggio annuale per chilometro;

Sia V_g il numero dei chilometri che può percorrere una barca in una giornata, di sorta che se naviga 300 giorni all'anno essa avrà compiuto un percorso annuale totale di $300 V_g$ chilometri;

Sia C il suo carico; il suo tonnelloggio, riferito al chilometro, è dunque

$$300 V_g C$$

e quindi per ottenere un movimento annuale di $10^6 \mu$ tonnellate, devono trovarsi costantemente in circolazione per ogni chilometro:

$$\frac{10^6 \mu}{300 V_g C} \text{ barche.}$$

La distanza in chilometri da una barca all'altra sarà, rimarcando che un chilometro di canale corrisponde a due chilometri di circuito, rappresentata da

$$e = \frac{2}{\frac{10^6 \mu}{300 V_g C}} = \frac{600 V_g C}{10^6 \mu}$$

Ora, essendo per il Naviglio di Pavia $C = 90$ tonnellate; $\mu = 0.50$ e $V_g = 25.2$ chilometri, giacchè si ammette che la velocità della barca debba essere di un metro al secondo, ossia di chilometri 3.60 all'ora; ritenuto che per il passaggio dei 14 sostegni si richieggano $14 \times 20'$, ossia 5 ore circa, e che mediamente la navigazione si pratichi per 12 ore al giorno, escludendo quindi le ore notturne, sarà

$$e = \frac{600 \times 25.2 \times 90}{10^6 \times 0.50} = 2.72 \text{ chilometri}$$

Se si chiama R il valore medio della resistenza d'una barca in moto, la resistenza per chilometro sarà data da $\frac{R}{e}$, e quella complessiva che presentano tutte le barche in moto sul Naviglio, da $\frac{R}{e} 33.15$, essendo appunto di Chil. 33.15 la lunghezza del Naviglio medesimo.

Il valore di R non varia solamente con la velocità della barca, con la forma e con le dimensioni dello scafo di questa, ma eziandio con la sezione del corso d'acqua navigabile, e con le accidentalità del tracciato.

Il signor Levy ha trovato praticamente che una barca con carico di 300 tonnellate, tirata alla velocità di m. 0.729 al secondo sui canali Saint-Maurice e Saint-Maur, non presenta che una resistenza di 100 chilogrammi, ma, data la differenza notevole del carico fra questa barca e quelle che possono percorrere il Naviglio di Pavia, e la differenza di velocità che avrebbero quest'ultime in confronto di quella adottata su quei due canali, i risultati ottenuti dal Levy non possono servire per il caso che si sta trattando. E' quindi giocoforza, poichè per le barche del Naviglio di Pavia non si hanno esperienze, di ricorrere alla formola teorica che dà questa resistenza, e se i risultati che si avranno non saranno esatti, presenteranno tuttavia l'approssimazione più che sufficiente per uno studio di massima.

La resistenza dell'acqua al moto di una barca è data dalla formola:

$$R = K \omega \alpha \frac{V(\mp) W^3}{2g}$$

in cui

K = coefficiente che Morin ha trovato per le barche rimorchiato sui canali di 0.20;

$\omega = 1000$;

a = area della porzione immersa della sezione maestra della barca;

V = velocità in metri della barca;

W = velocità dell'acqua;

g = gravità = 9.81;

Il Naviglio di Pavia è diviso dai suoi 14 sostegni in dodici tratte, essendo quattro di quei sostegni sono due a due accoppiati, ed in ciascuna di queste tratte le acque hanno le velocità quali risultano dal seguente prospetto:

N. progressivo	Lunghezza della tratta — M. ¹	Velocità media della tratta — M. ¹	Osservazioni
1	695.80	0.02	Le tratte sono in ordine progressivo dalla confluenza in Ticino e procedendo verso Milano.
2	341.00	0.08	
3	819.30	0.12	
4	4364.00	0.24	
5	3216.00	0.36	
6	3704.00	0.28	
7	3653.50	0.70	
8	6509.50	0.30	
9	1436.20	0.70	
10	5495.70	0.40	
11	2214.00	0.68	
12	705.00	0.70	
	33154.00		

Con queste diverse velocità la resistenza, che oppone una barca che debba progredire sempre con la stessa velocità, varia da tratta a tratta, e si dovrebbe quindi per l'esattezza calcolare la resistenza delle barche in ciascuna di quelle tratte. Basterà tuttavia, per una approssimazione, di considerare il Naviglio come suddiviso in tre tronchi comprendendovi in ciascuno quelle tratte in cui le velocità delle acque di poco differiscono, ed assumendo come velocità del tronco quella massima delle tratte che vi sono comprese.

Ciò facendo si avrebbe:

lunghezza 1° tronco metri 8008.70 colla velocità di m. 0.70 al secondo
 » 2° » » 8711.70 » » 0.40 »
 » 3° » » 16433.60 » » 0.30 »

Ora essendosi, come è già stato detto, ammessa per le barche la velocità di un metro al secondo e cioè: $V=1$, ed essendo ancora l'area a della porzione immersa della sezione maestra della barca con l'immersione di un metro = 4.50 si avrebbe:

Nel 1° tronco
in ascesa

$$R = 0.20 \times 1000 \times 4.50 \frac{(1 + 0.70)^2}{19.62} = 132.30 \text{ chilogr.}$$

in discesa

$$R = 0.20 \times 1000 \times 4.50 \frac{(1 - 0.70)^2}{19.62} = 3.60 \text{ chilogr.}$$

Nel 2° tronco

in ascesa

$$R = 0.20 \times 1000 \times 4.50 \frac{(1 + 0.40)^2}{19.62} = 89.10 \text{ chilogr.}$$

in discesa

$$R = 0.20 \times 1000 \times 4.50 \frac{(1 - 0.40)^2}{19.62} = 16.20 \text{ chilogr.}$$

Nel 3° tronco

in ascesa

$$R = 0.20 \times 1000 \times 4.50 \frac{(1 + 0.30)^2}{19.62} = 77.40 \text{ chilogr.}$$

in discesa

$$R = 0.20 \times 1000 \times 4.50 \frac{(1 - 0.30)^2}{19.62} = 21.60 \text{ chilogr.}$$

La resistenza complessiva delle barche in movimento contemporaneamente tanto in ascesa che in discesa sulla intiera lunghezza del Naviglio, considerato che la distanza da una barca all'altra è di Km. 2.72, ossia di m. 2720, sarebbe quindi rappresentata da

$$R_c = (132.30 + 3.60) \frac{8008.70}{2720.00} + (89.10 + 16.20) \frac{8711.70}{2720.00} \\ + (77.40 + 21.60) \frac{16433.60}{2720.00} = 1335.32 \text{ chilogr.}$$

e la resistenza media per ogni chilometro di canale

$$R_m = \frac{1335.32}{33.15} = 40.28 \text{ chilogr.}$$

Siccome però la trazione della barca viene ad essere esercitata obliquamente dalla alzana, che non è mai lunga meno di m. 40, così, ritenuto che l'angolo che l'alzana stessa viene a fare ordinariamente con l'asse del Naviglio è di 40 gradi circa, per avere la resistenza riportata sulla fune mobile fa d'uopo dividere i valori di R_c ed R_m per $\cos^{\circ} 40^{\circ}$, ossia per 0.985, ed allora diventano

$$R_c = 1355.65 \text{ chilogr.}, \text{ ed } R_m = 40.89 \text{ chilogr.}$$

Il signor Levy ammette la cifra di 2500 chilogrammi come il valore limite della differenza di tensione dei due tratti della fune mobile; e quindi, ritenuta questa cifra, torna facile trovare quale può essere la lunghezza massima delle sezioni, in cui può essere suddiviso il Naviglio, e quella del circuito.

Il signor Levy in seguito a calcoli diligenti ha trovato che la resistenza del circuito durante il movimento a vuoto è data dalla formola:

$$190 + 85 L$$

essendo L la lunghezza della sezione del canale che deve essere servita dal circuito, espressa in chilometri; si avrà per determinare L :

$$2500.00 = 190 + L (85 + 40.89)$$

e cioè

$$L = 18.35 \text{ chilometri.}$$

Il Naviglio adunque che è lungo, come più volte si ha avuto occasione di dire, chilometri 33.15, potrebbe venir suddiviso in due sole sezioni comprendenti ciascuna un circuito, ma per maggiore sicurezza, ed anche per l'eventualità sperabile che il traffico sul Naviglio oltrepassasse il previsto, sarà bene, anzichè in due, di suddividere il Naviglio stesso in tre sezioni di uguali o disuguali lunghezze secondochè sarà per risultare più opportuno. In questo caso occorreranno due soli motori di cui l'uno servirà a mettere in movimento due circuiti, e dovrà di conseguenza essere collocato nel punto ove i due circuiti verranno a contatto, e l'altro potrà essere posto in un punto qualunque del terzo circuito.

Supposto adunque che ciascuna sezione sia lunga $\frac{\text{chilometri } 33.15}{3} = 11.05$ la perdita di forza per ciascuna sezione, che si verificherebbe nella marcia a vuoto della fune, si calcola, secondo il Levy, in cavalli vapore con la formula:

$$P = 1.085 \frac{(190 V + 85 V L)}{75}$$

Mettendo $V = 1$, cioè la velocità con la quale deve marciare la fune, ed $L = 11.05$ come si è trovato sopra, si ottiene:

$$P = 16.34 \text{ cavalli vapore,}$$

per cui la perdita di forza effettiva per tutte e tre le sezioni del Naviglio sarà $16.34 \times 3 = 49.02$ ed in cifra tonda cavalli vapore 49.

E così il lavoro effettivo necessario per la trazione delle barche sarà dato per ciascuna sezione da

$$\frac{L R_m V}{75} = \frac{11.05 \times 40.89 \times 1.00}{75} = 6.02 \text{ cavalli vapore}$$

e complessivamente per le tre sezioni, e cioè per tutto il Naviglio, $6.02 \times 3 = 18.06$, ed in cifra tonda cavalli vapore effettivi 18.

Si potrà osservare che pel *démarrage* delle barche, vale a dire per portare una barca dallo stato di riposo a quello di moto, occorre una forza più considerevole di quella che occorre per mantenerla in moto, e si potrà osservare ancora che in certi casi, sia pure eccezionali, potrebbe trovarsi sul Naviglio contemporaneamente un maggior numero di barche da rimorchiare di quello supposto, ma ciò non deve punto preoccupare, inquantochè il sistema funziona regolarmente anche in questi casi.

La velocità della fune diminuisce pressochè istantaneamente quando si introduce una resistenza anormale nel circuito, e così il *démarrage* non avrà altro effetto che di diminuire la velocità suddetta per breve momento, ed un maggior numero di barche di quello supposto da rimorchiare, di ridurre pure la velocità della marcia per tutto quel tempo che esse si troveranno in moto sul Naviglio.

Ma per farsi un concetto di quanto può ridursi la velocità, basta osservare che, essendo il lavoro di trazione proporzionale al prodotto del numero delle barche per il cubo della velocità, le velocità del sistema stanno in ragione inversa delle radici cubiche del numero delle barche. E così, a modo d'esempio, raddoppiando il numero delle barche da rimorchiare, la velocità di regime si riduce soltanto di un quarto.

La marcia del sistema è dunque in qualunque circostanza assicurata in condizioni sufficienti per un esercizio di questa natura.

Per un impianto di fune mobile sul Naviglio di Pavia si può ritenere pertanto che occorrono $49 + 18 = 67$ cavalli-vapore effettivi, che converrà per maggior larghezza, portare a 70.

Questa forza poi potrà venir fornita indifferentemente da motori a vapore, idraulici od elettrici secondo che tornerà più conveniente. Intanto è bene aver presente che al salto del sostegno di Moirago, a 10 chilometri circa da Milano, si possono avere ancora disponibili 90 cavalli-vapore nominali. Però la concessione di questa forza è già stata chiesta dal signor Ingegnere Giulio Gervasini, che intende valersene per fornire energia elettrica nelle borgate circostanti, e sarebbe bene, nella eventualità che la forza stessa potesse servire per la trazione delle barche sul Naviglio, che il Governo nell'accordare la concessione, mantenesse, come proporrà l'Ufficio del Genio Civile, la condizione che il concessionario si tenga impegnato per un dato periodo di tempo a fornire ad esso Governo, quante volte occorresse, parte o tutta la forza, dietro un corrispettivo da determinarsi secondo norme da prestabilirsi.

Quanto alla spesa d'impianto e di esercizio di questo sistema di trazione non si è potuto avere altre notizie all'infuori di quelle fornite dall'Ing. G. Rigoni (*Mémoires publiés à l'occasion des Congrès international de navigation intérieure tenu à Bruxelles du 24 mai au 2 juin 1885 - Bruxelles - Imprimerie H. Luppens Père, Dr. Ch. Maladry - 1885*).

L'Ing. Rigoni scrive:

« Le spese d'impianto variano secondo le esigenze locali da 6000 a 7000 « franchi per chilometro, tutto compreso.

« Le spese di esercizio, propriamente detto, comprendenti il combusti-
« bile, i macchinisti, le guardie-linee, l'ingrassamento, la manutenzione e
« l'ammortamento del materiale, secondo i prezzi convenuti nei dintorni di
« Anversa, si elevano a 1000 franchi circa per anno e per chilometro eser-
« citato.

« In generale il prezzo di costo della trazione in un canale, che ha un
« traffico di 500 mila tonnellate per anno, è inferiore a tre millesimi di franco
« per tonnellata-chilometro, e discende sino alla metà circa quando il movi-
« mento passa il milione di tonnellate per anno.

« Questi risultati non sono difficili a verificarsi, e bisogna attendere a
« vedere questo sistema divulgarsi, quando la condizione dei corsi d'acqua
« navigabili sarà migliorata, e quando le ferrovie non abbasseranno più le
« tariffe di certi trasporti al di sotto dei prezzi di costo. »

Sarà necessario per valutare con giusto criterio la spesa d'impianto di questo sistema sul Naviglio di Pavia di tener conto del maggior costo dei

metalli e dei combustibili qui in Italia in confronto di Anversa, e dell'aumento di prezzo di certi materiali e della mano d'opera verificatosi dal 1885 ad oggi.

È così per riguardo alla valutazione del prezzo di costo della trazione per tonnellata-chilometro, dovrassi tener presente che il traffico di 500,000 tonnellate del Naviglio di Pavia è semplicemente supposto, che al certo verrà raggiunto in breve quando saranno migliorate le condizioni di navigabilità del Naviglio stesso e quando, come tutto lascia sperare, avrà preso sviluppo la navigazione fra Venezia e Milano, ma che ora il traffico reale medio è di sole 122 mila tonnellate per anno, e che anche di queste soltanto 80,000 circa (78,000 in ascesa e 2,000 in discesa) si può ritenere che percorrono l'intero Naviglio.

D'altra parte però conviene altresì tener presente che attualmente il prezzo di trazione della tonnellata-chilometro varia da cent. 2 a cent. 3 e mezzo in ascesa secondo la natura della merce, e da cent. 1 a cent. 1 e mezzo in discesa secondo pure come sopra.

Milano, 31 dicembre 1901.

Visto: *L'Ingegnere Capo*
PAVARI.

L'Ingegnere di 1^a Classe
GIUSEPPE PARIBELLI.

ATTI DELLA COMMISSIONE PER LO STUDIO DELLA NAVIGAZIONE INTERNA

RELAZIONE VII — ALLEGATO D

Corpo Reale del Genio Civile

II COMPARTIMENTO

UFFICIO DI MILANO

Proposte di miglioramento della linea di navigazione Milano-Lago Maggiore

La linea di navigazione Milano-Lago Maggiore si compone di quattro tratte che sono in ordine progressivo: Naviglio Grande, Fiume Ticino, Canale Industriale della Società Lombarda di distribuzione di energia elettrica, e Fiume Ticino ancora.

La navigazione con barche cariche non si fa che in discesa tranne che pel 1° tronco di Naviglio Grande, della lunghezza di 22 chilometri circa, e cioè fra Milano e Castelletto di Abbiategrasso.

La navigazione in ascesa con barche cariche oltre quest'ultima località non è più effettuabile a cagione della notevole velocità delle acque del Naviglio e del Ticino; è essa invece possibile, anzi facile quanto la navigazione in discesa, sul Canale industriale, essendo le acque sue animate da moderata velocità, ma, per essere questo canale intermedio fra due tratte di Ticino, la sua suscettività ad essere percorso dalle barche cariche in ascesa non porta per ora alcun vantaggio.

Perchè la navigazione sia possibile in ascesa anche da Castelletto di Abbiategrasso al Lago Maggiore occorrerebbe di moderare quanto basta la velocità eccessiva delle acque. Ad ottenere ciò, per quanto riguarda il Naviglio, non vi è che un mezzo pratico, quello di sostituirlo con altro canale che, mercè l'interpolazione di sostegni, riduca convenientemente la pendenza; e per quanto riguarda il Ticino, quello di inserire sulla sua lunghezza un certo numero di dighe munite di conche che rigurgitino le acque del fiume là dove esse sono troppo rapide, ovvero, e meglio, di sostituire al fiume un canale navigabile, così come è stato fatto dalla Società Lombarda per il tratto del fiume stesso compreso fra la presa del Canale Villoresi e la rapida Madonnina sotto Vizzola Ticino.

Come si vede queste opere sono di tale importanza da richiedere una spesa di parecchi e parecchi milioni, la quale poi molto probabilmente non verrebbe mai a sufficienza compensata dalla sola navigazione per quanto potesse essere il suo sviluppo.

Fortunatamente però quelle opere che sono richieste per la navigazione in ascesa presentano l'opportunità di ritrarre dalle acque una notevole forza di oltre 30 mila cavalli-vapore anche negli stati ordinari del fiume, ed è precisamente questa forza che non solo compenserebbe la spesa, ma lascierebbe un margine al certo a lauti guadagni.

E così in vista di ciò furono presentate diverse domande di concessione di cui alcune vennero assentite ed altre attendono di percorrere l'istruttoria stabilita dal vigente regolamento per la derivazione d'acque pubbliche.

Per il Naviglio Grande (Tavola 2^a) gli Ingegneri Conti, Greppi e Sioli-Legnani ottennero col decreto Ministeriale 29 settembre 1899 di variare l'andamento fra Castelletto di Abbiategrosso e Boffalora Ticino e fra Castelletto di Cuggiono e l'incile presso Tornavento, lasciando solo invariato, o pressochè, il tronco intermedio fra Boffalora e Castelletto di Cuggiono, dove, per la limitata pendenza del canale, la velocità dell'acqua è poco sentita e sarebbe possibile anche ora la navigazione in ascesa.

Il progetto di quegli Ingegneri sostituisce all'attuale Naviglio nei due tronchi accennati un altro canale navigabile che si svilupperebbe sulla sua destra e che avrebbe complessivamente nei due tronchi sei salti, e quindi sei conche per la navigazione. La Società Lombarda di distribuzione di energia elettrica, sub-concessionaria per il tratto dallo incile del Naviglio a Turbigo, ha però modificato il progetto portando il canale, per questo tratto, dalla destra alla sinistra del Naviglio medesimo, e riunendo due salti in uno.

Per il tratto di fiume Ticino fra l'incile del Naviglio Grande e lo scarico del Canale Industriale della Società Lombarda, e cioè fra Tornavento e Vizzola, la Società delle strade ferrate Mediterranee col decreto Ministeriale 24 giugno 1900 ottenne la concessione di costruire un canale pure navigabile con un unico salto e con un'unica conca, ed infine per il tratto di fiume compreso fra il bacino rigurgitato delle opere di presa dei canali Villorosi ed Industriale, Sesto-Calende, dove ha principio il Lago Maggiore, sono stati presentati ben quattro progetti, l'uno dei fratelli Villorosi, l'altro degli Ingegneri Borghi e Conti, il terzo della Società Italiana di condotte d'acqua, ed il quarto della Società delle strade ferrate suddette, i quali tutti hanno per iscopo di utilizzare la caduta fra quei due estremi mediante un canale che dovrebbe essere navigabile.

Con la modificazione dell'andamento del Naviglio Grande e con la sostituzione di canali alle due tratte suaccennate del fiume, Milano verrebbe a trovarsi collegato direttamente col Lago Maggiore da una serie di canali, i quali, non solo eliminerebbero tutti gli inconvenienti che oggi si presentano alla navigazione in discesa, ma renderebbero ancora oltremodo facile e sicura la navigazione in ascesa. E così le barche potrebbero costantemente, per qualsiasi stato del fiume, conservare l'immersione di un metro, ed anche di m. 1.25 se si provvedesse ad abbassare il fondo della conca che trovasi in testa al bacino di presa detto del Canal Villorosi, e quindi il fondo del callone che la precede e la sussegue, lavoro questo che non potrebbe certamente importare una spesa superiore alle 20 mila lire. E ciò perchè il Naviglio Grande nei tronchi da Milano a Castelletto d'Abbiategrosso e da Boffalora a Castelletto di Cuggiono ed il Canale Industriale hanno già presentemente fondali che consentono l'immersione suddetta di m. 1.25, e quelli progettati prevedono pure fondali non mai inferiori a m. 1.40.

Le conche tanto del Canale Industriale come quelle progettate per gli altri canali hanno tutte lunghezza utile di 38 metri e larghezza non mai minore a m. 5.50, ad eccezione della conca suddetta in testa al bacino di presa del Canal Villoresi, la cui lunghezza è di soli m. 28.75, lunghezza che determina di conseguenza quella massima delle barche che non può essere superiore ai m. 27 o 27.50 al più.

Volendo pertanto portare un aumento anche sulla lunghezza delle barche lo si potrebbe fare facilmente allungando di quanto si vuole quella conca, e ciò si potrebbe ottenere con un'altra spesa in aggiunta alla suindicata di 10 mila lire circa.

I nuovi canali da costruirsi però non eliminerebbero l'inconveniente che presenta il passaggio delle barche sotto il ponte della strada comunale a Castelletto di Cuggiono, e le difficoltà ed i pericoli che presenta il passaggio delle barche medesime sotto l'altro ponte per la strada provinciale Vigevanese a Castelletto d'Abbiategrasso, inquantochè ivi il Naviglio rimarrebbe invariato tanto nel suo andamento altimetrico come in quello planimetrico.

Il ponte a Castelletto di Cuggiono, avendo la serraglia dei suoi archi a soli m. 2.38 sullo specchio d'acqua del canale, non consente che una limitatissima altezza del carico delle barche. Esso dovrebbe quindi venire sostituito con altro ad un sol arco, o meglio, ad una sola travata in ferro, che si elevi sullo specchio d'acqua almeno m. 3.50. Tale sostituzione presenta delle difficoltà per rapporto agli accessi, ma sarà tuttavia effettuabile con una spesa non eccedente le 40,000 lire.

L'altro ponte a Castelletto d'Abbiategrasso di antichissima costruzione è formato di due archi di luce abbastanza ristretta che poggiano sopra un grosso pilone, il quale ostruisce per buona parte la sezione dell'alveo del Naviglio, ed è posto su un brusco risolto del Naviglio stesso.

L'imboccare gli archi di questo ponte non è per la navigazione in discesa facile cosa, e del pari non sarebbe facile l'ascesa per le barche cariche a cagione della forte velocità che si determina in corrispondenza ed appena a valle del manufatto per effetto del rigurgito che produce il pilone. Occorrerebbe adunque per migliorare le condizioni di navigabilità in questo posto del Naviglio di demolire il ponte e di costrurre in sua vece altro in muratura ad un arco, o meglio in ferro ad una travata. Quest'opera non potrebbe costare oltre 40 mila lire; e però una volta che si siano compiuti tutti i nuovi canali progettati, la qual cosa non deve certamente tardare a verificarsi tanta è la richiesta di forza da parte degli industriali e delle Società ferroviarie, e si siano dal Governo eseguiti i lavori suindicati, che complessivamente non importerebbero una spesa superiore alle 110,000 lire, la navigazione fra Milano ed il Lago Maggiore sarà facile sempre in ogni epoca dell'anno così in discesa come in ascesa con barche con l'immersione perfino di m. 1.25, con lunghezze anche di m. 36 o 37 e con larghezza di m. 5.30.

Milano, 31 dicembre 1901.

Visto: *L'Ingegnere Capo*
PAVARI.

L'Ingegnere di 1^a Classe
GIUSEPPE PARIBELLI.

ATTI DELLA COMMISSIONE PER LO STUDIO DELLA NAVIGAZIONE INTERNA

RELAZIONE VII — ALLEGATO E

Corpo Reale del Genio Civile

II COMPARTIMENTO

UFFICIO DI MILANO

Proposte di miglioramento della linea di navigazione Milano-Lago di Como

La linea di navigazione da Milano al Lago di Como si divide in quattro tratte e cioè:

1° La fossa interna di Milano dal suo sbocco nella Darsena di Porta Ticinese sino ai Bastioni di Porta Nuova con il Canale Martesana che vi fa seguito sino al suo incile a Trezzo.

2° Il fiume Adda da Trezzo allo sbocco del Canale di Paderno.

3° Il Canale di Paderno.

4° Il fiume Adda ancora dall'incile del Canale di Paderno sino a Lecco.

La navigazione si esercita con barche cariche soltanto in discesa e senza rimorchio (eccezione fatta per la fossa interna di Milano) mentre in ascensione non può essere effettuata che a vuoto e col rimorchio pel quale si impiegano cavalli e buoi. Il carico delle barche è regolato in modo che esse non peschino più di m. 0.70 compresa la grossezza del fondo della barca, ma il carico va ridotto sensibilmente durante i periodi delle magre dell'Adda, che alcune volte hanno la durata di oltre 100 giorni all'anno.

Ora, perchè possa effettuarsi una navigazione economicamente proficua, occorrerebbe renderla possibile tanto in ascensione che in discesa adottando in pari tempo galleggianti di maggior portata di quella che abbiano le attuali barche, le quali perciò dovrebbero avere almeno m. 5 di larghezza, m. 27 a 30 di lunghezza e una immersione non inferiore a m. 1.00. Senonchè le condizioni di fatto della linea di navigazione di cui si tratta si oppongono all'attuazione di simile provvedimento per le ragioni seguenti:

1° Le larghezze del Canale Martesana che per un facile incrocio dei galleggianti dovrebbero essere non minori di m. 12 sono invece inferiori a questo limite per circa chilometri 22 sui 44 che misura il Canale, e le pendenze sono eccessive in quasi tutto il suo percorso. Il Canale di Paderno poi ha larghezze inferiori ai m. 12 nell'ultimo tronco fra il VI e VII sostegno dell'estesa di circa chilometri 0.400.

2° L'altezza d'acqua nel detto Canale Martesana non raggiunge la minima necessaria di m. 1.15 essendo in certi punti anche di soli m. 0.65 in causa principalmente di tombe e manufatti sottopassanti il Canale stesso.

Nel Canale di Paderno si riscontrano simili deficienze d'acqua in quasi tutta la sua estesa, dovuta alle quote troppo elevate delle soglie delle camere delle portine nei diversi sostegni, eccettuato il primo.

3° Le tredici conche che esistono lungo i Canali anzidetti (fossa interna — Martesana e Paderno) non sono tutte della lunghezza desiderata: sei sono deficienti di circa m. 6 ed una ha la larghezza inferiore di m. 0.50 alla minima necessaria; ed hanno pure deficienti larghezze due ponti sul Canale Martesana.

4° Il tratto d'Adda compreso fra l'incile del Canale Martesana e lo sbocco di quello di Paderno, sia per deficienza di fondali, sia per l'esistenza della risvolta del Castello di Trezzo e di quattro rapide, è un tratto assai pericoloso anche alla navigazione attuale e presenta non lievi difficoltà per il traino in ascesa delle barche vuote.

5° Finalmente il tratto d'Adda fra l'incile del Canale di Paderno e il ponte di Lecco ha pendenze eccessive, ed è frastagliato da sei rapide pericolose con salti di m. 0.70 circa in corrispondenza al collo delle rapide stesse.

Per togliere gli accennati inconvenienti occorrerebbe quindi:

A — Lungo i Canali:

Allargare di non meno di metri due il Canale Martesana per chilometri 22 circa ed altrettanto quello di Paderno per circa chilometri 0.400.

Aumentare i fondali di una altezza media di m. 0.30 per chilometri 15 circa dei Canali anzidetti.

Allargare una conca e due ponti di m. 0.50 almeno.

Allungare di m. 6 numero sei conche.

Dividere tutto il Canale Martesana in vari tratti mediante la costruzione di un numero conveniente di sostegni e di scaricatori per sostenervi l'acqua moderandone in pari tempo la velocità.

Abbassare i manufatti (in numero di 20) che sottopassano il Canale Martesana.

B — Lungo l'Adda:

Abbandonare tutto il tratto compreso fra l'incile del Naviglio Martesana e lo sbocco del Canale di Paderno sostituendovi un buon canale di navigazione laterale interpolato da opportuni sostegni; costruire altri simili manufatti nel tratto da Paderno a Lecco tanto dal punto ove cessa il rigurgito prodotto dalla diga di Paderno per la derivazione Edison sino a Brivio, quanto dal ponticello di Capiate all'idrometro di Santa Maria di Lavello.

Dalla sommaria esposizione di tali opere è facile comprendere come la loro esecuzione sarà per richiedere una spesa molto rilevante.

Si deve però notare, per quanto riguarda le opere lungo il fiume Adda, che mentre dovranno servire anzitutto ad una buona navigazione, si potrà in pari tempo ritrarre dalle stesse una certa quantità di forza dinamica utilizzabile per le industrie, ciò che servirebbe a compensare in parte il dispendio della loro esecuzione o ad eliminarlo del tutto, con sensibile vantaggio anzi per l'Amministrazione governativa, qualora venissero chieste da privati le concessioni delle relative derivazioni d'acqua.

E queste concessioni non sono sfuggite all'attenzione degli industriali. Invero quattro domande di tale specie sono in corso d'esame, una delle quali già assentita, e precisamente le seguenti:

La Ditta Benigno Crespi col R. Decreto 2 dicembre 1900 ha ottenuto la concessione di derivare dall'Adda in comune di San Gervasio (sulla sponda Bergamasca) una quantità di mc. 42.50 d'acqua, capace di produrre la forza teorica di cav. dinamici 2816. Le opere necessarie a tale derivazione portano un miglioramento per la navigazione per tutto il tratto d'Adda da Trezzo fino alla rapida del Paradiso (chilometri 7 circa) con eliminazione dei pericoli inerenti alla risvolta del Castello sotto Trezzo.

A monte della derivazione suddetta e sino allo sbocco del Canale di Paderno, non vi sono ancora domande in corso per utilizzazione di forza, ma fu però fermata l'attenzione sulla possibilità di ritrarne una certa quantità a scopo di trazione elettrica per le ferrovie. Infatti sino dal gennaio dello scorso anno il Regio Ispettorato Generale delle Strade Ferrate ha richiesto all'Ufficio del Genio Civile di Milano alcuni dati da servire per lo studio sulle forze idrauliche che ancora sono disponibili da riservarsi per il futuro eventuale impianto della trazione elettrica sulle linee Milano-Venezia ed affluenti, studio del quale sembra stia occupandosi la Società per le Strade Ferrate esercente la Rete Adriatica.

Da un rilievo sommario eseguito dall'Ufficio del Genio Civile suddetto, è risultato che in quel tratto d'Adda vi sarebbe ancora da ricavare una forza di cav. dinamici 2800 circa, mediante la costruzione di un canale laterale al fiume per una comoda navigazione. In un non lontano avvenire si può quindi far conto che detta forza sarà utilizzata.

Fra Paderno e Brivio non mancano domande e studi in proposito, quali le seguenti:

Domanda 27 maggio 1899 della Società Anonima per la trazione elettrica delle ferrovie, sedente in Roma, per derivare dall'Adda alle Iselle di Arlate, mediante un canale da servire anche per la navigazione, mc. 45 d'acqua capace di produrre una forza di cav. dinamici 5400.

Domanda 17 giugno 1899 per derivare dall'Adda mc. 45 d'acqua in comune di Villa d'Adda per produrre, mediante pure un canale di navigazione, la forza di cav. dinamici 2369, e con altra domanda 24 giugno 1899, gli stessi fratelli Villoresi chiedevano di derivare pure dall'Adda ad Imbersago mc. 45 d'acqua capace di produrre la forza di cav. dinamici 4140 da utilizzarsi unitamente a quelli della precedente domanda 17 giugno. Si comprende che la somma delle due ultime domande sostituirebbe la prima, la quale non potrebbe coesistere con le altre due.

Ad ogni modo in seguito all'esame sulle anzidette domande la Commissione centrale permanente per la derivazione delle acque pubbliche, nell'adunanza del 17 marzo 1900 ha emesso il voto che debbano riservarsi in favore dell'Amministrazione ferroviaria le acque del fiume Adda nel tratto fra Paderno e Brivio.

Per completare la trasformazione della linea navigabile nel tratto d'Adda fra Paderno e Lecco non mancherebbe così che il breve tratto fra il ponticello di Capiate e l'idrometro di Santa Maria di Lavello.

Costruendo un canale laterale per la navigazione non si avrebbe a dir

vero che un salto di m. 1.20 circa, capace di produrre una forza dai 6 ai 700 cavalli. Non esistono domande di terzi per l'utilizzazione di questa forza (forse per l'eseguità del salto) ma del resto essendo le sponde laterali pianeggianti e breve il percorso del canale di navigazione, la spesa relativa sarà certamente tale che il prezzo risultante del cavallo-dinamico, verrà contenuto entro limiti convenienti, epperiò a lavoro compiuto si crede che la forza ritraibile potrà essere ricercata.

Per ultimo si accennerà ad un'altra opera, la cui concessione è in corso d'istruttoria, la quale non mancherà di portare vantaggi grandissimi al regime dell'Adda e quindi anche alla navigazione, ossia la sistemazione degli efflussi delle acque del Lago di Como secondo il progetto studiato dagli Ingegneri Pestalozza e Valentini.

Si tratta di costruire nel punto dove l'Adda esce dal Lago di Como un'opera che serva quale apparecchio moderatore di deflusso dell'acqua sia per diminuirne che per aumentarne il volume che deve defluire dal lago, e fra i vari edifizî necessari a raggiungere lo scopo vi ha un sostegno, col quale sarà mantenuta la continuità della navigazione fra il lago e il fiume durante il periodo di trattenuta delle acque del lago.

La domanda è stata presentata da un Comitato del quale fanno parte: la Società Edison, la Società del linificio e canapificio nazionale, ambedue residenti a Milano, e la Ditta Cristoforo Benigno Crespi.

Da quanto si è esposto risulta adunque che il miglioramento delle condizioni di navigabilità lungo l'Adda non sarà per presentare difficoltà gravi nè dal lato tecnico, nè da quello economico, e che in un avvenire abbastanza prossimo queste modificazioni potranno essere un fatto compiuto per iniziativa dei privati, e quindi non soltanto senza aggravio ma anzi con utile per lo Stato.

Disgraziatamente altrettanto non si può dire per ciò che riguarda il Canale Martesana e la Fossa interna di Milano poichè la trasformazione di quei canali implica speciali difficoltà, anche fuori del campo tecnico, le quali andando poi a tradursi in questione economica, non permettono di trarre dall'utilizzazione delle forze idrauliche che vanno a nascere con le opere di trasformazione quel congruo ed immediato compenso alle spese che in altri luoghi si è potuto conseguire: ciò ha fatto mancare, pel naviglio Martesana l'iniziativa privata per l'esecuzione di opere della specie, ne è dato quindi farvi assegnamento per l'avvenire.

Le acque del Canale Martesana e della Fossa interna di Milano, servono a tre usi, e cioè alla navigazione, alla irrigazione ed a scopi industriali.

Per eseguire i lavori di trasformazione di detti canali, di qualunque natura essi sieno, è necessario metterli in asciutto per un periodo certamente non breve e che bisogna calcolare non inferiore ai tre o quattro anni. Per tutto questo tempo quindi dovrebbe essere sospesa oltrechè la navigazione anche l'irrigazione e l'uso della forza motrice.

Alla navigazione sarà però possibile sostituire altri mezzi di trasporto, come pure alla forza d'acqua si potrà sostituire il vapore.

Per gli usi irrigui invece la cosa è ben diversa, perchè lungo il canale Martesana e la Fossa interna di Milano esistono ben 121 bocche per mezzo delle quali con norme sancite dall'esperienza e in base a diritti acquisiti da secoli dai singoli utenti, viene equamente distribuita una rilevante quantità

d'acqua sopra una estesa zona che in virtù della irrigazione forma una delle più ricche e fertili plaghe della Lombardia.

Dato ciò, è facile immaginare di quali incommensurabili danni sarebbe causa la sospensione della irrigazione anche per una sola stagione.

Per scongiurare questo danno bisognerebbe procedere nell'esecuzione dei lavori lungo i canali, gradatamente, utilizzando allo scopo i periodi annuali delle asciutte.

Queste asciutte hanno però una durata di giorni 28 naturali continui, il che vuol dire che gli utili si riducono appena a venti, senza tener conto di una seconda asciutta (che si pratica nell'autunno), perchè troppo breve.

In tali condizioni di cose, quanto tempo sarebbe necessario per dare l'opera di trasformazione compiuta?

Quale sarebbe per risultare il prezzo unitario delle singole partite di lavori da eseguirsi in simili circostanze di tempo e quali garanzie di buona riuscita si potrebbero avere quando le opere non appena iniziate dovessero poi rimanere incomplete ed abbandonate per la massima parte dell'anno?

Tutte queste considerazioni rendono evidente che non si può pensare ad una radicale riforma del Canale Martesana per creare una linea che risponda completamente ai bisogni di una buona navigazione, ma abbisognerà accontentarsi di semplici opere di miglioramento compatibili coi vincoli sopraccennati e che permettano la navigazione ascendente a barche aventi almeno l'immersione di m. 1.00.

— Ciò premesso vediamo le trasformazioni indispensabili e possibili per raggiungere l'intento.

Tenendo anzitutto presente, che le condizioni di fatto attuali del Canale Martesana presentano, rispetto al vagheggiato nuovo stato di cose, deficienza di larghezza e di fondali nonchè eccessiva pendenza del pelo d'acqua; che si dovranno mantenere integri i diritti d'acqua del Canale nelle singole bocche di estrazione; che infine non sarà possibile tenere in asciutto il Canale oltre i periodi normali per non pregiudicare gli accennati diritti e quelli della navigazione, occorrerà:

1° Diminuire la velocità dell'acqua nel Canale Martesana sino ad un limite prestabilito mantenendo però integra la portata del Canale stesso in ognuno dei tronchi in cui si considererà diviso, sapendo che per le estrazioni che avvengono lungo la sua asta la portata del canale stesso andrà a diminuire di man mano che si discende;

2° Determinare le nuove sezioni competenti al Canale in relazione alla diminuita pendenza e alla diminuita portata;

3° Provvedere, mediante opere provvisorie, alla continuazione del deflusso dell'acqua nel Canale dove la costruzione dei manufatti esigerà di tenerne in asciutto qualche tratto.

Così stando le cose, si renderà indispensabile conoscere anzitutto la portata del Canale Martesana in diversi tronchi e ciò si è ottenuto mediante accurate misure eseguite col molinello elettrico, partendo dall'incile e venendo sino a Crescenzago, ritenuto, per le ragioni che si diranno in seguito, che la trasformazione dell'attuale Naviglio dovrà effettuarsi fra gli anzidetti estremi e non oltre.

I risultati di dette misure furono i seguenti:

Sezioni	LOCALITÀ	Aree m ²	Velocità a 1''			Portate m ³
			Massima superficiale	Massima media delle verticali	Media	
1	Al C.° S.° N.° 4.	47.574	0.950	0.816	0.727	34,622
2	M: 70 a monte della 1 ^a bocca Stab. Binda	27.445	1.470	1.527	1.191	32,695
3	» 120 a monte C.° S.° N.° 16.	27.550	1.230	1.312	0.960	26,614
4	» 212 a monte C.° S.° N.° 34.	27.394	1.137	1.057	0.870	23,722
5	» 134 a monte C.° S.° N.° 42.	18.759	1.700	1.458	1.217	23,212
6	» 145 a monte C.° S.° N.° 68.	17.681	1.130	1.014	0.881	15,581
7	» 12 a monte C.° S.° N.° 75.	12.904	1.210	1.143	0.946	12,197
8	al C.° S.° N.° 84.	10.375	1.380	1.204	1.096	11,370
9	al C.° S./ N.° 93.	9.384	1.240	1.096	0.927	8,697
10	al C.° S.° N.° 101	9.935	0.990	0.836	0.748	7,429
11	al C.° S.° N.° 113	10.507	0.820	0.711	0.586	6,173

Ciò premesso ecco in qual modo si è proceduto nel calcolo delle pendenze dei vari tronchi, facendo notare che un calcolo rigoroso, tenendo conto della portata variabile dovuta alle successive estrazioni di acqua lungo il percorso, implicherebbe lo sviluppo di calcoli e la conoscenza di elementi, che se necessari per uno studio definitivo, possono omettersi per uno studio preliminare, valendosi della pratica del Canale e di calcoli approssimativi.

Perciò si sono calcolati i diversi tronchi in cui si è diviso il Canale, come se fossero a portata costante, assegnando loro come sezione e come pendenza, la media delle pendenze e delle portate che effettivamente esistono a canale regolarizzato in alcune sezioni caratteristiche del tronco che si considera, gli elementi delle quali è da ritenersi che rappresentino la media degli elementi geometrici delle altre sezioni del tronco stesso, prendendo per base la velocità media di 0.60 1'' che appunto in una delle sezioni rilevate del Canale, si è trovata conveniente per una buona navigazione.

Così, per esempio, nel primo tronco consideriamo come sezioni caratteristiche le sezioni 1^a e 2^a; alla prima corrisponde la portata di mc. 34,622 alla seconda mc. 32,695, quindi per ottenere in esse la velocità media di m. 0.60 al 1'' dovremo assegnare l'area media al $M^2 \frac{34.622}{8.60} = 57,712$ alla prima, e $M^2 \frac{32.695}{0.60} = 54,491$ alla seconda.

Le loro larghezze medie possono ritenersi di m. 16 la prima, e m. 14 la seconda e quindi le altezze saranno rispettivamente di m. 3.61 e 3.89 e il

raggio medio (formola di Bazin) della prima sarà 2.49 e 2.50 per la seconda, i quali valori introdotti nella formola stessa

$$V = \sqrt{\frac{R i}{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \text{ che si trasforma.}$$

$$\text{nella } i = V^2 \left\{ \frac{\alpha R + \beta}{R^2} \right\} \text{ danno per}$$

la prima sezione $i = 0.00003818$

per la seconda sezione $i = 0.000038016$

e quindi *media* $i = 0.00003098$

ritenuti $V = 0,60$ al secondo, $\alpha = 0,00024$ $\beta = 0,00006$.

Abbiamo quindi assegnato al fondo nel primo tronco la pendenza media di m. 0.00003098.

Analogamente operando per gli altri tronchi si sono ottenute le aree, le altezze e le pendenze medie competenti a ciascun tronco del canale interpolandovi quel numero di sostegni derivante dalla estesa che poteva essere assegnata a ciascuna livelletta perchè il rialzo nel pelo d'acqua e quindi delle sponde laterali non risultasse eccessivo. In tal maniera il Canale rimane diviso in nove tronchi con altrettanti salti in corrispondenza alle conche.

Nel fissare la posizione delle singole conche si è avuto in mira di evitare possibilmente che il rigurgito prodottovi non interessi seriamente gli abitati — e che nel tronco rigurgitato cada il minor numero possibile di ponti. — Comunque questa seconda condizione è stata osservata entro certi limiti, perchè il numero di detti manufatti è abbastanza rilevante e per la considerazione che il costo di una conca è per lo meno quadruplo di quello di un ponte e quindi metteva conto sacrificare qualcuno di questi manufatti piuttosto che moltiplicare soverchiamente il numero di quelli.

Introdotta così il miglioramento *base* di tutta la sistemazione del nostro Canale, ne verranno di conseguenza le opere seguenti:

1° Sistemazione generale del fondo del Canale per avere su tutta la lunghezza del tronco la sezione media calcolata;

Tale sistemazione andrà effettuata mediante scavi e riempimenti a seconda delle condizioni del fondo attuale, e il fondo sistemato dovrà essere pavimentato con selciato di ciottoloni in malta idraulica sia per impedire le eventuali perdite d'acqua sia perchè si possa più facilmente mantenere costanti le singole livellette del fondo nei vari tronchi.

2° Rialzare i muri di sponda;

3° Allargare il Canale in tutti i tratti dove la larghezza è inferiore a m. 12.00;

4° Sistemare l'imboccatura del Canale in corrispondenza alla diga di Trezzo dove oggi presenta una strozzatura la quale produce moti vorticosi nell'acqua che rendono oltrechè difficile, pericolosa la navigazione;

5° Provvedere alla ricostruzione delle bocche di erogazione delle acque del Canale per usi agricoli ed industriali in armonia al nuovo regime idraulico del Canale stesso.

La costruzione dei sostegni, richiede tempo non breve e massima diligenza nell'esecuzione: essendo pertanto indispensabile eseguirli allo asciutto, senza interrompere l'esercizio del Canale, in corrispondenza alla

località stabilita per l'impianto di simili manufatti si aprirà un Canale laterale che provvisoriamente mantenga la continuità del deflusso dell'acqua.

Queste deviazioni generalmente saranno fatte sulla destra, ed avranno una lunghezza, compresi i raccordi, di m. 200. Nella Tavola VI (alleg. E), è segnato il tipo di tali deviazioni dove il Naviglio corre pensile a mezza costa, e sulla destra vi è la scarpata del sovrastante altipiano — pei tratti invece dove il Canale è aperto in campagna pianeggiante d'ambo i lati, la deviazione diventa cosa di poco momento.

In corrispondenza alla risvolta che il Canale fa, presso Cassano approfittando delle favorevoli condizioni planimetriche ed altimetriche della località, riesce molto opportuno provvedere ad una correzione di quell'acuta e pericolosa piegatura, aprendo un nuovo braccio di canale sull'asse del quale verrà piantato il sostegno che cade in quel luogo.

La deviazione in questo caso diventa definitiva e sarà da abbandonare il braccio del vecchio canale, come è segnato nella Tavola V (alleg. E).

Il rialzamento dei muri di sponda non presenta difficoltà di alcun genere; così dicasi per gli allargamenti che saranno fatti verso destra (dove non esistono bocche di erogazione) ed esternamente al Canale.

La sistemazione dell'imboccatura presso la diga di Trezzo è indicata nella Tavola IV dell'allegato E, e sembra ovvia. Bisognerà cioè modificare l'andamento planimetrico di una parte della diga di derivazione spezzandola in un punto per modo che la nuova linea vada a raccordarsi convenientemente colla sponda a sinistra del Naviglio inferiormente alla imboccatura.

Infine si procederà alla rimozione delle bocche con cui gli utenti estraggono acqua dal Naviglio ricostruendole nelle identiche condizioni di erogazione primitive.

Tutti gli anzidetti lavori (meno quelli delle conche e della riforma della diga di Trezzo) dovranno essere eseguiti durante i periodi normali delle asciutte del Canale.

Per fare ciò occorrerà un certo tempo; essendo però ogni singolo lavoro di natura tale da potere essere sviluppato lungo tutto l'asse del Canale (scavi, riempimenti, selciature ecc.) sarà anche possibile affrettarne il compimento.

In quanto alle bocche d'erogazione, la loro riforma non potrà essere fatta che gradualmente — frattanto sino alla definitiva sistemazione di ogni singola bocca si penserà all'atto pratico a qualche espediente che permetta di regolare l'erogazione entro i limiti delle competenze rispettive.

Le proposte sin qui enumerate si riferiscono al tratto di Canale Martesana che corre fra l'incile e Crescenzago: occorre quindi provvedere anche alla rimanente parte da Crescenzago a Milano compresa la fossa interna.

Da Crescenzago al termine non vi è che un partito da prendere; tracciare un nuovo Canale passando esternamente alla Città e portandone lo sbocco nel Naviglio di Pavia presso Conca Fallata in un sobborgo della Città stessa allo scopo di mantenere la continuazione della navigazione sia col Ticino che col Lago Maggiore come al presente, ed in pari tempo lasciar sussistere anche l'attuale canale e conseguentemente la fossa interna di Milano.

Le ragioni di simile radicale proposta sono le seguenti:

La Fossa interna di Milano da Porta Nuova a Porta Genova, abbraccia

il nucleo centrale della città e cede acqua per 31 bocche, lungo tutto il suo percorso, alle diverse roggie o cavi che da essa prendono origine per l'irrigazione del basso Milanese. La competenza di queste estrazioni è tale che (salvi i diritti del Demanio per mantenere la navigazione) tutta l'acqua portata dal Naviglio Martesana in città viene distribuita alle diverse roggie.

Da questo stato di cose ne risulta, che malgrado la costruzione di un nuovo canale per gli usi generali della navigazione in sostituzione della Fossa interna di Milano, non si può pensare a sopprimere questa, nei riguardi delle erogazioni suaccennate.

Ad ogni modo, non sarà fuor di luogo far presente che la conservazione o meno della Fossa interna dinanzi al nuovo stato di cose che si andrà a creare, interesserebbe principalmente il Municipio di Milano il quale, nei riguardi della pubblica igiene vedrebbe ben volentieri sparire quell'antico Canale dove l'acqua è stagnante in quasi tutto il suo percorso, spesse volte ricoperta di un denso strato di materie putride formato da rifiuti vegetali ed animali, e che costituisce una vera officina per lo sviluppo e la distribuzione di malattie infettive di ogni specie.

Infatti sino dal 1894 il Municipio suddetto avendo vinte le difficoltà amministrative inerenti al tronco Fossa interna detto Naviglio *Morto* o di San Girolamo (dal ponte di Porta Genova alla piazza della ferrovia Nord) ha provveduto alla sua copertura e di buon grado continuerebbe nell'opera intrapresa se per la parte maggiore della Fossa interna, non si trovasse alle prese con i diritti della navigazione che a norma della vigente legge sui lavori pubblici sono prevalenti. Per giungere a questo desiderato, non vi è che un mezzo, provvedere con un nuovo canale alla navigazione perchè così sarebbero eliminate le difficoltà di ordine legale per addivenire alla copertura della Fossa interna anche nella sua parte maggiore. Si noti però che si parla di *copertura* e non di *soppressione* poichè il provvedimento, come pel Naviglio di San Girolamo, permette di raggiungere l'intento senza ledere minimamente i diritti delle bocche esistenti che vogliono essere rispettati ed è appunto per rispettare quei diritti che si trova necessario di mantenere il vecchio canale da Crescenzago a Milano nello stato in cui si trova, mentre per la navigazione si crea il nuovo canale sopraindicato.

Si è voluto soffermarsi alquanto su quanto sopra si è esposto per dedurre, che il Municipio di Milano essendo interessato nella questione della copertura della Fossa interna per la quale anche di recente ha rinnovato premure presso il locale Ufficio del Genio Civile, potrà essere chiamato a contribuire nelle spese per l'apertura del nuovo canale di navigazione per la tratta che sostituisce la Fossa interna.

Qui sorge spontanea la questione dell'alimentazione del nuovo canale da Crescenzago a Milano, poichè per le ragioni esposte, l'acqua del Naviglio giunta a Crescenzago deve proseguire pel vecchio onde mantenere la competenza delle singole bocche inferiori, compresa quella della Fossa interna di Milano: bisognerà quindi provvedere una certa quantità d'acqua, la quale dovendo servire ad un canale di navigazione di limitata lunghezza la si presume in m³ 2 circa che tanti si ritengono sufficienti per alimentare quell'ultimo tratto di Naviglio nuovo, ritenuto che la conca che va sopra in via Arena (ossia all'ultima conca sulla fossa interna presso la

darsena di porta Ticinese) viene sostituita da quella del Naviglio Martesana dove immette nel nuovo Canale a Crescenzago.

Alla detta alimentazione (anche senza tener conto del quantitativo che rimarrebbe acquisito al Naviglio impedendo i disperdimenti che oggi si verificano) vi si potrebbe provvedere in due modi; o con una provvista d'acqua sul luogo o con l'introduzione nel Naviglio Superiore della maggior quantità d'acqua necessaria estraendola dall'Adda; siccome però gli attuali deflussi di quel fiume non potrebbero certamente permettere la maggior derivazione, ciò si potrà fare soltanto quando sarà tradotto in atto il progetto di regolazione del deflusso del Lago di Como di cui si è già fatto più sopra cenno.

Volendo per ora fare astrazione da questo secondo mezzo, la cui attuazione sarebbe subordinata a circostanze speciali non ancora ben definite, dobbiamo ricordare che nel sottosuolo della pianura lombarda e più specialmente nei dintorni di Milano esiste una falda acquifera sotterranea disposta presso a poco parallelamente alla superficie del suolo ad una profondità fra 2.50 e 3 metri. E' certo pertanto che spingendo l'escavo del canale di navigazione, ad una rilevante profondità attraverso lo strato acquifero (comunemente detto *aves*) sarà possibile avere sul luogo una *certa quantità* d'acqua perenne, la quale se non sarà nella misura necessaria per provvedere alla completa alimentazione del Canale ne formerà per lo meno un sussidio non disprezzabile; siccome però il rendimento dell'erogazione sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la profondità e la superficie dell'escavo da praticarsi in testa al nuovo canale non sarà difficile crearvi un vero e proprio Capo-fonte proporzionato ai bisogni.

Quanto al Canale di Paderno occorre a questo una maggior altezza d'acqua sul fondo per quasi tutta la sua estesa, e l'allargamento dell'ultimo tronco, dal sesto sostegno al settimo della lunghezza di m. 400 circa.

Per aumentare l'altezza d'acqua basterà tener conto che lungo il primo tronco dal suo incile alla Conchetta, che serve come canale derivatore della concessione di cui gode la Società Edison, esistono 16 bocche da cui sfiora l'acqua che supera il limite di competenza della derivazione: basterà pertanto convogliare nel Canale suddetto una parte di quest'acqua che si riversa in Adda alzando gli sfioratori e farla defluire a mezzo degli scaricatori laterali delle conche nei tronchi inferiori del canale.

Naturalmente alcuni tratti della sponda sinistra del canale, le sommità delle portine e dei portoni e i muri delle conche andranno rialzati della quantità corrispondente all'alzamento dell'acqua.

In quanto all'allargamento dell'ultimo tronco lungo circa m. 400, tenuto conto della sua limitata estesa, si crede sufficiente proporre la formazione di una piazza di ricambio alla metà del percorso lunga m. 100 (per contenere tre barche) trasportando più verso il fiume il corrispondente tratto di muro di sponda che è già piantato nell'alveo del fiume stesso, in quel punto di limitata profondità.

Finalmente veniamo a parlare della spesa complessiva a cui si presume possa arrivare l'esecuzione delle opere necessarie alla trasformazione dell'intera linea di navigazione da Milano al Lago di Como.

Per le opere di miglioramento lungo l'Adda si è già detto che fortunatamente in un avvenire non lontano si potrà fare assegnamento su lavori da eseguirsi da privati per utilizzazione di forza ad usi industriali, con che i lavori stessi torneranno di grandissimo vantaggio per la navigazione con poco o nessun aggravio per lo Stato, ma anzi con gli utili derivanti dal pagamento dei canoni relativi alle concessioni stesse.

Pel Canale Martesana invece non è dato sperare altrettanto almeno per ora, per cui non resta che tradurre in cifre la spesa relativa alla sistemazione del Naviglio che si considera, ritenuto che il calcolo non potrà essere che molto sommario e basato unicamente sul costo di opere della medesima specie peritate altrove, e non sull'entità effettiva di queste e di cui appena si è fatto un cenno alla presente Relazione. Ad ogni modo le cifre che si andranno ad esporre potranno essere considerate come di avviso e di norma per futuri maggiori studi.

Avremo adunque:

1. — *Sistemazione del Canale attuale dall'incile a Crescenzago.*

a) Costruzione di N. 9 sostegni o conche completi	L.	720,000
b) Parziali deviazioni del canale in corrispondenza ai detti sostegni compresa quella alla Volta di Cassano	»	140,000
c) Pavimentazione del fondo del canale con selciato di ciottoloni in malta idraulica	»	1,100,000
d) Allargamento e sistemazione della diga e dello imbocco del canale a Trezzo	»	150,000
e) Alzamento delle sponde e ricostruzione di nuove tratte in corrispondenza agli allargamenti del canale.	»	600,000
f) Ricostruzione delle bocche di estrazione d'acqua col modulo magistrale milanese	»	240,000
g) Indennità diverse, per occupazioni stabili e temporanee — passaggi, ricostruzioni di ponti e di accessi stradali — imprevisti, studi di progetto	»	1,050,000
		<hr/>
Totale sistemazione del canale attuale	L.	4,000,000

2. — *Nuovo Canale da Crescenzago a Milano.*

Il tronco da Crescenzago a Conca Fallata, tenuto conto della fitta rete di strade da attraversare e di fabbricati che eventualmente dovranno essere abbattute del costo di espropriazione dei fondi da occupare prossimi alla città, non può essere valutato meno di lire 350,000 al Km., e quindi per Km. 12 sono

»	4,200,000	
Infine si aggiungono le opere di riduzione del canale di Paderno	»	100,000
	<hr/>	

Abbiamo il totale dispendio di L. 8.300,000

La spesa di trasformazione del canale Martesana risulta invero di una certa entità ma è la minima necessaria se si vuole raggiungere il fine prin-

cipale che è quello di dotare il paese di una razionale rete navigabile nell'interesse dell'agricoltura, dell'industria e del commercio.

Del resto a lavoro compiuto si avranno delle forze idrauliche disponibili che in tale caso potranno essere richieste anche da terzi e certamente utilizzabili quando alla trazione dei galleggianti sarà applicata l'energia elettrica secondo i metodi insegnati dalla scienza moderna.

Infatti dai profili che si allegano dei due tratti del Canale Martesana risulta, che da Trezzo a Crescenzago si dovranno creare tanti salti in corrispondenza alle rispettive conche, capaci di dare una forza complessiva di cavalli dinamici 2753 e similmente da Crescenzago a Milano i salti dei sostegni darebbero una forza di cavalli 848.

Dalle cifre suesposte se ne deduce che il costo di produzione per ogni cavallo dinamico viene a raggiungere la cifra (certo rilevante) di lire 1452 fra Trezzo e Crescenzago e lire 5071 fra Crescenzago e Milano.

Con ciò si spiega come lungo il Canale Martesana non vi sieno mai state domande per utilizzazione di forze idrauliche, mentre risulta pienamente giustificato quanto è stato fatto e si sta facendo lungo il Naviglio Grande dove il costo del cavallo-dinamico non supera in media le lire 300.

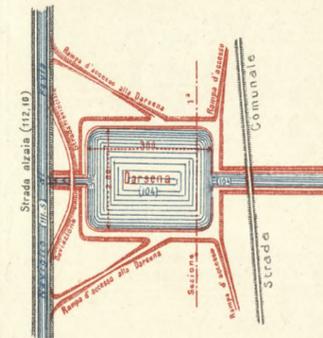
Però anche nel nostro caso è da considerarsi che quando coi proposti miglioramenti, le forze idrauliche saranno già create, non potranno mancare certamente le richieste di privati per la loro utilizzazione; e poichè anche oggi il canone annuo che la Regia Amministrazione percepisce per ogni cavallo-dinamico lungo i canali patrimoniali dello Stato, quali sono quelli di cui si parla, varia dalle 25 alle 40 lire, è d'uopo concludere che la spesa da sostenersi per la trasformazione della linea di navigazione da Milano al lago di Como per quanto rilevante, non può essere un ostacolo per raggiungere il fine principale potendosi fare assegnamento che in un avvenire più o meno lontano il capitale impiegato verrà a tradursi in un utile per le finanze dello Stato.

Milano, 30 ottobre 1902.

L'Ingegnere di 1^a classe
P. TONIOLO.

Visto: *L'Ingegnere Capo*
G. B. PAVARI.

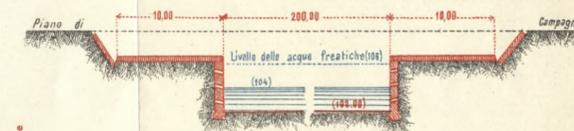
PROGETTO DI Canale Navigabile da MILANO a LODI



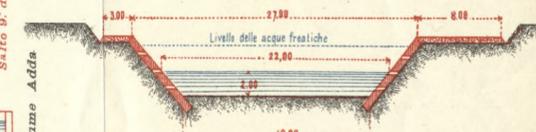
Sezioni trasversali

Scala 1:400

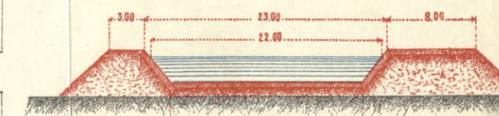
Sezione I.



Sezione 2.

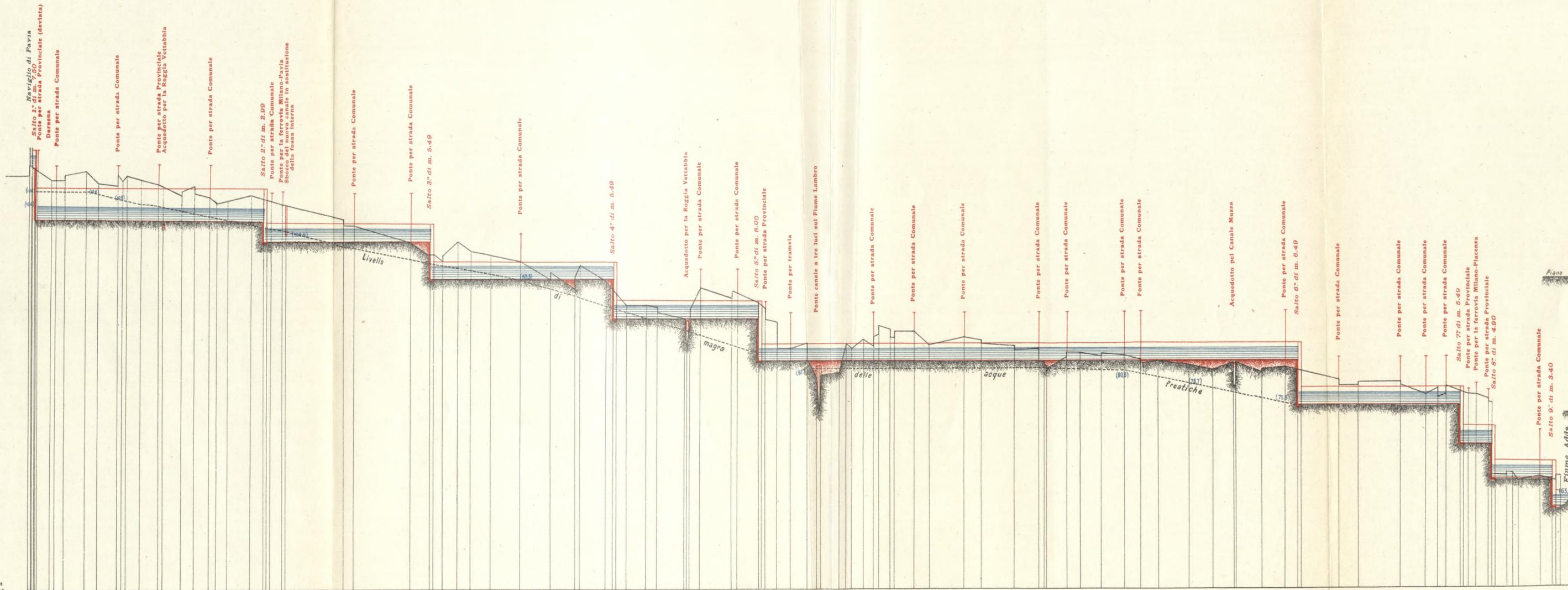


Sezione 3.



PROFILO LONGITUDINALE

Scala per le lunghezze 1:50.000 per le altezze 1:400



GRIZZONALE a m. 50 sul C° M° di P° L.

NUMERO DELLE SEZIONI

Quote terreno naturale, fondo del canale in progetto, intradosso dei ponti parziali, progressive, Distanze chilometriche

Table with 33 columns and 5 rows of data: Section numbers (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33), elevations, and distances.

NAVIGLIO DI PAVIA

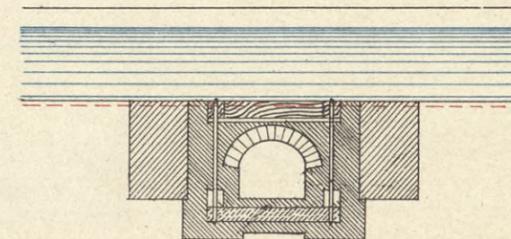
PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le lunghezze 1:20.000
per le altezze 1:100

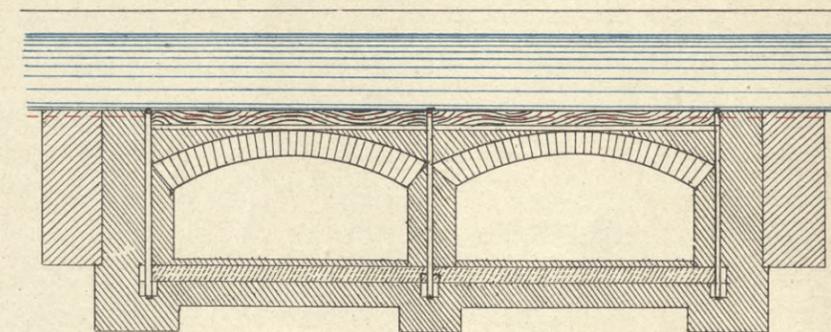
Sezioni trasversali

Scala 1:100

della tomba Barinetti

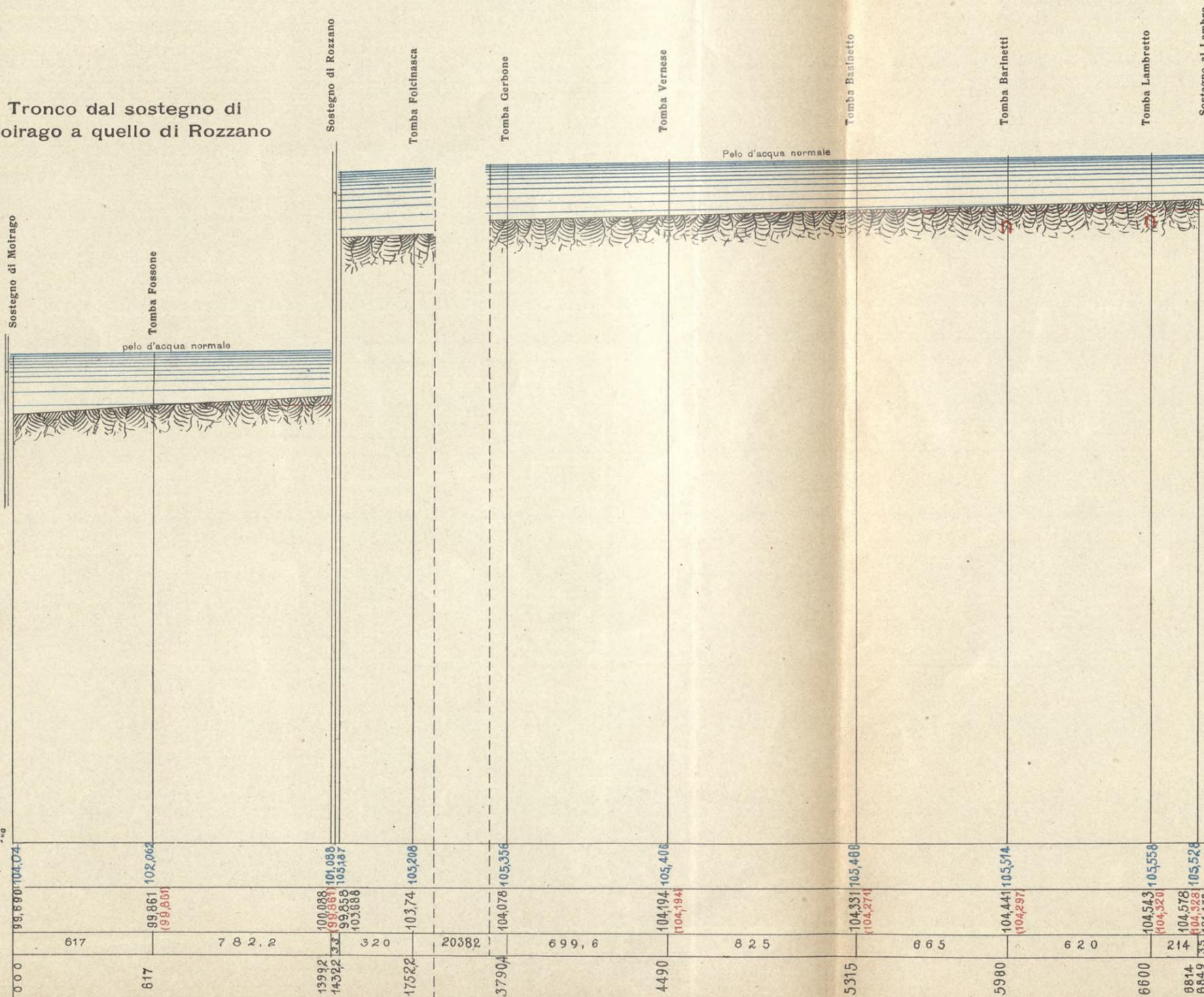


della tomba Lambretto



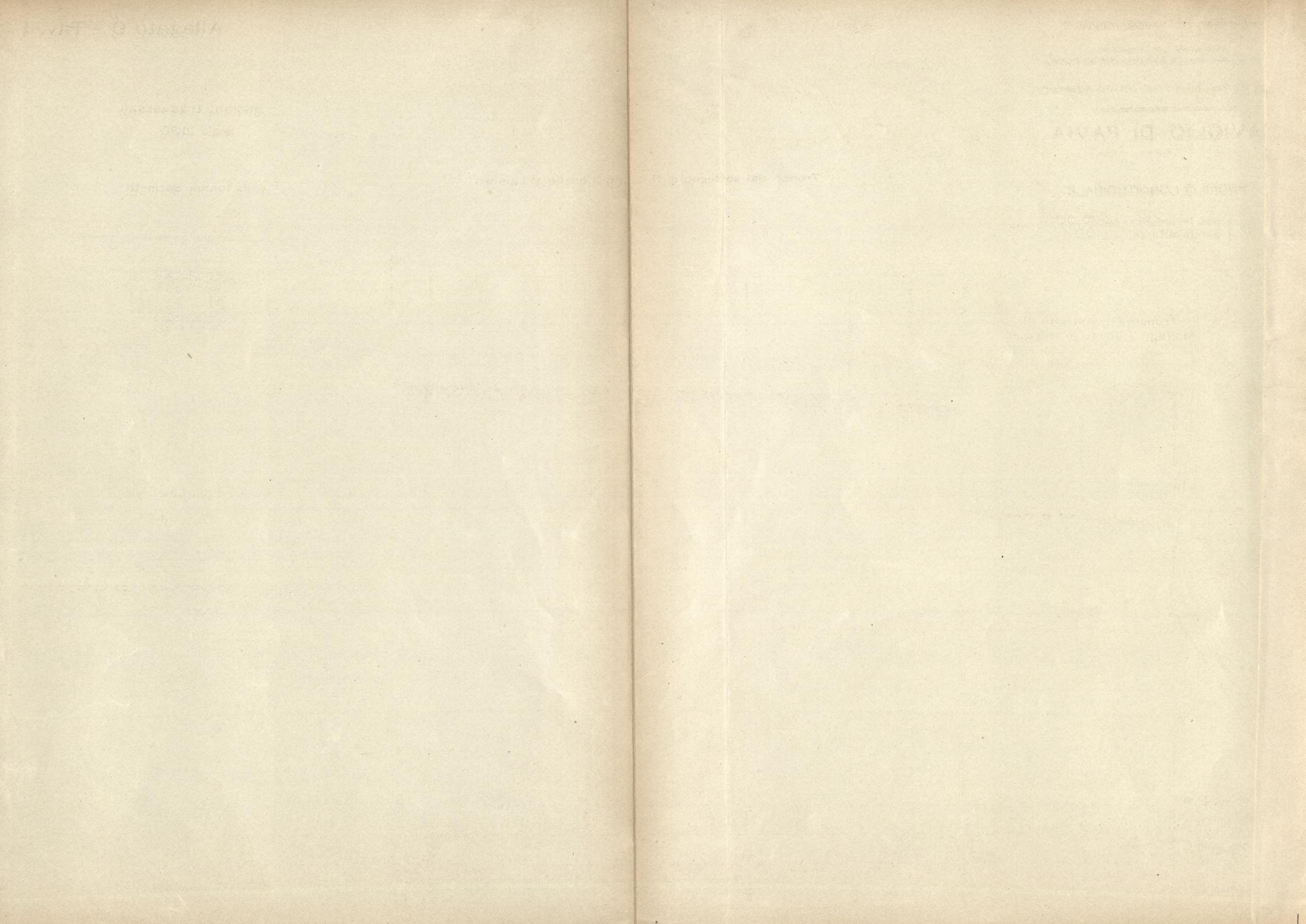
Tronco dal sostegno di Rozzano a quello al Lambro

Tronco dal sostegno di Moirago a quello di Rozzano



RIZZ: a m. 90 sul C^o M^o

Quote { pelo d'acqua
fondo canale
istanze { parziali
progressive



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

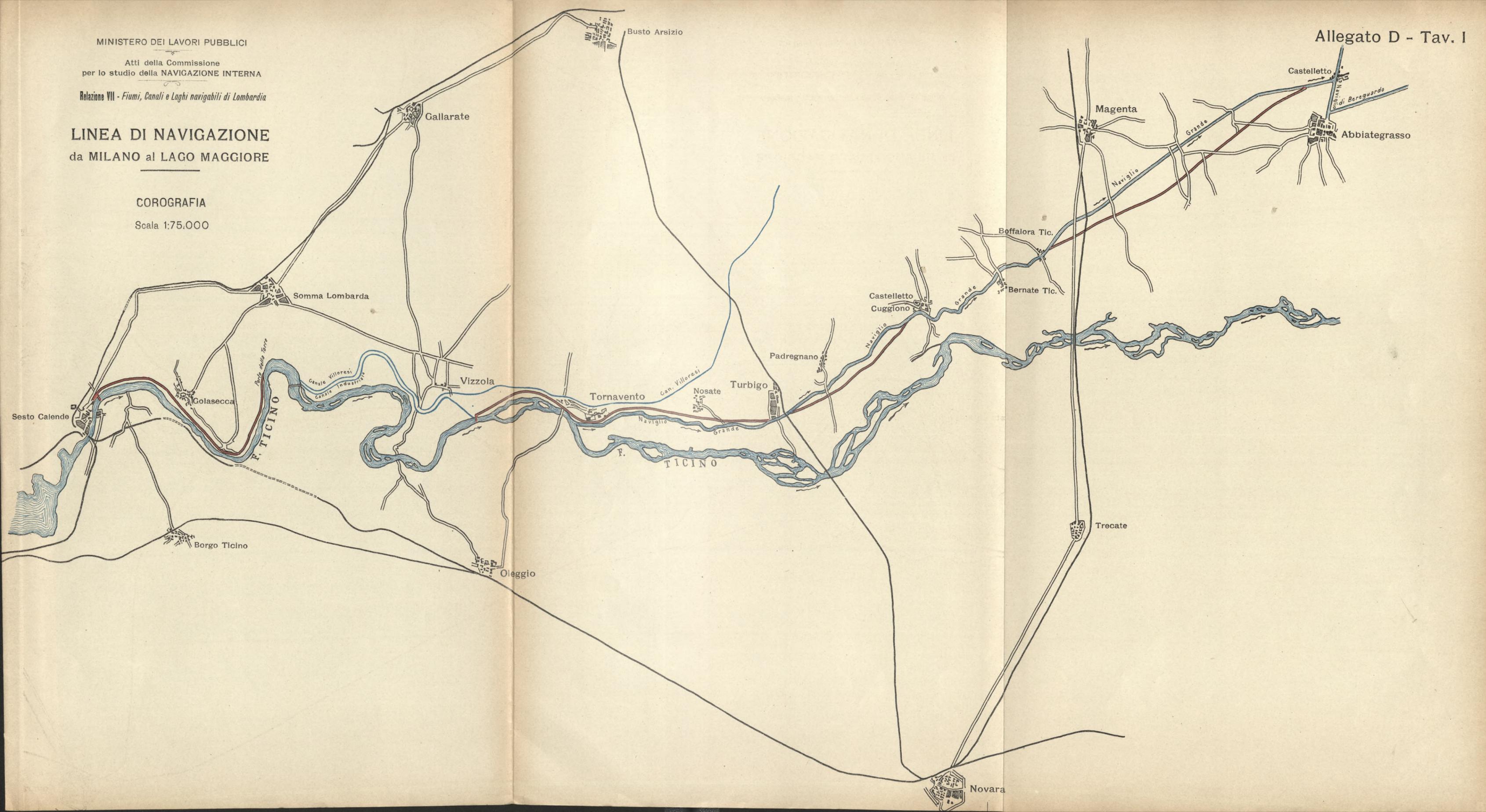
Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

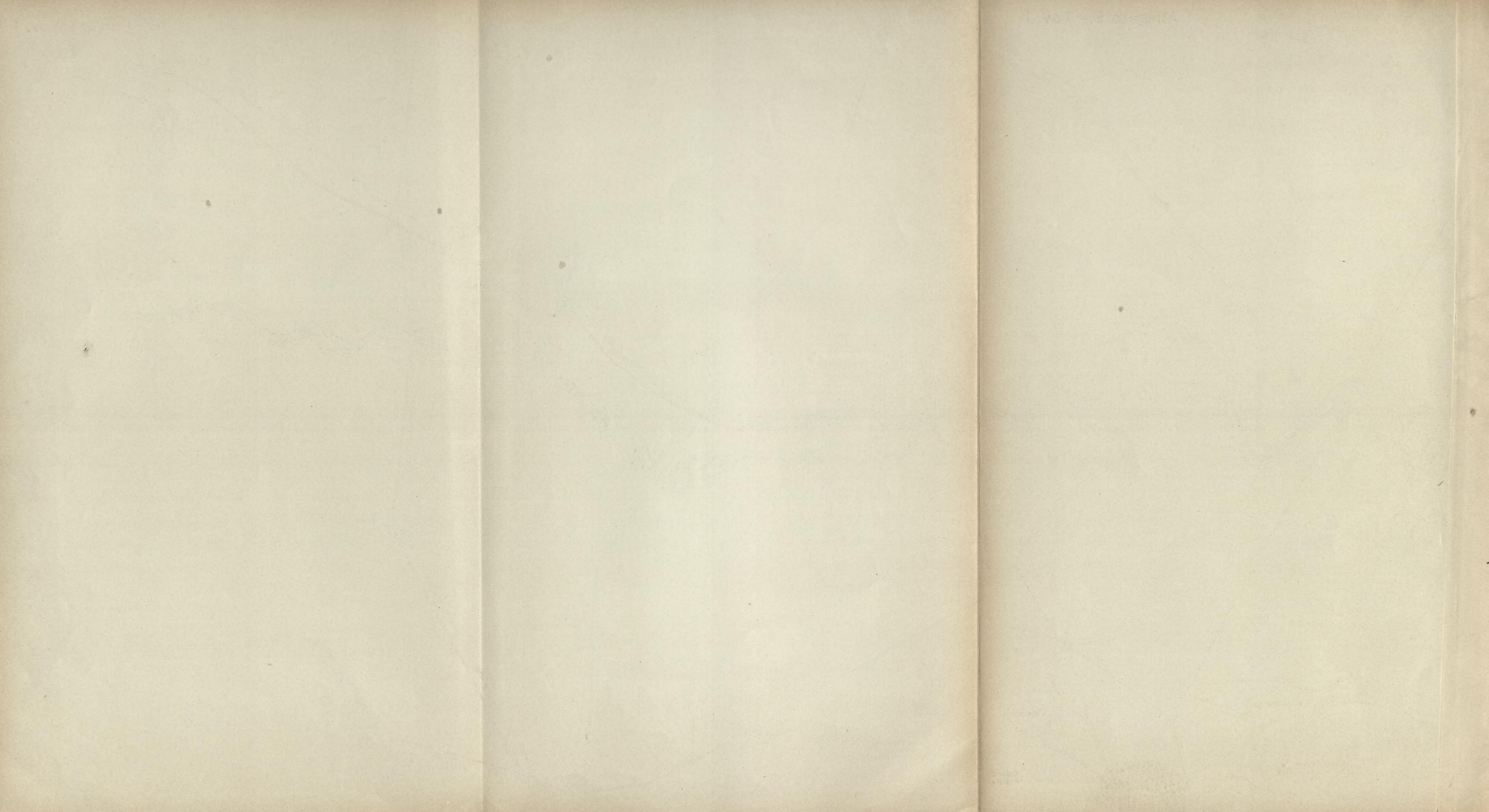
Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

LINEA DI NAVIGAZIONE da MILANO al LAGO MAGGIORE

COROGRAFIA

Scala 1:75.000



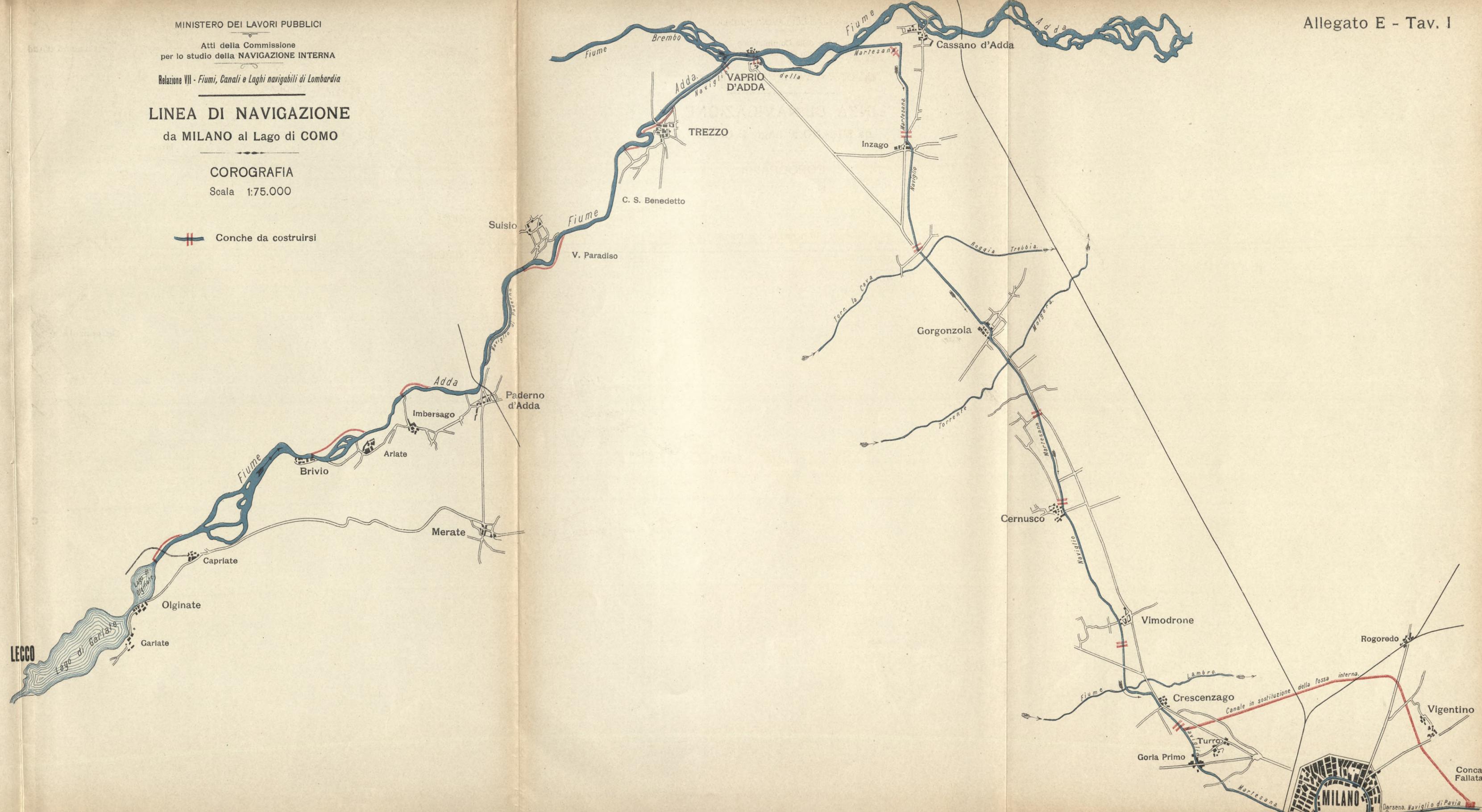


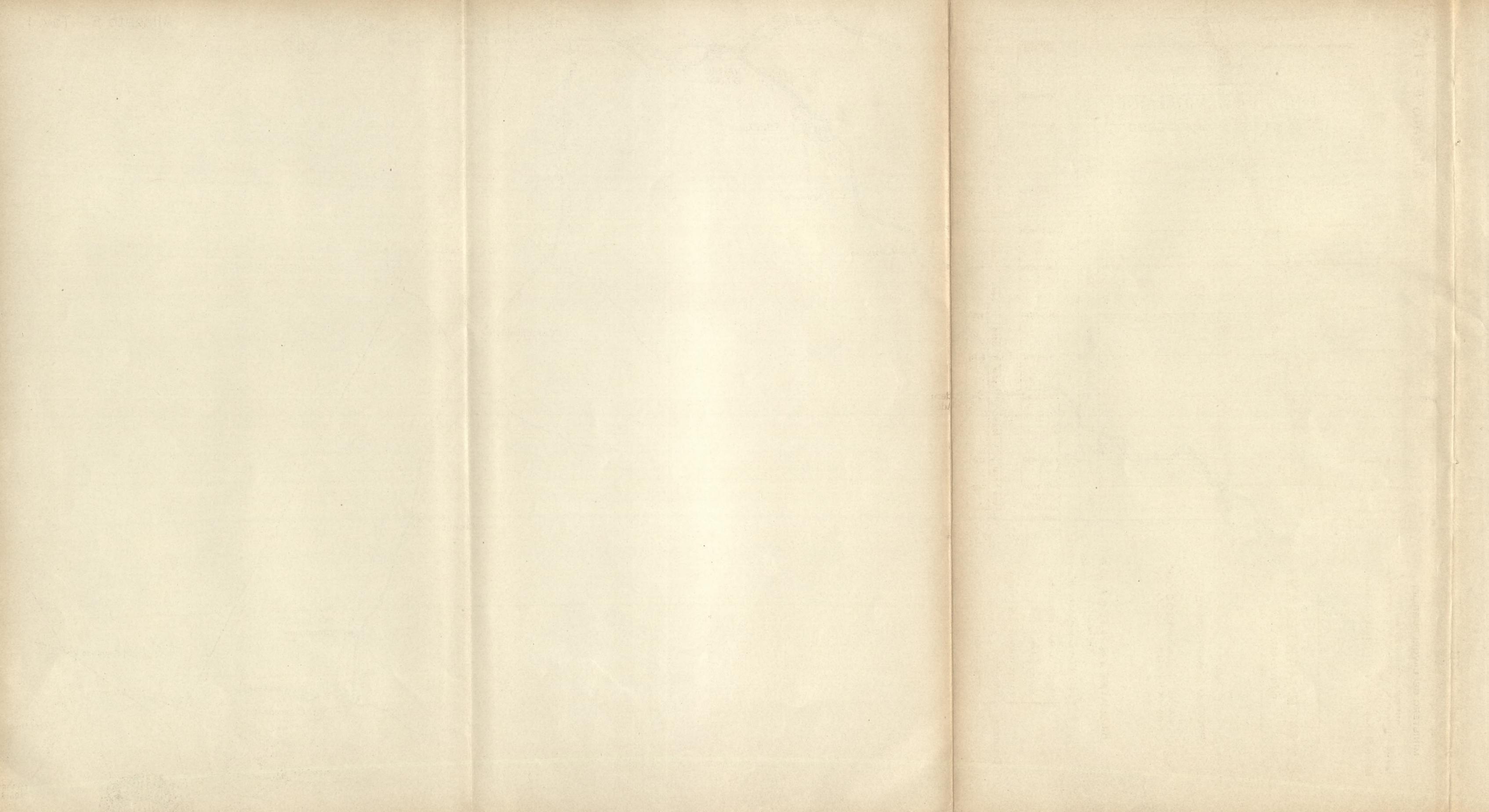
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA
Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

LINEA DI NAVIGAZIONE
da MILANO al Lago di COMO

COROGRAFIA
Scala 1:75.000

||| Conche da costruirsi





NUOVO CANALE

in sostituzione della fossa interna
di MILANO

Allegato E - Tav. III

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

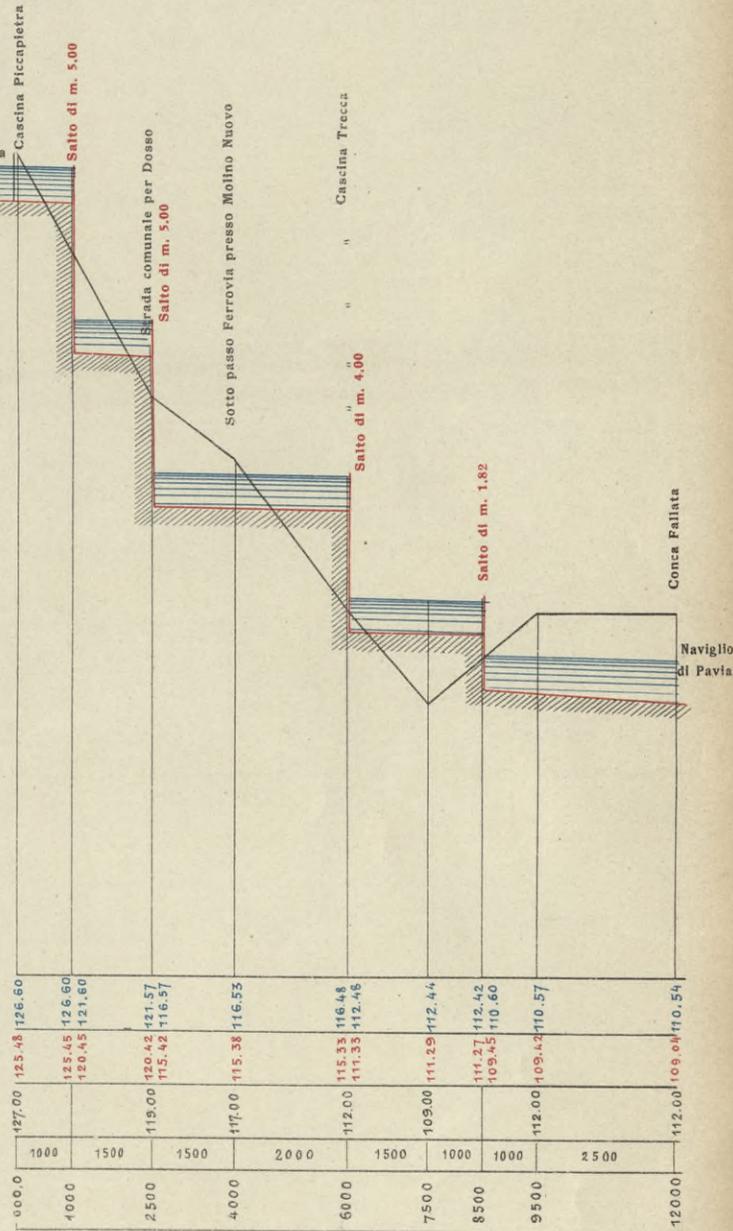
Diramazione da Crescenzago
alla Conca Fallata sul Naviglio
di Pavia

PROFILO LONGITUDINALE

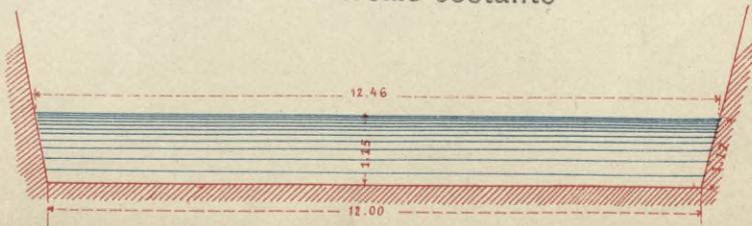
Scala { per le lunghezze 1:100.000
per le altezze 1:200

ORIZZONTALE a m. 100 sul C.^e M.^o di P.^o L.^o

Quote { pelo acqua
fondo canale
terreno
Distanze { parziali
progressive



Sezione trasversale costante



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

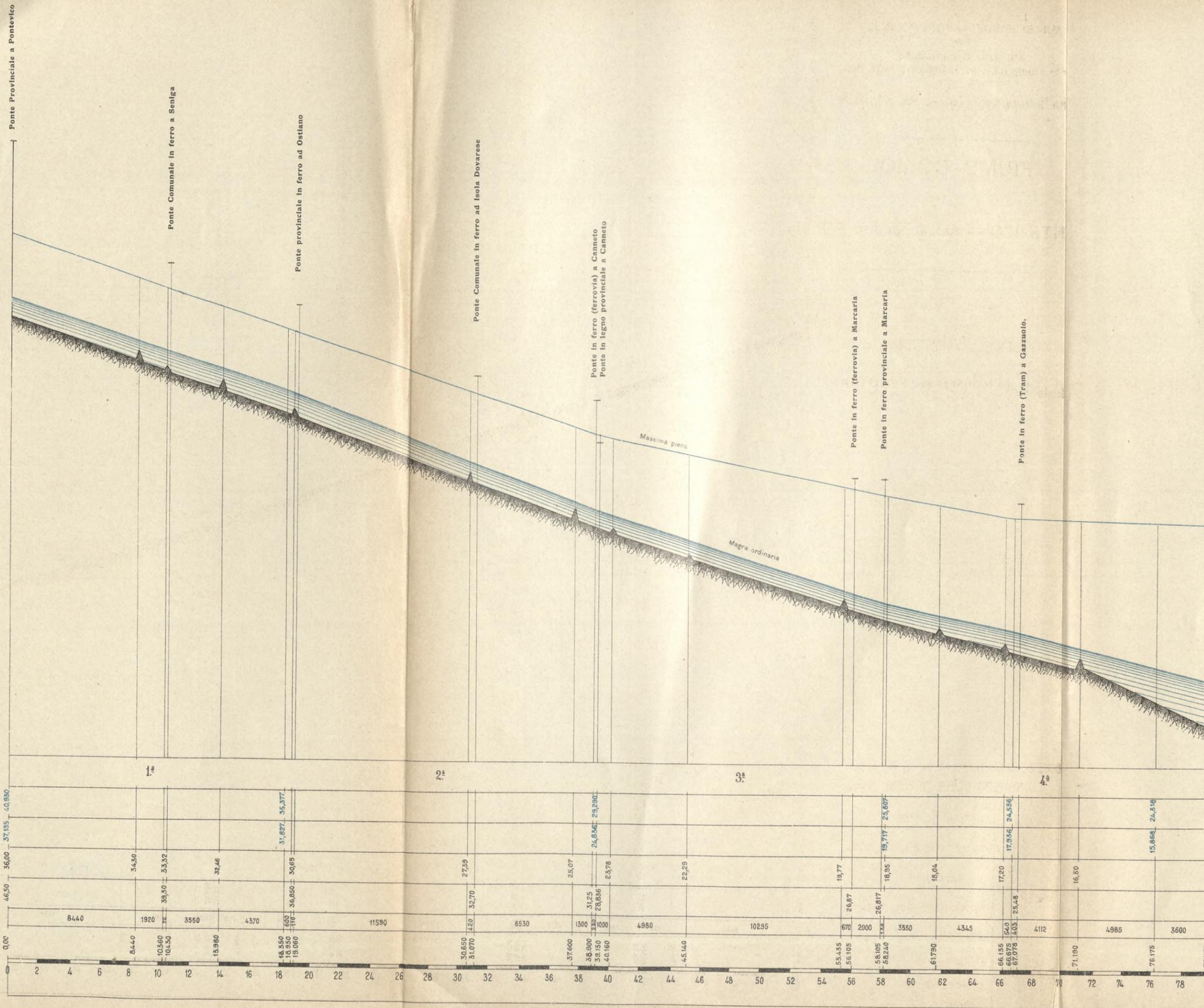
FIUME OGLIO

da

PONTEVICO al suo sbocco in PO

PROFILO LONGITUDINALE

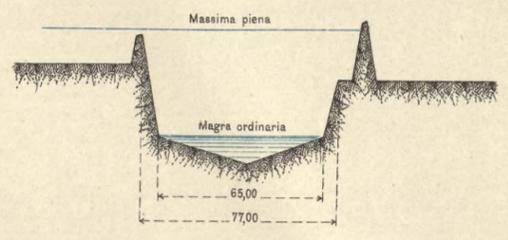
Scala { per le lunghezze 1:200.000
per le altezze 1:200



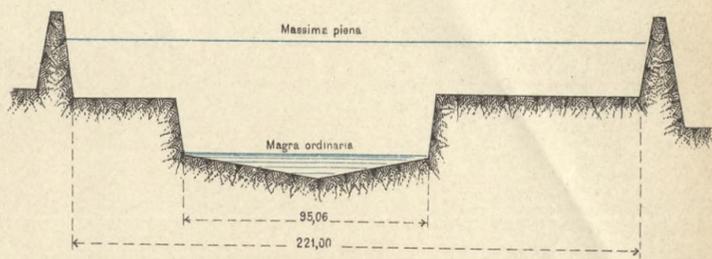
Sezioni trasversali

Scala { per le lunghezze 1:2000
per le altezze 1:200

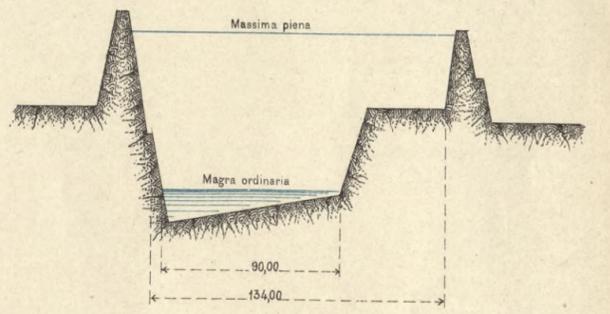
Sezione 1.



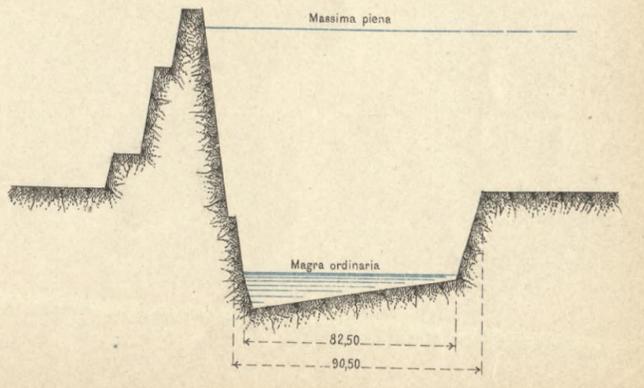
Sezione 2.



Sezione 3.



Sezione 4.



GRIZZONTEALE a m. 10 sul C. M. di P. E.

NUMERO DELLE SEZIONI

Quote { massima piena
della magra ordinaria
del fondo
intradosso dei ponti
parziali
Distanze { progressive
chilometriche
tronchi

Sezione	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Quote massima piena	36,00	37,135	40,930	
Quote della magra ordinaria				
Quote del fondo	3,650	3,332	3,246	3,187
Quote intradosso dei ponti				
Quote parziali	4,650	3,330	3,065	3,065
Distanze progressive	8,440	19,20	35,550	43,70
Distanze chilometriche	0,00	18,560	37,810	56,360
Distanze tronchi	2	4	6	8

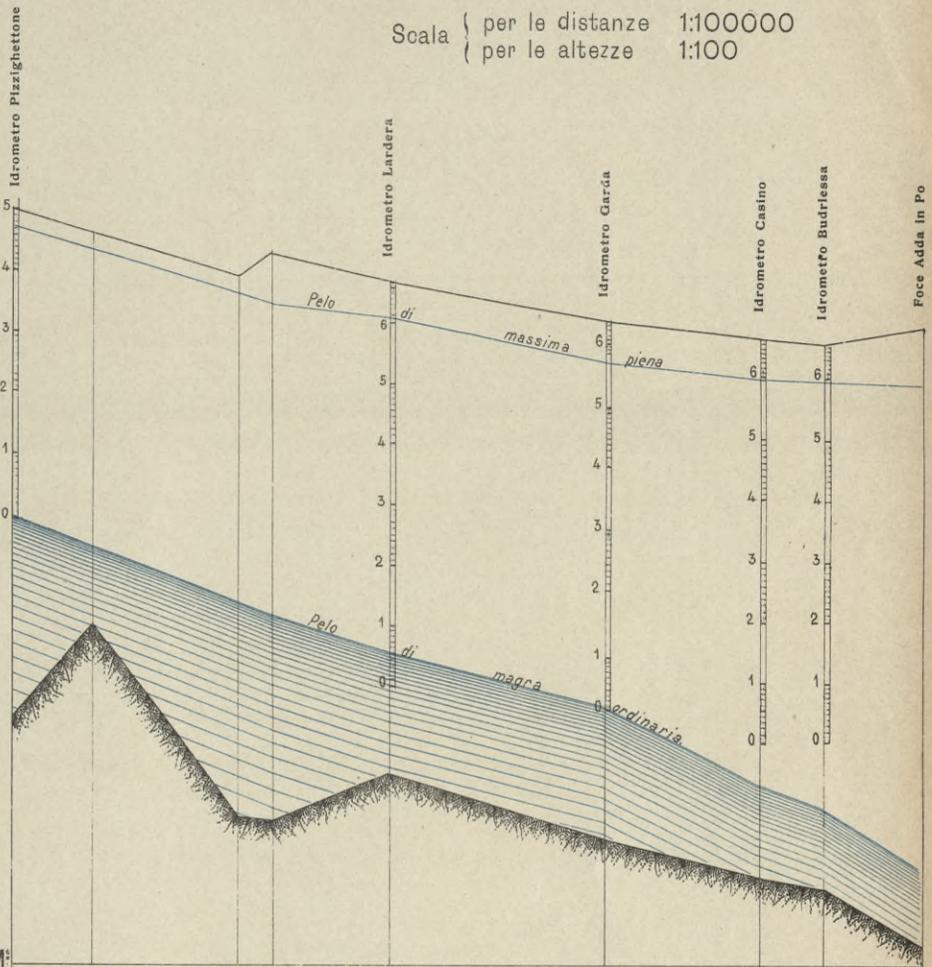


S. 61

FIUME ADDA da PIZZIGHETTONE al PO

PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le distanze 1:100000
per le altezze 1:100

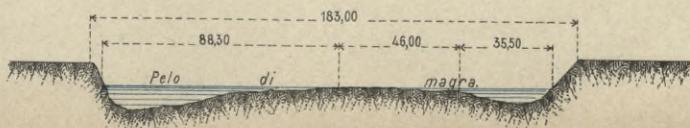


GRIZZ a m. 33 sul C. M.
NUMERO DELLE SEZIONI

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Quote degli argini																			45,45
Quote della magra																			40,32
Quote massima piena																			45,12
Quote fondo medio	37,12																		37,12
Dist. parziali		1500		2700		640		2160		4100		2840		1260		1800			
Dist. progressive	0,00	1500		4200		4840		7000		11100		13940		15200		17000			
Dist. chilometriche	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

Sezione trasversale

Scala { per le lunghezze 1:2000
per le altezze 1:500



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

FIUME TICINO

nel tratto navigabile dal PO a PAVIA

Sezioni trasversali

Scala { per le lunghezze 1:2000
per le altezze 1:200



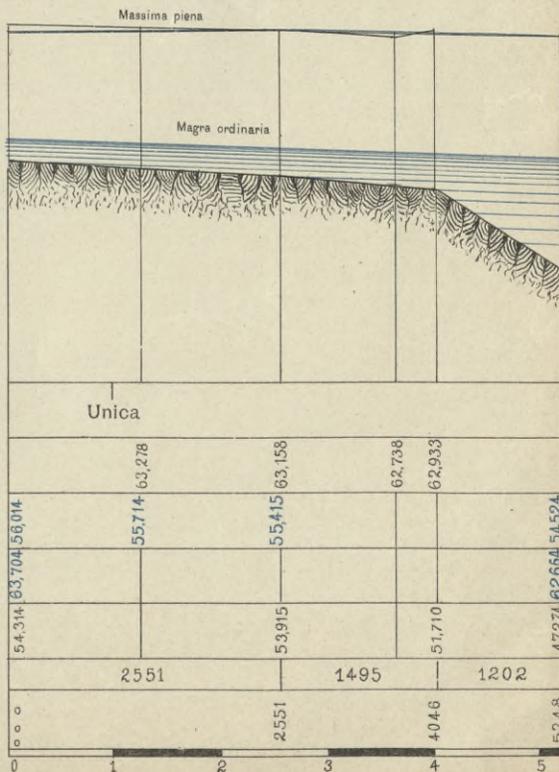
PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le lunghezze 1:50000
per le altezze 1:400

Zero Idrometro alla confluenza del
naviglio di Pavia a sinistra m. 55,094

Sbocco del Gravello a destra

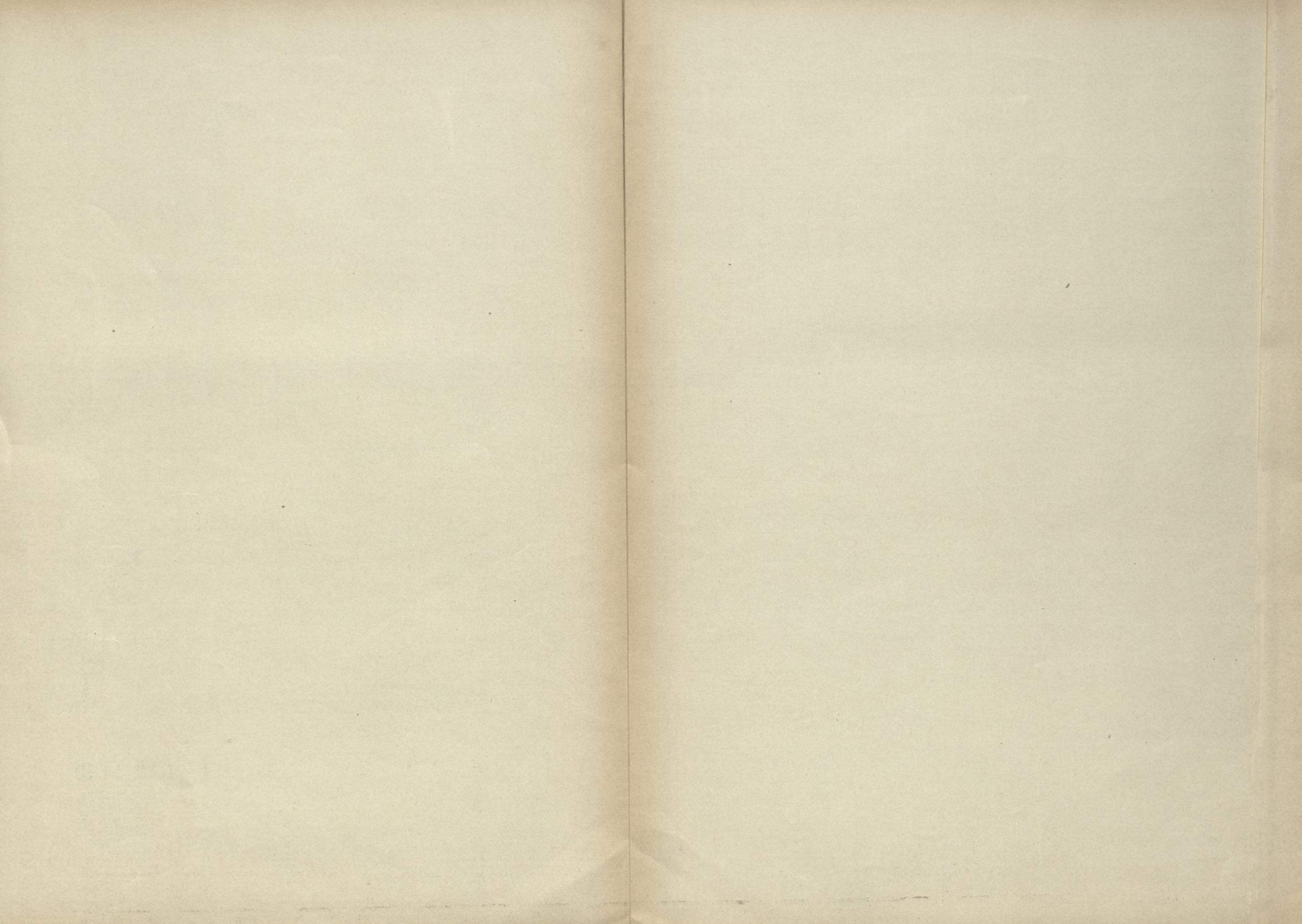
Zero Idrometro di Becca m. 54,824
a sinistra allo sbocco in Po



GRIZZONALE a m. 40 sul C^e M^e di P.^e L.^e
NUMERO DELLE SEZIONI

Quote { degli argini
della magra ordinaria
della massima piena
del fondo medio

Distanze { parziali
progressive
chilometriche



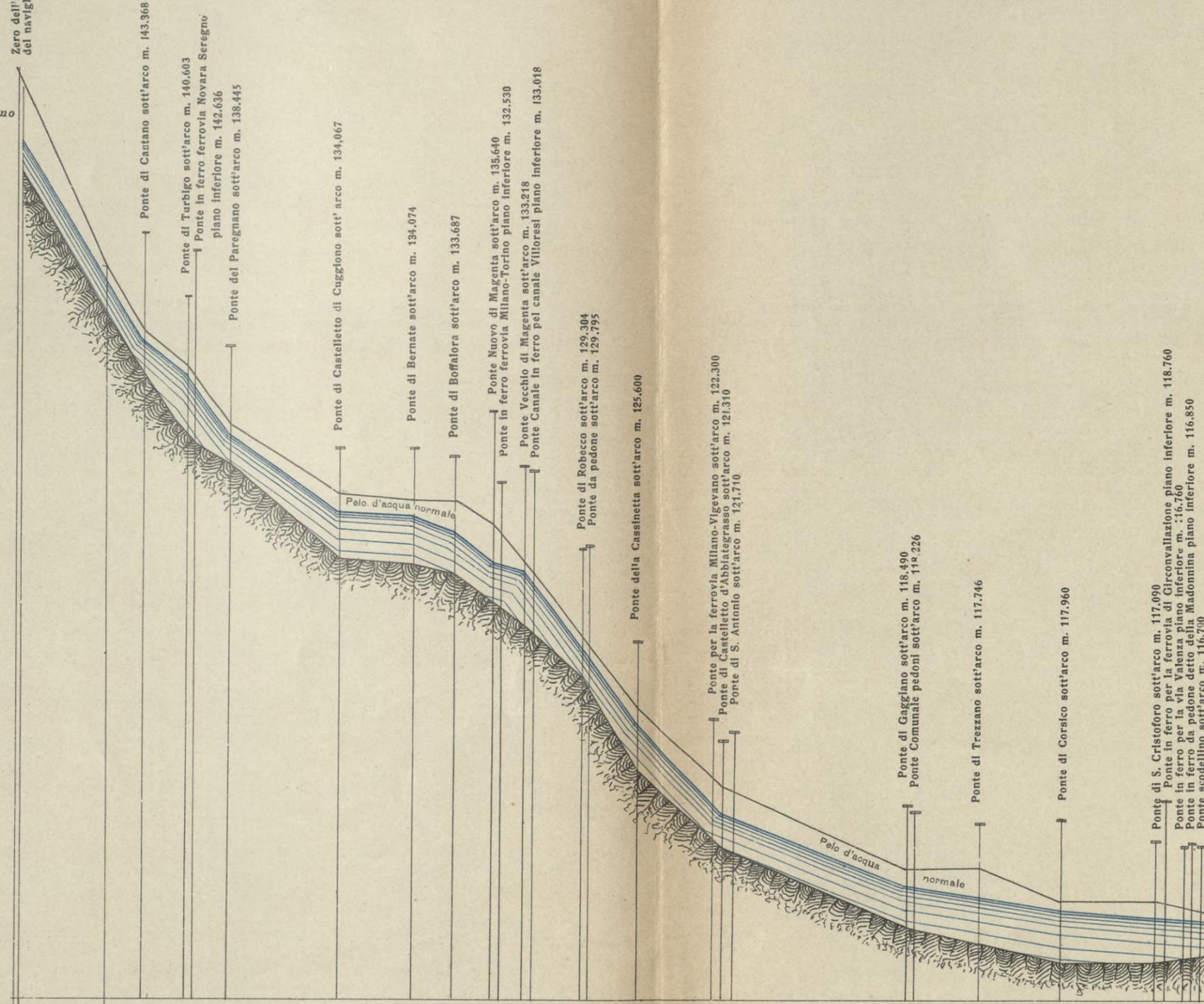
NAVIGLIO GRANDE

PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le distanze 1:200000
per le altezze 1:200

Zero dell'idrometro all'incile
del naviglio Grande m. 146.66

Fiume Ticino



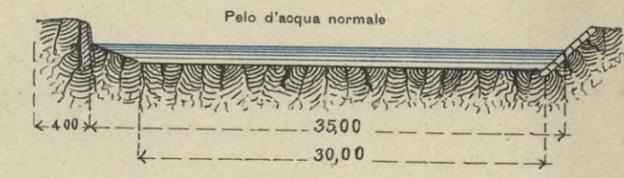
GRIZZONTALE a m. 110 sul C. M. di P. L.
NUMERO DELLE SEZIONI

1 ^a	2 ^a															3 ^a	4 ^a
149,700	141,700	139,150	137,247	135,098	132,070	131,700	131,700	130,700	129,174	125,860	122,800	119,320	115,700	115,400	114,350	114,370	113,430
145,910	139,750	137,247	134,437	133,338	129,170	128,900	128,505	127,297	126,568	124,000	120,500	116,610	113,200	112,520	111,700	111,670	111,330
000	3830	5396	7230	9186	13621	16760	18406	19972	21294	23832	26170	29342	37535	40514	44012	48045	50165

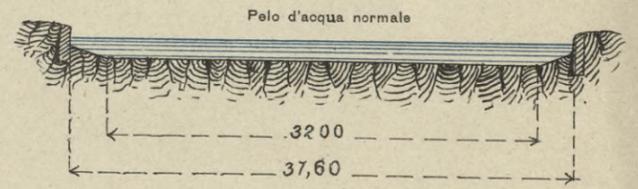
Sezioni trasversali

Scala 1:500

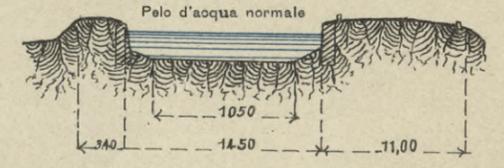
Sezione 1.



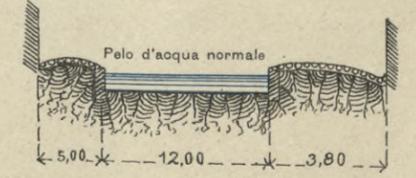
Sezione 2.

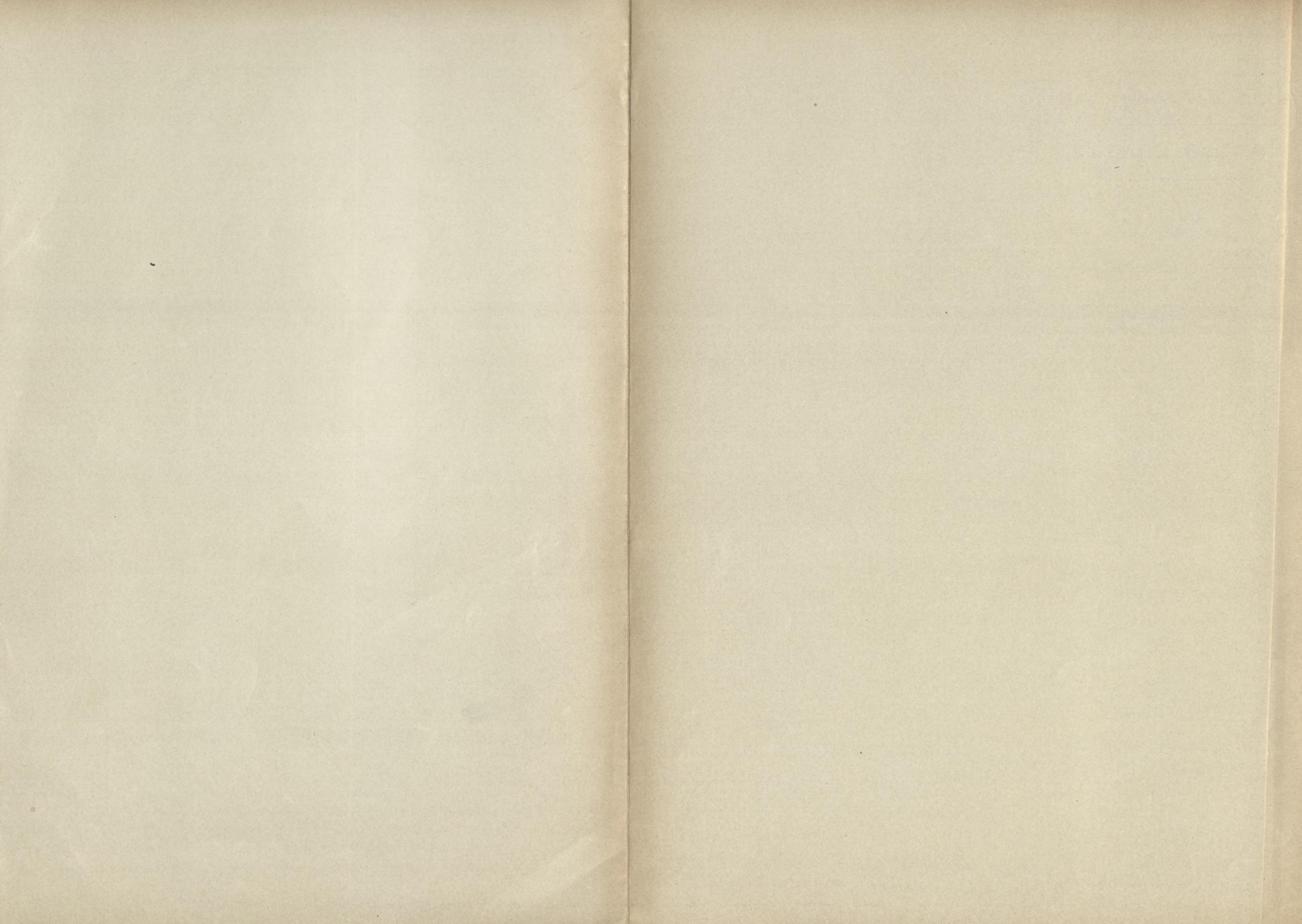


Sezione 3.



Sezione 4.



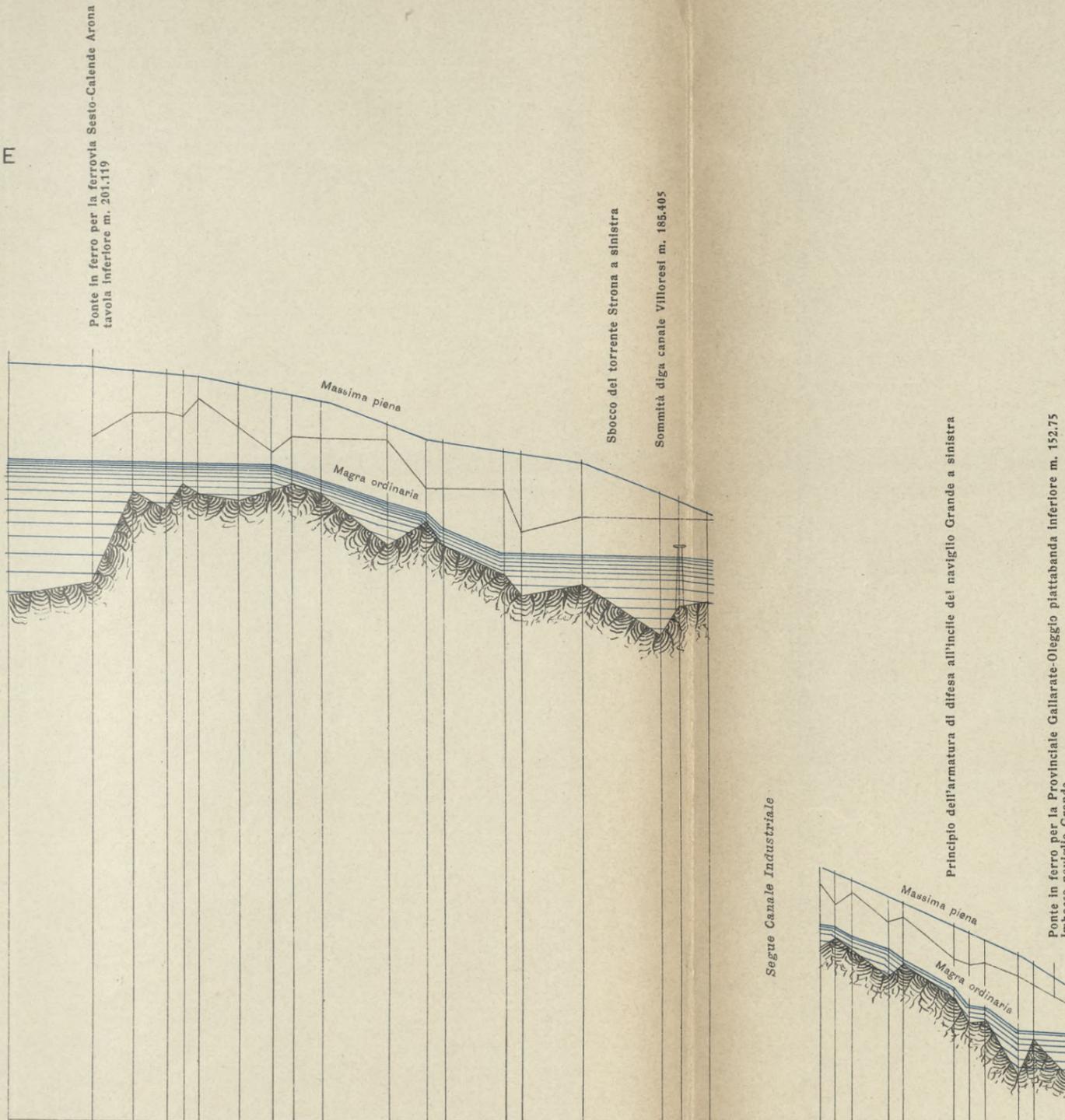


FIUME TICINO

nel tratto navigabile dal LAGO MAGGIORE
all'incile del NAVIGLIO GRANDE

PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le distanze 1:100.000
per le altezze 1:400



Ponte in ferro per la ferrovia Sesto-Calende Arona
tavola inferiore m. 201.119

Sbocco del torrente Strona a sinistra

Sommità diga canale Villorresi m. 185.405

Principio dell'armatura di difesa all'incile del naviglio Grande a sinistra

Ponte in ferro per la Provinciale Gallarate-Oleggio
piattabanda inferiore m. 152.75

Segue Canale Industriale

ORIZZONTALE a m. 140 sul C^e M.^o di P.^e L.^e
NUMERO DELLE SEZIONI

Quote { degli argini
della magra ordinaria
" massima piena
del fondo medio
Distanze { parziali
progressive
chilometriche

	1 ^a											2 ^a																																							
Quote	181,697	199,887	199,590	192,412	192,308	192,228	192,218	192,171	191,721	190,924	189,268	188,557	187,559	186,459	185,489	183,411	181,601	182,425	185,150	187,732	187,732	155,836	158,935	154,332	159,730	155,532	157,153	154,741	158,178	153,341	151,674	152,330	152,930	156,241	150,813	159,921	145,669	152,533	148,053	149,105	152,740	143,176	151,742	147,476	151,081	146,742	147,442	150,970	143,336	150,801	147,336
Distanze	1500	766	688	295	304	733	670	379	508	1209	746	363	1113	307	1106	1512	340	860				21366	21666	21966	22846	22946	961	23908	24208	24506	25126	25424	26071																		
	Lago Maggiore	766	1454	1749	2053	2791	3461	3840	4348	5557	6302	6665	7778	8085	9191	10703	11043	11703				21366	21666	21966	22846	22946	961	23908	24208	24506	25126	25424	26071																		

Sezioni trasversali

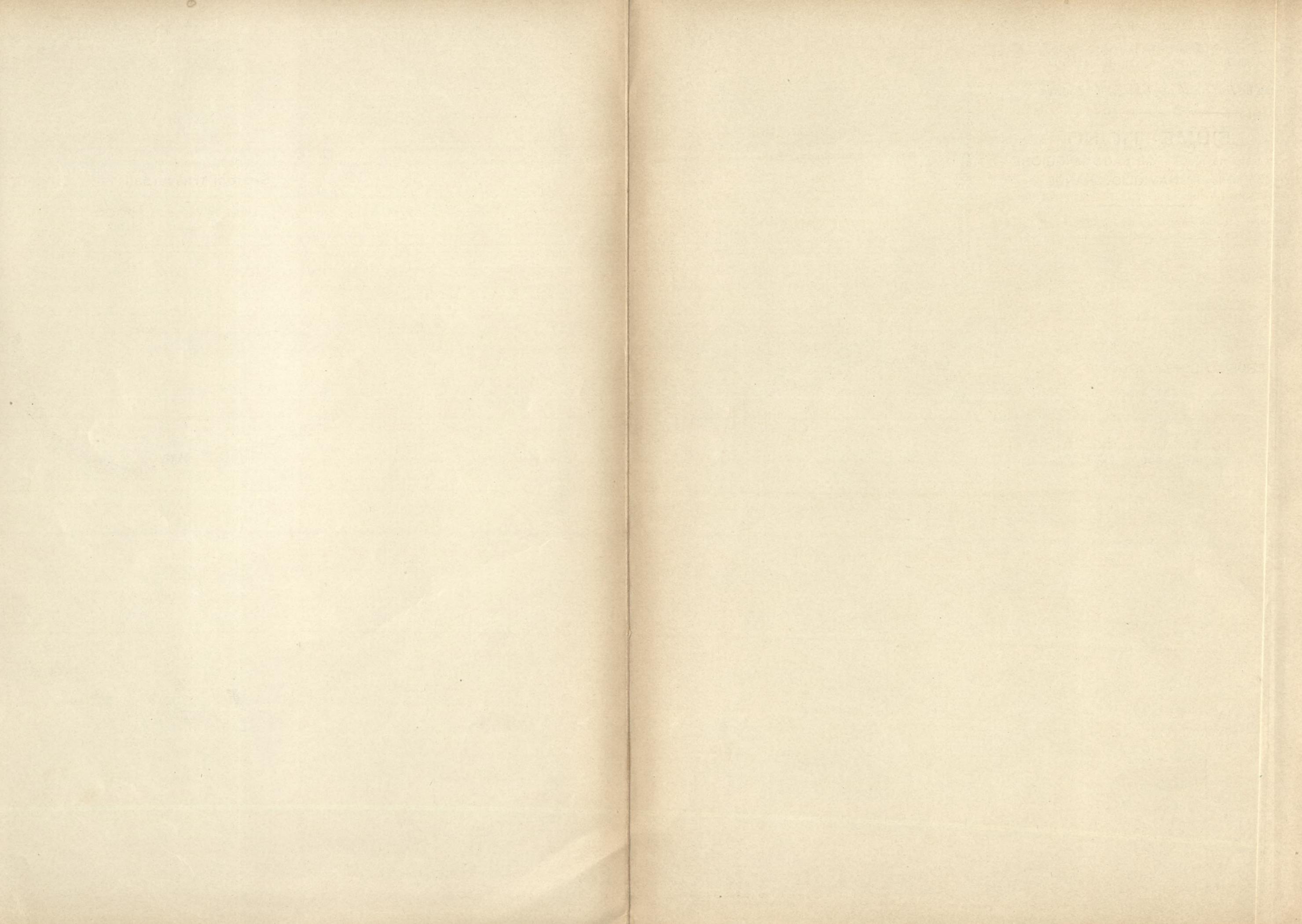
Scala { per le distanze 1:2000
per le altezze 1:100

Sezione 1.
alla progressiva 4348



Sezione 2.
alla progressiva 22946





Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

CANALE INDUSTRIALE

dalla sua derivazione dal bacino distributore
del Canale Villoresi al suo sbocco in Ticino
alla rapida Madonnina sotto Vizzola

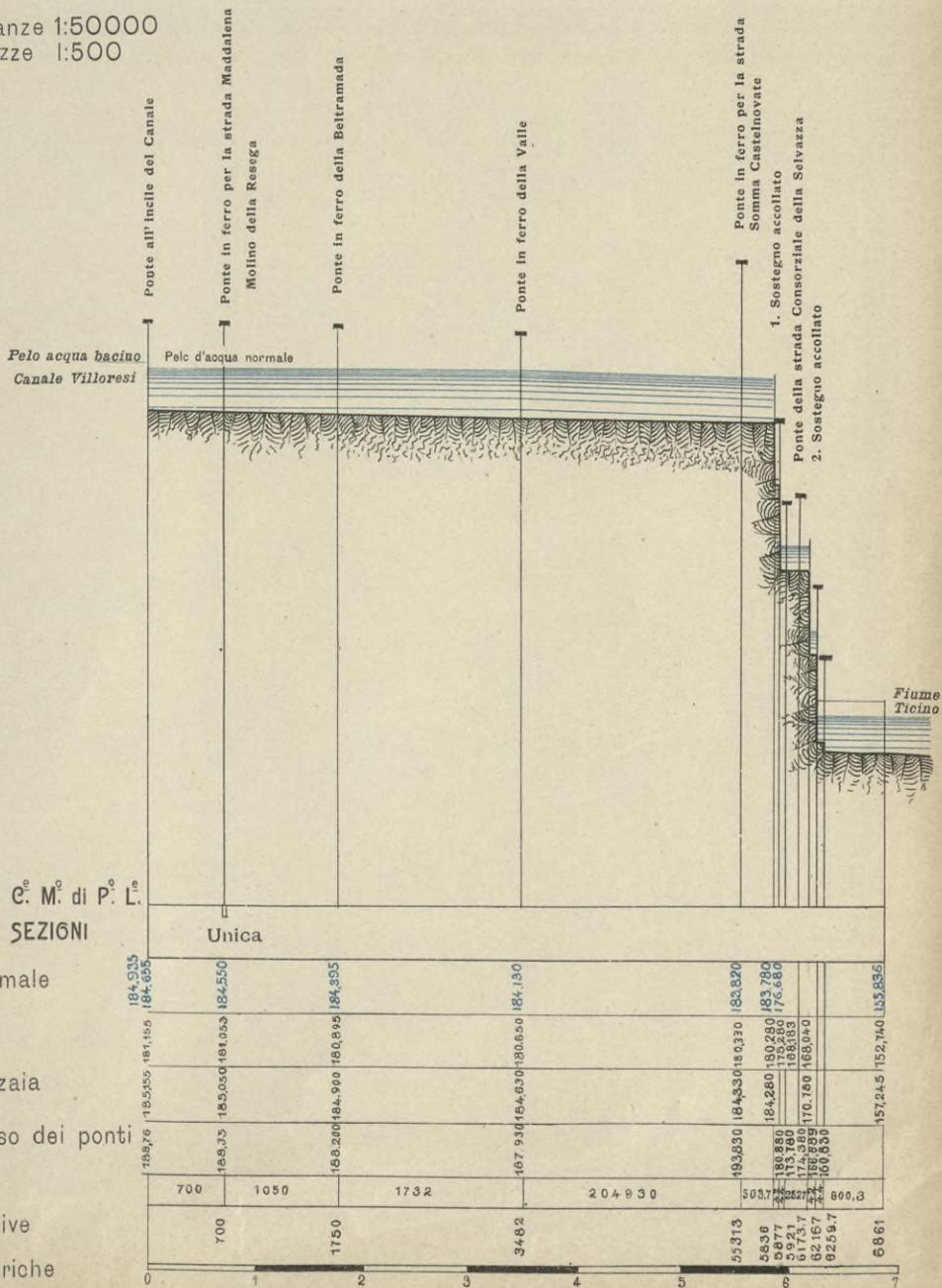
Sezione unica

Scala 1:500



PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le distanze 1:50000
per le altezze 1:500

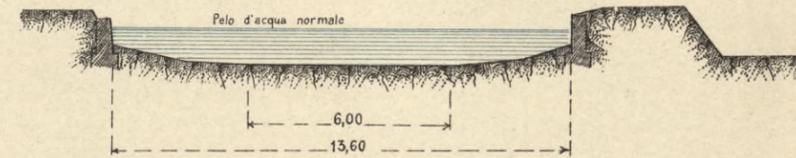


NAVIGLIO DI BEREGUARDO

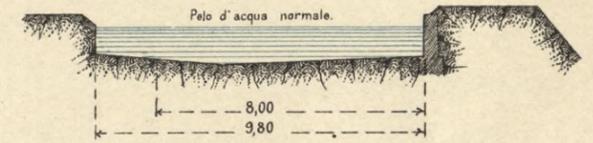
Sezioni trasversali

Scala 1:200

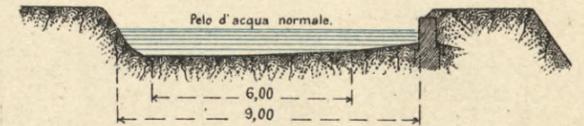
Sezione 1.



Sezione 2.

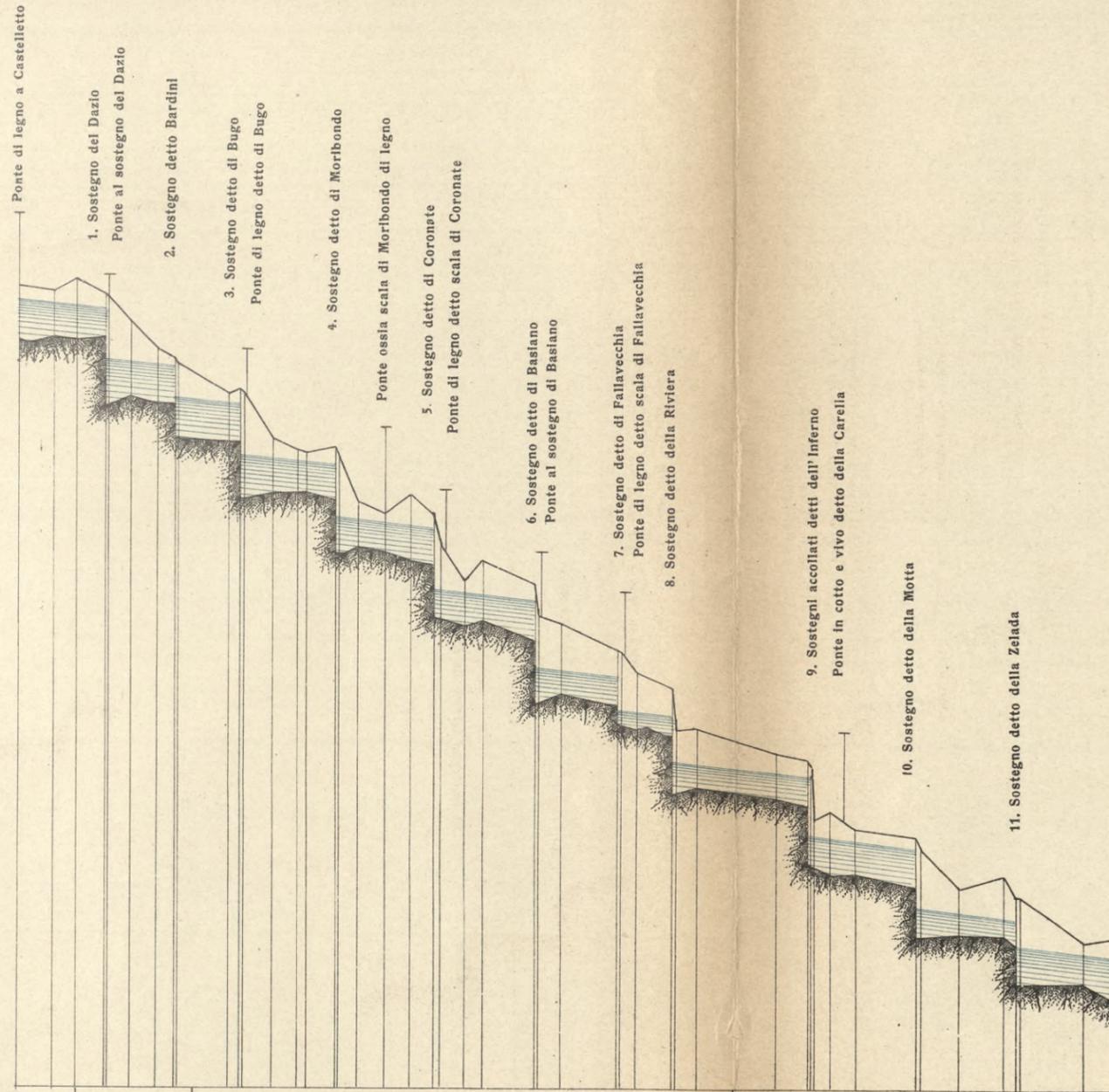


Sezione 3.



PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le lunghezze 1:100.000
 per le altezze 1:200

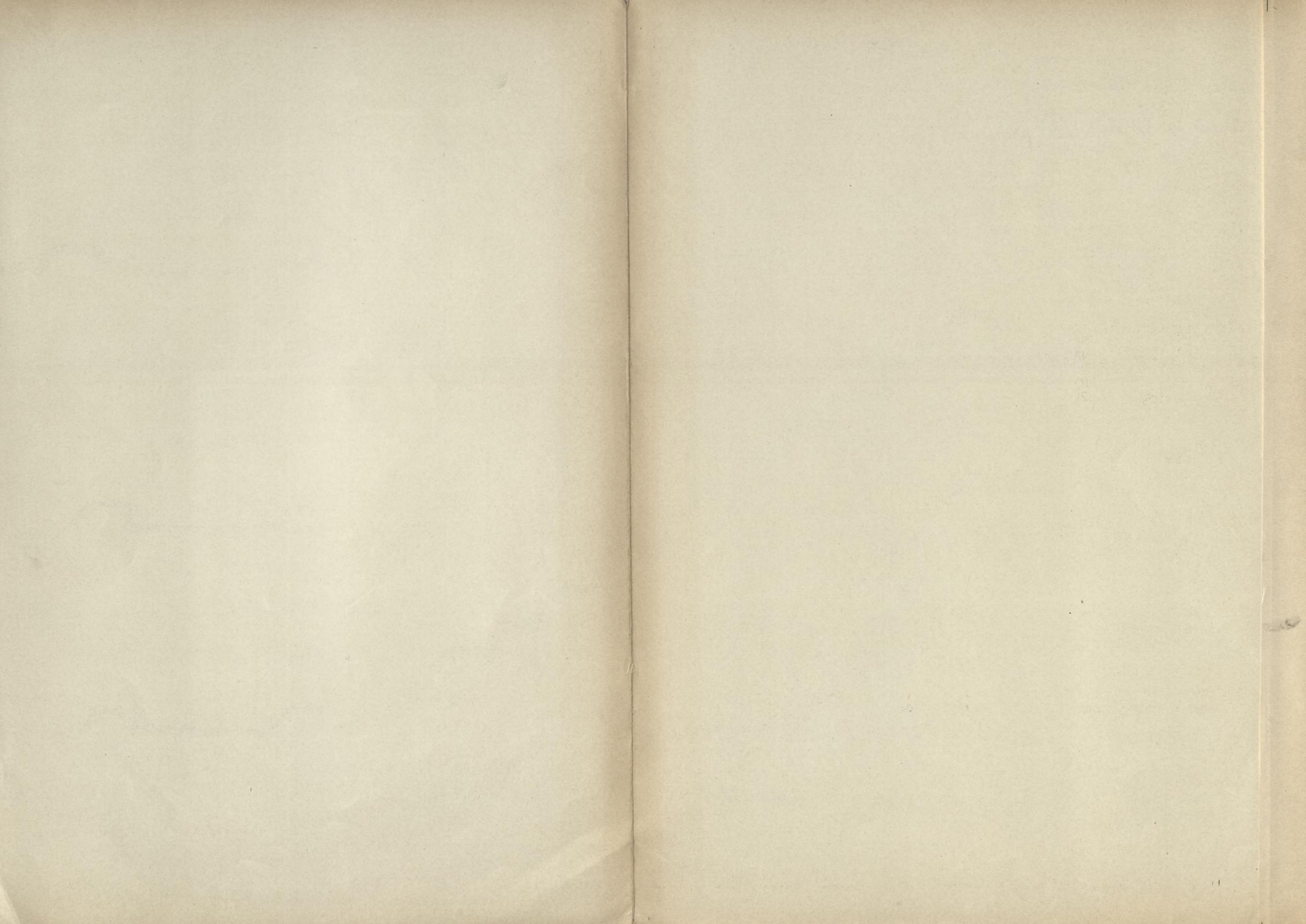


GRIZZONALE a m. 90 sul C. M.

NUMERO DELLE SEZIONI

Quote	}	alzaia	118,611
		pelo normale	118,438
Distanze	}	fondo	116,410
		intradosso dei ponti	121,32
	}	parziali	600
		progressive chilometriche	0,000

1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a	13 ^a	14 ^a	15 ^a	16 ^a	17 ^a	18 ^a	
118,611	118,438	118,265	118,092	117,919	117,746	117,573	117,400	117,227	117,054	116,881	116,708	116,535	116,362	116,189	116,016	115,843	115,670	
116,410	116,237	116,064	115,891	115,718	115,545	115,372	115,199	115,026	114,853	114,680	114,507	114,334	114,161	113,988	113,815	113,642	113,469	
121,32	119,59	117,86	116,13	114,40	112,67	110,94	109,21	107,48	105,75	104,02	102,29	100,56	98,83	97,10	95,37	93,64	91,91	
600	420	498	398	450	881	450	450	431	7181	7251	309	300	895	520	450	1076	750	
0,000	600	1518	1542	1950	2400	2690	2719	3600	3600	3640	4350	4800	4868	5492	5512	5650	6300	6750
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

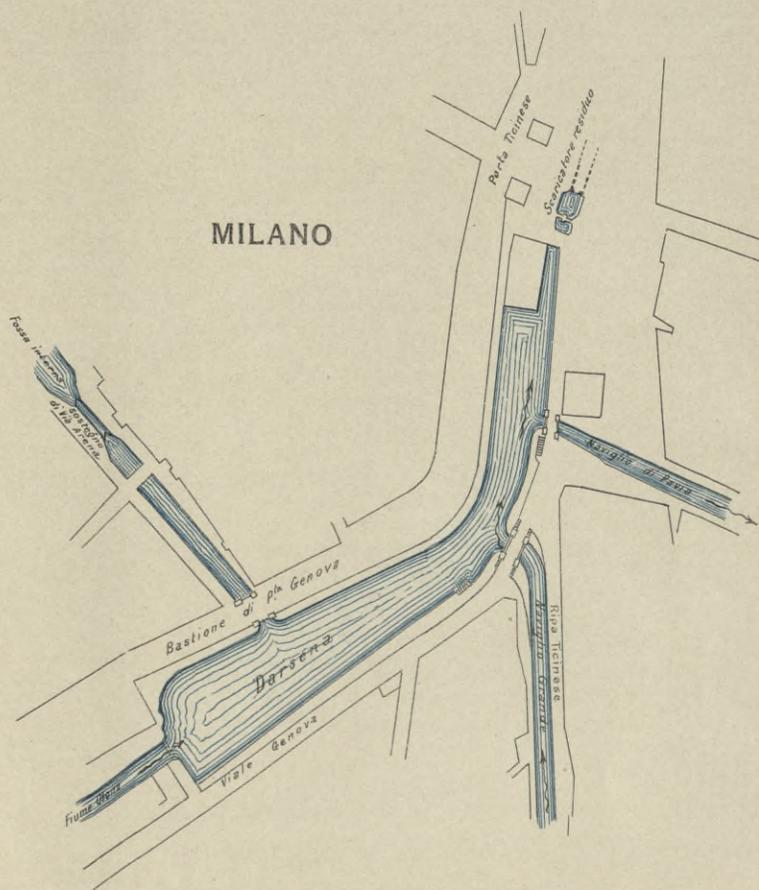


Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

DARSENA DI PORTA TICINESE

Scala 1:4000



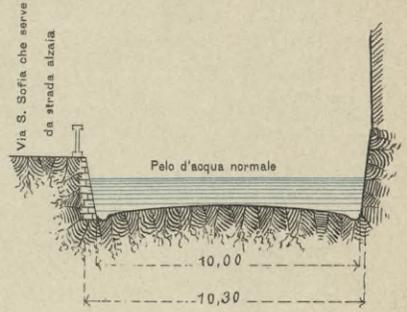
Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

**FOSSA INTERNA
di MILANO**

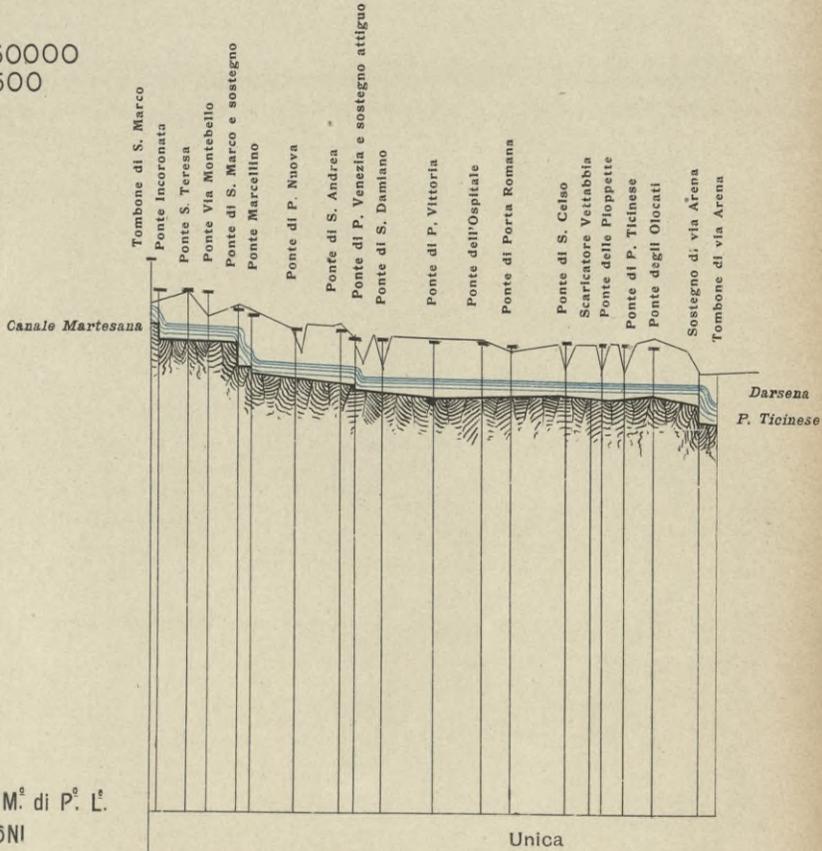
Sezione unica trasversale

Scala 1:200



PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le lunghezze 1:50000
per le altezze 1:500



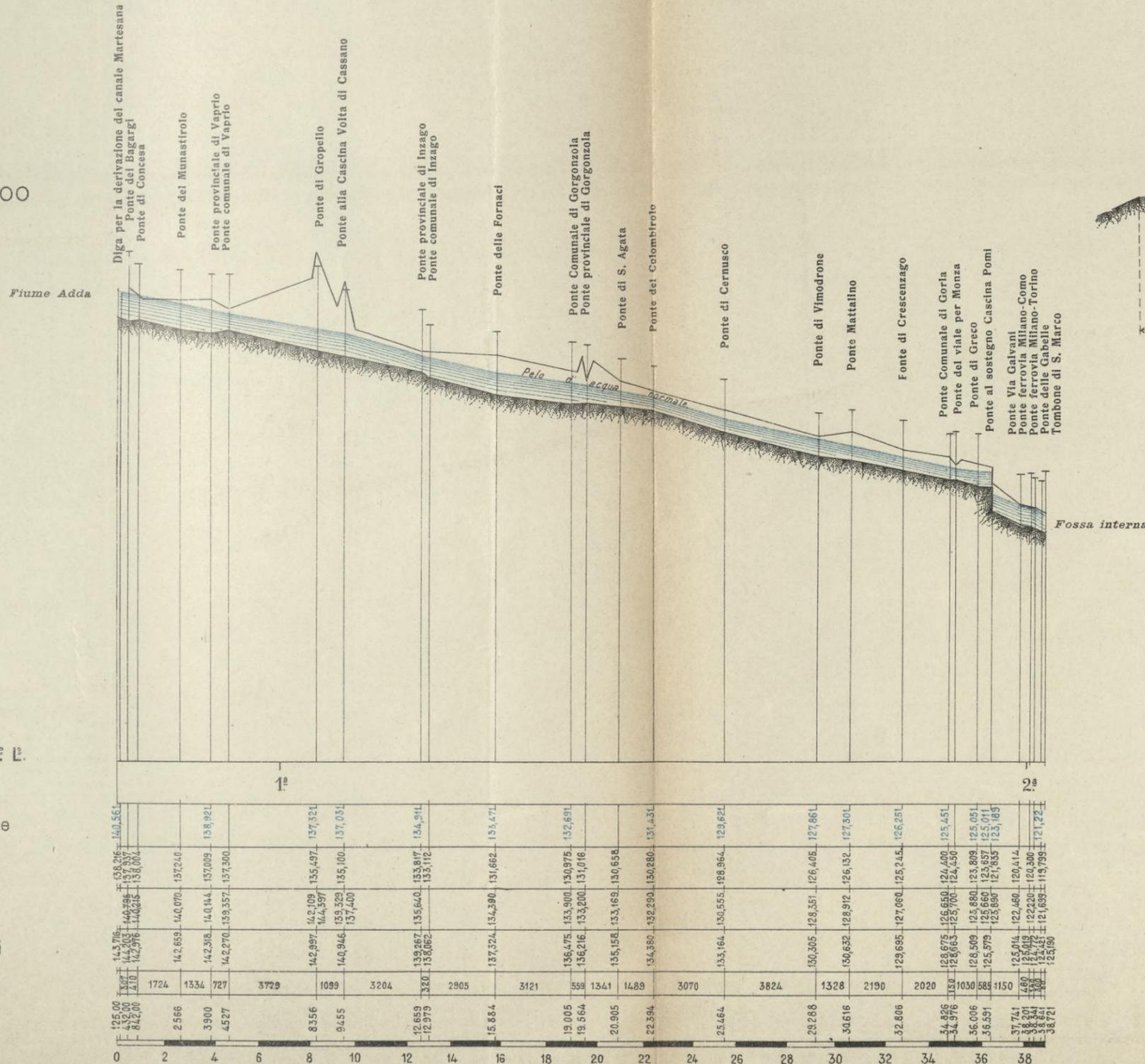
GRIZZONALE a m. 80 sul C.^o M.^e di P.^o L.^e
NUMERO DELLE SEZIONI

Distanze	}	parziali	}	Quote	}	pelo normale	80	125.50	121.899	119.799	119.22
							95	122.782	118.682	118.68	
							560	122.633	122.650	118.685	
Distanze	}	progressive	}	Quote	}	fondo canale	274	121.425	121.600	118.434	119.630
							953	120.679	120.900	118.641	115.140
							418	116.856	117.848		
Distanze	}	chilometriche	}	Quote	}	intradosso dei ponti	1373	119.743	117.359	115.493	
							399	119.612	120.110	116.212	
							1772	118.791	115.900	114.531	
Distanze	}	chilometriche	}	Quote	}	intradosso dei ponti	227	118.042	116.000	114.242	
							479	118.484	118.700	113.984	
							459	118.458	118.700	114.000	
Distanze	}	chilometriche	}	Quote	}	intradosso dei ponti	269	118.248	117.850	114.050	
							518	118.463	116.650	114.160	
							2318	118.274	115.600	113.774	
Distanze	}	chilometriche	}	Quote	}	intradosso dei ponti	216	118.397	115.600	113.637	
							276	118.287	118.800	114.187	
							423	116.000	114.352	115.82	
Distanze	}	chilometriche	}	Quote	}	intradosso dei ponti	144	117.172	112.00	113.49	
							5247				

CANALE MARTESANA

PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le lunghezze 1:200.000
per le altezze 1:400

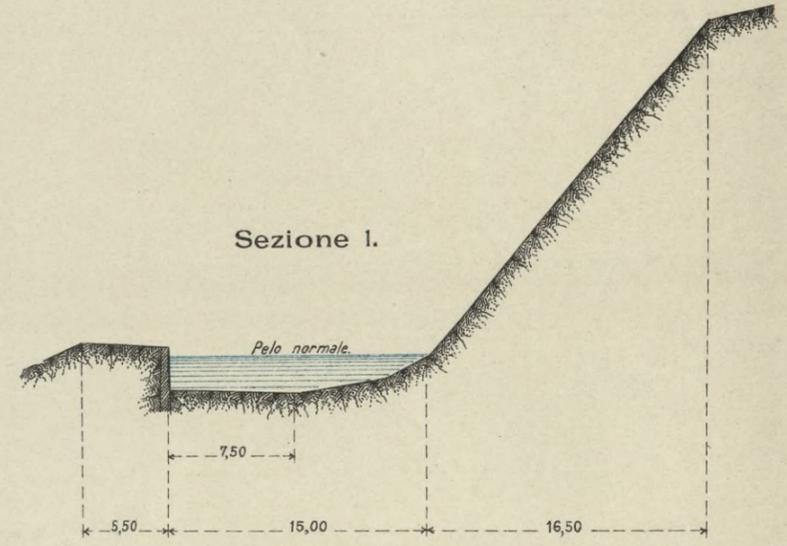


GRIZZONTE a m.100 sul C^o M^o di P^o L.
NUMERO DELLE SEZIONI

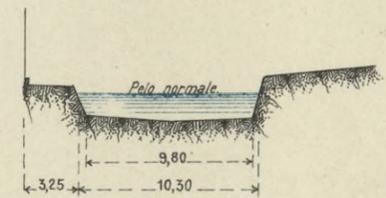
Quote { pelo d'acqua normale
fondo canale
piano alzaia
intradosso dei ponti
Distanze { parziali
progressive
chilometriche

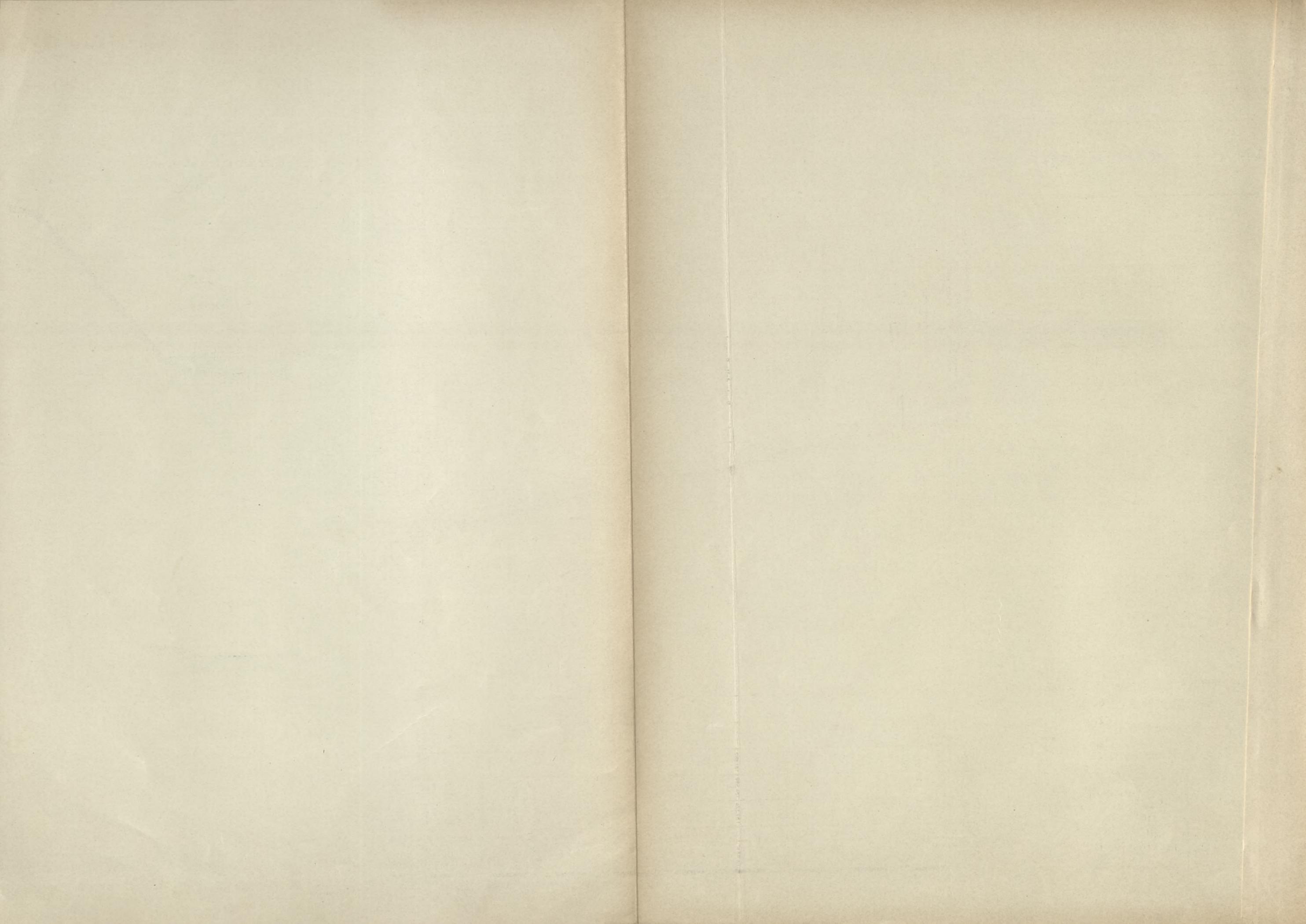
Sezioni trasversali

Scala 1:400



Sezione 2.





MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

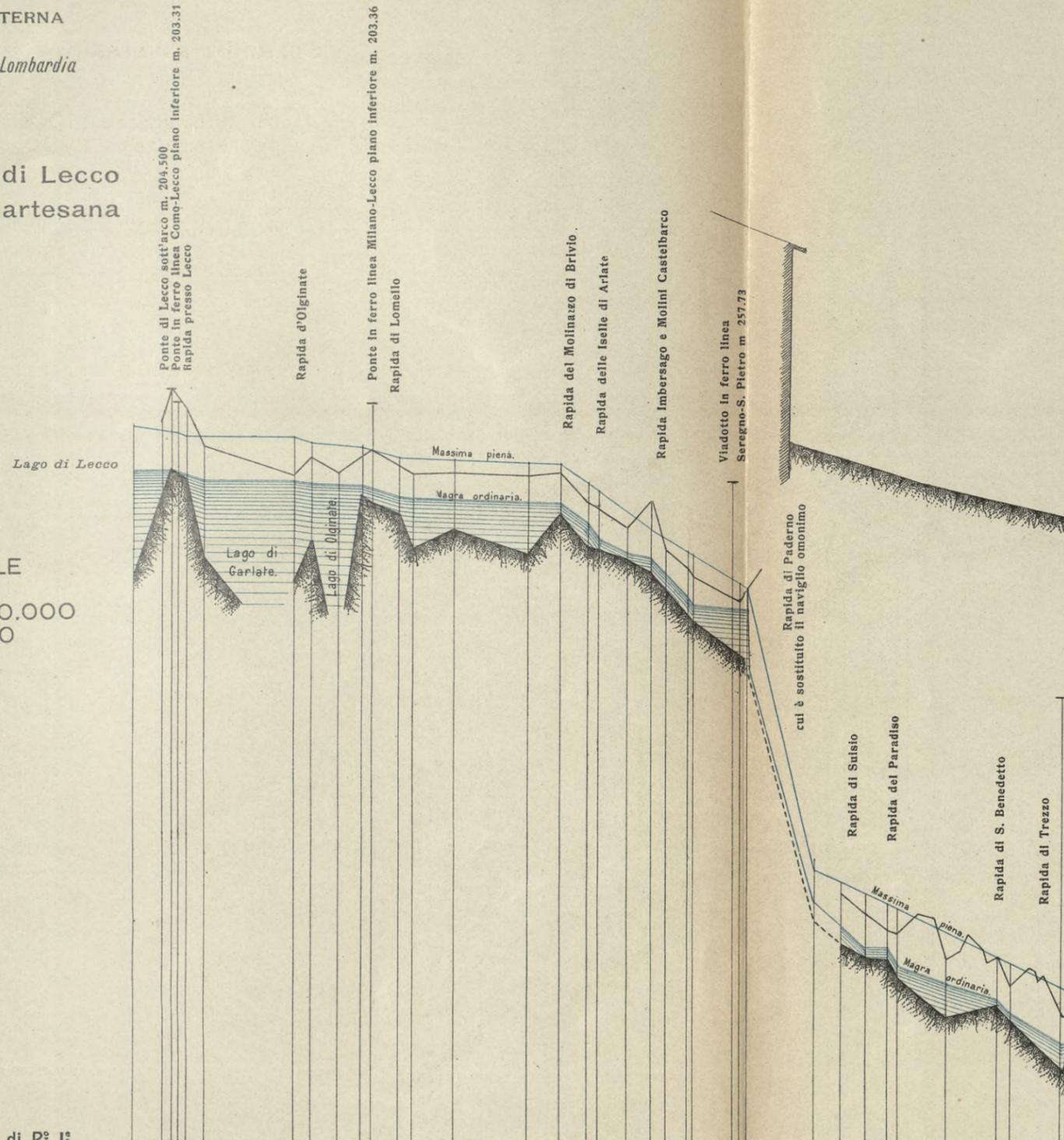
FIUME ADDA

nei tratti navigabili dal Lago di Lecco
alla derivazione del canale Martesana
presso Trezzo

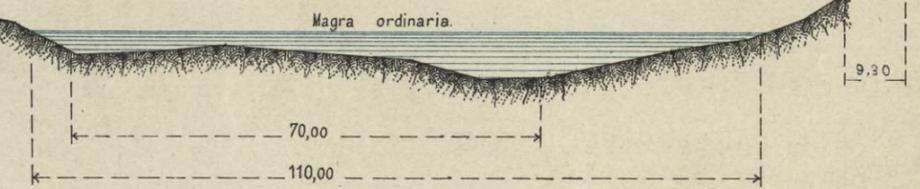
Sezioni trasversali

Scala { per le lunghezze 1:1000
 per le altezze 1:200

PROFILO LONGITUDINALE
Scala { per le lunghezze 1:200.000
 per le altezze 1:500

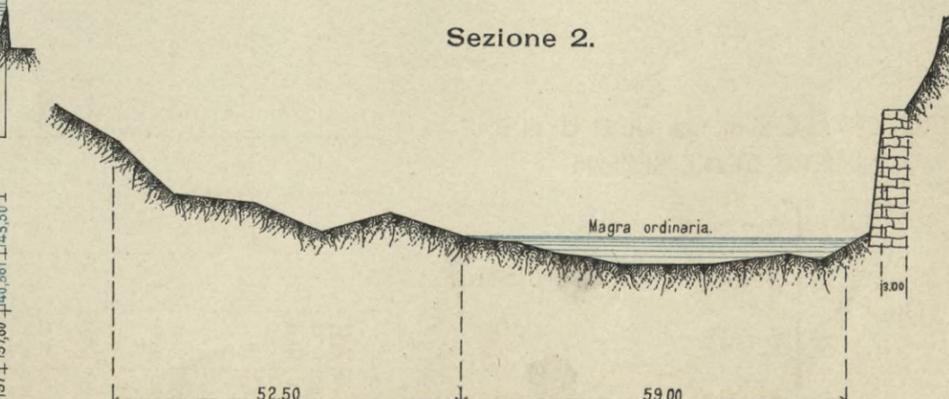


Sezione 1.



Segue il Canale
Martesana sino a Milano

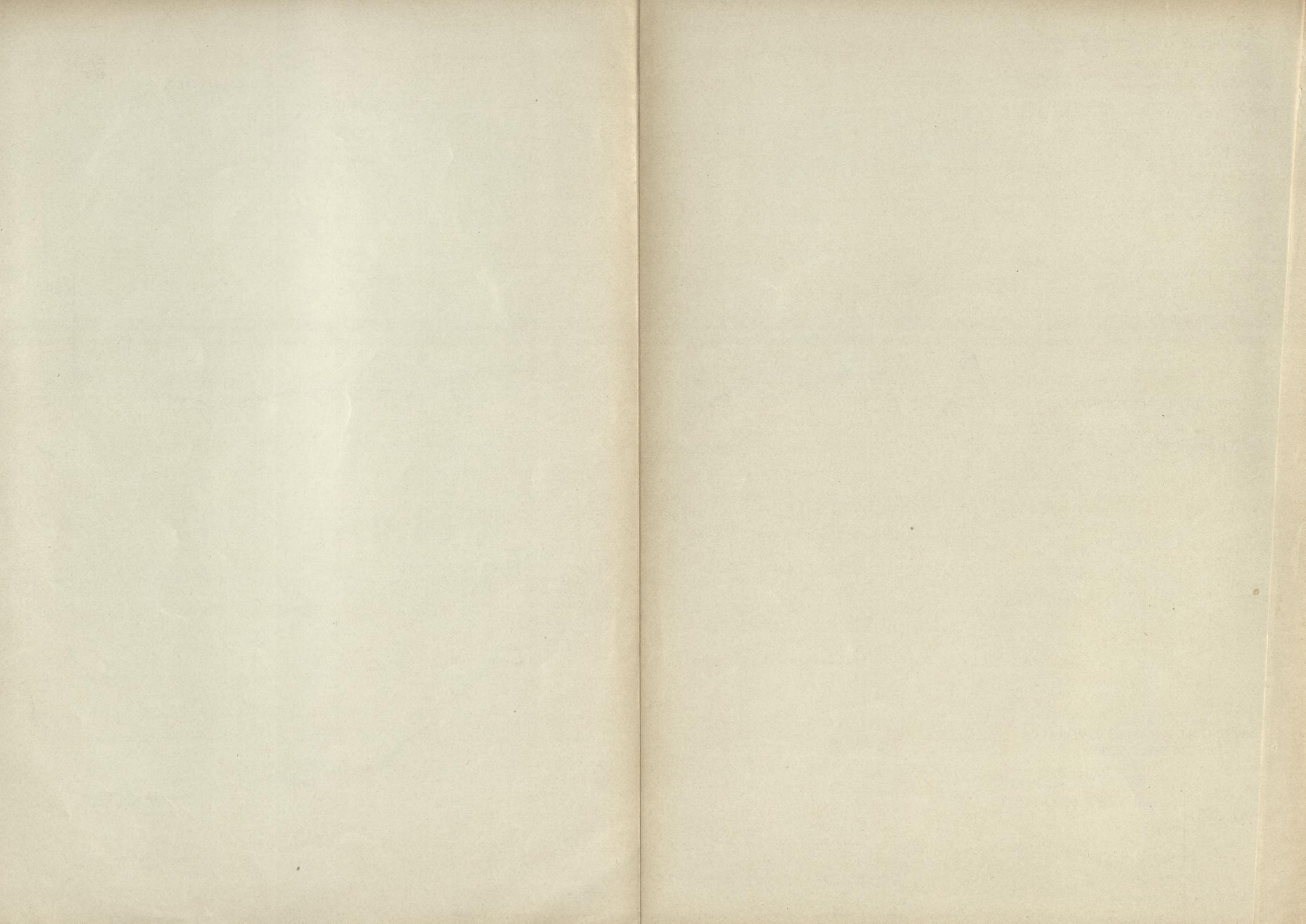
Sezione 2.



GRIZZONTE a m. 130 sul C^o M^o di P^o L^o.
NUMERO DELLE SEZIONI

Quote { massima piena
 pelo di magra ordinaria
 fondo
 alzaia
Distanze { parziali
 progressive
 chilometriche

1 ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	
196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93
196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93
196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93
196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93	196,93



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA

Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

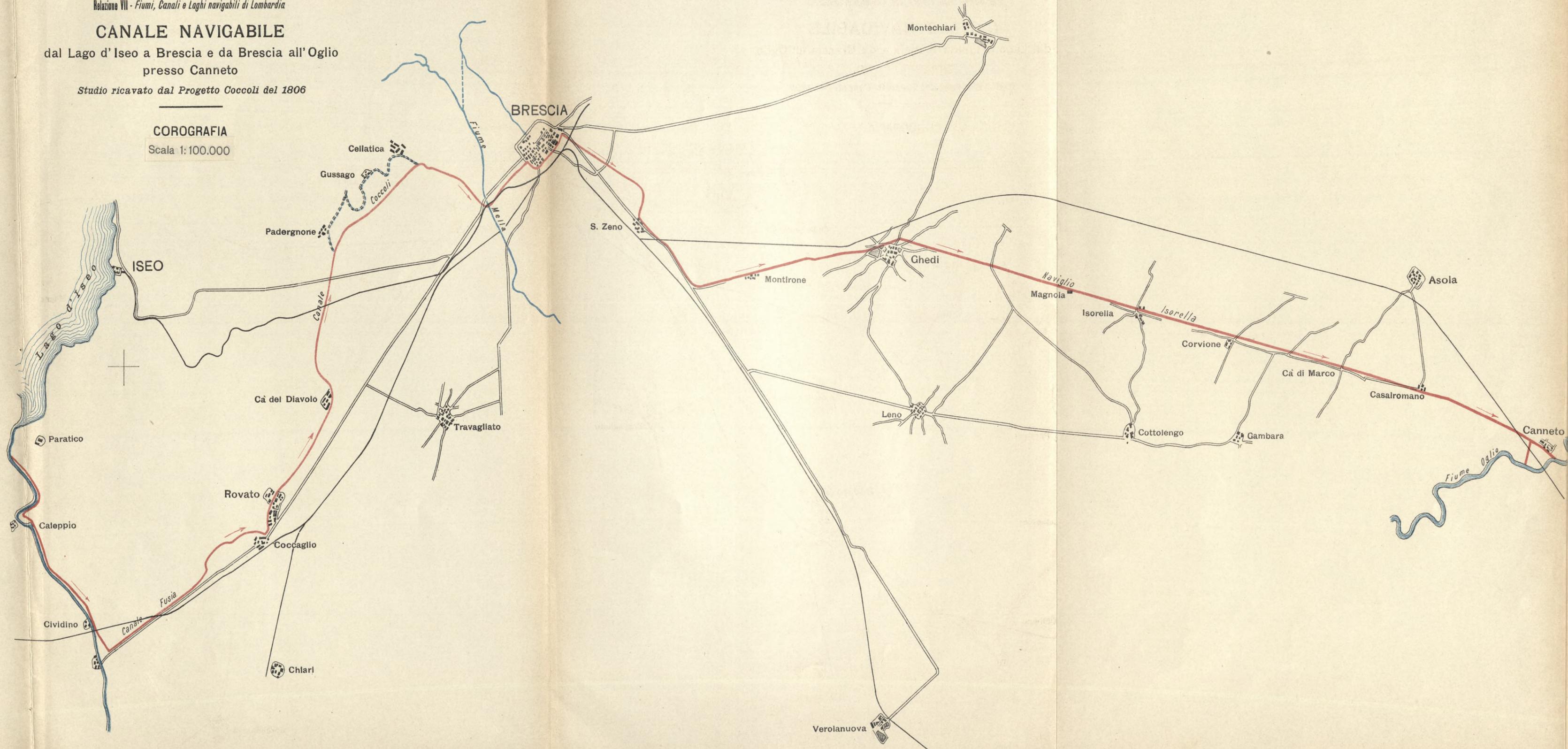
CANALE NAVIGABILE

dal Lago d'Iseo a Brescia e da Brescia all'Oglio
presso Canneto

Studio ricavato dal Progetto Coccoli del 1806

COROGRAFIA

Scala 1:100.000



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
 Atti della Commissione
 per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA
 Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

CANALE NAVIGABILE
 dal Lago d'Iseo a Brescia e da Brescia
 all'Oglio presso Canneto
 Studio ricavato dal Progetto Coccoli del 1806

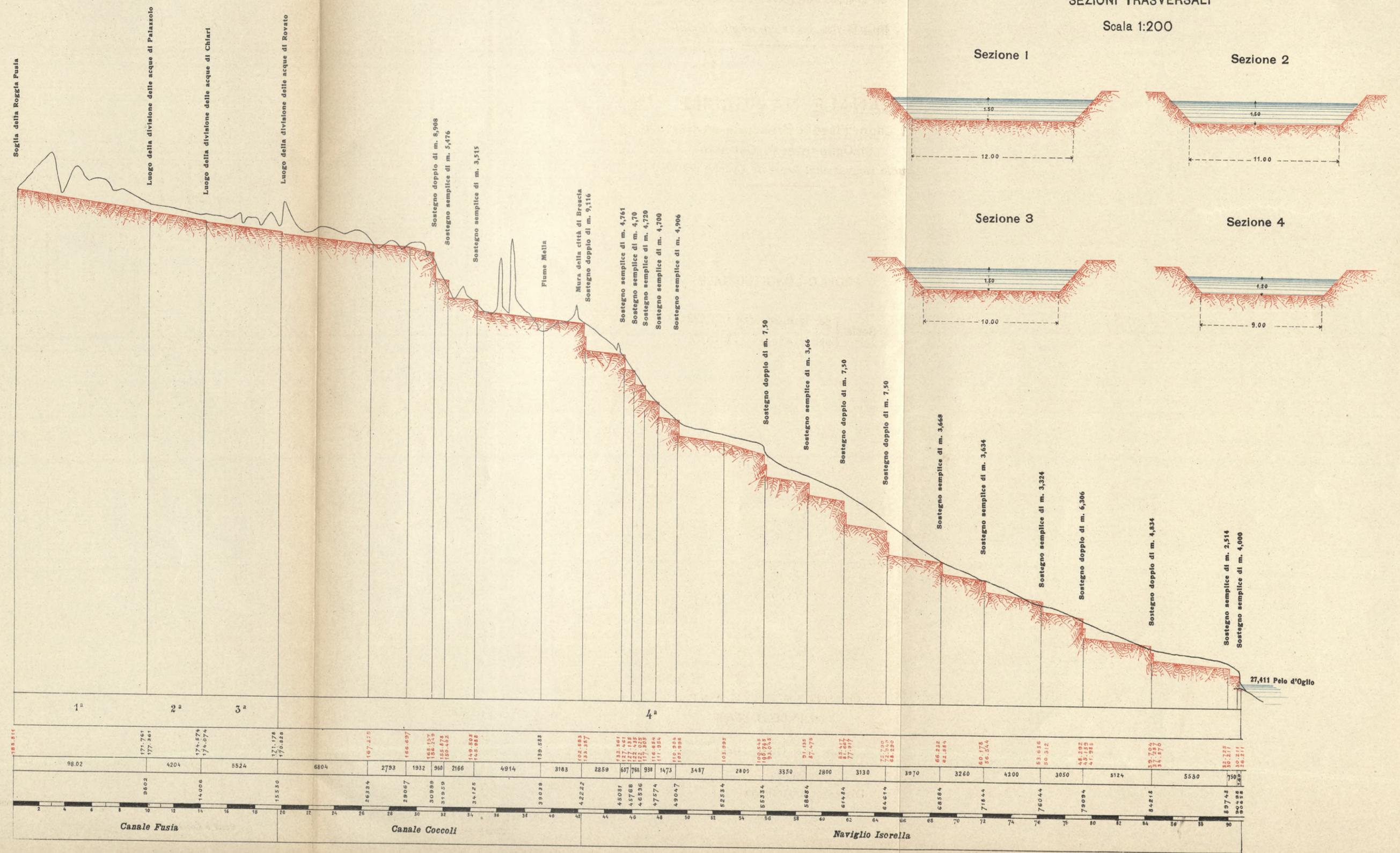
PROFILO LONGITUDINALE

Scala { per le lunghezze 1:200000
 per le altezze 1:1000

Grizzontale a m. 20 sul C. M. di P. L.

NUMERO DELLE SEZIONI

Quote { del fondo canale
 Distanze { parziali
 progressive
 chilometriche

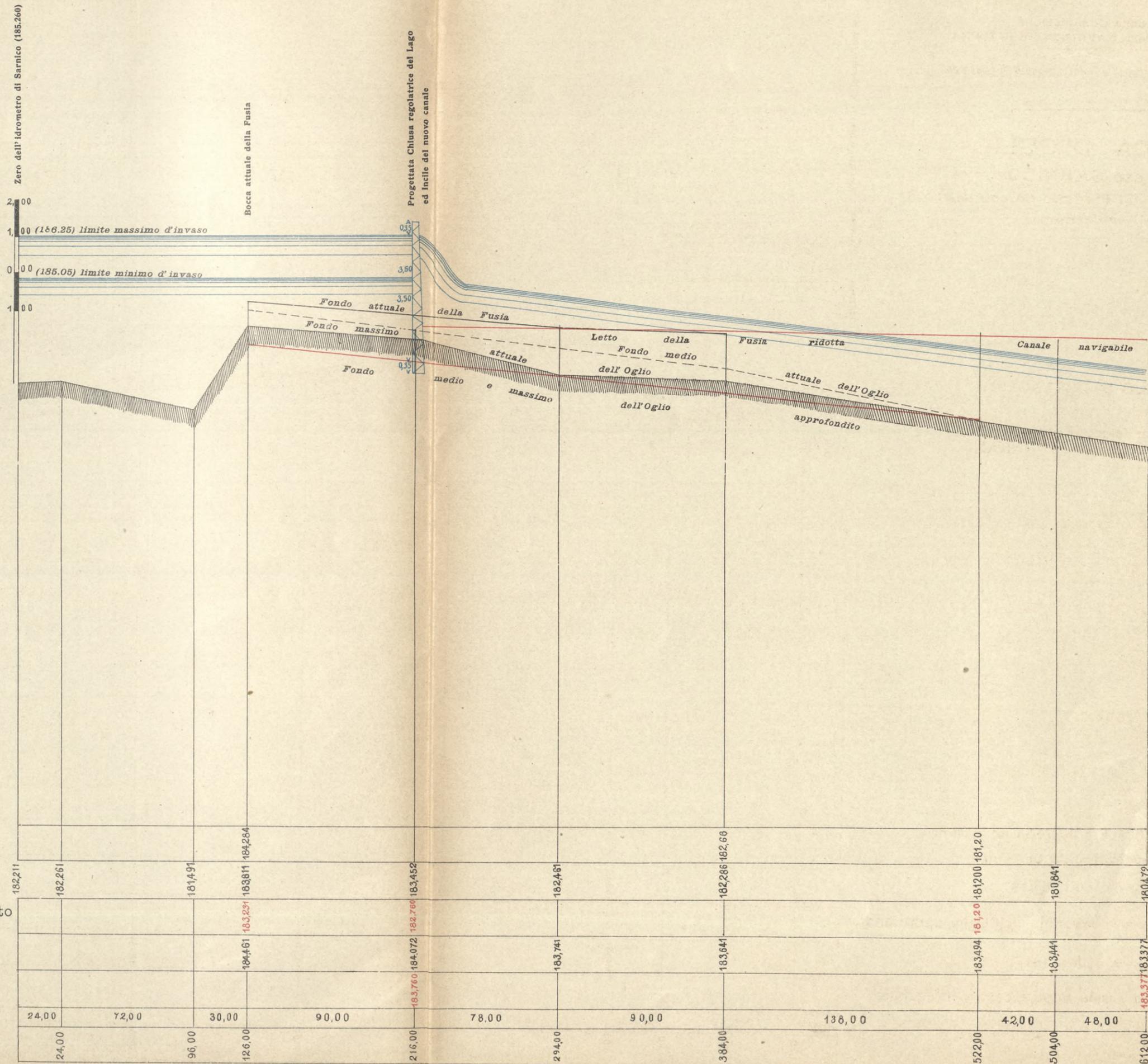


BOCCA D' OGLIO
presso SARNICO

Studio ricavato dal Progetto Coccoli del 1806

PROFILO DI DETTAGLIO

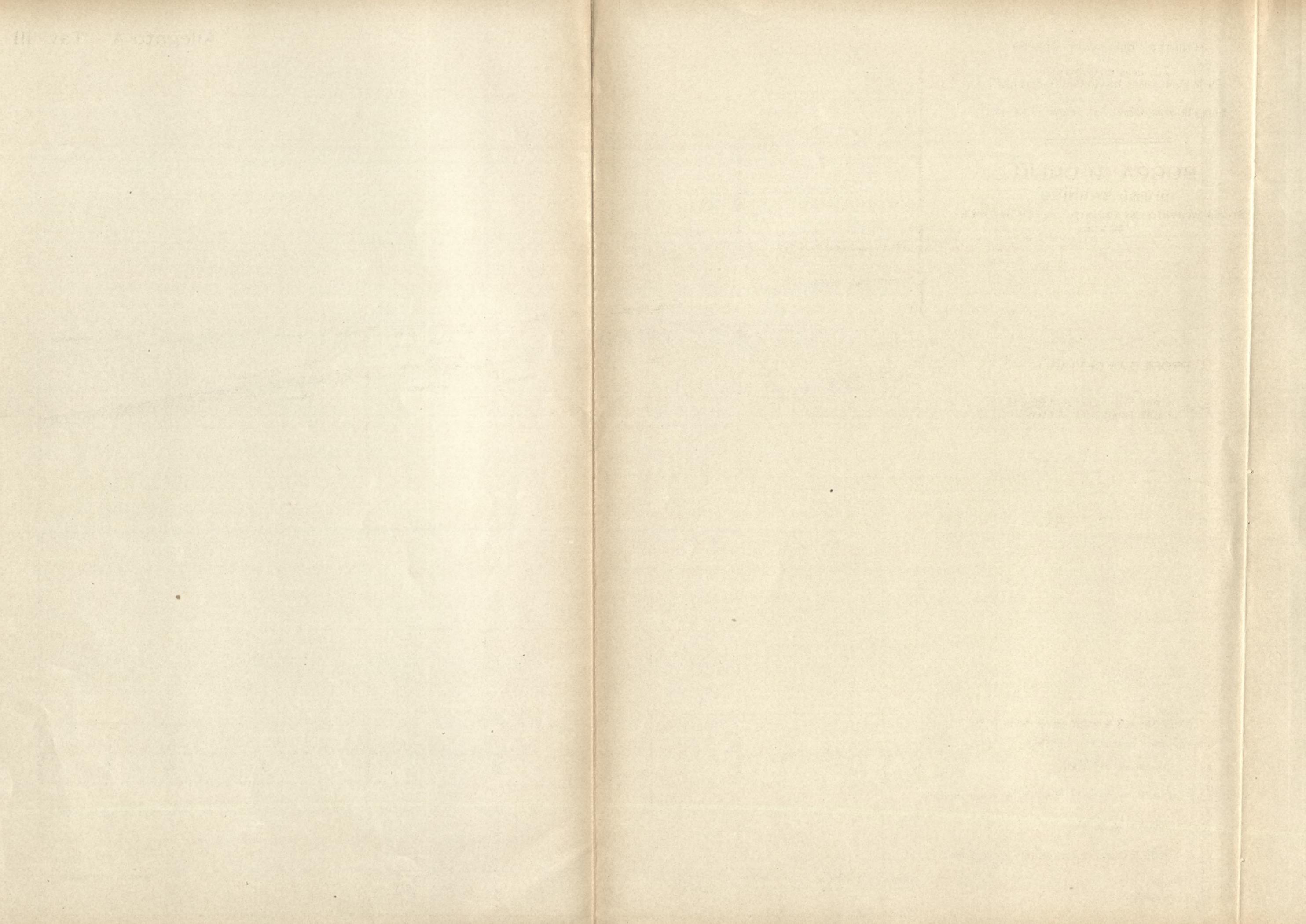
Scala { per le lunghezze 1:2000
per le altezze 1:100



GRIZZONTALE a m. 170 sul C^e M^e di P^e L^e.

Quote {
fondo medio attuale dell'Oglio
„ massimo dell'Oglio
„ medio e massimo dell'Oglio approfondito
„ attuale della Fusia
„ della Fusia ridotta canale navigabile

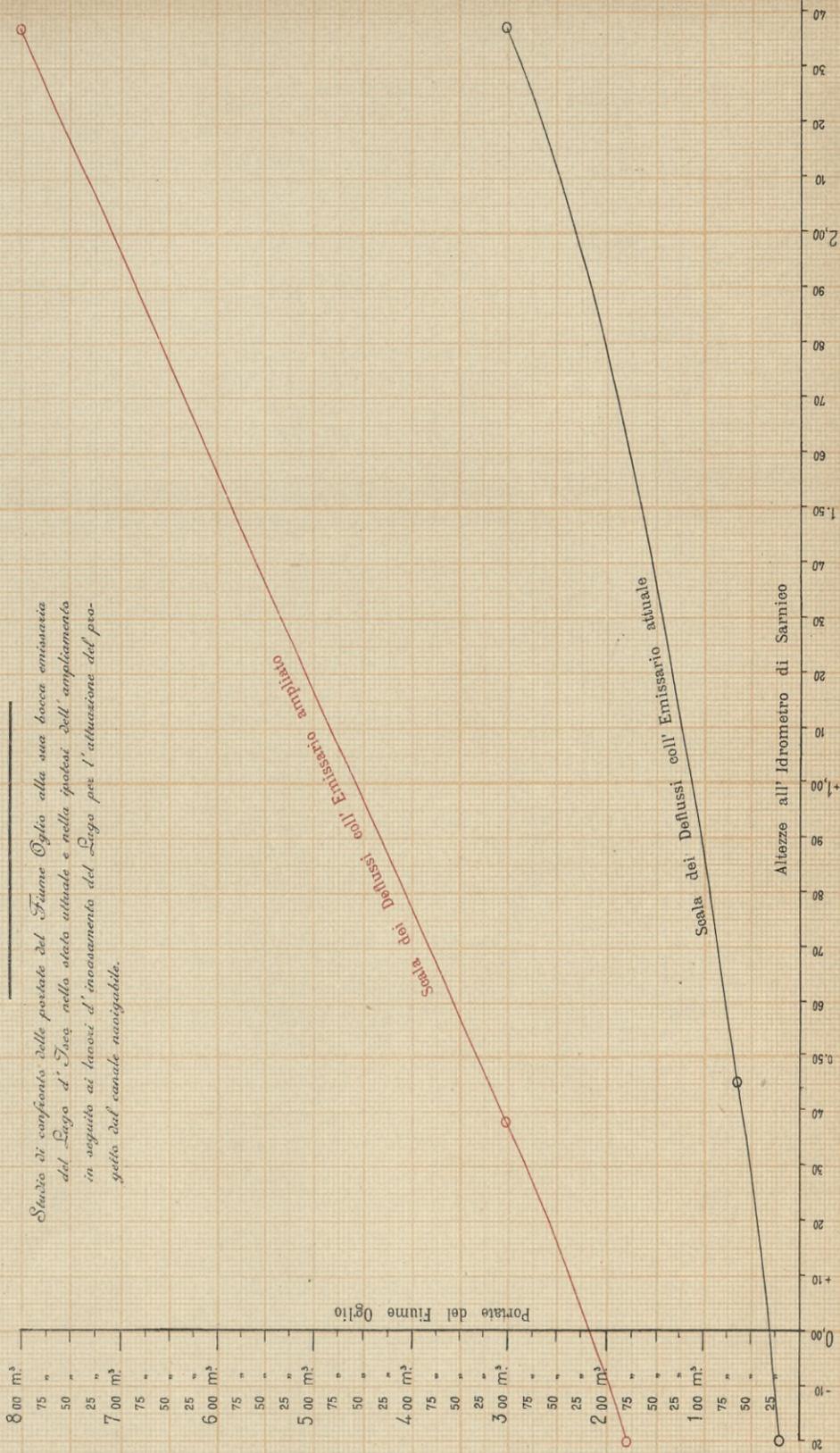
Distanze {
parziali
progressive



CANALE NAVIGABILE

dal Lago d'Iseo a Brescia e da Brescia all'Oglio
presso Canneto

Stato di confronto delle portate del Fiume Oglio alla sua bocca emissariaia del Lago d'Iseo, nello stato attuale e nella ipotesi dell'ampliamento in seguito ai lavori d'innalzamento del Lago per l'attuazione del progetto dal canale navigabile.



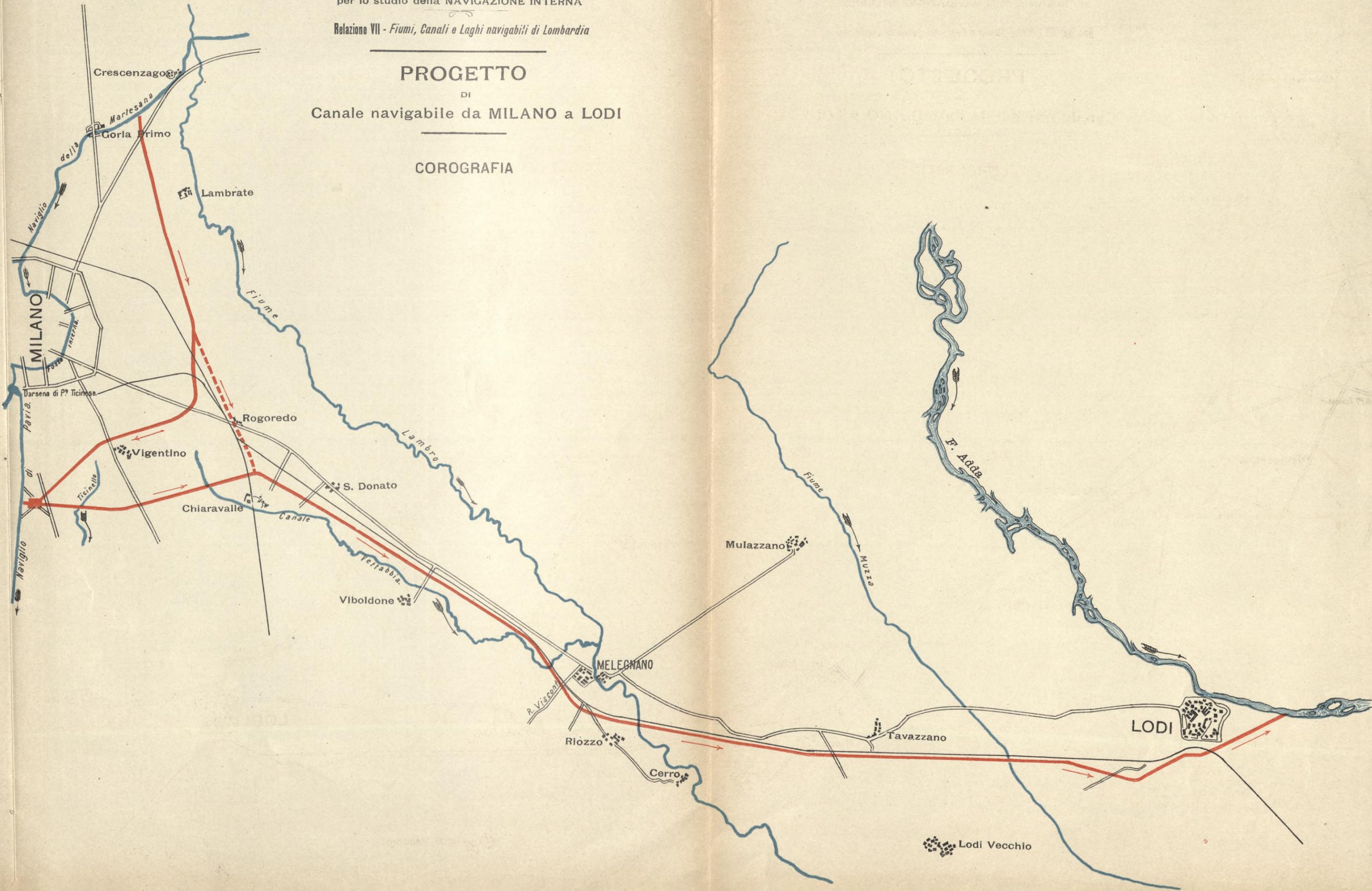
Scala dei Deflussi coll' Emissario ampliato

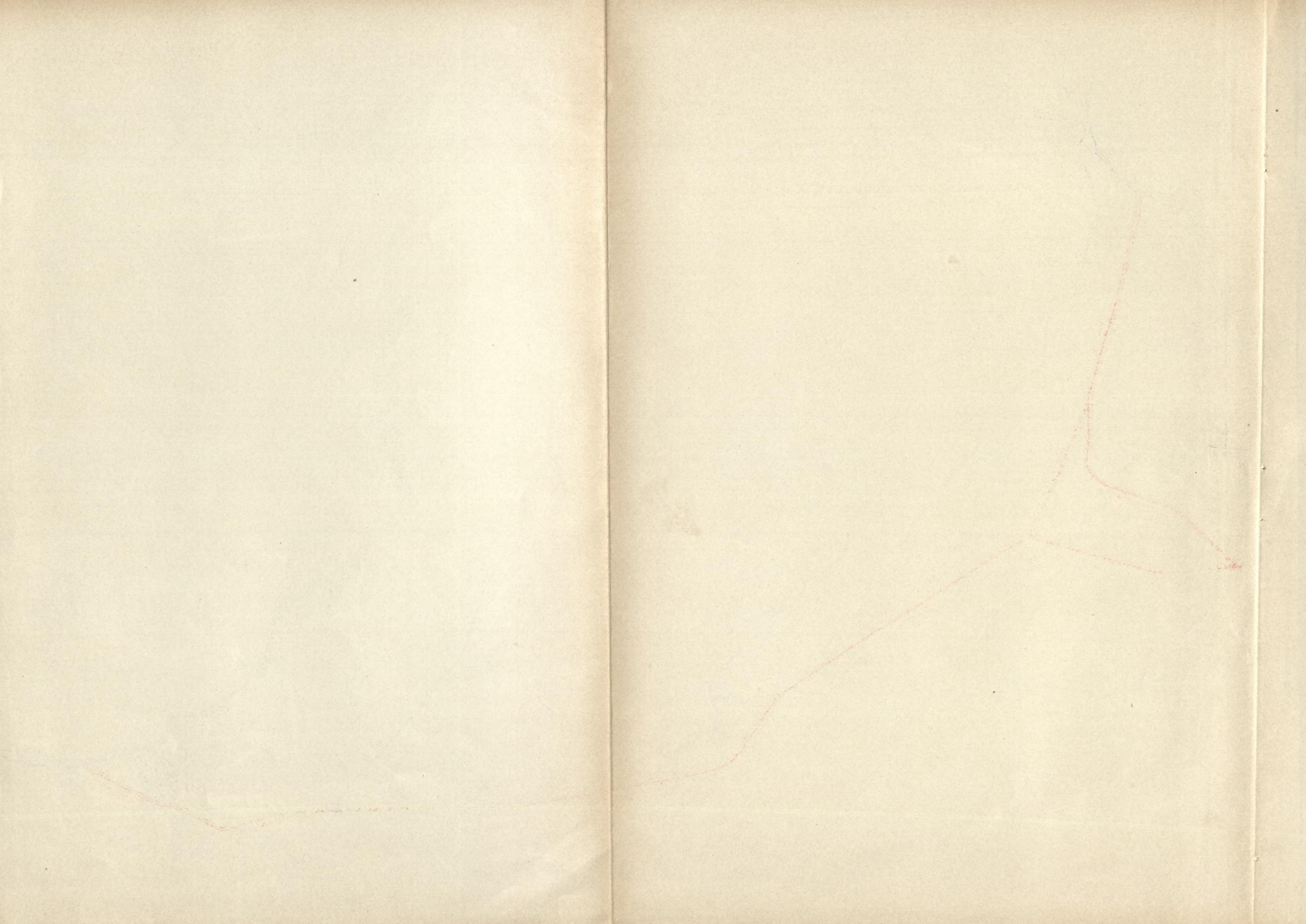
Scala dei Deflussi coll' Emissario attuale

Altezze all' Idrometro di Sarnico

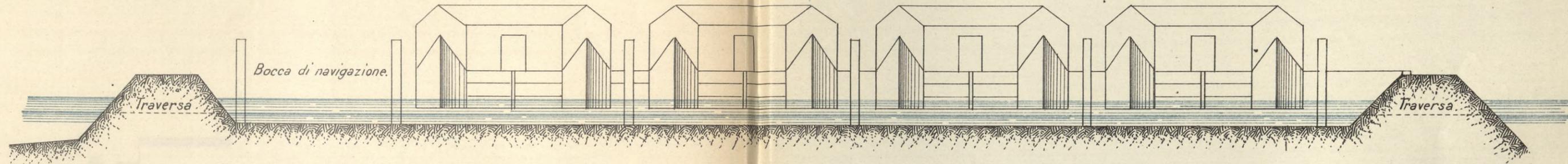
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA
Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

PROGETTO
DI
Canale navigabile da MILANO a LODI
COROGRAFIA

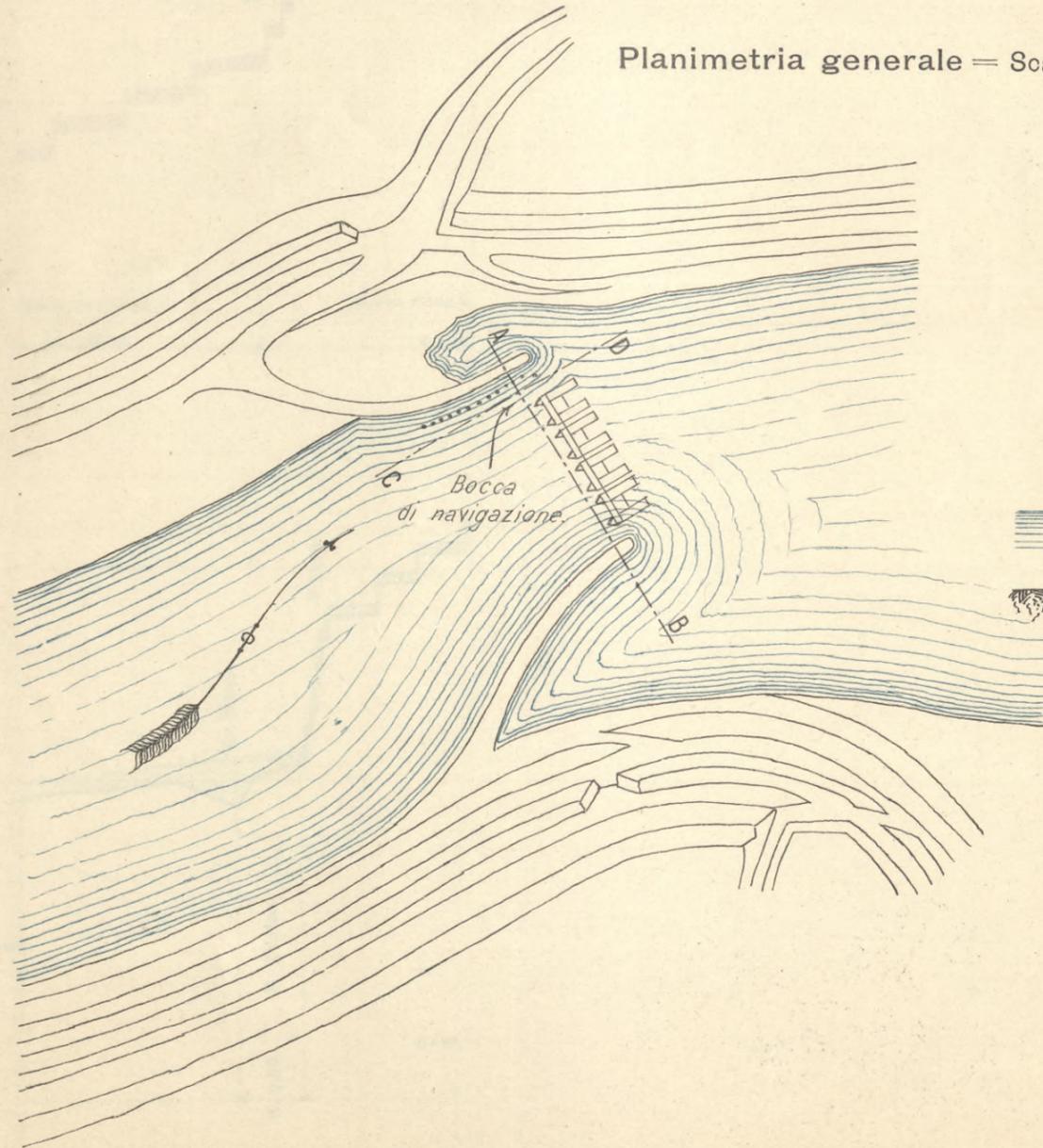




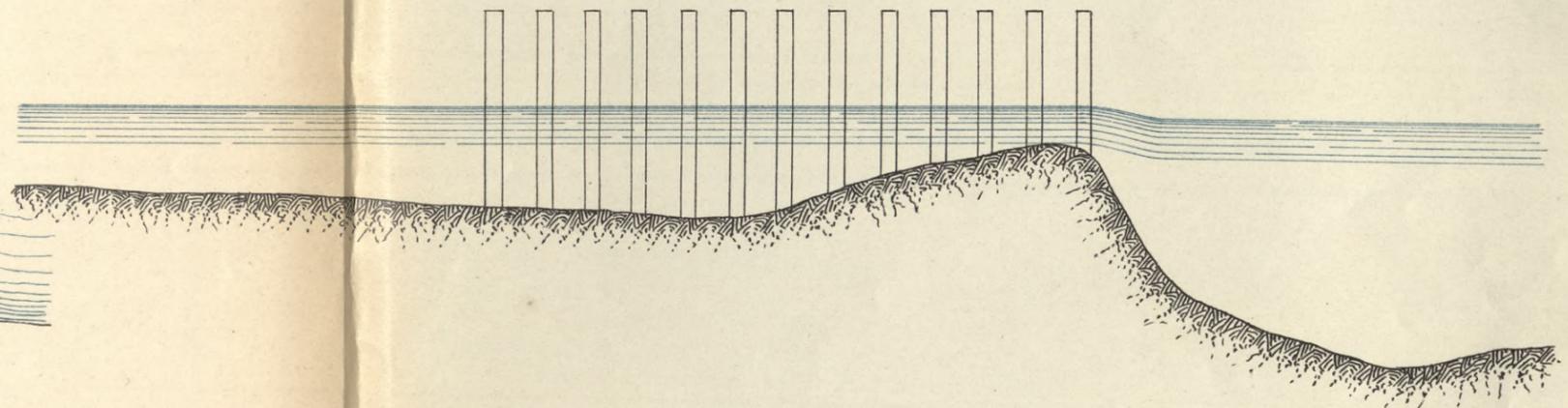
Sezione A B = Scala 1:200



Planimetria generale = Scala 1:2000



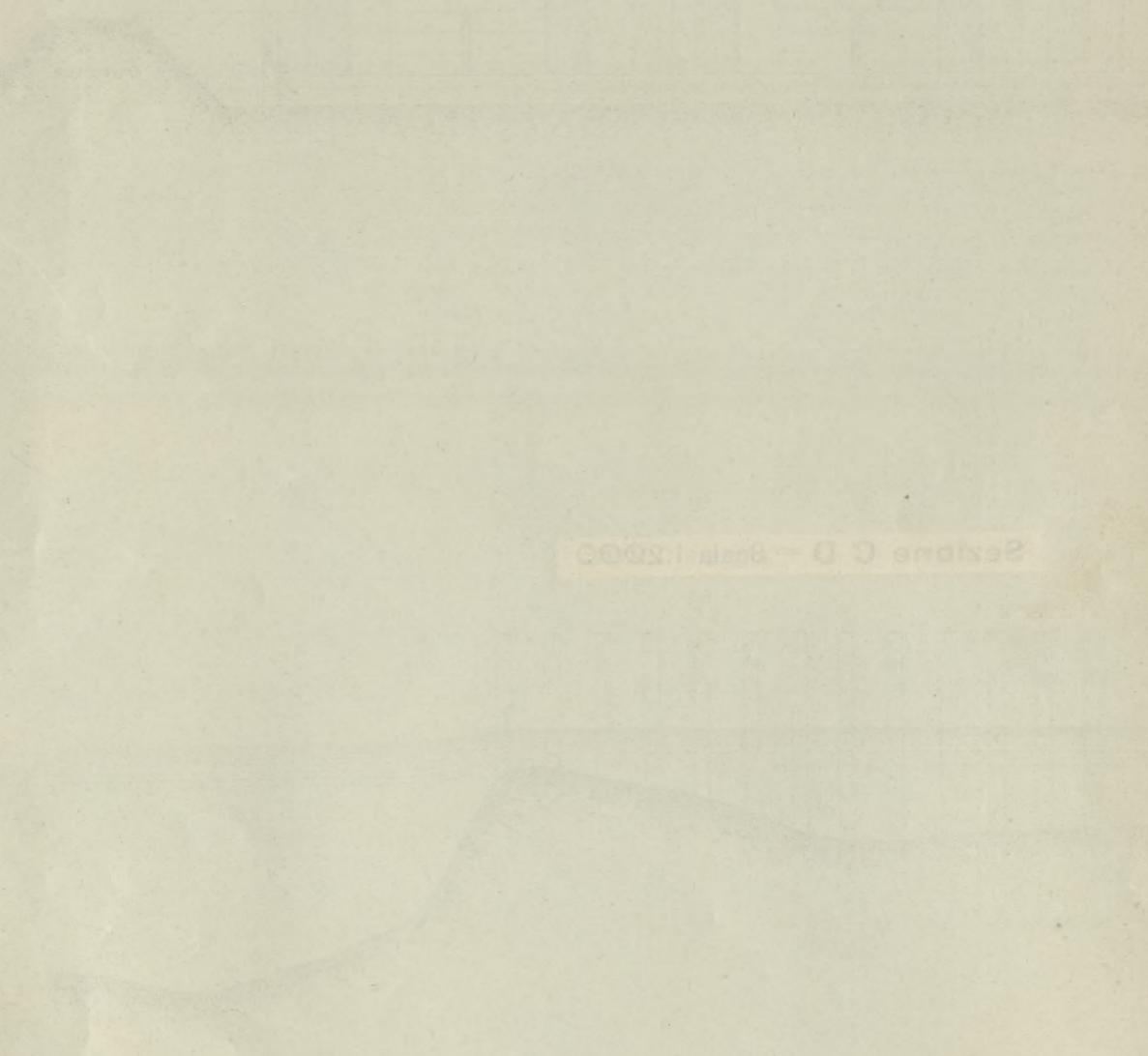
Sezione C D = Scala 1:200



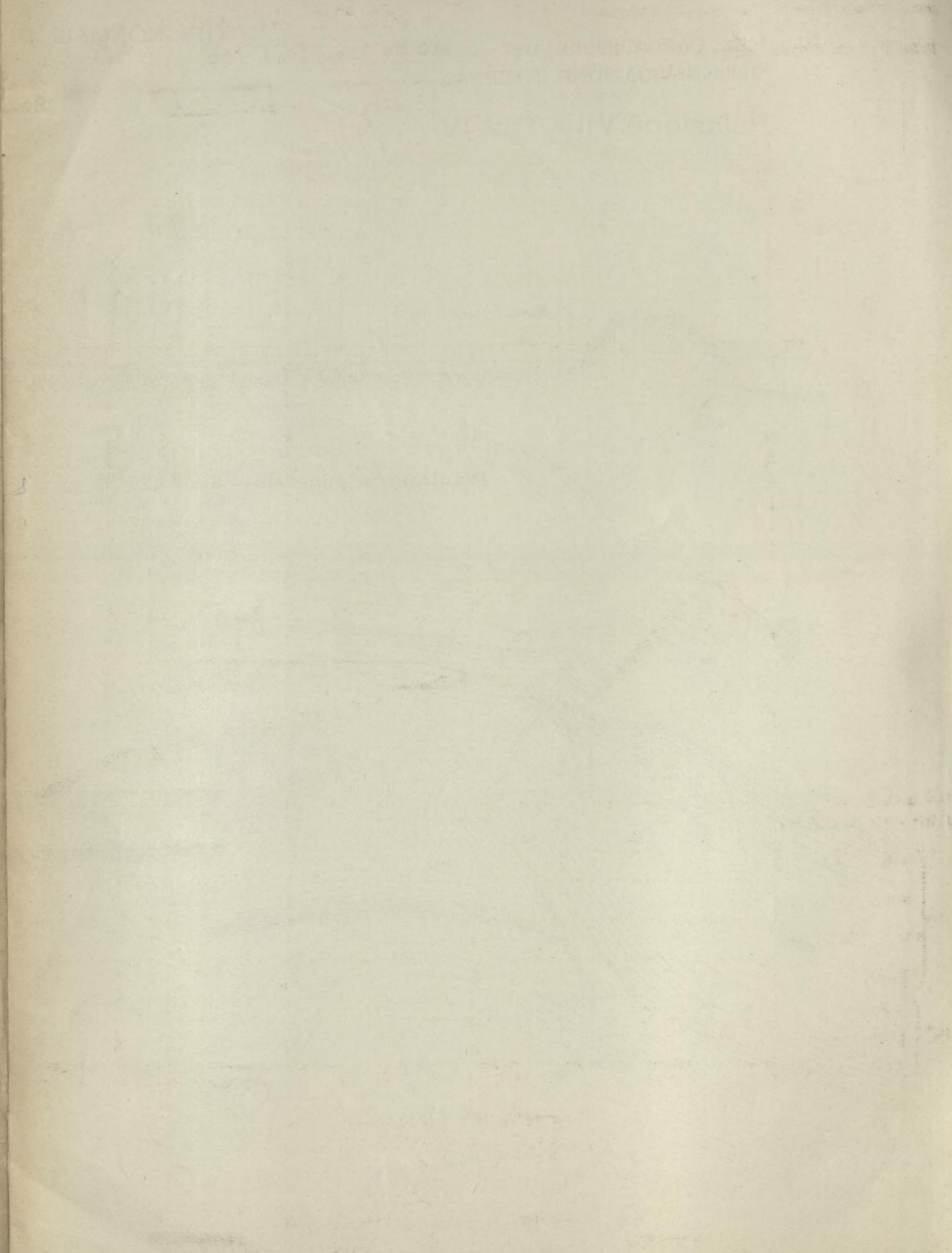
LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF TORONTO

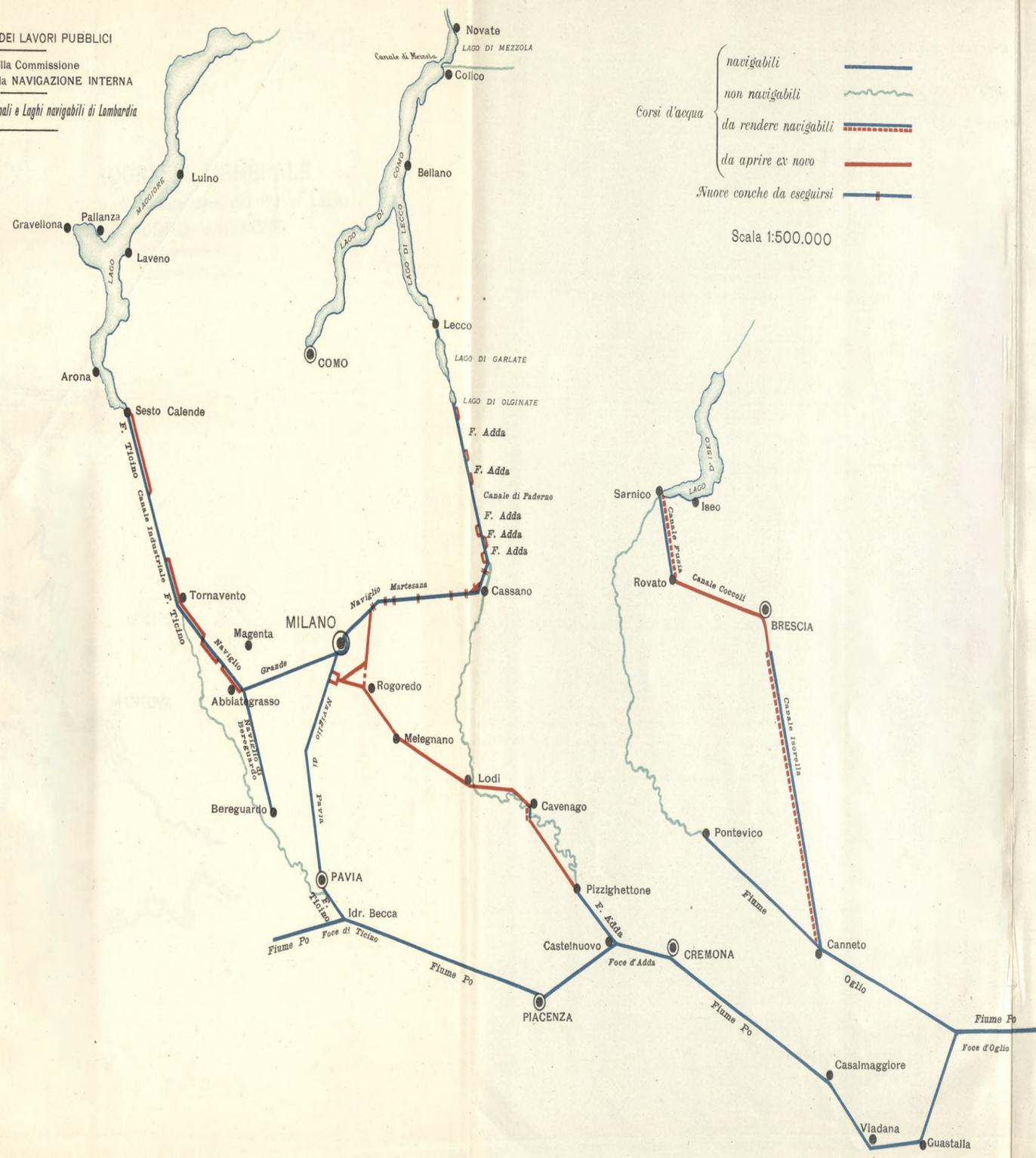
1877

Section C - 1877



1





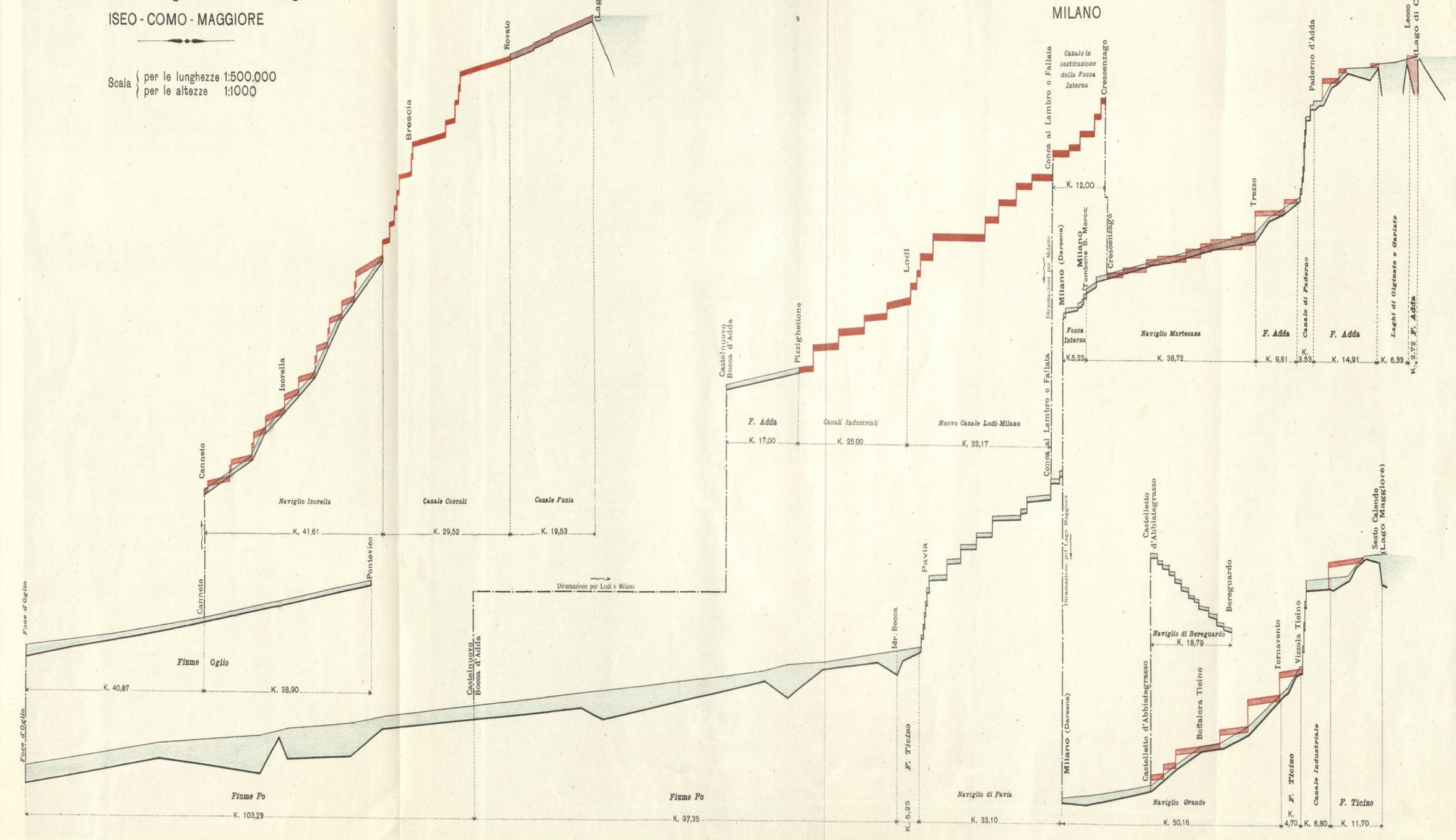
Corsi d'acqua

- navigabili
- non navigabili
- da rendere navigabili
- da aprire ex novo
- Nuove conche da eseguirsi

Scala 1:500.000

SCHIZZO SCHEMATICO delle Linee di Navigazione dal PO ai Laghi ISEO - COMO - MAGGIORE

Scala { per le lunghezze 1:500.000
 per le altezze 1:1000



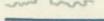
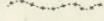
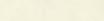


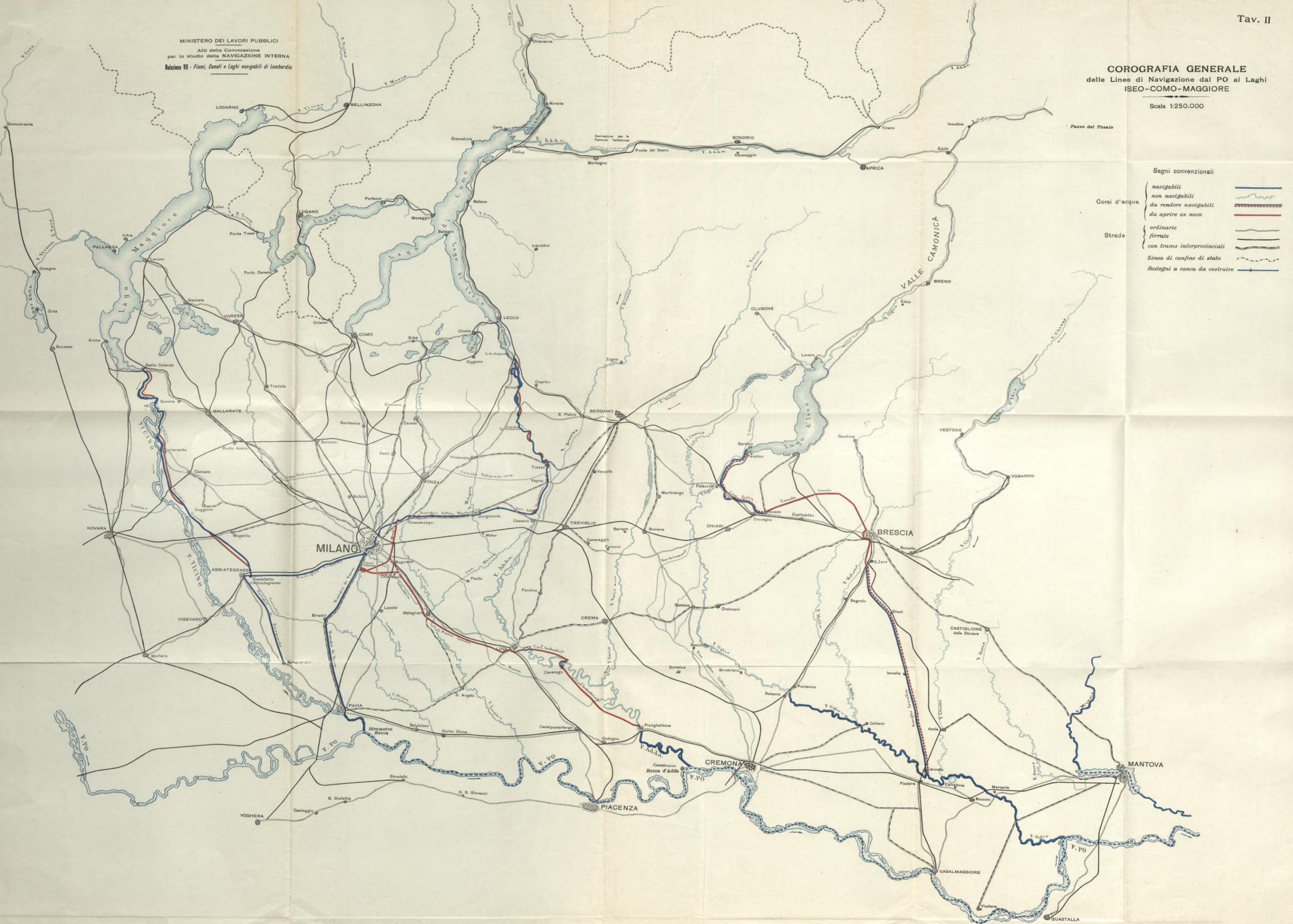
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
Atti della Commissione
per lo studio della NAVIGAZIONE INTERNA
Relazione VII - Fiumi, Canali e Laghi navigabili di Lombardia

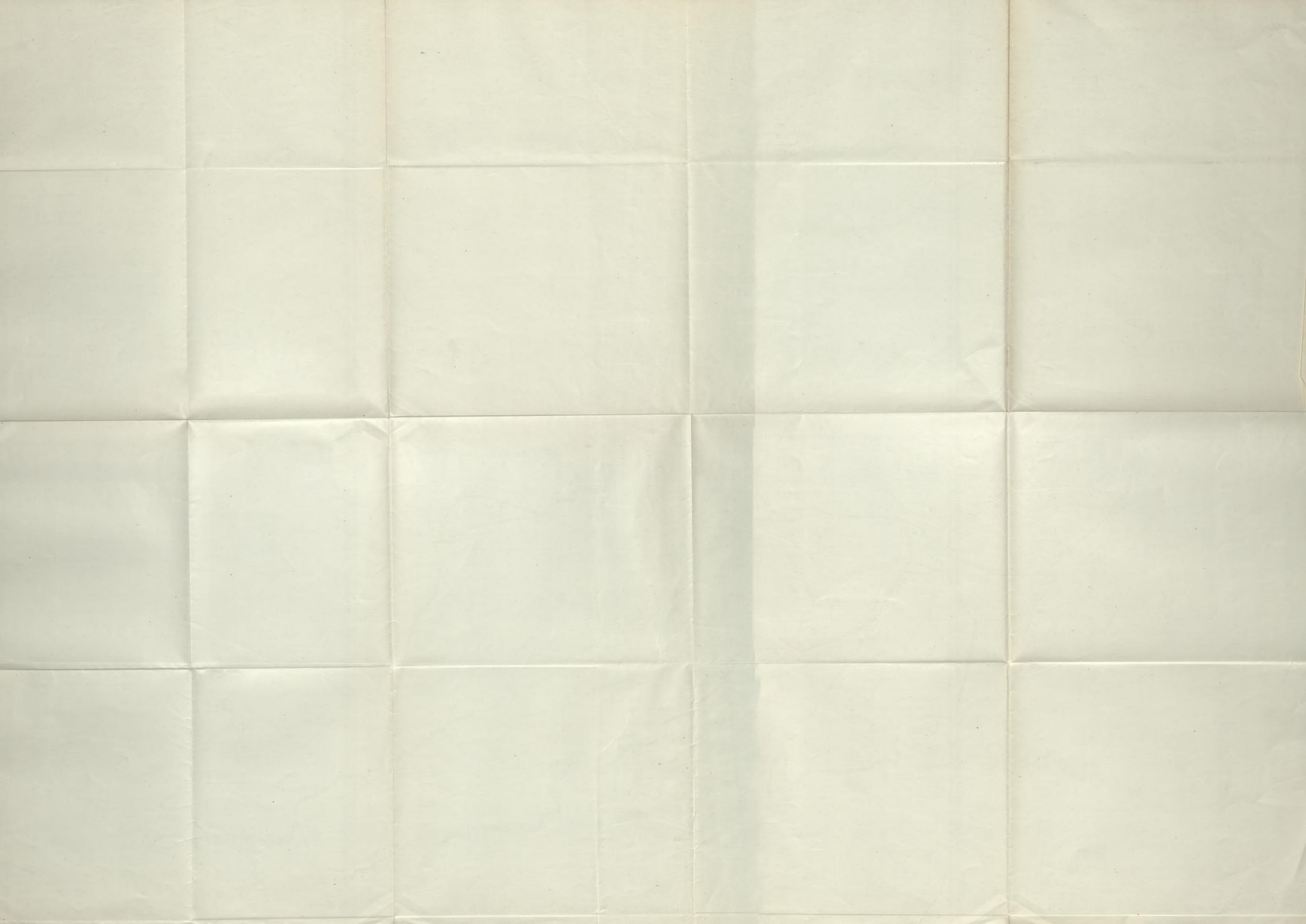
COROGRAFIA GENERALE
delle Linee di Navigazione dal PO ai Laghi
ISEO-COMO-MAGGIORE

Scala 1:250.000

Segni convenzionali

Corsi d'acqua	<ul style="list-style-type: none">  navigabili  non navigabili  da rendere navigabili  da aprire ex novo
Strade	<ul style="list-style-type: none">  ordinarie  ferrate  con trams interprovinciali  Linea di confine di stato  Sostegni a conca da costruire





POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301119

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300896