

IDROGEOLOGIA DELLA BASSA VALLE DEL FIUME ESINO

INDICE

RIASSUNTO	pag.	39
ABSTRACT	”	39
INTRODUZIONE	”	39
LINEAMENTI DI GEOLOGIA	”	40
CARATTERI CLIMATICI	”	41
Precipitazioni	”	42
Termometria, indice di aridità e diagrammi ombrotermici	”	43
Evapotraspirazione	”	44
L'ACQUIFERO DEL SUBALVEO DEL FIUME ESINO	”	44
Freatimetria	”	45
CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE	”	46
Conducibilità	”	46
Temperatura	”	46
DISCUSSIONE DEI RISULTATI	”	46
CONCLUSIONI	”	48
BIBLIOGRAFIA	”	49

RIASSUNTO

Dopo una succinta descrizione dei caratteri geolitologici della parte medio-bassa del bacino idrografico del Fiume Esino vengono esposte le principali caratteristiche idrologiche riguardanti:

- gli influssi meteorici, con l'elaborazione di carte pluviometriche mensili ed annuali; la termometria; il calcolo dell'evapotraspirazione e l'elaborazione del bilancio idrologico;
- la geometria dell'acquifero, costituito dalle alluvioni terrazzate del subalveo dell'Esino;
- la ricostruzione della freaticimetria stagionale, il relativo andamento del flusso sotterraneo con un'analisi delle variazioni freaticimetriche nell'ultimo ventennio;
- l'andamento della conducibilità e della temperatura delle acque sotterranee e le loro variazioni stagionali.

Vengono infine formulate delle ipotesi sulle possibili origini delle anomalie riscontrate nella distribuzione della conducibilità ed elementi sulla qualità delle acque sotterranee e sul loro stato di inquinamento.

ABSTRACT

After a brief description of the geological setting of the middle and lower part of Esino hydrographic basin, we describe the main hydrogeological characters as:

- the meteoric precipitation with elaboration of isohyet maps; the thermometry; the evapotranspiration and the elaboration of hydrologic balance;
- the climatic regime;
- the geometry of the unconfined aquifer entirely contained within the continental deposits represented by four main alluvial terraces;
- the reconstruction of the seasonal freaticimetric with the ground-

(*) - Istituto di Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ancona.

water flow and the historical variation of the water table;
— the seasonal variation of conductivity and temperature of the groundwaters.

PAROLE CHIAVE: Idrogeologia, Valle dell'Esino.

KEY WORDS: Idrogeology, Esino Valley.

INTRODUZIONE

Vengono resi noti i risultati delle ricerche idrogeologiche condotte negli anni 1978-79 nella parte medio-bassa del bacino idrografico del Fiume Esino (Tav. 1). Questo lavoro si inquadra nel più ampio progetto che prevede la messa a punto di un modello matematico atto a simulare l'andamento della tavola d'acqua presente nelle alluvioni del subalveo del fiume. Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire tutti gli elementi base utile al modello e di definire le caratteristiche fisico-chimiche delle acque della falda. A tal fine è stata condotta una dettagliata indagine geologica dei termini plio-quadernari che bordano la parte medio-bassa della valle e delle alluvioni terrazzate del fiume. Nella restante area sono stati utilizzati i dati esistenti in bibliografia.

L'area da noi indagata comprende solamente la parte medio-bassa del bacino idrografico del Fiume Esino limitatamente all'area alluvionale. Questa suddivisione corrisponde anche ad una reale situazione idrografica e geomorfologica, che permette di suddividere l'intero bacino idrografico del Fiume Esino in due parti ben differenziate. La parte alta comprende la conca di Fabriano fino alla congiungente San Giovanni-Arcevia. La parte medio-bassa va dalla Gola della Rossa alla foce. L'intera area del bacino idrografico è di circa 1.253,72 Km², di cui 616,2 Km² per la parte alta e 637,52 Km² per la parte medio-bassa.

L'indagine idrologica è stata svolta utilizzando i dati forniti dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici e dai lavori preesistenti di MOLINARI ed altri (1971) e BASSI (1972). La geometria dell'acquifero è stata ricostruita utilizzando le stratigrafie dei pozzi degli acquedotti comunali, i sondaggi geoelettrici forniti da COLOMBETTI (1972) e attraverso le osservazioni condotte nelle oltre 40 cave presenti nelle alluvioni dell'Esino.

La ricostruzione dell'andamento della freaticimetria si basa su quattro campagne stagionali di misura dei livelli freatici e su osservazioni ventennali dei pozzi del Servizio Idrografico. Contemporaneamente alle campagne freaticimetriche sono state rilevate, direttamente nei pozzi, misure della conducibilità e della temperatura. I dati chimici e batteriologici riguardanti le acque sotterranee, per la stagione primaverile, sono stati oggetto di una pubblicazione in CRESCENTI ed altri (1978).

LINEAMENTI DI GEOLOGIA

La parte medio-bassa del bacino idrografico dell'Esino insiste su terreni delle formazioni mesozoico-paleogeniche marchigiane, su terreni neogenici e plio-pleistocenici. Questi ultimi affiorano nella maggior parte dell'area indagata; in questo lavoro (Tav. 2) sono stati oggetto di un accurato rilevamento geologico al fine di individuare i corpi sedimentari di particolare interesse idrogeologico. Brevemente vengono qui riassunte le principali caratteristiche tettoniche e litologiche dominanti nella zona.

Lo stile tettonico dell'area è caratterizzato da pieghe ad andamento NW-SE disgiunte da faglie longitudinali e trasversali. Le unità strutturali fondamentali sono rappresentate dalla catena appenninica (dorsale appenninica orientale) e dall'avanfossa marchigiana (SELLI, 1951; CERETTI, 1961). Nella dorsale appenninica, costituita essenzialmente dalle formazioni calcaree mesozoiche, le principali strutture sono:

— anticlinale di Ca' Bertino-Fermignano-Furlo-Arcevia-Sibillini, che costituisce la maggior parte dei rilievi orientali ed in cui affiorano i termini della serie calcarea marchigiana. Questa struttura in realtà è formata da una serie di anticlinali minori fortemente tettonizzate ed è interrotta da una grande faglia inversa in prossimità di Serra San Quirico;

— serie di anticlinali e sinclinali interessanti terreni cretaceo-pliocenici di cui le principali sono l'anticlinale di Montacuto di Congoli, la sinclinale di Montecalvo, l'anticlinale di Cupramontana e l'anticlinale di Serra Dei Conti-Montecarotto-Staffolo.

Procedendo verso costa si hanno le anticlinali di Agugliano, al cui nucleo affiorano le sabbie del Pliocene inferiore, e l'anticlinale costiera di Falconara con il nucleo costituito dalle argille del Pliocene inferiore. I sedimenti pleistocenici sono poco tettonizzati e sono strutturati ad ampie e dolci sinclinali ed anticlinali, interrotte da faglie NW-SE (CRESCENTI ed altri, 1978; LECHI ed altri, 1978; COLALONGO ed altri, 1979; NANNI, 1979).

Il termine più antico affiorante nell'area è rappresentato dal *Calcarea massiccio* (Trias sup. - Lias inf.), affiorante nella Gola della Rossa, costituito da calcari leggermente dolomitizzati a stratificazione mal distinta spesso oolitici e pisolitici, di colore biancastro. Non affiorano, nell'area in esame, le unità della *Corniola* e del *Rosso ammonitico*. I *Calcari ad Aptici* (Dogger-Malm inferiore) sono costituiti da calcari verdastri e rossastri ben stratificati e con abbondanti lenti di selce e rari noduli di pirite. La *Maiolica* (Giurassico sup.-Cretaceo-inf.), affiorante anch'essa in prossimità della Gola della Rossa, è costituita da calcari bianco-grigiastri, ben stratificati e ricchi di noduli e lenti di selce e pirite. Quindi, gradualmente, si passa alle *Marne a Fucoidi* costituite da marne fittamente stratificate di colore verde e rosso vinato e da calcari marnosi più frequenti al tetto della formazione. Gradualmente si passa ai calcari della *Scaglia bianca* e della *Scaglia rossa* (Cretaceo sup.-Oligocene). La *Scaglia bianca* è rappresentata da calcari e calcari marnosi, fittamente stratificati, di colore biancastro, con noduli e stratarelli di selce, più abbondanti nella parte inferiore. Lo spessore degli strati varia da 10 a 30 cm. In continuità sulla *Scaglia bianca* si ha la *Scaglia rossa*, costituita anch'essa da calcari marnosi ben stratifi-

cati di colore roseo o biancastro con intercalati noduli di selce. Lo spessore degli strati varia dai 50 ai 30 cm. Ambedue le unità sono fortemente fratturate e possiedono un alto grado di permeabilità secondaria. Sopra la *Scaglia rossa*, con un passaggio graduale, si ha la *Scaglia cinerea*, costituita da marne e calcari marnosi grigio verdastri ben stratificati. Quindi con un passaggio netto, si hanno le *unità mioceniche* rappresentate da alternanze di calcari marnosi, marne calcaree, marne argillose biancastre o grigio chiare e livelli argillosi appartenenti al *Bisciario* ed allo *Schlier*. In continuità sullo *Schlier* si ha la serie messiniana, costituita, dal basso verso l'alto, da arenarie poco cementate, da marne argillose con intercalati strati sabbiosi, da livelli tripolacei, gessi e arenarie gessifere della *Formazione Gessoso-solfifera*. Infine si passa alla *Formazione a Colombacci* rappresentata da argille marnose e marne argillose con intercalati complessi arenaceo-conglomeratici.

La successione pliocenica è rappresentata, nell'area da noi indagata dai sedimenti del Pliocene inferiore e del Pliocene medio-basso; mancano, invece, quelli del Pliocene medio-alto e del Pliocene superiore (COLALONGO ed altri, 1979; NANNI, 1979).

Il Pliocene inferiore è costituito, nella parte bassa, da alternanze di argille siltose scure con sabbie poco cementate e livelli conglomeratici e, nella parte alta della successione, da argille marnoso-siltose grigio-azzurre, con lenticelle di sabbia intercalate. Nelle sabbie è contenuta acqua salmastra (ENI, 1972).

Il Pliocene medio è costituito da argille marnoso-siltose, bluastre e grigio azzurre con spalmature sabbioso-siltose tra gli strati.

La successione pleistocenica è trasgressiva sui sedimenti del Pliocene medio ed è costituita essenzialmente da *facies* pelitico-sabbiose e sabbioso-arenacee. In questo lavoro viene mantenuta la suddivisione utilizzata da COLALONGO ed altri (1979) in cui si raggruppano i sedimenti pleistocenici in 10 unità informali, riunite in cinque cicli trasgressivo-regressivi.

Unità A₁ - S₁ - A₂. Queste unità sono costituite da argille marnose plumbee (A₁) debolmente siltose. Intercalati agli strati si hanno spalmature sabbioso-siltose e lo spessore degli strati varia dai 10 ai 40 cm. La «A₁» passa gradualmente all'unità «S₁» che è costituita prevalentemente da strati sabbiosi grigio-ocracei alternati ad argille azzurre. Lo spessore massimo degli strati sabbiosi è 40 cm e lo spessore della «S₁» è di circa 14 m. Gradualmente si passa quindi alle argille marnoso-siltose bluastre della «A₂». Gli strati argillosi, spessi da 60 a pochi centimetri, sono evidenziati da spalmature sabbioso-siltose e lenticelle di sabbia grigia. Lo spessore di questa unità è di circa 70 metri. Il passaggio alla sovrastante unità «S₂» è a volte netto, a volte graduale.

Unità S₂. La parte bassa è costituita da alternanze di argille marnose chiare con sabbie fini, ocracee, debolmente cementate. Lo spessore degli strati sabbiosi è mediamente di 40 cm. Nella parte intermedia predominano nettamente le sabbie (circa il 70%) a stratificazione lenticolare e con spessori massimi degli strati di circa 4 m. Il passaggio all'unità «A₃» avviene in modo graduale ed è caratterizzato dalla scomparsa della sabbia. Lo spessore massimo di questa unità è di

circa 60 m in prossimità di Santa Maria Nuova e tende ad assottigliarsi, fino a scomparire, procedendo verso la foce.

Unità A₃ - S₃ - S'₃. L'unità A₃ è costituita prevalentemente da argille marnose azzurre e da argille siltoso-marnose ocracee. Tra gli strati argillosi sono presenti straterelli millimetrici di sabbia grigia. Lo spessore degli strati varia da 50 a pochi centimetri. Il passaggio all'unità S₃ è erosivo. Questa unità è costituita prevalentemente da sabbie nella parte bassa, alternate a strati argillosi grigio-ocracei. Procedendo verso l'alto la sabbia tende a diminuire ed aumenta notevolmente la parte pelitica. Lo spessore massimo dei livelli sabbiosi è di circa 4 m. L'unità «S₃», eteropica con la «S'₃» è costituita da lenti di conglomerato bioclastico, selcifero e carbonatico, da blocchi di rocce organogene, da alternanze più o meno complesse di argille marnoso-sabbiose azzurre e da corpi lenticolari arenacei. Lo spessore massimo della «S₃» è di circa 150 m.

Depositi continentali

Le alluvioni che bordano la Valle dell'Esino sono essenzialmente costituite da ghiaie più o meno sabbiose o argillose, a granulometria fortemente differenziata e con intercalazioni di lenti di sabbia, silt ed argilla a volte ricca di resti vegetali (Tav. 2). Esse sono distribuite in quattro ordini principali di terrazzi, conservati in sinistra orografica del fiume, morfologicamente ben evidenziati. Sono presenti anche altri terrazzi di minore importanza.

Terrazzo del I ordine. E' presente solo in sinistra orografica dell'Esino a quote comprese tra 160 e 100 metri sul livello del mare.

E' costituito in prevalenza da ghiaie grossolane a matrice sabbiosa, a volte debolmente cementate; la granulometria è uniforme, con ciottoli fino a 12 cm di diametro, mediamente attorno ai 3-5 cm, ben arrotondati, raramente appiattiti, senza embriaciture evidenti. Sono pure presenti rare e piccole lenti di sabbia di colore ocraceo scuro o marrone scuro, e di sabbie siltose o siltoso-sabbiose bianco-grigiastre, in genere più frequenti nella parte alta del terrazzo. I ciottoli derivano, come ovvio, dalla denudazione dei massicci calcarei della catena appenninica marchigiana; sono perciò in prevalenza calcarei, raramente costituiti da selce e da arenaria.

Lo spessore delle alluvioni in esame può superare i 20 metri. Tali depositi presentano superficialmente una coltre siltoso-argillosa ricca di resti vegetali, spessa attorno ai 50 cm.

Terrazzo del II ordine. Anche questo terrazzo è presente solo in sinistra orografica dell'Esino a quote comprese tra 120 e 140 metri.

E' costituito da ghiaie sciolte o poco compatte, scure o rosate, a matrice sabbiosa e granulometria sempre uniforme, in media attorno ai 2 cm; sono assenti ciottoli grossolani, come pure lenti argillose o siltose, mentre possono rinvenirsi rare e piccole lenti sabbiose o sabbioso-siltose.

In tutti gli affioramenti, al tetto delle ghiaie, è presente uno strato di sabbia bruno-rossiccio, conte-

nente ciottoli di piccole dimensioni, appiattiti e a volte chiaramente embriaciati, in prevalenza di scaglia rosata, molto raramente di selce.

Lo spessore misurato in questo terrazzo, non valutato direttamente per mezzo di perforazioni, si aggira attorno ai 10 metri.

In prossimità di Jesi e ad est di Chiaravalle alla sua base affiorano argille ben stratificate della successione plio-pleistocenica marina.

Terrazzo del III ordine. Si rinviene ovunque in sinistra orografica dell'Esino, mentre in destra è presente da monte fino al torrente Granita, presso Jesi. Affiora a quote comprese tra 100 e 35 metri.

E' costituito in prevalenza da ghiaie a granulometria omogenea, medio-fini (le dimensioni dei clasti si aggirano attorno ai 2-2,5 cm); sono rari i ciottoli di grandi dimensioni, con abbondante matrice sabbioso-siltosa. Rare risultano inoltre le lenti sabbiose o argilloso-siltose; grosse lenti di questi materiali sono state riscontrate presso Jesi lungo la Statale 76.

I ciottoli sono in gran parte di *Scaglia*; abbastanza diffusa è la selce.

Le alluvioni di questo ordine sono ricoperte da una coltre sabbioso-siltosa, più argillosa allontanandosi dal fiume, spesso ricca di resti vegetali.

Lo spessore valutabile in superficie si aggira attorno ai 5 metri.

Terrazzo del IV ordine. Occupa la maggior parte dell'area alluvionale dell'Esino; presenta caratteri diversi dalla Gola della Rossa alla foce. Infatti fino a Moie, si hanno depositi ghiaiosi caotici, fortemente assortiti (sono presenti anche grossi massi), con ciottoli per lo più arrotondati, quasi sempre privi di matrice fine, sabbiosa o siltosa; non sono state rinvenute lenti sabbiose o argillose. Da Moie alla foce, invece, le ghiaie, sempre pulite o con poca matrice sabbiosa, appaiono più omogenee granulometricamente, con elementi mediamente dai 2-3 cm di dimensioni, a volte fino a 8-10 cm. Questi materiali costituiscono grossi corpi lenticolari, cui si alternano lenti sabbiose, sabbioso-siltose fino ad argillose, di varie dimensioni. E' sempre evidente, negli affioramenti indisturbati, l'embriacatura dei ciottoli; questi sono in genere calcarei, ma a volte anche di selce varicolore. La tonalità degli affioramenti è bianco-giallastra; sono pure presenti lenti scure, ocracee o marrone.

CARATTERI CLIMATICI

Le indagini sulle caratteristiche climatiche del bacino sono state condotte utilizzando i dati forniti dal Servizio Idrologico del Ministero dei Lavori Pubblici e si riferiscono essenzialmente ad un'indagine riguardante la pluviometria e termometria, mancando nell'area sufficienti stazioni idrometriche e mancando completamente stazioni anemometriche. L'unico dato sulle direzioni dei venti riguarda la sola stazione di Ancona, che è battuta prevalentemente da venti freddi con direzione NO e da quelli opposti, caldi, con direzione SE e, secondariamente, da venti freddi da NE e da SO (MOLINARI ed altri, 1971). I dati pluviometrici sono relativi a ventinove stazioni ubicate sia all'interno che ai margini del bacino e le osservazioni si riferi-

sono mediamente a un periodo di 50 anni. I dati termometrici invece sono relativi a 12 stazioni di cui solamente Jesi è situata nell'area di nostro interesse.

Precipitazioni

I dati pluviometrici sono stati elaborati in medie mensili da cui si sono ricavati i grafici di Figg. 1a e 1b e dodici carte pluviometriche mensili (Figg. 2a e 2b). Sono inoltre state elaborate due carte pluviometriche annuali; le prime con il metodo delle isoiete (Fig. 3), le seconde con il metodo dei topoieti (Fig. 4). In queste carte si evidenziano due zone con precipitazione minima, situate una in prossimità di Ancona e l'altra nella conca di Fabriano. I massimi della precipitazione ca-

dono in corrispondenza delle cime più elevate. In generale comunque si osserva una netta differenziazione tra l'area a NE di Jesi e la congiungente Cupramontana-Agugliano-Ancona. In quest'ultima si hanno valori nettamente superiori nell'entità delle precipitazioni e ciò è probabilmente connesso, oltre che con la morfologia, con le caratteristiche anemometriche dominanti nella zona.

Nelle carte pluviometriche mensili si osserva invece una notevole diversificazione dell'andamento delle isoiete annuali, anche se le caratteristiche generali, eccetto che per i mesi estivi, rimangono costanti. Dall'esame dei grafici di Figg. 1a e 1b si può osservare che i mesi più piovosi variano da zona a zona. Nelle stazioni sotto costa il mese più piovoso è settembre con 100,8 mm di pioggia. Nell'area medio-bassa del

Stazioni	Mesi												ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Palazzo (36)	107.8	120.8	94	93.2	95.6	64.5	46.6	48.8	101.1	131.2	146.8	132	1.189.4
San Vincenzo (13)	89.1	95.6	77.9	78.5	78.3	60.5	37.8	64.5	80.4	122.6	112.6	87.9	987.2
Fabriano (49)	77.5	82.7	73.5	77.9	81.5	68.3	48.4	56.7	81.9	99	106.6	92.3	946.3
Campodiegoli (45)	117.9	130.1	109.5	103	107.2	78.8	58.9	73	109.2	143.6	166.3	144.7	1.324.1
Scheggia (39)	103.7	110.8	100.1	98.8	95.7	71.4	38.8	50.9	92.7	129.6	145.2	126.9	1.184.3
Montelago (41)	126	134.5	121.6	111.7	123.2	84.8	60.9	70.8	117.9	163.2	180.9	156.2	1.444.2
Sassoferrato (50)	90.4	92.7	85.1	83.2	86.9	65.7	52.4	55	99.9	115.6	125.4	111.9	1.068.7
Genga (41)	91	92	81.2	80.6	79.2	61.6	40.9	47	86.4	115.7	117.6	108.8	1.002.8
C.S.Giovanni (45)	110.8	106.5	98.2	97.8	98.2	78.3	51.2	70.8	110.6	131.2	134.1	127.5	1.222.9
Apiro (38)	78	110.5	80.5	88.5	87.7	86.2	54.8	61.2	89.4	118.4	116.8	122.3	1.124.6
Moie (41)	80.7	77	67.4	67.6	73.4	64.6	48.7	52.6	89.3	97.7	97.9	93.2	914.2
Cupramontana (44)	93.2	85.6	88.6	83.6	81.7	72.5	44.7	51.7	95.3	114.1	109.1	107.5	1.041.3
Jesi (51)	85.8	80.9	74.1	72.1	79.6	65.1	44.5	46.7	102	103.5	103.9	115.1	972.9
Agugliano (44)	86.3	71	72.3	58.3	67.4	55.2	44	43.9	89.4	93.7	89	95.6	872.9
Chiaravalle (40)	80.4	71.2	63.8	56.1	65	52	36.9	37.3	82	102	88.4	102.2	837.2
Torrette (18)	82.5	72.8	57.2	52	74.8	47.5	33.3	43.1	100.8	86.2	77.5	98.2	826.9
Filottrano (41)	80.9	80.5	70	66.2	72.5	65.5	42.3	43.4	84.5	112.3	92.1	91.8	904.3
Osimo (39)	62.7	65.5	56.2	53.9	64.6	52.1	32.1	35.6	78	86	79.2	85.3	750.2
Cingoli (48)	85.8	86.6	83	95.5	93.3	75.9	48.1	61	98.7	117	107.5	110.2	1.073.7
Montecarotto (49)	87.9	83.3	75	82.3	82	73.1	45.4	60.4	98.8	112	118.3	115.7	1.036.1
Ostra (55)	75.9	70.4	66.9	67.3	66.3	57.8	43.6	44.8	87.4	94.1	95.2	89.9	861.7
Arcevia (51)	79.9	83.4	80.9	76.4	75	59.9	39.5	53.3	84.7	105	106.5	111	943.8
Barbara (49)	79.2	75.1	72.4	72	73.8	59.9	47.5	48.9	87.4	93.3	102.9	101.2	912.6
Senigallia (46)	72.9	64.4	62.7	58.8	61.2	48.1	42.4	43.8	78	84.2	86.2	84.2	770.1
Ancona (12)	60.2	59.0	49.7	51.3	64.5	48.6	27.7	41.6	91.5	95.3	68.1	70.0	61.7
Mt. Cappucc. (27)	74.3	60.5	48.4	47.4	59.2	51.3	31.1	41.6	99.0	90.3	72.6	90.3	61.45
Elcito (43)	110.1	108.2	96.8	102.7	102.4	78.4	56.4	69.5	97.1	126.7	139.3	133.6	102

Tab. 1 - Valori delle precipitazioni medi mensili. Tra parentesi sono riportati gli anni di osservazione.

bacino la piovosità piú alta si registra in ottobre con 102 mm, eccetto che nelle stazioni di Jesi, Agugliano e Chiaravalle, dove si registra in dicembre. Nella zona medio-alta il mese piú piovoso è novembre. In quasi tutte le stazioni si ha un massimo relativo primaverile nel mese di maggio ed un minimo assoluto in luglio. Si registra inoltre un minimo relativo in aprile ed in marzo per alcune stazioni. La quantità d'acqua meteorica che cade nell'intero bacino durante l'anno è di 1309,522.10⁶ m³ mentre quella che cade nella zona compresa tra la Gola della Rossa e la foce è di 603,088.10⁶ m³ di cui 125,021.10⁶ m³ nella sola zona alluvionale.

Termometria, indice di aridità e diagrammi ombrotermici

Nel bacino si hanno poche stazioni termometriche e solamente una (Jesi) nell'area alluvionale. Tutte le altre sono esterne o situate ai margini del bacino. L'andamento termometrico, come è osservabile in Fig. 5, è comunque simile in tutte le stazioni e le variazioni riguardano solamente i minimi ed i massimi. I massimi valori di temperatura cadono sempre in lu-

glio, eccetto che per le stazioni di Camerino ed Arcevia in cui si hanno in agosto. I minimi si registrano sempre in gennaio.

Un'indicazione del tipo di clima interessante il bacino idrografico dell'Esino è stato ottenuto utilizzando l'indice di aridità di DE MARTONNE (in TONINI, 1974) i cui valori mensili sono riportati in Tab. 3. Per meglio evidenziare i rapporti tra temperatura e precipitazioni sono stati elaborati i climogrammi di Fig. 8. Osservando il tipo di sviluppo della poligonale dei climogrammi risulta evidente che:

- i periodi freddi ed umidi sono prevalenti su quelli secchi e caldi;
- gli indici di aridità sono piú elevati nei mesi invernali (novembre, dicembre, gennaio e febbraio) con massimi in dicembre (106,5) nella stazione di Scheggia;
- i mesi secchi con condizioni di subaridità interessano sempre il mese di luglio e, per alcune stazioni, anche i mesi di giugno ed agosto (stazione di Jesi, Ancona, Monte Cappuccini ed Arcevia);
- solamente ad Ancona si raggiungono valori inferiori a 10 dell'indice di aridità (9,7), limitatamente al mese di luglio.

Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Staz. termom.													
Fabriano (39)	3.7	5.1	7.7	11.9	15.6	19.7	22.4	22.3	18.8	13.8	9.5	5.4	13.0
Jesi (37)	4.4	6.2	9.3	13.1	17.2	21.5	24.1	23.8	20.6	15.5	10.4	6.4	14.4
Ancona (30)	5.4	6.7	9.6	13.1	17.0	21.2	23.8	23.6	20.8	16.4	11.6	7.5	14.7
Cingoli (23)	3.3	4.6	7.1	11.0	15.2	19.2	22.0	21.7	18.6	13.6	8.8	5.6	12.6
Arcevia (27)	2.7	4.6	6.8	11.3	15.2	19.0	21.7	21.9	18.3	13.4	9.1	4.4	12.4
Montecarotto (10)	4.3	4.7	8.5	12.7	16.9	21.9	24.4	23.2	19.9	14.6	10.5	5.9	14.0
Mt. Cappucc. (11)	4.9	6.1	9.2	12.4	16.2	21.0	23.6	22.9	20.4	15.6	11.3	6.7	14.2
Scheggia (9)	2.9	3.7	6.2	10.2	13.3	17.4	21.0	19.6	16.3	12.0	7.8	4.3	11.3

Tab. 2 - Valori medi mensili della temperatura. Tra parentesi sono riportati gli anni di osservazione.

Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Stazioni												
Jesi	71.5	59.9	46.0	37.4	35.1	24.8	22.15	16.5	40.0	48.7	60.0	84.2
Ancona	46.9	42.3	30.4	26.6	28.2	18.5	9.7	14.7	35.8	44.8	40.0	43.0
Cingoli	77.4	71.0	58.2	54.5	44.4	31.2	18.0	23.1	41.4	59.5	68.6	84.8
Arcevia	75.5	68.5	57.8	43.4	35.7	23.1	15.0	20.0	41.8	60.0	67.5	91.8
Montecarotto	73.8	68.0	48.6	43.5	36.6	27.5	15.8	21.8	39.6	54.6	69.2	87.3
Fabriano	67.9	65.6	49.8	42.7	38.2	27.6	17.9	20.4	34.1	49.9	65.6	71.9
Scheggia	96.5	97.0	74.1	56.8	49.3	31.3	15.0	20.6	42.3	70.7	97.9	106.5
Mt. Cappucc.	59.8	45.1	30.2	25.4	27.1	19.9	11.1	15.2	39.1	42.3	40.9	64.9

Tab.3 - Indici di aridità ottenuti con il metodo proposto da De Martonne.

In base alle variazioni della temperatura e delle precipitazioni sono stati elaborati i diagrammi ombrotermici (BAGNOULS & GAUSSEN, 1947) per evidenziare i rapporti tra umidità e temperatura (Fig. 6). Da questi diagrammi risulta che nelle stazioni di Ancona e Monte Cappuccini, ubicate nella stessa area ma a quote diverse, si ha un bilancio idrico negativo nei mesi estivi (giugno, luglio ed agosto) con una leggera sfasatura tra le due stazioni. Nella stazione di Jesi il bilancio idrico negativo è più limitato nel tempo rispetto alle stazioni precedenti (fine luglio-agosto). La durata del periodo «secco» diminuisce ulteriormente per le stazioni di Montecarotto, Arcevia e Scheggia dove si registra un bilancio idrico negativo in luglio. Infine, nelle stazioni di Fabriano e Cingoli, anche nel periodo più caldo, si è sempre in presenza di un periodo «umido», cioè si ha un bilancio idrico positivo.

Evapotraspirazione

I valori dell'evapotraspirazione sono stati calcolati per tutte le stazioni termometriche del bacino utilizzando formule empiriche proposte da diversi AA. (TURC, THORNTHWAITE, SERRA e COUTAGNE); questo perché non si hanno, per la zona in esame, conoscenze sufficienti circa l'estensione del manto vegetale, i tipi di colture, l'andamento dei venti, l'irraggiamento, l'umidità dell'area, l'evaporazione dei corsi d'acqua, del terreno, ecc.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione (Tab. 4) si sono utilizzati, per l'area alluvionale, i valori medi della stazione di Ancona, nel tratto tra Chiaravalle e la foce ($38,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), ed i valori medi della stazione di Jesi per la restante area ($47,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). In tutta l'area in esame il valore d'evapotraspirazione è risultato di $492 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, di cui $306 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ nell'area non alluvionale, e $86 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ nell'area alluvionale.

Utilizzando i valori mensili, calcolati con il metodo di THORNTHWAITE, sono stati elaborati i diagrammi del bilancio idrologico (Fig. 7) per le stazioni in cui si disponeva dei valori della temperatura.

Osservando i grafici di Fig. 7, elaborati con il metodo di THORNTHWAITE, si rileva che:

- il periodo critico è centrato nel mese di agosto e può interessare limitatamente i mesi di luglio e settembre;
- la ricostruzione delle riserve inizia generalmente in settembre e si completa verso la fine del mese di

- novembre, ad eccezione della stazione di Ancona, dove le riserve si completano in dicembre;
- il surplus d'acqua inizia alla fine della stagione autunnale e continua per la maggior parte della stagione primaverile. Fa eccezione la sola stazione di Ancona dove il surplus inizia verso la fine di dicembre;
- il consumo delle riserve inizia in maggio in tutte le stazioni eccetto che in quella di Ancona dove inizia in aprile.

L'ACQUIFERO DEL SUBALVEO DEL FIUME ESINO

Le alluvioni terrazzate della parte medio-bassa del Fiume Esino, in cui è localizzata la falda acquifera di nostro interesse, costituiscono un unico acquifero indifferenziato. Il materasso alluvionale, sede dell'acquifero, è rappresentato essenzialmente da ghiaie, ghiaie sabbiose, lenti di sabbia e di argilla in genere di modeste dimensioni. Solamente ad est di Chiaravalle, nel terrazzo del IV ordine, sono presenti lenti argillose con una notevole continuità laterale e che possono, localmente, suddividere l'acquifero in più falde.

Il materasso alluvionale insiste su un substrato di natura litologicamente diversa procedendo dalla Gola della Rossa alla foce. Nel tratto compreso fra la Gola della Rossa e Serra San Quirico il substrato è costituito dalle formazioni calcaree mesozoico-paleogeniche permeabili per fessurazione. Da Serra San Quirico alla foce è rappresentato dalle formazioni tardo paleogenico-quadernarie sostanzialmente impermeabili, salvo brevi tratti.

La geometria dell'acquifero del subalveo dell'Esino è rappresentata nelle Figg. 9 e 10. I massimi spessori delle alluvioni si raggiungono in prossimità di Chiaravalle (37 metri) ed a sud di Montemarciano (circa 60 metri). In prossimità della foce si ha una risalita del substrato ed una sensibile diminuzione nello spessore della coltre alluvionale. La ricostruzione della geometria dell'acquifero è stata ricavata utilizzando le stratigrafie dei pozzi (Tav. 3) ottenute dagli acquedotti dei comuni che prelevano acqua dal subalveo e dai sondaggi geoelettrici eseguiti da COLOMBETTI (1972). Quest'ultimo A. fornisce anche valori della porosità totale, limitatamente al terrazzo del IV ordine ed in parte del III.

Metodo	COUTAGNE	TURC	SERRA	THORNTHWAITE	
Stazioni	ET _p	ET _p	ET _p	ET _p	ET _p
Ancona	542.3	562.1	695.8	723.6	600.5
Jesi	636.9	635.4	682.5	715.1	632.0
Cingoli	622.2	602.7	607.8	651.1	630.0
Montecarotto	646.7	638.2	665.1	702.8	638.9
Fabriano	604.5	591.6	623.8	665.8	620.8
Arcevia	595.5	577.7	600.0	645.5	592.6
Scheggia	595.2	577.6	559.0	606.4	583.8

Tab. 4 - Valori annui dell'evapotraspirazione reale e potenziale calcolata usando metodi diversi.

F. Sentino a S. Vittore (Bacino imbrifero Km ² 259); Periodo funzionamento 1926-37 (12 anni).			
Mesi	Q media m ³ /sec.	Q minima m ³ /sec.	Q media l/s Km ²
Gennaio	10,50	1,15	40,50
Febbraio	12,70	2,10	49,00
Marzo	12,80	2,12	49,40
Aprile	7,68	2,02	29,70
Maggio	6,30	1,39	24,30
Giugno	2,42	0,68	9,30
Luglio	1,16	0,27	4,50
Agosto	0,73	0,22	2,80
Settembre	1,04	0,26	4,00
Ottobre	4,25	0,24	16,40
Novembre	8,16	0,91	31,50
Dicembre	15,00	1,30	57,90
Anno	6,86	0,22	26,50

F. Esino a Moie (Bacino imbrifero Km ² 791); Periodo funzionamento 1938-39; 1942 e 1955-58 (7 anni).			
Mesi	Q media m ³ /sec.	Q minima m ³ /sec.	Q media l/s. Km ²
Gennaio	20,20	3,83	25,5
Febbraio	23,30	4,70	29,50
Marzo	35,00	7,45	44,20
Aprile	25,80	7,65	32,60
Maggio	19,00	6,20	24,00
Giugno	12,20	2,98	15,40
Luglio	6,29	2,51	8,00
Agosto	5,62	0,74	7,10
Settembre	6,46	1,86	8,20
Ottobre	10,70	2,08	13,50
Novembre	15,60	3,12	19,70
Dicembre	18,50	4,99	23,40
Anno	16,50	0,74	20,90

Tab. 5 - Valori delle portate nelle due stazioni idrometriche esistenti nel bacino del fiume Esino.

Freatimetria

La ricostruzione dell'andamento della tavola d'acqua è stata condotta mediante una fitta rete di pozzi di controllo in cui sono state eseguite le misure stagionali della variazione del pelo libero della tavola d'acqua, della conducibilità e della temperatura. Durante la prima campagna di misura primaverile sono stati misurati 350 pozzi a causa dei pochi indizi di carattere freaticometrico. Nelle campagne successive (settembre, dicembre e febbraio) sono stati misurati un numero inferiore di pozzi la cui scelta è avvenuta in base ad aspetti idrodinamici particolari, desunti dopo la prima campagna di misura. Tutti i pozzi sono stati quotati nelle carte aereofotogrammetriche alla scala 1:2.000 edite dai comuni della zona e le quote delle isofreatiche di Tavv. 4, 5, 6 e 7 sono state riportate al livello del mare.

L'analisi comparata delle quattro carte freaticometriche, relative alle quattro stagioni, mostra che l'andamento delle isofreatiche rispecchia le caratteristiche morfologiche e che la freaticometria e l'andamento delle principali linee di flusso delle acque sotterranee nell'arco dell'anno, non presentano differenze sostanziali. Un'accurata analisi della freaticometria permette di suddividere l'area in tre zone con caratteristiche peculiari che permangono costanti nell'arco di tempo in cui sono state eseguite le misure.

La prima zona va dalla Gola della Rossa all'abitato di Moie, dove la falda è compresa nelle alluvioni del terrazzo del IV ordine. In questo tratto l'andamento della tavola d'acqua è regolare e non subisce brusche variazioni durante tutto l'anno. In generale si ha uno scambio reciproco tra le acque di falda e il fiume variabile da zona a zona.

La seconda zona è compresa tra Moie e la foce, limitatamente alle alluvioni terrazzate del IV e III ordine. La freaticometria è più irregolare e ciò è principalmente connesso con i forti prelievi a cui è sottoposta la falda in quest'area. In questo tratto si ha in generale un flusso diretto dal fiume verso la falda. Nelle aree più distanti dall'asta fluviale, che probabilmente corrispondono a vecchi alvei abbandonati dal fiume, le caratteristiche descritte rimangono sostanzialmente identiche in tutti i periodi di misura. Solamente alla fine del periodo estivo la tavola d'acqua (Tav. 5) subisce un abbassamento apprezzabile e, in prossimità della foce, le isofreatiche diventano negative.

La terza zona comprende i terrazzi alti del I, II ed in parte del III ordine, situati in sinistra orografica del fiume. In quest'area le isofreatiche si presentano regolari e con un forte gradiente coincidente con le scarpate dei terrazzi. Il flusso è diretto verso il terrazzo del IV ordine. Anche in questa zona non si hanno sostanziali modifiche durante il periodo di misura. Dall'indagine storica condotta sui due pozzi freaticometrici del Servizio Idrografico (Ca' Pace e Ca' Giuliani) si può osservare (Figg. 11a e 11b) come l'altezza della tavola d'acqua abbia subito notevoli variazioni dal 1951 al 1971. In generale, nella stazione di Ca' Pace, si osserva che:

- i valori massimi dell'altezza della falda del 1971 risultano leggermente inferiori ai minimi del 1951-52 e sensibilmente inferiori ai minimi degli anni 1953-54-55-56 e 57;
- la differenza tra il minimo attuale (29,8 metri) ed il minimo del 1956 è di circa 6,5 metri;

— tra pluviometria e freatimetria vi è una discreta corrispondenza fra i massimi pluviometrici ed i massimi freatimetrici con una sfasatura fra i due variabile dai due ai quattro mesi. Cioè i periodi con forti precipitazioni si fanno risentire nella falda con ritardi variabili dai due ai quattro mesi.

Nella stazione di Ca' Giuliani si osserva che:

- il massimo del 1971 corrisponde ai minimi del 1957-58. In alcune annate particolarmente piovose (1960 e 1961) i minimi della falda hanno raggiunto valori notevolmente superiori ai massimi del 1971. Negli anni 1956-59-61-63 e 65 i minimi sono stati sempre superiori ai massimi del 1971;
- nel settembre del 1971 il pozzo si è completamente prosciugato. La differenza tra i minimi del 1971 ed i massimi del 1951 è di circa 9 metri;
- anche in questa stazione vi è una sfasatura fra i massimi delle precipitazioni ed i massimi freatimetrici variabile dai due ai quattro mesi.

CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE

Le caratteristiche fisico-chimiche delle acque dell'Esino, superficiali e sotterranee, sono state analizzate e descritte nel lavoro di CRESCENTI ed altri (1978) a cui si rimanda per maggiori dettagli. In questo lavoro vengono presentate solamente le carte della conducibilità e della temperatura stagionali. L'elaborazione di queste carte ci fornisce un'idea sul chimismo delle acque sotterranee ed in particolare ci permette di individuare e circoscrivere rapidamente anomalie nella distribuzione del chimismo. Queste aree verranno successivamente analizzate chimicamente al fine di definire le caratteristiche idrochimiche. Le carte della conducibilità e della temperatura presentate in questo lavoro si riferiscono ai periodi primaverile (maggio), tardo autunnale (dicembre) ed invernale (febbraio). Per problemi tecnici non è stato possibile eseguire le misure della conducibilità e della temperatura nel periodo estivo.

Conducibilità

Comparando le carte della conducibilità di Tavv. 9, 10 e 11 si può facilmente osservare come, a differenza della tavola d'acqua, la conducibilità subisca notevoli variazioni nell'arco dell'anno.

Nelle carte della stagione primaverile (Tav. 9) le aree ad alta conducibilità sono situate in prossimità di Montemarciano, di Falconara, di Jesi e di Maiolati, dove si raggiungono i massimi valori (10.000 μ MHO). I valori piú bassi sono situati in prossimità dell'asta fluviale ed il minimo misurato è di 500 μ MHO ad ovest di Chiaravalle.

Nella stagione tardo autunnale (Tav. 10), interrotta purtroppo in prossimità di Jesi, si ha una restrizione delle aree ad alta conducibilità ed uno spostamento rispetto al periodo primaverile. Infine i valori della conducibilità, pur restando elevati, diminuiscono sensibilmente.

Nella carta del periodo invernale (Tav. 11) si ritorna ad una situazione simile, nella distribuzione delle anomalie, a quella primaverile, ma con valori massimi notevolmente piú bassi. Inoltre si individuano,

ad ovest di Jesi, altre zone ad alta conducibilità che non erano presenti nella carta primaverile. Confrontando i risultati delle carte della conducibilità con quelli delle carte del chimismo, ottenute dall'elaborazione delle analisi chimiche condotte in acque superficiali e sotterranee durante la campagna primaverile, e riportate da CRESCENTI ed altri (1978), risulta che le anomalie maggiori sono coincidenti con zone a forte concentrazione di calcio, cloruri, solfati, nitrati, magnesio, ecc., sebbene in rapporti diversi tra loro. Considerando globalmente le carte della conducibilità si può notare che, in tutti i periodi di misura, i valori minimi si hanno in prossimità del fiume. Procedendo dall'asta fluviale verso i limiti dell'area alluvionale la conducibilità aumenta sensibilmente; lo stesso avviene per i parametri chimici esaminati nella campagna primaverile.

Temperatura

I valori della temperatura, utilizzati per l'elaborazione delle carte di Tavv. 12, 13 e 14, sono stati misurati direttamente nei pozzi. In generale la temperatura dell'acqua di falda varia, durante l'anno, dai 9°-10° C ad un massimo di 16° C. La temperatura media annuale si aggira intorno ai 12,5°-13° C. I valori piú bassi sono stati misurati nel periodo invernale (Tav. 14). La distribuzione della temperatura presenta forti irregolarità e subisce notevoli variazioni areali nell'arco dell'anno. Nella Tav. 12 (mese di maggio) si individuano aree ben localizzate, ad est di Jesi ed a nord di Monte Domini, dove si raggiungono i massimi valori misurati in questa stagione. Le aree a temperatura piú bassa sono ubicate in prossimità di Chiaravalle ed a SE di Montemarciano. Nel periodo tardo autunnale (Tav. 13) si ha una estensione delle aree prima dette e la comparsa di altre zone con massimi o minimi di temperatura. Le variazioni maggiori, rispetto alle carte precedenti, si hanno nella carta invernale (febbraio, Tav. 14) dove si ha un aumento nell'estensione delle aree fredde, mentre quelle calde, pur mantenendo la stessa temperatura, tendono a ridursi.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Come si può osservare dallo schema geologico di Tav. 2 e dalle Figg. 9 e 10 il materasso alluvionale, sede della falda del subalveo dell'Esino, poggia su di un substrato che, pur presentando un differente comportamento idrogeologico, può essere considerato sostanzialmente omogeneo. Solamente tra la Gola della Rossa e Serra San Quirico le alluvioni poggiano sui calcari della Scaglia, permeabili per fessurazione; invece affioramenti di Miocene (*Formazione Gessoso-Solfifera*) di piccola entità si hanno nel nucleo dell'anticlinale prossima a Moie. Tra Serra San Quirico e Moie le alluvioni insistono sui sedimenti del Pliocene inferiore e, limitatamente, del Pliocene medio, ambedue costituiti da alternanze di sabbie ed arenarie poco cementate con argille marnose. Un substrato di questo tipo avrà ripercussioni differenti sulla falda, variabili da zona a zona. E' probabile che nei tratti permeabili si possano avere perdite di acqua dalla falda per infiltrazione o anche afflussi dal sottosuolo alla falda.

L'elaborazione dei dati idrologici ha portato alla realizzazione delle carte pluviometriche mensili ed annuali (Figg. 3 e 4), le quali non hanno subito nessuna correzione riguardo alle caratteristiche orografiche e geomorfologiche e sono quindi da ritenersi illustrative dell'andamento generale della piovosità nell'area, anche se non dovrebbero discostarsi molto dalla situazione reale. Il confronto fra le carte pluviometriche annuali, elaborate con il metodo delle isoiete e dei topoi, mostra una forte similitudine fra loro ed i limiti fra i topoi rispecchiano grossolanamente l'andamento delle isoiete. Anche i valori riguardanti l'evapotraspirazione sono da ritenersi indicativi di una tendenza generale esistente nell'area e da zona a zona possono subire notevoli variazioni.

Nella parte medio bassa del bacino, sottraendo l'evapotraspirazione agli afflussi meteorici, risulta che rimangono disponibili per il deflusso superficiale e sotterraneo 211.10^6 m³ d'acqua, di cui 39.10^6 m³ cadono nell'area alluvionale. E' logico aspettarsi che la maggior parte dell'acqua che cade nella zona non alluvionale del bacino, prevalentemente impermeabile, con forti pendii e scarsa vegetazione, finisca con l'incanalarsi nel reticolo idrografico alimentando gli affluenti del Fiume Esino. Nell'area alluvionale, invece, affiorano terreni fortemente permeabili, morfologicamente pianeggianti, con una discreta copertura vegetale ed una forte attività antropica che rimuove continuamente lo strato superficiale. In questo caso l'afflusso meteorico disponibile per il deflusso andrà ad alimentare, in gran parte, la falda sotterranea.

Il regime pluviometrico dell'area (Figg. 1a e 1b) non risente, pur variando la quantità delle precipitazioni, in maniera sensibile del fattore altimetrico. Tutta l'area del bacino è caratterizzata da massimi delle precipitazioni nelle stagioni autunnale ed invernale (il massimo cade sempre in ottobre e raramente in novembre o dicembre) e da minimi estivi (luglio-agosto). A volte si osservano minimi e massimi secondari nel tardo inverno ed in primavera. Nelle stazioni sotto costa il regime pluviometrico subisce variazioni di scarsa entità; solamente nella stazione di Senigallia si ha un regime di tipo marittimo. Considerando i climogrammi di Fig. 8 si può osservare che il clima dominante nell'area indagata è caratterizzato, mediamente, dalla presenza di cinque-sei mesi a forte umidità, tre-quattro mesi con umidità ancora sensibile e da uno-due mesi a marcata aridità (luglio-agosto). Fanno eccezione le stazioni situate lungo la costa (Ancona e Monte Cappuccini) dove i mesi ad elevata umidità si riducono a due, mentre aumentano i mesi con caratteri di subumidità ed i mesi con condizioni di subaridità (giugno, luglio ed agosto). Mettendo in relazione questi ultimi elementi con il regime pluviometrico già descritto risulta che nel bacino idrografico dell'Esino si ha un tipo di clima transizionale compreso tra il sublitorale appenninico ed il marittimo (stazione di Senigallia) con notevoli variazioni locali.

Anche i dati riguardanti il bilancio idrologico (Fig. 7) sono da ritenersi rappresentativi della situazione esistente nell'area e non rigorosamente corretti. I dati sulle portate del Fiume Esino sono totalmente insufficienti e non permettono nemmeno un calcolo orientativo di una qualche attendibilità sulla quantità d'acqua che passa dal fiume alla falda, avendo solamente una stazione di misura all'inizio del bacino

(Moie) e misure saltuarie in prossimità della chiusira (Chiaravalle).

In Tab. 5 sono riportati i valori medi mensili delle portate nelle stazioni di misura di San Vittore (parte alta del bacino), di Moie e misure saltuarie a Chiaravalle. Un notevole contributo alle portate del Fiume Esino è dato dai cospicui apporti delle sorgenti ubicate nella serie calcarea mesozoico-oligocenica da cui scaturiscono acque non alimentate, se non in minima parte, dal bacino idrografico dell'Esino. Fra queste la più importante è la sorgente di Gorgo Vivo che contribuisce in maniera determinante alle portate del fiume. Dai dati forniti dal Servizio Idrografico per il mese di settembre del 1939 risulta che le portate a monte di Gorgo Vivo erano di 0,208 e 0,210 m³/sec; invece a valle delle sorgenti le portate passano a 3,084 e 3,307 m³/sec.

Analizzando complessivamente le carte (Tavv. 4, 5, 6 e 7) si può osservare che l'andamento della tavola d'acqua non subisce modifiche sostanziali durante l'anno di osservazione. Tutto ciò è probabilmente da connettersi con gli alti valori delle precipitazioni e con la scarsità di emungimenti per l'irrigazione che ha caratterizzato l'anno in cui si sono fatte le misure. Dall'analisi condotta sui tre pozzi freaticometrici del Servizio Idrografico risulta che la falda, dal 1951 al 1971, ha subito un costante abbassamento (Figg. 11a e 11b). Attualmente la massima altezza raggiunta dalla falda corrisponde alla minima altezza registrata per il 1951-52 per la stazione di Ca' Pace, ed alla minima del 1957-58 per la stazione di Ca' Giuliani. Considerando l'altezza della falda del 1951 come quella che più si avvicina all'equilibrio naturale, risulta che lo stato attuale della falda è in forte deficit con una differenza in altezza tra i massimi del 1951 ed i minimi del 1971 di circa 9 metri per Ca' Giuliani e di circa 6 metri per Ca' Pace. L'andamento delle principali linee di flusso rimane anch'esso costante nei diversi periodi di misura e non risulta collegabile, se non per brevi tratti, con l'idrografia superficiale. Tutte le principali linee di flusso (Tav. 8) sono ubicate nel IV terrazzo ed in prossimità dell'asta fluviale ed è probabile che corrispondano a vecchi alvei del Fiume Esino. Diverso è il discorso per l'area prossima alla costa, dove il flusso è fortemente condizionato dai forti emungimenti cui è sottoposta la fascia costiera.

Anche la conducibilità non subisce modificazioni nell'andamento generale durante l'anno, ma solo variazioni nei valori e nelle estensioni delle zone ad alta e bassa conducibilità. Alcune zone ad alta conducibilità, come quelle prossime alla foce, possono connettersi con deboli intrusioni marine causate dal forte abbattimento della falda a causa dei prelievi. Nel caso della zona compresa tra Jesi e Chiaravalle l'alta conducibilità può essere connessa con gli scarichi industriali. Infatti questa area è grossolanamente allineata con l'andamento del flusso sotterraneo ed è associata con un'alta temperatura (relativamente alla media della valle). L'area ad alta conducibilità situata tra Colle Galoppo e Chiaravalle presenta caratteri particolari: la forma dell'«anomalia» è allungata trasversalmente alla valle, non è connessa con linee di flusso sotterranee, è situata al limite tra il IV e gli altri terrazzi ed è inoltre situata in un'area in cui non si hanno industrie o aziende agricole.

E' quindi probabile che questa «anomalia» sia

associata con una risalita di acque dal sottosuolo, ricche di specie chimiche, che vanno a mescolarsi con le acque della falda. Dai sondaggi profondi eseguiti dall'AGIP mineraria nella zona (ENI, 1972), risulta che i sedimenti del Pliocene inferiore e medio contengono acqua salata. Una risalita di queste acque, attraverso una faglia, potrebbe spiegare l'alta concentrazione dei cloruri, solfati, magnesio, ecc. connessi con questa «anomalia».

La stessa ipotesi, che naturalmente necessita di una verifica attraverso una dettagliata indagine geologica ed idrochimica, potrebbe essere valida anche per le aree «anomale» poste a sud di Montemarciano e ad est di Maiolati. Le aree a bassa conducibilità presentano una maggiore corrispondenza con l'andamento del flusso sotterraneo. L'esempio più evidente si ha nella zona compresa tra colle Mazzangrugno e la foce nella destra orografica del fiume; in questo caso le acque sotterranee presentano una conducibilità simile a quella delle acque del fiume. Questo può essere spiegato considerando che le acque del fiume, infiltrandosi nella falda, provocano una diluizione della concentrazione di sostanza disciolta nelle acque sotterranee. L'aumento della conducibilità che si ha procedendo dall'asta fluviale verso i limiti dell'area alluvionale, si può spiegare considerando che i pozzi, ubicati in prossimità dell'asta fluviale e nel terrazzo del IV ordine, sono a poca profondità dal piano di campagna e pescano nella parte più superficiale della falda, dove le acque subiscono un ricambio più rapido ed hanno maggiore mobilità. Invece nei terrazzi alti i pozzi sono molto più profondi e pescano in acque più stagnanti con minore ricambio e quindi con un maggior contenuto in sostanza disciolta. La variazione della conducibilità da stagione a stagione con massimi in primavera, è probabilmente connessa con le variazioni dell'altezza della tavola d'acqua da una stagione all'altra. Se si ha un aumento nell'altezza della falda i pozzi pescano in acque più profonde, con maggiore contenuto di sostanza disciolta e quindi con valori maggiori della conducibilità. Quando la falda si abbassa si ha l'effetto contrario. Misure fatte in alcuni pozzi provano che si ha un leggero ma costante aumento della conducibilità con l'aumento della profondità.

La temperatura media delle acque sotterranee è di circa 13°C e si mantiene praticamente costante durante l'anno. La distribuzione della temperatura, come la conducibilità, non è regolare e si individuano (Tavv. 12, 13 e 14) zone ad alta e bassa temperatura (relativamente alla media della valle). Le aree ad alta temperatura non coincidono con le aree ad alta conducibilità, se non nelle zone dove l'alta conducibilità è connessa con l'inquinamento superficiale.

CONCLUSIONI

Dall'elaborazione dei dati idrologici risulta che:

- l'afflusso meteorico totale nella parte medio bassa del bacino idrografico dell'Esino è di circa 603.10^6 m³ di cui circa 125.10^6 m³ nella sola area alluvionale;
- l'evapotraspirazione annuale (Tab. 4) è di 392.10^6 m³ di cui 86.106 m³ nell'area alluvionale. Quindi l'afflusso meteorico disponibile per il deflusso su-

perficiale e sotterraneo nella parte medio bassa del bacino sarà di 172.106 m³, 172 m³ nella parte non alluvionale, e di 39.106 m³ nelle alluvioni terrazzate.

Dall'analisi dei grafici di Fig. 7 rappresentanti il bilancio idrologico risulta che:

- il periodo critico o «secco» è centrato nel mese di agosto ed interessa limitatamente i mesi di luglio e settembre;
- la ricostruzione delle riserve è completata in novembre, fa eccezione la stazione di Ancona, dove si completa in dicembre;
- il surplus d'acqua si ha durante la stagione invernale e buona parte della stagione primaverile;
- il consumo delle riserve comincia in maggio in tutte le stazioni, eccetto che nella stazione di Ancona dove inizia in aprile.

In definitiva tutte le stazioni presentano un tipo di bilancio sostanzialmente identico. L'unica eccezione è rappresentata da Ancona, situata lungo la costa.

L'analisi geologica dell'area che borda il Fiume Esino nel tratto compreso tra Jesi e la foce, ha portato all'individuazione di unità pelitico-sabbiose di età pleistocenica di particolare interesse idrogeologico. La più interessante di queste unità è rappresentata dalla «S₂» (COLALONGO ed altri, 1979; NANNI, 1979) la cui parte centrale è essenzialmente sabbiosa. Questa unità viene a trovarsi a diretto contatto del fiume e della falda, è situata ad una bassa profondità dal piano di campagna e l'acqua in essa contenuta può avere un certo grado di salienza. Queste caratteristiche conferiscono alla «S₂» un particolare interesse come acquifero per uso locale.

Le alluvioni del Fiume Esino costituiscono un unico acquifero indifferenziato, formato da ghiaie, ghiaie sabbiose, ghiaie argillose e lenti di sabbia e di argilla inglobate nelle ghiaie (Figg. 9 e 10). Il substrato su cui poggiano queste alluvioni è essenzialmente impermeabile eccetto i tratti in cui affiorano i calcari mesozoico-eocenici, le sabbie del Pliocene inferiore e l'unità pelitico-sabbiosa pleistocenica «S₂». La porosità delle alluvioni è variabile da zona a zona ed è compresa tra coefficienti minimi di 0,113 fino a massimi di 0,128. La permeabilità varia da minimi di 0,00065 a 0,0020 m/sec. (BASSI, 1972).

L'esame delle carte freatiche (Tavv. 4, 5, 6 e 7) mostrano che:

- la tavola d'acqua non subisce, durante l'anno in cui sono state effettuate le misure, modifiche sostanziali da una stagione all'altra;
- il maggior abbassamento della falda (max 1 metro) si ha alla fine della stagione estiva, in prossimità della costa dove si amplia notevolmente l'area negativa senza avere però vere e proprie intrusioni marine;
- i terrazzi del I e del II ordine fungono essenzialmente da aree di ricarica della falda, dovuta in questo caso solamente alle precipitazioni meteoriche.

L'andamento del flusso sotterraneo (Tav. 8) rimane costante durante l'anno ed è variabile da zona a zona, in particolare:

- nei terrazzi alti si ha un flusso diretto verso il fiume e verso il terrazzo del IV ordine;
- nel terrazzo del IV ordine l'andamento del flusso

sotterraneo è molto più articolato e le linee di flusso principali seguono probabili paleovalle;

- i rapporti tra falda e fiume lungo l'asta fluviale sono alterni; in alcuni casi è la falda a cedere acqua al fiume ma in generale si ha un flusso dal fiume verso la falda.

Dall'analisi condotta sui pozzi freaticometrici del Servizio Idrografico (Fig. 11) si deduce che:

- attualmente dalla falda viene estratta più acqua di quanto essa ne riceva durante i periodi di ricarica, cioè la falda presenta un forte deficit d'acqua;
- continuando con la stessa entità dei prelievi si può provocare il depauperamento della falda. A ciò contribuirà anche la futura captazione delle sorgenti di Gorgo Vivo ad opera degli acquedotti dei comuni della valle, in quanto verrà notevolmente ridotta la portata del Fiume Esino con conseguenze difficilmente prevedibili.

La conducibilità delle acque sotterranee varia sensibilmente da zona a zona e le aree ad alta e bassa conducibilità sono attribuibili a fattori diversi:

- le zone a bassa conducibilità prossime all'asta fluviale sono connesse con le acque del fiume che, infiltrandosi nella falda, provocano una diminuzione nella concentrazione della sostanza disciolta nelle acque sotterranee;
- l'aumento della conducibilità che si ha procedendo dall'asta fluviale verso i limiti dell'area alluvionale è forse spiegabile con il fatto che i pozzi, mano a mano che ci si allontana dal fiume, pescano in acque più stagnanti, con un minore ricambio e quindi con un maggiore contenuto in sostanza disciolta;
- la variazione stagionale della conducibilità è probabilmente connessa con le variazioni dell'altezza della falda da una stagione all'altra. Variando l'altezza della falda i pozzi pescano in acque più o meno profonde e, da misure fatte in campagna, risulta che, aumentando la profondità dei pozzi, si ha un debole aumento della conducibilità;
- alcune aree ad alta conducibilità, come nel caso dell'area compresa tra Jesi e Chiaravalle e l'area prossima a Castelferretti, sono dovute ad inquinamento industriale; altre sono connesse con deboli intrusioni marine come nel tratto compreso tra la foce dell'Esino e Falconara;
- l'area anomala allineata circa NO-SE tra Chiaravalle e Colle Galoppo e la zona ad est di Maiolati, sono probabilmente connesse con immissioni, nella falda, di acque provenienti dal sottosuolo (probabilmente dai sedimenti del Pliocene inferiore) attraverso faglie (Tav. 2).

La temperatura media delle acque della falda è di circa 13°C e si mantiene costante durante l'anno. Confrontando globalmente le carte delle Tavv. 12-13 e 14 si può osservare che:

- i valori della temperatura subiscono lievi variazioni da una stagione all'altra;
- i valori minori sono, in genere, localizzati nella falda presente nel terrazzo del IV ordine ed in prossimità dell'asta fluviale;
- procedendo dal fiume verso i limiti dell'area alluvionale si ha un generale aumento della temperatura.

Le acque sotterranee del subalveo dell'Esino sono qualitativamente scadenti dal punto di vista della potabilità, presentando alti valori della durezza totale (max 105 °F e medi di circa 50 °F) ed alti valori di spe-

cie chimiche, quali cloruri (max 3255 mg/1), solfati (325 mg/1), ecc. (CRESCENTI ed altri, 1978). La maggior parte delle acque dei pozzi risulta batteriologicamente inquinata; ciò è connesso, oltre che con la presenza di aziende agricole e industriali, anche con la totale assenza di protezione dei pozzi spesso ubicati in prossimità di stalle, letamai, ecc. Le acque chimicamente migliori sono ubicate in prossimità dell'asta fluviale.

BIBLIOGRAFIA

ACCORDI B. ed altri (1969) - *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino centrale)*. Geol. Romana, 7, 177-559.

BASSI G. (1972) - *Indagini sulle risorser idriche sotterranee della pianura alluvionale della valle dell'Esino da Serra San Quirico al mare*. Centro studi e di ricerca economico-sociali dell'Unione Regionale delle Camere di commercio delle Marche, Ancona.

BAGNOUILS & GAUSSEN (1957) - *Les climats biologiques et leur classification*. Ann. de Geogr., 66, 193-220. Paris.

CARLONI G.C., CERETTI E., CREMONINI G., D'ONOFRIO S., MONESI A. & SELLI R. (1966) - *Note illustrative Carta Geologica d'Italia, Foglio 117 Jesi in scala 1:100.000*, 1-40.

CERETTI E. (1962) - *L'attuale stato delle conoscenze sulla geologia Marchigiana*. Mem. Soc. Geol. It., 4 (1), 483-519.

COLOMBETTI A. (1972) - *Indagine geoelettrica della Valle del fiume Esino*. Ed. da Centro studi e di ricerche economico-sociali dell'Unione Regionale delle Camere di Commercio delle Marche, Ancona.

COLALONGO M.L., NANNI T. & RICCI LUCCHI F. (1979) - *Sedimentazione ciclica nel Pleistocene anconetano*. Geol. Romana (in corso di stampa).

CRESCENTI U., MEDI P., NANNI T., BRUNI P., CALVI G., GOBBI G., FOGLIA A. & RENGÀ G. (1978) - *La falda acquifera del subalveo del medio e basso Esino. Idrogeologia caratteristiche chimiche e batteriologiche*. Ed. Università degli Studi di Ancona.

ENI (1972) - *Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia*. Editore dall'ENI, Roma.

FANCELLI R. & RADRIZZANI S. (1964) - *Note illustrative. Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000*, 1-42. Serv. Geol. d'It.

LECHI G.M., NANNI T. & RAMPOLDI R. (1978) - *Tettonica classica e da satellite a confronto: correlazione con gli eventi sismici*. Boll. Geof. Teor. Appl., 75, 168-178, Udine.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1921-1971) - *Annali Idrologici (parte prima e seconda). Bacini con foce al litorale adriatico dal Reno al Tronto*. Servizio Idrografico, Annali 1921-1971, Ist. Poligr. Stato, Roma.

MORI A. (1957) - *Il clima in L'Italia fisica*. Coll. Conosci l'Italia T.C.I., 1, 21-63, Milano.

MOLINARI C., TINO L. & BASSI G. (1971) - *Risorse idriche delle Marche*. Ed. a cura dell'Ente Sviluppo delle Marche, Ancona.

NANNI T. (1979) - *Note illustrative della Geologia dell'anconetano*. Ed. da Comune di Ancona e Regione Marche (in corso di stampa).

REMENIERAS G. (1976) - *L'idrologie de l'ingénieur*, 1-406, Eyrolles Editeur, Parigi.

SELLI R. (1951) - *I caratteri geologici della regione marchigiana*. *Giorn. Geol.*, 21, 99-125.

TONINI (1974) - *Elementi di idrografia ed idrologia*. 1, 1-603, Libreria Universitaria, Venezia.

TONINI D. (1974) - *Elementi di idrografia ed idrologia*. 2, 1-606, Libreria Universitaria, Venezia.

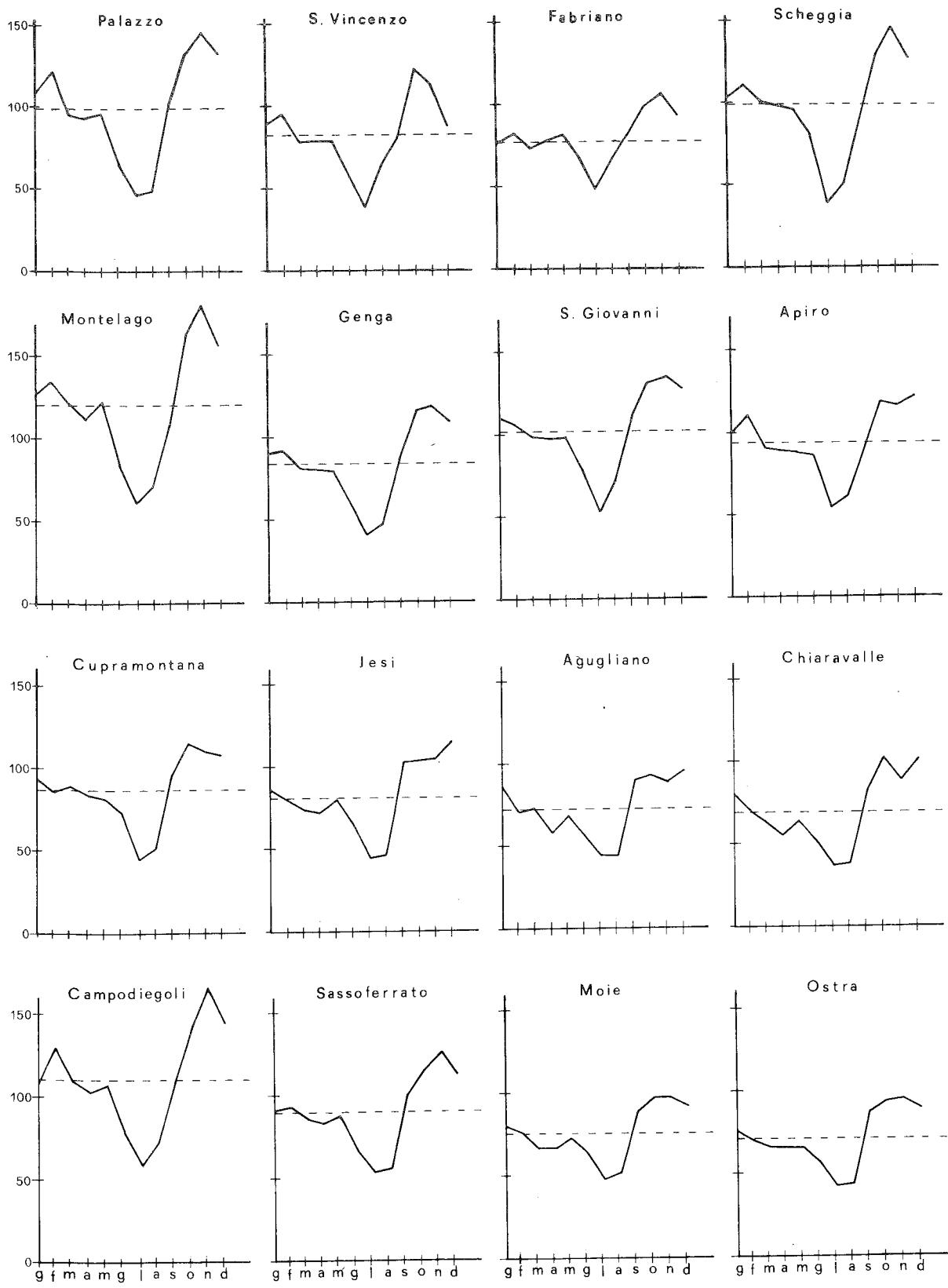


Fig. 1a - Diagrammi delle precipitazioni medie mensili. In ascisse sono riportati i valori medi mensili (1921-1971) espressi in mm.

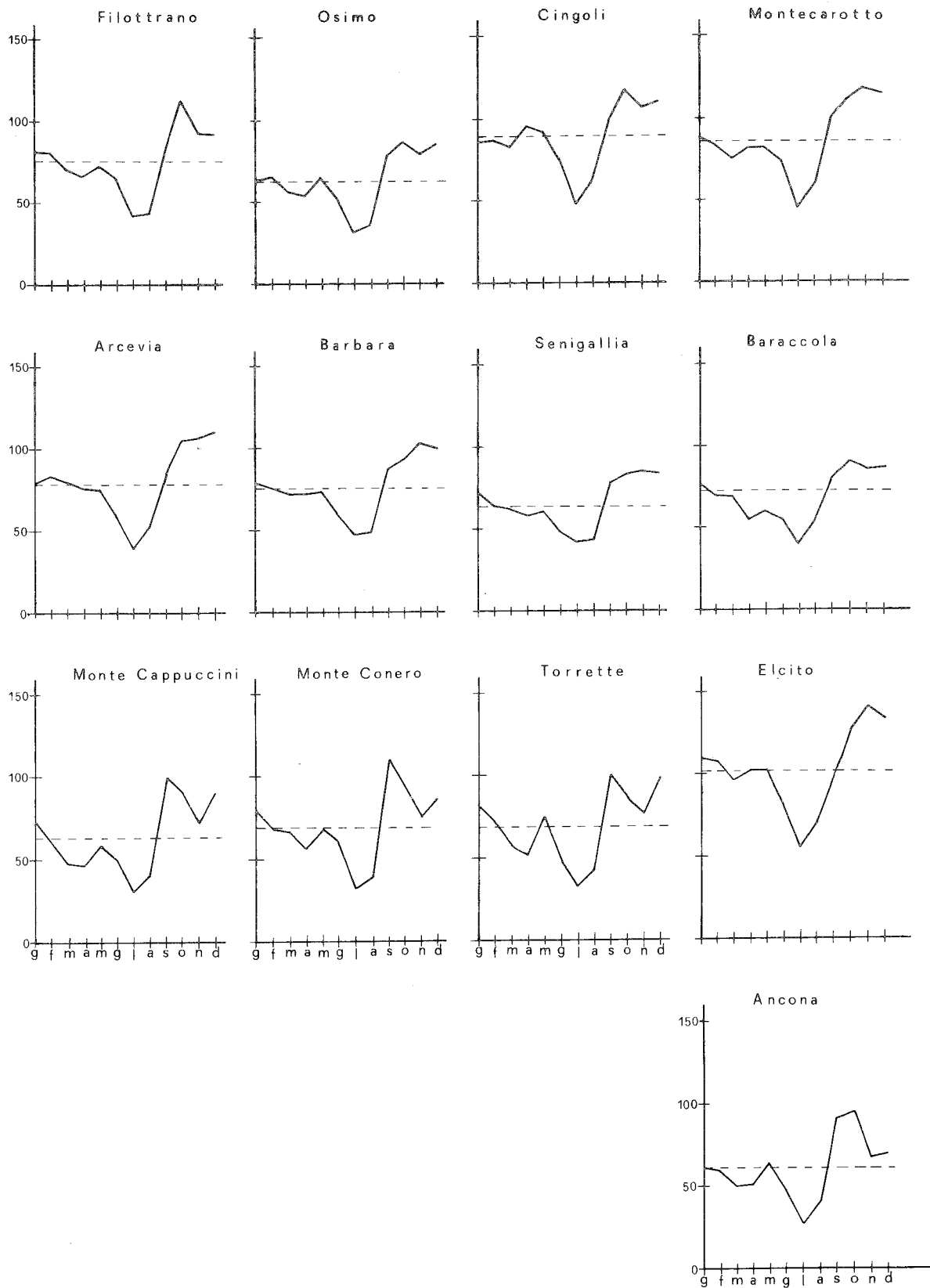


Fig. 1b - Diagrammi delle precipitazioni medie mensili. In ascisse sono riportati i valori medi mensili (1921-1971) espressi in mm.

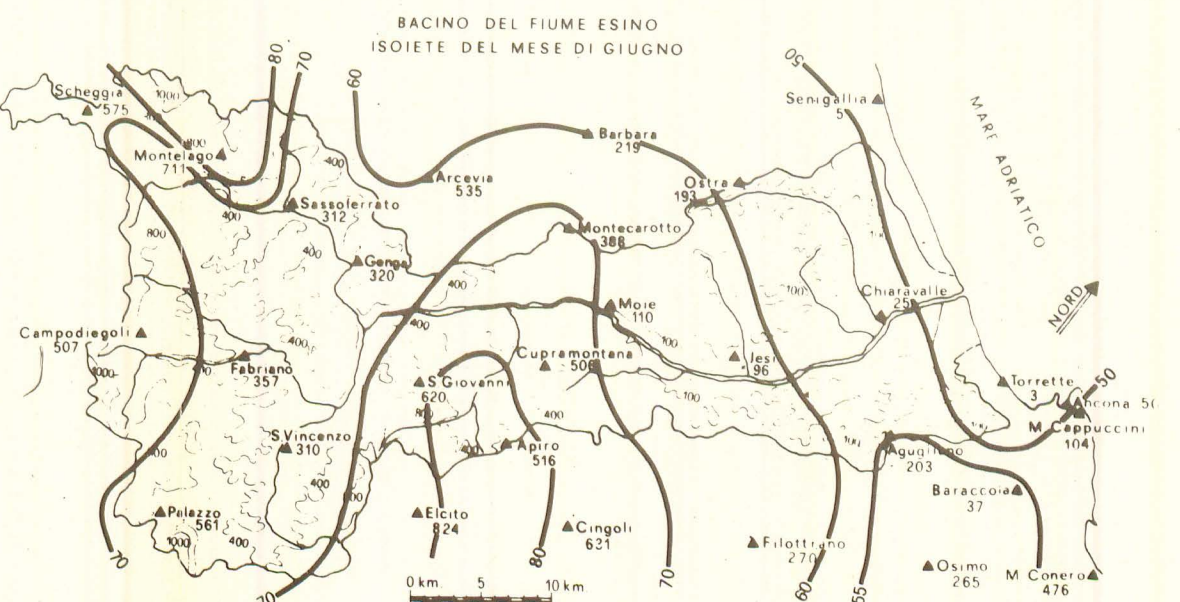
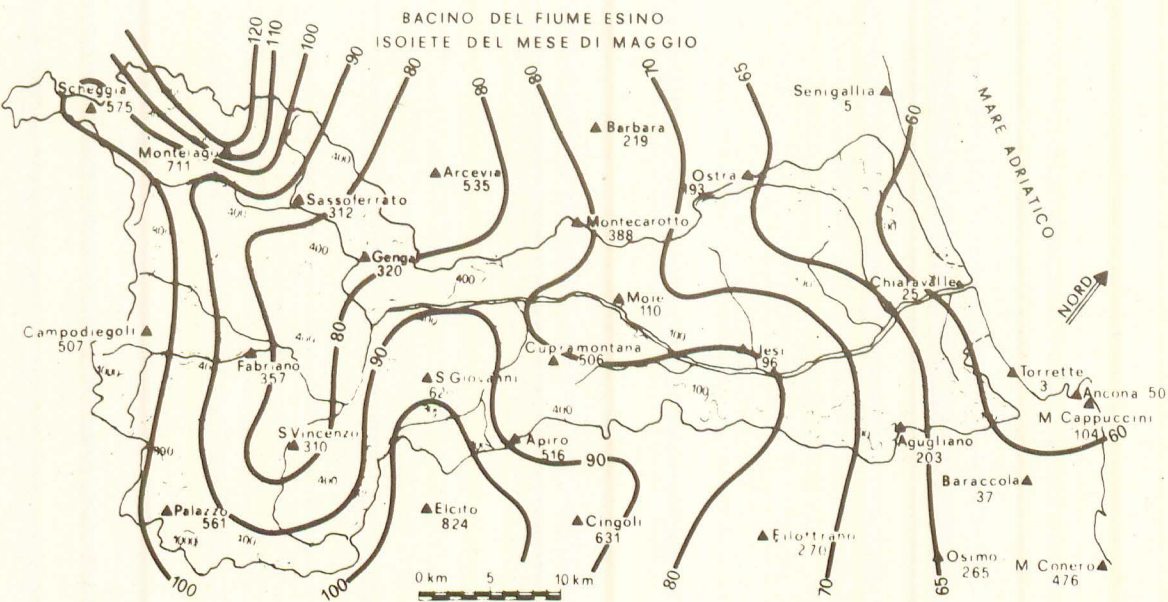
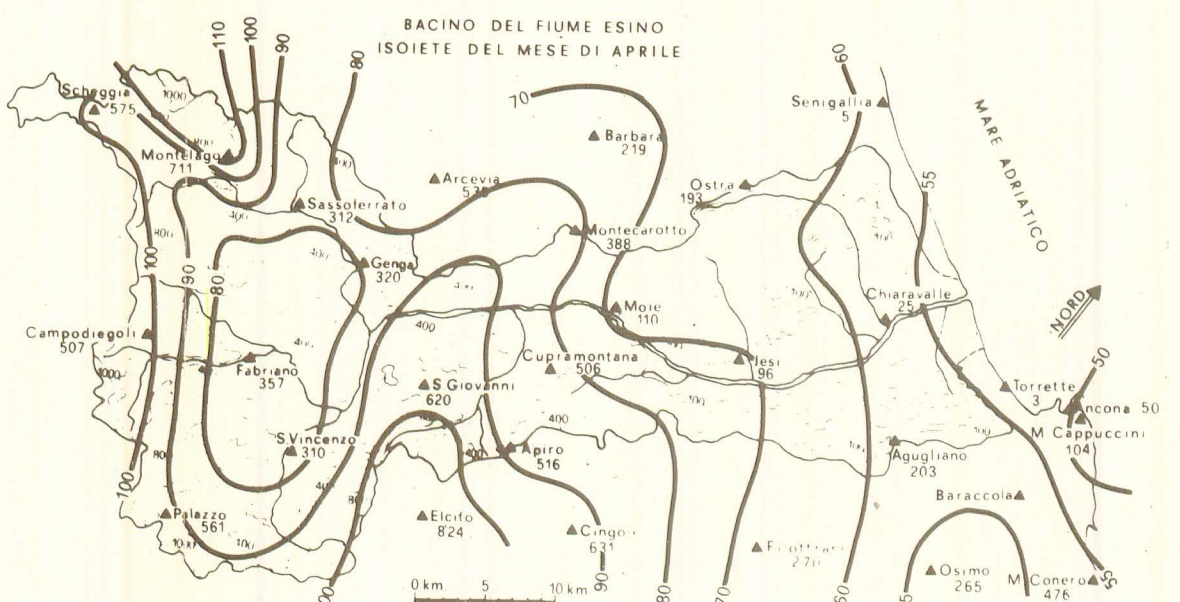
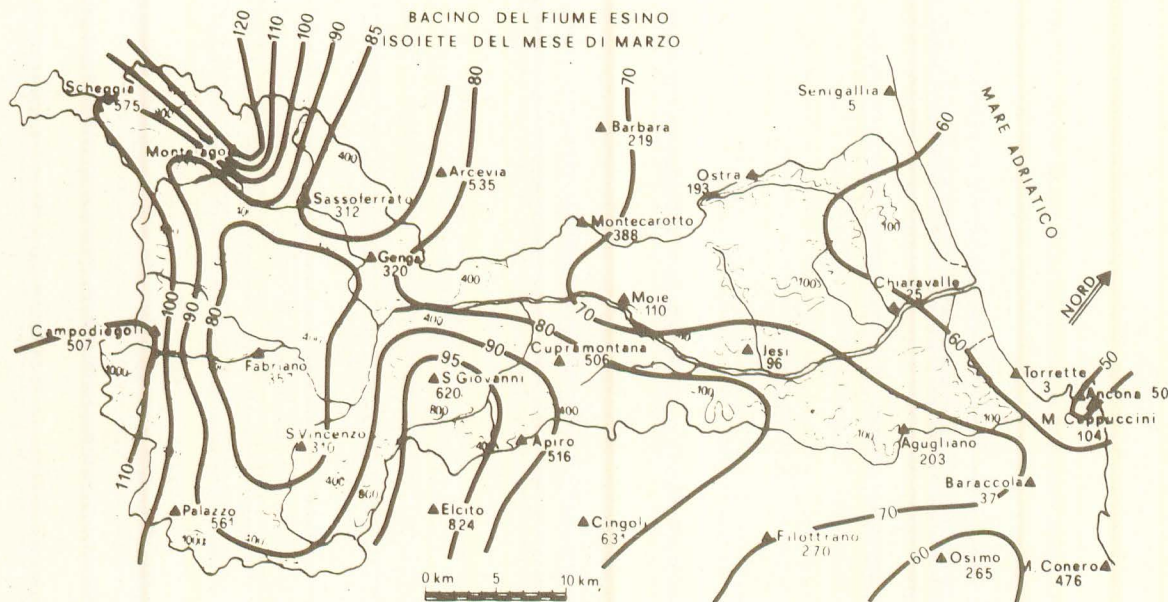
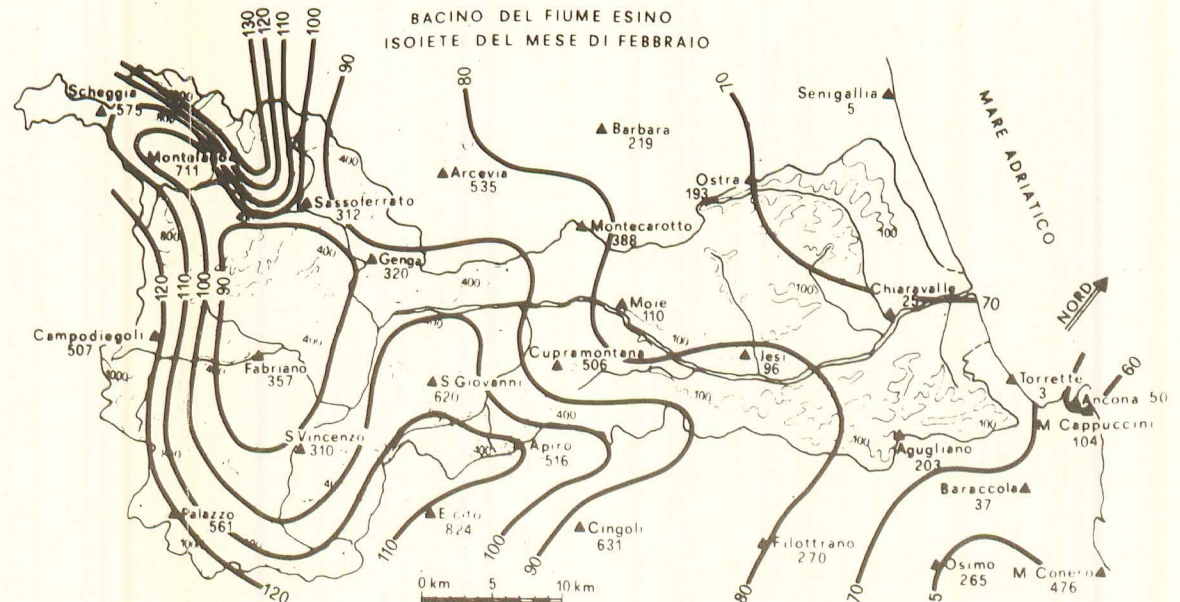
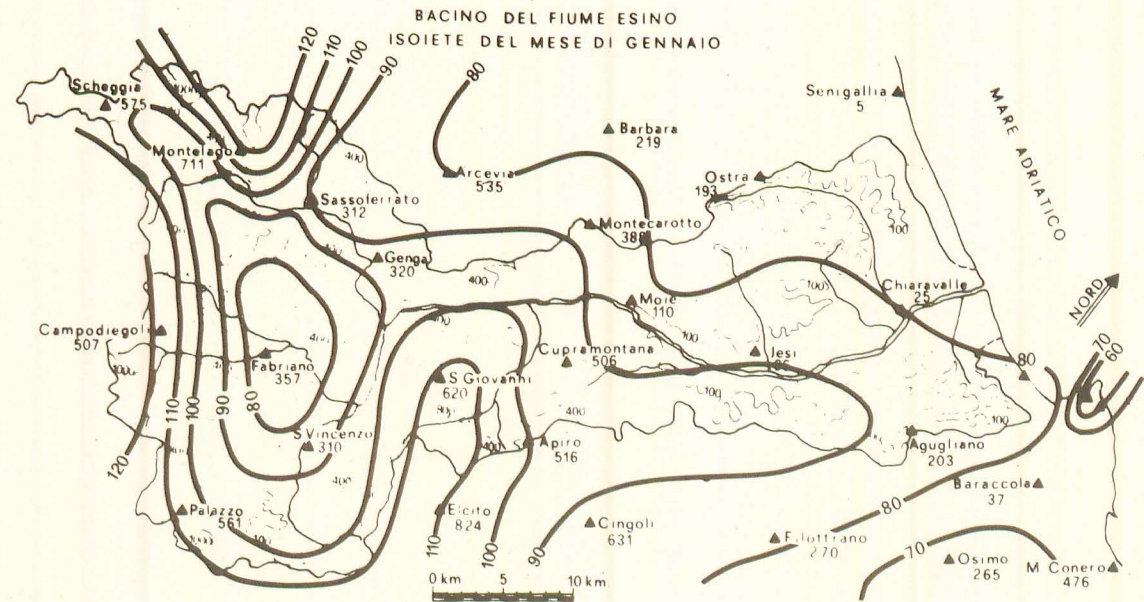


Fig. 2a - Carta pluviometrica delle medie mensili elaborata con il metodo delle isoiete.

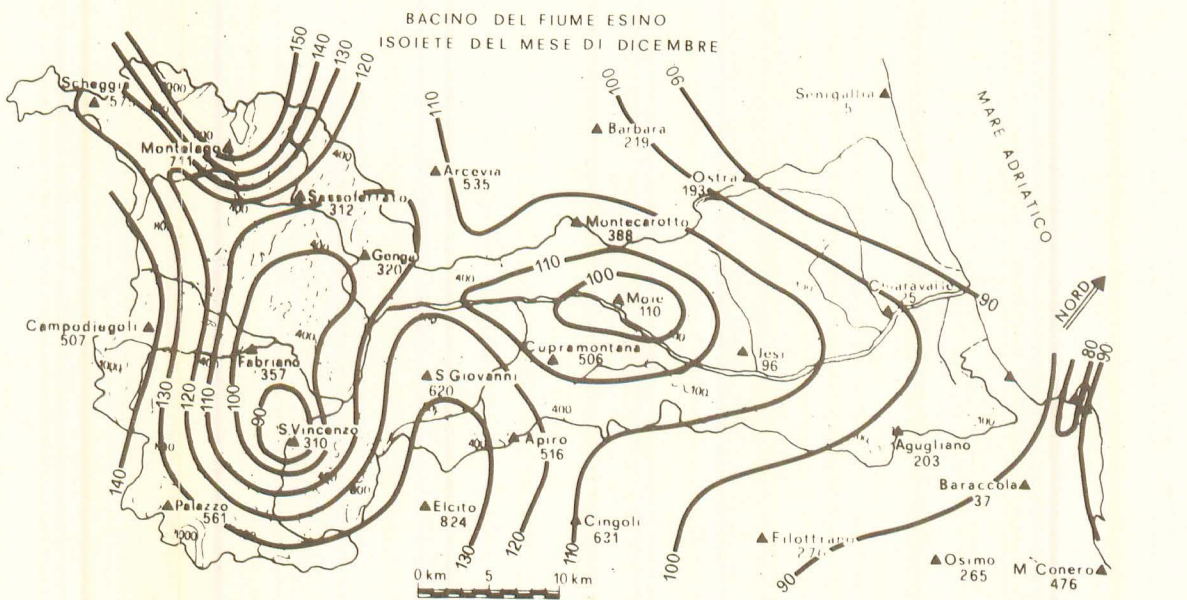
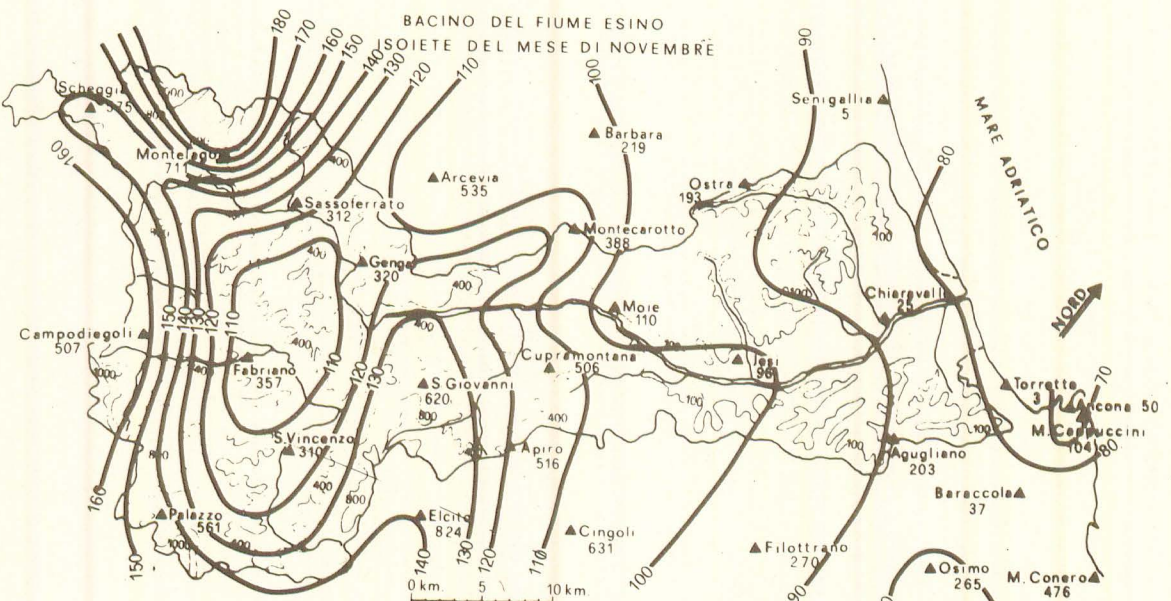
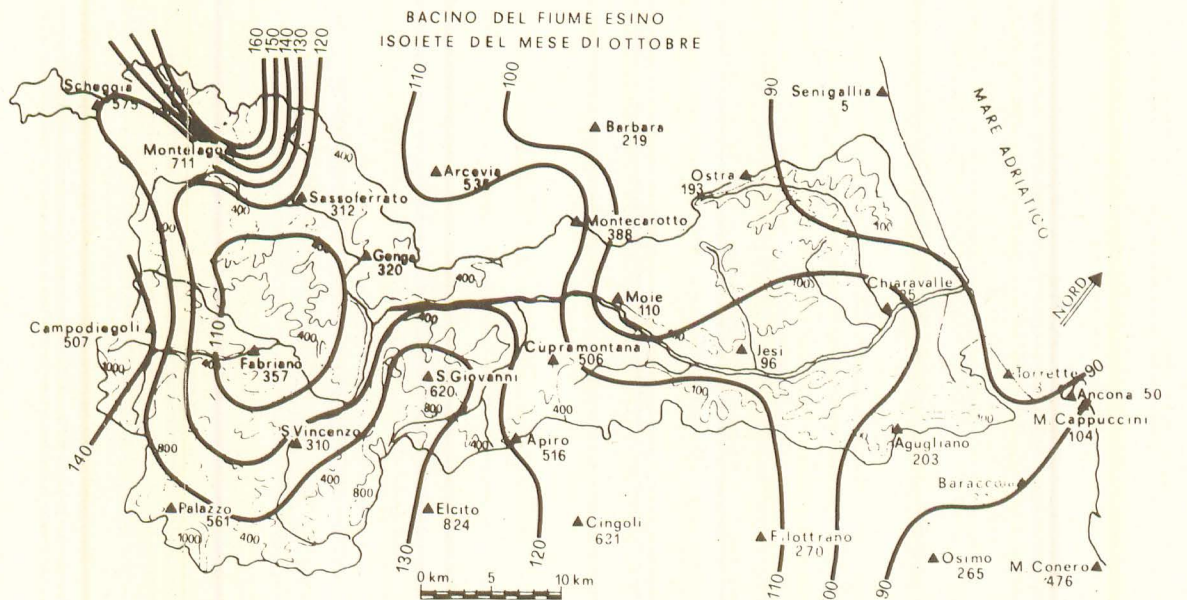
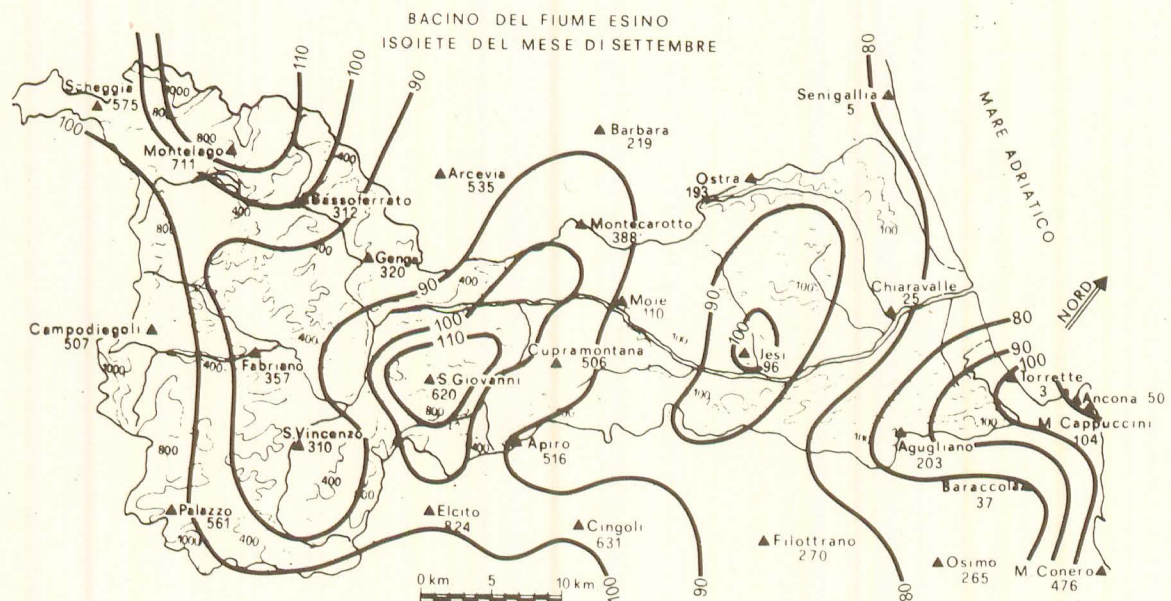
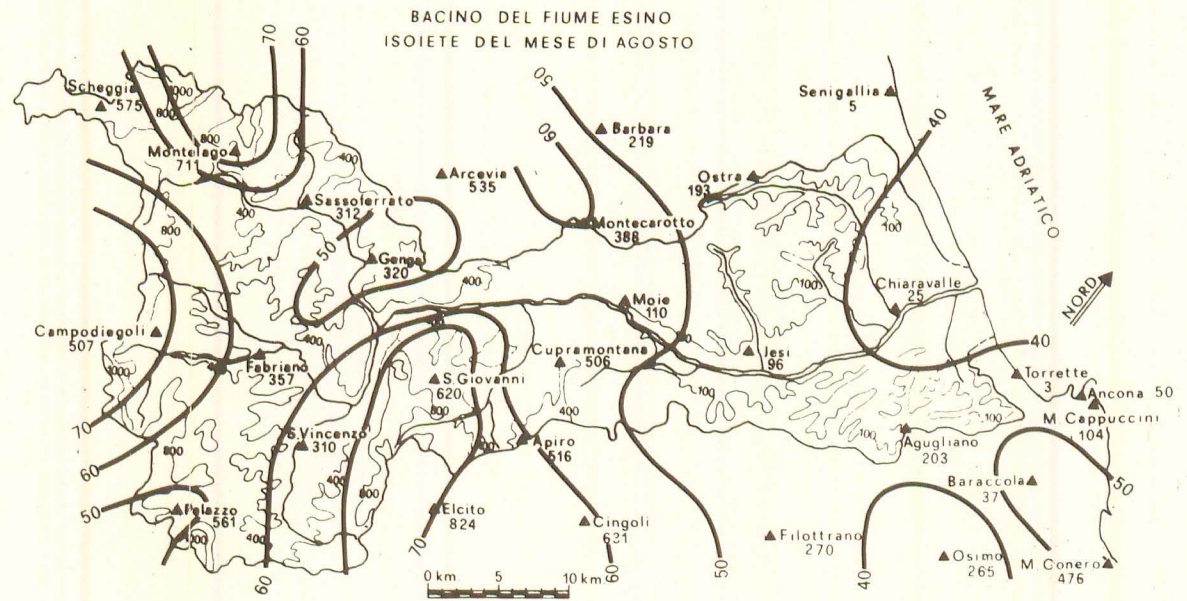
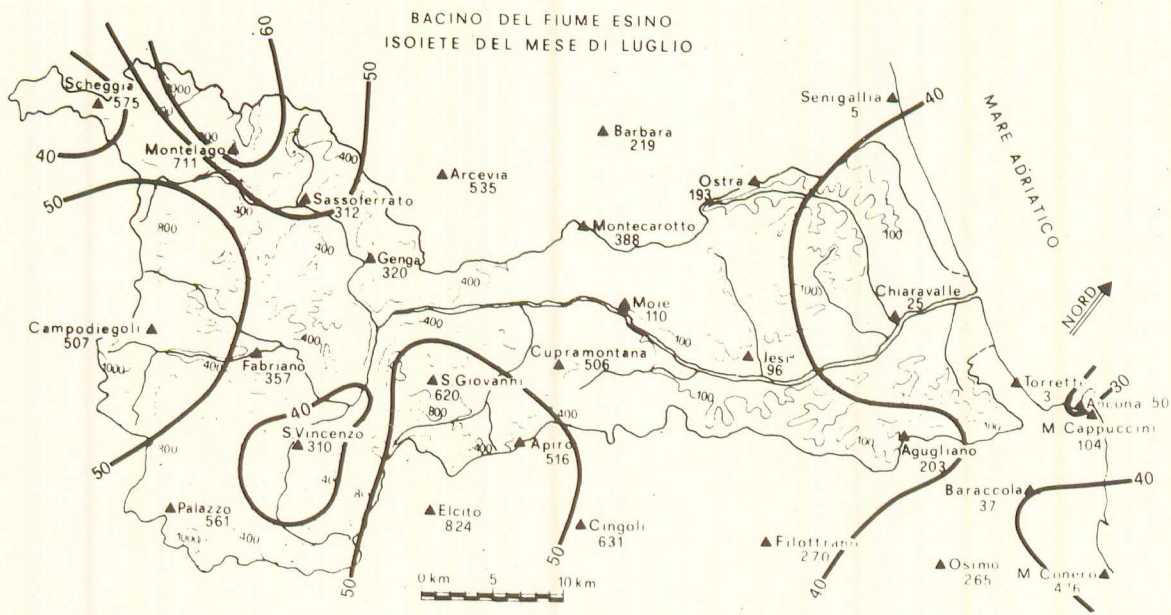


Fig. 2b - Carta pluviometrica delle medie mensili elaborata con il metodo delle isoiete.

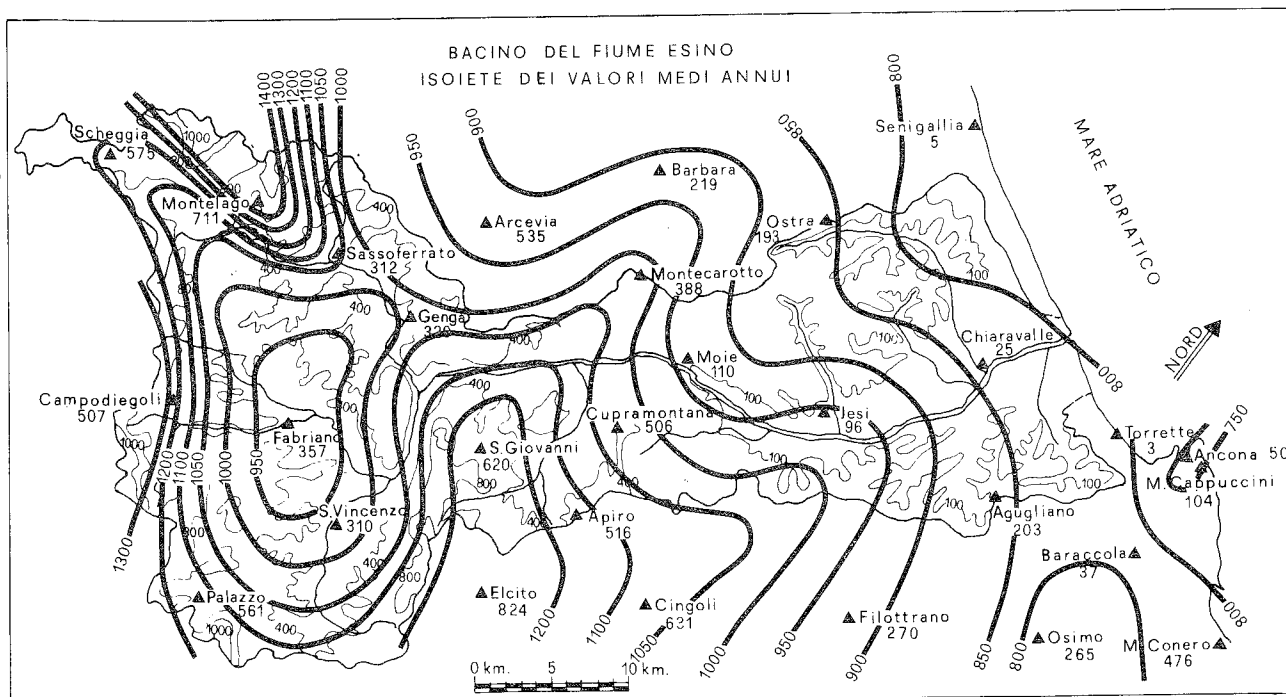


Fig. 3 - Carta pluviometrica delle medie annuali ricavata con il metodo delle isoiete.

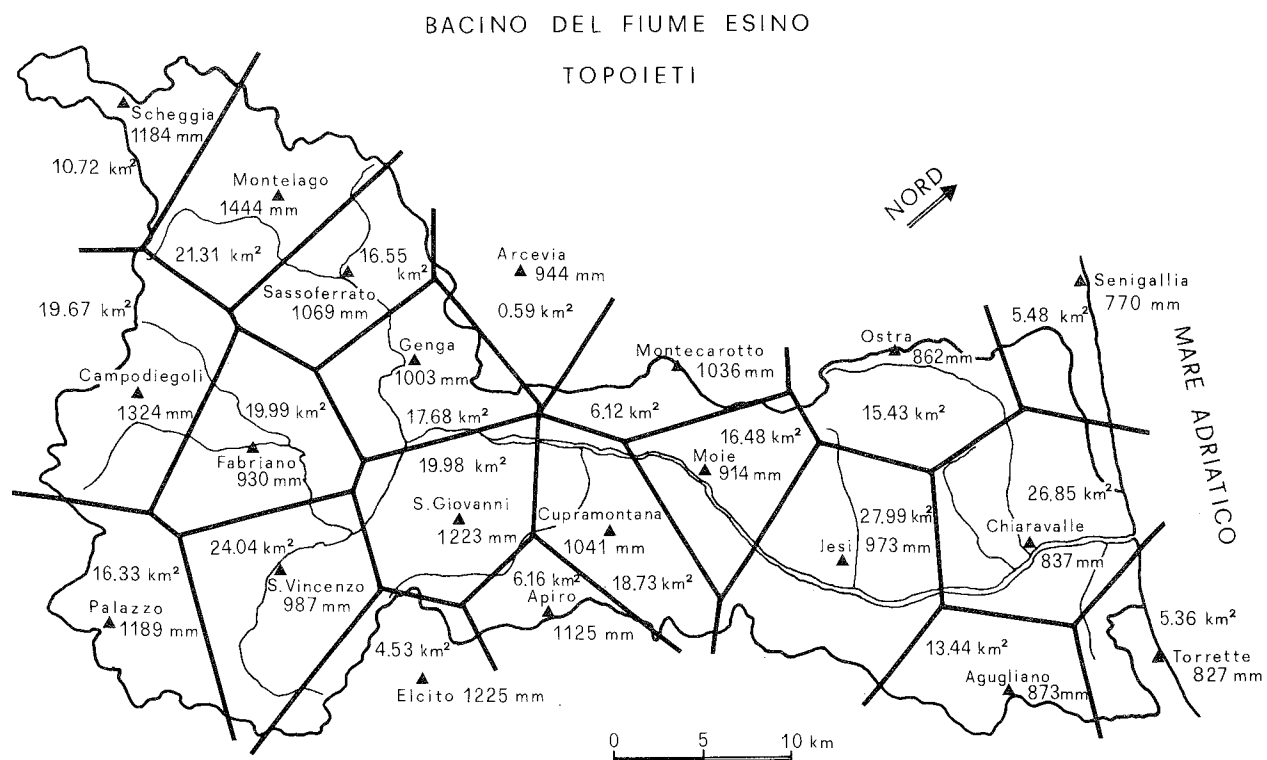


Fig. 4 - Carta pluviometrica annuale ottenuta con il metodo Thissen.

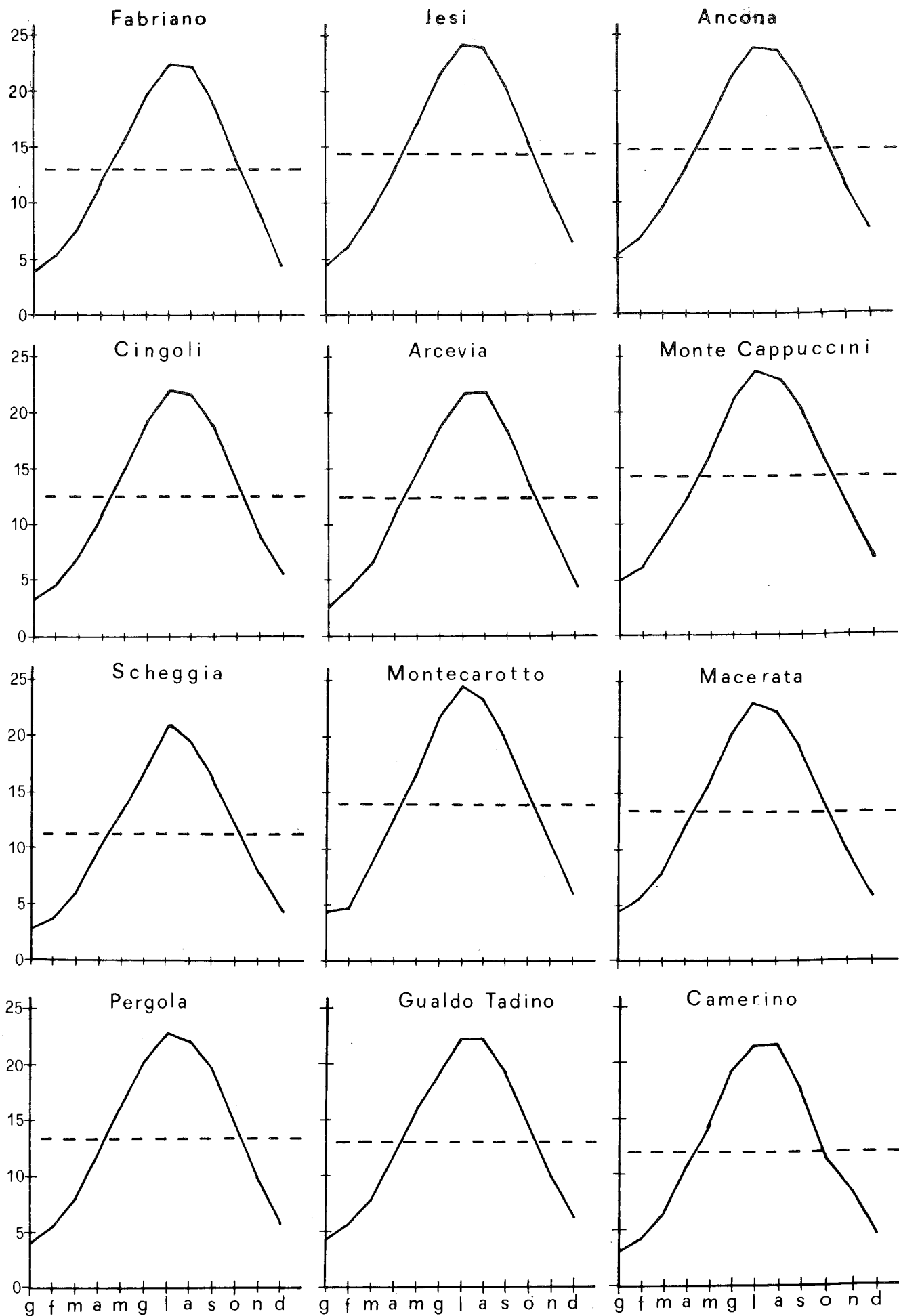


Fig. 5 - Diagrammi termometrici. In ascisse sono riportati i valori medi mensili della temperatura.

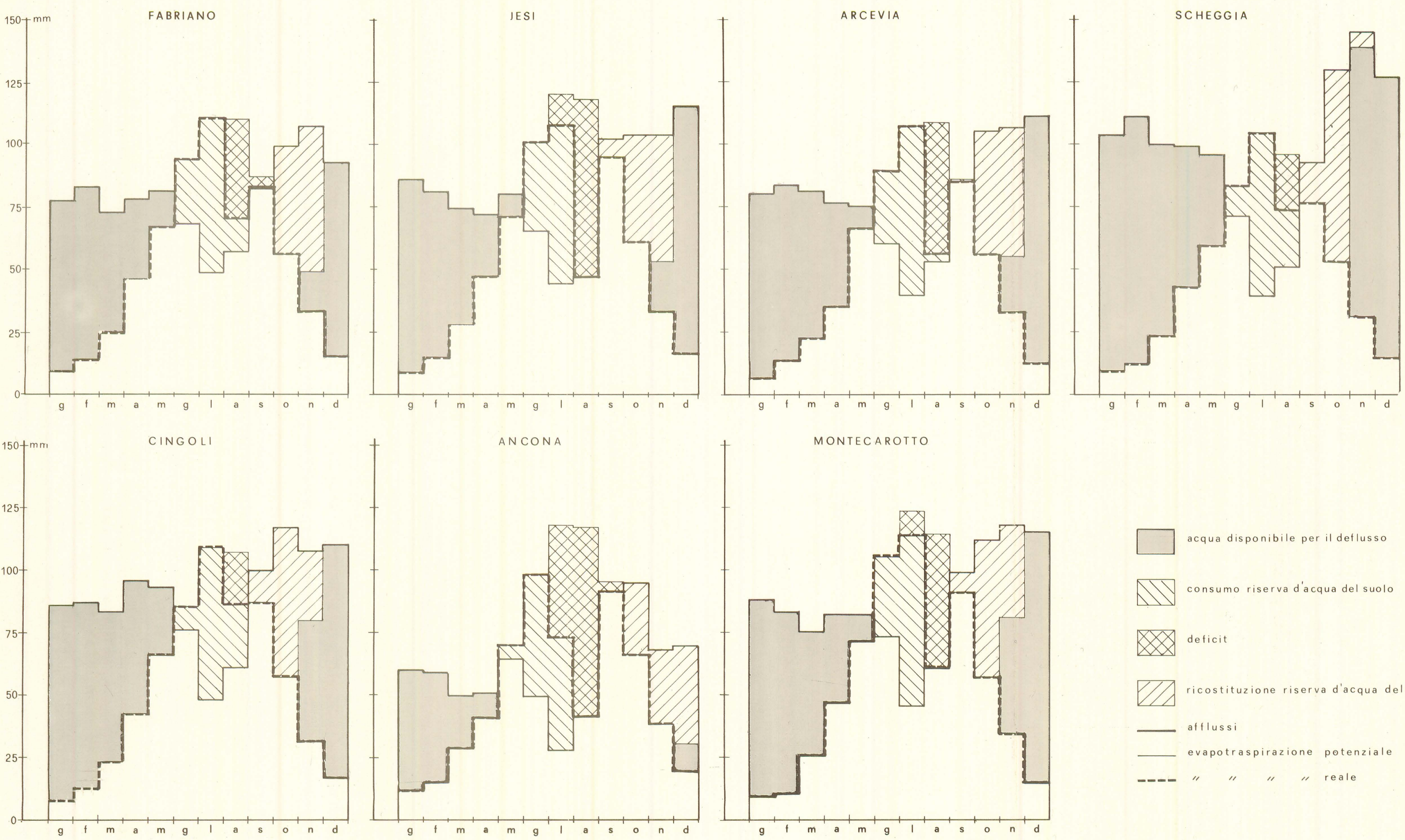


Fig. 7 - Diagrammi raffiguranti il bilancio idrologico nelle singole stazioni elaborati con il metodo proposto da Thornthwaite.

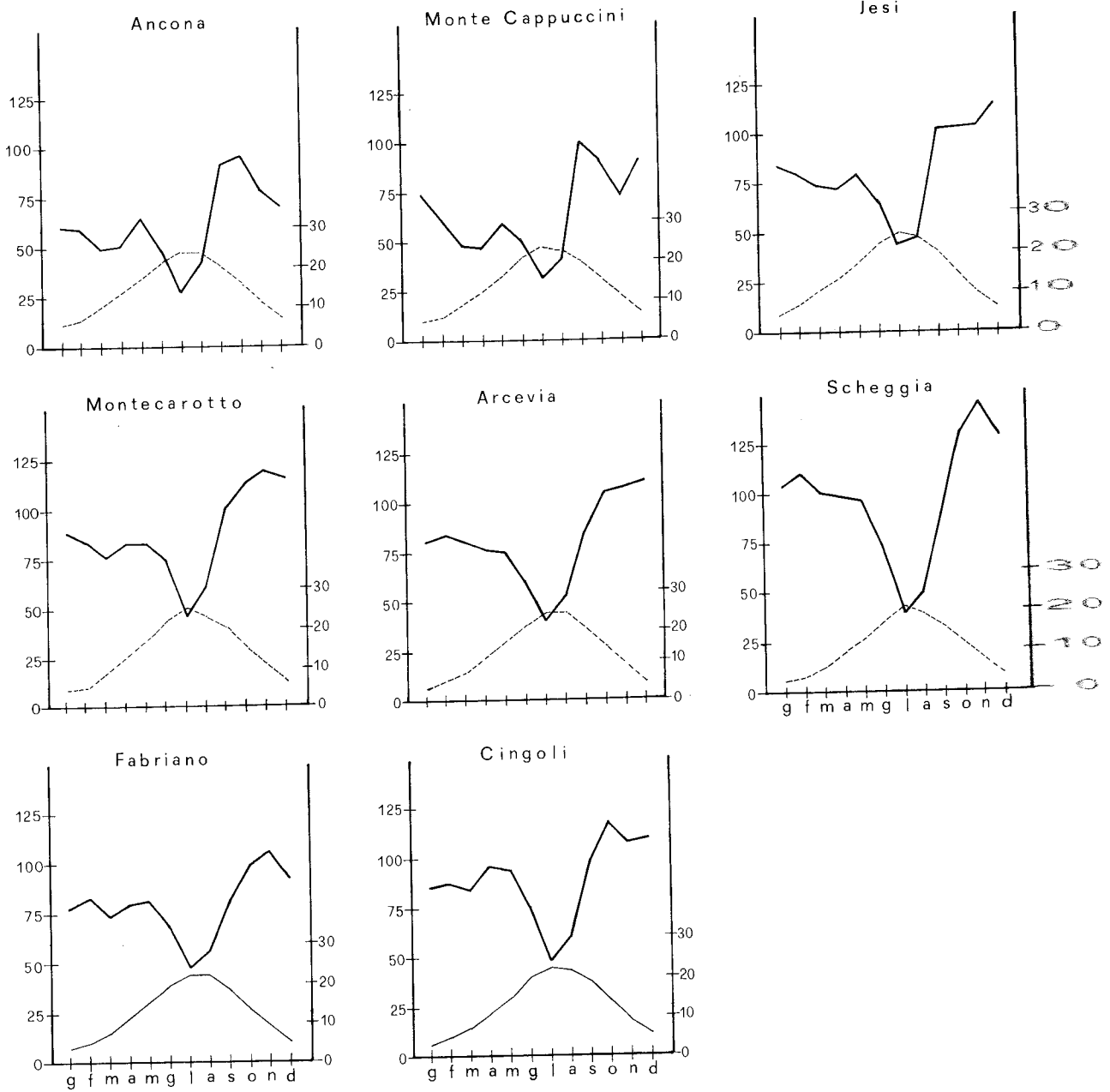


Fig. 6 - Diagrammi ombrotermici. I periodi «secchi» coincidono sempre con i mesi estivi, soprattutto in luglio. Solamente a Fabriano e Cingoli non si raggiungono mai condizioni critiche.

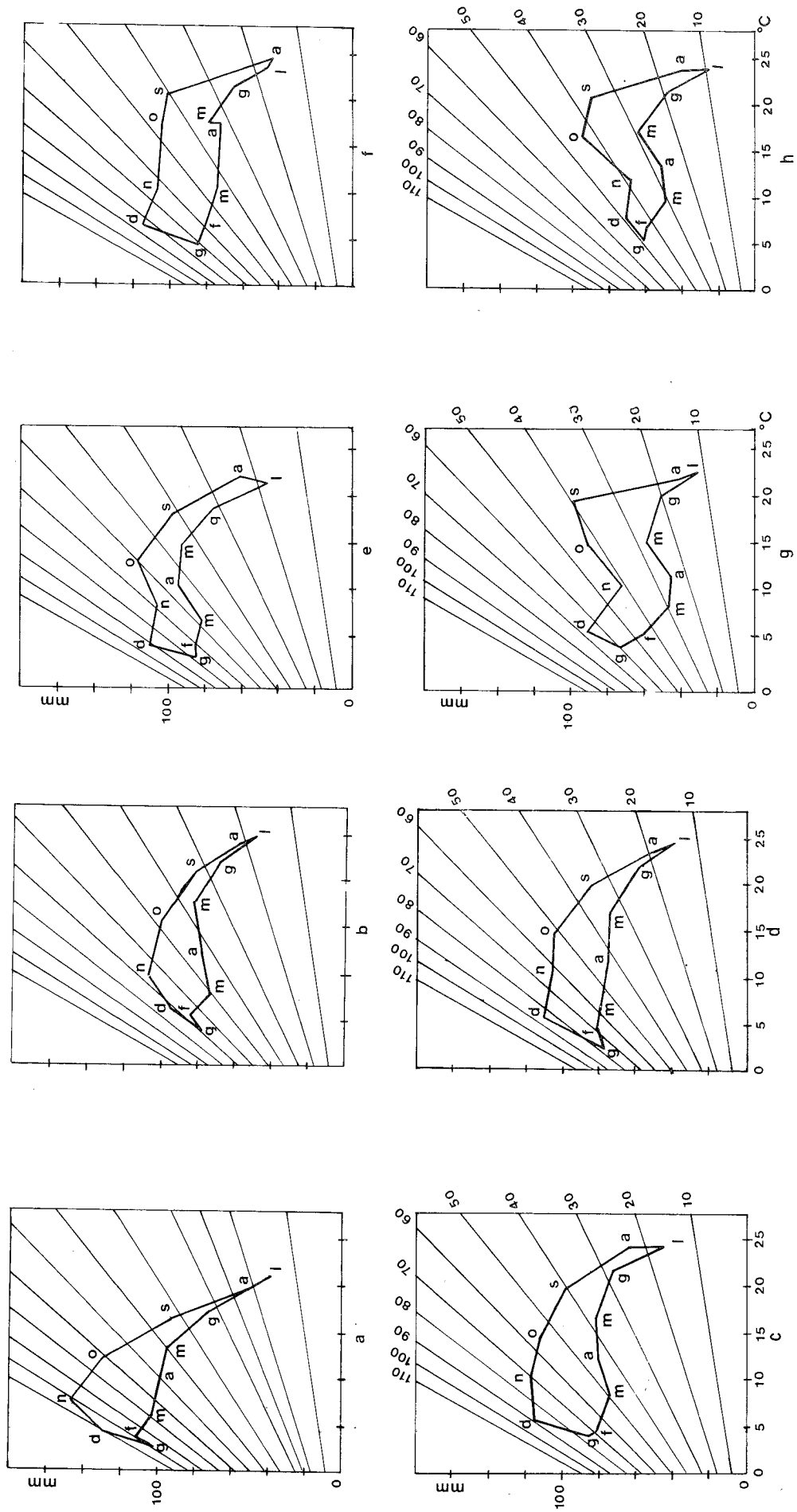


Fig. 8 - Climogrammi con riportati i valori medi mensili degli indici di aridità, indicati dal fascio di rette oblique. a-Scheggia, b-Fabriano, c-Montecarotto, d-Arevia, e-Cingoli, f-Jesi, g-Monte Cappuccini, h-Ancona.

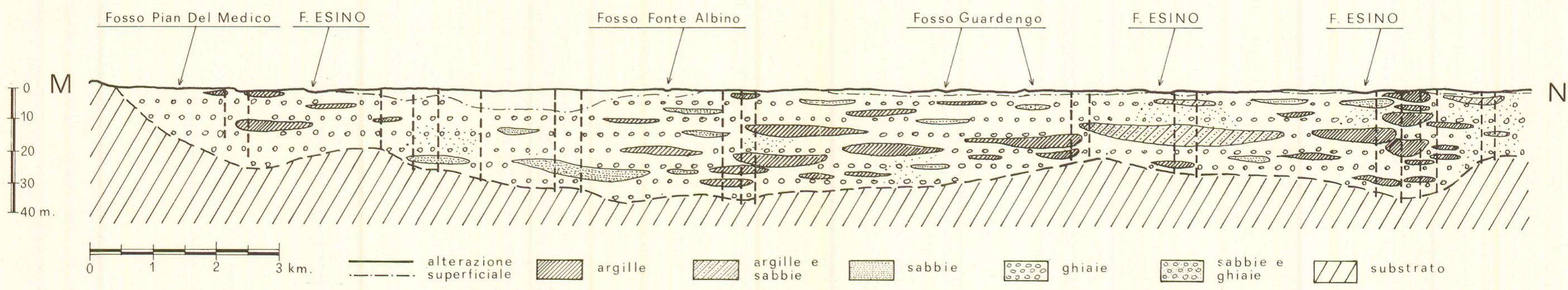


Fig. 10 - Sezione longitudinale al fiume Esino ricavata utilizzando le stratigrafie dei pozzi usati per i prelievi d'acqua della falda.

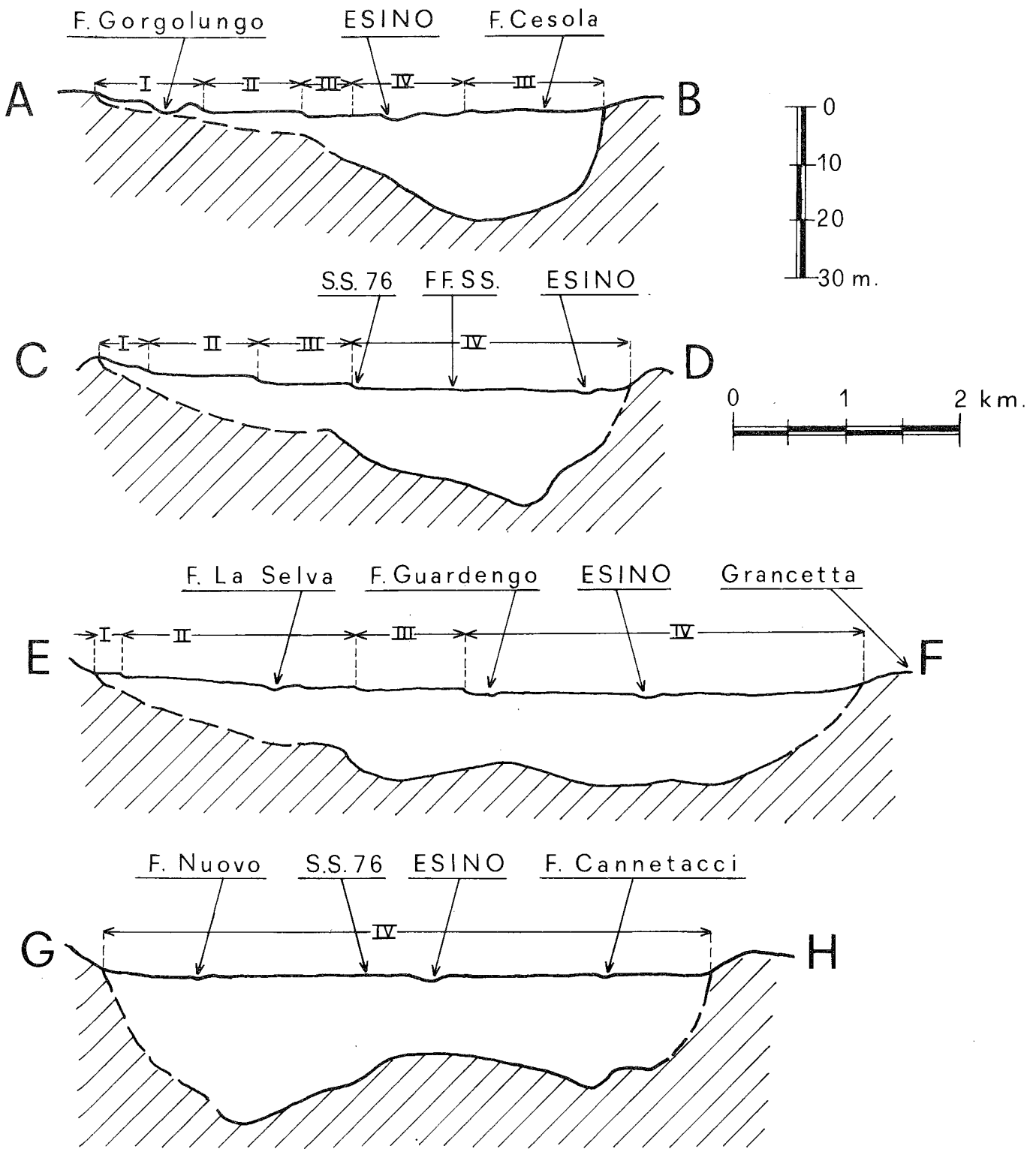
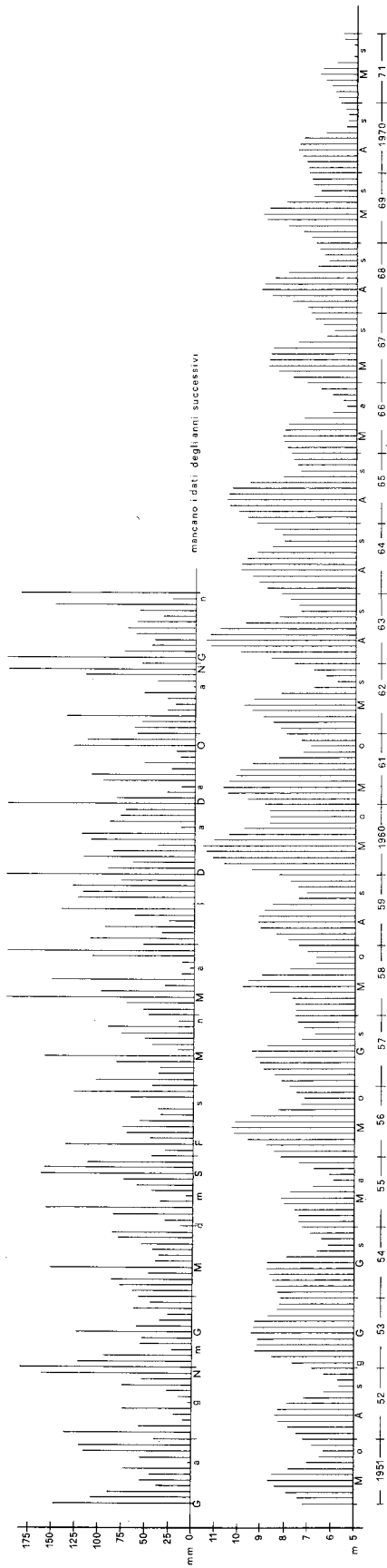
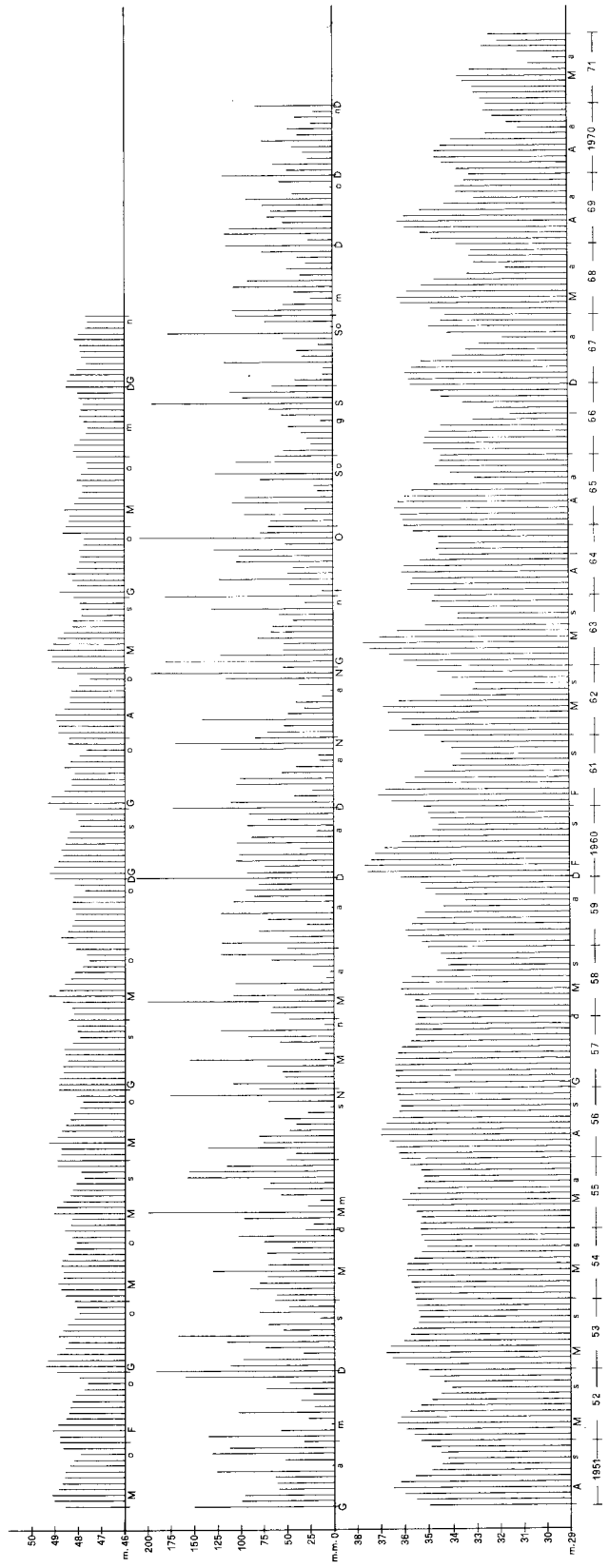


Fig. 9 - Sezioni schematiche trasversali al fiume Esino mostranti gli spessori della coltre alluvionale e l'anadamento del substrato (in tratteggio) argilloso-marnoso impermeabile.



Stazione Pluviometrica di Chiaravalle 25 m. Afflussi meteorici in mm.
 Stazione Freatimetrica Cà Giuliani 18,67 m. Livelli freatici in m. s.l.m.



Stazione Freatimetrica Roncaglia 54,21 m. Livelli freatici in m. s.l.m.
 Stazione Pluviometrica di Iesi 96 m. Afflussi meteorici in mm.
 Stazione Freatimetrica Ca' Pace 42,18 m. Livelli freatici in m. s.l.m.

Fig.11a-11b - Diagrammi mostranti la variazione della freatimetria nel periodo 1951-1971 e le variazioni del livello della tavola d'acqua in relazione alle precipitazioni.

