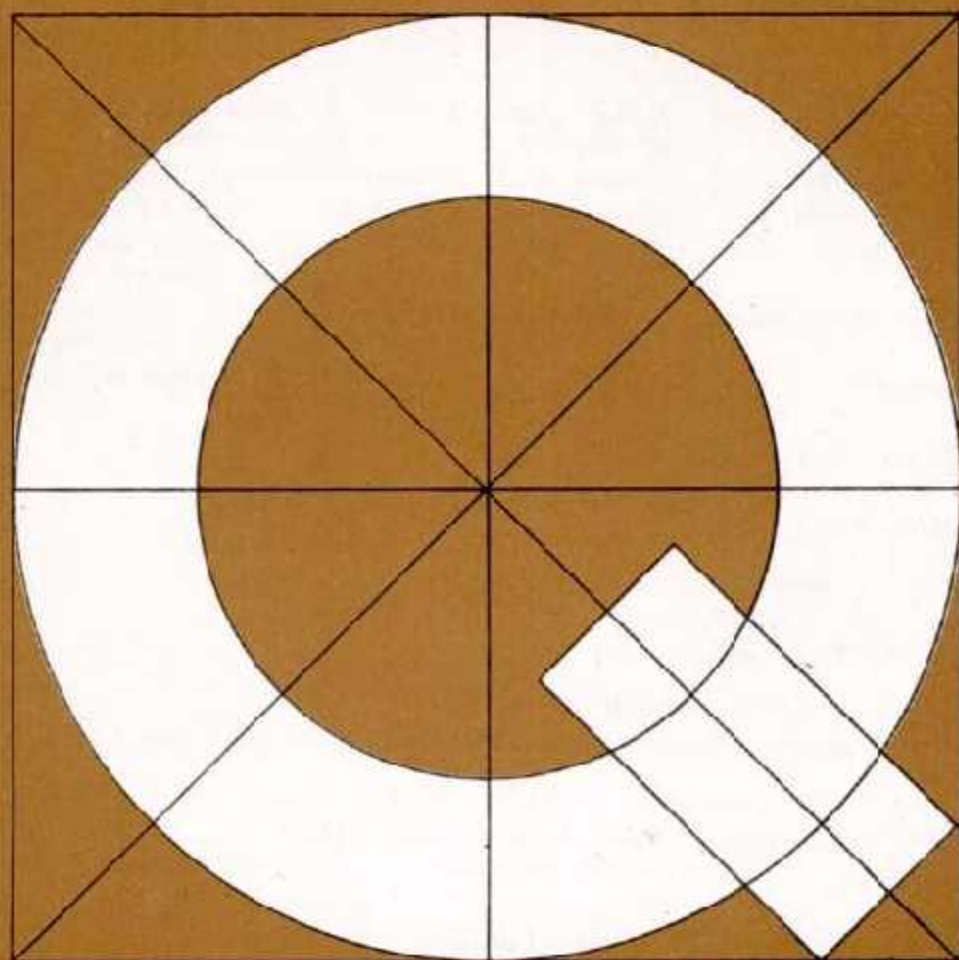


SERGIO STEFANINI

IL BILANCIO IDROLOGICO DEL F. LEDRA
E DELLA FALDA FREATICA DEL CAMPO
DI OSOPPO-GEMONA (Provincia di Udine)



quaderni etp

QUADERNI DELL'ENTE TUTELA PESCA - UDINE

Rivista di Limnologia

N. 19 - 1991

Direttore responsabile: **Marco Buzziolo**

I «QUADERNI» pubblicano in lingua italiana o in lingua ufficiale di congressi lavori originali in vari campi della Limnologia, testi di conferenze, atti di convegni, monografie, ecc. Possono venire pubblicate anche note brevi.

I dattiloscritti — composti secondo le norme degli Autori — vanno inviati a:

Direttore «Quaderni Ente Tutela Pesca»,
Via Colugna, 3 - 33100 UDINE

I lavori saranno pubblicati nel più breve tempo possibile dopo essere stati sottoposti all'esame del Comitato di redazione che potrà individuare anche lettori di specifica competenza. Quando il lavoro non dovesse risultare adatto ad essere pubblicato sui «Quaderni», la Direzione si riserva di restituirlo senza particolare motivazione.

Per l'acquisto dei «Quaderni», anche arretrati, o per richieste di scambi rivolgersi all'Ente Tutela Pesca.

DIREZIONE E REDAZIONE

Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia
Via Colugna, 3 - Udine - Tel. (0432) 482285 - 482214

DIRETTORE

Marco Buzziolo

COMITATO DI REDAZIONE

Giuliano Bonomi	C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia «Dott. Marco de Marchi» - Verbania Pallanza (Novara)
Gilberto Gandolfi	Istituto di Zoologia dell'Università di Parma
Elvezio Ghirardelli	Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste
Ettore Grimaldi	C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia «Dott. Marco de Marchi» - Verbania Pallanza (Novara)
Gabriella F. Margaritora	Dipartimento di Biologia animale e dell'uomo Università degli Studi di Roma «La Sapienza»
Mario Specchi	Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste

Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia
33100 UDINE - Via Colugna, 3
Tel. (0432) 482285 - 482214

Laboratorio di idrobiologia
33100 UDINE - Via Colugna, 3
Tel. (0432) 482285 - 482214

Supplemento a NOTIZIARIO E.T.P.

Direzione, Redazione, Amministrazione, 33100 Udine - Via Colugna, 3

Autorizzazione del Tribunale di Udine, n. 335 del 31 maggio 1974

Tipografia A. Pellegrini - Udine, via della Vigna, 24/A

Diritti riservati - In caso di riproduzioni, anche parziali, citare la fonte

Copertina - progetto grafico: Sandro Comini

IL BILANCIO IDROLOGICO DEL F. LEDRA E DELLA FALDA FREATICA DEL CAMPO DI OSOPPO-GEMONA (Provincia di Udine) *

Sergio Stefanini

Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Trieste.

Riassunto: È stato effettuato il calcolo del bilancio idrologico del F. Ledra e della falda freatica del Campo di Osoppo-Gemona per l'anno 1.3.1989-28.2.1990. Le portate naturali medie alla foce del F. Ledra (deflussi) sono state pari a 12.08 mc/s e derivano (afflussi) dal ruscellamento superficiale confluyente in questo corso d'acqua (1.54 mc/s) e dagli apporti freatici tramite i corsi di risorgiva (10.54 mc/s). Questi ultimi sono costituiti dalle emersioni delle dispersioni laterali del F. Tagliamento (6.71 mc/s), delle infiltrazioni profonde provenienti dai massicci carbonatici esterni al bacino riconoscibile (2.53 mc/s ?), delle infiltrazioni meteoriche efficaci (1.12 mc/s ?). Il bilancio del corso d'acqua risulta quindi fortemente influenzato da afflussi esterni al suo bacino riconoscibile, come viene confermato dal coefficiente di deflusso che risulta essere di 2.65.

Il bilancio idrologico generale della falda freatica del Campo di Osoppo-Gemona ha mostrato invece che i deflussi globali ammontano a 17.50 mc/s (10.54 mc/s tramite i corsi di risorgiva tributari del F. Ledra, 6.0 mc/s tramite quelli tributari direttamente del F. Tagliamento, 0.96 mc/s per gli emungimenti per acque potabili) e derivano dalle precipitazioni efficaci sulle 5 unità idrogeologiche costituenti il bacino riconoscibile (1.42 mc/s), dalle infiltrazioni per le irrigazioni (0.21 mc/s) ma soprattutto dalle dispersioni in sinistra del F. Tagliamento (12.14 mc/s) e dalle infiltrazioni profonde dai massicci carbonatici esterni al bacino (3.73 mc/s). La quantificazione dei diversi afflussi è stata effettuata anche sulla base delle differenze di composizione chimica delle acque di risorgiva e di quelle dalle quali parzialmente derivano e cioè le acque correnti del F. Tagliamento. Vengono anche presentati 2 schemi del «ciclo dell'acqua», rispettivamente per l'intero Campo di Osoppo-Gemona e per una sua distinzione in due aree che sono più significative ai fini di una gestione razionale delle risorse idriche sotterranee.

Summary: The hydrologic budget of the Ledra River and of the ground water of the Osoppo-Gemona Plain (Northeastern Italy) was carried out for the year March 1, 1989-February 28, 1990. The hydrologic budget of the Ledra River indicates that its natural mean discharge at the mouth was 12.08 mc/s. This comes from the surface runoff (1.54 mc/s) and the phreatic discharge of the tributary rivers (10.54 mc/s) which derive from the Osoppo-Gemona Plain springs. The plain spring waters consist of the emergence of the left side leakage of the Tagliamento River (6.71 mc/s), of the deep infiltrations coming from the carbonatic massifs surrounding the plain (2.53 mc/s ?), of the meteoric infiltrations of the recognizable basin (1.12 mc/s ?) and of the irrigation recharge (0.18 mc/s ?). The water course hydrologic budget is therefore strongly affected by exterior inflows to the recognizable basin, as confirmed by the annual discharge/annual precipitation ratio which is 2.65.

The hydrologic budget of the ground water of the Osoppo-Gemona Plain has

* Studio eseguito nell'ambito della linea di ricerca «Vulnerabilità degli Acquiferi di Zone ad Alto Rischio (VAZAR)» del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R.; Unità operativa 4.7 (Trieste) - pubbl. n. 389.

indicated how the total discharge amounts to 17.50 mc/s and derives from the infiltrations of five hydrological units which form the recognizable groundwater basin (1.42 mc/s), from recharge of the irrigations (0.21 mc/s) and, chiefly, from the left side leakage of the Tagliamento River (12.14 mc/s) and from the deep infiltrations of carbonatic massifs exterior to the recognizable drainage basin. The quantification of various inflows has been carried out also on different chemical composition of plain spring waters and of surface flowing waters of the Tagliamento River from which they partly derive. Two schemes of the hydrologic cycle for the whole Osoppo-Gemona Plain and for its two area distinction, which are more important for the rational management of the groundwater resources, are also presented.

Introduzione

La conoscenza sempre più approfondita dell'idrologia superficiale e sotterranea del Campo (o Piana o Pianura) di Osoppo-Gemona (*Fig. 1*) è di fondamentale importanza per l'intera Regione Friuli-Venezia Giulia in quanto esso ospita una falda che è fra le principali fonti di alimentazione per acque potabili.

Dai 12 pozzi del Consorzio Acquedotto Friuli Centrale, in località Molin del Bosso, vengono prelevate in continuo portate che possono giungere, durante i periodi siccitosi, a 1,8 mc/s e che, unitamente ad altre integrative al di fuori del Campo di Osoppo-Gemona (per un totale massimo di 3,5 mc/s), servono 64 Comuni compresa la città di Udine.

Le utenze collegate a contatore raggiungono le 80.000 unità e corrispondono ad una popolazione di circa 300.000 abitanti residenti.

Per sottolineare ulteriormente l'importanza regionale del Consorzio acquedottistico basti considerare che le condotte adduttrici sviluppano una lunghezza di 1.200 km, quelle di distribuzione di 2.500 km e l'intera rete si estende su un territorio di 2.500 km²; dal F. Tagliamento alle Valli del Natissone e dalle Prealpi Carniche e Giulie al Mare Adriatico.

La qualità delle acque sotterranee del Campo di Osoppo-Gemona deve quindi essere assolutamente salvaguardata e per far ciò è di fondamentale importanza la conoscenza sia delle fonti di alimentazione che delle caratteristiche geoidrologiche dell'acquifero.

Per la corretta gestione delle risorse sotterranee è invece indispensabile la definizione del bilancio idrologico della falda in quanto è quest'ultimo che definisce quantitativamente i diversi afflussi freatici e quindi, in definitiva, la disponibilità idrica.

La litologia della pianura, la geometria e la dinamica della falda e le sue fonti di alimentazione sono attualmente sufficientemente note per i numerosi studi al riguardo (Bottino et Al., 1980 e vedi in Giorgetti e Stefanini, 1989a) mentre il bilancio idrologico della falda stessa è stato fino ad oggi affrontato solo in modo approssimativo e parziale (Stefanini & Catani, 1977; Mosetti, 1983).

Inquadramento idrogeologico del Campo di Osoppo-Gemona

Il Campo di Osoppo-Gemona (*Fig. 1*) è una piana alluvionale che corrisponde arealmente alla parte centrale ed orientale di un antico bacino la-

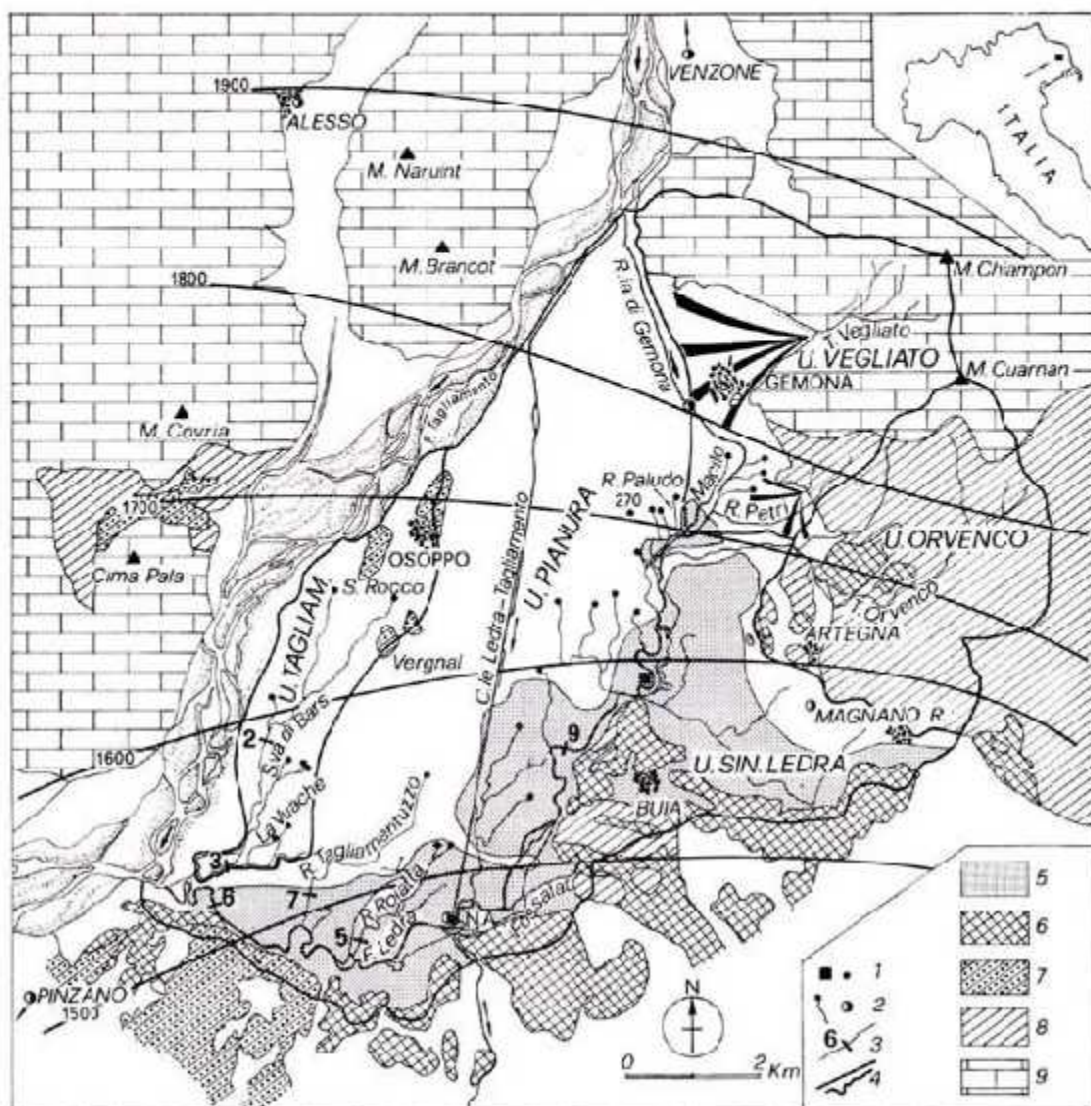


Fig. 1 - Il Campo di Osoppo-Gemona. 1) - prese del Consorzio Acquedotto Friuli Centrale e pozzo di riferimento dei livelli freatici; 2) - corso di risorgiva e stazione meteorologica; 3) - ubicazione e sigla delle stazioni di misura delle portate; 4) - isoiete (in mm) e limiti delle unità idrogeologiche; 5) - aree impermeabili di pianura; 6) - depositi morenici della cerchia interna dell'anfiteatro del Tagliamento; 7) - rocce conglomeratiche ed arenarie debolmente cementate; 8) - flysch ss., flysch calcareo, molasse; 9) - rocce carbonatiche.

custre i cui resti sono attualmente costituiti dal Lago di Cavazzo e dal laghetto di Ragogna.

Il lago primitivo si formò conseguentemente al ritiro dei ghiacciai wurmiani del sistema Tagliamento-Fella che, retrocedendo, esposero una vasta depressione morfologica sbarrata a valle dalle cerchie moreniche frontali (circa 10.000 anni fa).

Le alluvioni del F. Tagliamento, selezionate dalle più grossolane a monte (ghiaie e sabbie) alle più fini a valle (sabbie, argille, limi), hanno interessato tutta la parte di bacino corrispondente all'attuale Campo di

Osoppo-Gemona, ad eccezione della sua fascia più orientale che è stata occupata dalla conoide del T. Vegliato e da quelle del R. Petri e T. Orvenco.

Il limite occidentale della pianura è segnato dal corso del F. Tagliamento che scorre ai piedi dei rilievi calcarei mesozoici del M. Brancot, M. Covria e Cima Pala; il limite meridionale è invece definito dalle cerchie più interne dell'anfiteatro morenico mentre il limite orientale è costituito, oltre che dall'unghia delle citate conoidi del T. Vegliato, del R. Petri e del T. Orvenco, dalla base dei massicci calcarei del M. Chiampon e del M. Cuarnan che, per contatto tettonico a SE di Gemona (Sovrascorrimento Periadriatico), sono seguiti verso meridione dal flysch marnoso arenaceo di Artegna e Magnano in Riviera.

Le alluvioni del Campo di Osoppo-Gemona sono in generale da permeabili a molto permeabili e poggiano su un substrato roccioso che a causa del sovrascorrimento periadriatico è anch'esso carbonatico nella parte settentrionale e flyschoidale in quella meridionale (Giorgetti & Stefanini, 1989a). La superficie di separazione dei due complessi rocciosi corre grossomodo lungo il parallelo che passa per Gemona.

Nel Campo di Osoppo-Gemona è presente una unica falda freatica che nel lobo sud-orientale della pianura (Piana di Artegna-Buia) ed immediatamente a ridosso delle cerchie moreniche interne si trasforma in debolmente artesianiana per una sottile copertura superficiale impermeabile di limi ed argille potente qualche metro (Fig. 4).

La falda freatica affiora poi verso meridione dando luogo ad una serie di risorgive (linea o fascia delle risorgive) dalle quali si originano numerosi corsi d'acqua quasi tutti confluenti nel F. Ledra. Esse si snodano senza soluzione di continuità dai colli meridionali di Osoppo (Colle di S. Rocco e Col Vergnal) fino a SE di Gemona (località Godo).

Solo da alcune risorgive ubicate a SO di Osoppo e di Rivoli di Osoppo si originano dei rii che confluiscono in un altro collettore («Sorgiva di Bars») che sbocca direttamente nel F. Tagliamento dopo aver ricevuto in sinistra, poco prima della foce, il suo più importante affluente chiamato localmente «La Vuache». Quest'ultimo, come indicano le vecchie Tavole I.G.M., era anch'esso un affluente del F. Ledra fino agli anni '50.

Le cause che provocano l'emersione delle acque freatiche sono ormai note (Stefanini & Catani, 1977; Bottino et Al., 1980; Giorgetti & Stefanini, 1989a) e tutte riconducibili a fattori che limitano o bloccano la loro circolazione sotterranea quali:

— la diminuzione progressiva da monte a valle della permeabilità dell'acquifero;

— la forma concava del substrato roccioso che termina a valle con una soglia rocciosa, poco o per nulla permeabile (conglomerati e flysch), talora affiorante (M. di Ragogna, Susans, Buia, Borgo Zurini, Collerumiz);

— l'ostacolo costituito dalle radici sepolte dell'anfiteatro morenico, scarsamente permeabili, che poggiano forse in modo continuo sul basamento roccioso flyschoidale.

Tutti questi impedimenti fanno sì che le acque freatiche del Campo

di Osoppo-Gemona rimangono confinate nell'area di pianura e trovano il loro sfogo naturale nella sola emersione in corrispondenza delle risorgive e nel drenaggio diretto dell'alveo del F. Ledra.

Si costituisce così un sistema di circolazione con chiusura a valle nel quale, come accennato, quasi tutte le risorgive confluiscono nel F. Ledra le cui portate dipendono praticamente da questa sola fonte.

Se esistono vie profonde di comunicazione che permettano alle acque freatiche del Campo di Osoppo-Gemona di sottopassare l'apparato morenico ed entrare nell'Alta Pianura Friulana, esse debbono essere assai limitate, ininfluenti in uno schema generale, e localizzate in corrispondenza di possibili varchi fra il substrato roccioso e la base delle morene, varchi riempiti di vecchie alluvioni permeabili del F. Tagliamento precedenti alla fase glaciale.

Anche tale ipotesi tuttavia, che potrebbe essere comprovata dalla composizione chimica delle acque sotterranee dell'Alta Pianura Friulana, dato che quelle del Campo di Osoppo-Gemona sono marcate da notevoli concentrazioni di costituenti naturali (ioni solfato > 70 mg/l. Sr > 0.5 mg/l), non è mai stata confermata.

Le acque freatiche dell'Alta Pianura Friulana immediatamente a valle dell'anfiteatro morenico del Tagliamento presentano infatti contenuti molto bassi di SO_4 (< 30 mg/l) e di Sr (< 0.1 mg/l; Stefanini, 1978) per cui è da tenere in scarsa considerazione, se non escludere del tutto, la possibilità di un loro collegamento con le acque sotterranee del Campo di Osoppo-Gemona.

Ecco quindi che il modello di una circolazione freatica del Campo di Osoppo-Gemona arginata a valle viene ancor più rafforzato e ciò sarà di grande utilità nel calcolo del bilancio idrologico della falda in quanto restringe alle sole portate delle risorgive, ed in definitiva a quelle del F. Ledra e della Sorgiva di Bars, il computo dei deflussi freatici.

A queste portate andranno poi aggiunti tutti i prelievi artificiali di acque sotterranee convogliati «al di fuori del Campo di Osoppo-Gemona», cioè al di fuori del sistema idrologico, che se non fossero effettuati andrebbero anch'essi ad ingrossare le risorgive. Tali emungimenti si riducono in pratica solo a quelli operati dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale che, come detto, possono ammontare temporaneamente ad un massimo di 1.8 mc/s.

Gli altri prelievi, fra cui i maggiori quelli della Gemona Manifatture S. p. A. (0.2 mc/s) e del complesso industriale di Rivoli di Osoppo (0.25 mc/s), vengono scaricati nell'area di pianura, cioè nell'ambito del sistema, e di essi quindi non si dovrà tener conto nel calcolo dei deflussi freatici.

Per quanto riguarda invece gli afflussi alla falda, gli studi effettuati al riguardo e basati sia sulla composizione delle acque sotterranee che sull'andamento delle isofreatiche (Stefanini & Catani, 1977; Mosetti F., 1983; Stefanini, 1987) e quelli basati sulla prospezione remote sensing e termografica (Bottino et Al., 1980) dimostrano che le fonti di alimentazione sono molteplici e costituite, oltre che dalle ovvie precipitazioni efficaci e da scarse quantità dovute alle irrigazioni, dalle dispersioni in sinistra del F. Tagliamento, da quelle dei corsi d'acqua orientali (T. Vegliato, R. Grideule,

R. Glemine, R. Petri, T. Orvenco) e da apporti provenienti dai massicci carbonatici che circondano la pianura sul lato occidentale ed orientale.

Questi ultimi apporti possono entrare in falda sia dai fianchi del bacino che dal suo fondo ma nella sola parte centro-settentrionale che, come accennato, è impostata in rocce carbonatiche. Nell'altra, meridionale, il substrato è flyschoidale e quindi impermeabile o scarsamente permeabile.

Gli afflussi profondi dai massicci carbonatici costituiscono una grossa difficoltà in quanto estendono il bacino idrogeologico anche al di fuori del Campo di Osoppo-Gemona ed in maniera solo grossolanamente definibile. Ne deriva che il calcolo reale degli afflussi potrà essere effettuato solo per la parte di bacino riconoscibile mentre per il resto essi saranno valutati globalmente su basi idrochimiche senza quantificare direttamente le precipitazioni, l'evapotraspirazione, il ruscellamento, ecc.

L'entità degli apporti sotterranei provenienti dal F. Tagliamento è stata fino ad oggi ipotizzata in base a considerazioni di larga massima in quanto mancavano dati esaurienti sulla composizione delle acque di risorgiva sui quali fondare le varie relazioni idrochimiche.

Uno studio recente al riguardo (Giorgetti & Stefanini, 1989b) ha permesso di superare tale difficoltà ed ora sono possibili stime precise fondate sui diversi contenuti di ioni solfato nelle acque di risorgiva ed in quelle del F. Tagliamento.

Il bilancio idrologico della falda e del F. Ledra è stato effettuato per un periodo di tempo di 1 anno, dal 1-3-1989 al 28-2-1990, periodo troppo breve per essere considerato rappresentativo di una condizione media. Ciò, tuttavia, non è stata una scelta ma una necessità dettata dal fatto che solo dal marzo 1989 sono disponibili misure precise di portata in un punto chiave di tutto il sistema e cioè il nodo idraulico di Andreuzza.

Le misure di portata

Le misure dirette di portata nei vari corsi d'acqua (*Fig. 1*) sono state effettuate nei giorni 19-3, 9-6 e 12-9-1988 e, per il complesso di stazioni scelte, nell'ambito di un solo giorno.

E' stato usato un molinello idraulico molto sensibile (A. Ott. Kempton tipo 10002) preventivamente tarato nella vasca dell'Istituto di Ingegneria Navale dell'Università di Trieste.

In ogni stazione, di cui si è ricostruita la sezione bagnata, sono state misurate le velocità della corrente in corrispondenza di verticali spaziate fra 1 e 2 m e ad intervalli di profondità di 20 cm partendo dal fondo.

Le portate sono state calcolate con il metodo descritto da Moratti (1986) ed i dati ottenuti compaiono in *Tab. 1*.

Si è cercato di far coincidere i giorni delle misurazioni delle portate con le condizioni di piena, magra ed intermedie della falda e la validità dei periodi scelti è stata verificata a posteriori quando si è potuto disporre dei dati sulle fluttuazioni freatiche in alcuni pozzi controllati dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale (rilevamenti dei livelli ogni 9 giorni) per conto

Tabella 1 - Misure di portata nell'anno 1988 (mc/s).

Giorno/ mese	n. 2 Sorgiva di Bars	n. 5 Rio La Vuache	n. 5 Rio Ro:atta	n. 6 Foce F. Ledra	n. 7 R. Taglia- mentuzzo	n. 9 Fiume Ledra
19/3	4.38	1.22	0.52	2.81	0.48	5.13
9/6	5.18	1.88	0.75	14.77	0.68	10.87
12/9	3.53	1.56	0.60	17.84	0.58	5.99
Medie	4.36	1.55	0.62	*	0.58	6.66

* Le portate del F. Ledra alla foce sono modificate artificialmente.

della Direzione Regionale Ambiente della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia.

In particolare, dalle variazioni registrate nel pozzo n. 270 (Fig. 2), ubicato nell'area centrale di pianura poco a monte delle risorgive (Fig. 1), è risultato che il 19-3 è coinciso con il periodo di minimo annuale della falda, il 9-6 con un massimo relativo ma molto vicino a quello assoluto an-

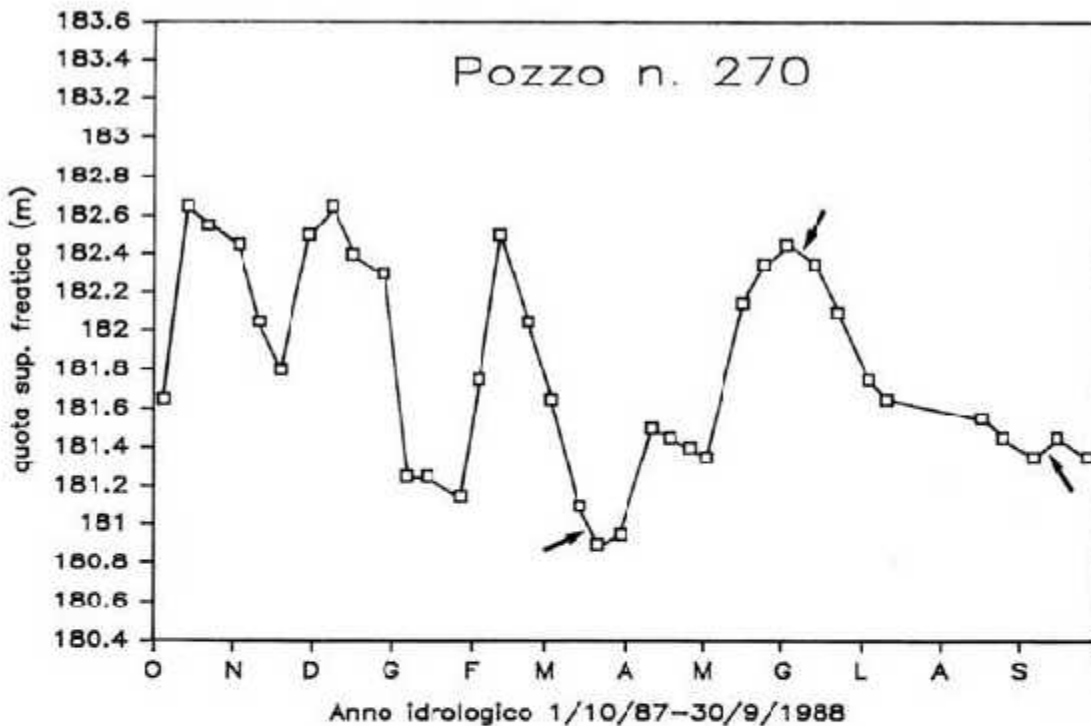


Fig. 2 - Oscillazioni freatiche nel pozzo di riferimento n. 270 (Fig. 1) durante l'anno idrologico 1/10/1987-30/9/1988. Le frecce indicano i periodi delle misurazioni di portata dei corsi d'acqua nelle sezioni indicate in Fig. 1.

nuale mentre durante il 12-9 la condizione della falda era intermedia anche se spostata verso una fase di scarso impinguamento.

Calcolo delle portate del F. Ledra e dei deflussi freatici

a) - Le portate del F. Ledra alla foce

a.1) - Il nodo idraulico di Andreuzza

Le portate del F. Ledra osservabili alla foce non sono quelle naturali bensì delle portate «modificate» per la presenza all'inizio del suo tronco inferiore del cosiddetto «nodo idraulico» di Andreuzza (Fig. 3).

Il nodo è formato dall'intersezione fra il corso naturale del F. Ledra ed il Canale artificiale di irrigazione Ledra-Tagliamento; quest'ultimo è stato costruito per garantire nel tronco di canale a valle del nodo portate una volta stimate sufficienti per i fabbisogni irrigui dell'Alta Pianura Friulana centrale (25.5 mc/s).

Nel nodo idraulico confluiscono quindi le portate del tratto superiore del Canale Ledra-Tagliamento (Canale Sussidiario), che sono prelevate direttamente dal F. Tagliamento nei pressi di Ospedaletto, e quelle del tronco iniziale e mediano del F. Ledra.

Le portate globali sono poi ripartite nel tratto di canale a valle del nodo (Canale Principale) e nella prosecuzione del corso naturale del F. Ledra.

Le concessioni per le derivazioni ammontano a 21.5 mc/s alla presa del Canale Sussidiario ad Ospedaletto ed a 4.5 mc/s per il F. Ledra in entrata al nodo di Andreuzza.

Nel Canale Principale in uscita dal nodo vengono immessi mediamente circa 25 mc/s, mentre gli esuberanti temporanei sono scaricati nel corso del F. Ledra.

In tali condizioni è evidente che le portate del F. Ledra alla foce dipendono dagli scarichi nel suo alveo al nodo di Andreuzza e sono quindi delle portate modificate. Per risalire a quelle naturali, cioè a quelle che dovrebbero essere se il nodo non esistesse, è necessario bypassare quest'ultimo ed aggiungere alle portate del F. Ledra in entrata quelle confluenti nel tratto a valle del nodo stesso.

Dalla fine del febbraio 1989 le portate immesse nel Canale Principale vengono misurate quotidianamente in maniera molto precisa mediante una batteria di molinelli idraulici. Prima di tale data invece le misurazioni venivano effettuate tramite una scala idrometrica ed erano approssimative in quanto alterate dai rigurgiti operati dalla centrale idroelettrica della Fantoni S.p.A. di Osoppo posta lungo il Canale Principale in località S. Mauro.

Dal 1-3-1989 è quindi possibile risalire alle portate reali del F. Ledra in entrata al nodo di Andreuzza (che indicheremo come LE) in base ai dati giornalieri, rilevati a cura del Consorzio Ledra-Tagliamento, relativi alle portate:

- del Canale Sussidiario ad Ospedaletto (CS);
- del Canale Principale ad Andreuzza (CP);
- del F. Ledra in uscita dal nodo (LU).

Dato che le portate globali in entrata al nodo debbono essere uguali

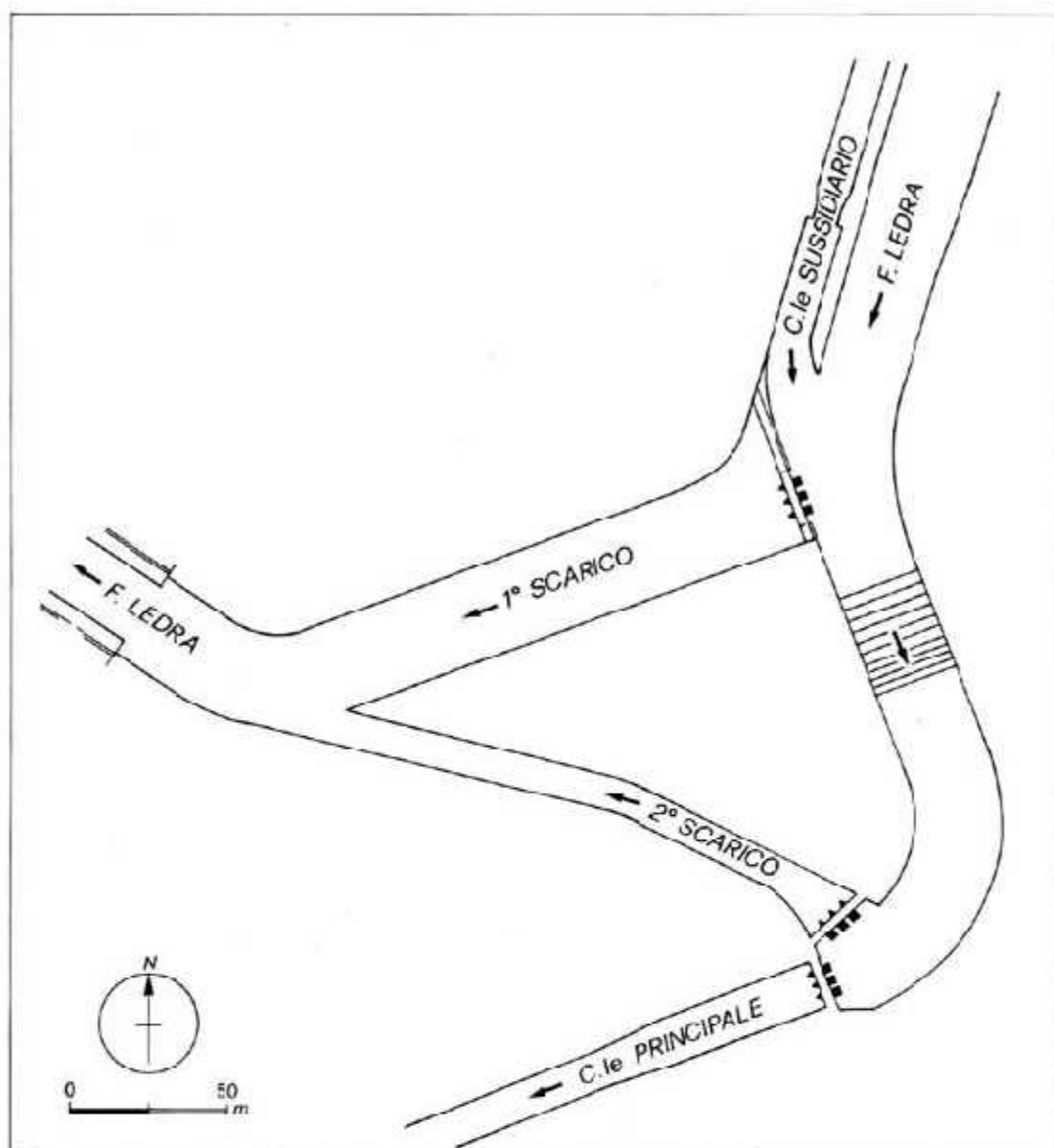


Fig. 3 - Il «nodo idraulico» di Andreuzza fra il Canale Ledra-Tagliamento (Canale Sussidiario e Canale Principale) ed il F. Ledra.

a quelle globali in uscita ($LE + CS = LU + CP$), le portate del F. Ledra in entrata risultano $LE = LU + CP - CS$.

Le portate del Canale Sussidiario misurate ad Ospedaletto non corrispondono però a quelle in arrivo al nodo in quanto, in questo tratto, vengono effettuate delle derivazioni per irrigazione dello stesso Campo di Osoppo-Gemona che dovranno quindi essere quantificate e sottratte.

a.2) - Le derivazioni per irrigazione dal Canale Sussidiario

Nel Campo di Osoppo-Gemona esistevano fino al 1989 due comprensori irrigui che sono stati unificati nell'attuale Consorzio di Bonifica dell'Alto Friuli.

I canali principali di distribuzione e le loro portate massime sono elencati nella *Tab. 2* (Consorzio Ledra Tagliamento, 1983).

Durante il periodo irriguo le derivazioni dal Canale Sussidiario vengono tutte impiegate per le adacquature e le restituzioni si possono considerare nulle. In tale periodo quindi non esiste nessun travaso di acque dal Canale Sussidiario ad altri rii mentre ciò avviene durante gli altri mesi in quanto alcuni canali vengono tenuti in parziale esercizio per ragioni di pulizia e per esigenze locali.

I collegamenti, schematizzati in *Fig. 5*, sono fra il canale I Gemona ed il F. Ledra (150 l/s), in sinistra del Canale Sussidiario, e, in destra, fra il III Osoppo ed il F. Ledra (100 l/s) e fra l' XI Osoppo ed il R. Tagliamento (100 l/s) che confluisce a sua volta nel F. Ledra.

Altri canali, sempre nel periodo non irriguo, vengono completamente chiusi (I, II, IV, V Osoppo e II Gemona) mentre la Roggia Stroili ed il III Gemona rimangono attivi ma si reimmettono nel Canale Sussidiario.

Per il calcolo delle portate del F. Ledra che giungono al nodo di Andrezza la differenza fra le condizioni delle derivazioni durante il periodo irriguo e non è influente dato che quello che conta è la portata del Canale Sussidiario in entrata al nodo stesso che dovrà essere sottratta alla globalità delle portate in uscita.

Ben diverso è invece il calcolo per risalire alle sole portate della falda freatica al F. Ledra che dovrà definire gli apporti esterni che giungono a questo corso d'acqua e quindi anche quelli dei canali di irrigazione.

Nell'anno idrologico considerato le portate derivate dal Canale Sussidiario per i 50 giorni di irrigazione (10 luglio-28 agosto) sono state abbastanza modeste (*Tab. 3*) e pari in media a 2,195 mc/s. Esse corrispondono ad un totale di 9.484.042 mc con un valore medio, riferito all'anno idro-

Tabella 2 - Portata massima delle derivazioni dal Canale Sussidiario Ledra-Tagliamento per irrigazioni del Campo di Osoppo-Gemona.

Comprensorio di Bonifica di Osoppo		Comprensorio di Bonifica Integrale di Gemona	
Canali di distribuzione	portata max (l/s)	Canali di distribuzione	portata max (l/s)
I Osoppo	285	I Gemona	1460
II Osoppo	320	R.a Stroili	160
III Osoppo	181	II Gemona	280
IV Osoppo	281	III Gemona	800
V Osoppo	268		2700
XI Osoppo	287		
Totali	1620		
TOTALE GENERALE - 4520 l/s			

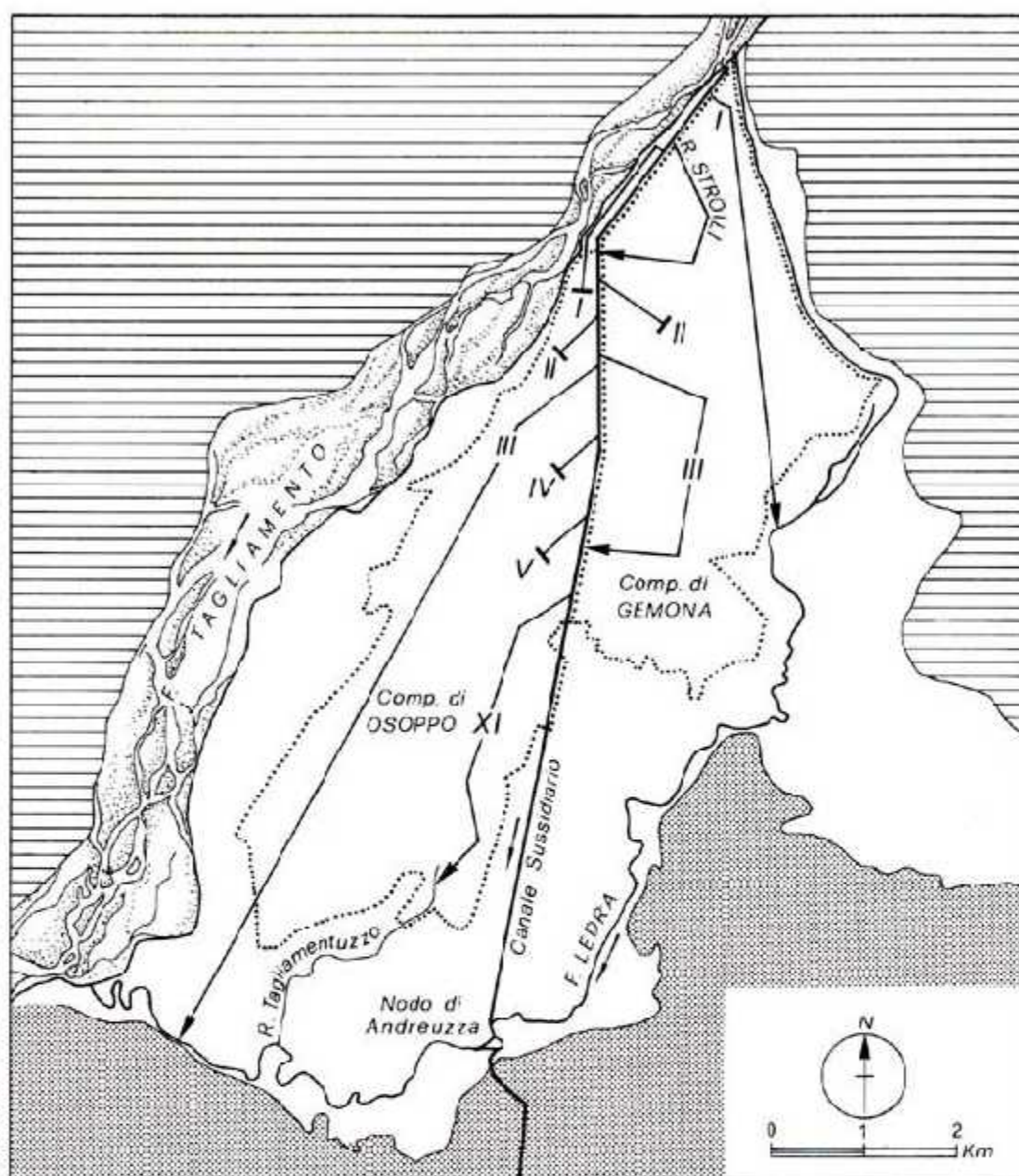


Fig. 5 - Schema della circolazione nei canali principali dei Compensatori di Osoppo e Gemona durante il periodo non irriguo.

logico, di 0.30 mc/s. La parte di esse che sfugge all'evapotraspirazione si infiltra nel sottosuolo raggiungendo la falda per cui bisognerà tenerne conto nel computo del bilancio di quest'ultima.

Disponendo dei dati precisi sulle derivazioni giornaliere dal Canale Sussidiario sia per il periodo irriguo che durante il resto dell'anno è stato quindi possibile, come detto, calcolare le portate reali giornaliere di tale canale in entrata al nodo di Andreuzza dalle quali dedurre quelle del F. Ledra in arrivo al nodo stesso: queste ultime sono risultate di 9.14 mc/s.

Tabella 3 - Derivazioni dal Canale Sussidiario Ledra-Tagliamento per irrigazione del Campo di Osoppo-Gemona nel periodo 10/7-28/8/1989.

Portate	Canali del Comprensorio di Gemona				Canali del Comprensorio di Osoppo						Totali
	I	R. Str.	II	III	I	II	III	IV	V	XI	
l/s-50 gg	1500	151	118	193	38	53	26	16	7	93	2195
Totale mc	6480000	651802	509760	855315	162259	228874	113011	70243	31450	401328	9484042
Media come mc/s-anno	0.205	0.021	0.016	0.026	0.005	0.007	0.004	0.002	0.001	0.012	0.300

Tabella 4 - Dati di portata media mensile per l'anno idrologico 1/3/1989-28/2/1990 dedotti dai dati giornalieri (mc/s).

Anno - mese	C.le Sussi- diario ad Ospedaletto	Derivazioni dal Canale Sussidiario	C.le Sussi- diario ad Andreuzza	C.le Prin- cipale ad Andreuzza	Scarico nel Ledra ad Andreuzza	F. Ledra in entrata ad Andreuzza	Roggia di Gemona ad Ospedaletto	Scarichi i Roggia Gemona	Apporti artificiali F. Ledra	Portata freat. + ruscella- mento al F. Ledra
	A	B	C (A-B)	D	E	F (D+E-C)	G	H	I (G+H)	L (F-I)
1989										
Marzo	16.91	0.35	16.56	20.23	4.12	7.80	0.10	0.15	0.25	7.55
Aprile	17.97	0.35	17.62	24.49	6.70	13.57	0.10	0.15	0.25	13.32
Maggio	19.39	0.35	19.04	27.58	1.73	10.28	0.10	0.15	0.25	10.03
Giugno	20.20	0.35	19.85	26.18	2.52	8.85	0.10	0.15	0.25	8.60
Luglio	20.26	1.49	18.77	28.57	1.08	10.88	0.13	0.04	0.17	10.71
Agosto	20.82	2.19	18.63	26.51	0.70	8.58	0.15	0.01	0.17	8.41
Settembre	18.64	0.35	18.29	24.79	0.50	7.00	0.10	0.15	0.25	6.75
Ottobre	15.98	0.35	15.63	21.42	0.10	5.88	0.10	0.15	0.25	5.63
Novembre	17.25	0.35	16.90	25.02	0.96	9.08	0.10	0.15	0.25	8.83
Dicembre	16.24	0.35	15.89	23.72	1.30	9.13	0.10	0.15	0.25	8.88
1990										
Gennaio	17.24	0.35	16.89	24.12	2.53	9.75	0.10	0.15	0.25	9.50
Febbraio	17.62	0.35	17.27	21.26	4.29	8.28	0.10	0.15	0.25	8.03
Media annua	18.26	0.60	17.65	24.68	2.11	9.14	0.11	0.13	0.24	8.90

Tutti i dati necessari per il calcolo, riassunti per brevità in medie mensili, sono elencati in *Tab. 4* nelle colonne A, B, C, D, E, F.

Nell'anno idrologico considerato le portate giornaliere del F. Ledra in arrivo al nodo (*Fig. 6a*) sono variate, se non si considerano le punte estreme dovute evidentemente al gioco degli scarichi, da un minimo di 4.65 mc/s (30-5-1989) ad un massimo di 24.70 mc/s (4-4-1989).

Il diagramma delle portate mostra una quasi perfetta correlazione con quello delle precipitazioni registrate a Gemona (*Fig. 6b*), ad eccezione dell'evento del 24-6-1989. In tale giorno sono caduti 88.8 mm di pioggia senza una apparente variazione di portata del F. Ledra ad Andreuzza.

La ragione di questa discrepanza potrebbe dipendere sia dalle differenze dei momenti delle letture di portata ad Andreuzza e l'effettivo arrivo delle massime, sia ad una mancata registrazione delle manovre delle paratie dovute a tempi brevi, sia ad un errore di trasmissione dei dati.

Come detto precedentemente, la portata media del F. Ledra in entrata al nodo di Andreuzza è risultata di 9.14 mc/s e per risalire alla sua portata media alla foce deve essere aggiunta ancora quella media di tutti i contributi affluenti nel tratto fra il nodo stesso e la foce.

a.3) - Gli apporti al F. Ledra fra il nodo di Andreuzza e la foce

Nel tratto terminale del F. Ledra a valle del nodo di Andreuzza confluiscano alcuni corsi di risorgiva fra cui, i più importanti, il R. Tagliamentuzzo ed un rio chiamato localmente R. Roiatta (*Fig. 1*).

La totalità di questi apporti corrisponde alle portate del F. Ledra alla foce nei giorni in cui, al nodo, non viene scaricato in alveo alcun contributo oppure, negli altri periodi, alla differenza fra le portate alla foce e quelle scaricate al nodo. In questo ultimo caso, per le portate precedenti al marzo 1989, si deve tener conto di una certa imprecisione stimabile intorno ad un paio di centinaia di litri al secondo.

Per i calcoli di cui sopra sono disponibili alcuni vecchi dati del Consorzio Ledra Tagliamento relativi agli anni 1954-1956 e quelli ottenuti nel 1988 durante le nostre campagne di misure (*Tab. 5*).

Si fa presente che dalle portate del F. Ledra alla foce negli anni 1954-1956, per essere paragonate con quelle attuali, debbono essere tolti i tributi del corso di risorgiva La Vuache (Sez. 3 in *Fig. 1*) che allora confluiva nel F. Ledra mentre oggi sbocca nel tratto terminale della Sorgiva di Bars. In base ai dati da noi rilevati risulta che la portata media del R. La Vuache è pari a 1.55 mc/s (*Tab. 1*).

I calcoli mostrano che gli apporti globali al F. Ledra fra il nodo di Andreuzza e la foce sono quantificabili mediamente in 3.35 mc/s (*Tab. 5*).

Per verificare la loro origine sono state misurate le portate dei maggiori corsi di risorgiva affluenti quali il R. Tagliamentuzzo (Sez. 7) ed il R. Roiatta (Sez. 5).

Risulta per il R. Tagliamentuzzo (*Tab. 1*) una portata variabile fra 0.48-0.68 mc/s (media delle misure 0.58 mc/s) e per il R. Roiatta una portata fra 0.52-0.75 mc/s (media 0.62 mc/s): la loro portata globale media è quindi di 1.20 mc/s.

Questo valore deve ritenersi valido e rappresentativo in quanto altre 17 misure del solo R. Tagliamentuzzo, effettuate negli anni 1954-1961 a

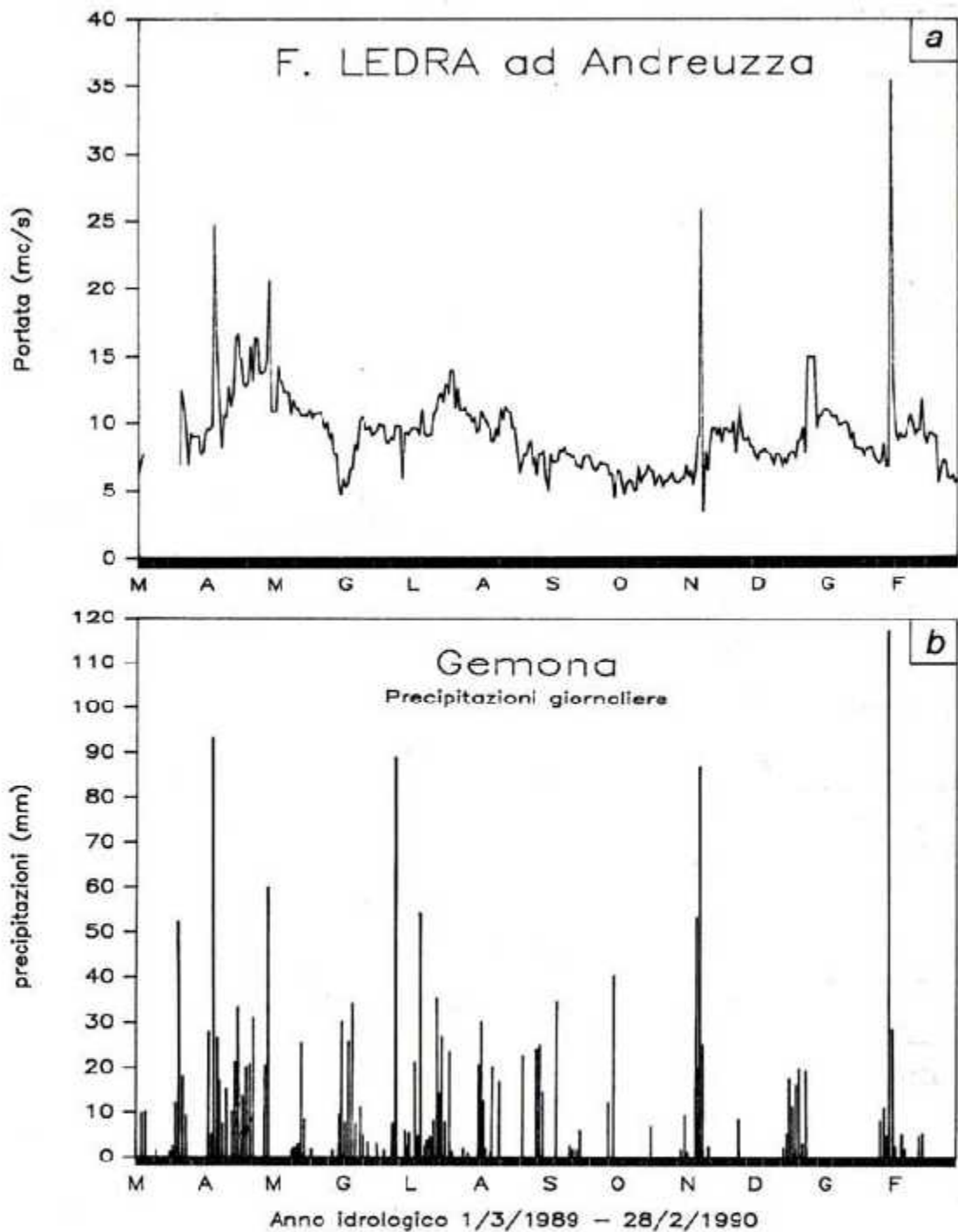


Fig. 6 - Portate del F. Ledra al nodo idraulico di Andreuzza (a) e precipitazioni piovose alla stazione di Gemona (b).

cura del Consorzio Ledra-Tagliamento (Tab. 6), hanno fornito un valore medio di 0.60 mc/s (fra 0.35-0.89 mc/s) quindi in perfetto accordo con quello da noi ottenuto (0.58 mc/s).

Anche altri dati molto più vecchi, che risalgono agli anni 1931-1932 (Salvini, 1938), sono ancora congruenti con quelli da noi ottenuti in quanto

Tabella 5 - Apporti globali al F. Ledra nel tratto fra il nodo di Andreuzza e la foce (mc/s)

Anno	Giorno/ mese	Foce F. Ledra (A)	Scarico nel F. Ledra ad Andreuzza (B)	Apporto globale al F. Ledra (A—B)
1954	26/1	3.61	0	3.61
	4/3	5.81	0.69	5.12
1955	16/3	6.51	2.50	4.01
	5/5	5.98	2.10	3.88
	11/6	8.02	4.56	3.46
	27/8	5.86	0.95	4.91
1956	3/3	4.30	0	4.30
Portata media				4.18 —
Portata media attuale del R. La Vuache				1.55 =
Portata media riferita alle condizioni attuali				2.63
1988	19/3	2.81	0	2.81
	9/6	14.77	10.00*	4.77*
	12/9	17.84	13.20*	4.64*
Portata media				4.07
PORTATA MEDIA GENERALE (2.63 + 4.07)/2				3.35 mc/s

* Dati approssimativi per la lettura su scala idrometrica delle portate inviate nel Canale Principale al nodo di Andreuzza.

Tabella 6 - Portate del R. Tagliamentuzzo alla foce.

Anno	Giorno/ mese	Portata mc/s	Anno	Giorno/ mese	Portata mc/s
1954	26/1	0.349	1957	19/7	0.773
	4/3	0.392		1958	4/2
1955	12/2	0.470			29/10
	16/3	0.431	1959	6/2	0.774
	5/5	0.416			8/10
	11/6	0.893	1960	13/9	0.744
22/11	0.834				
1956	3/3	0.401			
	16/5	0.833			
	25/7	0.827			
	25/9	0.523			
PORTATA MEDIA =					0.602 mc/s

indicano per il R. Tagliamentuzzo un valore medio di 0.62 mc/s e per il R. Roiatta 0.86 mc/s.

Nel tratto fra il nodo di Andreuzza e la foce il F. Ledra riceve quindi dai corsi di risorgiva «misurati» 1.20 mc/s in media, mentre il contributo totale è, come visto, di 3.35 mc/s.

La differenza è attribuibile solo in piccola parte agli altri corsi di risorgiva confluenti «non misurati», che sono di scarsa importanza e poco numerosi, il resto è dovuto sia al travaso di acque dal Canale Sussidiario tramite i canali durante il periodo non irriguo, sia al ruscellamento superficiale, sia all'immissione diretta in alveo delle acque sotterranee, alveo che è notevolmente inciso nella coltre alluvionale e quindi drenante. Nel tratto terminale esso raggiunge anche i 6-8 m sotto il piano campagna ed è impostato, seppur localmente, nei livelli permeabili saturi al di sotto della coltre superficiale impermeabile che caratterizza la pianura a ridosso dell'anfiteatro morenico (Giorgetti & Stefanini, 1989a).

Per quanto detto fino ad ora, la portata media del F. Ledra alla foce, per l'anno idrologico considerato, risulta di 12.49 mc/s che sono la somma fra le portate medie in entrata al nodo di Andreuzza (9.14 mc/s) e quelle medie raccolte nel suo tratto terminale a valle di esso (3.35 mc/s).

Questo valore risulta leggermente superiore a quello di 11.34 mc/s ricavato da Salvini (1938) ma questo Autore non ha considerato «tutti» gli apporti confluenti nel tratto del F. Ledra fra il nodo di Andreuzza e la foce ma solo quelli del R. Tagliamentuzzo e del R. Roiatta che sono stati semplicemente sommati alle portate del F. Ledra al nodo.

Per avere infine le portate «naturali» del F. Ledra dovranno essere sottratti gli apporti artificiali della Roggia di Gemona e dei canali di irrigazione durante il solo periodo non irriguo (III e XI Osoppo e I Gemona) dato che in quello irriguo non esistono restituzioni.

a.4) - Gli apporti artificiali al F. Ledra

Il F. Ledra riceve ad 1 Km circa a Sud di Paludo, in sinistra, la Roggia di Gemona (o di Ospedaletto o dei Molini) che scorre in un canale impermeabile. La Roggia trae le proprie portate direttamente dal F. Tagliamento, nei pressi di Ospedaletto, poco a monte della presa del Canale Sussidiario, e termina nel tratto iniziale del F. Ledra dopo aver lambito l'unghia della conoide di Gemona e raccolto i suoi scarichi più o meno autorizzati.

Dai rilevamenti del Consorzio Ledra-Tagliamento risulta che le portate della Roggia di Gemona all'origine sono state in media, per l'anno idrologico considerato, di 0.11 mc/s (Tab. 4, colonna G).

Gli apporti al F. Ledra del canale I Gemona nei 315 giorni non irrigui corrispondono ad una media annua di 0.13 mc/s (Tab. 4, colonna H).

Le probabili portate medie naturali del F. Ledra al nodo di Andreuzza ammontano in definitiva a 8.90 mc/s che sono la differenza fra quelle globali calcolate (9.14 mc/s) e gli apporti artificiali (0.11+0.13 mc/s; Tab. 4, colonna I).

Procedendo in maniera analoga per il tratto del F. Ledra fra il nodo e la foce rispetto ai contributi dei canali III e XI Osoppo, risulta che questi ultimi (0.2 mc/s per 315 gg) sono ammontati a 0.17 mc/s/anno. Detraendo

questa quantità dalle portate globali confluenti (3.35 mc/s) si perviene ad una portata naturale di 3.18 mc/s.

In conclusione quindi, la portata media «naturale» del F. Ledra alla foce nell'anno idrologico considerato è stata di 12.08 mc/s (12.49 — 0.11 — 0.13 — 0.17 mc/s) che corrisponde alla somma dei soli deflussi freatici che giungono al fiume tramite i corsi di risorgiva ed al ruscellamento confluyente.

b) *Gli apporti per ruscellamento ed i deflussi freatici confluenti nel F. Ledra*

Il calcolo generale del ruscellamento superficiale verrà affrontato in dettaglio in un Capitolo successivo dato che esso è collegato strettamente a quello delle precipitazioni (totali ed efficaci) e quindi, in definitiva, agli afflussi freatici.

In questa sede ci limiteremo solo ad anticipare i dati essenziali al fine di pervenire alla quantificazione dei soli deflussi freatici raccolti dal F. Ledra.

E' risultato che nel F. Ledra confluisce per ruscellamento una portata media annua di 1.54 mc/s.

Tale quantità è ripartita in due aliquote, la prima di competenza delle aree in sinistra Ledra (0.87 mc/s), la seconda delle aree in destra (0.67 mc/s; *Tab. 13*).

Il valore del ruscellamento complessivo per le aree in sinistra Ledra (0.87 mc/s) testimonia l'attendibilità del procedimento seguito per il suo calcolo in quanto questo dato è in perfetto accordo con le ripetute osservazioni di campagna e le valutazioni del Consorzio Ledra-Tagliamento che indicano un valore globale di portata media per gli affluenti in sinistra Ledra di «circa» 1 mc/s. Per la sola Roggia di S. Floreano (il Fossalat), che drena una superficie di 2,2 kmq, il Consorzio fornisce una portata media di 0.2 mc/s.

Sottraendo dunque dai 12.08 mc/s, che rappresentano come visto le portate «naturali» del F. Ledra alla foce, l'aliquota raccolta per ruscellamento (1.54 mc/s) si giunge alla definizione dei soli apporti freatici a questo corso d'acqua (tramite i corsi di risorgiva) che risultano pari a 10.54 mc/s.

Di essi, una piccola parte è costituita dalla emersione della ricarica della falda dovuta alle irrigazioni.

Allo stesso risultato si perviene ovviamente considerando le portate medie complessive che giungono al Ledra non derivanti dalla falda che ammontano a 1.95 mc/s. Esse sono la somma delle portate per ruscellamento (1.54 mc/s), di quelle della Roggia di Gemona all'origine (0.11 mc/s) e dei canali durante i periodi non irrigui (0.30 mc/s). Togliendo tale quantità dalle portate complessive del F. Ledra alla foce (12.49 mc/s) si giunge a 10.54 mc/s che sono appunto i contributi derivanti dalla emersione delle acque sotterranee.

Per avere «l'intero deflusso freatico» del Campo di Osoppo-Gemona dovranno essere aggiunte ancora le portate freatiche raccolte dall'altro collettore delle risorgive, la Sorgiva di Bars, affluente diretto del F. Taglia-

mento, e quelle sottratte per uso potabile dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale.

c) - *Le portate totali della Sorgiva di Bars ed i deflussi freatici in essa confluenti*

Dalle risorgive ubicate fra i Colli di S. Rocco e Vergnal, a SO di Osoppo, si originano molti rii che confluiscono in un unico corso principale chiamato, in modo improprio, Sorgiva di Bars (*Fig. 1*).

Il suo corso segue grossomodo la sponda sinistra del F. Tagliamento nel quale sfocia insieme al F. Ledra. Poco prima dello sbocco esso riceve in sinistra il suo maggior affluente, La Vuache, alle cui portate contribuisce con una diramazione artificiale di alcune decine di litri al secondo.

L'area drenata da questi due corsi d'acqua costituirà, come vedremo, «l'unità (idrogeologica) Tagliamento» che è stata distinta proprio perchè è l'unica della pianura a non essere tributaria del F. Ledra.

Le acque della Sorgiva di Bars e del R. La Vuache sono parzialmente utilizzate da allevamenti di trote per cui, dato anche l'intricato reticolo idrografico, è di difficile risoluzione misurarne le portate.

Durante le nostre campagne, nelle sezioni indicate in *Fig. 1* (sez. 2 e 3), si sono ottenuti valori medi di portata di 4.36 mc/s per la Sorgiva di Bars nel suo tratto medio e di 1.55 mc/s per il R. La Vuache (*Tab. 1*).

Per la sola Sorgiva di Bars esistono anche dati di portata alla foce (Consorzio Ledra-Tagliamento) che risalgono agli anni 1954-1960 (*Tab. 7*). Essi si riferiscono ad un periodo in cui «il reticolo idrografico era differente dall'attuale» ed il R. La Vuache confluiva nel F. Ledra e non nella Sorgiva di Bars.

Tali dati indicano una portata media della Sorgiva di Bars di 2.27 mc/s che oggi è del tutto inattendibile. Anche se ad essa venisse aggiunta

Tabella 7 - Portata della Sorgiva di Bars alla foce.

Anno	Giorno/ mese	Portata mc/s	Anno	Giorno/ mese	Portata mc/s
1954	26/1	2.13	1956	3/3	2.04
	4/5	2.34		16/5	2.79
1955	12/2	2.32		25/7	2.68
	16/3	2.21	25/9	2.04	
	5/5	2.37	1958	4/2	2.45
	10/6	2.61	1959	6/2	3.14
	27/8	2.32	8/10	1.14	
	22/11	2.60	1960	7/5	1.18
PORTATA MEDIA — 2.27 mc/s					

quella odierna del R. La Vuache (1.55 mc/s) si porrebbe ad una portata globale di 3.82 mc/s che sarebbe ancora lontana rispetto a quella da noi misurata per entrambi i corsi d'acqua (5.91 mc/s). La differenza è giustificabile con le profonde modificazioni subite dal reticolo idrografico della Sorgiva di Bars dovute alla sua vicinanza alla sponda sinistra del F. Tagliamento ed alle caratteristiche di instabilità dell'alveo di quest'ultimo che non risulta convenientemente arginato.

Per questi motivi riterremo valide le portate da noi misurate che saranno aumentate a 6.1 mc/s tenendo presente alcuni modesti contributi di risorgiva nel tratto a valle delle stazioni di misura.

Considerando infine che il ruscellamento raccolto dal reticolo idrografico della Sorgiva di Bars è pari a 0.10 mc/s (Tab. 13), risulta che i deflussi freatici drenati da questo corso d'acqua ammontano a 6.0 mc/s.

Dall'esame delle carte delle isofreatiche del Campo di Osoppo-Gemona relative a varie fasi di impinguamento della falda (Brambati et al., 1976; Stefanini & Catani, 1977; Giorgetti & Stefanini, 1989a e vedi anche la Fig. 4) appare evidente che le risorgive confluenti nel ramo orientale della Sorgiva di Bars, fino all'altezza del Molin del Cucco, sono alimentate essenzialmente dalle dispersioni del F. Tagliamento che passano attraverso il varco fra il Colle di S. Rocco e quello di Osoppo mentre le risorgive che originano il ramo occidentale sono diretti affioramenti delle acque di subalveo.

Queste relazioni sono anche confermate dalla composizione chimica delle acque sorgive (Giorgetti & Stefanini, 1990b) che presentano concentrazioni tanto alte di ioni solfato (in media 111 mg/l) da essere molto vicine a quelle correnti superficiali, adiacenti, del F. Tagliamento (130 mg/l).

Non vi è dubbio quindi che nella parte più occidentale del Campo di Osoppo-Gemona le acque freatiche non siano altro che acque di dispersione del Tagliamento che, solo debolmente diluite da altre di diversa provenienza, transitano temporaneamente in quest'area prima di riaffiorare e tornare nel fiume stesso tramite i corsi di risorgiva (Sorgiva di Bars).

d) - *Gli emungimenti per uso potabile ed il deflusso freatico globale*

L'emungimento dai 12 pozzi gestiti dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale, in località Molin del Bosso, è variabile a seconda delle necessità e può raggiungere una punta massima di 1.8 mc/s.

Le portate prelevate da ciascun pozzo nell'anno idrologico considerato sono riportate in Tab. 8 e sono risultate oscillanti globalmente da un minimo di 0.799 mc/s per il mese di aprile ad un massimo di 1.1 mc/s per il mese di agosto, con un valore complessivo di 30.149.099 mc. Esso corrisponde ad una media annua di 0.956 mc/s (arrotondata a 0.96 mc/s) che è una quantità pari a circa la metà di quella massima possibile (1.8 mc/s).

I deflussi globali della falda del Campo di Osoppo-Gemona assommano in conclusione a 17.50 mc/s di cui 10.54 mc/s si riversano nel F. Ledra per mezzo dei corsi di risorgiva ed il drenaggio diretto del suo alveo, 6.0 mc/s sono convogliati nella Sorgiva di Bars e 0.96 mc/s sono l'aliquota sottratta per uso potabile dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale.

Tabella 8 - Emungimenti per uso potabile dai 12 pozzi del Molin del Bosso da parte del Consorzio Acquedotto Friuli Centrale (l/s).

Pozzo	1989										1990		Medie annue
	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	
1	66	65	70	76	79	89	86	79	70	74	86	83	77
2	74	72	83	84	85	92	95	85	76	73	81	80	82
3	74	70	83	80	81	86	96	77	74	76	74	74	79
4	73	66	80	75	78	90	95	68	71	81	81	80	78
5	73	66	76	72	83	95	95	78	78	88	94	91	82
6	72	68	68	72	83	95	86	76	76	89	92	89	80
7	77	70	84	79	82	93	99	72	75	85	85	85	82
8	71	65	73	70	81	93	97	86	84	96	103	99	85
9	67	64	59	67	82	103	92	81	80	95	98	96	82
10	70	67	73	79	82	93	32	92	85	90	105	101	81
11	72	69	81	80	81	89	92	81	75	71	80	78	79
12	69	56	79	76	76	84	90	73	71	38	52	70	69
Totale	857	799	908	910	973	1100	1055	949	913	955	1029	1025	media annua 956

TOTALE ANNUO 30.149.099 mc pari ad una media di 956 l/s

Calcolo degli afflussi freatici e di quelli al F. Ledra

Nel Campo di Osoppo-Gemona gli afflussi freatici sono rappresentati da:

- le precipitazioni efficaci;
- le dispersioni laterali del F. Tagliamento;
- le dispersioni dei corsi d'acqua orientali;
- gli apporti profondi dai massicci carbonatici che circondano la pianura sul lato occidentale ed orientale;
- le infiltrazioni efficaci delle irrigazioni.

a) - Precipitazioni totali

Le precipitazioni metecriche che possono raggiungere in parte la falda freatica non sono solo quelle che interessano direttamente la pianura ma anche quelle sui bacini montani dei corsi d'acqua che si disperdono poi completamente nelle loro conoidi collegate alla falda e le precipitazioni sulle pareti rocciose direttamente incombenti sulla pianura.

E' il caso dei torrenti orientali Vegliato, Petri, Orvenco e di altri corsi

d'acqua minori (R. Glemine, R. Grideule), che sono occupati dalle acque per l'intero percorso solo durante i periodi di precipitazioni eccezionali, e delle pareti rocciose fra Artegna e Magnano in Riviera.

L'intero bacino riconoscibile tributario della falda del Campo di Osoppo-Gemona risulta perciò costituito dalle seguenti 5 unità idrogeologiche (Figg. 1 e 4):

- unità Tagliamento;
- unità Vegliato;
- unità Pianura;
- unità Orvenco;
- unità Sinistra Ledra.

Di queste, solo le ultime quattro vanno a concorrere alle portate del F. Ledra; l'unità Tagliamento è invece diretta tributaria del F. Tagliamento (Sorgiva di Bars).

I limiti delle unità sono stati definiti in base alle diverse provenienze delle acque sotterranee, dedotte dalla carta delle isofreatiche del Campo di Osoppo-Gemona.

Per una delimitazione che fosse la più precisa possibile si è fatto riferimento ad una ricostruzione delle isofreatiche (Fig. 4) che fosse anche la più dettagliata, basata quindi sul maggior numero di punti di indagine.

Tale carta, fino ad oggi inedita, riguarda lo stato della falda nei primi giorni di luglio del 1976, cioè nel periodo immediatamente posteriore al terremoto distruttivo del 6 maggio che ha interessato la Regione Friuli-Venezia Giulia. Essa è stata compilata da Stefanini S. e Marocco R., dell'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste, durante la fase del pronto intervento e con numerosi dati rilevati per lo più in corrispondenza di pompe a mano che sono andate quasi tutte perdute durante la ricostruzione anche perchè resesi superflue per la costruzione di nuovi acquedotti.

Sono venuti così a mancare preziosi punti di indagine e le carte delle isofreatiche successive a quella presentata non hanno più raggiunto un analogo dettaglio.

Gli andamenti delle isofreatiche di Fig. 4 consentono di definire con precisione le direzioni di circolazione delle acque sotterranee e quindi la loro provenienza e le diverse aree di competenza.

Risulta così che l'unità Tagliamento, adiacente al corso d'acqua dal quale prende il nome, comprende l'area soggetta più direttamente alle dispersioni di questo fiume che ritornano ad esso tramite la Sorgiva di Bars.

L'unità Vegliato, comprendente il suo bacino imbrifero, la conoide di deiezione, i bacini dei corsi d'acqua minori adiacenti (R. Grideule, R. Glemine, T. Petri) ed una parte di pianura, definisce l'area delle infiltrazioni nord-orientali ed orientali che si incontrano con le acque di pianura lungo l'asse di una depressione freatica orientata grossomodo N-S.

L'unità Pianura è il vero e proprio Campo di Osoppo-Gemona che è alimentato in prevalenza dalle dispersioni in sinistra del F. Tagliamento tra Ospedaletto ed il Colle di Osoppo.

L'unità Orvenco è costituita dal suo bacino imbrifero montano, chiuso

a Sornico Inferiore, e dalle pendici dei rilievi adiacenti che si affacciano sulla Piana di Artegna-Buia. Come risulta dalle isofreatiche ed insopieze ricostruite da Giorgetti & Stefanini (1989a), essa alimenta le acque sotterranee del settore orientale della Piana di Artegna-Buia con infiltrazioni che assumono una circolazione generale NE-SO.

L'unità Sinistra Ledra è formata da parte della piana di Artegna-Buia e dalle aree che si spingono fino allo spartiacque meridionale dell'intero bacino che corre sulla cerchia più interna dell'anfiteatro morenico.

Il calcolo delle precipitazioni totali sulle diverse Unità idrogeologiche è stato affrontato distinguendo, per esse, le aree superficialmente permeabili da quelle impermeabili in quanto tale suddivisione permetterà poi di quantificare rispettivamente le precipitazioni efficaci ed il ruscellamento.

Per quanto riguarda le aree impermeabili, ricavate da Giorgetti & Stefanini (1989a; *Figg. 1 e 1*), sono state considerate solo quelle direttamente insistenti sul F. Ledra in quanto le altre, di limitata estensione ed in aree sempre di pianura, confinano con aree permeabili per cui il loro ruscellamento è temporaneo e le acque vengono poi parzialmente assorbite andando a concorrere all'aliquota delle precipitazioni efficaci.

Le aree impermeabili insistenti sul F. Ledra danno invece luogo ad un ruscellamento che confluisce in questo corso d'acqua sia incanalato nei suoi affluenti principali (di sinistra) che tramite i corsi di risorgiva ed innumerevoli rii minori (in destra).

Fra le aree permeabili (ghiaie e sabbie per le zone di pianura e rocce carbonatiche per quelle montuose) è stata inclusa anche l'intera unità Orvenco sebbene sia costituita, oltre che da rocce carbonatiche, anche da una notevole estensione di complessi flyschoidi quasi impermeabili. Essa però confina a valle con le conoidi ed i depositi permeabili della Piana di Artegna-Buia che assorbono in maniera completa, in condizioni meteorologiche non estreme, le portate dei vari collettori. Quest'unità quindi, per quanto riguarda gli afflussi freatici, si comporta in pratica come un'area parzialmente permeabile.

Le superfici delle varie Unità, suddivise per le unità Vegliato, Pianura e Sinistra Ledra in aree permeabili ed impermeabili, vengono riportate in *Tab. 10*; esse ammontano a 94,32 kmq e questa è la superficie complessiva riconoscibile che contribuisce in qualche modo alla portata della falda freatica (infiltrazioni efficaci) o, tramite il ruscellamento superficiale, a quella del F. Ledra o della Sorgiva di Bars.

Il calcolo delle precipitazioni totali relative all'anno idrologico considerato si è basato sui dati pluviometrici (ancora inediti) della Sezione Staccata di Udine dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia. Essi sono relativi alle stazioni di Venzone, Alesso, Gemona, Artegna, Andreuzza e Pinzano (*Fig. 1*), le sole con dati significativi (giornalieri).

In *Tab. 9* vengono riportati i valori delle precipitazioni mensili e totali annue nelle varie stazioni.

Da una prima analisi emerge che le precipitazioni sono state inferiori rispetto a quelle medie del trentennio 1921-1950 (Polli S., 1971): a Gemona si sono registrati 1812,8 mm di pioggia rispetto a 2060 mm del tren-

Tabella 9 - Precipitazioni mensili (mm) nell'anno idrologico 31/3/1989-28/2/1990.

Anno/mese	Stazioni					
	Venzone	Gemona	Artegna	Alesso	Andreuzza	Pinzano
1989						
Marzo	147.8	115.8	83.2	134.2	76.6	95.6
Aprile	559.8	436.6	342.4	540.6	327.5	359.6
Maggio	59.2	79.8	88.8	44.6	125.9	94.8
Giugno	209.8	212.2	183.2	179.4	171.1	155.6
Luglio	231.6	226.6	190.2	143.6	108.6	139.6
Agosto	89.8	153.4	200.0	151.2	191.4	232.8
Settembre	146.4	96.4	93.0	106.2	107.8	121.5
Ottobre	13.6	17.2	16.2	25.7	15.5	15.4
Novembre	233.2	193.2	169.0	282.6	161.8	180.7
Dicembre	100.8	94.8	65.6	140.4	63.4	42.5
1990						
Gennaio	145.8	169.8	127.0	131.4	113.3	79.8
Febbraio	18.4	17.0	18.1	15.6	15.4	13.8
TOTALI	1956.2	1812.8	1576.7	1895.5	1478.3	1531.8

Tabella 10 - Superfici delle unità idrogeologiche e precipitazioni annue.

Unità idrogeologica	Superficie (Kmq)	Precipitazioni		
		totali mc/anno	medie	
			mc/s	mm
Vegliato	16.60	30432500	0.965	1833.3
(a. permeab.)	(16.40)	(30082500)	(0.954)	(1834.3)
(a. imperme.)	(0.20)	(350000)	(0.011)	(1750.0)
Orvenco	14.60	25197500	0.799	1725.9
Sin. Ledra	18.52	28608750	0.907	1544.3
(a. permeab.)	(2.55)	(4057500)	(0.128)	(1591.2)
(a. imperme.)	(15.97)	(24551250)	(0.779)	(1537.3)
Pianura	36.45	59520000	1.887	1632.9
(a. permeab.)	(27.83)	(46338750)	(1.469)	(1665.1)
(a. imperme.)	(8.62)	(13181250)	(0.418)	(1528.5)
Tagliamento	8.15	13190000	0.418	1618.4
TOTALI	94.32	156948750	4.98	(1664.0)

tennio ed a Venzone 1956.2 mm contro 2159 mm. Le differenze oscillano quindi fra i 247 mm a Gemona e 203 mm a Venzone.

Anche nell'anno precedente al marzo 1989, quando sono state eseguite le nostre misure di portata, le precipitazioni sono state inferiori alla media del trentennio. A Gemona sono ammontate a 1796.5 mm ed a Venzone 1916.9 mm, cioè praticamente uguali a quelle dell'anno idrologico considerato.

Il periodo delle nostre misure è stato quindi analogo a quello dell'anno idrologico sia dal punto di vista dell'entità delle precipitazioni totali che, di conseguenza, delle portate per cui quelle misurate possono essere considerate rappresentative.

Con i dati di piovosità si sono tracciate le isoiete relative all'anno idrologico (Fig. 1) e per ogni unità, e per le superfici permeabili ed impermeabili delle unità Vegliato, Pianura e Sinistra Ledra, è stata definita la precipitazione annua in base alle estensioni areali fra due isoiete contigue moltiplicate per la media del loro valore (Tab. 10).

Come esempio dei calcoli effettuati si riportano in Tab. 11 quelli relativi alla sola unità Pianura.

La precipitazione annua per l'intero bacino è risultata di 156.948.750 mc che corrispondono a medie di 4,98 mc/s o 1664 mm.

b) - Evapotraspirazione

Per la valutazione dell'evapotraspirazione è stata usata la formula di Turc (evapotraspirazione reale) che comporta la conoscenza sia dell'entità

Tabella 11 - Esempio di calcolo delle precipitazioni annue: unità Pianura.

Isoiete (m)	Precip. media (A)	Superfici permeabili		Superfici impermeabili	
		Aree fra isoiete Kmq (B)	Totale precip. mc (AxBx10 ⁶)	Aree fra isoiete Kmq (C)	Totale precip. mc (AxCx10 ⁶)
1.8-1.9	1.85	3.375	6243750	—	—
1.7-1.8	1.75	6.700	11725000	—	—
1.6-1.7	1.65	8.575	14148750	0.625	1031250
1.5-1.6	1.55	9.175	14221250	5.500	8525000
1.4-1.5	1.45	—	—	2.500	3625000
Totali		27.825	46338750	8.625	13181250
Medie annue			1.469 mc/s		0.418 mc/s

Superficie totale = 36.45 Kmq

Precipitazioni totali = 59520000 mc (1.887 mc/s/anno)

delle precipitazioni che della temperatura media giornaliera, dalla quale poi ricavare quella media annua.

Le uniche stazioni che hanno potuto fornire dati utili al riguardo sono state quelle di Pinzano e Gemona, indicative però delle sole aree di pianura.

Dai dati di temperatura, riassunti nella loro media mensile in *Tab. 12*, si ottiene una temperatura media annua di 13.1°C per la stazione di Pinza-

Tabella 12 - Temperature medie mensili (°C) nell'anno idrologico 1/3/1989-28/2/1990.

Periodo	Stazioni	
	Pinzano	Gemona
1989		
Marzo	11.0	10.5
Aprile	11.7	11.9
Maggio	17.0	17.0
Giugno	18.8	18.9
Luglio	22.5	22.2
Agosto	22.0	22.2
Settembre	18.6	18.4
Ottobre	12.6	12.7
Novembre	7.2	7.1
Dicembre	5.4	4.6
1990		
Gennaio	4.3	4.0
Febbraio	6.6	7.1
MEDIE	13.1°C	13.0°C

no e di 13.0°C per quella di Gemona con una media generale di 13.05°C; essa è stata arrotondata a 13.0°C e considerata valida per l'unità Tagliamento, Pianura e parte della Sinistra Ledra e Vegliato.

Per l'assenza di stazioni di misura nelle aree montuose o parzialmente montuose (unità Vegliato, Orvenco, Sinistra Ledra) è stato necessario definire le loro temperature medie annue mediante una stima basata sulla quota media dei bacini (definita con la formula di De Horatiis) e del gradiente verticale di temperatura dell'ambiente (0.6°C ogni 100 m di dislivello).

E' risultato che l'area montuosa dell'unità Vegliato ha una quota media di 625 m che è superiore di 425 m a quella della stazione di misura di Gemona (200 m). Ciò comporta una diminuzione di temperatura di

2.55°C che corrisponde ad una temperatura media di 10.45°C (arrotondata a 10.5°C).

Per l'unità Orvenco la quota media è di 604 m con una temperatura media annua di 10.6°C.

Per le aree impermeabili dell'unità Sinistra Ledra, in parte in pianura ed in parte in collina, la temperatura media è stata assunta pari a 12.5°C.

Con i valori di temperatura e di precipitazione annua relativi alle varie Unità si sono ottenuti quelli dell'evapotraspirazione reale che sono riportati in Tab. 13.

L'evapotraspirazione varia fra il 32.2% (590.7 mm per le aree permeabili dell'unità Vegliato) ed il 43.7% (668.6 mm per le aree impermeabili dell'unità Pianura) per un totale di 1.92 mc/s per il complesso di Unità. Questo valore corrisponde ad una evapotraspirazione media per tutte le unità idrogeologiche del 38.5%.

Valori prossimi (33%) a quelli da noi calcolati sono stati ottenuti anche da Stefanini & Catani (1977) sebbene per superfici e temperature diverse da quelle qui considerate.

La minor evapotraspirazione percentuale ottenuta da questi Autori è

Tabella 13 - Precipitazioni totali, evapotraspirazioni reali (Turc), precipitazioni efficaci e ruscellamento nelle varie unità idrogeologiche per l'anno 1/3/1989-28/2/1990.

Unità idrogeol.	Temp. media °C	Sup. Km ²	Precipitazioni annue		Evapotraspirazione reale			Prec. utili	Precip. efficaci		Ruscellam.	
			mm (A)	mc/s (B)	mm (C)	mc/s (D)	%	mc/s (B-D)	%	mc/s	%	mc/s
Vegliato												
a. permeab.	10.5	16.40	1834.3	0.95	590.7	0.31	32.2	0.65	90	0.59	10	0.06
a. imperm.	13.0	0.20	1750.0	0.01	682.7	0.00	39.0	0.01	0	0	100	0.01
Orvenco	10.6	14.60	1725.9	0.80	590.7	0.27	34.2	0.53	40	0.21	60	0.32
Sin. Ledra												
a. permeab.	13.0	2.55	1591.2	0.13	675.1	0.05	42.3	0.07	50	0.04	50	0.03
a. imperm.	12.5	15.97	1537.3	0.78	650.4	0.33	42.3	0.45	0	0	100	0.45
Pianura												
a. permeab.	13.0	27.83	1665.1	1.47	677.8	0.60	40.7	0.88	50	0.44	50	0.44
a. imperm.	13.0	8.62	1528.3	0.42	668.6	0.18	43.7	0.23	0	0	100	0.23
Tagliamento	13.0	8.15	1618.4	0.42	674.9	0.17	41.7	0.24	60	0.14	40	0.10
TOTALI		94.32		4.98		1.92		3.06		1.42		1.64
PERCENTUALI				100.00		38.55		61.45		28.51		32.94

NOTA - I dati relativi alle precipitazioni, evapotraspirazioni e ruscellamento sono stati arrotondati alla prima o seconda cifra decimale.

dovuta alle maggiori precipitazioni verificatesi nel periodo di tempo da essi considerato (giugno 1974-maggio 1975) che sono state di 2.093 mm nella stazione di Gemona.

Con la formula di Turc infatti, a parità di temperatura, si ottengono valori di evapotraspirazione che se espressi in millimetri sono ovviamente superiori per precipitazioni più elevate ed inferiori per quelle più contenute; se però essi vengono espressi in percentuale avviene il contrario.

In definitiva quindi, dei 4.98 mc/s delle precipitazioni annue sulle Unità costituenti l'intero bacino riconoscibile, 1.92 mc/s ritornano nell'atmosfera per evapotraspirazione, lasciando 3.06 mc/s a disposizione per le infiltrazioni efficaci e per il ruscellamento (precipitazioni utili).

c) - *Infiltrazioni efficaci e ruscellamento superficiale*

Nel calcolo del bilancio idrologico di una falda, la difficoltà maggiore risiede nella suddivisione delle precipitazioni utili in infiltrazioni efficaci e ruscellamento. Entrambi questi fattori sono definibili teoricamente tramite una serie di parametri che solo in casi eccezionali sono noti o calcolabili ed anche in questi esiste una forte incertezza dovuta al fattore tempo o, meglio, alla durata delle precipitazioni ed alla variazione della loro intensità.

Anche le determinazioni dirette dei vari parametri sono sempre a carattere puntuale e la loro media o estrapolazione comporta una forte approssimazione che in numerosi casi si è potuto constatare essere superiore a quella ottenuta con valori attribuiti in base a semplici osservazioni di campagna.

Per il bilancio della falda del Campo di Osoppo-Gemona la difficoltà è ancora maggiore a causa degli apporti provenienti dall'esterno del bacino riconoscibile (dai massicci carbonatici e dal F. Tagliamento). Questi impediscono, ad esempio, la valutazione delle infiltrazioni meteoriche efficaci in base alle oscillazioni freatiche da esse indotte essendo, queste ultime, la risultante di molteplici afflussi.

Nel nostro caso quindi, non è rimasto che stimare l'entità delle infiltrazioni efficaci in base alla natura e spessore dei suoli, quando vi sono, alla litologia superficiale, al tipo di coltivazioni, alla pendenza dei terreni, ecc. ma soprattutto ad osservazioni di campagna durante i periodi delle precipitazioni.

Il processo di stima risulta proponibile tenendo presente anche le quantità in gioco nel bilancio, nel senso che le precipitazioni efficaci costituiscono, come vedremo, solo una aliquota molto subordinata degli afflussi freatici. Suddividendo, ad esempio, le precipitazioni utili in infiltrazioni efficaci e ruscellamento con errori di valutazione anche del 20%, in sede di bilancio l'imprecisione risulta solo di qualche unità percentuale delle grandezze dei diversi fattori e quindi del tutto accettabile.

Le aree di pianura caratterizzate da una copertura argilloso-limosa o sabbioso-ghiaiosa con abbondante limo ed argilla, potente qualche metro (Giorgetti & Stefanini, 1989a), sono state considerate come «perfettamente impermeabili» e ad esse è stato attribuito un ruscellamento pari al 100% delle precipitazioni utili e di conseguenza una infiltrazione efficace nulla.

Anche alle aree costituite da depositi morenici ed affioramenti flyschoidi dell'unità Sinistra Ledra è stata attribuita una perfetta impermeabilità anche se ciò non è del tutto corretto. In questo complesso esiste infatti una falda sotterranea dalla quale attingono, o attingevano prima dei terremoti del 1976, numerose pompe a mano (Stefanini & Kobec, 1978). La falda deve essere quindi in qualche modo alimentata dalle precipitazioni efficaci ma essa è tuttavia indipendente da quella del Campo di Osoppo-Gemona ed affiora e si scarica in corrispondenza di alcune sorgenti temporanee tributarie degli affluenti di sinistra del F. Ledra.

Le infiltrazioni efficaci che ricaricano la falda nell'area di apparato morenico compresa nell'unità Sinistra Ledra transitano solo temporaneamente nel sottosuolo ed è per questo motivo che tali apporti sono stati conglobati nel ruscellamento che per l'intera unità Sinistra Ledra ammonta quindi al 100%.

Per quanto riguarda le aree permeabili, quelle dell'unità Pianura e Sinistra Ledra sono costituite da miscele di ghiaie e sabbie (molto permeabili) o ghiaie e sabbie con scarso limo (permeabili) con suoli per lo più sottili e vegetazione prativa o comunque non d'alto fusto. Ad esse è stata attribuita una infiltrazione efficace del 50% delle precipitazioni utili (ruscellamento 50%) che sale al 60% (ruscellamento 40%) per le aree permeabili dell'unità Tagliamento essendo questa costituita prevalentemente da ghiaie e sabbie molto grossolane con suolo esiguo o assente.

Le unità Vegliato ed Orvenco formano un caso a parte in quanto comprendono per la quasi totalità aree montuose e conoidi di deiezione o detrito di falda.

I rilievi carbonatici dell'unità Vegliato, molto fessurati, assorbono in maniera pressochè completa le precipitazioni e quelle che interessano i versanti insistenti sulla conoide di Gemona si infiltrano direttamente in quest'ultima.

La limitatezza del ruscellamento nel bacino del T. Vegliato è testimoniata dall'assenza quasi perenne di acque nel suo alveo in corrispondenza della conoide e dalla scarsità delle portate che giungono al suo apice (in media qualche decina di l/s) anche tenendo presente i prelevamenti per uso potabile dell'acquedotto di Gemona.

In analoga situazione si trova il R. Petri, il cui bacino, pur essendo costituito parzialmente da rocce flyschoidi impermeabili, scarica le portate su un'ampia conoide molto permeabile.

Per questi motivi e tenendo presenti le portate della Roggia di Gemona che funge da collettore generale del ruscellamento dell'unità Vegliato, a quest'ultima è stata attribuita una infiltrazione efficace del 90% delle precipitazioni utili (ruscellamento 10%).

Rimane infine l'unità Orvenco che è formata da una parte montuosa, quasi tutta flyschoidale, confinante a valle con la fascia pianeggiante di materiali permeabili dell'unità Sinistra Ledra. In questi ultimi si infiltra buona parte del ruscellamento ed all'intera Unità è stata attribuita una infiltrazione efficace del 40%.

Le acque piovane che interessano le superfici impermeabili confluiscono tutte nel F. Ledra tramite i suoi affluenti sia di destra che di sinistra

con la differenza che nei primi, i corsi di risorgiva, contribuiscono solo parzialmente alle loro portate mentre nei secondi ne costituiscono la totalità dato che questi non sono legati all'emergenza delle acque sotterranee.

I più importanti affluenti di sinistra del F. Ledra sono il R. Bosso, R. Noale e la Roggia di S. Floreano (il Fossalat) e per essi non esistono misurazioni sistematiche che permettano la determinazione delle loro portate medie. Queste comunque non sarebbero possibili, a meno di stazioni di misura in continuo, dato il carattere di temporaneità dei torrenti.

Per tali motivi le portate complessive degli affluenti di sinistra del F. Ledra sono state valutate sulla sola base del calcolo del ruscellamento che li alimenta.

Il quadro generale sull'evapotraspirazione, le infiltrazioni efficaci ed il ruscellamento per tutte le Unità idrogeologiche è indicato in *Tab. 13* e da esso risultano infiltrazioni efficaci globali di 1.42 mc/s ed un ruscellamento complessivo di 1.64 mc/s. Quest'ultimo è ripartito in 0.67 mc/s per l'unità Pianura, in 0.48 mc/s per l'unità Sinistra Ledra, in 0.32 mc/s per l'unità Orvenco, in 0.10 mc/s per l'unità Tagliamento ed in 0.07 mc/s per l'unità Vegliato.

Come vedremo oltre, bisognerà suddividere il ruscellamento in 3 aliquote ciascuna delle quali confluisce in un tronco ben preciso del F. Ledra. Tale ripartizione è necessaria per quantificare i soli apporti della falda freatica nei diversi tratti e da questi quantificare poi le diverse provenienze delle acque sotterranee sulla base di considerazioni di carattere idrochimico.

I tre tratti del F. Ledra necessari allo scopo sono quelli dalla foce alla sez. 9, da quest'ultima alla confluenza del R. Paludo (chiamato anche in maniera che crea ambiguità R. Ramp, dato che nell'area esiste un altro R. Ram), ed il tratto iniziale a monte di essa.

E' stato quindi necessario calcolare l'estensione delle aree permeabili ed impermeabili che insistono sui tre tronchi idraulici ed i loro contributi (*Tab. 14*).

In *Tab. 14* l'esempio del calcolo è effettuato, per brevità, solo per le aree impermeabili mentre per quelle permeabili si riporta la loro incidenza percentuale e l'unità Orvenco non compare in quanto, date le sue caratteristiche, è stata considerata nella sua globalità.

E' risultato (*Tab. 15*) che fra la foce e la sez. 9 pervengono al F. Ledra per ruscellamento, o incanalato o diffuso, 0.62 mc/s (0.30 mc/s fra la foce ed il nodo di Andreuzza e 0.32 mc/s fra il nodo e la sez. 9), fra la sez. 9 e la confluenza del R. Paludo 0.85 mc/s e nel tronco superiore 0.07 mc/s.

d) - *Le infiltrazioni delle acque per uso irriguo*

Come descritto nel Cap. a.2), le derivazioni per irrigazione dal Canale Sussidiario nei mesi di luglio ed agosto 1989 sono ammontate, facendo la media riferita a tutto l'anno idrologico considerato, a 0.30 mc/s (*Tab. 3*). Questa quantità viene tutta impiegata per le varie adacquature senza apprezzabili scarichi di eccedenza per cui l'aliquota che sfugge all'evapotraspirazione può essere considerata tutta come infiltrazione efficace.

Nelle aree permeabili di pianura, che sono quelle interessate dall'irri-

Tabella 14 - Calcolo del ruscellamento confluyente nei vari tronchi del F. Ledra

UNITA' PIANURA - Ruscellamento totale 0.67 mc/s

Tronchi idraulici			Aree impermeabili (Ruscellamento 100% = 0.23 mc/s)		Evapo- Ruscell. trasp.		Aree permeabili (Ruscellamento 50% = 0.44 mc/s)	
	fra isoiete	Kmq	Precip. totali		mc/s° (B)	mc/s (A-B)	estensioneestensione	
			mc	mc/s (A)			60%	40%
Foce-Sez. 9	1400-1500	2.500	3.625.000+					
	1500-1600	4.950	7.672.500=					
			11.297.500	0.36	0.16	0.20	0.26	—
Sez. 9-R. Paludo	1500-1600	0.555	852.500+					
	1600-1700	0.625	1.031.250=					
			1.883.750	0.06	0.03	0.03	—	0.18
TOTALI		8.625	15.181.250	0.42	0.19	0.23	0.26	0.18

° Temperatura media = 13.0°C.

UNITA' SINISTRA LEDRA - Ruscellamento totale 0.48 mc/s

			Aree impermeabili (Ruscellamento 100% = 0.45 mc/s)		Evapo- Ruscell. trasp.		Aree permeabili (Ruscellamento 50% = 0.03 mc/s)	
	fra isoiete	Kmq	Precip. totali		mc/s° (B)	mc/s (A-B)	estensioneestensione	
			mc	mc/s (A)			60%	40%
Foce-Sez. 9	1400-1500	4.200	6.090.000+					
	1500-1600	1.875	2.906.250=					
			8.996.250	0.28	0.12	0.16	—	—
Sez. 9-R. Paludo	1500-1600	7.800	12.090.000+					
	1600-1700	2.100	3.465.000=					
			15.555.000	0.50	0.21	0.29	0.03	—
TOTALI		15.975	24.551.250	0.78	0.33	0.45	0.03	—

° Temperatura media = 12.5°C.

UNITA' VEGLIATO - Ruscellamento totale 0.07 mc/s

			Aree impermeabili (Ruscellamento 100% = 0.01 mc/s)		Evapo- Ruscell. trasp.		Aree permeabili (Ruscellamento 10% = 0.06 mc/s)	
	fra isoiete	Kmq	Precip. totali		mc/s° (B)	mc/s (A-B)	estensioneestensione	
			mc	mc/s (A)			60%	40%
A monte confluenza R. Paludo	1700-1800	0.200	350.000	0.01	0.00 [∞]	0.01	0.06	—

° Temperatura media = 13.0°C.

[∞] Evapotraspirazione ininfluyente pari a circa 6 litri/s.

gazione, l'evapotraspirazione annua è stata del 40.7% (Tab. 13) ma per quanto riguarda le acque irrigue essa deve essere, da una parte, opportunamente ridotta per il loro particolare tipo di circolazione che avviene lungo una fitta rete di canali di distribuzione in parte impermeabili ed in parte pendenti, e dall'altra aumentata per le alte temperature dei mesi estivi di luglio ed agosto quando sono state effettuate le distribuzioni.

Sulla base delle indicazioni del Consorzio Ledra-Tagliamento si ritiene che un valore di evapotraspirazione del 30% possa avvicinarsi alla realtà per cui dei 0.30 mc/s, derivati dal Canale Sussidiario e distribuiti in maniera completa nei due Comprensori irrigui del Campo di Osoppo-Gemona, 0.09 mc/s ritornano nell'atmosfera e 0.21 mc/s costituiscono la quantità che perviene alla falda.

Considerando l'estensione dei comprensori irrigui (Fig. 4) si può osservare come quello di Osoppo (11 Km²) sia a cavallo fra l'unità Tagliamento e l'unità Pianura per cui le infiltrazioni delle irrigazioni andrebbero ripartite in maniera proporzionale fra queste due Unità.

La sovrapposizione sull'unità Tagliamento è però molto limitata (2 Km² circa) e si verifica in zone che fanno parte solo «sulla carta» del Comprensorio ma che in effetti ricevono scarse quantità d'acqua essendo per lo più incolte.

Si tenga presente inoltre che nei 2 mesi di distribuzione delle irrigazioni, quelle inviate in «tutto» il Comprensorio di Osoppo sono state molto contenute e corrispondono ad una media annua di 0.03 mc/s; la quantità utile per le infiltrazioni, considerando le perdite per evapotraspirazione (30%), ammonterebbe quindi a 0.02 mc/s.

Per la pochezza delle quantità in gioco e per semplicità dei calcoli si è preferito attribuire tutte le infiltrazioni per irrigazione del Comprensorio di Osoppo alla falda dell'unità Pianura che, tramite i corsi di risorgiva, è drenata dal F. Ledra.

Dei 10.54 mc/s che rappresentano il deflusso freatico che giunge a questo corso d'acqua, solo 10.33 mc/s è perciò il «deflusso naturale» mentre 0.21 mc/s è la ricarica artificiale dovuta alle irrigazioni.

Tabella 15 - Ruscamento complessivo confluyente nei vari tronchi del F. Ledra (mc/s).

Tronco idraulico	Unità Pianura	Unità Sin. Ledra	Unità Vegliato	Unità Orvenco	Totali
Foce-Sez. 9	0.46	0.16	—	—	0.62
Sez. 9-R. Paludo	0.21	0.32	—	0.32	0.85
A monte R. Paludo	—	—	0.07	—	0.07
TOTALI	0.67	0.48	0.07	0.32	1.54

e) - *Le dispersioni del F. Tagliamento, gli apporti profondi dai massicci carbonatici e le infiltrazioni dei corsi d'acqua orientali*

Gli afflussi freatici derivanti dal F. Tagliamento, dai massicci carbonatici che circondano la pianura e dai corsi d'acqua orientali vengono trattati in un unico capitolo in quanto ciascuno di essi è quantificabile «a cascata» partendo dai contributi del F. Tagliamento comprendenti, questi ultimi, sia le sue dispersioni laterali che i quantitativi delle infiltrazioni delle irrigazioni derivanti da esso (0.21 mc/s). A tale regola fa eccezione l'unità Tagliamento che non viene interessata dalle irrigazioni se non in maniera del tutto marginale.

I contributi globali freatici dal F. Tagliamento possono essere calcolati sulla base delle differenze di composizione delle sue acque correnti superficiali (con ioni solfato in quantità tali da costituire degli ottimi traccianti naturali) e delle acque di risorgiva.

Le considerazioni che verranno svolte si fondano sull'equazione della «sorgente stazionaria lungo una corrente» che lega le portate e le concentrazioni rispetto ad un elemento di due correnti confluenti (nel nostro caso gli apporti tilaventini e gli «altri apporti») con quelle della corrente risultante (le portate delle risorgive). L'equazione è: $Q_1C_1 + Q_2C_2 = QC$ ove Q_1 e Q_2 sono le portate delle correnti confluenti, C_1 e C_2 le rispettive concentrazioni di un certo elemento, Q e C la portata della corrente risultante e la sua concentrazione.

Per quanto riguarda le concentrazioni i termini noti dell'equazione, che andrà applicata più volte, sono C_1 , C_2 e C .

Si indicherà con C_1 la concentrazione di ioni solfato nelle acque correnti del F. Tagliamento in corrispondenza dei suoi tratti perdenti lungo la pianura, con C_2 la concentrazione per il complesso di apporti freatici «non dal Tagliamento» e con C quella delle acque «risultanti» che sgorgano dalle risorgive.

Gli ioni solfato nelle acque del F. Tagliamento risultano essere presenti mediamente con 130 mg/l (120-130 mg/l in Stefanini, 1976; 140.7 mg/l in Mosetti, 1983; 120-130 mg/l in Giorgetti & Stefanini, 1989b).

Per gli apporti non dal Tagliamento la concentrazione in solfati deve necessariamente essere imposta ma con un valore dedotto da considerazioni di probabilità e da alcuni dati noti.

Tenendo presente infatti che gli afflussi che non derivano dal F. Tagliamento sono costituiti dalle precipitazioni efficaci, dagli apporti profondi dai massicci carbonatici e dalle infiltrazioni dei corsi d'acqua orientali, i loro contenuti in ioni solfato debbono essere molto bassi e ciò in base alla litologia dei materiali interessati.

Verranno considerate due ipotesi di lavoro, la prima con concentrazioni di SO_4 in queste acque pari a 10 mg/l, la seconda con concentrazioni di 15 mg/l. Il primo valore è quello proposto da Mosetti (1983) per calcoli analoghi, il secondo quello a nostro avviso più rispondente alla realtà.

Concentrazioni così basse di solfati nelle acque non dal Tagliamento risultano i più probabili anche in base alle poche notizie di carattere bibliografico.

Per le precipitazioni efficaci interessanti la coltre alluvionale non si

dispone di alcun dato analitico però è intuibile che le quantità di ioni solfato da esse solubilizzate nel passaggio attraverso lo strato non saturo debbano essere molto scarse in quanto è stata dimostrata l'esiguità di frammenti gessosi nelle alluvioni sabbiose del F. Tagliamento all'altezza di Osoppo (Comel, 1948) e quindi in quei materiali che costituiscono in gran parte la pianura.

Per le acque dei bacini carbonatici (infiltrazioni profonde e dispersioni dei corsi orientali) esistono invece delle analisi riguardanti quelle superficiali del T. Vegliato che hanno fornito delle concentrazioni medie di SO_4 pari a 15 mg/l (Giorgetti & Stefanini, 1989b). Gli stessi Autori indicano in 27 mg/l le concentrazioni di solfati nelle acque del T. Orvenco.

Si tratta in definitiva di contenuti sempre molto limitati che trovano riscontro in quelli delle acque sorgive che certamente non dipendono dal F. Tagliamento, le sorgenti del F. Ledra, che raggiungono concentrazioni massime di 15 mg/l.

Le quantità di ioni solfato nelle acque di risorgiva, che rappresentano la corrente risultante, sono invece note per tutta la linea delle risorgive (Giorgetti & Stefanini, 1989b).

Come hanno dimostrato questi Autori, le concentrazioni di SO_4 nelle acque sorgive, sia durante la fase di piena che di magra della falda (Fig. 7), non sono costanti ma presentano, dopo una iniziale uniformità di valori,

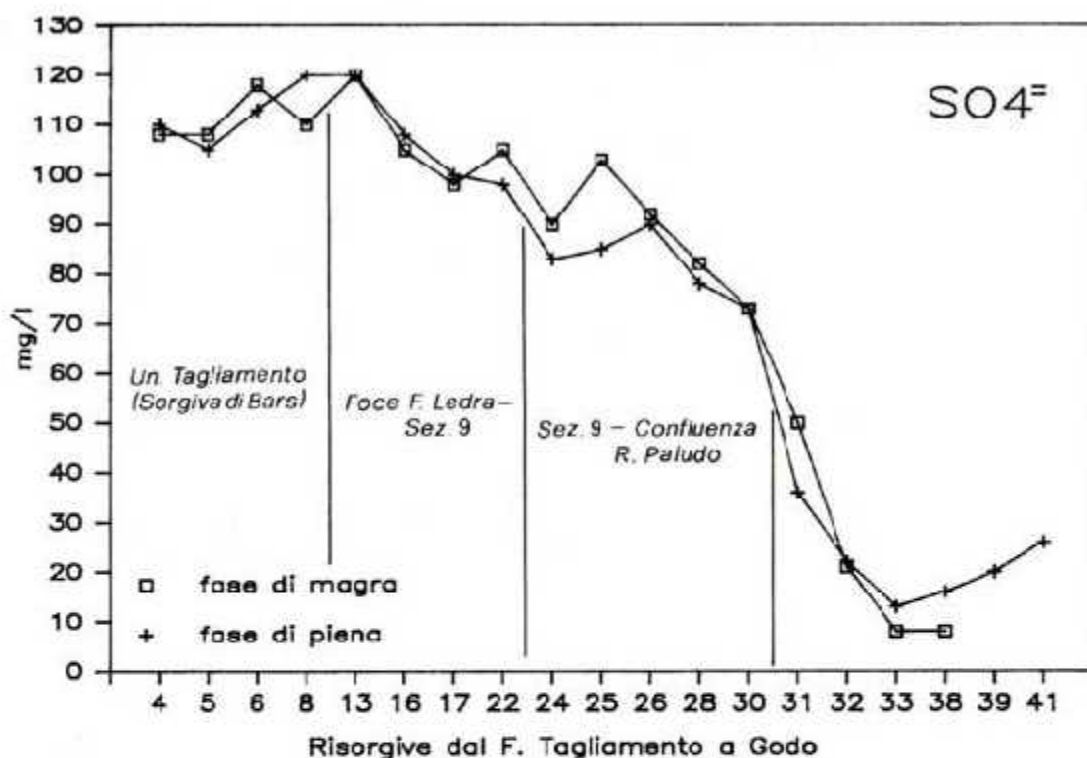


Fig. 7 - Concentrazioni di ioni solfato lungo la linea delle risorgive del Campo di Osoppo-Gemona (da Giorgetti & Stefanini, 1989b). La successione delle risorgive è ordinata a procedere da quella più vicina al F. Tagliamento (a sinistra) a quella più lontana (a destra).

una progressiva diminuzione da Ovest ad Est e cioè con l'allontanamento dal F. Tagliamento. Si possono riconoscere così i seguenti settori:

- 1) - le risorgive confluenti nella Sorgiva di Bars (unità Tagliamento) con concentrazioni di SO_4 molto alte ed in media pari a 111.5 mg/l;
- 2) - quelle tributarie del F. Ledra, fra la foce e la sez. 9, con contenuti medi di 106.7 mg/l;
- 3) - quelle tributarie fra la sez. 9 e la confluenza del R. Paludo con contenuti medi di 84.9 mg/l;
- 4) - quelle tributarie del tratto iniziale del F. Ledra a monte della confluenza del R. Paludo in cui gli ioni solfato sono in media 17 mg/l.

E' bene ricordare a questo punto che nelle risorgive che confluiscono nel tratto iniziale del F. Ledra, a differenza delle altre, i contenuti di ioni solfato non dipendono dalle acque del F. Tagliamento ma sono connessi con quelle del bacino imbrifero del T. Vegliato e di infiltrazione dai corsi d'acqua orientali R. Glemine, R. Grideule e R. Petri e quindi dell'unità Vegliato. Ciò è provato ampiamente dall'andamento delle isofreatiche in questo settore che mostrano direzioni di scorrimento delle acque sotterranee da NE a SO (Fig. 4).

Per quanto riguarda le portate, sono a disposizione solo quelle della falda affiorante (Q) lungo i vari tratti della linea delle risorgive che possono essere dedotte dalle portate del F. Ledra nelle varie sezioni di misura dopo aver tolto gli apporti estranei quali quelli della Roggia di Gemona, del ruscellamento superficiale e dei canali irrigui durante il periodo in cui non vengono effettuate le adacquature.

Risulta chiaro ora il motivo per cui precedentemente è stato calcolato il ruscellamento confluyente nei vari tratti del F. Ledra.

Le incognite rimangono in definitiva le portate delle dispersioni dal F. Tagliamento (Q_1), e la portata degli afflussi globali non dal Tagliamento (Q_2).

Ponendo però Q_1 uguale ad x , Q_2 risulta $Q-x$ dato che $Q_1 + Q_2 = Q$.

L'equazione generale diventa così $x C_1 + (Q-x) C_2 = QC$ in cui x rappresenta gli afflussi derivati dal Tagliamento, $Q-x$ gli «altri afflussi» e Q le portate delle risorgive mentre C_1 , C_2 e C le rispettive concentrazioni in ioni solfato.

Le portate del F. Ledra nel suo tratto iniziale fino alla confluenza del R. Paludo, compreso (0.8 mc/s), sono state desunte da osservazioni di campagna ed anche in base ai dati forniti dal Consorzio Ledra Tagliamento relativi agli anni 1951-1960 (Tab. 16). Essi riguardano solo il tronco denominato Macile, chiuso all'altezza di Paludo, ed il R. Paludo chiuso a circa 500 m a monte della sua confluenza.

Il calcolo dei soli contributi freatici nei vari tratti del F. Ledra è schematizzato in Tab. 17 e sulla base dei dati ottenuti, e ricordando che gli apporti freatici nell'unità Tagliamento sono pari a 6 mc/s (Sorgiva di Bars), si possono impostare due serie di equazioni per la determinazione delle dispersioni del F. Tagliamento (x), la prima riferita a concentrazioni di sol-

Tabella 16 - Portate (l/s) del tratto iniziale del F. Ledra (Macile) e del R. Paludo.

Anno	Giorno mese	Macile	Rio Paludo	Anno	Giorno mese	Macile	Rio Paludo
1951	14/9	243	138	1955	10/6	599	261
1952	9/1	544	294		26/8	343	113
	11/3	318	107		28/9	640	215
	16/5	1110	421		21/11	805	308
1953	22/1	304	78	1956	2/3	84	57
	25/3	89	24		15/5	873	359
	29/3	54	22		24/7	905	353
1954	26/1	80	55		24/9	150	112
	4/3	170	80	1957	25/10	187	51
	26/11	319	119	1958	4/2	303	74
1955	11/2	553	177		29/10	—	359
	15/3	349	88	1959	6/2	252	95
	5/5	386	146		8/10	86	55
				1960	13/9	903	305
Media						408	165
TOTALE 573 l/s							

Tabella 17 - Contributi medi della sola falda nei vari tratti del F. Ledra (mc/s).

Sezione	Portata media		Portate al F. Ledra non da apporti freatici		Contributo freatico nei vari tratti (A-B-C)
	Totale	Nel tratto (A)	Ruscell. (B-Tab. 15)	Altri apporti (C)	
Foce	12.49				
		5.83	0.62	0.17	5.04
Sez. 9	6.66			(III, XI Osoppo)	
Confluenza-R. Paludo		5.86	0.85	0.24	4.77
	0.8	0.80	0.07	(I Gemona e R. di Gemona)	0.73
Sorgenti	?				
Totali		12.49 (foce)	1.54	0.41 1.95	10.54 + 1.95 = 12.49 (foce)

fati nelle acque «non dal Tagliamento» di 10 mg/l, la seconda con concentrazioni di 15 mg/l.

Afflussi «non dal Tagliamento» con 10 mg/l di SO ₄	Afflussi «non dal Tagliamento» con 15 mg/l di SO ₄
--	--

Alla Sorgiva di Bars

$130x + (6-x) 10 = 6 \cdot 111,5$ $x = 5,07 \text{ mc/s}$ $\text{altre fonti} = 0,93 \text{ mc/s}$	$130x + (6-x) 15 = 6 \cdot 111,5$ $x = 5,03 \text{ mc/s}$ $\text{altre fonti} = 0,97 \text{ mc/s}$
--	--

Al F. Ledra fra la foce e la sez. 9

$130x + (5,04-x) 10 = 5,04 \cdot 106,7$ $x = 4,06 \text{ mc/s}$ $\text{altre fonti} = 0,98 \text{ mc/s}$	$130x + (5,04-x) 15 = 5,04 \cdot 106,7$ $x = 4,02 \text{ mc/s}$ $\text{altre fonti} = 1,02 \text{ mc/s}$
--	--

Al F. Ledra fra la sez. 9 e la confluenza del R. Paludo

$130x + (4,77-x) 10 = 4,77 \cdot 84,9$ $x = 2,98 \text{ mc/s}$ $\text{altre fonti} = 1,79 \text{ mc/s}$	$130x + (4,77-x) 15 = 4,77 \cdot 84,9$ $x = 2,90 \text{ mc/s}$ $\text{altre fonti} = 1,87 \text{ mc/s}$
---	---

Si può osservare che le soluzioni delle equazioni nei due casi sono molto vicine non discostandosi che alla seconda cifra decimale. Noi considereremo valide, come detto, quelle della serie relativa a 15 mg/l di SO₄ nelle acque non dal Tagliamento.

Risulta così che le acque freatiche provenienti dal F. Tagliamento ammontano a 5.03 mc/s per le risorgive dell'unità Tagliamento (6.0 mc/s) ed a 6.92 mc/s per quelle tributarie del F. Ledra (10.54 mc/s). Si tenga presente però che in quest'ultima aliquota è compresa anche la ricarica dovuta alle irrigazioni (0.21 mc/s) che vengono effettuate con acque del F. Tagliamento in quanto derivate dal Canale Sussidiario che fa capo appunto direttamente a questo fiume.

Calcoli analoghi possono essere effettuati anche per le portate emunte dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale (0.96 mc/s) che a tutti gli effetti debbono essere considerate dei deflussi freatici in quanto se non venissero sottratte artificialmente andrebbero ad ingrossare le portate delle risorgive.

Tali acque vengono costantemente tenute sotto controllo dal personale del Consorzio ed analizzate in media due volte alla settimana. Esse mostrano ampie variazioni nei contenuti di solfati; i dati bibliografici (Marinelli O. et Al., 1914; Mosetti, 1983) e quelli del Consorzio fluttuano in un campo fra 41-78 mg/l.

Per l'anno idrologico considerato le concentrazioni medie di SO₄ (77

analisi) sono state di 63.1 mg/l per cui, applicando la solita equazione, si ha:

$$\begin{aligned}130x + (0,96 - x) 15 &= 0,96 \cdot 63,1 \\x &= 0,40 \text{ mc/s} \\ \text{altre fonti} &= 0,56 \text{ mc/s}\end{aligned}$$

Una prima ripartizione degli afflussi freatici «non dal Tagliamento» è ora di facile soluzione in quanto sono note le portate di una delle altre due possibili fonti di alimentazione, le precipitazioni efficaci (1.42 mc/s). Per differenza si perviene così alla definizione degli apporti dell'altra fonte, cioè dai massicci carbonatici (3.73 mc/s), costituiti in questo caso solo da quelli esterni al bacino riconoscibile dato che gli afflussi dai massicci nordorientali interni ad esso sono stati compresi nelle precipitazioni efficaci dell'unità Vegliato.

La *Tab. 18* chiarisce il procedimento seguito e facendo riferimento ad essa si può concludere che i deflussi freatici globali, pari a 17.50 mc/s, sono così ripartiti:

- 10.54 mc/s vanno nel F. Ledra tramite i corsi di risorgiva (60.2%);
- 6.0 mc/s confluiscono direttamente nel F. Tagliamento trasportati dalla Sorgiva di Bars (unità Tagliamento, 34.3%);
- 0.96 mc/s sono prelevati per uso potabile dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale (5.5%).

Gli afflussi freatici invece provengono per:

- 12.35 mc/s dal F. Tagliamento (70.6%) di cui 12.14 mc/s per le sue dispersioni laterali (69.4%) e 0.21 mc/s per la ricarica delle irrigazioni (1.2%);
- 3.73 mc/s (21.3%) dalle infiltrazioni profonde da massicci carbonatici esterni al bacino riconoscibile di cui 0.83 mc/s interessano le risorgive dell'unità Tagliamento e 2.90 mc/s quelle del resto della pianura ed i prelievi per uso potabile;
- 1.42 mc/s dalle precipitazioni efficaci sul bacino riconoscibile (8.1%) di cui 0.80 mc/s nei bacini montani delle unità Vegliato e Orvenco e 0.62 mc/s nelle aree permeabili delle unità Tagliamento, Pianura, Sinistra Ledra.

Conclusioni

a) - Il coefficiente di deflusso ed il bilancio idrologico del F. Ledra

Il coefficiente di deflusso di un corso d'acqua, cioè il rapporto fra le sue portate annuali e le precipitazioni meteoriche annuali sul bacino imbrifero, assume un significato preciso ed è di facile determinazione per i corsi d'acqua montani dato che per essi esiste un bacino ben definito e, normalmente, non si verificano importanti travasi da o verso bacini contigui.

Per il F. Ledra la determinazione del coefficiente di deflusso non ha

Tabella 18 - Calcolo dei diversi afflussi freatici (mc/s) nell'unità Tagliamento, nei diversi tratti del F. Ledra e negli emungimenti per uso potabile.

	DEFLUSSI		AFFLUSSI				
	Portata della falda (A)	Contenuto medio SO ₄ (mg/l)	Contributi Tagliam.* (SO ₄ = 130 mg/l) (B)	Totale altre fonti (A-B)	Suddivisione delle altre fonti		
					Precipitaz. pianura (C)	efficaci bac. mont. (D)	Dai massicci carbonatici esterni bac. (A-B-C-D)
Un. Tagliam.	6.00	111.5	5.03	0.97	0.14	—	0.83
F. Ledra							
foce-sez. 9	5.04+	106.7	4.02+	1.02+	—		—
Sez. 9 - R. Paludo	<u>4.77=</u> 9.81	84.9	<u>2.90=</u> 6.92 (0.21 da irrigaz.)	<u>1.87=</u> 2.89	↑		↑
R. Paludo - sorgenti	0.73 (F. Ledra 10.54)	17 [∞]	—	0.73	0.48 (U.Pian.+ U.Sin. L.)	0.80 (U.Orv.+ U.Vegl.)	2.90
Acquedotto Friuli Centr.	0.96	63.1	0.40	0.56	—	—	—
TOTALI	17.50		12.35	5.15	0.62	0.80	3.73
(per infiltrazioni da irrigazioni)			0.21 =	1.20%			
(per dispersioni dal fiume)			12.14 =	69.37%			
PERCENTUALI	100.0		70.57	(29.43)	3.54	4.57	21.31

* Dispersioni laterali ed infiltrazioni dalle irrigazioni.

[∞] Ioni solfato non provenienti dalle dispersioni del F. Tagliamento.

invece molto significato ed esso è inoltre incerto in quanto non esiste un bacino imbrifero ben delineato dato che quello riconoscibile si ferma al corso del F. Tagliamento.

Le cose si complicano ancor di più a causa dei notevoli apporti che giungono al F. Ledra provenienti dall'esterno del bacino riconoscibile e cioè quelli artificiali della Roggia di Gemona e, soprattutto, quelli dovuti ai contributi del F. Tagliamento (dispersioni laterali ed irrigazioni) ed alle infiltrazioni profonde dai massicci carbonatici.

Volendo comunque effettuare il calcolo del coefficiente di deflusso per l'anno idrologico considerato (1-3-1989/28-2-1990) risulta che le por-

tate complessive del F. Ledra alla foce (12.49 mc/s), senza calcolare l'incremento artificiale dovuto alla Roggia di Gemona ed ai canali irrigui (in totale 0.41 mc/s), sono pari a 12.08 mc/s mentre le precipitazioni meteoriche sul suo bacino riconoscibile, cioè su tutte le unità idrogeologiche considerate (4.98 mc/s) meno l'unità Tagliamento (0.42 mc/s), ammontano a 4.56 mc/s (Tab. 13).

Il coefficiente di deflusso risulta quindi 2.65 che nella sua palese anomalità sta a testimoniare la forte influenza degli apporti esterni al bacino riconoscibile.

Più significativo, a nostro avviso, è il calcolo del bilancio idrologico che, dovendo chiudersi in pareggio con il deflusso naturale alla foce del F. Ledra, considera tutti i fattori che concorrono agli afflussi (Tab. 19).

I dati per il bilancio sono desumibili dalle *Tabb. 13 e 18* tenendo presente che le varie aliquote riguardanti i prelevamenti di acque potabili effettuati dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale non debbono essere considerate in quanto non riguardano il bilancio del F. Ledra ma quello della falda freatica.

I deflussi sono costituiti dalle portate naturali del F. Ledra alla foce,

Tabella 19 - Bilancio idrologico del F. Ledra (mc/s).

DEFLUSSI = 12.08 mc/s = portata naturale alla foce
 = 12.49 mc/s = portata alla foce con gli apporti artificiali dei canali di irrigazione e della Roggia di Gemona (0.41 mc/s)

AFFLUSSI NATURALI		
Provenienza	mc/s	%
(Precipitazioni totali annue)	4.56 —)	
(Evapotraspirazione)	<u>1.74 =)</u>	
(Precipitazioni utili)	2.82 —	
(Precipitazioni efficaci)	<u>1.28 =)</u>	
— Ruscellamento	1.54 +	12.75
— Portate dei corsi di risorgiva dovute alle emergenze:		
— delle dispersioni F. Tagliamento	6.71 +	55.55
— di parte delle infiltrazioni dai massicci carbonatici esterni, delle precipitazioni efficaci, della ricarica delle irrigazioni	3.83 =	31.70
(Port. tot. corsi di risorgiva)	10.54)	(87.25)
TOTALE AFFLUSSI NATURALI	12.08	100.00
TOTALE AFFLUSSI con apporti artificiali (0.41 mc/s)	12.49	

cioè senza il contributo della Roggia di Gemona e dei canali di irrigazione, ed ammontano come visto a 12.08 mc/s.

Gli afflussi sono rappresentati dall'aliquota delle precipitazioni su tutte le unità idrogeologiche (4.98 mc/s), tranne l'unità Tagliamento (0.42 mc/s), per cui ammontano a 4.56 mc/s; a causa dell'evapotraspirazione, che è pari a 1.74 mc/s, essi si riducono a 2.82 mc/s.

Queste precipitazioni utili sono ripartite poi in 1.28 mc/s come precipitazioni efficaci sulle aree permeabili, che a questo punto non interessano in quanto vanno a costituire una quota parte che riemergerà successivamente lungo la linea delle risorgive, ed in 1.54 mc/s su quelle impermeabili che danno luogo al ruscellamento confluyente nel F. Ledra.

A quest'ultima portata vanno aggiunti i 10.54 mc/s degli apporti dei corsi di risorgiva affluenti: essi sono la somma delle emergenze di 6.71 mc/s provenienti dalle dispersioni laterali del F. Tagliamento e di altri 3.83 mc/s che derivano da tutte le altre fonti. Si ricorda che esse sono le infiltrazioni profonde dai massicci carbonatici esterni al bacino riconoscibile, le precipitazioni efficaci e la ricarica artificiale delle irrigazioni.

Non si può risalire direttamente agli apporti delle singole fonti dato che esse risultano indifferenziate dal punto di vista chimico. Ciò non è possibile nè per le acque di risorgiva confluyente nel F. Ledra nè per quelle sottratte per uso potabile dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale. Si può solo effettuare una ipotesi di ripartizione basata su considerazioni teoriche, ipotesi che verrà illustrata nel Capitolo seguente.

b) - *Il bilancio idrologico della falda freatica*

Con il vincolo della chiusura in pareggio del bilancio della falda del Campo di Osoppo-Gemona, conseguente alle condizioni geologiche dell'acquifero, sono stati definiti quantitativamente sia i deflussi che gli afflussi freatici (*Tabb. 13, 18 e 20*). I primi (17.50 mc/s) sono costituiti:

- dalle portate delle risorgive confluyente, tramite i corsi di risorgiva, nel F. Ledra (10.54 mc/s, 60.2%);
- dalle portate delle risorgive che sboccano direttamente nel F. Tagliamento convogliate dalla Sorgiva di Bars (6.0 mc/s, 34.3%);
- dall'emungimento per usi potabili (0.96 mc/s, 5.5%) effettuato dal Consorzio Acquedotto del Friuli Centrale che viene distribuito all'esterno del Campo di Osoppo-Gemona.

Gli afflussi provengono invece:

- dalle dispersioni laterali del F. Tagliamento (12.14 mc/s, 69.4%);
- dalle infiltrazioni profonde dai massicci carbonatici esterni al bacino riconoscibile (3.73 mc/s, 21.3%);
- dalle precipitazioni efficaci (1.42 mc/s, 8.1%) sulle 5 unità idrogeologiche in cui è stato suddiviso il bacino riconoscibile (unità Tagliamento, Pianura, Vegliato, Orvenco, Sinistra Ledra);
- dalla ricarica dovuta alle acque di irrigazione (0.21 mc/s, 1.2%) dei 2 Compensori esistenti nel Campo di Osoppo-Gemona (C. di Bonifica di Osoppo e C. di Bonifica Integrale di Gemona).

Tabella 20 - Bilancio idrologico generale della falda freatica del Campo di Osoppo-Gemona (mc/s).

Deflussi		%	Afflussi		%
(F. Ledra alla foce .	12.49 —)		(Precipitaz. tot.		
(Roggia di Gemona	0.11 —)		sulle Unità	4.98 —)	
(Port. canali irrig.	0.30 —)		(Evapotraspir.	1.92 =)
(Ruscell. superficiale	<u>1.54 =)</u>		(Precipit. utili	3.06 —)	
— Al F. Ledra dalla			(Ruscellamento	<u>1.64 =)</u>	
sola falda tramite i			— Precip. efficaci . . .	1.42 +	8.11
corsi di risorgiva . .	10.54 +	60.23	(Irrigazioni tot. . . .	0.30 —)	
(per emergenza delle			(Evapotraspirazione . .	<u>0.09 =)</u>	
acque provenienti da:			— Ricarica per le		
— dispers. F. Tagliam.	6.71		irrigazioni	0.21 +	1.20
— mass. carbon. esterni	2.53?		— Infiltr. da massicci		
— precipitaz. efficaci	1.12?		carbonatici esterni . .	3.75 +	21.31
— ricarica irrigazioni	0.18?)		— Dispersioni dal		
(S.va di Bars alla foce	6.1 —)		F. Tagliamento	12.14 =	69.38
(Ruscell. superficiale .	<u>0.1 =)</u>				
— Alla S.va di Bars					
dalla sola falda . . .	6.0	34.29			
(per emergenza delle					
acque provenienti da:					
— dispers. F. Tagliam.	5.03				
— mass. carbon. esterni	0.83?				
— precipit. efficaci .	0.14?)				
— Emungim. CAFC .	0.96	5.48°			
(acque provenienti da:					
— dispers. F. Tagliam.	0.40				
— mass. carbon. esterni	0.37?				
— precipit. efficaci .	0.16?				
— ricarica irrigazioni	0.03?)				
Defl. freatici	17.50	100.00	Afflussi freatici	17.50	100.00

* Tale percentuale è fittizia in quanto gli emungimenti per uso potabile non gravano sull'intera falda del Campo di Osoppo-Gemona ma solo su quella esterna all'unità Tagliamento che presenta un deflusso (afflusso) complessivo di 11.50 mc/s (v. testo).

Si conferma quindi una volta di più il ruolo determinante rivestito dalle infiltrazioni laterali del F. Tagliamento che interessano praticamente tutta la pianura di Osoppo-Gemona ad eccezione della sua fascia più orientale. Esse si riversano per 7.11 mc/s nell'unità Pianura e per 5.03 mc/s nell'unità Tagliamento (Tab. 18).

L'aver definito quantitativamente i vari afflussi freatici e le loro relazioni percentuali è particolarmente importante anche dal punto di vista della pericolosità di possibili inquinamenti di una delle fonti di alimentazione. Nel caso ciò si verificasse è possibile prevedere la concentrazione dell'inquinante in falda in base alla diluizione che lo stesso subirebbe ad opera delle acque provenienti dalle altre fonti.

Sotto questo aspetto risulta quindi essenziale preservare la qualità delle acque correnti superficiali del F. Tagliamento che vanno a costituire per quasi il 70% la falda del Campo di Osoppo-Gemona.

La quantificazione delle infiltrazioni in sinistra del F. Tagliamento consente una ulteriore considerazione di carattere idrogeologico. Dato che le numerose ricostruzioni delle isofreatiche del Campo di Osoppo-Gemona permettono di definire le lunghezze dei tratti perdenti, è possibile risalire all'entità delle dispersioni per chilometro lineare. Ciò è fattibile in maniera abbastanza precisa per quelle che interessano l'unità Pianura mentre per l'unità Tagliamento il calcolo è solo approssimativo in quanto, in quest'area, il tratto perdente non è ben definito dato che le isofreatiche sono state sempre tracciate con abbondante estrapolazione mancando un numero adeguato di punti di indagine.

Il fronte di dispersione per l'unità Pianura si estende da Ospedaletto al Colle di Osoppo, per una lunghezza complessiva di 4.5 Km, mentre quello relativo all'unità Tagliamento è localizzato nel varco fra i Colli di Osoppo e S. Rocco (0.5 Km) e più a valle, per una lunghezza totale stimabile intorno a 2 Km. Risultano quindi dispersioni medie rispettivamente di 1.58 e 2.0 mc/s/Km.

Questi valori sono vicini e testimoniano una certa uniformità di permeabilità dei materiali alluvionali adiacenti alla sponda sinistra del F. Tagliamento (sabbie e ghiaie), uniformità riconosciuta già da Giorgetti & Stefanini (1989a). Essi inoltre indicano un'alta permeabilità dei depositi stessi dato che dispersioni intorno a 2 mc/s/Km sono elevate in ambito regionale; quelle dello stesso F. Tagliamento, ad esempio, misurate in tempi diversi nel tratto tra Pinzano e Ponte di Dignano (11.3 Km), cioè immediatamente a valle dell'anfiteatro morenico (Alta Pianura friulana), sono risultate pari a 1.1-1.3 mc/s/Km (Dal Piaz et Al, 1965).

Con i dati a disposizione è possibile, al contrario, definire le portate freatiche drenate direttamente dall'alveo del F. Ledra nel tratto fra il nodo di Andreuzza e la foce che sviluppa una lunghezza di circa 5 Km.

Le portate complessive confluenti in questo tratto sono state, nell'anno idrologico, di 3.35 mc/s e derivano dalla somma delle portate dei corsi di risorgiva, di quelle dei canali di irrigazione durante il periodo non irriguo (III e XI Osoppo) e del ruscellamento.

Si ricorda che il canale III Osoppo termina direttamente nel F. Ledra

mentre l'XI Osoppo recapita i suoi contributi nel tratto iniziale del R. Tagliamentuzzo (Fig 5).

Questi due canali nel periodo non irriguo (315 giorni) hanno avuto una portata media complessiva di 0.2 mc/s che corrisponde ad una media annua di 0.17 mc/s.

Le portate dei corsi di risorgiva «misurati» (1.20 mc/s in totale) sono state di 0.62 mc/s per il R. Roiatta e di 0.58 mc/s per il R. Tagliamentuzzo ma in queste ultime sono compresi già i contributi del canale XI Osoppo (0.09 mc/s). Quelle «naturali» per questi due corsi d'acqua ammontano quindi a circa 1.11 mc/s.

Le portate dei corsi di risorgiva «non misurati» si possono stimare, data la loro scarsa importanza, in circa 0.1 mc/s mentre l'apporto per ruscellamento è calcolabile in 0.3 mc/s, cioè poco meno della metà di quello totale confluyente nel F. Ledra fra la sua foce e la sez. 9 (0.62 mc/s).

Gli apporti non drenati ammontano quindi complessivamente a 1.68 mc/s (0.17+1.11+0.1+0.3 mc/s) da cui deriva che quelli freatici drenati direttamente dall'alveo sono pari a 1.67 mc/s, cioè praticamente uguali. Questi ultimi corrispondono ad una intensità di drenaggio delle acque sotterranee di 0.33 mc/s/Km.

Tornando al bilancio idrologico della falda, risulta una novità il forte peso esercitato dalle infiltrazioni profonde dai massicci carbonatici «esterni al bacino riconoscibile» che sono state per la prima volta quantificate in 3.73 mc/s (21.3%). Quelle provenienti dai massicci in destra Tagliamento entrano nella pianura passando al di sotto delle dispersioni del F. Tagliamento e ciò è stato chiaramente provato da Stefanini (1987) in base alle stratigrafie chimiche delle acque sotterranee del Campo di Osoppo-Gemona.

Il dato sulle infiltrazioni esterne permette di risalire, almeno in via ipotetica, all'estensione della parte di bacino al di fuori di quello riconoscibile e, in definitiva, a quella dell'intero bacino idrogeologico.

Ammettendo infatti per la parte esterna, costituita da massicci carbonatici, una temperatura media annua di 10°C, date le quote generali dei rilievi, ed una piovosità annua di 1800 mm, che è il valore dell'isoieta che taglia circa a metà le aree carbonatiche, si perviene ad una evapotraspirazione (Turc) di 572 mm (31%) che porta le precipitazioni utili a 1228 mm (1800-572 mm).

Supponendo un ruscellamento pari al 10%, come per il bacino carbonatico del T. Vegliato, ne conseguono precipitazioni efficaci (90%) di 1105.2 mm (1228-122.8 mm). Esse corrispondono a 1.105.200 mc/kmq/anno mentre gli afflussi complessivi provenienti dalle aree carbonatiche esterne sono di 117.629.280 mc/anno (3.73 mc/s × 31536000 secondi).

Da ciò deriva che la superficie areale dei massicci carbonatici esterni, nelle condizioni di piovosità e temperatura supposte, potrebbe aggirarsi intorno a 106 Km² ed essere addirittura superiore a quella del bacino riconoscibile (94.3 Km²). L'intero bacino idrogeologico potrebbe estendersi quindi per circa 200 Km².

Per raggiungere tale superficie è necessario allargare il bacino riconoscibile sia in destra che in sinistra Tagliamento ma in maniera attualmente imprecisabile. Considerando tuttavia la morfologia dei rilievi e le loro condi-

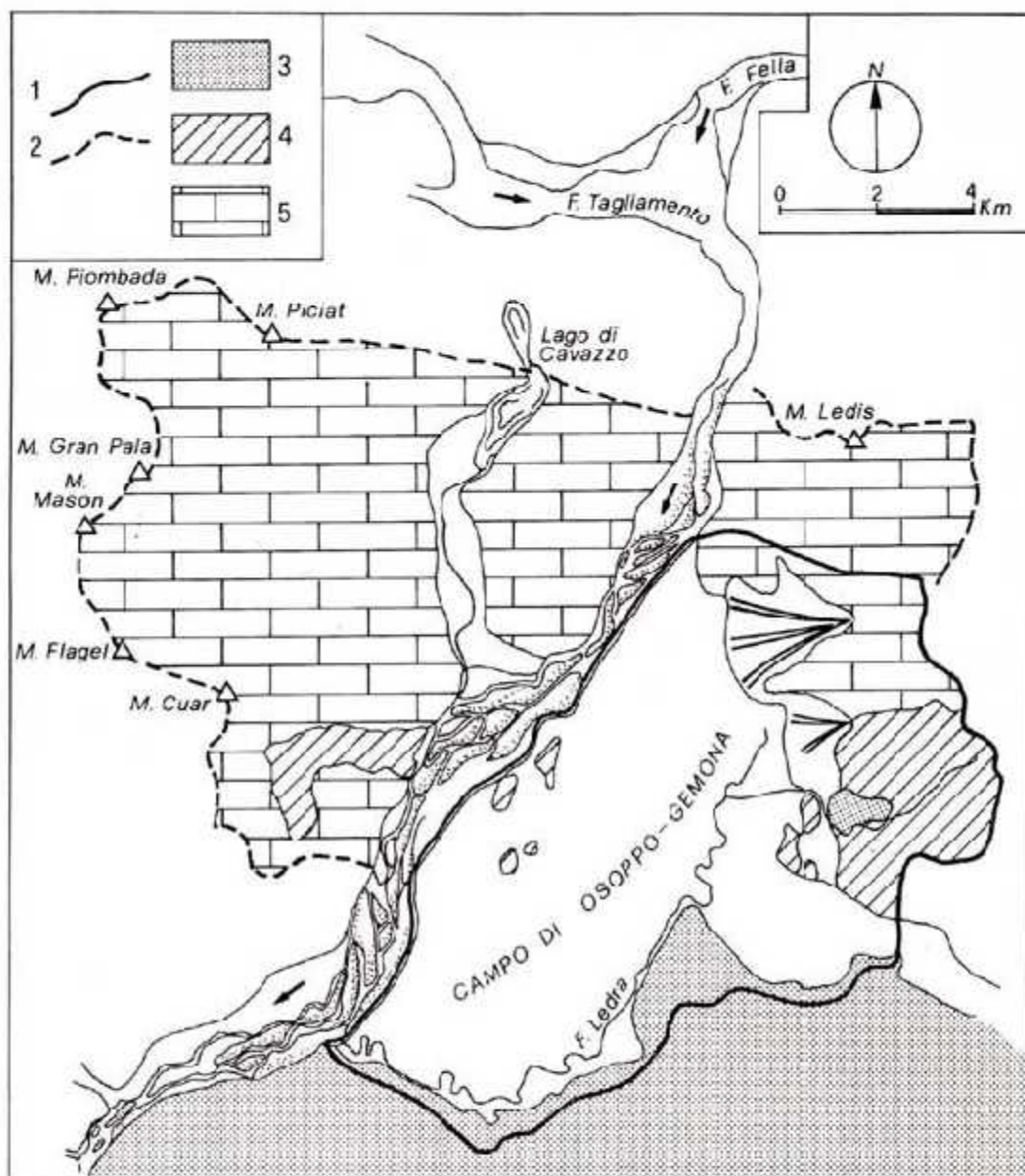


Fig. 8 - Possibile estensione del bacino idrogeologico gravitante sulla falda freatica del Campo di Osoppo-Gemona. 1) - limite del bacino riconoscibile; 2) - limite del bacino possibile; 3) - aniteatro morenico e depositi morenici; 4) - flysch s.l. e conglomerati; 5) - rocce carbonatiche.

zioni strutturali è possibile che il bacino giunga in destra (Fig. 8) fino ai monti Cuar, Flagel, Mason, Gran Pala, Piombada e Piciat e, in sinistra, fino al corso del T. Venzonassa ed ai massicci del M. Fauid e M. Ambruset.

Per quanto riguarda i deflussi freatici, val la pena far notare come gli emungimenti operati dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale corrispondono apparentemente a poco più del 5% dei deflussi totali per l'intero Campo di Osoppo-Gemona, e quindi degli afflussi, e siano perciò limitati

rispetto alla potenzialità dell'acquifero. In effetti, la percentuale reale è superiore in quanto i prelevamenti per acque potabili interessano la sola falda al di fuori dell'unità Tagliamento che, come si vedrà, presenta un afflusso complessivo di 11.50 mc/s (Tab. 22).

Lo sfruttamento per uso potabile costituisce quindi l'8.35% dei deflussi freatici della parte di falda sulla quale gravita e utilizza perciò la stessa quantità degli afflussi: esso rimane comunque ancora molto modesto.

Se gli emungimenti venissero però incrementati in modo esagerato essi andrebbero a tutto discapito delle portate dei corsi di risorgiva ed in definitiva di quelle del F. Ledra.

Con l'abbassamento della superficie freatica si assisterebbe inoltre ad una migrazione verso valle della fascia delle risorgive ricadente nell'allargato cono di depressione e, al limite, si potrebbe verificare la scomparsa di alcune di esse.

Sempre a proposito dei deflussi freatici, i dati a disposizione consentono, almeno in via teorica, di risalire alle quantità dei singoli afflussi freatici che riemergono lungo la linea delle risorgive ed a quelle che vengono prelevate dal Consorzio Acquedotto Friuli Centrale (CAFC).

Le quantità provenienti dalle dispersioni del F. Tagliamento sono già state definite in base a considerazioni di carattere idrochimico, ora si vuol determinare quelle che derivano dai massicci carbonatici esterni al bacino riconoscibile, dalle precipitazioni efficaci e dalla ricarica delle irrigazioni.

Le considerazioni che seguiranno si riferiscono alle sole risorgive confluenti nel F. Ledra (unità Pianura) e non a quelle che alimentano la Sorgiva di Bars (unità Tagliamento) per le quali le varie aliquote provenienti dalle diverse fonti sono state determinate in modo diretto (Tab. 18).

Le portate complessive degli apporti «non dal Tagliamento» che emergono dalle risorgive facenti capo al F. Ledra ammontano a 3.83 mc/s mentre quelle, sempre «non dal Tagliamento», prelevate per uso potabile dal CAFC sono di 0.56 mc/s; il loro rapporto quantitativo è dunque di 6.84.

L'ipotesi di lavoro si basa sul fatto che lo stesso rapporto leghi anche le quantità di ogni singola fonte di alimentazione nel complesso di acque di risorgiva ed in quelle che vengono sottratte dal CAFC.

In altri termini si suppone che ogni fonte di alimentazione si ripartisca nei due deflussi in modo proporzionale al totale degli afflussi «non dal Tagliamento» presenti in essi.

Se è così, e ciò è molto probabile in base alle caratteristiche di circolazione delle acque sotterranee, il problema è allora risolvibile con 3 sistemi di equazioni del tipo $x+y=A$ e $x/y=6.84$ in cui A rappresenta di volta in volta le quantità provenienti da una fonte di alimentazione e x, y rispettivamente le quantità presenti nelle acque di risorgiva che confluiscono nel F. Ledra e negli emungimenti del CAFC.

Ricordando che A è uguale a 2.90 mc/s per gli apporti dai massicci carbonatici esterni al bacino riconoscibile (Tab. 18), a 1.28 mc/s per le precipitazioni efficaci ed a 0.21 mc/s per la ricarica delle irrigazioni, la ripartizione delle fonti di alimentazione risulta come in Tab. 21.

Lo schema semplificato del «ciclo dell'acqua» nel Campo di Osoppo-

Tabella 21 - Ripartizione dei vari afflussi freatici «non dal Tagliamento» nei deflussi delle risorgive ed in quelli emunti dal CAFC.

Deflussi	Provenienza degli afflussi freatici			Totali
	Mass. carb. esterni	Precip. efficaci	Irrigaz.	
Risorgive al F. Ledra	2.53	1.12	0.18	3.83
Emungimenti CAFC	0.37	0.16	0.03	0.56
Totali	2.90	1.28	0.21	4.39

Tabella 22 - Bilanci idrologici parziali della falda freatica per l'unità Tagliamento ed il resto della pianura.

UNITA' TAGLIAMENTO (mc/s)

Deflussi	Afflussi		%
Sorgiva di Bars 6.1 —	(Precip. totali 0.42 —)		
	(Evapotraspirazione 0.17 =)		
Ruscellamento 0.1 =	(Precipit. utili 0.24 —)		
	(Ruscellamento 0.10 =)		
	— Precipit. efficaci 0.14 +		2.33
	— Infiltr. profonde da mass. carbonatici 0.83 +		13.83
	— Dispersioni dal F. Tagliamento 5.03 =		83.84
Deflussi freatici	6.0	Afflussi freatici	6.0
			100.00

RESTO DELLA PIANURA (mc/s)

Deflussi	%	Afflussi	%
Port. totale delle risorgive confluenti nel F. Ledra per i soli affioramenti freatici 10.54	91.65	(Precip. totali 4.56 —)	
		(Evapotraspirazione 1.74 =)	
		(Precipit. utili 2.82 —)	
		(Ruscellamento 1.54 =)	
Emungimenti del Cons. Acquedotto Friuli Centrale 0.96	8.35	— Precipit. efficaci 1.28	11.13
		(Irrigaz. totali 0.30 —)	
		(Evapotraspirazione 0.09 =)	
		— Ricarica irrigaz. 0.21	1.83
		— Infiltr. profonde dai mass. carbonatici 2.90	25.22
		— Dispersioni dal F. Tagliamento 7.11	61.82
Deflussi freatici	11.50	Afflussi freatici	11.50
	100.00		100.00

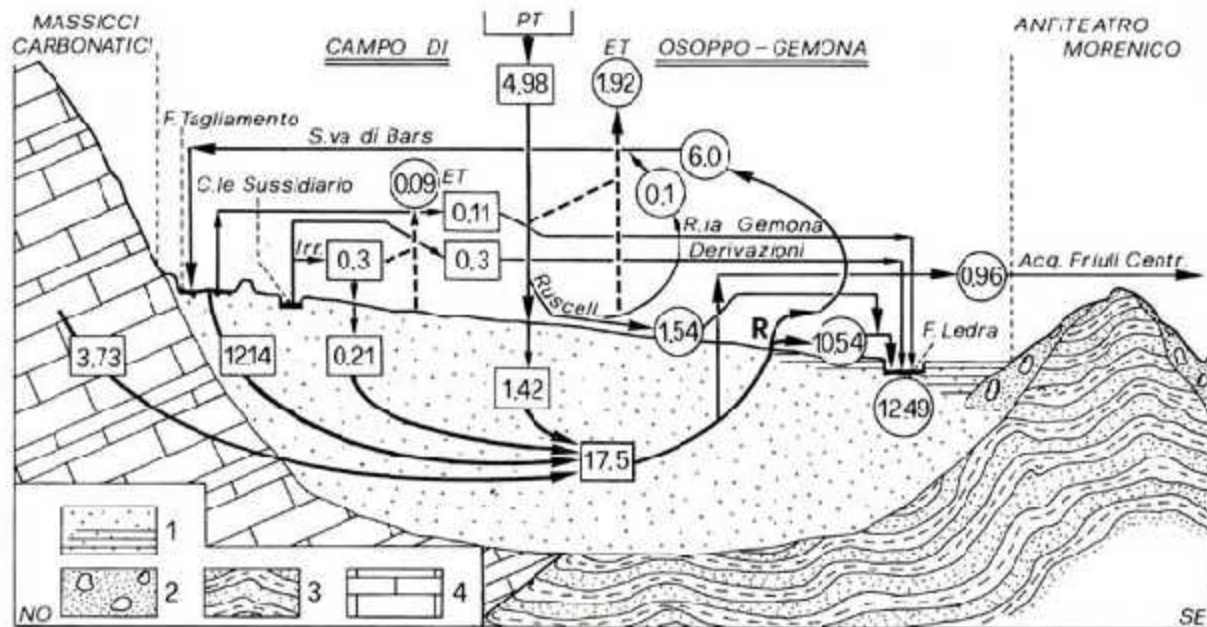


Fig. 9 - Il «ciclo dell'acqua» ed il bilancio idrologico globale del Campo di Osoppo-Gemona. Nelle cornici rettangolari è indicata l'entità dei vari afflussi (in mc/s) ed in quelle circolari l'entità dei deflussi. PT - Precipitazioni totali; ET - evapotraspirazione; R - risorgive. 1) - alluvioni sabbioso-ghiaiose ed argillose; 2) - depositi morenici della cerchia interna dell'anfiteatro del Togliamento; 3) - flysch s.l.; 4) - rocce carbonatiche.

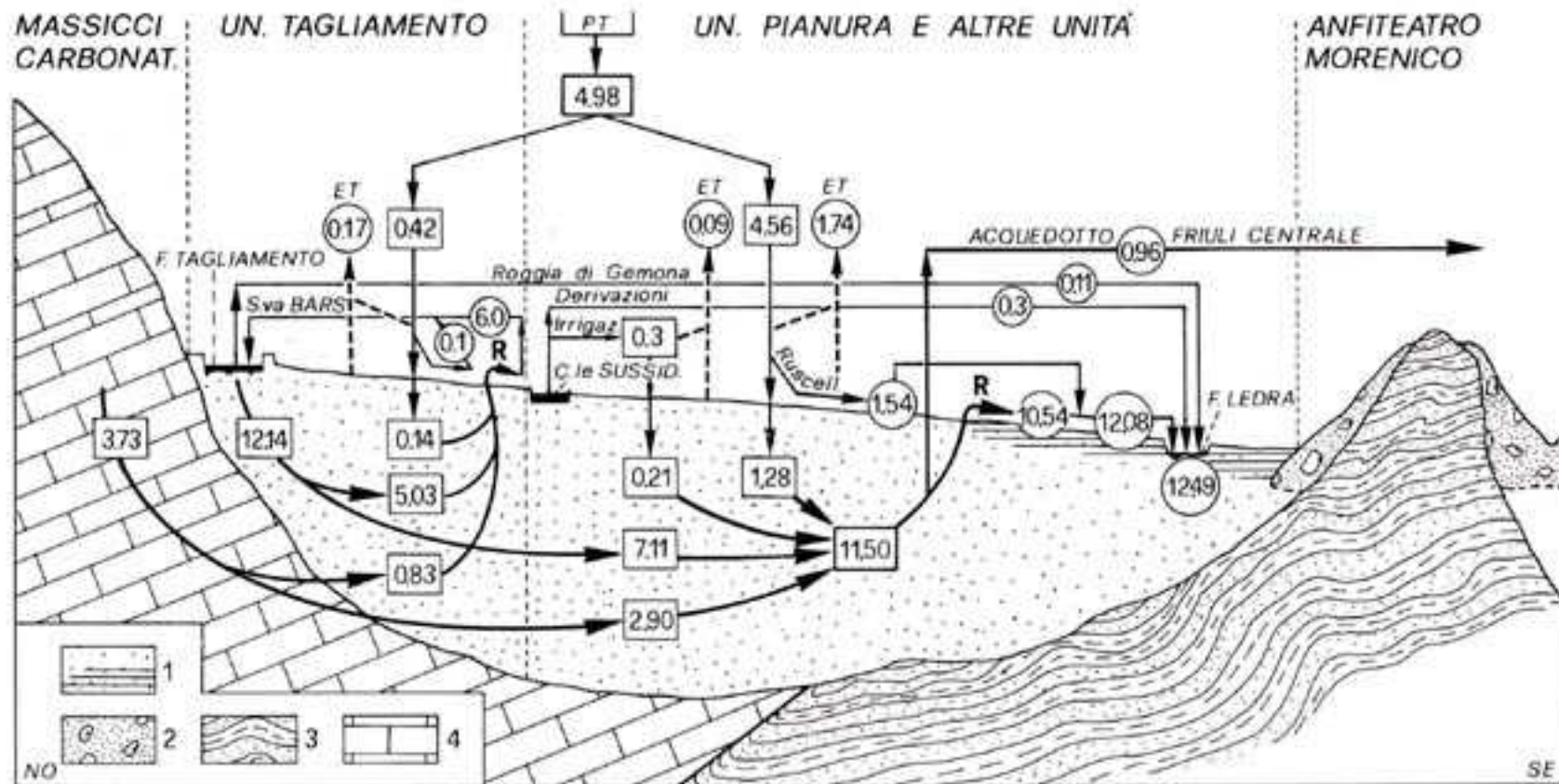


Fig. 10 - Il «ciclo dell'acqua» ed il bilancio idrologico del Campo di Osoppo-Gemona suddiviso per l'unità Tagliamento e per il resto della pianura. Nelle cornici rettangolari è indicata l'entità dei vari afflussi (in mc/s) ed in quelle circolari l'entità dei deflussi. PT - precipitazioni totali; ET - evapotraspirazione; R - risorgive. 1) - alluvioni sabbioso-ghiaiose ed argillose; 2) - depositi morenici della cerchia interna dell'anfiteatro del Tagliamento; 3) - flysch s.l.; 4) - rocce carbonatiche.

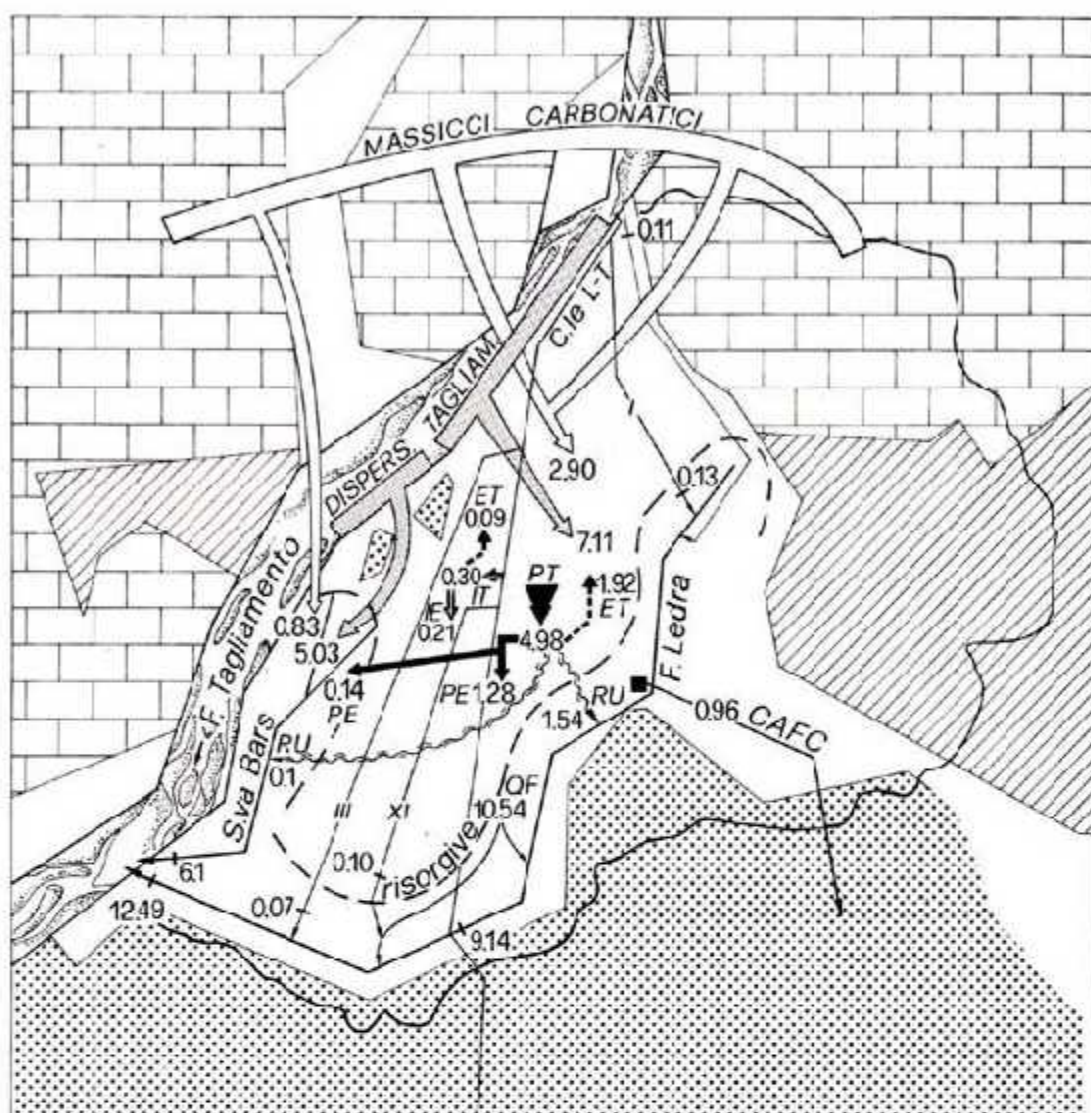


Fig. 11 - Schema del bilancio idrologico del F. Ledra e della falda freatica del Campo di Osoppo-Gemona (mc/s). PT - precipitazioni totali; ET - evapotraspirazione; PE - precipitazioni efficaci; RU - ruscellamento; IT - irrigazioni totali; IE - irrigazioni efficaci; QF - portata freatica complessiva drenata dal solo F. Ledra.

Gemona, secondo una sezione grossomodo N-S e con i valori relativi ai vari afflussi e deflussi (Tab. 20), è illustrato in Fig. 9.

In Fig. 10 è presentato invece uno schema più particolareggiato (Tab. 22) nel quale la falda freatica è stata suddivisa in due settori, quello marginale dell'unità Tagliamento e quello del resto della pianura che sono distinti dalla caratteristica essenziale di essere tributari, il primo, del F. Tagliamento ed il secondo del F. Ledra.

Tale schema può risultare più utile per le considerazioni relative alla gestione delle risorse idriche sotterranee in quanto è proprio nell'area di pianura esterna all'unità Tagliamento che sono concentrate le attività industriali, agricole, zootecniche ed i centri abitati.

Uno schema areale degli afflussi e dei deflussi è invece presentato in Fig. 11.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare per la preziosa collaborazione, senza la quale questo lavoro non sarebbe stato possibile:

— l'Ing. Pierpaolo Gubertini (Direzione Regionale Ambiente della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia) per aver messo a disposizione i dati freaticometrici relativi al pozzo n. 270;

— il Geom. Pietro Morocutti (Consorzio Ledra-Tagliamento) per i preziosi dati di portata relativi al nodo idraulico di Andreuzza e di altri corsi d'acqua minori;

— il Geom. Edmondo Paverani (Sezione Staccata di Udine del Magistrato alle Acque di Venezia) per i dati meteorologici;

— l'Ing. Italo Michelazzi e la Dottoressa Adriana Cirillo (Consorzio Acquedotto del Friuli Centrale) rispettivamente per i dati sugli emungimenti e per quelli chimici relativi alle acque dei pozzi del Molin del Bosso.

Bibliografia

- Bottino G., Civita M., Restivo G. (1980) - Lineamenti idrogeologici, quantità finalizzate e rischio di inquinamento delle riserve idriche della Comunità Collinare del Friuli. *Atti 4° Conv. Internaz. sulle Acque Sotterranee*, p. B57-B97, Capomulini Unni, Acireale (Catania).
- Brambati A., Corsi M., Giorgetti F., Onofri R., Stefanini S., Ulcigrai F. (1976) - Geological emergency interventions in the earthquake stricken zones of Friuli. The example of Osoppo Town. *Boll. di Geof. Teor. ed Appl.*, vol. XIX, n. 72, p. 987-1017, Trieste.
- Comel A. (1948) - Caratteristiche chimico-litologiche delle sabbie dei fiumi friulani. *Studi Goriziani*, vol. XI, p. 11-52, Gorizia.
- Consorzio Ledra Tagliamento (1983) - Piano di bonifica irrigua dell'Alta Pianura friulana. *Arti Grafiche Friulane*, p. 1-101, Udine.
- Dal Piaz G., Fabris O., Marzolo F. (1965) - Il Canale Libertà e le falde freatiche in sinistra e in destra Tagliamento. Aspetti geo-idrologici ed economico-agrari. *Organizz. Ledra-Tagliamento*, p. 5-109, Udine.
- Giorgetti F., Stefanini S. (1989a) - Vulnerabilità degli acquiferi del Campo di Osoppo-Gemona all'inquinamento. (Provincia di Udine). *Cons. Naz. delle Ric., Gr. Naz. Difesa Catastrofi Idrogeologiche - Reg. Aut. Friuli-Venezia Giulia, Direz. Reg. Ambiente; 11 Tavv.*, Trieste.
- Giorgetti F., Stefanini S. (1989b) - Composizione e provenienza delle acque di risorgiva del Campo di Osoppo-Gemona e della Piana di Artegna e Buia (Provincia di Udine). *GORTANIA - Atti Museo Friul. di St. Nat.*, n. 11, p. 39-62, Udine.
- Marinelli O., Lorenzi A., Feruglio D. (1914) - Relazione al Consorzio Ledra-Tagliamento sopra la provenienza delle acque del Ledra. *Estratto da «Mondo Sotterraneo*, a. X, n. 1-5, p. 5-21, Udine.
- Moratti L. (1986) - Afflussi meteorici e deflussi superficiali nelle reti idrografiche. In *Ambiente: protezione e risanamento. Vol. I, Le Acque* (a cura di A. Zavatti), p. 3-27, Pitagora Ed., Bologna.
- Mosetti F. (1985) - Sintesi sull'idrologia del Friuli-Venezia Giulia. *Quaderni Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia (Udine)*, n. 6, p. 1-295, Udine.
- Polli S. (1971) - Il clima della Regione. In *«Encicloped. Monograf. del Friuli-Venezia Giulia, il Paese, parte prima*, p. 443-488, Udine.
- Salvini N. (1938) - Questioni sulla idrografia superficiale e freatica della pianura friu-

- iana. Estratto da «Atti XII Congr. Geograf. Italiano, p. 5-32, Udine.
- Stefanini S. (1976) - Composizione chimica delle acque fluviali del Friuli-Venezia Giulia durante la fase di magra e di piena dei corsi d'acqua. *Quad. Ist. di Ric. sulle Acque (IRSA)*, n. 28(15), p. 391-448, Roma.
- Stefanini S. (1978) - Composizione chimica e inquinamenti delle acque freatiche dell'Alta Pianura friulana fra i fiumi Tagliamento e Torre. *Quad. Ist. di Ric. sulle Acque (IRSA)*, n. 34(12), p. 287-299, Roma.
- Stefanini S. (1987) - Nuove indagini sulla costituzione profonda della falda nel Campo di Osoppo e Gemona. *Rass. Tecnica del Friuli-Venezia Giulia*, n. 6, p. 37-41, Udine.
- Stefanini S., Catani G. (1977) - La falda freatica nella pianura di Osoppo e Gemona (Provincia di Udine): idrogeologia e idrochimica. *Quad. Ist. di Ric. sulle Acque (IRSA)*, n. 34, p. 155-196, Roma.
- Stefanini S., Kobec O. (1978) - Caratteristiche idrogeologiche e chimiche della falda freatica nell'anfiteatro morenico del Tagliamento (Friuli-Venezia Giulia). *Quad. Ist. di Ric. sulle Acque (IRSA)*, n. 34(8), p. 205-215, Roma.

QUADERNI E.T.P. GIÀ PUBBLICATI

- N. 1 - 1981 - A. Rasi - E. Reisenhofer - M. Specchi: INDAGINI SU ALCUNI LAGHI DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA.
- N. 2 - 1981 - E. Tortonese: I SALMONIDI ITALIANI.
- N. 3 - 1982 - S. Dolce - M. Specchi: CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DELL'ITTIOFAUNA DI ALCUNI STAGNI DEL CARSO TRIESTINO.
- N. 4 - 1982 - F. de Cristini - M. Specchi: CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SUL POLIMORFISMO EMOGLOBINICO IN «SALMO TRUTTA FARIO» E «SALMO GAIRDNERI» DELLE ACQUE DEL FRIULI.
- N. 5 - 1982 - M. Buda Dancevich - S. Paradisi - L. Sillani - M. Specchi: OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLA DISTRIBUZIONE DI ALCUNE SPECIE ITTICHE DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA.
- N. 6 - 1983 - F. Mosetti: SINTESI SULL'IDROLOGIA DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA.
- N. 7 - 1983 - G. A. Amirante: STUDI IMMUNOISTOCHEMICI SULLA PRESENZA DELL'ENZIMA FOSFOPROTEIN-FOSFATASI IN AVANNOTTI DI TROTA IRIDEA (SALMO GAIRDNERI RICH.).
- G. B. Delmastro - G. Forneris - C. Sarra: DIETA ESTIVA DI SALVELINUS ALPINUS (L) Osteichthyes, Salmonidae) IN UN LAGO D'ALTA QUOTA DELLE ALPI OCCIDENTALI.
- N. 8 - 1984 - A. Mojetta: NOTIZIE SULL'ITTIOFAUNA GIULIANO-FRIULANA NELLA LETTERATURA.
- A. Di Marcotullio - G. A. Amirante - E. A. Ferrero: IL QUADRO EMATOLOGICO IN SPARUS AURATA.
 - M. Specchi - F. Stoch: STUDIO PRELIMINARE SULLE COMUNITA' PLANCTONICHE DI TRE RACCOLTE D'ACQUA NEL CARSO TRIESTINO.
- N. 9 - 1984 - P. Mosetti - F. Mosetti: UNA RELAZIONE PER LE PORTATE DEI CORSI D'ACQUA DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA.
- F. Stoch - S. Dolce: ALIMENTAZIONE E RAPPORTI ALIMENTARI DI TRITURUS ALPESTRIS ALPESTRIS (Laur.), TRITURUS CRISTATUS CARNIFEX (Laur.) E TRITURUS VULGARIS MERIDIONALIS (Boul.). (Osservazioni sull'alimentazione degli Anfibi: III).
- N. 10 - 1985 - E. Tortonese: INTERESSE SCIENTIFICO E PRATICO DI UNA FAMIGLIA DI PESCI OSSEI: GLI ATERINIDI.
- N. 11 - 1985 - AA.VV.: IL LAGO DI RAGOGNA.
- N. 12 - 1986 - P. Mosetti - F. Mosetti: NUOVE VEDUTE SULLA FALDA ACQUIFERA DELLA PIANA FRIULANA (FRIULI-VENEZIA GIULIA).
- A. Miola: CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DELLA FLORA FITOPLANCTONICA DEL FIUME STELLA (FRIULI-VENEZIA GIULIA).
 - P. Mosetti - F. Mosetti: IL FIUME NATISONE ED I FENOMENI DI CATTURA DEL SUO TRATTO MONTANO DIMOSTRATI CON UN CRITERIO GEOMATEMATICO.

- N. 13 - 1986 - G. Alessio: RECENTI EFFETTI DELLE MODIFICAZIONI AMBIENTALI SULL'ITTOFAUNA DEL BACINO DEL PO.
- L. Sillani: OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLE CONDIZIONI IDROLOGICHE E SULLA FAUNA ITTICA IN UNA ROGGIA DELLA BASSA PIANURA FRIULANA.
 - F. Stravisi - M. Sandrini: IL CICLO ANNUALE DELLA TEMPERATURA E DELLA TRASPARENZA NELLE ACQUE COSTIERE DEL LAGO DI GARDA.
- N. 14 - 1986 - AA.VV.: ATTI DEL I CONVEGNO A.I.I.A.D. «LE CARTE ITTICHE E LA GESTIONE DELLE ACQUE INTERNE» (finalità e metodi di utilizzazione scientifica della risorsa idrofaunistica) - Reggio Emilia 29-30 marzo 1985.
- N. 15 - 1987 - G. Chiara - M. Specchi - M. Buda Dancevich: NOTA PRELIMINARE SULLA STRUTTURA DELLA POPOLAZIONE DI *COTTUS GOBIO* L. (OSTEICHTHYES, SCORPAENIFORMES) DELLA 'ROGGIA VENCHIAREDO.
- M. Buda Dancevich - M. Specchi: OSSERVAZIONI ECOLOGICHE SU UNO STAGNO DELLA BASSA FRIULANA.
 - M. Lugli: IL COMPORTAMENTO DEL GHIOZZO DI FIUME, *PADOGOBIUS MARTENSI* (Pisces, Gobiidae).
 - M. Buda Dancevich - F. Stoch: ALCUNE OSSERVAZIONI SULLA DINAMICA DEI POPOLAMENTI ZOOPLANCTONICI DI UN «LAGHETTO DI CAVA» DEL FRIULI.
 - E. Colizza - R. Costa - M. L. Garofalo: LE OSTRACOFAUNE DEL LAGO INFERIORE DI FUSINE (Friuli-Venezia Giulia - Italia).
- N. 16 - 1988 - M. Buda Dancevich - L. Sillani - M. Specchi: OSSERVAZIONI SULLA STRUTTURA DELLE POPOLAZIONI DI TEMOLO, *THYMALLUS THYMALLUS* (L.) (Osteichthyes, salmoniformes) DEL FIUME TAGLIAMENTO E DEL FIUME MEDUNA.
- F. Mosetti: CONSIDERAZIONI GEOIDROLOGICHE SUL LAGO DI CAVAZZO, O DEI TRE COMUNI.
 - M. Buda Dancevich - L. Sillani: ALCUNE OSSERVAZIONI BIOMETRICHE SULLA POPOLAZIONE DI *LEUCISCUS CEPHALUS CABEDA* RISSO (Osteichthyes, Ciprinidae) DEL BACINO DELL'ISONZO.
- N. 17 - 1989 - F. Mosetti: IL CARSIAMO E L'IDROLOGIA CARSIKA.
- N. 18 - 1990 - G. Novelli: LE RISORGIVE DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA.