CONSORZIO DEL TICINO

STUDI PER LA REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE

E PER LA UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE DEL FIUME TICINO

12

† *PROF. ING. MARIO MARCHETTI: Presidente del Consorzio del Ticino*

DR. ING. UGO RAFFA: Direttore della Sezione Idrografica di Milano

LE RISORGENZE NELL'ALVEO DEL FIUME TICINO DALLA DIGA DELLA MIORINA AL PONTE DI TURBIGO

Estratto dal fascicolo n. 7 – Volune XLII – 1965
della Rivista mensile « L'ENERGIA ELETTRICA »

MILANO
SOCIETÀ EDITRICE RIVISTE INDUSTRIE ELETTRICHE
(SERIE)

1965

Estratto dal fascicolo n. 7, Volume XLII, 1965
della Rivista mensile « L'Energia Elettrica ».

† Mario Marchetti - Ugo Raffa (*)

Le risorgenze nell'alveo del fiume Ticino dalla diga della Miorina al ponte di Turbigo

Sommario

Dopo aver inquadrato il problema delle risorgenze nel suo ambiente storico e geografico, si imposta il bilancio idraulico dei vari tronchi fluviali. Quindi si riferisce sulle campagne di misura eseguite dal Servizio Idrografico con la collaborazione del Consorzio del Ticino nel periodo 1946-1965; *si presentano le elaborazioni relative, giungendo a conclusioni inevitabilmente preliminari e parziali, ma già abbastanza precise sull'entità delle portate di risorgenza del tronco fluviale preso in esame.*

1. – Premessa.

Gli studi sul regime del Ticino hanno avuto inizio in epoca ormai remota e sono di così numerosi e di tanto rinomati Autori che si è costretti a limitare la citazione ai lavori più importanti [3] [4] [5] [6] [7] [8] per l'indispensabile inquadramento anche di questa memoria la quale tratta di un aspetto poco appariscente benchè di grande interesse, anche pratico, per caratterizzare le magre del tronco sublacuale del fiume.

Come osserva Cavagna [11], le manifestazioni delle risorgenze non ebbero posto negli antichi studi [1] [3] [5], peraltro giustamente famosi, e neanche nei più importanti elaborati delle progettazioni [6] [7] per l'utilizzazione irrigua e per forza motrice del tronco fluviale in discorso. Ciò mentre i fatti qualitativi erano comunemente conosciuti da molto tempo.

Le risorgenze di cui parliamo sono notoriamente la conseguenza della profonda incisione che il fiume si è scavata nell'enorme materasso ghiaioso, profondissimo ed estesissimo ad ovest ed a est del corso d'acqua, impinguato da una ricca falda freatica che è alimentata da numerosi corsi torrentizi che vi si perdono, dalle notevoli precipitazioni che vi cadono e vengono in gran parte assorbite, dalle intense irrigazioni che in estate ed inverno vengono attuate su molta parte del territorio stesso [9].

Il letto del Ticino sublacuale è grossolanamente assimilabile ad una larghissima trincea con fondo più basso dell'orizzonte freatico. Il tracciato di tale trincea è sostanzialmente longitudinale rispetto alla superficie della falda stessa, onde il potere emungente delle sponde non è paragonabile a quello che si avrebbe nel caso di trincea trasversale; ma l'estensione orizzontale del letto fluviale è così grande da dar ragione della vistosità dei fenomeni complessivi di risorgenza che in esso si verificano [11].

Non sono mancati acuti richiami critici, anche antichi [2], all'importanza delle portate di risorgenza per le utilizzazioni irrigue; ma solo verso la fine del secolo scorso (1885-89) gli Uffici preposti al governo delle acque hanno iniziato le misure volte a definire quantitativamente le portate stesse, misure purtroppo effettuate per breve tempo e non in modo sistematico come sarebbe stato desiderabile, cosicchè non si potè giungere a concrete conclusioni.

D'altronde, le utenze di allora, che sono da identificare con le attuali « *antiche utenze* », nel loro complesso derivavano la portata minima, non eccezionale, del fiume; per cui una più precisa e dettagliata valutazione, nelle diverse sezioni fluviali, non presentava un interesse molto rilevante.

Ma i sopravvenuti clienti del fiume — la ormai secolare derivazione irrigua del Canale Villoresi, quella del recente Canale Elena, pur esso irriguo, e le potenziate utilizzazioni industriali — formano ora un complesso che ha ben maggiori bisogni delle sole antiche utenze; non solo, ma oggi si affacciano con assillanti richieste dei clienti nuovissimi: il Canale Navigabile Locarno-Milano-Cremona-Po; il Canale Navigabile Milano Nord-Mincio; il Comune di Milano per il fabbisogno idrico potabile; la Provincia di Milano per gli usi igienici di diluizione dei corsi d'acqua minori; i grandi impianti per acqua potabile e industriale dei Centri intorno al lago e di quelli a Nord di Milano; e infine non trascurabili nuovi comprensori irrigui, nati per estensione di antichi perimetri, oppure per l'avvento di nuovi metodi irrigui, per colture tradizionali e per nuove colture agrarie.

È chiaro che non tutte le richieste potranno essere esaudite e che talune non potranno trovare nemmeno

(*) Il Prof. Ing. Mario Marchetti, Direttore dell'Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche del Politecnico di Milano è venuto a mancare, dopo penosa malattia, il 9 luglio scorso.

È con profonda commozione ed accorato rimpianto che provvediamo a licenziare questo articolo che il prof. Marchetti, unitamente all'ing. Ugo Raffa, Assistente volontario dello stesso Istituto, volle affidare alla nostra Rivista.

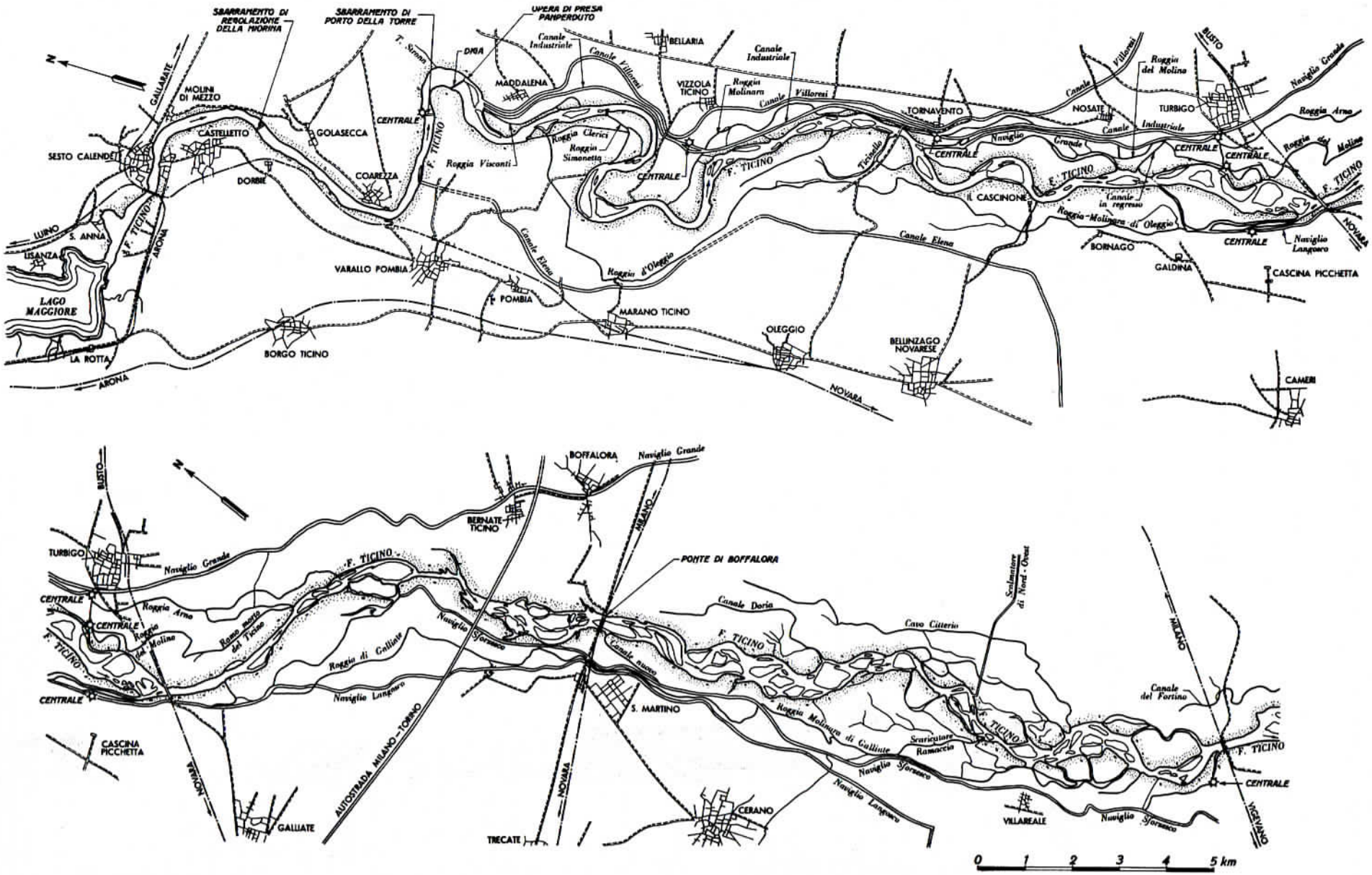

Fig. 1. – Planimetria del F. Ticino dal Lago Maggiore al ponte di Vigevano.

parziale soddisfacimento; ma proprio a causa della difficoltà di questo reparto delle disponibilità, si presenta sempre più necessaria l'individuazione e la precisazione di tutte le risorse disponibili.

Fra le quali sono certamente da annoverarsi le risorgenze lungo il corso del fiume, la cui consistenza, se giustamente valutata, può ovviamente consentire un uso più oculato di quelle preziose « acque nuove » regolate dallo sbarramento della Miorina.

È noto, del resto, che l'idea di fare qualche concreto affidamento sulle risorgenze ha già trovato approvazione nei più recenti voti del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in sede di proposta di nuovi reparti delle acque regolate del Ticino.

Perciò la necessità dell'indagine quantitativa sulle risorgenze e la realizzazione di tali indagini, non sono cose nuove, come abbiamo sopra accennato.

Già nell'immediato dopoguerra venne intrapresa la prima razionale campagna di misure a cura della Sezione Idrografica di Milano, sotto la guida dell'allora Direttore ing. Giuseppe Merla, ora Provveditore alle OO.PP., in collaborazione con il Consorzio del Ticino [10].

Si trattò di un lavoro assai impegnativo e che raggiunse larga messe di risultati numerici; ad essa deve essere attribuito pure il merito basilare di stabilire le modalità ed i criteri pratici da seguire sistematicamente in questo lavoro idrologico speciale per molti riguardi, e particolarmente complesso a causa delle numerose misure di portata da effettuare, della onerosità delle misure stesse, e per ovviare, per quanto possibile, alle difficoltà dipendenti dai numerosi, e non tutti conosciuti, elementi variabili in gioco.

Il materiale di osservazione inerente alle ricerche, che verranno descritte nel seguito, si riferisce a sei serie di misure effettuate dal 1946 al 1953 — prima dell'apertura del nuovo Canale Elena — e ad altre quattro serie effettuate nel 1961 e 1962. Un'ultima serie di misure è stata effettuata nel marzo di questo anno.

Nonostante il prezioso materiale raccolto nel complesso delle 11 serie effettuate, naturalmente non si può dire di aver attinto dei risultati definitivi; tuttavia riteniamo che le Autorità e gli Enti interessati possano trarre importanti conseguenze dal lavoro compiuto per la definizione di importanti atti amministrativi — quali le istruttorie per i riconoscimenti delle antiche utenze e per le nuove domande di concessione — di pubblico generale interesse.

Ciò ci ha incoraggiato alla pubblicazione dei risultati della prima elaborazione delle misure finora fatte.

Allo scopo di semplificarne la lettura, l'esposizione è divisa in diverse parti: la prima parte (v. seguente paragr. 2), puramente descrittiva, riassume le caratteristiche idrologiche del fiume, nonchè la complessa situazione delle utilizzazioni in atto; la seconda parte (paragr. 3), è dedicata all'impostazione del nostro problema idraulico fluviale ed alla illustrazione dei concetti che hanno presieduto alla interpretazione ed alla elaborazione delle misure di portata; la terza parte (paragr. 4), rende conto delle caratteristiche delle sezioni di misura considerate, delle modalità adoperate nelle misure di campagna, e fa cenno ai metodi di calcolo delle portate; nella quarta parte (paragr. 5 e seg.), vengono riassunti e commentati tutti i risultati delle elaborazioni giungendo ad esporre delle conclusioni, inevitabilmente preliminari e parziali, ma già abbastanza precise, pur in senso quantitativo. È da augurarsi che in un avvenire non lontano questi risultati possano essere utilizzati da chi sarà investito del compito della regolazione delle portate derivate dal Lago Maggiore insieme a quello della disciplina delle utenze di tutto il fiume a valle.

In *Appendice* sono infine raccolte le tabelle dei dati alle quali il testo farà riferimento.

Alla quarta parte, della quale è precedentemente detto, potrà ricorrere direttamente il lettore frettoloso al quale basti la conoscenza delle conclusioni essenziali di tutto il lavoro di campagna e delle successive elaborazioni.

2. – Il fiume Ticino e le utenze sublacuali.

Il Ticino emissario, poco a valle della sua uscita dal Lago Maggiore, è regolato con lo sbarramento costruito nella sezione detta della Miorina. In tale sezione d'incile esso presenta le seguenti caratteristiche naturali:

Bacino:	km²	6 599	
Portata massima:	m³/sec	4 500 ÷ 5 000	(2 ottobre 1868)
Portata media:	m³/sec	299	(periodo 1921-60)
Portata minima:	m³/sec	35	(16 gennaio 1922).

Il fiume attraversa dapprima la zona morenica e si addentra poi nella pianura alluvionale sboccando nel fiume Po, a valle di Pavia, dopo un percorso sublacuale di circa 100 km, perdendo circa 130 metri di quota (circa da 190 a 60 m.s.m.). Nel corso dei secoli il fiume si è aperto un ampio solco, che il filone di magra attraversa formando ampie anse oppure dividendosi in diversi rami (vedi fig. 1).

Lungo tale percorso il Ticino non riceve affluenti di qualche importanza, eppure si può constatare un incremento della sua portata, procedendo verso valle, dovuto in buona parte ad apporti singolarmente non discernibili, certamente diffusi, e nella massima parte di provenienza sotterranea, ai quali si è dato globalmente il nome di « *risorgenze* ».

Il regime naturale delle portate fluviali, qualitativamente rappresentato dall'anno medio (fig. 2), presenta un massimo estivo nel mese di giugno, un massimo autunnale (meno pronunciato) in novembre, un minimo invernale in febbraio ed un minimo autunnale (meno pronunciato) in settembre.

Lo scopo della regolazione, realizzata col Lago Maggiore ridotto a serbatoio, è quello di commisurare le erogazioni dal lago alle effettive necessità globali delle utenze; prevalentemente di carattere irriguo da aprile a settembre e prevalentemente per forza motrice negli altri mesi.

La regolazione si effettua attualmente per livelli del lago compresi tra — 0,50 m e 1,00 m sullo zero dell'idrometro di Sesto Calende. È concesso, per ora nella stagione invernale e con determinate condizioni, di elevare il livello di ritenuta normale a 1,50 m. La capacità massima di regolazione, corrispondente all'escursione totale di 2,00 m, è di 420 000 000 m³.

Un fattore che va assumendo sempre maggiore importanza e che modifica il regime naturale degli afflussi al lago, è costituito dalle trattenute dei serbatoi artificiali ad uso idroelettrico esistenti nella parte montana del bacino. Essi rappresentano oggi una capacità di 496 000 000 m³ la quale viene sottratta nel periodo primaverile-estivo e restituita nel periodo invernale. Ciò può dar luogo a qualche interferenza con le utilizzazioni irrigue primaverili-estive in annate particolarmente siccitose, mentre costituisce un indubbio vantaggio per le importanti utilizzazioni industriali del fiume sublacuale e, in linea secondaria, per le irrigazioni iemali.

Le utenze a valle del lago sono illustrate nello schema di fig. 3 e nella tabella 4, in Appendice.

Prima di procedere al resoconto delle nuove campagne di misura, sarà bene intrattenersi su altre particolarità del corso d'acqua. Ai fini del nostro studio il Ticino sublacuale può distinguersi in 5 tronchi (vedi fig. 1).

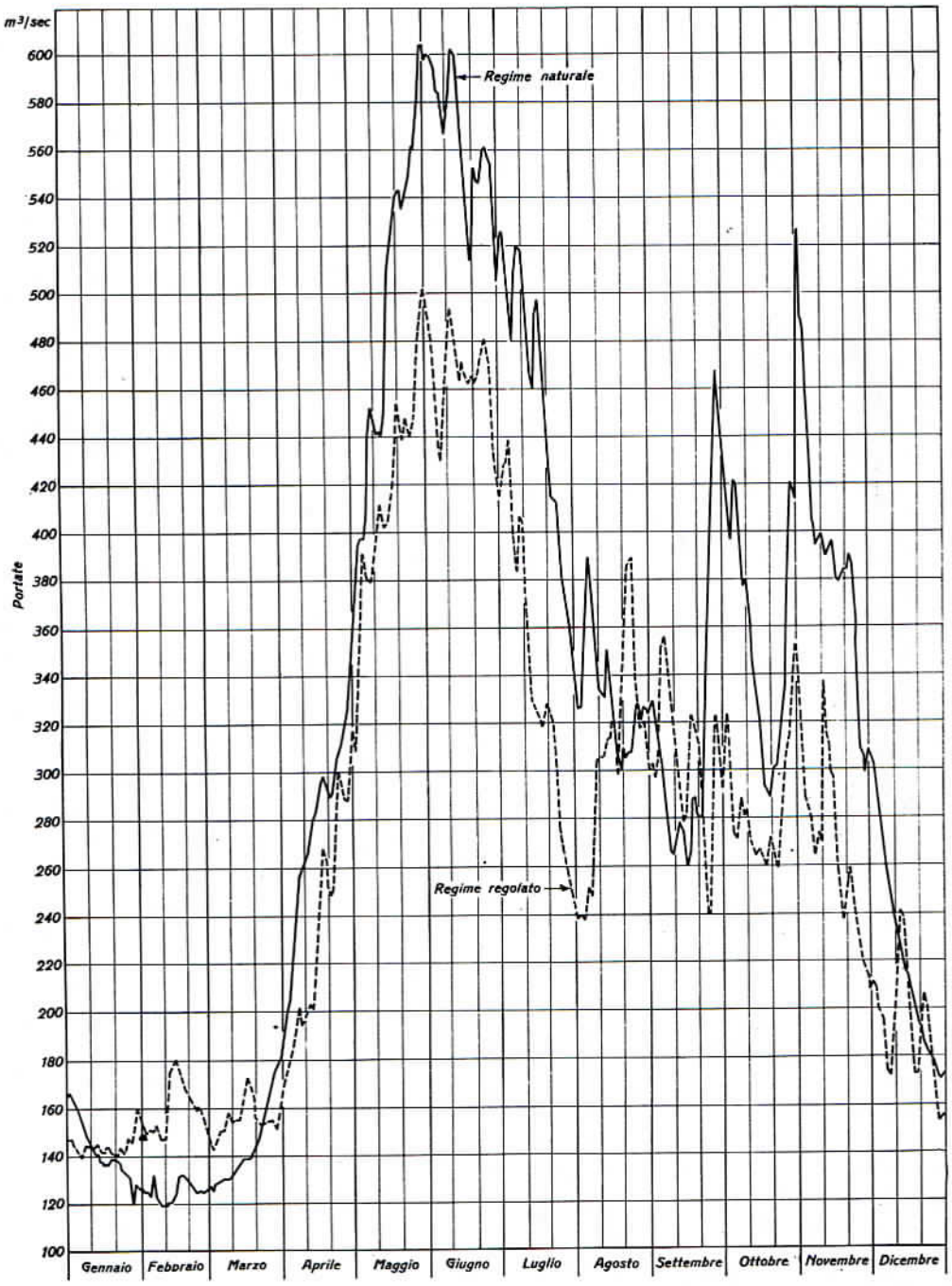

Fig. 2. – Portate medie giornaliere del Ticino alla Miorina (Sesto Calende) nell'anno medio (rispettivamente del periodo a regime naturale e del periodo a regime regolato).

a) *Dalla diga della Miorina alla diga del Panperduto.*

È il tronco di attraversamento della morena, corrispondente alle maggiori pendenze longitudinali.

In questo breve tratto, nel quale è compreso 'impianto

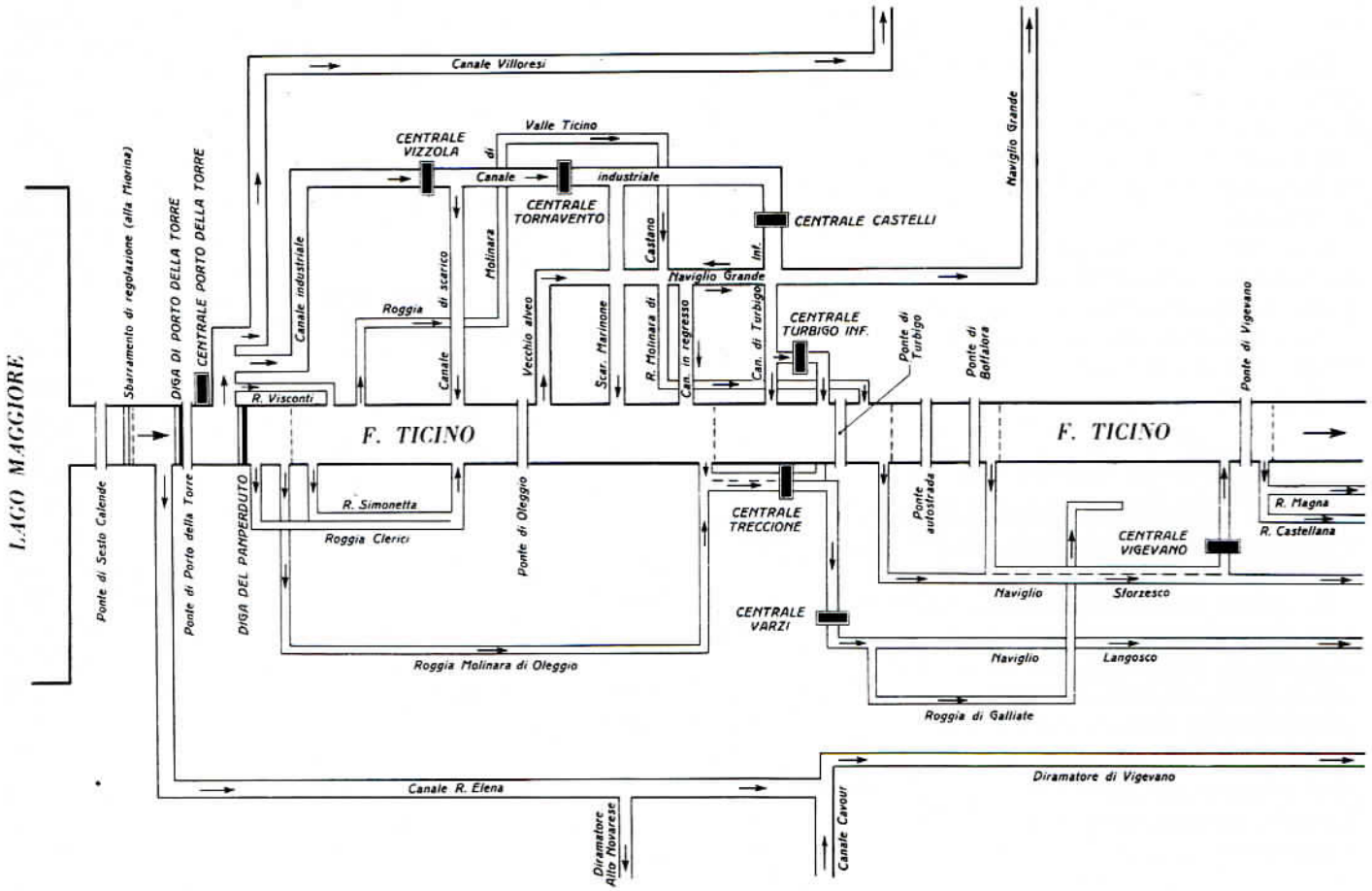

Fig. 3. – Schema delle derivazioni del F. Ticino sublacuale.

idroelettrico fluviale di Porto della Torre, viene consegnato pressochè tutto il corpo d'acqua spettante complessivamente alle derivazioni irrigue ed industriali. Infatti a monte dello sbarramento di Porto della Torre deriva il Canale Elena, e dalla diga del Panperduto (traversa a soglia fissa) che sbarra il fiume poco a valle, derivano il Canale Villoresi, irriguo, ed il canale industriale Vizzola che ritira la quasi totale competenza delle « *antiche utenze* » poste a valle (v. fig. 3).

Alla diga del Panperduto che limita il primo tronco, è risultato conveniente chiudere il primo bilancio idrico fra le portate affluenti e le portate defluenti secondo la relazione scritta al seguente n. 3 (gli afflussi sono quelli regolati dallo sbarramento della Miorina).

Poco a monte del Panperduto confluisce il modesto T. Strona che, di norma, è senza acqua; ha maggiore importanza la constatazione che nell'intorno cominciano a notarsi le prime risorgenze in alveo.

b) *Dalla diga Panperduto al Ponte di Oleggio.*

In questo tratto derivano la Roggia di Oleggio ed altre roggie minori con utilizzazioni in parte irrigua e in parte industriale.

Il tronco incomincia con la rapida determinata dalla diga del Panperduto e termina a monte della vecchia presa del Naviglio Grande, ora sottesa quasi completamente dal Canale Vizzola. L'alveo si fa prima ampio e tortuoso e poi si divide in diversi rami.

Quando il fiume è in magra, a vista si nota nell'alveo un incremento di portata da monte a valle; specialmente importante è quella ben localizzata che si verifica in sponda destra poco a monte del ponte.

c) *Dal ponte di Oleggio al ponte di Turbigo.*

È il tronco idraulicamente più complesso. Vi avviene la spartizione fra le due sponde delle portate di competenza delle antiche utenze, alle quali si era provveduto al Panperduto a mezzo della consegna al Canale industriale Vizzola, che ora le consegna in parte al Naviglio Grande in sponda sinistra e in parte all'alveo per i Navigli Langosco e Sforzesco in destra.

Il secondo bilancio idrico si dovrebbe chiudere in corrispondenza dello sbarramento costituito con la filarola del Canale Langosco; ma in pratica, nei nostri calcoli si è assunta come sezione di chiusura quella del Ponte di Turbigo dove già nuovi apporti rimpinguano l'alveo. In questa zona comincia probabilmente a risentirsi anche l'apporto originato delle perdite di quei canali, praticamente non rivestiti, che si svolgono a mezza costa poco più in alto sulle sponde, e dei colatori della parte alta della pianura piemontese e lombarda.

d) *Dal ponte di Turbigo al ponte di Vigevano.*

È ampio, con poca pendenza e con alveo diviso in molti rami. Due opere di presa importanti, entrambi in sponda destra: quella del Naviglio Sforzesco, in località denominata Ponte della Binda, e quella del canale industriale dell'impianto di Vigevano, situata poco a valle del ponte di Boffalora.

In questo tronco giungono molte colature direttamente dalle sponde anche se in modo non individuabile, oltre a quelle risorgenti in modo diffuso nell'alveo.

Si noti anche lo sbocco del canale scolmatore di Nord-Ovest, costruito di recente dall'Amministrazione Provinciale di Milano.

e) *Dal ponte di Vigevano al F. Po.*

La sola derivazione importante è quella per le Rogge Castellana e Magna con l'opera di presa poco a valle di Vigevano.

In questo tronco confluiscono numerosi colatori che durante la siccità sono alimentati dai superi e dalle percolazioni delle irrigazioni nelle zone a monte, tanto che al Ponte Coperto di Pavia si ritrova quasi tutta la portata che era stata erogata dalla diga di regolazione del lago alla Miorina; però questo tronco è ormai di scarsissimo interesse per un riutilizzo locale delle portate fluenti le quali, in ogni caso, non potrebbero essere derivate a gravità.

3. – Il bilancio idraulico dei tronchi. Termini del problema.

La valutazione delle risorgenze è problema pratico piuttosto complicato, per le ragioni che cercheremo di illustrare in seguito.

Si definisce come portata Q_s delle risorgenze e coli che si manifestano fra l'incile del Lago Maggiore ed una determinata sezione del fiume a valle, il valore da calcolare colla seguente espressione:

$$Q_s = Q_u - Q_e + \Sigma Q_d - \Sigma Q_r ,$$

essendo tutti i termini della precedente relazione valori di portata da ritenersi contemporanei, e precisamente:

Q_u la portata uscente, misurata nella sezione di volta in volta determinata a valle;

Q_e la portata entrante, definita allo sbarramento della Miorina con misure dirette effettuate nella sezione fluviale più vicina possibile, a monte o a valle dello sbarramento stesso;

Q_d la portata derivata dalle utilizzazioni a monte della sezione;

Q_r la portata restituita dalle utilizzazioni, al fiume, nel tronco a monte della sezione considerata.

La Q_s come sopra definita, comprende anche quelle portate immesse nel tronco fluviale considerato, in modo diffuso o difficilmente individuabile, dai piccoli affluenti originati da coli di acque superficiali, irrigue e meteoriche di esaurimento, e in particolare da perdite dei canali derivati a monte.

È da porre altresì in evidenza che, purtroppo, al calcolo della portata di risorgenza con la formula precedente, si giunge eseguendo la differenza tra due valori misurati che sono più grandi ambedue del risultato Q_s della differenza stessa, di modo che l'errore relativo può essere notevole, anche con le migliori approssimazioni ottenibili nella misura delle portate fluviali.

La definizione di Q_s ammette, come già accennato, che si operi in regime permanente, con misure contemporanee; il che si può ottenere organizzando con grande cura, e di intesa cogli utenti, le misure stesse, ma sempre con l'approssimazione ottenibile nella pratica in un fiume denso di utilizzazioni, anche per forza motrice, le quali normalmente hanno esigenze che portano a rendere variabile nel tempo il regime delle portate da esse derivate e scaricate. Tutto ciò può condurre ad errori non trascurabili per effetto di invasi o svasi che possano essere intervenuti nel tronco fluviale considerato durante il non breve tempo necessario per effettuare le numerose misure di portata occorrenti per dedurre ognuno dei valori di Q_s.

4. – Stazioni di osservazione ed esecuzione delle misure.

La Sezione Idrografica di Milano controlla le stazioni idrologiche interessanti il presente studio, elencate nella tabella 1.

Le due stazioni di Sesto Calende e di Pavia sono chiamate *storiche* perchè la loro istituzione è di antica data, di molti anni anteriore alla fondazione del Servizio Idrografico. Le altre stazioni — tranne quella di Vigevano, per la quale si possiedono anche precedenti osservazioni per un idrometro installato dal Genio Civile di Pavia — sono state istituite di recente dalla Sezione Idrografica.

Le misure di portata a Sesto Calende vennero iniziate dalla Sezione Idrografica nel marzo 1923, ma erano state precedute da rilievi idrometrici sistematici e da stime e misure non sistematiche dovute a studiosi di grande fama quali: Lombardini, Cipolletti, Fantoli, Salmoiraghi, e che il Lombardini iniziò fino dal 1862-63.

L'idrometro di Sesto Calende servì per determinare le portate dell'incile del lago, fino alla costruzione dello sbarramento di regolazione alla Miorina (1942), e serve tutt'ora per lo stesso scopo quando lo sbarramento è completamente aperto; il che avviene negli stati di piena e di morbida, rarissimamente negli stati di magra eccezionale, e sempre allorquando è obbligatorio ristabilire il *regime libero* ai deflussi del fiume [1].

Finora il rilevamento della portata dell'incile è stato fatto nella località Golasecca a mezzo di molinello elettrico e teleferica; è pure in corso l'istituzione di una sezione di misura a monte della Miorina, in località Dosso dei Murazzi, dove i lavori di sistemazione, ultimati dal Consorzio

[1] Così chiamato per distinguerlo dal *regime naturale*, che si determinava prima dell'esecuzione delle opere.

TABELLA 1. – *Caratteristiche delle stazioni di misura.*

Stazione	Tipo	Inizio delle osservazioni	Quote dello zero idrometro m.s.l.m.	Note
Sesto Calende	*Ir*	1868	193,016	Idrometro storico in marmo; registratore Salmoiraghi tipo 440.
Miorina Conca	*Ir*	1955	190,00	Idrometro registratore posto in sponda sinistra immediatamente a valle della diga della Miorina, ma ciò nonostante è soggetto ai rigurgiti dello sbarramento di Porto della Torre per max 0,60 m che però possono essere ridotti a norma del disciplinare.
Golasecca	*M*	1943	190,00	Idrometro a lettura diretta; stazione per la misura delle portate dotata di teleferica.
Porto della Torre	*Ir*	1955	190,00	Idrometro a lettura diretta e registratore Salmoiraghi tipo 440 collocato circa 200 metri a monte dello sbarramento omonimo.
Oleggio	*I*	1938	—	Idrometro a lettura diretta, in marmo, posto all'imbocco della vecchia presa del Naviglio Grande, in sponda sinistra.
Turbigo	*M*	1956	—	Stazione di misura delle portate con idrometro a lettura diretta, in alluminio fuso, posto su una pila del ponte.
Vigevano	*M*	1901	—	Stazione di misura delle portate con idrometro a lettura diretta.
Pavia	*Mr*	1849	57,71	Stazione di misura delle portate. L'idrometro storico è posto subito a valle del Ponte Coperto in sponda destra. L'Idrometro registratore, del tipo SIAP/400, è invece installato in sponda sinistra 200 metri a valle del ponte.

del Ticino nel 1963, hanno creato una sezione molto regolare per un'estesa larghezza.

Le operazioni di campagna per ognuna delle misure di portata impegnano gli operatori per la durata da due a tre ore, dovendo rilevare in media diciotto verticali, con un totale di almeno centosessanta punti.

Nelle altre sezioni di misura lungo il corso del fiume sublacuale — a Castelnovate, Ponte Oleggio, Turbigo, Ponte della Binda, Vigevano, Pavia — si opera con barche (²).

Con lo stesso sistema si effettuano le misure di controllo della scala delle portate alle prese dei canali irrigui, del canale industriale Vizzola e del Naviglio Grande. Negli altri canali derivati si procede a misure con lo stesso sistema servendosi di passerelle opportunamente predisposte e talvolta di ponticelli esistenti.

5. – I RISULTATI DELLE MISURE.

I dati rilevati in occasione delle 11 campagne di misure eseguite dal Servizio nel periodo 1946-1962 sono riportati nella tabella 5, in Appendice.

Nella stessa tabella le portate misurate sono ordinate in modo da ricavare il bilancio idrologico e giungere al calcolo delle risorgenze, secondo quanto illustrato al precedente paragrafo 3.

Devesi precisare, per la corretta interpretazione della tabella, che per ogni derivazione è stato riportato il valore calcolato al netto delle eventuali restituzioni. In sostanza si tratta del valore $(Q_d - Q_r)$.

È qui da dire, poi, che il valore degli afflussi diffusi, che non è possibile determinare separatamente e che pertanto è stato incluso nelle portate Q_s, non può aver giocato un ruolo importante perchè i periodi prescelti per la esecuzione delle misure sono stati quasi sempre preceduti da un periodo di siccità, talvolta assai lungo, come vedremo.

La prima serie di misure venne effettuata durante il periodo jemale dell'anno 1946 e precisamente dal 20 al 24 dicembre. La portata erogata alla Miorina, misurata a Golasecca, essendo di soli 94,5 m³/sec, era quasi tutta derivata dal canale Vizzola.

Sono state eseguite 11 misure di portata che hanno permesso di calcolare una risorgenza di 8,4 m³/sec ad Oleggio e di 12,1 m³/sec a Turbigo.

La seconda serie di misure venne effettuata dal 12 al 22 agosto 1947, con una portata di 247,5 m³/sec misurata a Golasecca, e con tutte le derivazioni in esercizio. Sono state eseguite 24 misure di portata fino a Pavia, delle quali nella tabella 5 sono elencate solo quelle fino a Turbigo, in numero di 14, che sono quelle che interessano il presente studio.

Si è calcolata la risorgenza di 20,6 m³/sec a Ponte Oleggio e di 34,8 m³/sec a Turbigo.

La terza serie di misure è stata eseguita in occasione della magra estiva dell'anno 1949, dall'8 al 10 agosto e dal 17 al 19 agosto. La portata erogata alla Miorina, misurata a Golasecca, era di 156 m³/sec ed aveva già costretto a drastiche riduzioni nelle derivazioni.

(²) L'operatore, ispezionato il fiume per ovviare alla presenza di ostacoli o buche troppo profonde e quindi scelta la sezione, provvede a far stendere fra le due sponde una fune di acciaio di 6 ÷ 8 mm, con l'ausilio di una taglia. Poi, seguendo la fune, si rilevano le distanze, le profondità, le velocità col solito molinello (in genere tipo SIAP, in dotazione particolare a ciascun funzionario) montato su canne rotonde guidate da supporto tipo Epper che sporge dal bordo della barca.

Il bilancio idrologico alla sezione di Oleggio dette luogo al calcolo della risorgenza di 11,7 m³/sec.

Poichè in quell'occasione non venne eseguita la misura a Turbigo, manca il corrispondente valore della risorgenza, che a Vigevano raggiungeva il valore di 28 m³/sec.

La quarta serie di misure è stata eseguita dall'11 al 16 novembre dello stesso anno 1949 con una portata erogata dal lago, misurata a Golasecca, di 92,6 m³/sec.

I valori delle risorgenze a Oleggio e Turbigo furono calcolati rispettivamente in 4,8 e 14,3 m³/sec.

La quinta serie di misure si effettuò nei giorni 31 agosto, 8 e 9 settembre 1950, con una portata erogata dal lago, sempre misurata a Golasecca, di 195 m³/sec.

Le risorgenze calcolate risultarono: a Oleggio 22,8 m³/sec, a Turbigo 28,0 m³/sec.

Per la sesta serie di misure l'occasione si è presentata con la magra primaverile del 1953. Le misure vennero eseguite dal 16 al 24 marzo, con una portata erogata dal lago, misurata a Golasecca, di 114 m³/sec, quasi tutta derivata dal canale Vizzola.

Non è stata rilevata la portata della sezione di Oleggio, ma per la sezione al Ponte di Castelnovate è stata valutata la risorgenza di 1,4 m³/sec. A Turbigo la risorgenza risultava di 5,4 m³/sec. Tali valori rappresentavano, fino ad allora, i minimi accertati per quell'epoca primaverile e sono perciò molto significativi per la stessa stagione.

Tutte le misure e indagini relative alle sei precedenti serie sono state fatte sotto la direzione dell'ing. Giuseppe Merla, come già accennato, sempre in collaborazione col Consorzio del Ticino (³).

Nel periodo 1954-60 non si ebbero a registrare magre eccezionali, per cui non si manifestarono le condizioni favorevoli per la prosecuzione degli accertamenti. D'altra parte nello stesso periodo è cambiata la situazione idraulica del fiume essendosi negli stessi anni attuato l'impianto idroelettrico di Porto della Torre ed essendo entrata in esercizio la nuova derivazione del Canale Elena.

Si pose quindi l'interrogativo, se le nuove opere eseguite in alveo e la nuova derivazione avessero influito, direttamente o indirettamente, sui fatti delle risorgenze.

La prima occasione per un accertamento si presentò alla fine dell'estate del 1961. Vennero allora eseguite due serie di misure di portata: una al termine del periodo estivo ed uno all'inizio del periodo jemale.

La settima serie di misure venne precisamente eseguita dal 6 al 9 settembre 1961, con una portata erogata dal lago, misurata a Golasecca, di 230 m³/sec.

La portata di risorgenza a Ponte Oleggio risultò di 18,7 m³/sec, e a Turbigo di 36,3 m³/sec.

L'ottava serie di misure si fece dal 2 al 6 ottobre 1961 con una portata erogata misurata a Golasecca di 124 m³/sec.

La portata di risorgenza a Ponte Oleggio risultò di 9,6 m³/sec, e a Turbigo di 24,7 m³/sec.

La magra del 1961 seguì a un lungo periodo di abbondanti precipitazioni, per cui sembra di dover ritenere che le forti portate di risorgenze rilevate nei tronchi inferiori del fiume siano da interpretare come un fenomeno occasionale proprio di quell'anno, dovuto al lento rifluire di una falda eccezionalmente pingue. Di ciò si ebbe conferma l'anno successivo allorchè le misure furono, invece, compiute dopo un periodo di siccità prolungata.

La nona serie di misure è stata eseguita il 7 settembre 1962 con una portata misurata a Golasecca di 168 m³/sec.

La portata di risorgenza a Oleggio risultò di 9,8 m³/sec, e a Turbigo di 20,8 m³/sec.

La decima serie di misure venne eseguita il 26 Ottobre 1962, con una portata erogata dal lago di 74,4 m³/sec secondo le misure a Golasecca, portata assai bassa.

Le portate di risorgenza a Ponte Oleggio sono risultate di 8,5 m³/sec, e a Turbigo di 16,1 m³/sec.

L'undecima e ultima serie di misure significative si è presentata alla fine del febbraio ultimo scorso dopo una siccità prolungatissima, la quale, essendosi iniziata alla metà di agosto del 1964 ha prodotto una situazione gravissima durante le stagioni autunno-inverno e primavera 1964-65 e nella quale tutte le utenze hanno subito fortissime riduzioni. Questa serie di misure è stata eseguita nei giorni 27 febbraio e 3 marzo 1965.

Le portate di risorgenza sono risultate di 1,0 m³/sec a Ponte Oleggio e 9,1 m³/sec a Turbigo.

Tutte le campagne di misura del 1961, 1962, 1965 sono state fatte sotto la direzione dell'ing. Raffa, sempre in collaborazione col Consorzio del Ticino.

6. – Bilancio delle portate medie di risorgiva nell'estate-autunno 1962 e autunno-inverno 1964-65.

L'anno 1962 è stato eccezionalmente magro. Particolarmente interessante, ai fini della nostra ricerca, è il periodo di siccità autunnale durante il quale il Lago Maggiore ha raggiunto rapidamente il livello di minimo invaso ed in tali condizioni è rimasto per diverse settimane.

In tale situazione si è presentata anche la possibilità di istituire un bilancio stagionale delle risorgenze ed individuarne le variazioni nel tempo.

Nella Tabella 6, in Appendice, sono riportati i valori medi decadali e mensili del fiume Ticino e dei canali derivati, nonchè il calcolo delle corrispondenti portate medie di risorgenza alla sezione di Turbigo. Nella figura 4 sono tracciati i diagrammi delle portate medie giornaliere del fiume nella sezione della Miorina ed in quella di Turbigo durante lo stesso periodo.

Degno di particolare attenzione sembra il fenomeno che si verifica al termine della stagione irrigua: pur diminuendo sensibilmente la portata erogata alla Miorina, la portata a Turbigo aumenta, anche per effetto dello svaso dei canali.

I valori della Tabella 6 sono da assumersi con cautela, poichè non è stato possibile il controllo continuo di tutte le derivazioni ed i dati relativi sono stati assunti, in parte, da informazioni avute dagli utenti. Inoltre, la sezione di Turbigo non è dotata di idrometrografo e non è stato quindi possibile rilevare eventuali variazioni della portata durante il giorno — variazioni conseguenti a manovre delle utenze idroelettriche che scaricano poco a monte della sezione.

Pur con tali riserve i dati che si presentano ci sembrano

(³) Oltre ai dati interessanti il presente studio, l'ing. Merla ha calcolato i seguenti valori di risorgenze al Ponte di Vigevano: agosto 1949, m³/sec 28,0; marzo 1953, m³/sec 27,4.

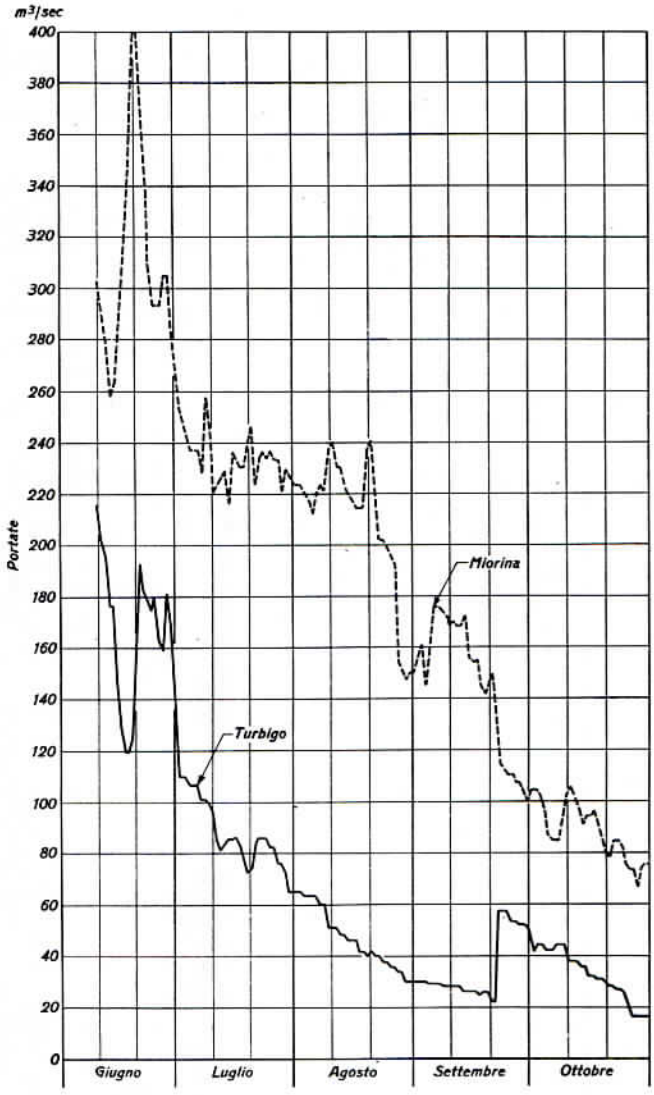

Fig. 4. – Portate giornaliere del F. Ticino alla Miorina e a Turbigo nel periodo Giu.-Ott. 1962.

di notevole interesse pratico: infatti consentono di concludere che le portate di risorgiva vanno sensibilmente riducendosi con il prolungarsi del periodo di magra e che i valori rilevati in occasione delle misure contemporanee sono inferiori alla media mensile corrispondente (e quindi prudenziali). Si deve avere presente che si tratta di fatti di esaurimento relativi ad un grande bacino e che, perciò, la diminuzione delle portate è assai lenta.

Un altro evento di magra, veramente eccezionale e prolungato, ha interessato il bacino del Ticino nella stagione autunno-inverno 1964-65. In tale occasione il livello del Lago Maggiore è sceso sotto la quota zero dell'idrometro di Sesto Calende il giorno 3 settembre e vi si è mantenuto fino al 18 maggio successivo. Nello stesso periodo la portata erogata allo sbarramento della Miorina è risultata compresa fra 180 m³/sec e 64 m³/sec con media di 110 m³/sec.

Per ritrovare un evento simile, per quanto meno grave, bisogna risalire nelle effemeridi del fiume al famoso inverno 1921-22.

È sembrato pertanto opportuno completare il quadro delle situazioni idrologiche eccezionali con il calcolo delle portate medie di risorgiva del periodo ottobre 1964-aprile 1965.

Nella Tabella 7, in Appendice, sono elencati i valori medi decadali e mensili del fiume Ticino e delle sue derivazioni per il periodo anzidetto, nonchè le portate medie di risorgiva calcolate nel modo consueto. La fig. 5 illustra in grafico i valori più significativi della tabella.

Pur avendo sempre presenti le riserve di cui si è detto prima, i valori della Tabella 7 presentano un particolare interesse dal punto di vista qualitativo, poichè dimostrano che durante la stagione invernale, nella quale la falda freatica va deprimendosi, ed in presenza di una siccità prolungata le portate di risorgiva si riducono a valori molto modesti.

Si noti che le risorgenze si sono ridotte a valori pressocchè insignificanti durante il periodo d'asciutta dei canali.

7. – Considerazioni riassuntive sui risultati delle campagne di misure.

Al termine della prima campagna di misure, nel 1954, la relazione dell'ing. Giuseppe Merla così riassumeva le proprie conclusioni:

— le risorgenze presentano variazioni periodiche, legate alle vicende meteorologiche ed ai periodi irrigui;

— le risorgenze vanno progressivamente aumentando da monte a valle prima lentamente fino al ponte di Castel-

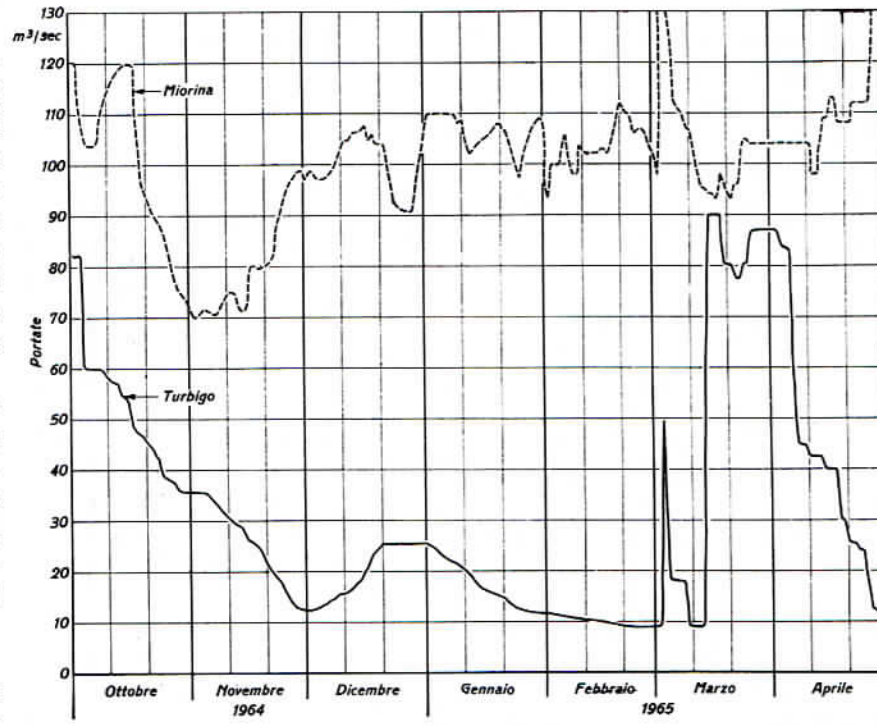

Fig. 5. – Portate giornaliere del F. Ticino alla Miorina e a Turbigo nel periodo Ott. 1964-Aprile 1965.

novate e poi più rapidamente raggiungono valori cospicui al ponte di Vigevano;

— i valori più significativi tra quelli rilevati sono quelli corrispondenti ai periodi di magra ed in particolare quelli relativi al marzo 1953;

— i valori più significativi delle risorgenze sui quali si può fare affidamento sono:

dal ponte di Castelnovate al ponte di Turbigo 5 m³/sec,

dal ponte di Turbigo al ponte della Binda 8 m³/sec,

dal ponte della Binda al ponte di Vigevano 14 m³/sec;

— però non si può dire che i canali irrigui, che vanno sotto il nome di «antiche utenze» possano riuscire effettivamente a ritirare dal Ticino le portate defluenti, perchè con le filarole non è mai possibile derivare tutta l'acqua del fiume, tanto più che i canali di derivazione, in terra, nel loro tratto iniziale dànno luogo a notevoli perdite.

La seconda campagna di misure ha confermato le forti oscillazioni di portata a cui vanno soggette le risorgenze in dipendenza dei fattori meteorologici, ed hanno altresì confermato i valori di esse, indicati dall'ing. Merla.

Con le misure del 1962-65 si sarebbe rilevata anche una risorgenza di 3 ÷ 4 m³/sec localizzata nel tronco dalla Miorina al Panperduto. Essa potrebbe essere interpretata come una perdita subalvea che si verifichi fra la diga della Miorina e la sezione di Golasecca (4) e pertanto non dovrebbe essere considerata come acqua nuova ai fini della utilizzazione delle acque uscenti dal Lago: d'altra parte l'approssimazione delle misure col molinello e dei calcoli conseguenti per arrivare alle portate non consente di garantire la reale entità di portate di risorgenza modeste come quelle in discorso.

Non è apparso dunque che la nuova derivazione Elena, i lavori di Porto della Torre ed altri lavori eseguiti dalle varie utenze abbiano determinato modificazioni rilevanti sui fatti delle risorgenze.

Non deve peraltro trascurarsi che le misure hanno dimostrato che talvolta, in casi critici, anche i canali derivati dai tronchi inferiori del fiume soffrano della generale carenza d'acqua durante i periodi di siccità, perchè sono costrette a ritirare delle portate inferiori alle rispettive competenze.

Ciò conferma la terza conclusione della relazione dell'ing. Merla, dove è detto che non tutta la portata del fiume può essere derivata fino a che si dovrà provvedere con le filarole ed i vecchi canali in terra.

Nelle tabelle 2 e 3 si è cercato di sintetizzare il risultato delle 11 serie di misure effettuate, ponendo in evidenza anche la stagione in cui venne eseguita ciascuna di esse.

Le tabelle stesse non consentono di trarre delle conclusioni sulle variazioni stagionali delle portate di risorgiva, anche perchè ciascuna serie rappresenta un caso critico dell'annata a cui si riferisce. Alcune valutazioni potrebbero

(4) Recenti misure di portata contemporanee effettuate alla sezione dei Murazzi ed alla sezione di Golasecca mostrerebbero portate leggermente in difetto in quest'ultima sezione.

TABELLA 2. – *Prospetto riassuntivo delle portate di risorgenza (in m³/sec) calcolate per ogni serie di misure contemporanee tra la Miorina ed il ponte di Oleggio.*

Anno	Stagione estiva		Stagione invernale				
	Agosto	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Febbr.	Marzo
1946	—	—	—	—	8,40	—	—
1947	20,6	—	—	—	—	—	—
1949	11,7	—	—	4,8	—	—	—
1950	22,8	—	—	—	—	—	—
1953	—	—	—	—	—	—	—
1961	—	18,7	9,6	—	—	—	—
1962	—	9,8	8,5	—	—	—	—
1965	—	—	—	—	—	1,0	—

TABELLA 3. – *Prospetto riassuntivo delle portate di risorgenza (in m³/sec) calcolate per ogni serie di misure contemporanee tra la Miorina ed il ponte di Turbigo.*

Anno	Stagione estiva		Stagione invernale				
	Agosto	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Febbr.	Marzo
1946	—	—	—	—	12,1	—	—
1947	34,8	—	—	—	—	—	—
1949	—	—	—	14,3	—	—	—
1950	28,0	—	—	—	—	—	—
1953	—	—	—	—	—	—	5,4
1961	—	36,3	24,7	—	—	—	—
1962	—	20,8	16,1	—	—	—	—
1965	—	—	—	—	—	9,1	—

forse trarsi prendendo in considerazione anche l'andamento dei livelli freatici della pianura circostante e la durata del periodo di siccità che ha preceduto le misure, ma ciò ha esulato dai limiti della presente ricerca.

Le misure di risorgenza sono state effettuate più di frequente nei mesi interessanti ai fini dell'utilizzazione irrigua e quindi quelle effettuate in primavera sono da considerarsi delle eccezioni; anche queste sono tuttavia estremamente importanti ai fini pratici come è evidente dai fatti che si sono verificati nella primavera 1965.

I valori delle portate di risorgenza sono così variabili che non si può escludere qualche valutazione lievemente errata, dovuta alle approssimazioni delle misure oppure a variazioni di portata intervenute durante l'esecuzione di misure considerate contemporanee. Comunque sembra potersi concludere che si può contare con quasi certezza sui valori minimi emersi dall'indagine.

8. – Considerazioni conclusive.

Riassumendo i risultati delle undici serie di misure contemporanee, pur con l'approssimazione e le difficoltà insite nel genere della ricerca, difficoltà che si è cercato di analizzare e di porre in rilievo, sembra potersi affermare che le derivazioni Castellana e Magna, per complessivi 10 m³/sec, possono essere completamente trascurate nel reparto delle acque del Ticino regolate con la diga della Miorina.

Si può ritenere che 5 m³/sec di risorgenza sono di norma utilizzabili a valle del ponte di Turbigo. Però qualora tale portata volesse rendersi disponibile alla Miorina, occorrerebbe rendere idonee alla derivazione integrale delle portate defluenti in alveo le opere di presa che si attuano, o che si attueranno, a valle della restituzione del canale industriale. Non sono da tacere le difficoltà di tale realizzazione che richiederebbe anche ingenti spese per l'esecuzione di almeno un altro sbarramento fisso attraverso il Ticino.

L'entità delle risorgenze si riduce con il prolungarsi del periodo di siccità, proprio allorquando occorrerebbe, invece, di realizzare il loro integrale utilizzo.

Dopo quanto detto ci sembra di poter concludere che le risorgenze del fiume Ticino sublacuale sono di entità non trascurabili, ma che esse potranno difficilmente formare oggetto di nuove concessioni a monte della presa del Canale Langosco ed in ogni caso in forma precaria.

La loro conoscenza è peraltro necessaria al Regolatore per un'equa distribuzione delle disponibilità allorquando le risorse del fiume regolato non fossero sufficienti a soddisfare tutte le derivazioni a valle della Diga della Miorina.

BIBLIOGRAFIA

[1] *Relazione della Commissione (Presidente: F. Brioschi) incaricata dell'esame dei progetti per l'irrigazione dell'alta Lombardia con le acque derivabili dal Lago di Lugano e dal Lago Maggiore.* - Tipografia Bernardoni. Milano, 1866.

[2] L. Tatti: *Osservazioni alla Relazione della Commissione incaricata dell'esame dei progetti, ecc.* (come al precedente [1]). - « Il Politecnico », Milano, 1866.

[3] C. Possenti: *Sulla regolazione del Lago Maggiore e del suo emissario.* - Firenze, 1870.

[4] A. Pestalozza: *Notizie sul bacino idraulico del Verbano.* - « Il Politecnico », Milano, 1891.

[5] G. Fantoli: *Il regime idraulico dei laghi.* - Hoepli, Milano, 1897.

[6] G. Schiavoni - D. Salmoiraghi: *Relazione al progetto della Soc. Italiana per Condotte d'Acqua. Chiusura d'invaso nell'emissario del Lago Maggiore a Sesto Calende.* - Milano, 1902.

[7] Consorzio del Ticino. Relazione tecnica di G. Fantoli: *Progetto per l'ulteriore utilizzazione irrigua e industriale del F. Ticino mediante la regolazione del Lago Maggiore.* - Milano, 1924.

[8] G. De Marchi: *Ripercussioni della regolazione del Lago Maggiore sulle piene del lago e su quelle del Ticino a Sesto Calende.* Pubblicazione del Consorzio del Ticino. Milano, 1950.

[9] G. Merla: *Notizie sull'idrografia della regione lombarda compresa fra Ticino e Lambro.* - « Atti » del 1° Convegno Regionale della Associazione Idrotecnica Italiana. Milano, 1948.

[10] G. Merla: *Rapporto del Direttore della Sezione di Milano dell'Ufficio Idrografico del Po sulle campagne di misure di portata compiute dal 1946 al 1953 per la determinazione delle risorgenze nel fiume.* - Relazione inedita. Milano, 1954.

[11] G. Cavagna di Gualdana: *Risorgenze ed emungimenti del Fiume Ticino.* Relazione al IV° Convegno Regionale dell'Associazione Idrotecnica Italiana. Milano, 1952. Questa Relazione dà anche un ampio ed interessante inquadramento geologico, morfologico ed idrografico dei fatti di cui riferisce; notevole è pure la ricerca storico-bibliografica.

Manoscritto pervenuto il 7 giugno 1965.

APPENDICE

Tabella 4. – *Elenco delle derivazioni irrigue.*

Canale o Roggia	Portate normalmente derivate (m³/sec)		Note	Canale o Roggia	Portate normalmente derivate (m³/sec)		Note
	Estate	Inverno			Estate	Inverno	
Elena	45,00	10,00	—	Naviglio Grande . . .	60,00	60,00	—
Villoresi	80,00	30,00	—	Naviglio Langosco . .	22,70	18,00	—
Visconti	1,00	1,00	Restituzione 0,47	Roggia di Galliate . .	0,73	2,70	—
Clerici e Simonetta . .	1,26	1,26	Restituzione 0,85	Naviglio Sforzesco . .	9,42	8,40	—
Molinara di Oleggio. .	6,00	4,00	—	Roggia Magna e Castellana	9,50	10,80	—
Molinara di Valle Ticino	1,50	1,50	Restituzione 0,73				

TABELLA 5. – *Calcolo delle portate di risorgenza in m³/sec per ogni serie di misure contemporanee.*

Fiume Ticino e sue diramazioni	Simboli	Dic. 1946	Agosto 1947	Agosto 1949	Nov. 1949	Sett. 1950	Marzo 1953	Sett. 1961	Ottobre 1961	Sett. 1962	Ottobre 1962	Febbr. 1965
Canale Elena	Q_1	—	—	—	—	—	—	34,2	—	26,2	—	10,0
Canale Villoresi . . .	Q_2	—	95,4	42,5	0,1	83,7	—	78,1	—	62,1	—	13,1
Canale Vizzola. . . .	Q_3	91,3	143,4	110,5	88,2	111,0	106,9	113,5	114,1	81,7	73,6	74,9
Roggia Visconti . . .	Q_4	—	—	0,9	—	—	0,7					0,9
Roggia Chierici . . .	Q_5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3					
Roggia di Oleggio . .	Q_6	0,4	7,7	5,8	3,0	7,0	4,3	8,0	4,1	6,6	4,3	6,9
Roggia Simonetta . .	Q_7	0,7	1,0	0,7	0,5	0,9	0,8					
Roggia Molinara . .	Q_8	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8					
Somma derivazioni .	ΣQ_d	96,9	248,6	161,5	92,8	203,6	113,8	234,8	118,2	176,6	77,9	105,8
Ticino a Oleggio (residuo)	Q_u	6,0	19,5	6,2	4,6	14,2	?	13,9	15,4	1,2	5,0	1,2
Ticino a Oleggio (complessivo)	Q_e	102,9	268,1	167,7	97,4	217,8	?	248,7	133,6	177,8	82,9	107,0
Ticino a Miorina . .	Q_e	94,5	247,5	156,0	92,6	195,0	114,0	230,0	124,0	168,0	74,4	106,0
Risorgenze e coli del tronco Miorina-Oleggio	Q_s	8,4	20,6	11,7	4,8	22,8	?	18,7	9,6	9,8	8,5	1,0
Canale Elena	Q_1	—	—	—	—	—	—	35,2	—	26,2	—	10,0
Canale Villoresi . . .	Q_2	—	95,4	42,5	0,1	83,7	—	78,1	—	62,1	—	13,1
Roggia Chierici . . .	Q_5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3					
Roggia di Oleggio . .	Q_6	4,0	7,7	5,8	3,0	7,0	4,3					
Roggia Simonetta . .	Q_7	0,7	1,0	0,7	0,5	0,9	0,8	8,0	4,1	6,6	4,3	6,9
Roggia Molinara . .	Q_8	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8					
Roggia del Molino .	Q_9	1,0	0,8	1,1	1,1	0,8	1,2	—	—	—	—	—
Naviglio Grande . .	Q_{10}	61,6	50,3	51,3	55,1	51,9	—	47,5	45,0	46,6	48,8	51,0
Naviglio Langosco e Roggia di Galliate .	Q_{11}	34,4	37,0	30,0	32,9	35,6	—	30,0	29,0	19,3	23,8	25,0
Somma derivazioni .	ΣQ_d	102,6	193,3	132,5	93,7	180,9	7,4	198,8	78,1	160,8	76,9	106,0
Ticino a Turbigo (residuo)	Q_u	4,0	89,0	—	13,2	42,1	112,0	67,5	70,6	28,0	13,6	9,1
Sommano		106,6	282,3	—	106,9	223,0	119,4	266,3	148,7	188,8	90,5	115,1
A dedurre: Ticino a Miorina .	Q_e	94,5	247,5	156,0	92,6	195,0	114,0	230,0	124,0	168,0	74,4	106,0
Risorgenza e coli del tronco Miorina-Turbigo	Q_s	12,1	34,8	—	14,3	28,0	5,4	36,3	24,7	20,8	16,1	9,1

TABELLA 6. – *Calcolo delle portate medie decadiche di risorgenza in m³/sec nel periodo Giugno-Ottobre 1962.*

Fiume Ticino e canali derivati	Simboli	Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Canale Elena . .	Q_1	15,4	16,6	17,1	21,9	29,0	24,6	18,1	41,9	35,3	27,4	20,2	1,1	—	—	—
Canale Villoresi .	Q_2	69,4	70,0	72,5	72,5	73,6	74,2	74,2	73,8	59,2	55,3	58,6	6,9	—	—	—
Roggia di Oleggio	Q_6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,6	1,7	1,8	2,7	2,5	1,5	1,0	1,5
Altre Roggie . .	$\sum_5^9 Q$	0,8	0,6	1,2	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	0,1	—	0,4	0,2	—	—
Naviglio Grande .	Q_{10}	50,0	49,5	49,5	49,5	49,3	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	47,3	48,2	53,5	48,8
Langosco e Galliate	Q_{11}	28,0	28,5	29,1	30,0	30,0	29,6	29,5	29,5	28,0	25,5	26,2	22,4	23,0	23,0	22,2
Somma portate derivate	ΣQ_d	167,6	169,2	173,4	178,6	186,7	181,6	175,2	198,0	173,4	158,6	156,2	80,6	72,9	77,5	72,4
Ticino a Turbigo (residuo) . . .	Q_u	295,0	154,0	172,0	104,0	81,0	78,3	60,3	45,1	34,5	28,5	25,4	49,9	42,3	32,7	19,1
Sommano		462,6	323,2	345,4	282,6	267,7	259,9	235,5	243,1	207,9	187,1	181,6	130,5	115,2	110,2	92,0
A dedurre: Ticino a Miorina	Q_e	441,0	304,0	321,0	244,0	228,0	232,0	222,0	224,0	186,0	164,0	157,0	114,0	94,5	93,6	77,0
Risorgenze e coli .	Q_s	21,6	19,2	24,4	38,6	39,7	27,9	13,5	19,1	21,9	23,1	24,6	16,5	20,7	16,6	15,1
Media mensile		22,1			35,8			18,1			21,4			17,3		

TABELLA 7. – *Calcolo delle portate medie decadiche di risorgenza (in m³/sec) del periodo ottobre 1964-aprile 1965.*

Fiume Ticino e canali derivati	Simboli	Ottobre			Novembre			Dicembre			Gennaio			Febbraio			Marzo			Aprile		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Canale Elena	Q_1	—	—	—	—	—	—	3,5	10,7	10,9	10,8	10,5	10,8	10,7	10,6	10,4	5,5	5,2	5,3	5,4	9,7	24,0
Canale Villoresi . .	Q_2	—	—	—	—	7,5	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	1,2	—	—	—	19,1
Roggia di Oleggio .	Q_6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,8	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	0,3	—	2,0	3,5
Altre Roggie	$\sum_5^9 Q$	2,6	2,6	2,0	1,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,0	2,0	2,0	2,6	2,0	2,0	2,5	2,5	1,5	2,6
Naviglio Grande . .	Q_{10}	28,6	50,0	51,0	49,0	49,0	51,0	51,0	51,0	49,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	15,3	—	25,5	51,0	48,8
Naviglio Langosco e R. Galliate . . .	Q_{11}	28,0	28,0	22,0	20,0	22,0	26,0	28,0	28,0	22,0	28,0	28,0	27,3	24,7	26,5	25,6	25,8	12,3	8,0	5,0	27,8	25,1
Somma portate derivate	$\sum_5^9 Q$	62,7	84,1	78,5	74,1	84,6	96,2	101,7	108,9	101,1	109,0	108,7	107,0	104,5	106,2	106,2	100,4	39,0	16,1	38,4	92,0	123,1
Ticino a Turbigo (residuo)	Q_4	66,2	51,1	38,4	33,8	26,1	15,5	13,8	19,9	25,4	22,6	16,8	12,6	11,2	10,1	9,0	17,5	61,5	88,3	65,8	37,3	17,3
Sommano		128,9	135,2	116,9	107,9	110,7	111,7	115,5	128,8	126,5	131,6	125,5	119,6	115,7	116,3	115,2	117,9	100,5	104,4	104,2	129,3	140,4
A dedurre: Ticino a Miorina .	Q_e	109,4	112,5	82,9	70,7	76,7	92,3	98,0	105,5	96,1	109,7	105,1	104,2	100,5	104,9	106,4	113,9	96,1	101,4	104,0	106,2	121,2
Risorgenze e coli del tratto Miorina-Turbigo	Q_s	19,5	22,7	34,0	37,2	34,0	19,4	17,5	23,3	30,4	21,9	20,4	15,4	15,2	11,4	8,8	4,0	4,4	3,0	0,2	23,1	19,2
Media mensile		25,4			30,2			23,7			19,2			11,8			3,5			14,2		