



**Provincia di Milano
Assessorato all'Ambiente
e
Politecnico di Milano
D.S.T.M.-Geologia Applicata**

***Le risorse idriche sotterranee
nella Provincia di Milano
Vol. I:
Lineamenti idrogeologici***

Milano, dicembre 1995



Sistema Informativo Falda

A cura di:

**Provincia di Milano, Ass.to all'Ambiente, U.O.Tecnica Progetti Speciali
Politecnico di Milano, D.S.T.M. - Sez.Geologia Applicata (*)**

Hanno collaborato:

**dott. Guido Rosti e dott. Fabio Colombo (Provincia di Milano)
prof. Vincenzo Francani e prof. Giovanni Pietro Beretta (Politecnico
di Milano)**

Redazione editoriale:

**dott. Fabio Colombo
dott. Fiammetta Di Palma**

Lo studio prende spunto dalle tesi di laurea di F. Di Palma, A. Ratazzi e D. Zanga.

*Redazione grafica delle sezioni idrogeologiche a cura dei dottori: G.Fugazza,
R.Boninsegni, S.Carena, L. Laveni e M. Baldoni.*

*Si ringraziano i seguenti Enti appartenenti al S.I.F. - Sistema Informativo Falda
che hanno contribuito a fornire dati e documentazione tecnica:*

Comune di Milano, Settore Acquedotto

Consorzio Acqua Potabile

PMIP di Milano e Parabiago, UU.OO. Chimiche e Fisiche

Provincia di Milano dicembre 1995

(*) Attività svolta nel quadro delle indagini promosse dal MURST con fondi 40%

Stampato su carta riciclata.

INTRODUZIONE

Se si vuole affrontare con serietà le gravi problematiche dello sfruttamento e dell'inquinamento della falda utilizzata a scopo potabile, la prima necessità è acquisire il maggior numero di informazioni e conoscenze sulla struttura idrogeologica del nostro territorio .

Il Sistema Informativo Falda (SIF) della Provincia di Milano nasce nel 1989 proprio con l'intento di raccogliere classificare ed organizzare su base informatica tutti quei dati disponibili presso vari soggetti che possono costituire un'indispensabile base documentale sulla quale costruire un proficuo approccio alle attività di tutela della falda.

Un tale sforzo necessita anche dell'impiego di risorse professionali considerevoli.

Per ovviare a ciò la presente pubblicazione nasce sotto il segno di una stretta collaborazione col mondo accademico ed in particolare col Politecnico di Milano (D.S.T.M. - Sezione Geologia Applicata).

La sinergia ottenuta con l'affidamento di tesi di laurea in Geologia presso gli uffici provinciali ha garantito, oltre ad assicurare una base di esperienza concreta ai laureandi, anche la possibilità di acquisire per l'Ente una mole considerevole di informazioni, dati ed elaborazioni.

Abbiamo ritenuto fondamentale pubblicare una di queste prime elaborazioni che raccoglie il lavoro prodotto da tre tesi di laurea per poter assicurare a tutti gli operatori del settore una significativa base di conoscenza della struttura idrogeologica esistente tra Adda e Ticino, utilizzando in particolare le informazioni ricavate da tutti i pozzi recentemente perforati.

Nella speranza che ciò possa contribuire ad arricchire le conoscenze in materia vogliamo qui ringraziare oltre ai docenti ed ai funzionari che hanno seguito il progetto anche i tre laureandi che hanno dimostrato doti di preparazione e disponibilità veramente lodevoli ed ai quali vanno tutti i nostri auguri di meritato e proficuo inserimento nel mondo del lavoro.

Ci auguriamo in futuro di poter proseguire su questa strada se, come speriamo, tale pubblicazione avrà l'utilizzo ed il riscontro positivo che ci attendiamo.

Il Presidente
Livio Tamperi

L'Assessore all'Ambiente
Renato Aquilani

INDICE

PREMESSA	pag. 7
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 9
2. CENNI DI CLIMATOLOGIA	
2.1 Termometria	pag. 13
2.2 Pluviometria	pag. 16
2.3 Evapotraspirazione	pag. 30
3. ELEMENTI DI IDROLOGIA	pag. 33
3.1 Corsi d'acqua naturali	pag. 35
3.2 Fontanili	pag. 43
3.3 Rete irrigua	pag. 45
4. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	pag. 51
4.1 Inquadramento geologico e geomorfologico	pag. 52
4.2 Unità geologiche affioranti	pag. 54
5. STRUTTURA IDROGEOLOGICA	pag. 61
5.1 Unità ghiaioso-sabbiosa	pag. 64
5.2 Unità ghiaioso-sabbiosa-limosa e conglomeratica	pag. 65
5.3 Unità sabbioso-argillosa	pag. 65
6. SEZIONI IDROGEOLOGICHE	pag. 67
6.1 Sezioni Nord-Sud	pag. 69
6.2 Sezioni Est-Ovest	pag. 79
7. BASE DELL'ACQUIFERO TRADIZIONALE	pag. 91
8. FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	pag. 94
8.1 Carta delle isopiezometriche	pag. 94
8.2 Oscillazioni della falda	pag. 97
9. DISTRIBUZIONE AREALE DEI PRELIEVI IDRICI	pag. 105
10. OSSERVAZIONI SULLA PRESENZA DI SOSTANZE INQUINANTI NELLE ACQUE SOTTERRANEE	pag. 109
10.1 Distribuzione dei Composti organo-alogenati	pag. 110
10.2 Distribuzione dei Nitrati	pag. 112
10.3 Distribuzione dei Fitofarmaci	pag. 115
11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	pag. 117
BIBLIOGRAFIA	pag. 121

PREMESSA

Dopo la pubblicazione di numerosi studi sull'idrogeologia della Provincia di Milano, che costituiscono un inquadramento della struttura idrogeologica dell'area, si è reso possibile procedere ad un adeguato approfondimento dell'argomento grazie anche ai dati resi disponibili presso l'Amministrazione Provinciale di Milano.

In questo studio si sono presi in esame gli aspetti di base che più da vicino riguardano la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche sotterranee.

In particolare si sottolineano gli obiettivi di questa prima elaborazione che sono essenzialmente indirizzati alla ricostruzione del modello geologico dell'area, alla definizione dei parametri del bilancio idrico, alla revisione ed elaborazione dei dati disponibili e ad una cartografia della distribuzione degli inquinanti maggiormente presenti nelle acque sotterranee.

A questa prima elaborazione ne seguiranno altre maggiormente finalizzate alla parametrizzazione degli acquiferi, alla quantificazione dei flussi e del bilancio idrico e alla definizione del trasporto degli inquinanti.

Nonostante gli obiettivi limitati di questo studio, che si configura quindi come preliminare, si è comunque voluto mettere a disposizione degli operatori del settore i dati finora elaborati i quali, unitamente alla recente indagine pubblicata sulle falde profonde dal Consorzio Acqua Potabile (Avanzini et Al., 1985), forniscono un contributo alla migliore conoscenza della struttura idrogeologica della Provincia di Milano.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di questo studio è il territorio della Provincia di Milano che si estende tra il corso del fiume Ticino a occidente, il corso del fiume Adda a oriente e le pendici delle Prealpi a nord; a Sud il limite è costituito dal confine amministrativo con la Provincia di Lodi (Figura 1).

L'area è situata nella parte centrale della Pianura Padana, racchiusa tra Alpi e Appennino Ligure, ma aperta verso il mare Adriatico.

Essa è delimitata dalle colline briantee nella parte settentrionale e degrada poi a Sud verso la fascia pianeggiante ed irrigua lungo il corso del fiume Po, tra le quote di circa 300 e 90 m s.l.m..

Lo studio ha interessato anche altre provincie, in modo da rendere più significativo il lavoro di interpretazione geologica profonda dell'area; sono state interessate nel settore nord-occidentale le provincie di Como e Varese, per quanto riguarda la porzione orientale lungo il corso del fiume Adda la provincia di Bergamo e a Sud la provincia di Lodi.

La forma dell'area risulta pressoché rettangolare, allungata in direzione Est-Ovest; è situata in posizione centrale rispetto all'intera area della regione Lombardia e si inserisce al passaggio tra i rilievi prealpini che sfumano nelle colline moreniche nella zona più a Nord, negli orli meridionali dei terrazzi fluvio-glaciali spostandosi verso Sud per spegnersi, poi, nella pianura vera e propria dove la pendenza media non supera lo 0.3%.

Il reticolo idrografico naturale è molto ben sviluppato in direzione Nord-Sud, mentre una fitta rete di canali artificiali si sviluppa in direzione trasversale, mettendo in comunicazione da Ovest verso Est i principali corsi d'acqua.

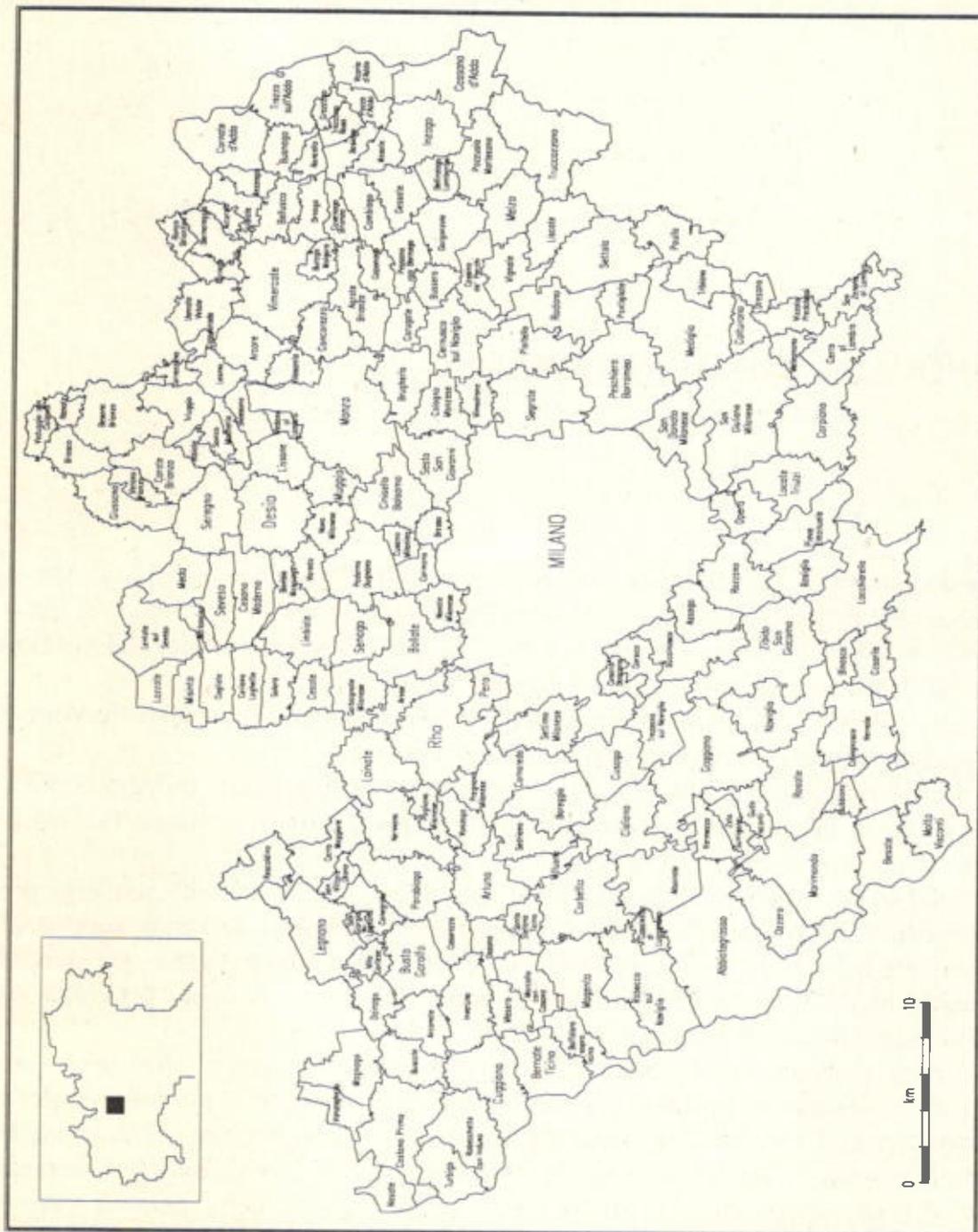


Fig. 1: Ubicazione area di studio

Tra il limite occidentale dell'area di studio, che è stato fatto coincidere con il corso del fiume Ticino e quello orientale, corrispondente al fiume Adda, si sviluppano il fiume Olona, il torrente Bozzente, il torrente Lura, il torrente Guisa, il torrente Seveso, il fiume Lambro e il torrente Molgora.

Il settore meridionale dell'area di studio è in particolare caratterizzato dalla presenza della zona dei fontanili, che si stende lungo una fascia allungata in direzione Ovest-Est in cui le acque sotterranee vengono a giorno per una riduzione dei valori di permeabilità degli orizzonti profondi che provoca la venuta a giorno dell'acqua di falda, drenata poi lungo rogge artificiali verso le zone di utilizzo. Attualmente l'abbassamento del livello della falda

ha fatto migrare verso Sud questa fascia; dei 135 fontanili esistenti intorno agli anni '50, ben 118 risultavano già estinti nel 1975 (Provincia di Milano, 1975).

Un'altra particolarità dell'area di studio è data dall'elevata urbanizzazione dei settori settentrionale e centrale e dalla destinazione agricola delle zone più a Sud.

Si tratta di un fattore fortemente influente sul bilancio idrologico dell'area (canalizzazioni, cementazioni dei corsi d'acqua, regimazione delle portate, riduzione delle zone di infiltrazione, controllo e convogliamento delle precipitazioni), sull'andamento dei prelievi dell'acqua di falda per gli usi civili ed industriali e, soprattutto, sullo stato di salute della risorsa acqua.

Attraverso l'analisi dei fattori prettamente naturali (clima, morfologia, geologia) e di quelli più tipicamente legati alla presenza dell'uomo (prelievi, presenza di sostanze inquinanti) si tenterà di ricavare un quadro quanto più completo delle caratteristiche, dello stato di salute e dei controlli che sono necessari per garantire un buon equilibrio tra risorsa e utilizzatore.

2. CENNI DI CLIMATOLOGIA

Per l'analisi degli elementi climatologici della Provincia di Milano, data la vastità del territorio, è necessaria una notevole quantità di dati in modo che elaborazione e interpretazione abbiano una corrispondenza con la situazione reale.

Tale analisi si rende necessaria per comprendere le modalità e l'entità delle acque che possono costituire una fonte di alimentazione delle falde.

Le informazioni disponibili presso gli Enti non sono di facile accessibilità ed inoltre non per tutti i parametri climatici sono attualmente disponibili misure continue nel tempo. Le stazioni non sono omogeneamente distribuite sul territorio e questo porta a sottolineare l'esigenza di una rete di monitoraggio affidabile in un'area come quella milanese che è interessata da un notevole sfruttamento della risorsa idrica sotterranea e dove l'elemento ricarica, in talune aree, risulta determinante ai fine della corretta definizione sia del bilancio idrico in generale che del prelievo sostenibile in particolare.

2.1 TERMOMETRIA

Fattore importante nell'analisi climatologica di un'area sono le temperature, anche se in questo caso l'indagine effettuata conserva i limiti, già presenti in lavori precedenti sull'argomento, della distribuzione disomogenea delle stazioni di

misurazione (molto carenti nella zona Sud-Ovest della provincia di Milano) e, soprattutto della discontinuità nel tempo delle misure di alcune stazioni, necessariamente introdotte nell'interpretazione e nell'elaborazione data la scarsità dei punti di riferimento.

Tutti i dati utilizzati provengono per la maggior parte delle stazioni dell'Istituto Idrografico del Po. I dati precedentemente elaborati su questo argomento sono riportati in Ministero dei Lavori Pubblici, 1966 e 1981 e in Ottone e Rossetti, 1980.

Le stazioni considerate nell'analisi del regime termico della zona in studio sono quelle di: Asso, Brembate, Cantù, Cernusco sul Naviglio, Codogno, Lodi, Milano Linate, Milano Malpensa, Milano Brera e Novara (Figura 2).

L'intervallo temporale considerato va dal 1966 al 1993 per la maggior parte delle stazioni, mentre in alcuni casi l'intervallo si riduce al 1983 (Brembate, Milano Linate, Milano Malpensa) e al 1986 per Novara.

Le quote sono comprese in un intervallo che va dai 400 m di Asso ai 58 m s.l.m. di Codogno; la localizzazione geografica evidenzia una densità dei punti di misura abbastanza regolare nei settori Nord-Ovest, Nord-Est e Sud-Est della provincia di Milano, mentre non sono presenti stazioni nel settore Sud-Ovest.

La Tabella 1 riassume le caratteristiche delle stazioni termometriche di riferimento.

STAZIONE	PROVINCIA	QUOTA (m s.l.m.)	PERIODO
Asso	Como	427	1966-1993
Brembate	Bergamo	173	1966-1983
Cantù	Como	360	1966-1991
Cernusco s.N.	Milano	134	1966-1992
Codogno	Lodi	58	1966-1993
Lodi	Lodi	80	1966-1993
Milano Linate	Milano	107	1966-1983
Milano Malpensa	Varese	211	1966-1983
Milano Brera	Milano	121	1966-1993
Novara	Novara	178	1966-1986

Tabella 1: Caratteristiche delle stazioni termometriche considerate

Per ogni stazione termometrica sono stati considerati i valori di temperatura media, minima, massima mensile per i diversi anni e sono stati successivamente costruiti i relativi istogrammi.

Inserendosi all'interno dell'andamento regionale delle isoterme, si osserva come i valori misurati dalle stazioni termometriche si distribuiscano lungo fasce

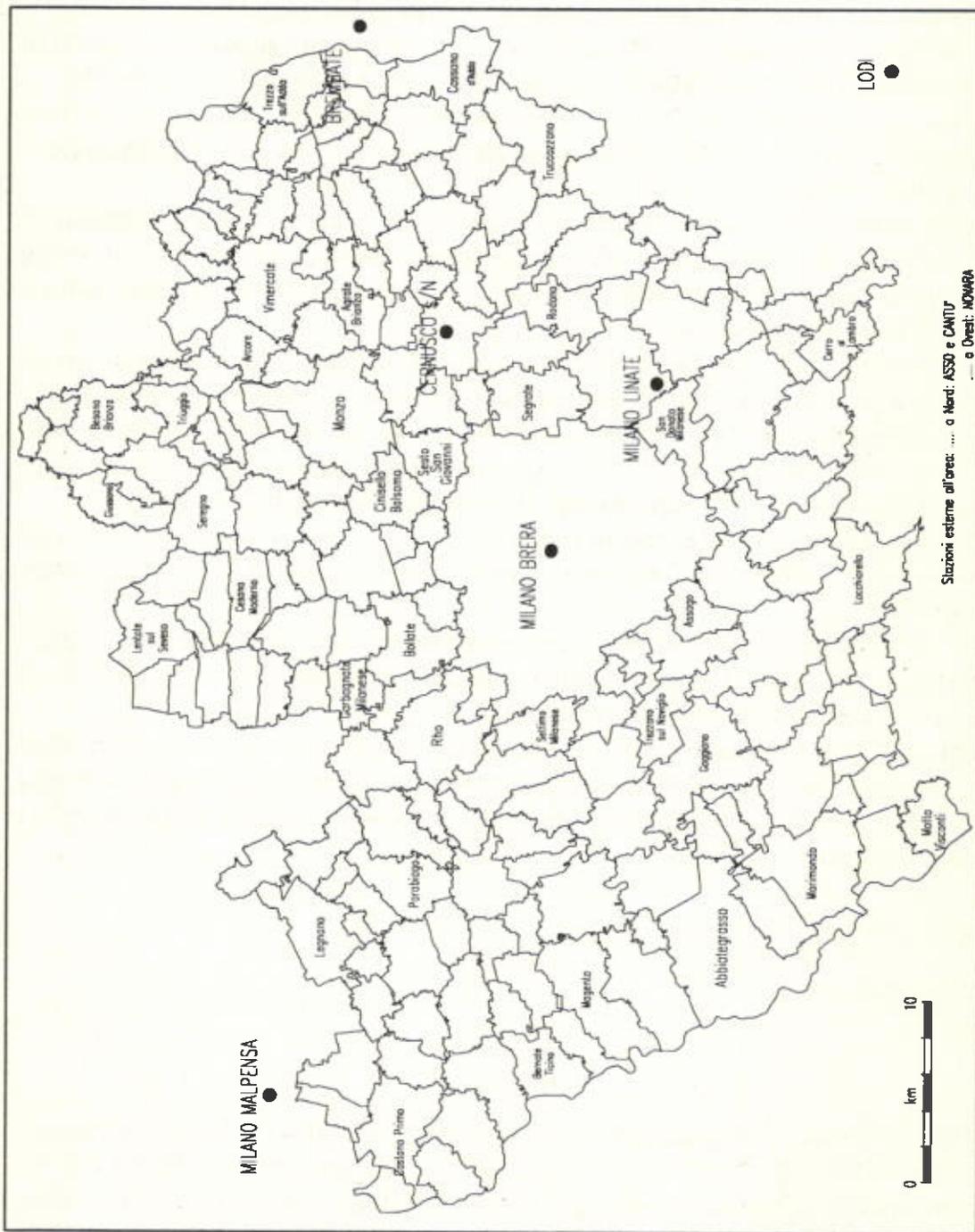


Fig. 2: Ubicazione delle stazioni termometriche utilizzate

ad andamento SO-NE dal Ticino fino al fiume Adda (Figura 3).

Come per l'orografia anche i valori delle temperature decrescono regolarmente da Nord verso Sud, fino all'estremità settentrionale dell'abitato di Milano, dove è presente un'isola di calore, cioè una zona sub-circolare racchiusa all'interno di una isoterma in cui i valori risultano più elevati alla zona circostante.

All'estremità meridionale del territorio della provincia sono presenti due zone di minore temperatura, una a Sud di Abbiategrasso e l'altra nei dintorni di Paullo.

In linea generale le temperature definiscono condizioni climatiche di tipo continentale, con inverni freddi ed estati molto calde; l'autunno e la primavera sono sempre estremamente variabili.

A livello generale si registra in tutte le stazioni dal 1966 a oggi, un aumento di circa 1.5°C delle temperature medie dei mesi invernali legato a variazioni climatiche e probabilmente anche all'estendersi degli agglomerati urbani e quindi dei loro effetti di mitigazione del clima.

Le temperature medie più basse nell'arco dell'anno si hanno nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre, con minimi assoluti nella stazione di Milano Malpensa con -3.4°C a gennaio-dicembre e -2.3°C a febbraio, di media nell'intervallo 1966-1983; altri valori minimi sono stati registrati a Lodi con -1.2°C a gennaio e a Milano Linate con -1.6°C sempre nel mese di gennaio (Figura 4a-d).

Per quanto riguarda le temperature massime estive si osserva una tendenza alla diminuzione dei valori che, nel corso degli anni dal 1966 al 1993, raggiunge quasi i 2°C.

I valori si aggirano intorno ai 30°C con massimi assoluti di 30.9°C a Cernusco sul Naviglio nel mese di luglio, seguito dai 28.1°C di Brembate e i 28.5°C di Lodi e Codogno, sempre nello stesso mese.

Per concludere si può affermare che nell'ultimo trentennio non solo sono stati superati alcuni valori secolari di temperatura ma, a parità di temperatura media annua, si è potuto individuare l'aumento dei valori minimi invernali e la diminuzione dei massimi estivi.

2.2 PLUVIOMETRIA

Gli studi precedenti sull'argomento sono riportati in Belloni S., 1975, Belloni S., Cojazzi F., 1985, Ministero dei Lavori, 1959 e in particolare in Beretta G.P., 1983 per quanto riguarda nel dettaglio l'area di studio. I dati sono stati ricavati dagli Annali dell'Istituto Idrografico del Po, aggiornati al 1993 ed in alcuni casi dagli Annuari di Statistica Meteorologica dell'Istituto Centrale di Statistica.

Le stazioni considerate sono: Asso, Bereguardo, Brembate, Busto Arsizio, Cantù, Carate Brianza, Cerano, Cernusco sul Naviglio, Codogno, Cremella, Lodi,

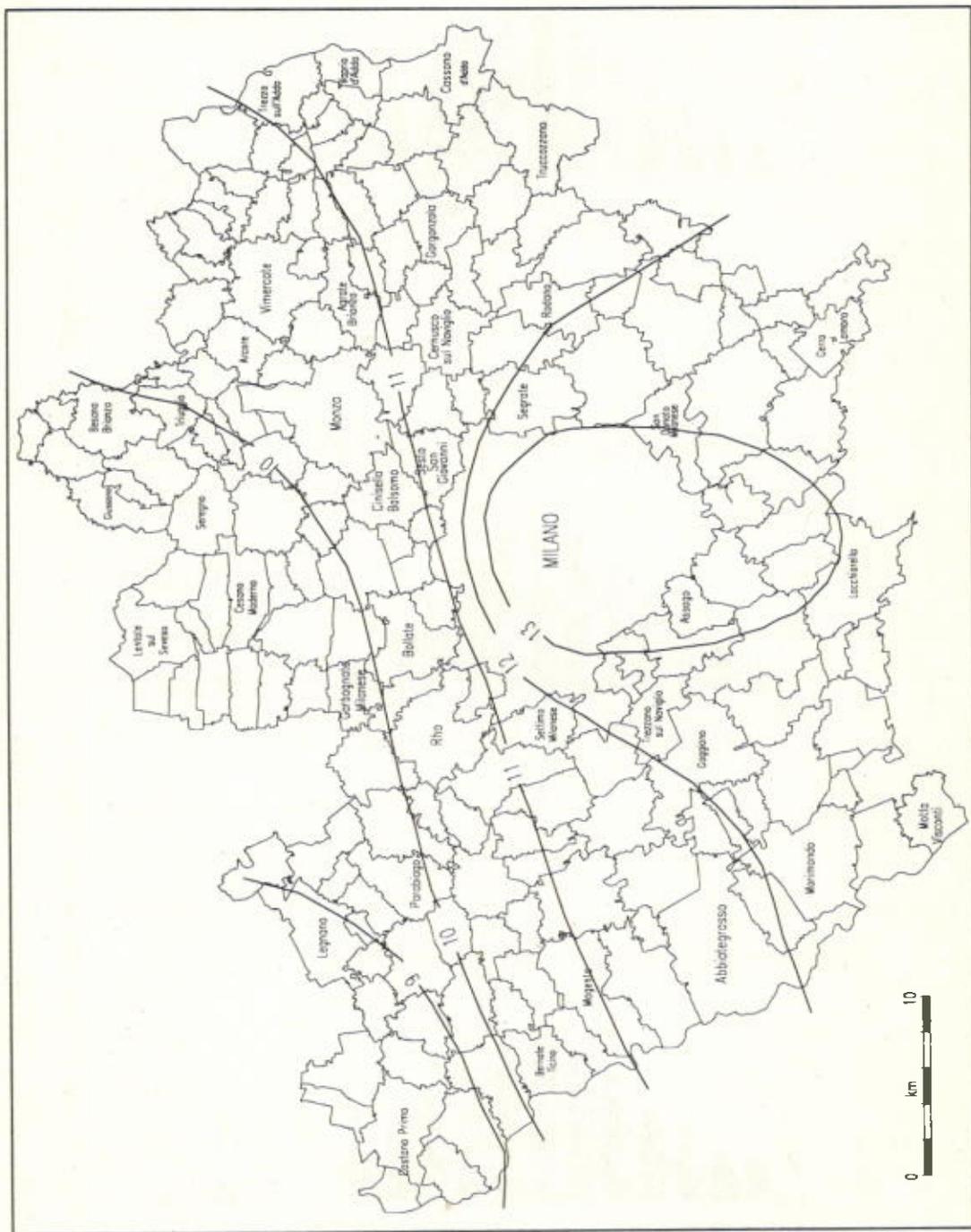
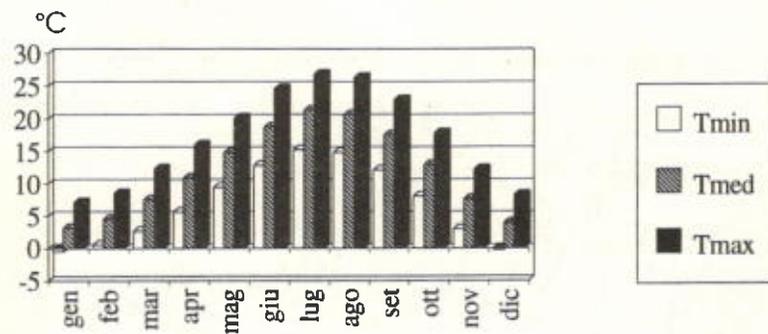
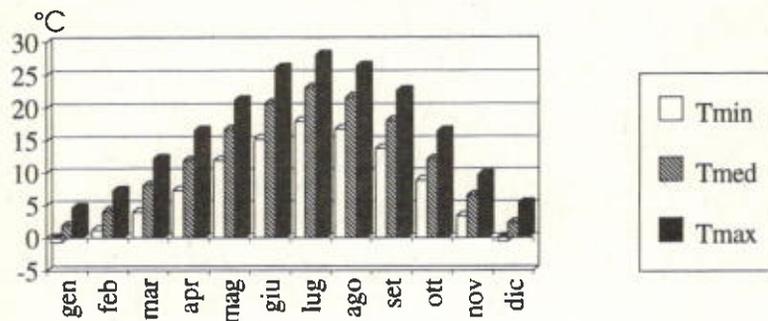


Fig. 3: Carta delle isoterme (°C) (da Cappuccini et Al., 1987 - modificato)

Regime termico medio - Asso (1966/1983)



Regime termico medio - Brembate (1966/1983)



Regime termico medio - Cantù (1966/1991)

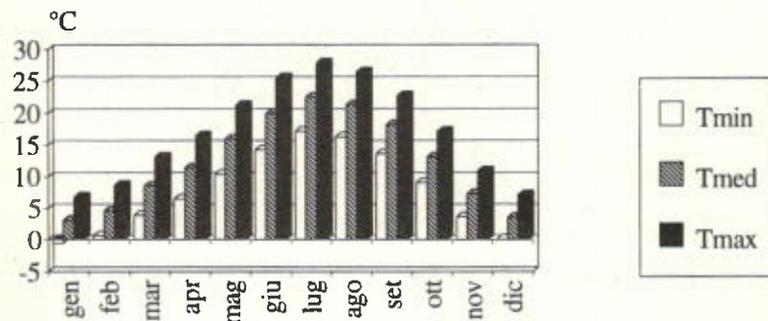
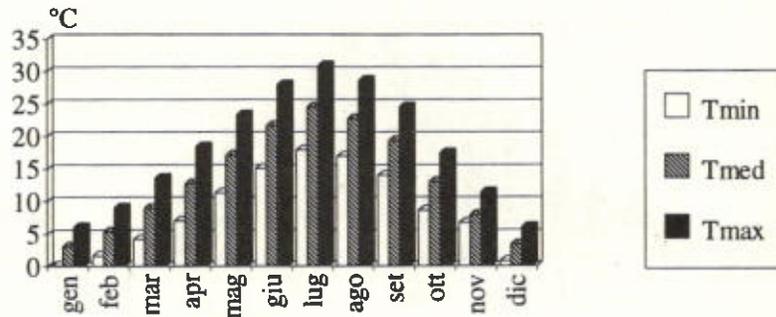
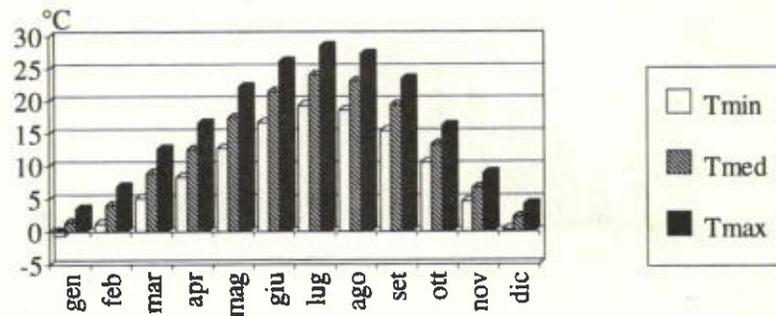


Fig. 4a: Regime termico medio (°C) delle stazioni utilizzate

Regime termico medio - Cernusco s. N. (1966/1992)



Regime termico medio - Codogno (1966/1993)



Regime termico medio - Linate (1966/1983)

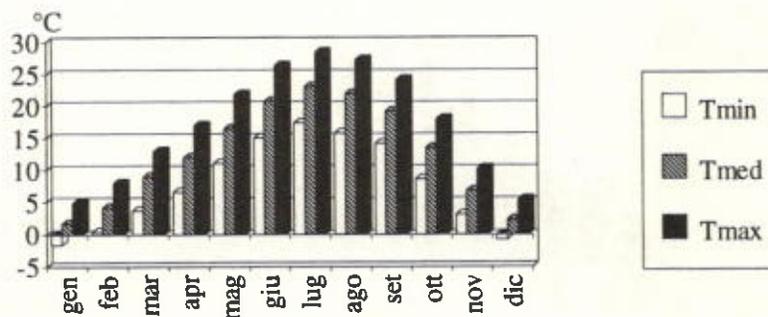
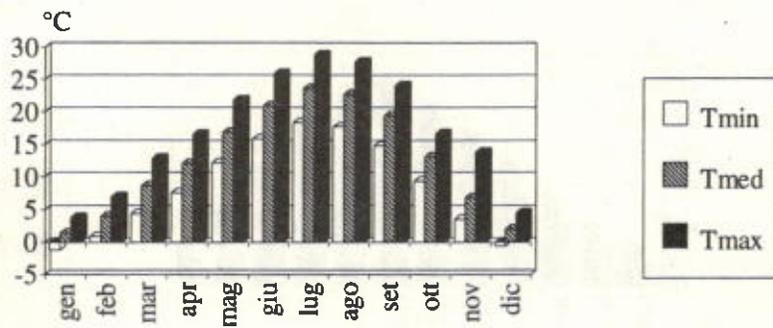
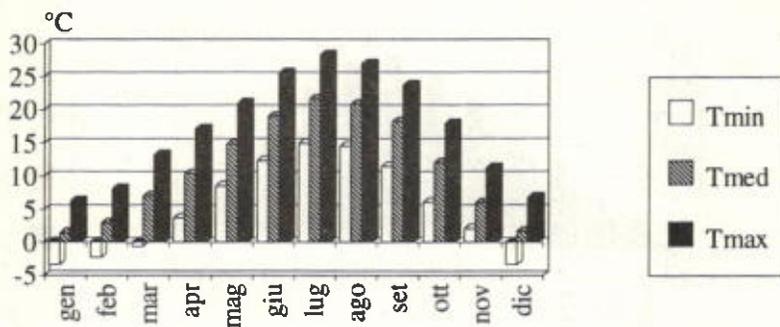


Fig. 4b: Regime termico medio (°C) delle stazioni utilizzate

Regime termico medio - Lodi (1966/1993)



Regime termico medio - Malpensa (1966/1983)



Regime termico medio - Milano (1966/1993)

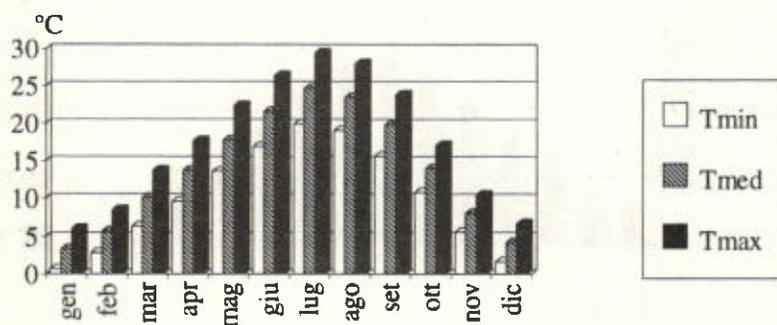


Fig. 4c: Regime termico medio (°C) delle stazioni utilizzate

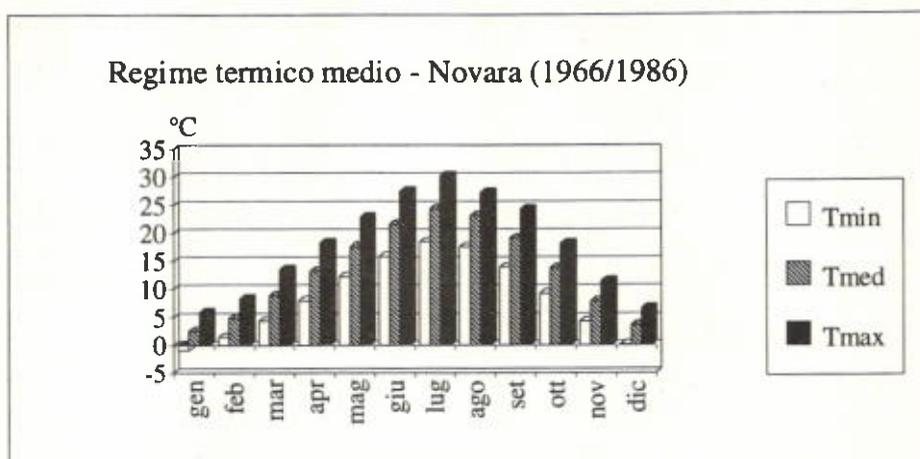


Fig. 4d: Regime termico medio (°C) delle stazioni utilizzate

Marcallo con Casone, Milano Brera, Paullo, Venegono, Vigevano e Vizzolo Predabissi (Figura 5).

La distribuzione spaziale, pur non essendo molto fitta all'interno della provincia di Milano, risulta piuttosto uniforme, mentre la continuità nel tempo delle rilevazioni è garantita solo per alcune delle stazioni considerate. Il periodo considerato va dal 1967 al 1993 anche se solo 11 stazioni hanno disponibilità di registrazioni continue nel tempo.

Sono stati considerati per ciascuna stazione di misura i valori di precipitazioni medie mensili ed annue. In Figura 6 (a-e) sono riportati i grafici della piovosità annua per le stazioni di misura.

Sono soprattutto il 1972, il 1975, il 1977, il 1979, il 1984, il 1987, il 1988, il 1992 e il 1993 a far registrare apporti meteorici rilevanti in tutte le stazioni. Anni di magra sono stati invece il 1967, il 1969, il 1973, il 1974, il 1983, il 1986, il 1989 ed il 1990.

Considerando la distribuzione geografica dei valori di precipitazione delle singole stazioni si può sempre osservare una crescita dell'apporto meteorico muovendosi da Sud verso Nord (Figura 7).

In un anno di precipitazioni scarse come ad esempio il 1981, si va dagli 800 mm dell'estremità meridionale della provincia, ai 1300 mm della parte settentrionale; in un anno di abbondanti piogge invece si passa dai 1000 mm a Sud ai 2200 mm verso Nord.

Questo andamento presenta locali eccezioni nella zona dell'allineamento Legnano -Lazzate (in parte al di fuori della provincia di Milano), nella Brianza e nella zona di San Donato Milanese-Mediglia a Sud-Est di Milano.

Nei primi due casi le anomalie sono legate all'altimetria del territorio o alla presenza di masse lacustri che modificano l'andamento regionale delle isoiete in tutta la zona settentrionale della provincia.

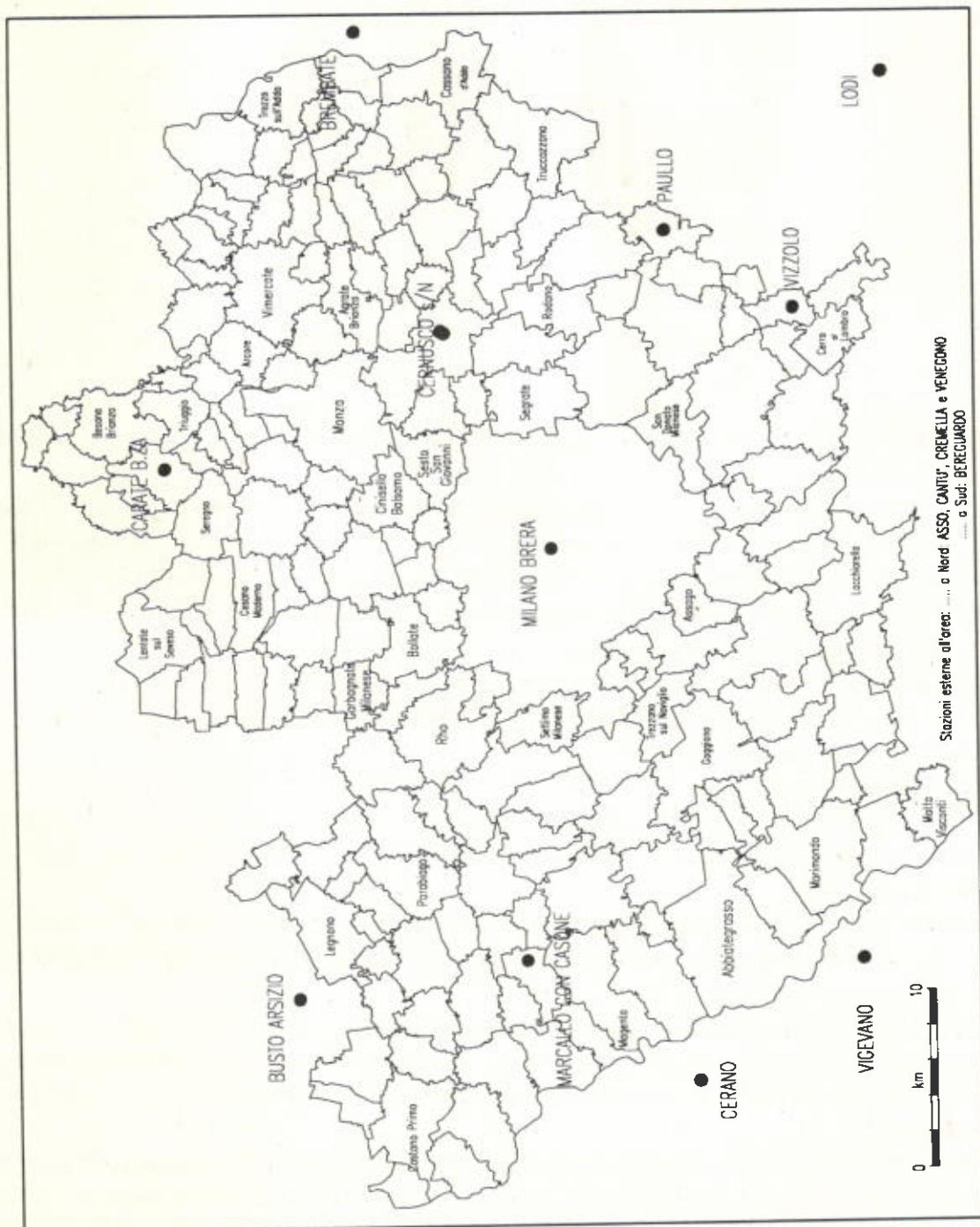
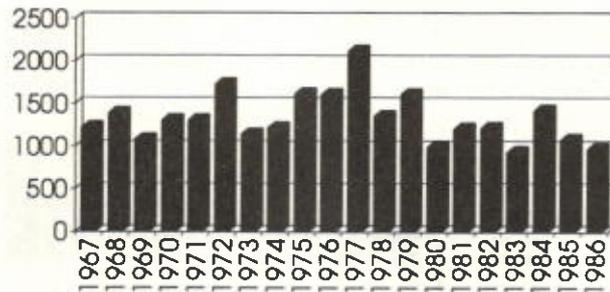
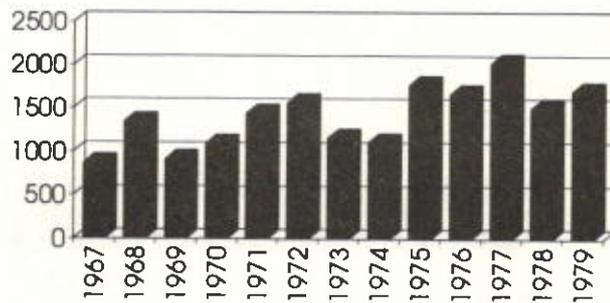


Fig. 5: Ubicazione delle stazioni pluviometriche utilizzate

Precipitazioni totali annue (mm) - Venegono
(1967/1986)



Precipitazioni totali annue (mm) - Vizzolo
(1967/1979)



Precipitazioni totali annue (mm) - Vigevano
(1967/1993)

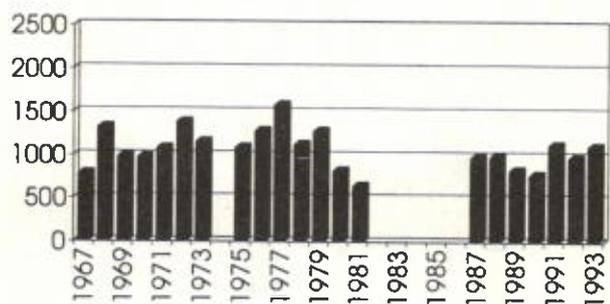


Fig. 6a: Piovosità annua (mm) nelle stazioni utilizzate

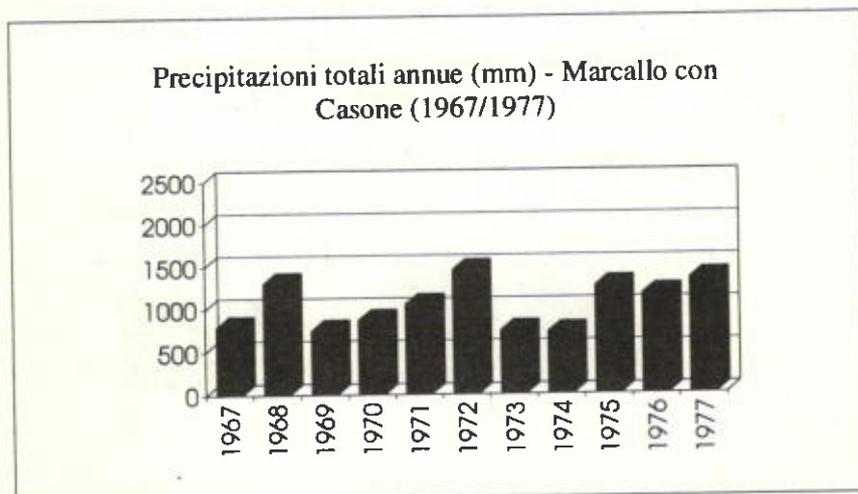
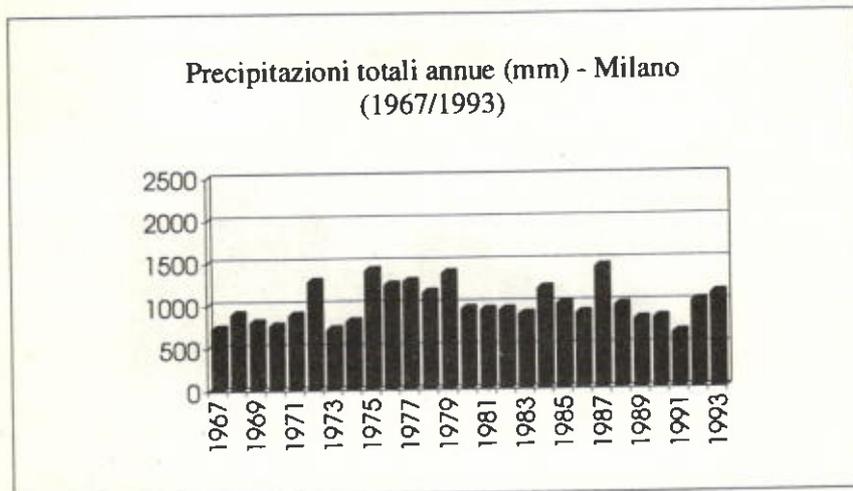
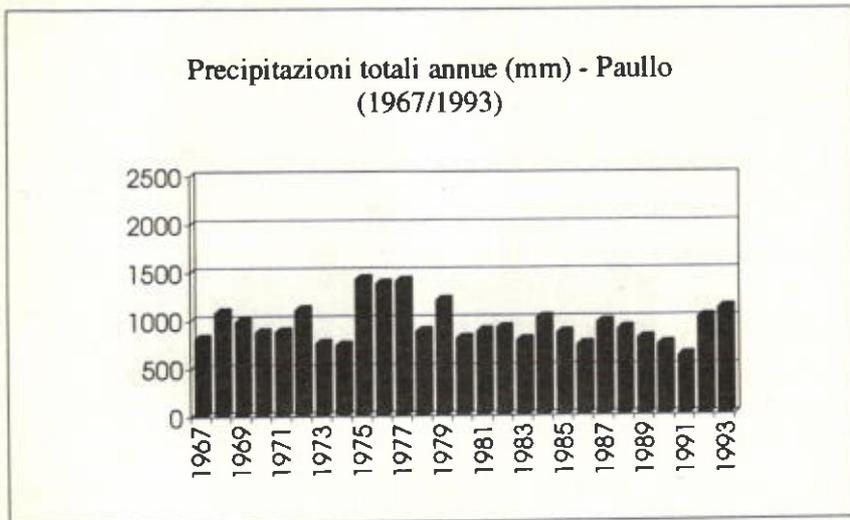
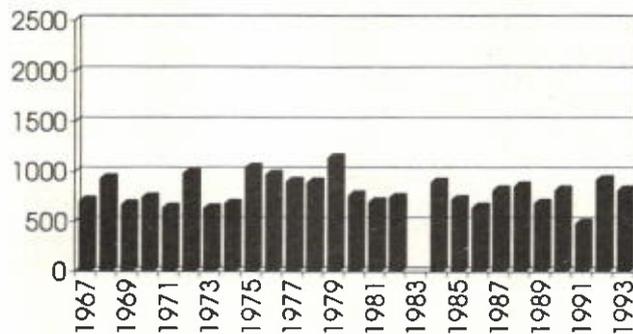
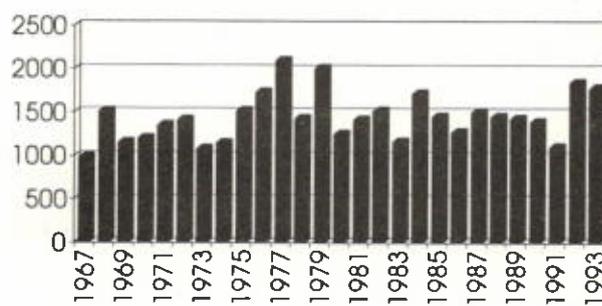


Fig. 6b: Piovosità annua (mm) nelle stazioni utilizzate

Precipitazioni totali annue (mm) - Lodi (1967/1993)



Precipitazioni totali annue (mm) - Cremella (1967/1993)



Precipitazioni totali annue (mm) - Cernusco s. N. (1967/1993)

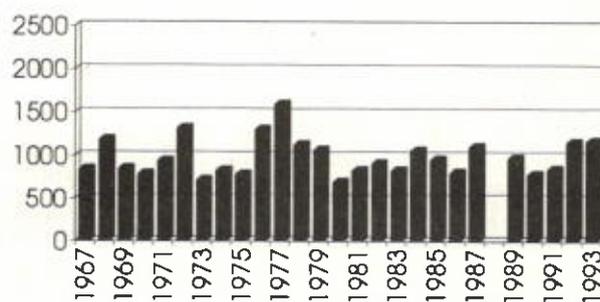


Fig. 6c: Piovosità annua (mm) nelle stazioni utilizzate

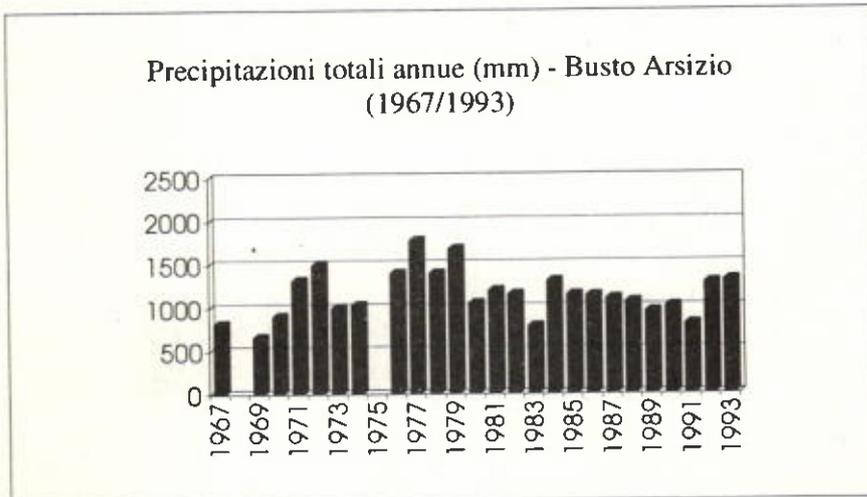
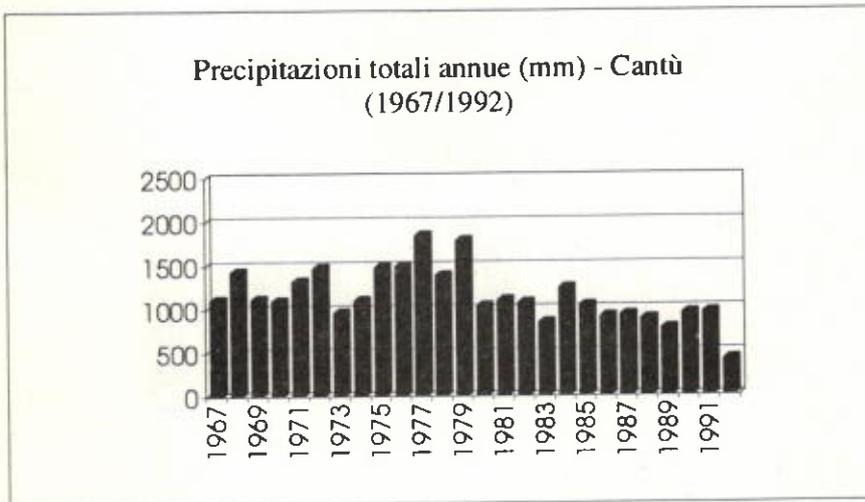
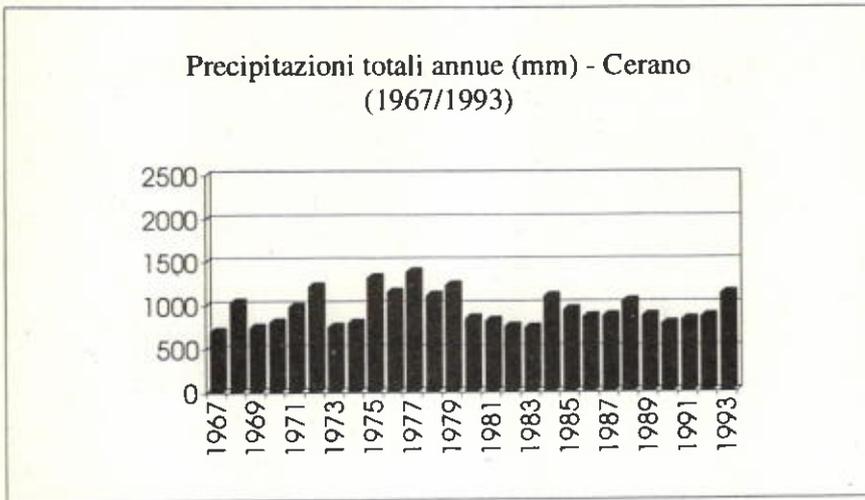
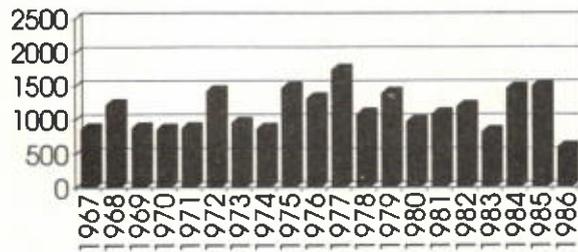
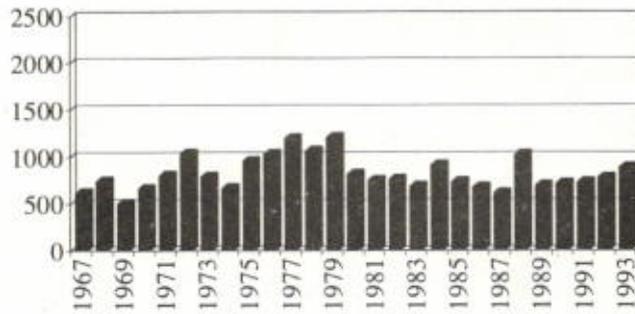


Fig. 6d: Piovosità annua (mm) nelle stazioni utilizzate

Precipitazioni totali annue (mm) - Brembate
(1967/1986)



Precipitazioni totali annue (mm) - Bereguardo
(1967/1993)



Precipitazioni totali annue (mm) - Asso (1967/1984)

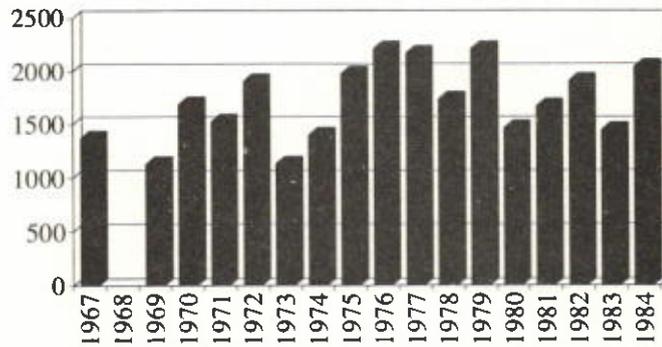


Fig. 6e: Piovosità annua (mm) nelle stazioni utilizzate

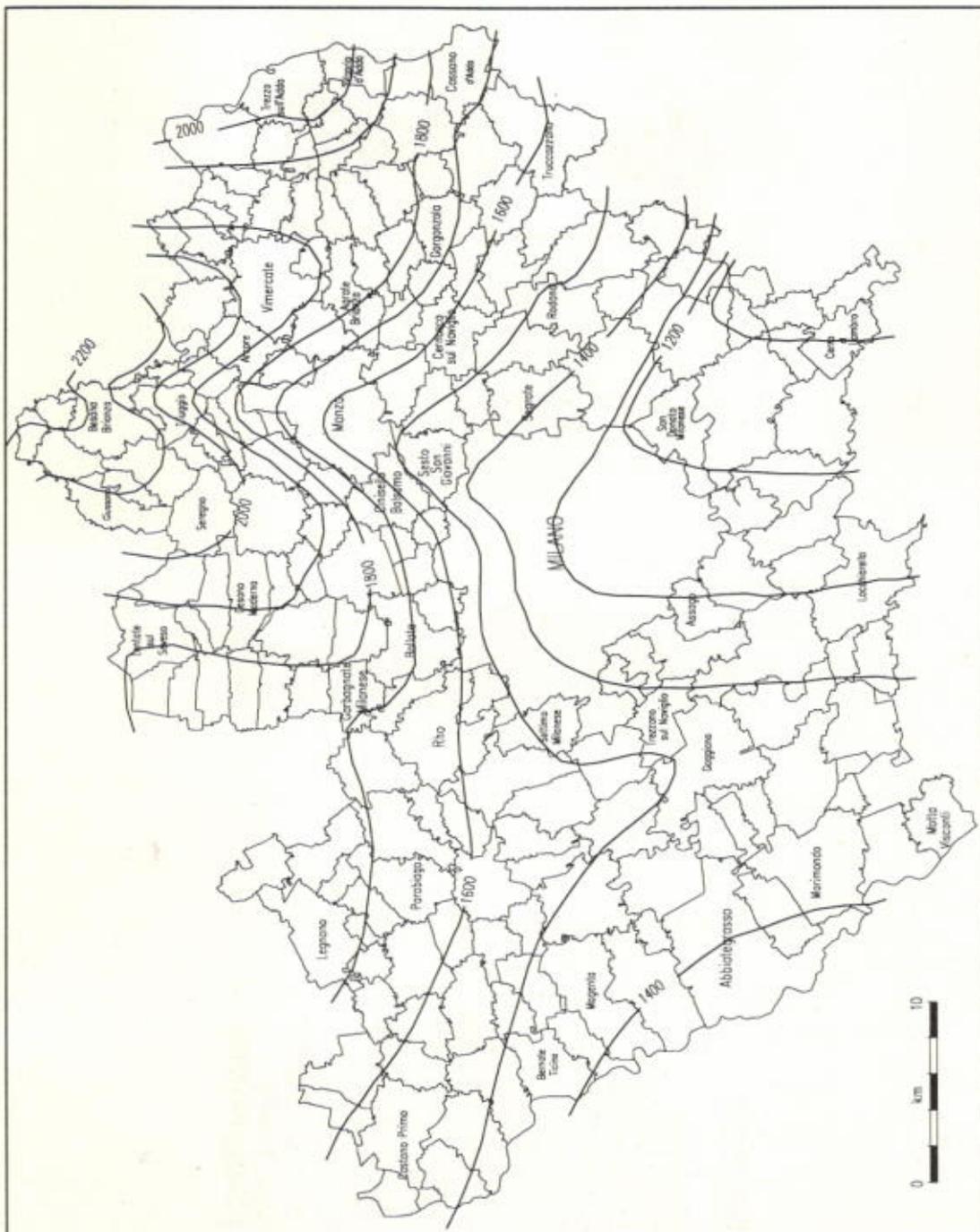


Fig. 7: Andamento delle isoiete (mm) in un anno di forti precipitazioni (1977)

In ogni caso si tratta di anomalie che si vanno attenuando man mano che si amplia l'intervallo temporale considerato.

I mesi più piovosi risultano essere soprattutto marzo, maggio, giugno, agosto, settembre e ottobre, mentre nei mesi di gennaio, febbraio, luglio e dicembre si sono registrati i minimi apporti meteorici, con precipitazioni anche nulle.

Si osserva a scala provinciale una suddivisione dei valori di precipitazioni medie mensili in tre grandi aree orientate in direzione Ovest-Est.

La prima zona è quella che comprende l'estremità Nord-Est in cui la provincia di Milano si incunea tra quelle di Como e Bergamo.

Si tratta di un'area in cui l'andamento delle isoiete è piuttosto irregolare e risente della presenza delle Prealpi appena più a Nord, dell'influsso del bacino lacustre del Lago di Como a monte e di altri fattori a carattere regionale. Valori di precipitazioni in questa zona sono registrati dalle stazioni di Cremella, Asso, Cantù, Venegono, Carate Brianza e Busto Arsizio che si trovano a quote relativamente elevate rispetto al resto della provincia.

I valori di precipitazioni totali variano tra i 1000-1200 mm/anno nei periodi di magra e i 1700-2200 mm/anno nelle annate con abbondanti precipitazioni.

L'andamento delle isoiete è molto irregolare, con depressioni locali nella zona di Misinto-Lazzate, di Monza-Lesmo-Correzzana e più in generale della zona della Brianza con valori legati alla situazione orografica. Si notano minimi pluviometrici anche nella zona di Cavenago-Cambiago.

Spostandosi verso Sud, la morfologia del territorio della provincia di Milano definisce una fascia pianeggiante, molto allungata in direzione Est-Ovest, dall'estremità occidentale del Fiume Ticino fino al Fiume Adda e che si prolunga verso Sud approssimativamente fino all'altezza della metà dell'abitato della città di Milano.

Le isoiete si sviluppano in senso Est-Ovest con andamento regolare, le une parallele alle altre.

Le stazioni che misurano le precipitazioni di questa zona sono quelle di Marcallo con Casone, Milano Brera e Cernusco sul Naviglio.

I valori delle precipitazioni variano dai 1400 ai 1700 mm/anno per gli anni particolarmente piovosi, ai 900-1000 mm/anno per le annate meno piovose. L'unica zona in cui l'andamento locale delle isoiete si discosta da quello regionale, orientato Est-Ovest, è un'ampia depressione che si riscontra nell'abitato di Milano.

La zona più a sud comprende le stazioni di misura di Paullo, Vizzolo Predabissi, Vigevano, Lodi, Bereguardo e Codogno.

Si tratta della zona con le minori quantità di apporti meteorici dell'intera provincia, con valori che negli anni di massima non superano i 1300 mm/anno e negli anni di magra si aggirano tra 800-900 mm/anno.

L'andamento delle isoiete è assai complesso ed è in particolare caratterizzato da due ampie depressioni alle estremità Ovest ed Est, cioè nelle zone di Abbiategrasso e Paullo.

2.3 EVAPOTRASPIRAZIONE

In generale, in assenza di dati sperimentali, questo parametro viene stimato utilizzando formulazioni che includono i principali fattori termo-pluviometrici. Non sempre però i valori numerici calcolati sono significativi, anche a causa dell'elevata urbanizzazione raggiunta dall'area in esame e che influenza molto i parametri in gioco.

Il bilancio idrico per le stazioni pluviometriche di Cantù, Milano Brera e Lodi, nel periodo compreso tra il 1967 ed il 1993, è stato quantificato mediante il metodo di Thornthwaite-Mather (1957) sulla base dei valori medi mensili delle temperature e delle precipitazioni. In questo modo è stato possibile valutare le perdite per evapotraspirazione reale e i quantitativi di pioggia eccedenti per le tre stazioni in esame. La Tabella 2 (a, b, c) elenca gli elementi calcolati del bilancio, mentre la rappresentazione grafica è riportata in Figura 8.

Da Nord verso Sud, oltre che ad una diminuzione dei quantitativi medi annui di precipitazione, (1177 mm a Cantù, 979 mm a Milano e 805 mm a Lodi), si riscontra una diminuzione anche dell'evapotraspirazione reale annua (ER) (709 mm a Cantù, 669 a Milano e 543 mm a Lodi) e mensile (vedi valori nelle tabelle allegate). Poiché l'evapotraspirazione diminuisce in modo più veloce rispetto alle precipitazioni, si osserva che la differenza tra i due parametri (P-ER) risulta inferiore di quasi 100 mm spostandosi verso Sud (dai 366 mm di Cantù ai 262 mm di Lodi).

Sempre da Nord verso Sud tende ad aumentare il numero di mesi in cui l'acqua evapotraspirata è maggiore di quella meteorica (e quindi mesi di deficit); infatti a Cantù questa situazione si ha in media solo nei mesi di Giugno e Luglio, a Milano anche nei mesi di Agosto e Settembre ed infine a Lodi anche nel mese di Maggio.

CANTU'	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
P (mm)	78,2	74,3	99,1	100,8	141,9	109,5	77,2	127,0	97,7	116,0	94,5	60,8	1177,0
ER (mm)	6,1	10,5	30,3	49,7	88,3	119,7	127,2	123,3	84,6	49,7	19,2	7,0	709,2
EP (mm)	6,1	10,5	30,3	49,7	88,3	120,0	143,5	123,3	84,6	49,7	19,2	7,0	732,4
P-EP (mm)	72,1	63,8	68,8	51,1	53,6	-10,5	-66,3	3,7	13,1	66,3	75,3	53,8	444,6
T (°C)	3,1	4,6	8,5	11,4	15,9	19,9	22,5	21,3	18,1	13,1	7,3	3,6	12,4

Tabella 2a: Elaborazione delle precipitazioni (Thornthwaite-Mather, 1957) - stazione di Cantù

LODI	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
P (mm)	55,6	51,3	61,7	72,1	86,4	62,4	45,0	78,7	63,3	107,2	70,8	51,0	805,0
ER (mm)	1,7	7,9	29,4	51,4	92,4	112,1	92,8	92,7	68,9	47,7	16,5	2,9	585,7
EP (mm)	1,7	7,9	29,4	51,4	92,5	125,8	151,0	132,2	91,6	47,7	16,5	2,9	750,0
P-EP (mm)	53,9	43,4	32,3	20,7	-6,1	-63,4	-106,0	-53,5	-28,3	-59,5	-54,3	-48,1	55,0
T (°C)	1,3	3,9	8,6	12,0	16,8	20,9	23,6	22,7	19,4	13,0	6,8	2,0	12,6

Tabella 2b: Elaborazione delle precipitazioni (Thornthwaite-Mather, 1957) - stazione di Lodi

MILANO	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
P (mm)	67,6	64,9	75,2	81,6	108,5	81,8	74,2	105,4	81,8	106,5	74,5	57,1	979,1
ER (mm)	5,4	11,3	33,1	57,5	95,9	122,1	121,7	117,1	84,9	49,4	18,5	6,7	703,5
EP (mm)	5,4	11,3	33,1	57,5	95,9	128,7	159,3	136,7	91,2	49,4	18,5	6,7	793,8
P-EP (mm)	62,2	53,6	42,1	24,1	12,6	-46,9	-85,1	-31,3	-9,4	57,1	56,0	50,4	185,3
T (°C)	3,5	5,7	10,1	13,7	17,8	21,6	24,7	23,5	19,8	14,0	8,1	4,2	13,9

Tabella 2c: Elaborazione delle precipitazioni (Thornthwaite-Mather, 1957) - stazione di Milano

Legenda:

P = precipitazioni totali (mm)

ER = evapotraspirazione reale (mm)

EP = evapotraspirazione potenziale (mm)

P-EP = piogge eccedenti (mm)

T = temperatura (°C)

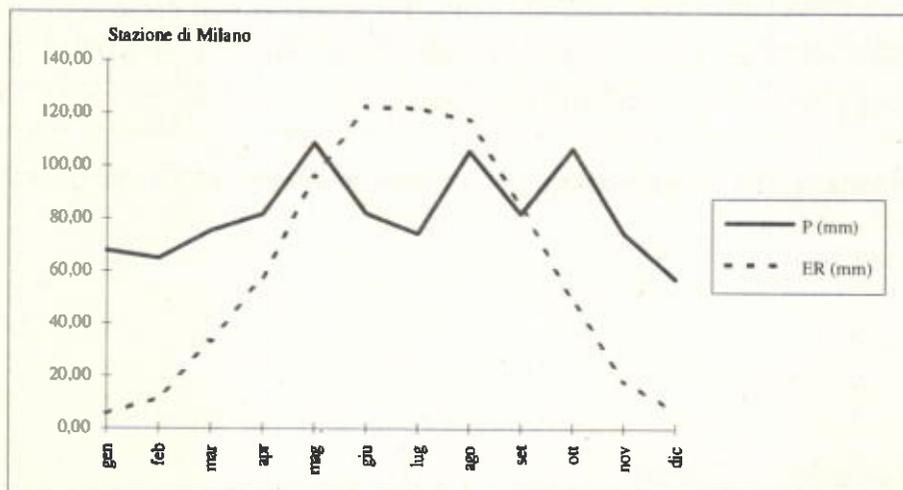
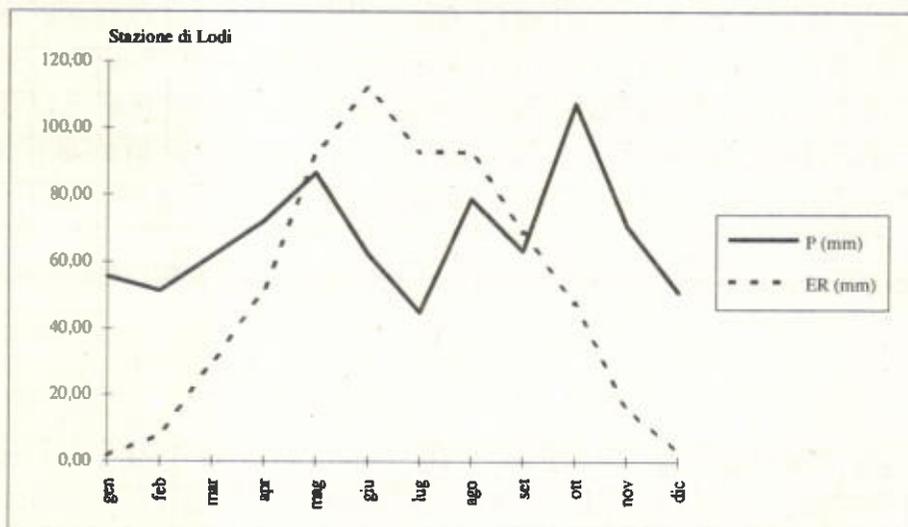
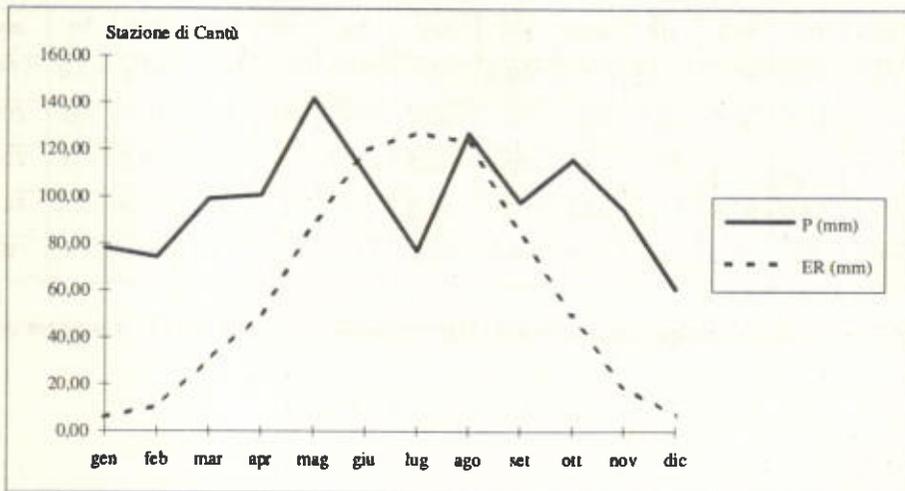


Fig. 8: Grafico dell'evapotraspirazione reale ER (mm) nelle stazioni utilizzate

3. ELEMENTI DI IDROLOGIA

L'area che comprende la provincia di Milano è caratterizzata da un reticolo idrografico naturale e da una fitta rete di canalizzazioni artificiali. Il reticolo idrografico naturale ha i suoi elementi principali nei fiumi Ticino, Adda, Lambro, Olona e nei torrenti Seveso e Molgora; una fitta rete di corsi d'acqua secondari è presente su tutto il territorio. Inoltre l'elevato sviluppo agricolo ed industriale di questa parte del territorio lombardo ha favorito la creazione di un fitto reticolato artificiale.

Questa rete di canalizzazioni distribuisce ingenti quantitativi d'acqua su tutta l'area in esame ed in particolare nelle zone caratterizzate da un reticolo naturale insufficiente o, addirittura, non presente.

La Figura 9 evidenzia la presenza nel reticolo idrografico di un tipico allineamento dei corsi d'acqua naturali in senso Nord-Sud; questi convergono poi, nella bassa pianura verso il corso d'acqua principale, che si orienta da Ovest verso Est.

L'andamento Nord-Sud si accorda con la morfologia della media pianura lombarda, con superficie debolmente inclinata verso Sud dello 0.3%.

I limiti occidentale e orientale del territorio amministrativo della Provincia di Milano sono segnati rispettivamente dai fiumi Ticino e Adda; tra questi due corsi d'acqua scorrono pressoché paralleli, in ordine da Ovest verso Est, il fiume Olona, il torrente Bozzente, il torrente Lura, il torrente Seveso, il fiume Lambro e il torrente Molgora, nella parte settentrionale a Nord di Milano, mentre nel settore meridionale spesso confluiscono naturalmente o vengono artificialmente convogliati, tanto che il loro numero si riduce nettamente.

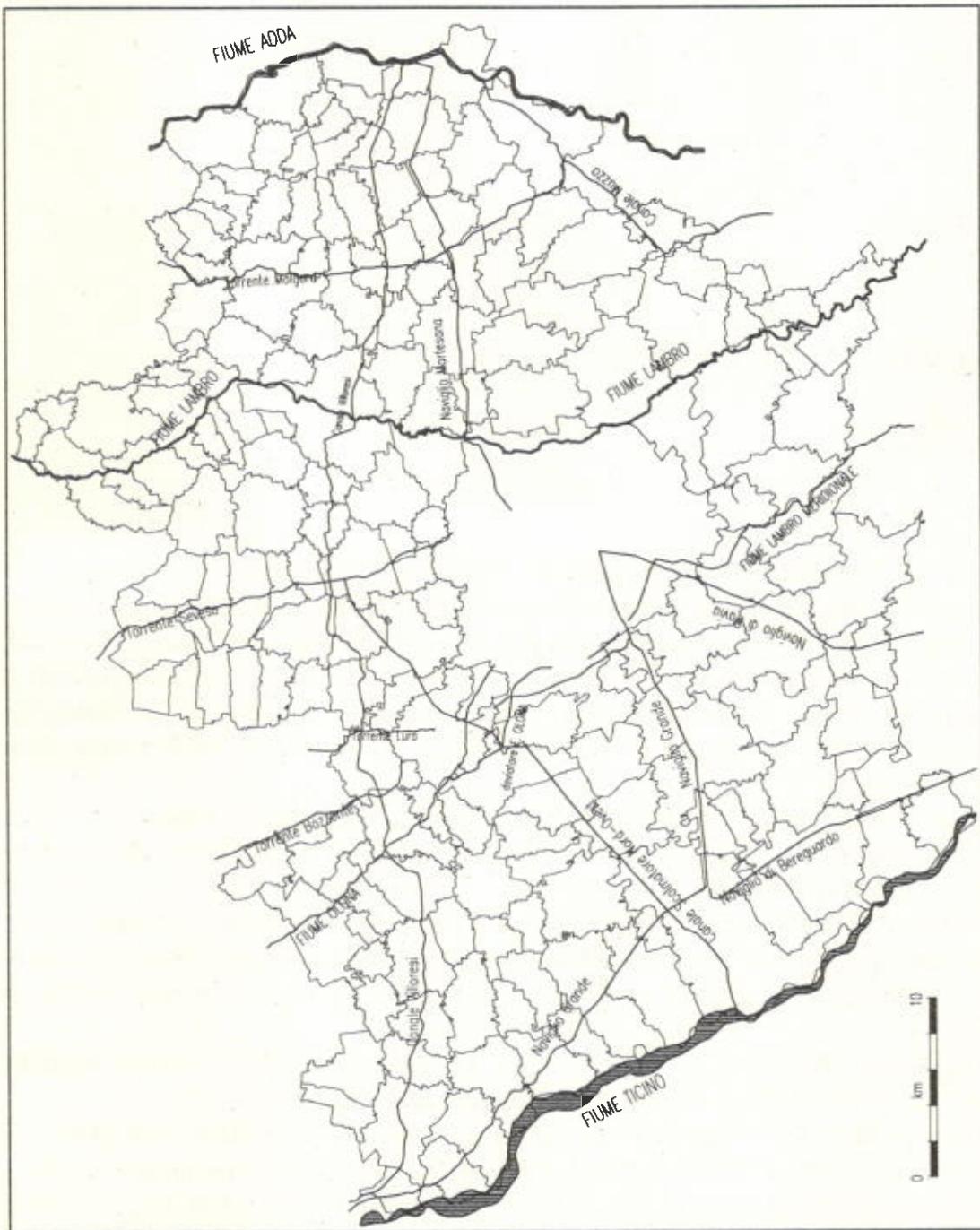


Fig. 9: Reticolo idrografico

In senso Ovest-Est si allunga invece il fitto reticolato idrografico artificiale, nato per mettere in comunicazione le acque dei corsi d'acqua naturali, mitigare le piene, creare vie di comunicazioni navigabili ed irrigare i terreni.

In funzione dell'utilizzo e dei valori di portata vengono classificati come rogge, canali irrigui e canali colatori.

Lo studio dell'idrologia della Provincia di Milano si è basato sull'analisi dei dati forniti dall'Istituto Idrografico del Po per i due corsi d'acqua principali, Adda e Ticino, per un arco di tempo che va dal 1966 al 1985.

Per entrambe i fiumi si parla di "regime regolato", in quanto nella zona dei due laghi da cui questi corsi d'acqua si originano prevale un forte controllo antropico dei valori delle portate (Ministero dei Lavori Pubblici, 1981, Regione Lombardia, 1985).

Per quanto riguarda i corsi d'acqua minori e i canali artificiali, sono disponibili soltanto dati puntiformi, riferiti soprattutto a valori di portata media o dati storici di piene abbondanti o magre insolite.

Data l'estesa rete di canalizzazione anche per i corsi d'acqua minori, non si può parlare di regime naturale, ma piuttosto di regime regolato dalla forte antropizzazione che interessa tutto il sistema idrico della provincia di Milano, regolamentando le piene, prelevando e restituendo acqua a seconda delle necessità.

3.1 CORSI D'ACQUA NATURALI

Di seguito si analizzeranno gli elementi idrologici principali dei corsi d'acqua presenti nella provincia di Milano, accompagnati da cenni di idrografia.

Un quadro riferito ai bilanci idrici medi annui per i principali bacini idrografici presenti è schematizzato in Tabella 3.

Per la misura dei parametri idrologici dei due corsi d'acqua principali, le stazioni di riferimento prese in considerazione sono quelle pubblicate sugli Annali Idrologici del Po; sono le uniche stazioni che consentono una valutazione precisa dei regimi idrologici, in quanto forniscono un certo numero di parametri importanti (la portata massima Q_{max} , la media Q_{med} e la minima Q_{min} , gli afflussi meteorici, gli afflussi al lago ed i deflussi) e soprattutto continui nel tempo (dal 1920 al 1993).

Per il fiume Adda la stazione di riferimento è quella di Lavello (provincia di Lecco), mentre per il fiume Ticino è Miorina (provincia di Novara), entrambe situate poco dopo lo sbocco dei due corsi d'acqua dai bacini lacustri rispettivamente del lago di Como e del lago Maggiore. I valori registrati risultano quindi controllati dalla regimazione degli sbocchi in funzione, oltre che dei

numerosi fattori naturali, anche dalle richieste idriche a valle.

BACINO	AFFLUSSI(mm)	DEFLUSSI(mm)	PERDITE(mm)
Adda	1315	1084	232
Lambro	1571	922	649
Ticino	1695	1395	300

Tabella 3: Bilanci idrici medi annui

Fiume Ticino

Il Ticino ha una lunghezza di 248 km, nasce nel massiccio del S. Gottardo a 2685 metri s. l. m., scorre in territorio svizzero ed entra nel Lago Maggiore a Magadino; ne esce a Sesto Calende e per un buon tratto segna il confine tra Lombardia e Piemonte; sfocia infine nel Po presso Pavia.

Il bacino imbrifero, che misura circa 7401 km², dei quali 802 appartengono al tratto sublacuale, è ben caratterizzato dal punto di vista morfologico.

Vi si distinguono infatti una zona pedemontana con altitudine compresa fra i 500 e i 300 m, che comprende la cerchia più esterna di colline; una zona compresa tra altitudini medie da 300 a 200 m, limitata a sud dall'allineamento Linduno-Bellinzago-Lonate Pozzolo; una zona di alta pianura con altitudini medie tra i 200 e i 100 m, che si estende sino all'altezza di Mortara-Motta Visconti-Binasco; infine una zona di medio-bassa pianura compresa tra i 100 e i 50 m sino al Po.

L'incisione valliva all'interno della quale scorre sempre ben incassato determina una massiccia azione drenante della falda superficiale contenuta nei terreni permeabili della pianura circostante (Cavagna di Gualdana G., 1953, Marchetti M., Raffa U., 196, Raffa U., 1965, Raffa U. e Al., 1981).

Questo fatto, insieme ad alcune restituzioni presenti, fa sì che anche a valle di forti prelievi la portata risulti piuttosto cospicua, a differenza invece di quanto si verifica per il fiume Adda, e che i deflussi siano regolari nel tempo.

Fiume Adda

Con una lunghezza di 313 km esso nasce a 2290 m s. l. m. dal Monte Ferro, sopra Bormio. Scorre lungo tutta la Valtellina fino al lago di Como in cui si immette a Nord di Colico.

Esce dal lago a Lecco, formando dapprima i laghetti di Garlate e di Olginate; scorre fra rive alte e dirupate, profondamente incassato nell'alta pianura diluviale,

dividendo la provincia di Milano da quella di Bergamo e da quella di Cremona; anche l'Adda svolge una funzione drenante rispetto alla falda come riportato a livello quantitativo anche in Cavagna di Gualdana, 1953.

Infine assume le caratteristiche di fiume di pianura, allargando il suo alveo e formando ampi meandri prima di immettersi nel Po.

In questo tratto riceve le acque dal fiume Brembo a valle di Capriate, mentre subisce il prelievo del Naviglio Martesana e, nel tratto finale, del Canale Muzza.

Il suo bacino imbrifero ha una superficie di 7979 km².

I valori delle portate del Fiume Adda risultano cospicui, anche se inferiori a quelli del Ticino; infatti la piovosità che interessa il bacino è in media inferiore rispetto all'area montana più occidentale che alimenta il Ticino; inoltre il corso pianeggiante dell'Adda è, come quello del Ticino, in più punti derivato, ma a differenza di quest'ultimo non raccoglie grosse quantità di acque di colatura; infatti gli scarichi ed i surplus del Consorzio Villoresi sono prevalentemente diretti verso Sud. Inoltre gli affluenti sono interessati da notevoli prelievi che non sono sostituiti né dall'apporto dei fontanili né dal drenaggio delle acque.

TICINO	Deflussi	Affl. a lago	Affl. meteor.	Q _{max}	Q _{med}	Q _{min}
	mm	mm	mm	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1966	1365	1390	1255	1107	286	113
1967	1217	1212	1549	929	255	117
1968	1645	1649	2190	1860	343	111
1969	1159	1121	1441	1002	243	111
1970	1002	1041	1571	719	210	99
1971	1243	1215	1540	724	260	102
1972	1335	1345	1704	1002	279	103
1973	1032	1034	1392	1260	216	98
1974	1172	non ril.	1406	598	245	108
1975	1693	non ril.	1982	1300	353	138
1976	1484	non ril.	1926	1530	309	39
1977	2439	non ril.	2681	1900	509	142
1978	1554	non ril.	1175	1160	335	103
1979	1417	non ril.	1942	1960	287	93
1980	1184	non ril.	1365	721	254	117
1981	1635	non ril.	2138	1900	388	54
1982	1459	non ril.	1761	1010	303	132
1983	1518	1497	1636	1750	318	98
1984	1492	1510	1795	900	311	98
1985	1191	1148	1339	951	249	78

Tabella 4: Elementi del bilancio idrologico del Fiume Ticino.

Questo determina nei periodi di forte prelievo una portata con valori bassissimi soprattutto nel tratto finale.

Si registra in linea generale un aumento in corrispondenza della tarda primavera ed una successiva diminuzione (valori massimi in giugno e minimi in marzo).

Per l'analisi delle portate e più in generale del regime idrologico di questi due corsi d'acqua maggiori, è stato preso in considerazione l'arco di tempo che va dal 1966 al 1985.

Grazie alla continuità delle misurazioni e alla disponibilità dei valori degli apporti meteorici, sono possibili alcune considerazioni e correlazioni sul bilancio idrologico complessivo tra apporti, deflussi e portate (Tabelle 4 e 5).

ADDA	Deflussi mm	Affl. a lago mm	Affl. meteor. mm	Q _{max} m ³ /s	Q _{med} m ³ /s	Q _{min} m ³ /s
1966	1113	1126	1462	600	161	51
1967	1148	1147	1359	409	167	64
1968	1248	1250	1613	606	181	79
1969	934	929	1153	458	135	49
1970	946	937	1320	313	137	59
1971	1025	1011	1139	411	149	65
1972	988	987	1262	451	143	72
1973	831	846	1140	567	121	35
1974	862	non ril.	1060	348	125	69
1975	1172	non ril.	1348	470	169	66
1976	1111	non ril.	1434	898	164	54
1977	1752	non ril.	1830	643	257	80
1978	1122	non ril.	1249	512	165	59
1979	1289	non ril.	1705	868	182	61
1980	981	non ril.	1082	651	144	70
1981	1093	non ril.	1478	588	158	50
1982	1076	non ril.	1343	492	155	39
1983	1182	1145	1219	707	171	59
1984	1043	1063	1323	442	151	30
1985	1139	1126	1301	503	165	39

Tabella 5: Elementi del bilancio idrologico del Fiume Adda.

Ciò ha permesso anche la realizzazione di grafici significativi e continui nel tempo, grazie ai quali è possibile paragonare i due fiumi. Una prima considerazione che si può fare osservando i due gruppi di grafici per i fiumi Adda e Ticino (Figura 10) è la grande diversità dei quantitativi d'acqua in gioco nei due casi.

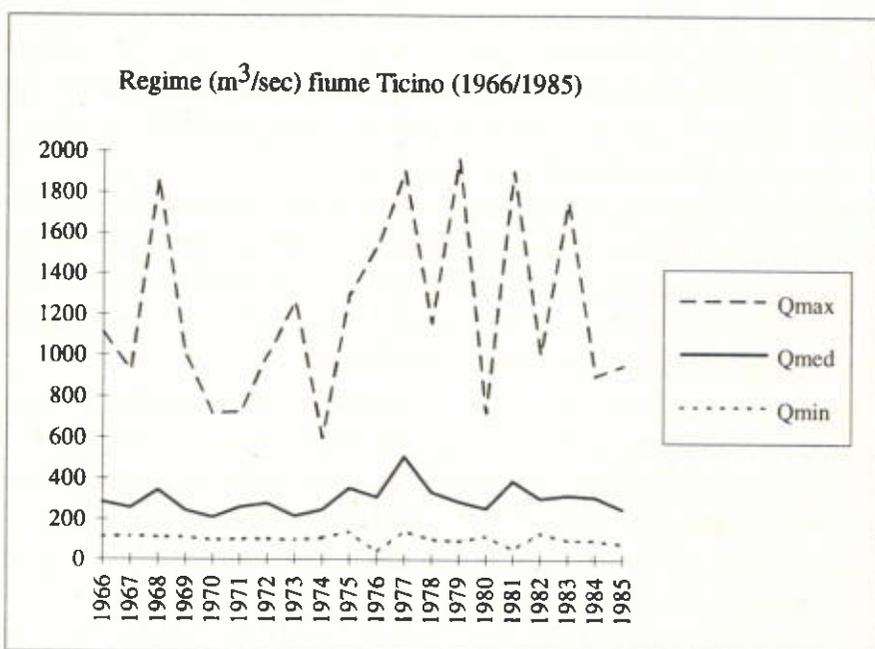
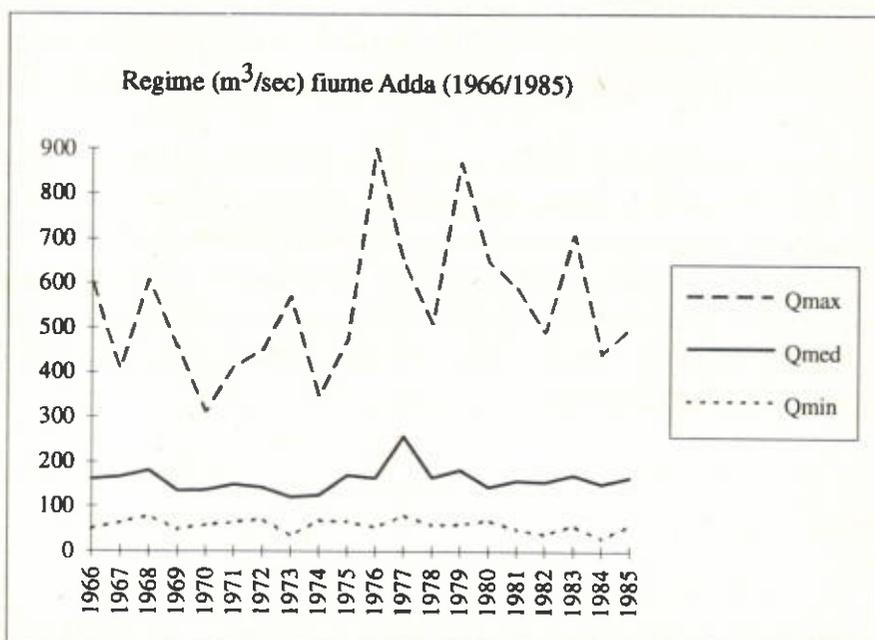


Fig. 10: Regimi idrici (m³/s) dei Fiumi Adda e Ticino

Per il Ticino, infatti, si osserva sempre un valore di portata fino a oltre due volte superiore rispetto all'Adda. Le portate massime hanno infatti un ambito di variabilità che va dai 600 agli oltre 1900 m³/s, di molto superiori a quelli dell'Adda che vanno dai 300 ai quasi 900 m³/s; i valori minimi sono invece compresi tra 50 e 150 m³/s per il Ticino e tra 40 e 130 m³/s per l'Adda, con una

differenza molto più attenuata.

Questa netta differenziazione tra i valori massimi delle portate è in gran parte causata dalla differente regimazione artificiale imposta ai due fiumi allo sbocco dei laghi.

A parte il massimo secolare del 1977, si possono identificare altri tre picchi datati 1968, 1979, 1981 e anche se quantitativamente minori, 1972 e 1984. Per quanto riguarda gli anni di magra, si prendono in considerazione il 1970, 1973, 1980 come forti minimi e il 1969, 1976, 1978 e 1982 come valori bassi, anche se lontani dai minimi storici; anche in questo caso si nota una stretta relazione con i valori di portata minimi, come visto in precedenza tra gli anni di forti precipitazioni e le portate massime.

Fiume Lambro

Nasce dal Monte Forcella, scorre in provincia di Milano, bagnando Monza e la periferia orientale del comune di Milano; dopo 130 km di percorso confluisce nel fiume Po.

L'idrografia mostra un andamento tipico delle zone moreniche; infatti il corso principale solca pressoché da Nord a Sud gli allineamenti morenici con un tracciato assai incassato, entro ordini di terrazzi ben definiti, mentre i tributari sono caratterizzati da un andamento più irregolare.

Un altro carattere evidente è l'asimmetria del bacino del Lambro; infatti la rete di tributari si estende in misura assai più rilevante lungo il versante orientale; ciò è dovuto alla posizione decentrata del fiume rispetto all'asse dei centri di curvatura degli apparati morenici e in tal modo l'area interna degli apparati stessi si affaccia quasi integralmente sulla sponda sinistra del fiume.

Una descrizione a parte va fatta per il Lambro Meridionale, in quanto è il recapito della rete scolante a Nord-Ovest di Milano e in particolare del fiume Olona che riversa le sue acque nel Lambro Meridionale; risulta così esserne lo scaricatore, come anche dei torrenti Lura, Bozzente e Guisa.

La lunghezza del fiume da Milano al Lambro Settentrionale è di circa 60 km e con un bacino sotteso di circa 170 km².

Portate molto variabili caratterizzano il regime di questo fiume, che risente delle abbondanti colature delle aree ad alto sviluppo agricolo del milanese (Consorzio Villoresi-bassa lodigiana) e soprattutto degli scarichi fognari dell'area metropolitana (Associazione Difesa Alto Lambro, 1991, Casati P., 1986, Provincia di Milano, 1986).

Il bacino montano di origine risulta poco esteso e di altitudine modesta, e quindi la gran parte delle acque proviene artificialmente dalla zona del milanese incrementando i valori naturali di portata fino a valori talvolta superiori a quelli dell'adiacente Adda.

Schematicamente il corso del Lambro si può suddividere in diversi tronchi:

- un tronco montano fino a Peregallo in cui il regime idrografico è regolato dai laghi di Alserio e Pusiano;
- due tronchi con grandi apporti idrici, il primo, compreso tra Peregallo e Sesto San Giovanni, e il secondo tra San Donato M.se e Melegnano; il valore massimo di portata è stato stimato intorno ai $50 \text{ m}^3/\text{s}$;
- il tronco a valle di Sant'Angelo Lodigiano, in cui le portate subiscono un forte incremento per l'apporto del Lambro Meridionale.

I restanti tratti sono caratterizzati da una prevalenza sugli altri del fenomeno del trasporto.

Le misure disponibili riguardano solo la portata media a Milano Gratosoglio, valutata intorno ai $14 \text{ m}^3/\text{s}$, con valori massimi di $58 \text{ m}^3/\text{s}$ (1964) e altre registrazioni a Monza.

Fiume Olona

L'Olona ha origine dalle Prealpi varesine, da dove prosegue con direzione Nord-Sud sino a Castellanza e successivamente con direzione NO-SE; all'altezza di Rho il corso d'acqua viene deviato mediante un'opera di presa che lo scarica nel ramo Olona del Canale Scolmatore.

L'alveo naturale converge ulteriormente verso Milano, prima di immettersi nel sistema tombinato dei Navigli interni e successivamente nel Lambro Meridionale. Il Ramo Olona prosegue verso Sud congiungendosi verso il Ramo Seveso dello Scolmatore di Nord-Ovest o proseguendo lungo il tratto artificiale denominato Deviatore Olona, avente anch'esso funzione di scarico delle piene; anche quest'ultimo recapita il corso d'acqua nel Colatore Lambro Meridionale.

Alla sezione di chiusura di Milano, il bacino idrografico del fiume Olona è di 475 km^2 .

Il regime è tipicamente prealpino, con due periodi di piena in primavera e in autunno, in cui il primo è più marcato del secondo e con periodi di magra in inverno (in maniera più netta) ed in estate.

Anche se qualitativamente il fiume ha perso le sue caratteristiche naturali a causa degli ingenti scarichi civili ed industriali, in termini quantitativi risulta il principale corso d'acqua tra il Ticino e il Lambro settentrionale, esondando anche in tratti urbanizzati durante gli eventi di piena.

Le portate del Fiume Olona sono regimate dagli apporti fognari del milanese, dalla colatura delle aree irrigue del Consorzio Villoresi e in parte, del Consorzio della Muzza; alcune indicazioni sono contenute in Provincia di Milano, 1985.

Il bacino montano di alimentazione risulta poco esteso e soprattutto, di altitudine

media piuttosto bassa; si verifica quindi, una sensibile variazione nella portata tra la zona di alimentazione e il secondo tratto, dopo l'apporto delle acque di origine urbana ed irrigua.

Gli usi sono prevalentemente per l'agricoltura e come fonte di energia da parte delle varie industrie che si trovano numerose sulle sue sponde e che ne hanno alterato in maniera decisiva, insieme alla potente urbanizzazione, la qualità delle acque. Inoltre tutti gli interventi di derivazione, restituzione incontrollata e mancato rispetto degli argini golenali hanno modificato il profilo naturale, variando il regime idraulico del fiume (sono stati introdotti 120 salti) e costringendo l'alveo in spazi sempre più angusti (fino a 4-5 m) che impediscono un regolare deflusso delle piene.

Torrente Seveso

Nasce dal versante meridionale del Sasso Cavallasca, ad una altezza di circa 400-500 m s. l. m. in corrispondenza del confine svizzero a Sud di Chiasso. Il bacino imbrifero è di circa 231 km² alla sezione di chiusura di Niguarda (a quota 120 m) dopo un percorso di circa 50 km di cui 7 in comune di Milano, in sezione tombinata.

Il Seveso scorre incassato fino a Cesano Maderno, da dove inizia il tratto di pianura a quote comprese tra i 600 e i 200 m s.l.m.; nel tratto suddetto gli argini sono essenzialmente artificiali. Lungo il percorso nella provincia di Milano, presenta uno stato di grave compromissione; infatti lungo il suo corso sono disseminati quasi senza soluzione di continuità, grossi centri abitati ed una notevole quantità di insediamenti produttivi.

La sua parte terminale poi, a Nord di Milano, è totalmente coperta ed in corrispondenza di questo tratto si possono verificare accumuli di sedimenti.

Non sono noti dati sulle portate del corso d'acqua.

Corsi d'acqua minori

Il torrente Lura ha origine dalle Prealpi comasche, incide con direzione Nord-Sud l'apparato morenico lariano ed entra in provincia di Milano fino alla sezione di chiusura di Rho dove il bacino idrografico è di 120 km².

Dopo un breve tratto tombinato al di sotto del centro abitato di Rho, il corso d'acqua può affluire nello Scolmatore di Nord-Ovest o proseguire verso Sud lungo l'asta idrica denominata Irrigatore Lura.

Il torrente Bozzente confluisce anch'esso a Rho nel Fiume Olona, dopo un tratto rettificato e tombinato, mentre il Torrente Molgora termina il suo percorso nel

Canale Muzza.

Da ultimo i torrenti delle Groane si immettono nel sistema dei Navigli interno di Milano; il loro punto finale di recapito è il Colatore Lambro Meridionale.

3.2 FONTANILI

I fontanili sono emergenze naturali della falda posta a debole profondità, in parte favorita da interventi antropici, che vengono drenate verso valle lungo rogge artificiali.

Nel milanese la zona dei fontanili è costituita da una fascia continua di emergenze che si sviluppa lungo una linea orientata Est-Ovest, limitata ad occidente dal Ticino e ad oriente dall'Adda, la cui lunghezza al 1975 (Figura 11) si aggirava sui 43 km e la cui larghezza variava tra i 4 e i 20 km circa (Provincia di Milano, 1975 e 1988).

In questa fascia la frequenza dei fontanili è molto variabile da zona a zona: mediamente si ha un fontanile ogni 2,66 km² ma in alcune zone si arriva ad avere anche 7-8 fontanili per km².

L'importanza dei fontanili è data non solo dalla presenza di notevoli quantità d'acqua disponibile per l'irrigazione, ma anche dal fatto che quest'acqua mantiene per tutto l'anno una temperatura che oscilla dai 10-14 °C e ciò è molto importante nell'irrigazione delle colture.

Con l'espansione urbana e industriale, gli scarichi indiscriminati di rifiuti, l'impermeabilizzazione del suolo, l'abbandono dell'agricoltura e delle irrigazioni e soprattutto l'eccessivo emungimento, hanno provocato un rilevante abbassamento dei livelli piezometrici a partire dagli anni '50; ne è conseguita una migrazione verso Sud della linea di affioramento delle acque di falda e l'estinzione di una parte dei fontanili presenti nell'hinterland milanese.

Infatti si può osservare come nel comune di Milano sui 135 fontanili esistenti prima degli anni '50, ben 118 si sono estinti già nel 1975 e la situazione è andata via peggiorando fino ai nostri giorni, anche se mancano dati ufficiali aggiornati; tutti i 155 fontanili esistenti nei comuni di Arese, Bollate, Brugherio, Cernusco s.N., Cologno Monzese, Novate Milanese, Opera, Pero, Pioltello, San Giuliano Milanese, Segrate, Sesto San Giovanni e Vimodrone si sono estinti.

Attualmente il limite settentrionale della fascia delle risorgive si ritrova all'altezza dei comuni di Trucazzano, Liscate e Settala nella zona Est, e di Settimo Milanese, Cisliano, Corbetta e Magenta nella zona Ovest. Le portate sono raramente misurate con continuità temporale e spaziale e quindi risulta difficile seguirne una linea evolutiva storica; mancano inoltre dati aggiornati all'ultimo decennio.

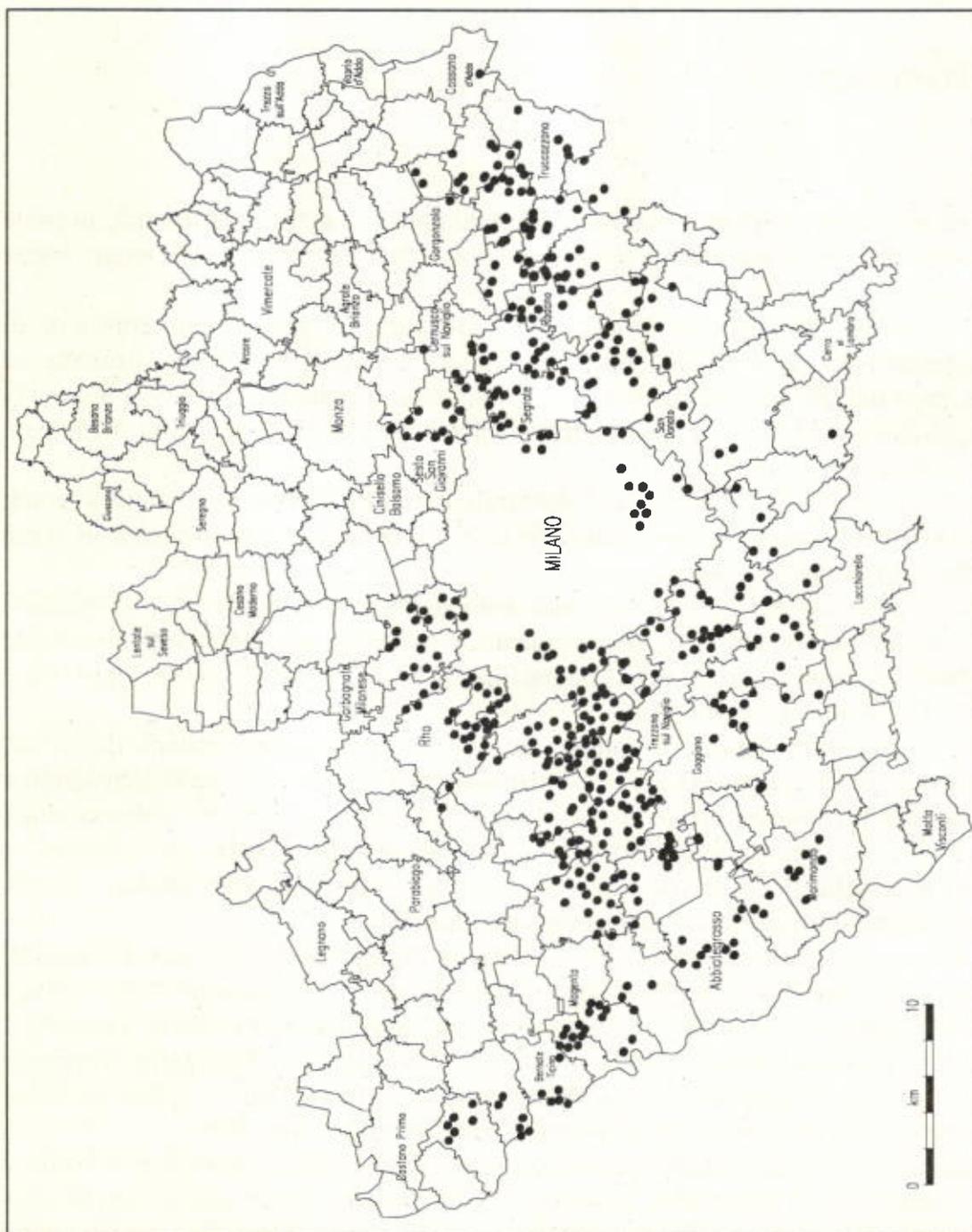


Fig. 11: Ubicazione dei fontanili attivi nel 1977

Si registrano in generale, valori di portata minima nei mesi di aprile e maggio, seguiti poi da una fase costante di incremento fino a raggiungere un massimo nei mesi di agosto e gennaio.

Alcuni minimi transitori possono essere legati a periodi di asciutta dei canali irrigui (soprattutto il Canale Villoresi ed il Naviglio Martesana) o a fenomeni meteorici stagionali piuttosto anomali.

Dati storici riportano che nel periodo estivo-autunnale 1933/1937 in 464 fontanili (della zona tra Adda e Ticino) la portata complessiva è stata di $73.4 \text{ m}^3/\text{s}$, con un valore di $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ per km lineare. Al 1986 i 430 fontanili superstiti erogavano giornalmente una quantità media annua di $28 \text{ m}^3/\text{s}$ (cioè $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ per km lineare); si tratta di valori puramente indicativi che evidenziano comunque l'evoluzione dell'estinzione in atto.

3.3 RETE IRRIGUA

Il reticolo artificiale è particolarmente fitto nella parte alta della pianura milanese, percorsa dai canali maggiori (Villoresi e Muzza, nonché i Navigli) e caratterizzato da un'ottima efficienza.

La parte più bassa della pianura è anch'essa ovunque irrigata, anche se la gestione risulta differente rispetto ai grossi Enti dell'area settentrionale. Il reticolo dei canali, costituito dai tronchi terminali dei Navigli e dai numerosi canali secondari che raccolgono le acque di colatura delle aree a monte (provenienti dal Canale della Martesana e dal Muzza), non è infatti caratterizzato da valori di efficienza particolarmente elevati.

Particolari approfondimenti sulle aree interessate da irrigazioni possono ad esempio essere ricercati in Romita et Al., 1972.

Lo schema delle utenze del F. Ticino e del F. Adda è riportato rispettivamente alle Figure 12 e 13.

Canale Villoresi

Il canale ha origine dal fiume Ticino in località Somma Lombardo e, per quanto riguarda il canale principale, ha un percorso di circa 82 km in direzione Est-Ovest, fino a confluire nel fiume Adda all'altezza di Gropello di Cassano d'Adda. Sul canale principale si aprono una decina di prese per canali secondari, che scorrono prevalentemente in direzione Nord-Sud per uno sviluppo di 115 km; dal canale principale e dai canali secondari dipartono 265 bocche per canali

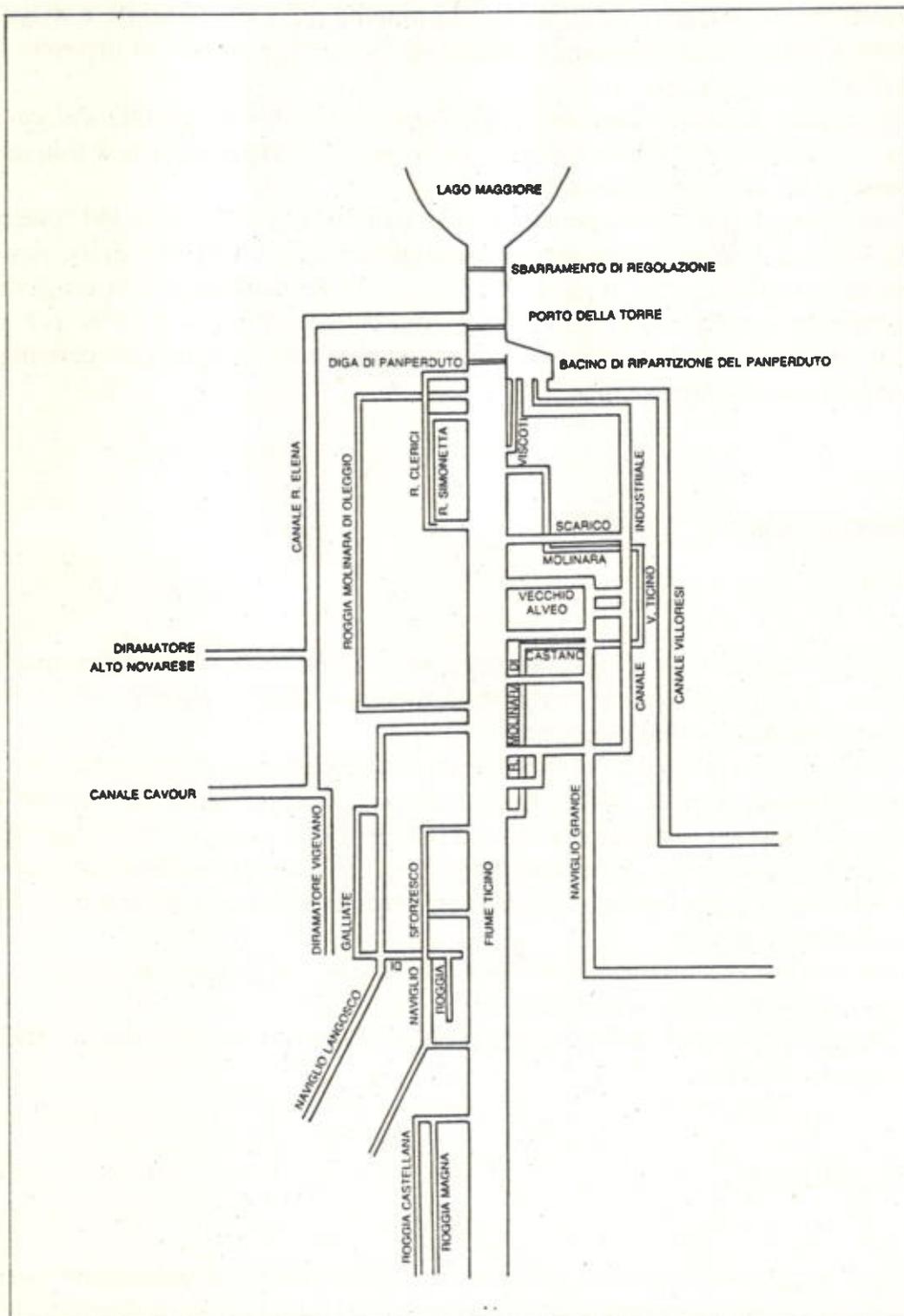


Fig. 12: Schema delle utenze del F. Ticino

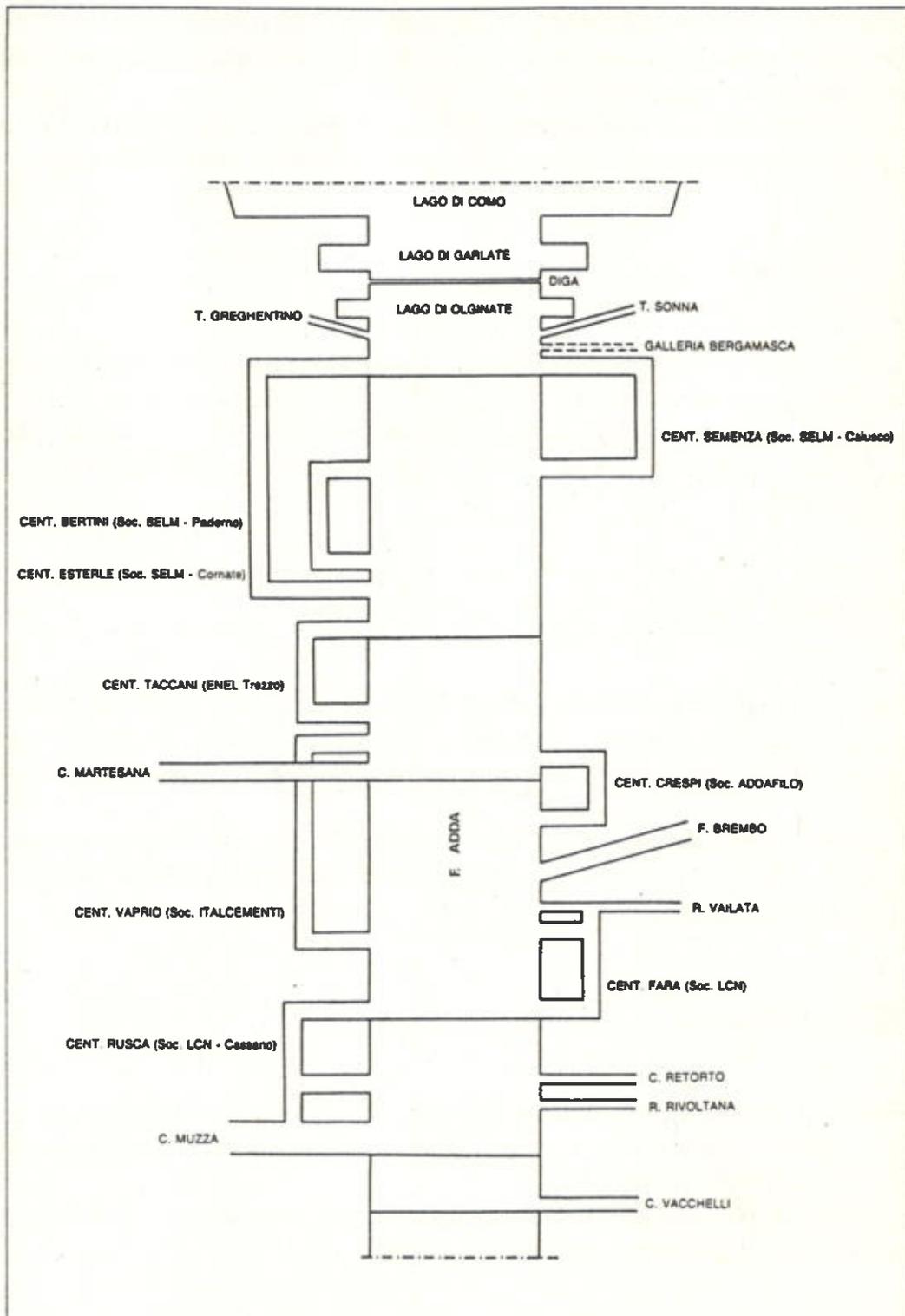


Fig. 13: Schema delle utenze del F. Adda

terziari il cui sviluppo complessivo è di circa 1200 km.

Il Villoresi svolge un ruolo molto importante nello approvvigionamento idrico a scopo industriale ed è caratterizzato da una discreta regolarità di funzionamento e da una portata che raggiunge i 70 m³/s.

Elevata efficienza e caratteristiche tecniche adeguate rendono inoltre minimi i valori delle perdite di rete, in genere inferiori al 15% dei volumi idrici in gioco.

Canale Martesana

Il Canale Martesana deriva dall'Adda in località Concesa e dopo circa 35 km di percorso, le acque di scarico si riversano nel canale Naviglio di Pavia.

Una elevata efficienza (90%) e portate medie intorno ai 32 m³/s caratterizzano questo corso d'acqua artificiale, le cui acque di scarico si riversano nel Canale Naviglio Pavese.

Canale Naviglio Grande

Il Canale Naviglio Grande deriva dal Ticino in località Pamperduto e le sue acque di scarico si riversano nel canale Naviglio di Pavia ed in vari canali secondari che convogliano le colature in Po, nel tratto tra foce Ticino e foce Lambro.

Raggiunge portate massime di 60 m³/s e inoltre ha una efficienza molto elevata (nell'ordine del 95%); ne consegue uno dei corsi d'acqua di origine antropica tra i più funzionali e regolari.

Canale di Bereguardo

Il Canale di Bereguardo deriva dal Naviglio Grande presso Abbiategrasso e dal Naviglio Pavese e scarica le sue acque nel Ticino, presso Pavia; deriva anch'esso dal Naviglio Grande presso Milano.

Unico dato disponibile per la portata è un valore massimo di 11 m³/s di cui manca però localizzazione spaziale e temporale.

Canale Muzza

Il Canale Muzza deriva dall'Adda in località Cassano e dopo un percorso di circa 40 km scarica le sue acque nuovamente nell'Adda presso Castiglione d'Adda.

Come per il Canale Villoresi si parla di funzionamento regolare, efficienza elevata, perdite di rete molto ridotte.

I valori di portata massima sono intorno ai 105 m³/s.

Naviglio Pavese

Si dispone unicamente del dato relativo alle portate massime registrate che sono circa pari a 10 m³/s.

Canale Scolmatore delle Piene di Nord-Ovest

La forte modificazione dell'andamento originario del fiume Olona, effettuata in epoca pre-romanica, ha determinato la convergenza verso un unico punto di recapito, rappresentato dal Lambro Meridionale, di tutti i corsi d'acqua compresi tra il bacino dell'Olona e delle Groane, innescando sino ad alcuni decenni fa problemi di smaltimento delle piene e rendendo necessaria la realizzazione del Canale Scolmatore delle piene di Nord-Ovest e dei rami derivatori ad esso connessi.

Lo Scolmatore costituisce una gronda di collegamento che taglia trasversalmente il reticolo idrografico naturale ed irriguo, realizzata per consentire lo smaltimento delle piene dei corsi d'acqua appartenenti in particolare ai sistemi idrografici Seveso, Garbogera, Guisa, Olona e Lura, nel fiume Ticino.

La portata massima registrata è stata di 58 m³/s, quella di progetto è di 65 m³/s.

Una particolarità di questo canale è la profonda escavazione al di sotto del piano campagna, che determina una forte azione di drenaggio della falda (fino a 0.5 m³/s per km), riducendone le portate di deflusso a valle del canale.

4. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

La geologia di quest'area, interpretata e suddivisa fino ai primi anni '80 secondo criteri litostratigrafici, morfologici e geoclimatici, è stata sottoposta ad una profonda revisione che ha portato a rielaborare la suddivisione stratigrafico-temporale.

La Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana ha costituito un gruppo di lavoro per la revisione del Codice Italiano di Stratigrafia che, allontanandosi dai vecchi concetti soggettivi di età o di clima, ha cercato di identificare nuove unità fondamentali chiamate Unità Allostratigrafiche, servendosi di parametri più oggettivamente quantificabili sul terreno dallo stesso rilevatore, di tavole di confronto ottico e di scale di valori standardizzate.

Le unità individuate sono prevalentemente legate all'ambiente di deposizione glaciale, fluvioglaciale e localmente lacustre proglaciale e sono state suddivise in base a: stato di alterazione dei depositi, spessore delle coperture loessiche, grado di cementazione, morfologia dei depositi e rapporti stratigrafici tra le diverse unità.

La gerarchia individuata ha come unità fondamentale l'Alloformazione (definita come un "corpo" di rocce sedimentarie cartografabile, definito e identificato sulla base di superfici di discontinuità che lo delimitano), suddivisibile in Allomembri o raggruppabile in Allogruppi.

Il territorio della Provincia di Milano viene interessato solo in parte dagli studi e questo rappresenta l'unico esempio di reinterpretazione di aree a questa latitudine, poiché tutti gli studi sull'argomento hanno avuto inizio più a Nord, ai piedi delle Prealpi lombarde e, solo negli ultimi anni, hanno raggiunto la pianura milanese nella sua porzione settentrionale.

Sono state rilevate diverse unità, correlabili in funzione dei litotipi e delle caratteristiche sedimentologiche, ma non per quanto riguarda i limiti temporali, alle vecchie unità del Villafranchiano, del Mindel, del Riss e del Würm.

Tali nuove unità sono tempo-trasgressive e il loro posizionamento in una scala cronostratigrafica risulta alquanto problematico, poiché mancano spesso datazioni geocronometriche con il ^{14}C e si utilizzano parametri non completamente scientifici, come lo stato di avanzamento della pedogenesi corretto in funzione dello spessore dell'orizzonte, della profondità di prelievo del campione e del contenuto di sostanza organica.

L'unico periodo ufficialmente datato dalla Subcommittee on European Quaternary Stratigraphy dell'INQUA nel 1983 è il Würm, che ha avuto inizio tra 15.000 e 14.000 anni fa e collocato quindi nel Pleistocene superiore; a questo periodo corrisponde l'Alloformazione di Bodio rilevata all'estremità Nord occidentale della Provincia di Milano, al limite con la Provincia di Varese; arealmente costituirebbe il deposito più esteso sul territorio in studio, ma non ci sono ancora rilevamenti in quest'area che confermino l'ipotesi.

Le datazioni degli altri periodi sono tuttora in corso e quindi solo in minima parte il territorio di questo studio è correttamente interpretato e datato.

Per questo motivo è stata adottata ancora la vecchia suddivisione geocronologica con i rapporti stratigrafici e geometrici, ricavati dalle stratigrafie dei pozzi per acqua e riferiti alla Carta Geologica d'Italia, foglio Milano e ad altre cartografie pubblicate (Beretta G.P. e Al., 1984, Consorzio per l'Acqua Potabile ai Comuni della provincia di Milano, 1973, Riva A., 1957).

L'area di studio inoltre è stata caratterizzata da una elevata urbanizzazione nel corso dell'ultimo ventennio, che ha modificato profondamente la morfologia dei luoghi.

Di seguito si propone una descrizione delle diverse unità che compaiono nell'area di studio e della loro distribuzione sul territorio.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio di Milano e nella sua Provincia risentono degli avvenimenti geologici succedutisi dal tardo Miocene fino a tutto il Quaternario e di cui le esplorazioni profonde a scopo di ricerca di idrocarburi hanno fornito una idonea ricostruzione (Cassano et Al., 1986, Pieri, Groppi, 1981).

Nel Miocene superiore si produsse una forte fase erosiva su tutto l'arco prealpino con la conseguente formazione di canyons in corrispondenza degli attuali laghi prealpini (Finckh et Al., 1984), di trasgressioni e regressioni marine.

A partire dal Pliocene superiore-Pleistocene inferiore si assiste ad una fase di ritiro del mare e alla sedimentazione di depositi continentali fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera caratterizzati in prevalenza da granulometrie non grossolane (sabbie fini, limi, argille) per il predominare delle condizioni di acque tranquille.

Questa unità sedimentaria, attribuita dagli AA. al Villafranchiano, è stata sottoposta ad un sollevamento dopo la sua deposizione e quindi la sua parte superiore è erosa e profondamente incisa.

Contemporaneamente alla fase di sollevamento, si sono succedute ciclicamente diverse fasi trasgressive, i cui depositi marini e continentali hanno riempito tali incisioni e sono stati a loro volta, successivamente erosi più o meno parzialmente. Nei solchi vallivi così creati si deposero ghiaie e sabbie anche in grandi spessori, che col tempo hanno subito fenomeni di cementazione.

Attualmente questi depositi affiorano o si rinvergono nel sottosuolo in modo discontinuo (soprattutto nella fascia prealpina e nell'alta pianura).

Con il Pleistocene l'area viene interessata da episodi glaciali, convenzionalmente raggruppati nelle tre fasi Mindel, Riss e Würm, che diedero luogo alla deposizione di una vasta coltre di sedimenti glaciali nelle aree pedemontane e alluvionali ("fluvioglaciali") nella media e bassa pianura.

Alla deposizione dei sedimenti, nei periodi interglaciali fece seguito la loro erosione e questo ciclo di sedimentazione ed erosione da parte delle fiumane pleistoceniche degli episodi glaciali, ha creato un sistema di terrazzi, che attualmente occupa la porzione più alta della pianura ai piedi degli anfiteatri morenici e la media pianura.

Dal Pleistocene superiore all'Olocene si è avuto il lento innalzamento dell'alta pianura testimoniato dall'affioramento in superficie dei depositi più antichi; questo movimento continua anche in tempi più recenti come indicato in Arca S., Beretta G.P., 1985.

Tale innalzamento non è stato però uniforme: nelle aree dove fu consistente, come ad esempio in tutto il settore nordorientale della Provincia, si verificò la formazione di "dorsali"; i settori compresi fra queste sopraelevazioni furono interessati da una rilevante deposizione di alluvioni.

Si nota così una marcata differenza tra il settore orientale, di massimo sollevamento e quello occidentale in cui si è avuto un maggiore accumulo di depositi recenti.

In modo schematico il territorio della Provincia di Milano si può suddividere da un punto di vista morfologico nelle seguenti zone:

- zona delle cerchie moreniche;
- zona dei terrazzi ferrettizzati;
- zona della media e bassa pianura diluviale e alluvionale.

Il primo settore è costituito dalle propaggini degli anfiteatri morenici dell'Adda e

del Ticino ed occupa i territori più settentrionali ed altimetricamente più elevati. E' tipica la morfologia delle morene frontali mindeliane (sottoposte successivamente a processi d'erosione da parte delle fiumane collegate al ghiacciaio rissiano), caratterizzata da lievi ondulazioni che si intervallano ad ampie spianate.

Questi ripiani rappresentano le zone in cui si avevano ristagni d'acqua di fusione dei ghiacciai o di piccoli laghi intramorenici.

Di contro, le aree elevate sono formate da allineamenti o gruppi di piccole colline, costituite da materiali morenici caotici inglobanti talora erratici di notevoli dimensioni.

L'alta pianura terrazzata rappresenta invece una seconda zona morfologica molto estesa territorialmente, dalle pendici degli archi morenici fino all'incirca all'altezza del canale Villoresi.

Il limite settentrionale è irregolare, adattandosi alla forma dei contorni delle morene più esterne, mentre il limite meridionale coincide grosso modo con la scomparsa dei terrazzi fluvioglaciali antichi e medi, legati all'azione delle grandi masse d'acqua delle glaciazioni mindeliane e rissiane, al di sotto dei depositi fluvioglaciali recenti.

Questi sono disposti a quote altimetriche distinte, in modo da formare più ordini di terrazzi.

4.2 UNITA' GEOLOGICHE AFFIORANTI

Le unità geologiche che interessano l'area (dalle più antiche a quelle più recenti) sono le seguenti, secondo la tradizionale descrizione adottata nella letteratura geologica (Braga, Ragni, 1969; Comizzoli et Al., 1969, Consorzio per l'acqua potabile ai Comuni della Provincia di Milano, 1973; Orombelli, 1979; Riva, 1957) (Figura 14):

Substrato roccioso pre-Pliocenico

E' costituito da varie formazioni sedimentarie con età variabili che fungono da substrato su cui poggiano i terreni quaternari più recenti. E' presente raramente in affioramento e a profondità ridotte (40-60 m) solo nella parte settentrionale della provincia, dove è stato rilevato in alcuni pozzi, mentre, spostandosi verso sud, si approfondisce notevolmente e non è mai stato incontrato nelle perforazioni. Distribuzione e caratteristiche litologiche esulano dallo scopo del nostro studio.

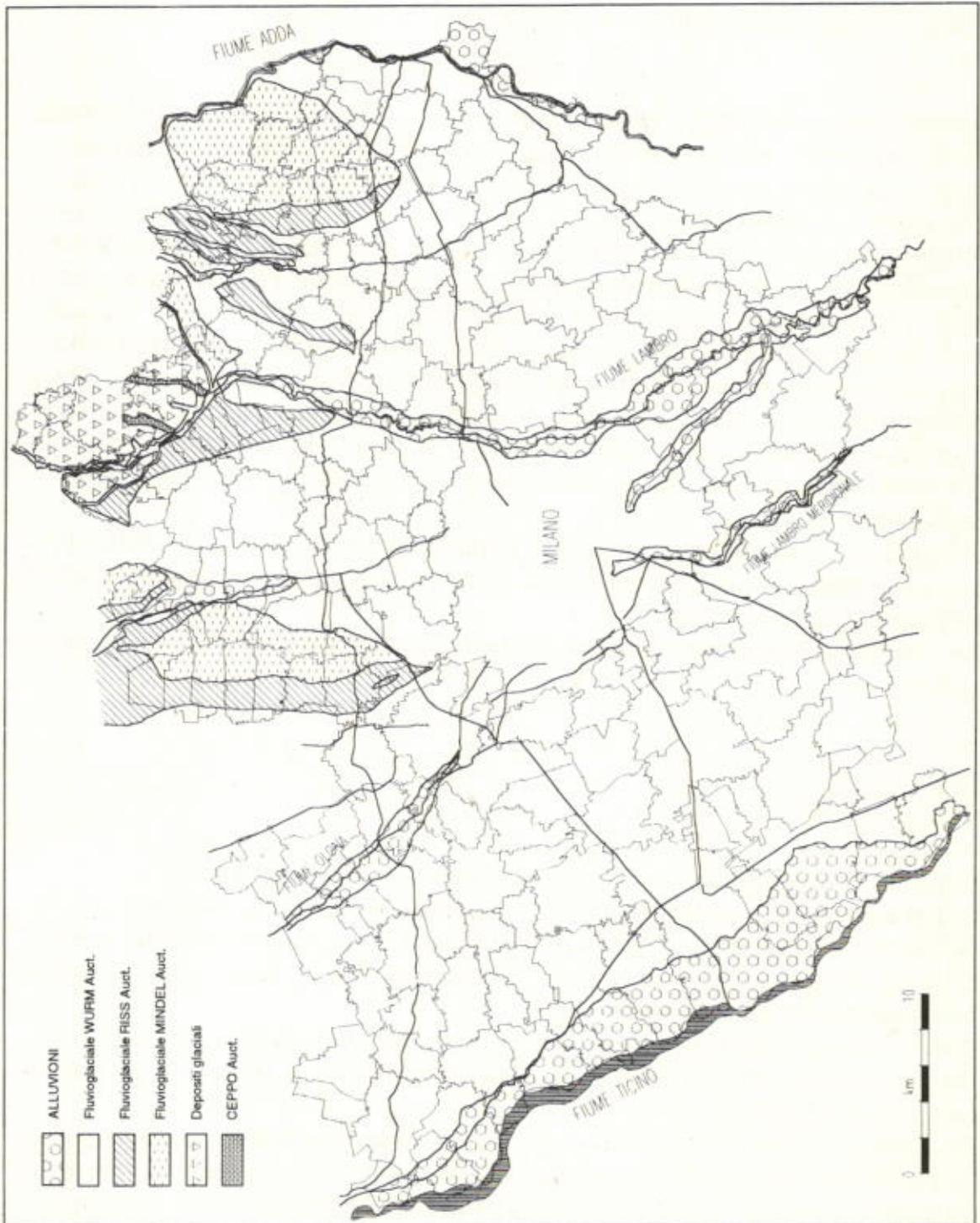


Fig. 14: Carta geologica semplificata

Risulta tuttavia che tali litotipi siano poco permeabili.

Unità Villafranchiana Auct.

Quelle che sono definite "Argille sotto il Ceppo" costituiscono la parte sommitale di un imponente accumulo di sedimenti di oltre 1000 m di spessore, formato in prevalenza da sedimenti a granulometria fine (argille-limi e sabbie-torbe spesso fossilifere). A partire da profondità variabili dai 90 ai 150 m si colloca l'Unità Villafranchiana, formata da argille e limi intercalate a lenti di sabbia di ambiente deposizionale deltizio-lagunare ed anche di piccoli bacini lacustri intermorenici (presenti soprattutto nel settore Nord-Ovest della Provincia di Milano). Affiorante lungo le valli del F.Lambro e del F.Adda, nel sottosuolo questa unità è rappresentata da potenti spessori di sedimenti argillosi passanti verso l'alto a sabbioso-argillosi che aumentano di spessore spostandosi verso Sud. In corrispondenza di Milano rappresentano il passaggio da un ambiente marino (litozona argillosa) ad uno di transizione e continentale (litozona sabbioso-argillosa).

Lo spessore di questa unità può essere anche superiore ai 100 m; l'erosione della sua parte superiore ad opera di fiumane più recenti, impedisce generalmente di valutarne la potenza originaria.

Dal punto di vista idrogeologico questa unità presenta permeabilità generalmente ridotta.

Ceppo Auct.

Sinonimi di questa unità sono "Ceppo dell'Adda" o "Ceppo Lombardo".

Si tratta di arenarie e conglomerati, in genere molto cementati (soprattutto a Est del fiume Seveso e in parte nella valle del fiume Olona), sovente passanti a ghiaie e sabbie dalle quali si sono originati. Testimonierebbero un ambiente fluviale a canali anastomizzati (Orombelli, 1979).

Hanno uno spessore variabile: nella parte meridionale della provincia il Ceppo è ridotto a pochi banchi e lenti; a Milano questi livelli si trovano a profondità compresa fra gli 80 e i 100 m.

Anche questa unità come la precedente mostra chiare tracce di sollevamento dopo la sua deposizione, è infatti modellata dall'erosione ed è in molti affioramenti fortemente inclinata, in particolare nella parte settentrionale dell'area di studio.

Gli affioramenti sono abbondanti nella parte alta della pianura, (dove talora si nota come essi siano contenuti all'interno dei solchi vallivi scavati nel Villafranchiano) soprattutto in corrispondenza dei corsi d'acqua (Olona, Adda,

Molgora e Lambro) che hanno inciso i terreni sovrastanti, permettendo così a questa unità di affiorare.

Morenico Mindel Auct.

E' rappresentato da un deposito costituito da limo inglobante materiali ciottolosi, sabbiosi e argillosi, ricoperti da un potente strato di alterazione simile a quello dei ripiani terrazzati coevi. Formano, morfologicamente, i rilievi più esterni della cerchia morenica situata ai piedi delle Prealpi lombarde. Si tratta di forme fortemente modellate dall'erosione che ne ha notevolmente ridotto le altezze e le asperità.

Fluvio-glaciale Mindel Auct.

E' stato generato dallo smantellamento, quasi contemporaneo alla sua deposizione, del materiale morenico mindeliano; le fiumane degli scaricatori glaciali deposero, dopo averlo eroso, parte del materiale costituente gli anfiteatri morenici.

Si sono così generati i sedimenti che contraddistinguono alcuni dei terrazzi maggiori (Groane, Albiate-Sovico-Macherio, Gerno-Camparada-Velate, Olgiate Molgora, Bernareggio, Paderno-Verderio-Mezzago-Gessate) separati da profonde incisioni ed ampie depressioni in cui si sono in seguito depositi i materiali fluvio-glaciali rissiani e würmiani.

Si tratta di depositi costituiti da ciottoli arrotondati con un alto grado di selezione, depositi in letti sub orizzontali ed immersi in una matrice sabbiosa argillosa con colorazione giallastra-rossiccia.

Gli affioramenti sono facilmente riconoscibili per il caratteristico vetusol (Cremaschi, 1987) che ne ricopre la superficie, denominato "Ferretto", spesso oltre 3-4 m, caratterizzato da un colore rossastro e da una elevata compattazione che lo rende poco permeabile alle acque di infiltrazione.

Alla sommità è talvolta presente un deposito limoso di probabile origine eolica. Il fluvio-glaciale mindeliano affiora nel settore settentrionale dell'area, ad esempio presso Garbagnate Milanese e Masate.

Morenico Riss Auct.

Successivo alla glaciazione Mindel, è caratterizzato da depositi caotici, ghiaiosi e

DENOMINAZIONI UTILIZZATE PER LA DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO					
UNITA' LITOLOGICHE	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE	UNITA' STRATIGRAFICHE	ETA'	UNITA' IDROGEOLOGICHE	
Mazzarella S. e Martini B.	Francani V. e Pozzi R.	A.G.I.P.		Avanzini M. et Al.	
LITOZONA GHIAIOSO- SABBIOSA	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Diluvium recente)	I ACQUIFERO	PLEISTOCENE SUPERIORE	UNITA' GHIAIOSO- SABBIOSA	
	FLUVIOGLACIALE RISS-MINDEL AUCT. (Dil. Medio-Antico)				
	ACQUIFERO TRADIZIONALE	II ACQUIFERO	PLEISTOCENE MEDIO	UNITA' GHIAIOSO- SABBIOSO- LIMOSA	
LITOZONA SABBIOSO- ARGILLOSA	CEPPO AUCT.	III ACQUIFERO	PLEISTOCENE INFERIORE	UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI	
	VILLAFRANCHIANO				
	ACQUIFERI PROFONDI	SABBIE DI ASTI	UNITA' SABBIOSO- ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)		
LITOZONA ARGILLOSA			(CALABRIANO)	UNITA' ARGILLOSA (facies marina)	

Fig. 15: Schema strutturale del sottosuolo della Provincia di Milano (da Avanzini et Al., 1995 - modificato)

Litozona ghiaioso-sabbiosa

Questa litozona contiene il cosiddetto acquifero tradizionale (poiché comunemente sfruttato dai pozzi) ed è possibile una suddivisione in una parte più superficiale (corrispondente al Fluvioglaciale Würm ed alle alluvioni) che ospita una falda libera ed una più profonda con presenza di conglomerati (corrispondente ai Fluvioglaciali più antichi) talora sede di una falda semiconfinata. Tra le due parti, localmente separate da modesti spessori di depositi semipermeabili, si può avere una differenza di livello piezometrico, come evidenziato ad esempio in Provincia di Milano, 1985.

Litozona sabbioso argillosa

E' costituita da limi con livelli di sabbie e raramente ghiaietto, con talora presenza di torbe (Villafranchiano). Si hanno falde semiconfinite e confinate con probabilità di facies idrochimiche di ambiente riducente. Lo sfruttamento dei livelli produttivi è iniziato per il degrado qualitativo dell'acquifero della litozona ghiaioso-sabbiosa soprastante con cui è in comunicazione laddove gli orizzonti semipermeabili hanno spessore e continuità ridotta e nelle aree pedemontane di alimentazione della falde profonde.

Litozona argillosa

Sono rari i livelli permeabili contenuti in questa litozona, sottostante la precedente, che si presenta talora in facies marina. Le falde in essa contenute sono semiconfinite e confinate e anch'esse presentano facies negative per l'uso delle acque.

Un ulteriore aspetto che è stato considerato nella ricostruzione della struttura idrogeologica riguarda l'assetto tettonico profondo così come risulta dalle prospezioni AGIP riportate principalmente in Pieri, Groppi, 1981 e Cassano et Al., 1986 e 1988.

In sostanza è stata riscontrata una rispondenza tra la struttura dei depositi che si trovano in profondità nella pianura milanese e quella più superficiale che interessa i sedimenti che ospitano le falde captate dai pozzi per acqua.

In particolare è stato verificato come vi sia un generale innalzamento delle unità geologiche nel settore orientale rispetto a quello occidentale che risulta ribassato.

Di seguito si descriveranno le caratteristiche e la distribuzione delle diverse unità

individuare dalle correlazioni dei dati stratigrafici dei pozzi.

Si sottolinea comunque che nelle sezioni geologiche sono stati considerate le seguenti suddivisioni dei diversi corpi esistenti nel sottosuolo in base alle caratteristiche di permeabilità:

- acquifero: sedimenti di elevata permeabilità (ghiaie e sabbie, conglomerati e arenarie fessurati)
- aquitard: sedimenti di medio-bassa permeabilità (sabbie fini, limi-sabbiosi, sabbie e limi, limi e ciottoli)
- aquiclude: sedimenti di bassa permeabilità (argille, limi, argille e limi).

Si ricorda comunque che, nelle descrizioni delle stratigrafie dei pozzi, molto spesso i livelli descritti come "argille" sono da ritenersi appartenere prevalentemente al fuso granulometrico dei limi.

Tali livelli rivestono notevole importanza nel definire il grado di eventuale separazione o intercomunicazione delle falde.

5.1 UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSA

Questa unità è costituita da depositi alluvionali recenti e antichi, dai fluvioglaciali würmiani, in cui le frazioni limose e argillose risultano particolarmente scarse.

Rappresentano arealmente la porzione più estesa del territorio della Provincia di Milano, costituito da una estesa superficie pianeggiante, incisa solamente dagli alvei attuali dei fiumi Ticino, Olona, Lambro e Adda; sono definiti infatti "livello fondamentale della pianura".

Spessi fino a qualche decina di metri, questi sedimenti costituiscono la parte superiore dell'acquifero tradizionale, dalla superficie topografica fino ad una variazione della granulometria in quanto si assiste alla presenza di una matrice di materiali più fini.

L'elevata permeabilità consente la ricarica dell'acquifero da parte delle acque meteoriche e di quelle di infiltrazione da corsi d'acqua o canali artificiali. La conducibilità idraulica che caratterizza questa unità è compresa tra valori di 10^{-3} e 10^{-4} m/s e si possono raggiungere valori di portata specifica di oltre 20 l/s·m.

In linea generale la trasmissività è superiore a 10^{-2} m²/s.

La falda contenuta in questi depositi non è confinata.

5.2 UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSO-LIMOSA E CONGLOMERATICA

Fanno parte di questa unità i depositi glaciali e fluvioglaciali antichi (Mindel e Riss Auct.) che si ritrovano in affioramento nell'alta pianura.

Dal punto di vista litologico si tratta di ciottoli, ghiaie e sabbie immerse in una matrice limoso-argillosa; nel sottosuolo si possono ritrovare anche livelli pedogenizzati.

Anche per questa unità lo spessore è variabile e può arrivare a 40-50 m.

In profondità sono presenti conglomeratici e arenarie che, spostandosi verso Sud, sfumano nelle ghiaie e sabbie sciolte dalle quali si sono originati.

In letteratura, per analogie litologiche e stratigrafiche, questa unità viene correlata con l'orizzonte conglomeratico del "Ceppo dell'Adda" (datato Pleistocene inf.), affiorante soprattutto lungo il corso del fiume omonimo.

Non è comunque sempre certo che i livelli arenaceo-conglomeratici rinvenuti soprattutto nella zona di Milano al tetto della litozona sabbioso-argillosa, siano attribuibili o correlabili al "Ceppo dell'Adda", in quanto potrebbero anche fare parte dei termini fluvioglaciali Mindel e Riss Auct..

La frazione fine riduce le caratteristiche di permeabilità e quindi di trasmissività di questa unità. Per quanto riguarda la conducibilità idraulica si registrano infatti valori pari a circa 10^{-4} - 10^{-5} m/s, mentre per la trasmissività i valori sono generalmente compresi tra 10^{-2} - 10^{-3} m²/s.

Per quanto attiene ai conglomerati, molto più frequenti verso il settore orientale e settentrionale dell'area di studio, si hanno caratteristiche idrauliche molto variabili in relazione al grado di cementazione e fratturazione dei litotipi; si possono avere comunque discrete portate specifiche dei pozzi.

La falda contenuta in questa unità si presenta libera o semiconfinata e generalmente in collegamento con quella soprastante.

Si può osservare comunque una differenza di livello piezometrico, registrandosi quote inferiori di qualche metro rispetto alla falda soprastante.

5.3 UNITA' SABBIOSO-ARGILLOSA

I litotipi che fanno parte di questa unità sono soprattutto argille e argille-limose tipicamente marine e depositi argillosi litorali, lagunari e paludosi insieme a torbe. In letteratura questa unità è spesso definita come "Argille sotto il Ceppo" e "Argille Villafranchiane", mentre le falde in essa contenute sono denominate "falde profonde".

Gli spessori di questa unità non sono sempre definibili con certezza, anche per i fenomeni tettonici che hanno interessato il settore Nord-Est dell'area di studio e che hanno portato, per conseguenza, ad una marcata erosione sin e post-deposizionale.

In generale si osserva un aumento degli spessori andando verso Sud e si passa da poco più di 100 m nella zona pedemontana, agli oltre 1000-1200 m al di sotto della bassa pianura.

A prescindere da elementi tettonici locali, si individua una tendenza all'approfondimento andando da Nord verso Sud, con un'inclinazione media dello 0.5 %.

Trattandosi di litotipi a granulometria estremamente fine, i valori di conducibilità idraulica sono piuttosto bassi e dell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} m/s nei livelli più produttivi; anche la trasmissività risulta mediocre ed in genere inferiore a 10^{-3} m²/s.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, questa unità rappresenta il substrato dell'acquifero tradizionale, dato il contrasto di permeabilità.

L'acqua è contenuta in livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi; si tratta principalmente di falde confinate con presenza talora di sostanze tipiche di ambiente riducente (idrogeno solforato, ferro e manganese) che rendono difficilmente utilizzabile la risorsa idrica per gli usi civili ed industriali.

6. SEZIONI GEOLOGICHE

Per la ricostruzione idrogeologica della pianura compresa fra Adda e Ticino sono state utilizzate le stratigrafie di 671 pozzi per acqua fornite dal Consorzio Acqua Potabile per il territorio della provincia di Milano e, per le zone delle provincie di Varese e Como, dal Dipartimento di Sistemi di Trasporto e Movimentazione - Sezione Geologia Applicata - Politecnico di Milano.

Data l'eterogeneità delle osservazioni stratigrafiche che accompagnavano le schede di perforazione dei diversi pozzi, si è ritenuto indispensabile standardizzare le descrizioni.

Le stratigrafie dei pozzi necessarie per le sezioni geologiche sono state riportate alla scala 1:1.000, schematizzate e semplificate, in funzione della permeabilità dei litotipi e successivamente posizionate sui profili topografici eseguiti alla scala orizzontale di 1:20.000 e verticale 1:1.000.

Sono state costruite 28 sezioni (16 con andamento Ovest-Est e 12 Nord-Sud) che costituiscono un reticolo che copre l'intero territorio della Provincia di Milano (Figura 16).

Queste sezioni sono un aggiornamento della struttura idrogeologica già ricostruita in precedenza da Beretta e Al., 1983.

Nella descrizione delle sezioni si è concentrata l'attenzione sui seguenti aspetti, utili per definire le modalità di alimentazione della falda e la sua vulnerabilità all'inquinamento:

- spessore e composizione litologica dell'acquifero tradizionale;
- profondità, spessore, composizione litologica e continuità della base

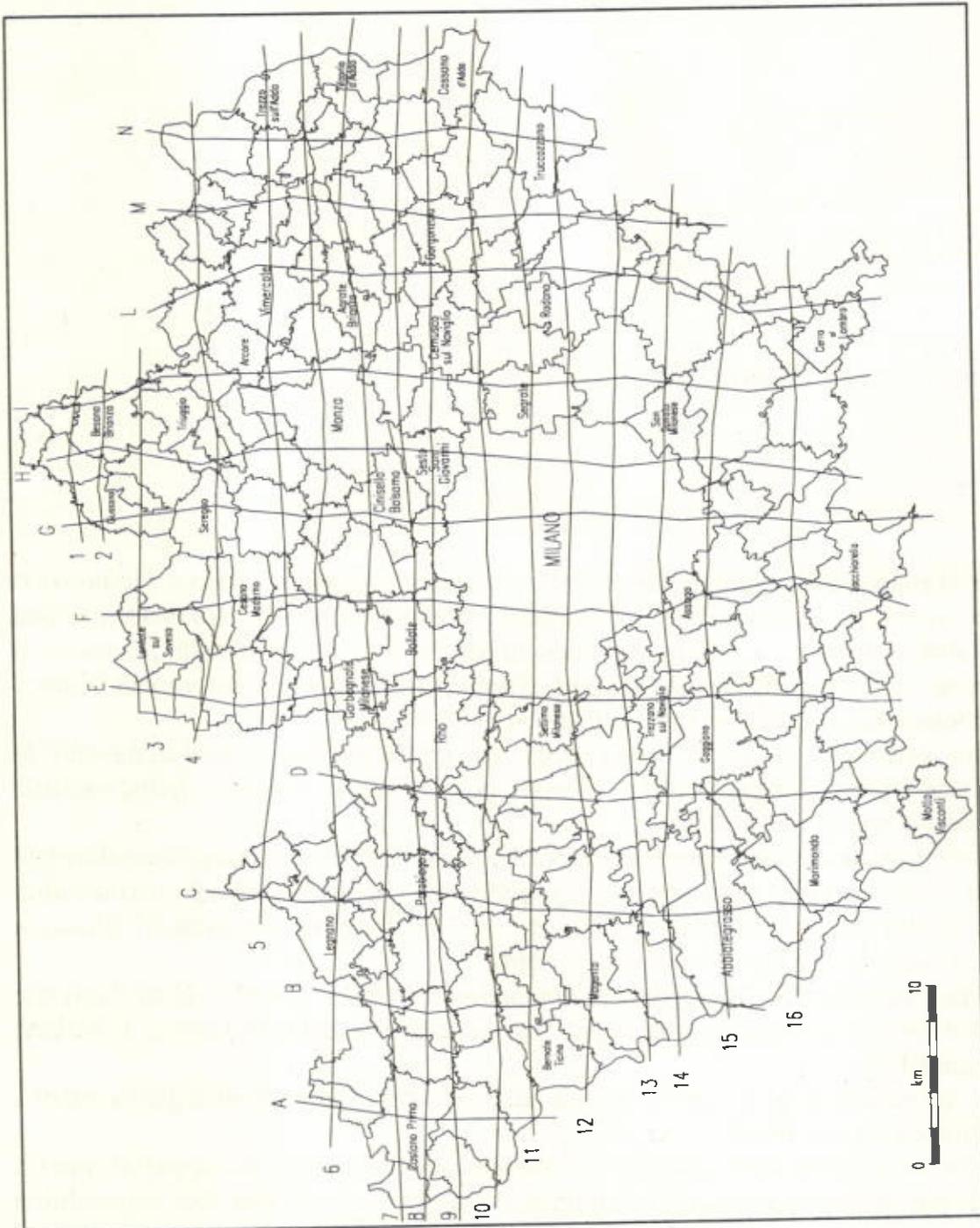


Fig. 16: Traccia delle sezioni idrogeologiche

dell'acquifero tradizionale;

- presenza di acquiferi più profondi rispetto all'acquifero tradizionale;
- possibilità di interconnessione tra gli acquiferi e tra acque superficiali e sotterranee.

6.1 SEZIONI NORD-SUD

Il sottosuolo della Provincia mostra un evidente incremento degli spessori di depositi permeabili in prossimità dei maggiori corsi d'acqua e procedendo da N a Sud.

Risultano particolarmente favorevoli le condizioni determinate dai depositi del F.Ticino, del F.Olona, del T.Seveso, del F.Lambro e del F.Adda; infatti in corrispondenza dei settori nei quali questi depositi sono più abbondanti, la trasmissività degli acquiferi e di conseguenza la produttività delle falde appare rilevante.

Fra queste aree, che rappresentano i bacini di sedimentazione delle alluvioni di questi corsi d'acqua nel Pleistocene, si interpongono dorsali determinate dai sollevamenti post-villafranchiani e caratterizzate dall'affioramento dei depositi attribuiti dagli AA. al Mindel e al Riss; le sezioni pongono in evidenza le dorsali di Gallarate, che separa il bacino di Ticino e Olona, quella di Uboldo, fra Olona e Seveso ed infine quella di Monza che si estende verso Est fino al F.Adda.

Per descrivere i lineamenti dell'area esaminata, sono state tracciate in direzione N-S dodici sezioni geologiche, la cui disposizione è stata scelta in modo che risultassero parallele alla maggior inclinazione dei sedimenti, che mediamente è orientata da NNO a SSE.

Questo accorgimento è stato usato per consentire una più completa illustrazione delle caratteristiche della struttura idrogeologica, i cui salienti motivi di interesse verranno esposti in sintesi nella breve descrizione che segue.

SEZIONE A

Comuni attraversati: Gallarate, Cardano al Campo, Samarate, Vanzaghello, Castano Primo, Robecchetto con Induno.

Le principali strutture di interesse idrogeologico dell'area interessata da questa sezione sono costituiti dalla "dorsale" di terreni poco permeabili che viene ad affiorare presso Gallarate e dal rilevante accumulo di sedimenti di elevata produttività evidenziato dai pozzi che sono stati perforati presso il F.Ticino.

La sezione è collocata in modo da illustrare la struttura del terrazzo di Gallarate sul quale affiorano i depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio (attribuiti al Riss Auct.) e la sua graduale ricopertura ad opera dei più recenti sedimenti del Pleistocene superiore (Würm Auct.), che vengono acquistando rapidamente spessore man mano che si procede verso Sud.

Considerando l'inclinazione media apparente dei sedimenti dei depositi del Pleistocene medio e antico, che risulta del 0.5% circa, due volte inferiore a quella del contatto fra le ghiaie e sabbie würmiane e i depositi prevalentemente limoso-sabbiosi più antichi, risulta evidente che gli acquiferi attraversati dai pozzi di Gallarate vengono progressivamente sostituiti verso valle da sedimenti più permeabili e trasmissivi.

Essendo il contatto molto inclinato fra Gallarate e Vanzaghello, è in questo settore che si verifica un miglioramento della produttività dei pozzi.

La sezione risulta quindi caratterizzata da una parte settentrionale con scarsa ricarica, livello piezometrico non molto lontano dalla superficie e spessore mediocre degli acquiferi più produttivi in corrispondenza e poco a valle di Gallarate.

In questo settore i pozzi vengono spinti fino a notevole profondità entro i sedimenti di età villafranchiana, dove le lenti di sabbia e ghiaietto intercalati agli spessi banchi di argille e limi grigi hanno un discreto spessore complessivo.

Più a valle un graduale aumento della potenza degli acquiferi, che pur essendo captati solamente fino al contatto con i sedimenti villafranchiani, che si colloca nella parte meridionale a circa 100 m di profondità, consentono ai pozzi di raggiungere uno spessore totale delle finestrature prossimo o anche superiore ai 30 m totali.

Vi è quindi da considerare il fatto che gli acquiferi della zona settentrionale, al di fuori di quello più superficiale ora quasi non più captato per lo scarso stato qualitativo, hanno spessore piuttosto limitato e sono tra loro ben separati da aquitard di discreta potenza.

Le riserve utilizzabili, che sono all'incirca proporzionali allo spessore degli acquiferi, risultano quindi più ridotte di quanto avviene a valle.

Si riduce per contro in queste condizioni la vulnerabilità degli acquiferi, senza dubbio inferiore a quella della parte meridionale della sezione.

Il livello della falda, si mantiene ad una profondità dal piano campagna di circa 20-25 m, ma la soggiacenza tende a diminuire verso valle, creandovi condizioni ancora più favorevoli per il prelievo.

SEZIONE B

Comuni attraversati: Fagnano Olona, Busto Arsizio, Dairago, Arconate, Inveruno, Mesero, Marcallo con Casone, Magenta, Robecco sul Naviglio.

La sezione descrive la parte occidentale della "dorsale" di Gallarate, che ritroviamo al disotto di una copertura di circa 40 m depositi alluvionali a Busto Arsizio.

Anche in questo caso, dal momento che il livello piezometrico raggiunge a mala pena la base dei depositi würmiani, gli acquiferi captabili sono tutti contenuti entro i sedimenti attribuiti al Pleistocene medio e antico, come nel caso di Gallarate.

Complessivamente la resa dei pozzi rimane accettabile, anche in presenza di un elevato prelievo; questo tuttavia si verifica per la provenienza di una discreta alimentazione dalla struttura idrogeologica costruita dal F.Olona.

I sedimenti würmiani vengono ad assumere un più rilevante spessore già all'altezza di Dairago.

Fino ad Inveruno il livello della falda si mantiene ad una soggiacenza elevata (oltre 40 m), in relazione alla struttura idrogeologica e ai prelievi dell'area a monte.

Il tratto meridionale indica in modo ancora più evidente di quanto non si sia potuto fare nella sezione precedentemente descritta i motivi delle condizioni ottimali nei quali si viene a trovare l'area magentina, dove i depositi del F.Ticino hanno formato un acquifero continuo di circa 130 m di spessore, con falda subaffiorante e ottima resa delle perforazioni.

SEZIONE C

Comuni attraversati: Gorla Minore, Rescaldina, Legnano, Canegrate, Parabiago, Arluno, Santo Stefano Ticino, Corbetta, Cassinetta di Lugagnano, Abbiategrosso, Ozzero.

Le principali strutture rappresentate sono costituite a Nord dal complesso dei depositi del F.Olona e a Sud, a valle di Corbetta, dalla parte orientale del complesso dei depositi del F.Ticino.

Appare ben indicata anche la transizione fra questi due settori.

Viene posto in evidenza come il F.Olona, che ha rappresentato probabilmente il corso d'acqua al quale affluivano gli apporti di ghiacciai pleistocenici appartenenti al Ceresio e al Verbano abbia dato luogo alla sedimentazione di 90-100 m di alluvioni molto grossolane, prevalentemente ghiaiose, raramente interrotte da limi. Ciò è avvenuto in un'area non molto ristretta, situata in prevalenza a oriente dell'attuale corso d'acqua, ed estesa a Ovest sufficientemente per estinguere la "dorsale" di Gallarate.

A valle di Parabiago questa struttura, che dà luogo fino a notevoli profondità ad acquiferi di grande interesse per la loro produttività, mostra una transizione al

complesso dei depositi del Ticino.

Nella zona di transizione si osserva come nelle precedenti sezioni una consistente riduzione dell'inclinazione dei sedimenti, che passa al 0.3% circa, della loro granulometria e del loro spessore complessivo, che si riduce a 60-70 m, e una consistente compartimentazione dell'acquifero per la comparsa di livelli semipermeabili in maggiore abbondanza.

Entrando nell'area di dominio del Ticino, che può essere individuata già a valle di Corbetta, si riscontra una ripresa dello spessore dell'acquifero, che raggiunge il centinaio di metri presso Abbiategrasso.

La soggiacenza della falda si mantiene su valori elevati fino al F.Olona (40-50 m) e tende a diminuire portandosi verso Sud.

La sezione illustra quindi tre settori che, pur con alcune differenze, hanno in comune una grande produttività fino a profondità superiori ai 150 m anche se a tale vantaggio si accompagna una rilevante esposizione alle contaminazioni.

SEZIONE D

Comuni attraversati: Turate, Gerenzano, Uboldo, Lainate, Pogliano Milanese, Pregnana Milanese, Bareggio, Cisliano, Vermezzo, Gudo Visconti, Rosate, Bubbiano, Motta Visconti.

Le strutture descritte dalla sezione sono: la "dorsale" di terreni relativamente poco trasmissivi che chiude verso Est il complesso dei depositi del F.Olona, fino all'incirca a Pogliano; la parte meridionale della struttura del F.Olona, che vediamo attraversata dalla sezione fra Pogliano e Bareggio; il complesso dei depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi del Ticino.

Il terrazzo di Uboldo e Origgio mostra una permeabilità e una trasmissività mediocri, non del tutto sfavorevole alla captazione, ma sicuramente inferiore a quella dell'area dell'Olona. All'altezza di Pogliano Milanese, si sostituisce a questa struttura quella più favorevole allo sfruttamento costituita dai sedimenti del F.Olona. Quest'area presenta una rilevante produttività fino a notevole profondità.

Anche in questo caso si verifica la transizione ai depositi del Ticino, i quali, nella parte posta più a valle, fino a Motta Visconti, mostrano caratteri analoghi a quelli descritti nella sezione precedente.

Lo spessore dell'acquifero tradizionale assume valori di circa 70 m e la sua base si immerge verso Sud con una pendenza dello 0.3% come nei casi precedenti.

Da Cisliano procedendo verso meridione si determina una locale separazione dell'acquifero tradizionale in diverse falde tra cui quelle poste tra 10-30 e 50-60 m di profondità.

SEZIONE E

Comuni attraversati: Cermenate, Lazzate, Misinto, Cogliate, Ceriano Laghetto, Solaro, Cesate, Garbagnate, Arese, Rho, Pero, Settimo Milanese, Milano, Trezzano sul Naviglio, Noviglio, Vernate.

La sezione risulta costituita da tre strutture principali: quella di Ceriano Laghetto-Solaro-Arese a Nord, formata da una "dorsale" di depositi del Pleistocene medio, quella fra Arese e Milano, dove viene nuovamente intercettato il complesso di alluvioni del F.Olona ed infine quella del Sud Milano, dove i depositi costituiscono forse l'estrema propaggine orientale del complesso delle alluvioni ticinesi.

Nel settore Nord, costituito dai medesimi depositi del terrazzo di Uboldo e Origgio, con una forte componente di sedimenti di provenienza lariana, marcata dalla prevalenza delle rocce calcaree a costituire gli acquiferi, non si riscontra sempre una elevata produttività dei pozzi; fatta eccezione per l'area di Ceriano Laghetto e Solaro, dove prevalgono i depositi ghiaioso-sabbiosi, nella parte restante della dorsale la resa dei pozzi risulta mediocre, anche per l'elevata soggiacenza della falda (40-50 m) che riduce lo spessore sfruttabile dai pozzi.

La presenza di livelli di conglomerati abbastanza continui e di rilevanti spessori, fino a 60 m, contraddistingue i tratti meno permeabili di questo settore.

I meno permeabili sedimenti villafranchiani compaiono a circa 90-100 m; la resa dei pozzi, ad eccezione per le aree nominate che presentano una buona produttività, è molto limitata dal fatto che il livello piezometrico si trova a circa 70-90 m dal piano campagna.

Mediamente più produttivo risulta il complesso dei depositi del F.Olona. Procedendo verso Sud, all'interno dell'area di affioramento del fluvioglaciale Würm Auct., si nota la presenza di diversi livelli poco permeabili che tendono a suddividere localmente l'acquifero tradizionale. Ciò nonostante in alcune aree, come ad esempio nella zona Rho-Pero, questo complesso di sedimenti permeabili raramente interrotti da livelli limosi è particolarmente potente e viene ad assumere spessori di oltre 50 m.

In questo settore il livello della falda si avvicina notevolmente al piano campagna.

La struttura descritta viene incontrata dalla sezione fino a Settimo Milanese.

Più a valle si osserva un leggero incremento della frazione fine dei sedimenti, evidenziando che il complesso alluvionale del Ticino raggiunge a mala pena quest'area.

La produttività dei pozzi rimane peraltro ottima fino a rilevante profondità.

SEZIONE F

Comuni attraversati: Figino Serenza, Novedrate, Lentate sul Seveso, Barlassina, Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago, Varedo, Paderno Dugnano, Bollate, Novate Milanese, Milano, Buccinasco, Assago, Rozzano, Basiglio, Lacchiarella.

Caratterizzano questa sezione tre strutture importanti, a valle dell'area morenica: i depositi alluvionali del T.Seveso, la parte terminale del complesso alluvionale del F.Olona e i depositi alluvionali di varia provenienza del Sud Milano.

Possiamo vedere immediatamente che, a parte la produttiva area di Cesano Maderno dove si incontrano alla profondità di qualche decina di metri i sedimenti che formano la "dorsale" di Uboldo-Origgio-Garbagnate precedentemente descritta, non sussistono in questo settore le premesse per una elevata resa dei pozzi che caratterizzano l'analogo complesso del F.Olona.

I sedimenti del T.Seveso raggiungono infatti uno spessore massimo di 50 m presso Paderno Dugnano, dove sono seguiti in profondità da livelli sabbiosi probabilmente appartenenti alla descritta dorsale.

Anche in questa sezione come nella precedente appare rilevante lo spessore dei conglomerati che, nella parte settentrionale, si estendono fino ad oltre 100 m di profondità.

Il complesso del F.Olona, che vediamo comparire a Bollate, mostra una superiore produttività, ma il livello piezometrico già viene a collocarsi alla base della litozona di maggiore potenzialità idrica, per effetto del prelievo esercitato dai pozzi di Milano e dell'hinterland, riducendo così la resa delle captazioni.

I limiti delle alluvioni del F.Olona non sono ben definibili; come meglio appare dalle sezioni Ovest-Est il terrazzo di Garbagnate risulta ancora presente nel sottosuolo, scendendo verso la zona Espinasse entro Milano e interessando anche Vialba.

Ciò pare testimoniare il fatto che esso rappresenti uno spartiacque sul quale la sedimentazione di Olona e Seveso è stata carente.

L'esistenza di questa struttura peggiora la produttività dei pozzi, in particolare quelli che si attestano nelle prime decine di metri. Nel territorio interessato dalla sezione, a valle del tratto in cui lo spartiacque è più vicino alla superficie come nella parte meridionale di Milano, i sedimenti dell'Olona si riuniscono con quelli del T.Seveso, come mostra il fatto che si fanno numerosi e frequenti i setti poco permeabili che tendono a compartimentare l'acquifero tradizionale; sono inoltre presenti livelli conglomeratici molto in profondità, non comuni nei sedimenti del F.Olona e tipici invece di quelli del Seveso.

La produttività dei pozzi rimane peraltro discreta, fatta eccezione per la descritta zona di spartiacque.

SEZIONE G

Comuni attraversati: Inverigo, Giussano, Seregno, Desio, Nova Milanese, Cinisello Balsamo, Bresso, Milano, Pieve Emanuele.

Possiamo vedere evidenziate in questa sezione alcune strutture di un certo interesse idrogeologico. A Nord è presente la transizione fra i depositi glaciali e la pianura. A questa struttura fa seguito più a valle un marcato incremento della trasmissività e della produttività degli acquiferi, che si deve probabilmente al sommarsi di sedimenti provenienti dal F.Lambro con quelli del Seveso. Infine, a Sud di Milano, si osservano i sedimenti di non definita provenienza (probabilmente da Lambro, Seveso e Olona), che qui rivelano una buona produttività.

La sezione interessa nel settore nord una struttura diversa da quella determinata dalla deposizione delle alluvioni del T.Seveso; infatti gli AA. attribuiscono i depositi di questa parte della sezione al F.Adda.

Dal punto di vista litologico si riscontra un netto aumento dello spessore dei conglomerati, rispetto al bacino del Seveso, attribuiti al Pleistocene medio-inferiore; di essi fa parte il Ceppo dell'Adda.

Si delinea un aspetto comune con la pianura bergamasca, dove al disotto di una coltre di ghiaie di modesto spessore, i conglomerati rivelano una notevole continuità e potenza.

Alla base del Ceppo, si rinvengono ghiaie e sabbie spesso discretamente produttive (acquifero sotto il Ceppo).

La base dell'acquifero, che mostra una pendenza superiore all'1%, si trova ad una profondità massima di 70-80 m, ma i prelievi idrici hanno portato all'abbassamento dei livelli piezometrici e quindi ad una carenza di possibilità di sfruttamento della risorsa.

All'altezza di Seregno la sezione torna ad attraversare i sedimenti del T.Seveso nella parte in cui questi hanno il maggiore spessore (si raggiungono i 70 m presso Desio); purtroppo la produttività rimane solo discreta, trovandosi il livello piezometrico circa 10 m al disopra della base dell'acquifero più trasmissivo.

Si notano comunque a maggiori profondità acquiferi continui e potenti, che garantiscono una buona resa complessiva dei pozzi.

La sezione attraversa alcune strutture interessanti, quali il paleoalveo di Giussano, attribuito al F.Lambro, che presenta una notevole estensione e dà luogo a un consistente aumento di portata unitaria della falda.

L'apporto di sedimenti da parte del F.Lambro diventa da questo punto importante, cosicché lo spessore dell'acquifero tende ad aumentare portandosi a valori di 20 m circa a Desio e 40-50 m a Nova Milanese-Cinisello Balsamo.

Questo determina una struttura particolarmente favorevole a Milano, dove la potenza complessiva di sedimenti permeabili attraversati è prossimo al centinaio

di metri (zona Comasina).

Verso Sud aumenta anche la percentuale di litotipi sabbiosi e l'acquifero viene a ripartirsi in più livelli acquiferi separati da aquitard di modesto spessore; la produttività rimane peraltro buona.

SEZIONE H

Comuni attraversati: Briosco, Besana Brianza, Carate Brianza, Albiate, Lissone, Monza, Sesto San Giovanni, Milano, San Donato Milanese, San Giuliano Milanese, Locate Triulzi.

I terreni attraversati presentano due strutture di grande interesse. La prima è posta a Nord dove i depositi del F.Lambro attribuiti al Pleistocene medio si estendono su un largo tratto della sezione, comprendendo Monza dove il substrato villafranchiano si rinviene a profondità relativamente modesta. La seconda è localizzata a valle di Monza dove si rinviene il complesso di sedimenti molto potenti e permeabili, attribuibili anch'essi per la maggior parte al F.Lambro che prosegue fino a Sud di Milano.

Nella parte settentrionale la sezione risulta caratterizzata da un elevato spessore di conglomerati di non elevata permeabilità.

Il Ceppo risulta in chiara discordanza sui depositi villafranchiani, permettendo il passaggio di acque alle falde in essi contenute; si verificano così le condizioni per l'alimentazione delle falde profonde che si rinvergono nel Milanese. La struttura in esame non si segnala dunque per la sua buona produttività, tanto più che a Monza la base dell'acquifero si trova a soli 60 m di profondità a causa del probabile sollevamento post-villafranchiano che ha interessato questo settore; i pozzi si devono approvvigionare da falde profonde (fino a 130 m) contenute nei depositi villafranchiani, i cui acquiferi risultano fortemente inclinati (circa 0.5%). A valle di Monza le possibilità di resa di pozzi vengono progressivamente aumentando per il grande spessore complessivo e per la permeabilità elevata dei sedimenti del Lambro, che nella zona di Crescenzago (Milano) presentano una potenza totale di 130 m sui complessivi 180 m di profondità dei pozzi.

In questo modo Milano si trova nella parte settentrionale in una condizione particolarmente favorevole: infatti alla presenza a Ovest dei sedimenti del F.Olona e forse di quelli del Ticino, si somma ad Est l'abbondante sedimentazione del Lambro.

SEZIONE I

Comuni attraversati: Renate, Besana Brianza, Correzzana, Lesmo, Villasanta, Monza, Brugherio, Cologno Monzese, Vimodrone, Segrate, Peschiera Borromeo, San Giuliano Milanese, Carpiano.

Le strutture idrogeologiche rappresentate sono costituite dalla "dorsale" di Monza e dal complesso dei depositi del F.Lambro, che viene a interessare la parte orientale dell'hinterland milanese.

E' bene sottolineare il fatto che la "dorsale" di Monza ha un ruolo fondamentale nell'idrogeologia della parte nordorientale della provincia, considerata l'ampiezza del territorio sul quale si manifesta il sollevamento del substrato.

In effetti a Est del F.Lambro, in tutta la parte nordorientale della provincia, questa struttura limita fortemente l'estensione verticale degli acquiferi.

Nel territorio rappresentato dalla sezione, la dorsale è costituita a nord da depositi glaciali che ricoprono uno scarso spessore di ghiaie e sabbie, mentre il Ceppo costituisce la roccia serbatoio locale. A Sud, nel territorio di Monza, la dorsale è costituita dai depositi fluvio-glaciali del Pleistocene medio e antico, che sovrastano il substrato villafranchiano posto a circa 40 m di profondità. La base dell'acquifero presenta una pendenza di circa 0.5%.

Le falde più profonde sono poco rialimentate e separate dalla superficie come a Lesmo, mentre più a valle (Monza) possono essere relativamente più idonee allo sfruttamento anche se lo spessore degli acquiferi utilizzabili si riduce a poche decine di metri.

Solo da Brugherio iniziano i sedimenti würmiani del F.Lambro, che incrementano lo spessore e la permeabilità dell'acquifero creando le condizioni più idonee per l'uso delle acque sotterranee.

Va rilevato che da Vimodrone verso Peschiera Borromeo si assiste ad una compartimentazione dell'acquifero dapprima in due parti e successivamente in più livelli.

I valori di permeabilità in tutta la parte orientale della città di Milano fino al territorio interessato da questa sezione rimangono molto elevati consentendo una ottima rialimentazione delle falde.

Le alluvioni del Lambro, già descritte nella sezione precedente, risultano per la loro permeabilità e spessore quelle che più delle altre contribuiscono alla ottima resa dei pozzi nell'area milanese.

La struttura qui indicata come "depositi del F.Lambro" riveste quindi un ruolo determinante nell'idrogeologia della provincia.

SEZIONE L

Comuni attraversati: Osnago, Lomagna, Carnate, Usmate, Vimercate, Burago Molgora, Agrate, Caponago, Pessano, Bussero, Cassina de' Pecchi, Vignate, Settala, Tribiano, Colturano, Vizzolo Predabissi.

Si possono identificare in questa sezione le due medesime unità indicate in quella precedente: la dorsale che limita fortemente lo spessore degli acquiferi fino a Pessano, riducendo in modo consistente la trasmissività, e i depositi alluvionali pleistocenici in parte del F.Lambro e in parte del T.Molgora.

Il Ceppo costituisce l'acquifero principale della dorsale, con un limitato spessore produttivo (meno di 20 m). Nella struttura con migliore resa, che inizia a valle di Pessano, la base dell'acquifero si mantiene a 45-50 m di profondità e presenta una pendenza verso Sud di circa 0.6%; il livello piezometrico si porta ad una soggiacenza di 20-25 m.

In profondità vengono captate falde che si mostrano poco intercomunicanti con la superficie e quindi dotate di scarsa rialimentazione, testimoniata in molti casi anche dalla facies riducente delle acque sotterranee.

A partire da Vignate-Settala si verifica un aumento di potenza dell'acquifero tradizionale, per i probabili apporti dei depositi del F.Adda; migliorano quindi le condizioni per l'approvvigionamento idrico; l'acquifero appare localmente suddiviso in due livelli principali, fino a 40 e tra 40 e 80 m di profondità.

Il livello piezometrico è posto ad una profondità dal piano campagna generalmente inferiore a 10 m.

SEZIONE M

Comuni attraversati: Merate, Cernusco Lombardone, Aicurzio, Sulbiate, Bellusco, Ornago, Cambiagio, Gessate, Gorgonzola, Melzo, Liscate, Paullo, Cervignano d'Adda.

Nella sezione sono rappresentate le medesime strutture descritte in precedenza: tutto il settore nord, fino a Gorgonzola e Gessate, rispetta i caratteri della "dorsale" di Monza; a valle si ha un discreto incremento dei livelli più permeabili, similmente a quanto avviene nel territorio descritto dalla sezione precedente.

A nord si nota tuttavia un maggior spessore dei conglomerati rispetto all'area posta a occidente, anche se la produttività dei pozzi risulta altrettanto limitata, soprattutto per le difficoltà di rialimentazione degli acquiferi, spesso separati dalla superficie da livelli limosi e argillosi molto continui e potenti.

Anche la produttività delle falde contenute negli acquiferi villafranchiani è limitata, tanto che la sezione individua pochi pozzi che sfruttano gli acquiferi profondi.

I depositi del T.Molgora, ai quali si sommano probabilmente quelli del F.Adda, formano un complesso alluvionale di discreta entità solo a partire da Melzo; verso Sud le condizioni migliorano ulteriormente (Liscate, Paullo) e, nonostante la permeabilità non particolarmente elevata di questi sedimenti e l'infittimento dei livelli limoso-argillosi in prossimità della superficie, si raggiungono discreti rendimenti dai pozzi contenuti entro 100 m di profondità.

SEZIONE N

Comuni attraversati: Verderio, Cornate d'Adda, Busnago, Roncello, Basiano, Masate, Inzago, Pozzuolo Martesana, Trucazzano, Comazzo.

Questa sezione, tracciata in vicinanza del F.Adda, illustra il proseguimento verso oriente della dorsale dianzi descritta i cui effetti si risentono fino a Masate dove affiorano i depositi mindeliani e gli effetti della sedimentazione più recente di depositi pleistocenici del F.Adda, che erano presenti già nella parte meridionale delle sezioni precedentemente descritte.

Si nota nella parte settentrionale il rilevante spessore dei conglomerati che sono saturi per circa 30-35 m.

La base dell'acquifero, posta a circa 90 m di profondità subisce una variazione di pendenza all'incirca all'altezza di Busnago dove assume valori di oltre 1.5%.

Da Inzago verso Sud si determinano condizioni più favorevoli all'immagazzinamento di acque nel sottosuolo in relazione alla presenza di depositi del F. Adda; all'altezza di Pozzuolo Martesana si hanno anche consistenti banchi di sabbia che caratterizzano la litologia dell'acquifero tradizionale e verso Sud lo spessore complessivo dei depositi würmiani dell'Adda risulta incrementarsi: ad esempio a Trucazzano è pari a circa 80 m.

Questi elementi, uniti alla scarsa soggiacenza della falda, rendono questo settore di interesse particolare per le possibilità di sfruttamento della risorsa.

6.2 SEZIONI EST-OVEST

Il sottosuolo della provincia è stato inoltre studiato attraverso la ricostruzione di 16 sezioni idrogeologiche orientate Est-Ovest.

Tali sezioni consentono in particolare di valutare nel settore settentrionale l'estensione laterale delle aree interessate dalle dorsali, legate ai sollevamenti post-villafranchiani, rispetto ai bacini di sedimentazione a queste interposti; nel settore centro-meridionale rendono invece possibili valutazioni sull'attenuazione degli effetti di questi sollevamenti che favoriscono fenomeni di coalescenza tra i sedimenti provenienti dai differenti bacini di sedimentazione.

SEZIONE 1

Comuni attraversati: Cadorago, Cermenate, Figino Serenza, Carugo, Giussano, Briosco, Besana Brianza, Monticello Brianza, Missaglia, Merate.

L'area interessata dalla sezione mostra una struttura idrogeologica complessa, per la presenza a non grande profondità del substrato roccioso. Non sono stati compiuti studi di dettaglio su quest'area, sia per l'indirizzo generale dello studio eseguito, sia per il fatto che il territorio esaminato ricade al di fuori della provincia.

Si osserva la rilevante potenza del Ceppo, che con i suoi conglomerati di oltre 100 m di spessore compare su tutta la sezione; questa unità non è sempre dotata di permeabilità elevata, tuttavia localmente i pozzi possono avere un'alta resa.

Il settore a Ovest del Lambro risulta favorevole per la ricerca idrica, in quanto è interessato da notevoli spessori di conglomerati (oltre 50 m) e ghiaie, che comunque sono saturi solo nella parte basale al contatto con depositi poco permeabili del Villafranchiano; la base dell'acquifero si trova a circa 100 m di profondità.

Nell'area di Figino Serenza appare possibile una intercomunicazione tra la falda contenuta nell'acquifero tradizionale e quelle più profonde.

Elementi di rilevante importanza sono costituiti dai corsi d'acqua Seveso e Lambro nei cui paleoalvei, spessi parecchie decine di m, vengono ad accumularsi importanti quantitativi di acqua. Questi elementi costituiscono quindi il maggiore interesse per la captazione di acque in relazione alle migliori portate specifiche.

In particolare nella zona rappresentata in sezione prende origine il paleoalveo del F.Lambro che si può seguire in modo evidente verso Sud per diversi di km.

Le condizioni più sfavorevoli per la ricerca idrica si riscontrano a Ovest del F.Lambro dove, al di sotto di depositi glaciali o di conglomerati, si rinviene il substrato roccioso praticamente impermeabile; solo verso il Fiume Adda si hanno condizioni relativamente più favorevoli all'immagazzinamento di acque nel sottosuolo.

SEZIONE 2

Comuni attraversati: Lomazzo, Bregnano, Cermenate, Novedrate, Mariano Comense, Giussano, Besana Brianza, Casatenovo, Missaglia, Cernusco Lombardone, Merate, Imbersago.

A Ovest del Lambro si hanno notevoli spessori di depositi glaciali, con scarsa potenzialità idrica e presenza di falde sospese, che ricoprono conglomerati sovrapposti al substrato roccioso; raramente compaiono le argille villafranchiane. Solo tra Mariano Comense e Novedrate viene individuata la base dell'acquifero tradizionale, mentre procedendo verso Ovest si hanno notevoli spessori di conglomerati e ghiaie (oltre 100 m di spessore), ma con livelli limoso-argillosi di bassa permeabilità.

Risultano ancora individuabili i paleoalvei dei T.Seveso e Lura, mentre quello del F.Lambro non risulta più in asse con l'attuale tracciato, ma più spostato verso occidente.

Le dispersioni nel sottosuolo di quest'ultimo corso d'acqua sembrano inoltre alimentare un acquifero profondo al di sotto dell'acquifero tradizionale.

SEZIONE 3

Comuni attraversati: Lomazzo, Rovellasca, Lazzate, Lentate sul Seveso, Meda, Seregno, Carate Brianza, Triuggio, Casatenovo, Osnago, Merate.

In questa sezione risulta ben individuata la base dell'acquifero tradizionale nell'area occidentale dove si rinviene a circa 80-100 m di profondità; tale area risulta caratterizzata da una struttura idrogeologica relativamente semplice in cui al di sotto di notevoli spessori di depositi poco permeabili, si hanno livelli conglomeratici e ghiaiosi e quindi limi e argille.

Nell'area orientale si hanno notevoli spessori di conglomerati a Triuggio e la base dell'acquifero risulta posta a quota più elevata rispetto all'area precedente.

Si osserva come in prossimità del T.Molgora si incontrino depositi villafranchiani molto grossolani, in questo caso costituiti da conglomerati.

La struttura idrogeologica risulta comunque di difficile ricostruzione sulla base dei soli dati esistenti.

SEZIONE 4

Comuni attraversati: Somma Lombardo, Cardano al Campo, Gallarate, Cassano Magnago, Solbiate Olona, Gorla Minore, Cislago, Turate, Misinto, Cogliate, Seveso, Seregno, Sovico, Lesmo, Camparada, Usmate Velate, Carnate, Bernareggio, Aicurzio, Cornate d'Adda.

In questa sezione sono affioranti solo alcuni depositi fluvioglaciali antichi sui terrazzi di Cardano-Samarate, di Turate, delle Groane, di Sovico, di Lesmo-Camparada, di Bernareggio e di Aicurzio-Cornate.

Si alternano pertanto zone in cui si hanno diverse condizioni potenziali di infiltrazione di acque e quindi di ricarica delle falde.

Come si può osservare si hanno spessori minimi dell'acquifero tradizionale nella zona compresa tra Lesmo ed Aicurzio (anche inferiori a 10 m), in quanto la base dell'acquifero si porta a piccola profondità dal p.c. (20-40 m)

In questo settore ad Est del F.Lambro le falde profonde appaiono protette dall'infiltrazione di acque superficiali con eventuale carico inquinante, ma non si registrano condizioni molto favorevoli alla captazione di acque sotterranee.

Procedendo verso Ovest le condizioni idrogeologiche migliorano e lo spessore dell'acquifero tende ad aumentare raggiungendo spessori di oltre 30 m a Cogliate. Inoltre ad occidente del T.Bozzente risulta pressoché assente in profondità la cementazione dei litotipi e quindi si ha una permeabilità più elevata.

Non viene più individuata la base dell'acquifero nel settore del F.Ticino, anche se dovrebbe essere posta a circa 100-120 m di profondità.

SEZIONE 5

Comuni attraversati: Lonate Pozzolo, Ferno, Samarate, Busto Arsizio, Castellanza, Rescaldina, Uboldo, Saronno, Solaro, Limbiate, Bovisio Masciago, Desio, Lissone, Vedano al Lambro, Arcore, Vimercate, Bellusco, Busnago, Trezzo d'Adda.

Nel settore occidentale si riscontra una struttura idrogeologica relativamente più semplice e con maggiore produttività, sia nel bacino di sedimentazione delle alluvioni del F.Ticino, posto a Ovest della dorsale di Ferno-Gallarate, sia almeno fino a Castellanza, in corrispondenza del bacino del F.Olona.

Nella sezione si può osservare come la presenza della dorsale di Gallarate determini un'area di minore trasmissività dell'acquifero tradizionale tra Busto Arsizio e Ferno.

Notevole potenza risultano avere i depositi del Pleistocene recente e medio nel

bacino del F.Olona, fino alla dorsale di Uboldo-Origgio, dove iniziano ad apparire i conglomerati che divengono sempre più frequenti e spessi man mano che si entra nel bacino del Seveso e del Lambro.

In quest'area tuttavia lo spessore dell'acquifero tradizionale rimane piuttosto elevato (mediamente 70 m), ma la notevole soggiacenza della falda comporta una consistente ulteriore riduzione della trasmissività.

La scarsa potenzialità idrica del settore posto ad Est del Fiume Lambro viene confermata da questa sezione in quanto in quest'area sono captate falde profonde contenute all'interno di depositi scarsamente permeabili. Si configura la dorsale di Monza, che presenta una rilevante estensione in tutto il nordest della Provincia. Essa si evidenzia a Ovest di Vedano al Lambro con una brusca diminuzione della quota a cui si trova la base dell'acquifero.

Verso Oriente le condizioni non migliorano, per il persistere di un ridotto spessore dell'acquifero (circa 30 m di spessore utile, per lo più in conglomerati).

SEZIONE 6

Comuni attraversati: Lonate Pozzolo, Vanzaghello, Busto Arsizio, Legnano, San Vittore Olona, Cerro Maggiore, Origgio, Caronno Pertusella, Cesate, Limbiate, Varedo, Nova Milanese, Muggiò, Concorezzo, Burago Molgora, Ornago, Roncello, Grezzago, Trezzo d'Adda.

Questa sezione conferma i lineamenti precedentemente individuati, mostrando una relativa semplificazione della struttura procedendo verso Sud.

Nel settore occidentale, dove la maggiore permeabilità dei terreni superficiali consente una maggiore rialimentazione, si ha la generale predominanza delle ghiaie. Si nota nuovamente la minore permeabilità del settore di Busto Arsizio e una maggiore profondità della base dell'acquifero che a Legnano è posta ad oltre 80 m.

Una brusca variazione di permeabilità si registra in prossimità della dorsale di Muggiò-Monza; da questa zona verso l'Adda lo spessore dell'acquifero tradizionale si riduce ad una decina di m e vengono captate falde più profonde all'interno dei depositi villafranchiani.

SEZIONE 7

Comuni attraversati: Nosate, Castano Primo, Dairago, Villa Cortese, Canegrate, Parabiago, Nerviano, Lainate, Garbagnate, Senago, Paderno Dugnano, Cinisello Balsamo, Agrate, Cavenago d'Adda, Cambiagio, Basiano, Pozzo d'Adda, Vaprio

d'Adda.

Di scarsa evidenza l'estensione della dorsale di Gallarate, che separa in profondità i bacini dei due corsi d'acqua; nella sezione questa dorsale risulta presente fra Dairago e Canegrate, dove ha l'unico effetto di ridurre localmente la trasmissività dell'acquifero.

Nell'area orientale, dove prevalgono i sedimenti carbonatici, si possono identificare i bacini del Seveso-Lambro, a Est della dorsale di Origgio; questi sedimenti si distinguono per i notevoli spessori di conglomerati, che non compaiono se non raramente nei sedimenti del F.Olona.

Lo spessore complessivo dell'acquifero si riduce a circa 80 m.

A Ovest del F.Lambro si osservano le conseguenze della presenza della "dorsale di Monza": la base dell'acquifero risulta infatti a quota più elevata, mentre la potenza dell'acquifero tradizionale si riduce a 35-40 m.

La potenzialità della falde profonde appare tuttavia discreta. A Ovest della dorsale gli spessori rimangono ridotti attraversando l'area di deposizione del T.Molgora.

La struttura idrogeologica risulta comunque di difficile ricostruzione sulla base dei soli dati esistenti.

SEZIONE 8

Comuni attraversati: Nosate, Castano Primo, Buscate, Arconate, Busto Garolfo, Parabiago, Nerviano, Lainate, Rho, Arese, Bollate, Cormano, Cusano Milanino, Cinisello Balsamo, Sesto San Giovanni, Brugherio, Carugate, Pessano con Bornago, Gessate, Inzago, Cassano d'Adda.

Ad eccezione del terrazzo delle Groane e quello di Gessate, su tutta la sezione affiora il fluvioglaciale Würm anche se è intuibile la presenza di terrazzi sepolti (ad es. tra Carugate e Pessano).

In tal modo si vengono a realizzare le migliori condizioni per una elevata potenzialità degli acquiferi, determinando una potenza media dei livelli permeabili fra i maggiori della pianura. Tale condizione favorevole è determinata anche dall'attenuarsi degli effetti della dorsale monzese, della quale si rilevano peraltro evidenti manifestazioni a partire da Brugherio verso Est.

In tale zona si nota come lo spessore dei livelli permeabili superficiali non superi i 40 m, e come i livelli tipici delle argille villafranchiane si possano reperire a non grande profondità.

Su tutta la sezione incominciano inoltre a porsi in evidenza livelli sabbiosi, più frequenti nella parte ad Ovest dell'Olona.

Le falde profonde appaiono meno intercomunicanti con quella tradizionale, e

quindi anche meno vulnerabili all'inquinamento, al di sotto dei terrazzi e nel settore orientale.

SEZIONE 9

Comuni attraversati: Turbigo, Robecchetto con Induno, Buscate, Arconate, Busto Garolfo, Parabiago, Pogliano Milanese, Rho, Arese, Novate Milanese, Bresso, Sesto S.Giovanni, Cologno Monzese, Cernusco sul Naviglio, Bussero, Gorgonzola, Bellinzago, Inzago, Cassano d'Adda.

Questa sezione è posta interamente nella aree di affioramento del fluvioglaciale Würm; si rileva peraltro la presenza nel sottosuolo di terrazzi sepolti al di sotto di uno scarso spessore dei depositi più recenti come ad esempio a Bellinzago e Arese-Rho, dove significativamente la permeabilità risulta più ridotta.

I conglomerati diventano subordinati ai litotipi non cementati e in generale l'acquifero tradizionale manifesta uno spessore variabile tra 40 e 60 m, con valori massimi nel settore centrale.

Si hanno inoltre livelli di scarsa permeabilità che tendono a compartimentare localmente l'acquifero come ad esempio ad Arconate-Busto Garolfo.

Dove i livelli meno permeabili sono più frequenti e potenti, si registrano differenze di livello piezometrico di qualche metro fra le falde contenute nei diversi acquiferi.

La dorsale monzese rimane in evidenza, sia pure a discreta profondità. Le sue più dirette ripercussioni si riscontrano nella ridotta profondità della base dell'acquifero tradizionale (40 m circa a Cologno contro i 60 m di Sesto e gli 80 di Milano).

Tale fatto limita in modo consistente la produttività dei pozzi della zona orientale.

SEZIONE 10

Comuni attraversati: Turbigo, Robecchetto con Induno, Cuggiono, Inveruno, Ossona, Arluno, Vanzago, Pregnana Milanese, Rho, Pero, Milano, Vimodrone, Cernusco sul Naviglio, Cassina de Pecchi, Pozzuolo Martesana, Cassano d'Adda.

L'area esaminata, che interessa la provincia all'altezza di Milano, è contraddistinta dal fatto che si raggiungono i maggiori spessori dell'acquifero tradizionale della pianura (circa 70 m); la base è posta a circa 100 m di profondità.

Tale fatto è determinato dal rilevante approfondimento delle dorsali, che vengono coperte da una più o meno potente coltre di sedimenti ghiaioso-sabbiosi; ciò ha consentito la coalescenza dei depositi dei corsi d'acqua contigui (ad es. Ticino-Olona, Olona-Seveso-Lambro) che impedisce di distinguere i diversi bacini di sedimentazione.

Tale condizione rende particolarmente favorevole l'area dove si trova Milano, nella quale si vengono a sommare gli apporti di questi corsi d'acqua. La sezione mostra infatti che nel centro cittadino lo spessore dell'acquifero è molto rilevante, essendo continuo fino a circa 90 m di profondità.

Sono molto diffusi i livelli sabbiosi e sempre meno frequenti i livelli conglomeratici, comunque presenti verso la base dell'acquifero.

Anche nel settore orientale migliora la permeabilità e lo spessore dell'acquifero e in sostanza le possibilità di sfruttamento delle risorse idriche sotterranee rispetto a quanto si è constatato più a Nord.

Le tracce della dorsale monzese rimangono evidenti solo nelle zone di minore sedimentazione, in corrispondenza delle alluvioni del T.Molgora fra Pozzuolo Martesana e Cassina dè Pecchi.

SEZIONE 11

Comuni attraversati: Cuggiono, Bernate Ticino, Mesero, Marcallo con Casone, Santo Stefano Ticino, Vittuone, Sedriano, Bareggio, Cornaredo, Settimo Milanese, Milano, Segrate, Pioltello, Vignate, Melzo e Trucazzano

La sezione, come la precedente, illustra il rilevante spessore dell'acquifero tradizionale all'altezza di Milano e il suo grado di separazione dagli orizzonti permeabili più profondi.

La sua base si ritrova infatti a oltre 100 m di profondità, mentre lo spessore dell'acquifero tradizionale raggiunge i 90 m.

Una maggiore compartimentazione all'interno dell'acquifero tradizionale si registra tra Bernate e S.Stefano Ticino e soprattutto tra Settimo Milanese e Milano.

Verso Est si ha una separazione di scarso spessore ma abbastanza continua tra la parte più superficiale e quella profonda dell'acquifero tradizionale; si ricorda che tra le falde di queste due parti esiste un dislivello piezometrico di qualche metro come dimostrato in diversi studi tra i quali quello della Provincia di Milano, 1985.

Verso il Ticino si nota la presenza, come in altre sezioni più settentrionali, di una litozona a bassa permeabilità a partire da circa 55-60 m di profondità; una sua collocazione precisa rimane comunque subordinata all'acquisizione di ulteriori informazioni stratigrafiche laddove effettivamente disponibili.

SEZIONE 12

Comuni attraversati: Bernate Ticino, Magenta, Corbetta, Sedriano, Bareggio, Settimo Milanese, Milano, Segrate, Pioltello, Rodano, Settala, Liscate e Trucazzano.

All'altezza di questa sezione l'acquifero tradizionale appare costituito da una pari percentuale di litotipi permeabili e poco permeabili; ciò determina una locale separazione della falda e una relativa protezione delle parti più profonde.

Tuttavia l'acquifero tradizionale presenta uno spessore di oltre 70 m su tutta la sezione ricostruita e si determinano condizioni favorevoli alla captazione di acque.

I livelli di conglomerato sono individuati ad una profondità di 80-100 m nella parte centrale della pianura, tra Bareggio e Pioltello, mentre livelli argillosi con fossili sono posti a Milano alla profondità di 140 m; le falde profonde sono ben separate da quella soprastante.

La prima falda si trova ovunque a piccola profondità dal piano campagna (inferiore a 10 m) tranne che nella depressione piezometrica di Milano.

Nel settore posto lungo l'Adda e il Ticino si ha una buona permeabilità garantita da litotipi ghiaiosi.

SEZIONE 13

Comuni attraversati: Robecco sul Naviglio, Cislano, Cusago, Cesano Boscone, Milano, Peschiera Borromeo, Pantigliate, Settala, Merlino, Comazzo.

La sezione, che passa all'altezza della zona meridionale di Milano, illustra l'area di transizione fra la zona a Nord di Milano caratterizzata da acquiferi prevalentemente ghiaiosi e quella a Sud con acquiferi per lo più sabbiosi.

Tale transizione si manifesta con la riduzione della granulometria dell'acquifero, la presenza saltuaria di orizzonti di conglomerati verso la base dell'acquifero, la compartimentazione dell'acquifero e la diminuzione parziale dello spessore utile.

Si rileva inoltre che fino alla profondità di 180 m esistono falde captate dai pozzi.

Tranne il settore di Milano, nel quale si risente della depressione piezometrica operata dai prelievi idrici, il livello della falda si mantiene a piccola profondità.

SEZIONE 14

Comuni attraversati: Robecco sul Naviglio, Cassinetta, Albairate, Gaggiano, Trezzano sul Naviglio, Buccinasco, Milano, San Donato Milanese, Mediglia, Tribiano, Paullo, Zelo Buon Persico.

Questa sezione, che è posta all'altezza del limite meridionale del Comune di Milano, descrive il passaggio litologico tra la zona a prevalenza di ghiaie a Nord e quella posta a Sud, dove tra i livelli acquiferi predominano quelli sabbiosi.

Una netta separazione tra le falde si realizza a circa 110 m di profondità laddove compaiono argille con fossili.

Lungo la sezione, a parte alcune condizioni locali, non si notano sostanziali differenze nella distribuzione dei litotipi tranne la relativa maggiore frequenza di orizzonti poco permeabili nel settore orientale rispetto a quello occidentale.

Come nelle sezioni precedenti il livello della falda è posta a piccola profondità dal piano campagna tranne l'area di Milano dove risente ancora in modo evidente della depressione creata dal prelievo dei pozzi.

SEZIONE 15

Comuni attraversati: Abbiategrasso, Gaggiano, Vermezzo, Buccinasco, Assago, Rozzano, Opera, San Giuliano Milanese, Colturano, Mulazzano, Cervignano d'Adda.

In questa sezione l'acquifero tradizionale appare compartimentato, tanto che si può seguire una separazione tra una parte superficiale e una più profonda a circa 40-50 m di profondità nel settore Est e a circa 30-40 m in quello Ovest.

I livelli ghiaiosi sono collocati a circa 30 m di profondità verso Occidente e a 10-20 m ad oriente.

In diverse aree (Opera, S.Giuliano Milanese) vengono captate falde al di sotto della base dell'acquifero tradizionale.

Si osserva che a questa latitudine non si risente più nell'andamento del livello piezometrico degli effetti della depressione determinata dai prelievi di Milano.

SEZIONE 16

Comuni attraversati: Ozzero, Morimondo, Rosate, Noviglio, Zibido San Giacomo, Basiglio, Pieve Emanuele, Locate Triulzi, Carpiano, Melegnano,

Vizzolo Predabissi, Casalmaiocco, Boffalora d'Adda.

La disponibilità di dati stratigrafici relativi a pozzi più profondi solo nell'area occidentale consente una ricostruzione relativamente completa del sottosuolo, nel quale le aree maggiormente produttive sono quelle di Noviglio ed Ozzero. Gli acquiferi più produttivi si collocano fra i 10 e i 40 m di profondità.

Si osserva anche che fra Noviglio e Zibido S.Giacomo si ha la captazione di falde poste al di sotto della base dell'acquifero tradizionale, così come a Pieve Emanuele, Locate Triulzi e Carpiano.

L'assenza di perforazioni più profonde di 70 m nell'area orientale non consente una buona ricostruzione della struttura idrogeologica di questo settore.

7. BASE DELL'ACQUIFERO TRADIZIONALE

La ricostruzione delle sezioni idrogeologiche ha consentito di mettere a punto il modello concettuale del sottosuolo. Tra le altre elaborazioni è stata cartografata la base dell'acquifero tradizionale (m s.l.m.) (Figura 17) che costituisce quindi il limite inferiore delle falde maggiormente sfruttate della pianura milanese.

Il suo andamento è abbastanza regolare con valori che descrescono in generale da Nord verso Sud. Inoltre, poiché l'inclinazione generale della superficie della base dell'acquifero è superiore a quella topografica, procedendo verso Sud si assiste ad un incremento dello spessore dei depositi fluvio-glaciali.

A livello locale si registrano anomalie in corrispondenza sia dei fenomeni di sollevamento tettonico, già evidenziati nelle sezioni, sia a fenomeni di tipo erosionale.

Il territorio si può suddividere in tre aree principali all'incirca omogenee: il settore nord-occidentale, il settore nord-orientale ed infine il settore centrale.

La prima area è caratterizzata dall'impronta sulla morfologia della base dovuta principalmente all'azione dei fenomeni erosivi, legati in particolare all'azione degli scaricatori glaciali provenienti dal Verbano. Le quote variano tra i circa 160 m (s.l.m.) nell'area di Legnano ai 90 m di Arluno. Lungo questo allineamento il substrato risulta ribassato di circa 20 m rispetto alle zone laterali. La pendenza è all'incirca compresa tra 1 e 1.5%.

Procedendo sia verso Sud che verso oriente l'andamento della superficie si regolarizza sia in termini di variazioni laterali della profondità che di uniformità della stessa pendenza.

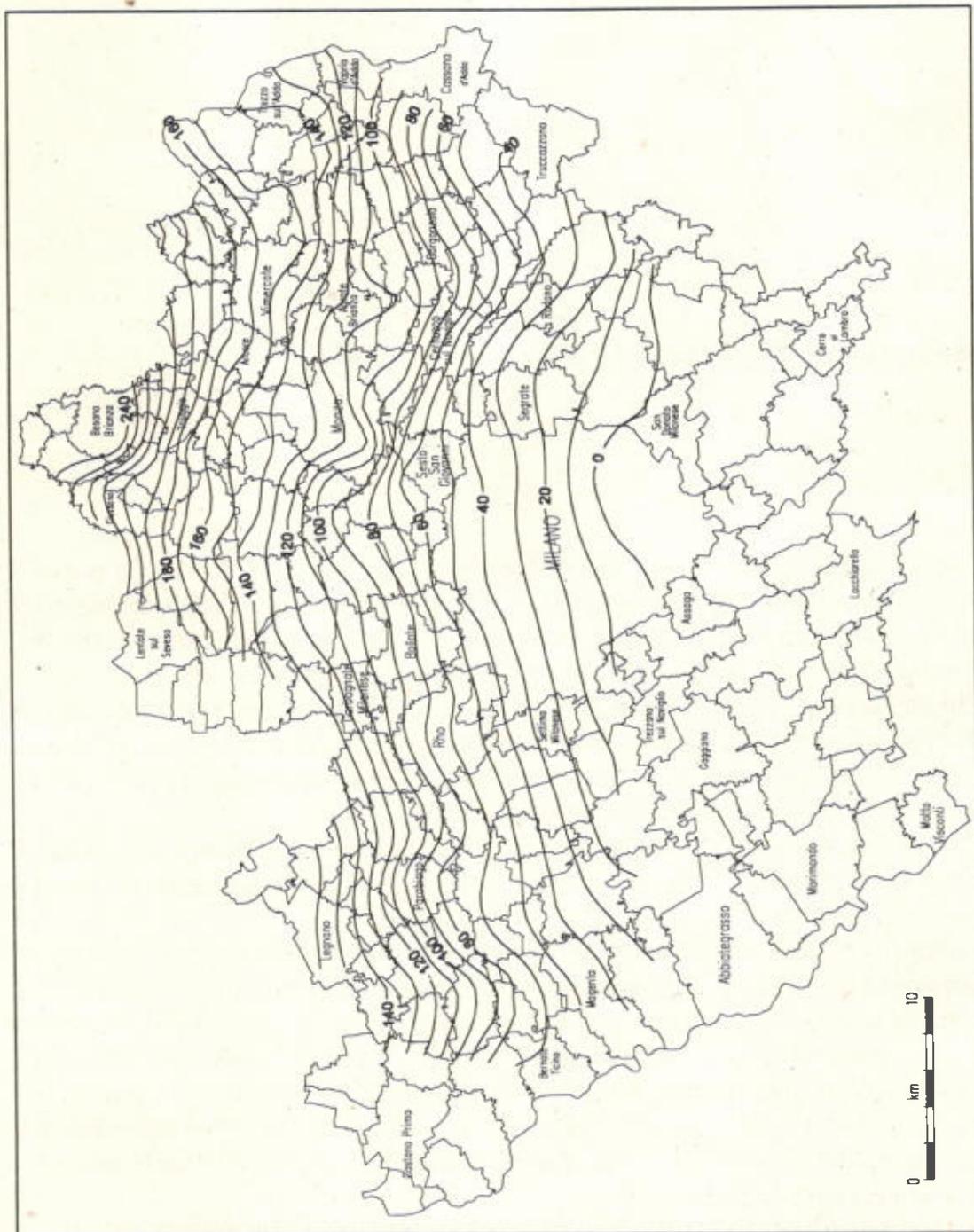


Fig. 17: Carta delle isobate (m s.l.m.) della base dell'acquifero tradizionale

L'area nord-orientale è invece maggiormente interessata da fenomeni di natura tettonica. Si individuano infatti aree caratterizzate da un alto strutturale probabilmente databile al Pleistocene inferiore; le argille "Villafranchiane" e il Ceppo risultano infatti interessati da deformazioni post-deposizionali ben evidenziate dalle sezioni geologiche. In precedenza studi dettagliati sulla geologia profonda per ricerche di idrocarburi nella zona di Monza avevano messo in risalto questo motivo strutturale, testimoniato per esempio dalla presenza di argille plioceniche a profondità molto più ridotte (40-60 m) rispetto all'intero territorio della Provincia di Milano.

In particolare a questa scala sono due gli innalzamenti che si evidenziano in modo chiaro. Il primo è quello già citato ed interessa quasi esclusivamente il territorio di Monza, il secondo è più esteso arealmente ed interessa l'area compresa tra Vimercate e Settala.

Questo innalzamento, unitamente all'andamento nel settore occidentale, determina una condizione generalizzata di basso strutturale a Nord di Milano. Procedendo infatti da Ovest verso Est nel settore settentrionale si assiste ad un repentino innalzamento della profondità della base dell'acquifero che ha inizio nella fascia compresa tra Desio, Cinisello Balsamo e Pioltello; nello spazio di circa 2-3 km la base dell'acquifero tradizionale passa da profondità di 80-85 m a poco più di 40-45 m.

Inoltre le isolinee si inflettono in modo molto repentino nell'estremo settore nord-orientale, in corrispondenza dei comuni di Cornate d'Adda e Trezzo, dove si assiste ad un abbassamento della base dell'acquifero valutabile in una trentina di metri.

In generale in questa seconda area la pendenza varia tra circa il 2% nella zona Nord (Besana e Giussano) a valori di circa lo 0.5% nei pressi di Monza.

L'area meridionale infine è caratterizzata da una maggiore uniformità. Tranne la parte più a Est, della quale si è già detto, le isolinee sono disposte all'incirca E-W e la pendenza è uniformemente attestata su valori di circa 0.5%.

A partire dalla parte meridionale di Milano la base dell'acquifero si incontra a quote inferiori all'attuale livello del mare.

Il livello della base dell'acquifero risulta invece di difficile ricostruzione in alcuni settori dell'alta pianura dove si ha una predominanza di livelli e litozone più marcatamente ghiaiose anche in profondità. Tali aree sono individuabili nei seguenti settori (da Ovest verso Est): Turbigo-Castano Primo, Legnano-Cerro Maggiore, Solaro-Lazzate, oltre al già citato paleoalveo del F. Lambro.

8. FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

Il territorio della provincia di Milano è interessato da rilevazione del livello della falda che si prolungano per diversi decenni, risalendo in qualche caso agli inizi del secolo.

Dagli anni settanta si dispone di rilevazioni mensili in diversi pozzi del C.A.P. e sono state pubblicate diverse cartografie piezometriche e diagrammi di oscillazioni della falda (Cavallin et Al., 1983, Beretta et Al., 1985, Provincia di Milano, 1992).

8.1 CARTA DELLE ISOPIEZOMETRICHE

La carta delle isopiezometriche elaborata a titolo esemplificativo (Figura 18) si riferisce all'autunno del 1994. Sono stati utilizzati i pozzi appartenenti alla rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Provincia di Milano con livelli captati all'interno dell'acquifero tradizionale.

Al momento infatti non sono disponibili misure di livello effettuate con una distribuzione omogenea tale da consentire l'elaborazione di una piezometria differenziata all'interno dell'acquifero tradizionale tra una falda superficiale ed una più profonda.

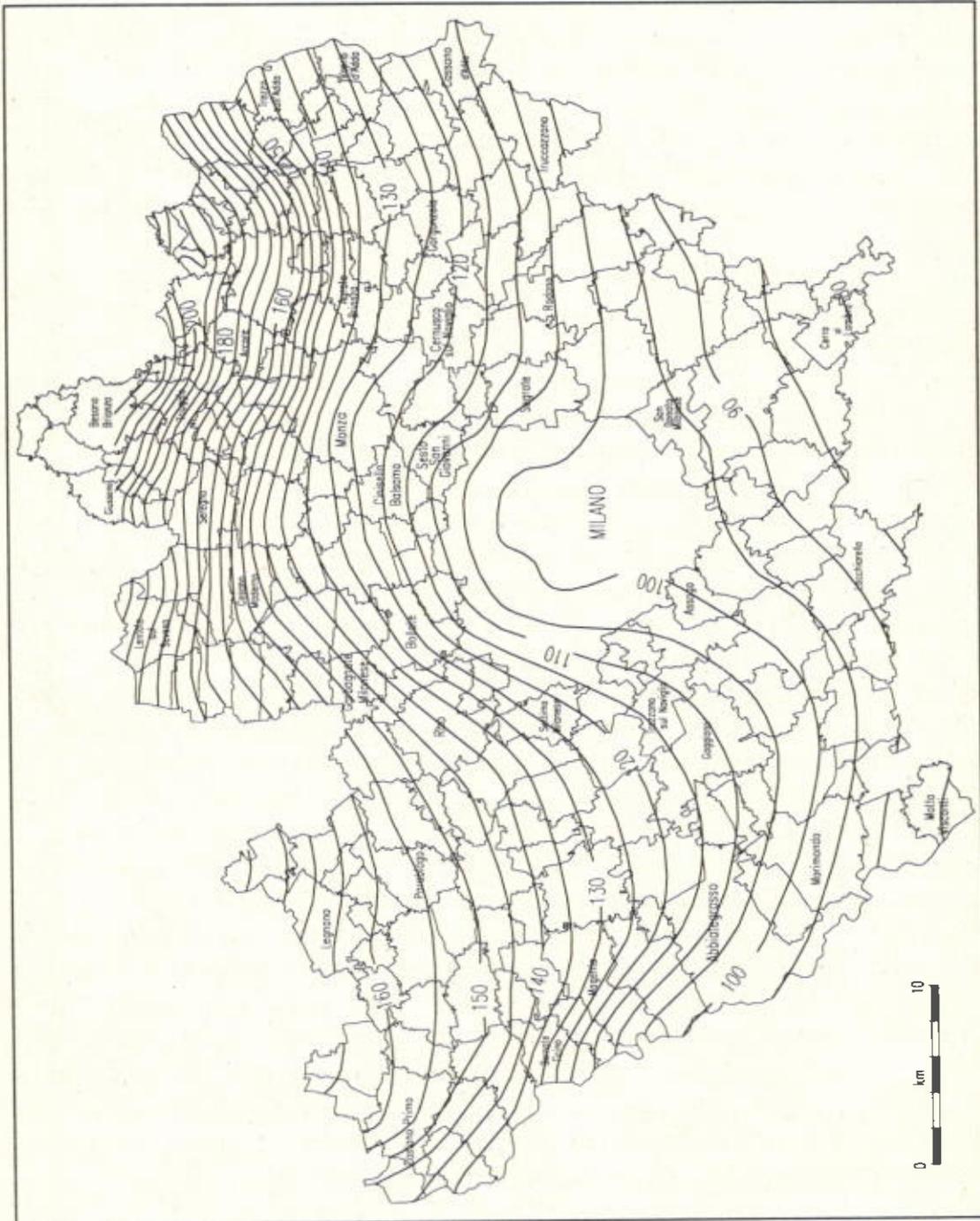


Fig. 18: Carta delle isopiezometriche (m s.l.m.) della falda tradizionale (II sem. 1994)

Una prima osservazione che va fatta riguardo l'andamento generale del livello medio della falda tradizionale evidenzia la nota morfologia con linee di flusso con andamento NNO-SSE; i valori di soggiacenza media sono piuttosto elevati a Nord (30-40 m) e diminuiscono verso Sud, annullandosi in pratica lungo la linea dei fontanili.

La parte centrale, occupata in prevalenza dall'abitato di Milano e dalla sua zona periferica, risente della forte richiesta d'acqua del capoluogo lombardo (circa 13 m³/s) e questo provoca l'ampia depressione piezometrica che influenza notevolmente la morfologia delle isolinee per un settore esteso oltre 30 km.

Le zone laterali sono invece influenzate dall'azione drenante dei corsi d'acqua, favorita anche in alcuni settori da una importante risalita della base dell'acquifero.

Questo effetto "trincea" dei Fiumi Adda e Ticino, noto ormai da diversi anni a partire dagli studi di Cavagna di Galdana, 1953, si esercita in maniera via via decrescente verso il centro dell'area di studio, tanto da portare l'andamento delle isolinee che descrivono la superficie piezometrica, da radiale convergente nella zona centrale a radiale divergente alle due estremità laterali. In particolare questo fenomeno è più marcato nel settore occidentale che in quello orientale.

Al di fuori delle aree nelle quali l'andamento delle isolinee è controllato dagli elementi sopra descritti, le linee di flusso assumono una direzione prevalente Nord-Sud, influenzata sia dall'andamento generale della base dell'acquifero che dalla posizione della zona di recapito delle acque sotterranee costituita dal F. Po. Anomalie a livello locale sono riscontrate anche in corrispondenza del reticolato idrografico minore, sia naturale che artificiale.

Le quote piezometriche variano da oltre 220 m a Nord (Besana Brianza) a circa 75 m a Cerro al Lambro. La depressione posta in corrispondenza dell'abitato di Milano si attesta su valori di circa 100 m s.l.m., stabili nel tempo.

Data la densità dei dati non particolarmente elevata si evidenzia solo in modo limitato nella cartografia proposta l'anomalia piezometrica posta in corrispondenza del paleovalve del F. Lambro, che caratterizza l'area tra Giussano e Muggiò, collocandosi ad occidente dell'alto strutturale di Monza.

Anche il valore del gradiente idraulico è molto variabile, passando da valori minimi di poco superiori allo 0.1% nelle zone meridionale (Paullo-Lacchiarella), a valori di circa 0.3% nella zona occidentale tra Legnano e Gaggiano, fino a giungere e a superare il valore di 1% nell'area a Nord di Monza fino ai confini settentrionali della provincia. Ulteriori incrementi del gradiente rispetto al quadro generale delineato si registrano in corrispondenza del richiamo operato dal prelievo idrico di Milano nell'area di Rho e dall'azione drenante del Ticino, soprattutto per quanto concerne i comuni a Nord di Magenta.

8.2 OSCILLAZIONI DELLA FALDA

L'analisi delle oscillazioni del livello piezometrico è stata condotta, sulla base dei dati rilevati dal Consorzio per l'Acqua Potabile, sui pozzi della rete di rilevamento nel periodo 1980-1993. Questi pozzi infatti, pur presentando le carenze evidenziate precedentemente, sono misurati regolarmente nel tempo ed i dati sono di facile consultazione.

La scelta dei pozzi da utilizzare ha cercato di garantire una distribuzione piuttosto omogenea sull'intero areale di studio. L'ubicazione dei 17 pozzi prescelti e i grafici delle oscillazioni sono riportati rispettivamente nelle Figure 19 e 20 (a-e).

Le oscillazioni stagionali assumono valori che sull'areale si differenziano di oltre un ordine di grandezza. Si passa infatti dai circa 30 m di Briosco, ai 10 m di Lissone, ai 3-4 m nelle zone centrali della provincia fino a oscillazioni contenute all'interno del metro nelle zone meridionali.

Oltre a questo allineamento Nord-Sud, le oscillazioni si attenuano anche procedendo dal centro dell'area verso i corsi d'acqua laterali.

Gli elementi principali che determinano questo comportamento sono costituiti sia dai corsi d'acqua Adda e Ticino che, in particolare, dal F. Po a Sud. Questi fiumi infatti determinano una forte azione regolatrice e stabilizzatrice dei livelli della falda, comportandosi nella pratica come limiti a potenziale imposto.

Oltre al valore dell'escursione dei livelli è di interesse anche la posizione all'interno dell'anno del periodo di massima e di minima soggiacenza della falda.

Infatti a livello provinciale si possono distinguere due aree a comportamento differenziato. Il limite di transizione di queste aree omogenee è costituito dal Canale Villoresi.

In particolare a Nord del canale le oscillazioni sono influenzate principalmente dall'andamento delle infiltrazioni efficaci e dei quantitativi di acque sotterranee emunte; a Sud invece le oscillazioni risentono in forte misura dell'andamento del periodo irriguo.

Così ad esempio a Rho i massimi livelli della falda (minima soggiacenza) si hanno nei mesi di agosto-settembre, mentre i minimi sono raggiunti tra marzo e aprile.

Per i pozzi misti, che interessano sia l'acquifero tradizionale che quello profondo (Ossona, Robecco, Settimo Milanese, Vanzaghella, Lissone), si deve innanzitutto notare la non linearità delle variazioni, positive e negative, rispetto all'andamento ciclico stagionale delle precipitazioni, l'aumento dello sfasamento tra massimo di precipitazione e minimo valore di profondità della falda e infine l'attenuazione generale dei valori di escursione massima che, anche se nel settore Nord e lontano dai principali corsi d'acqua (Ossona, Settimo M. e Vanzaghella) non supera mai i 5-7 m.

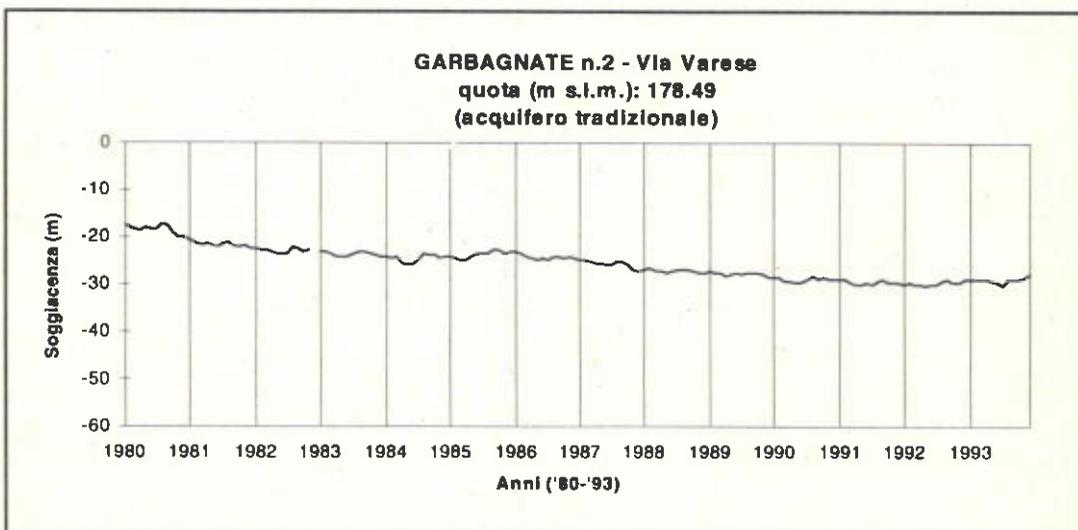
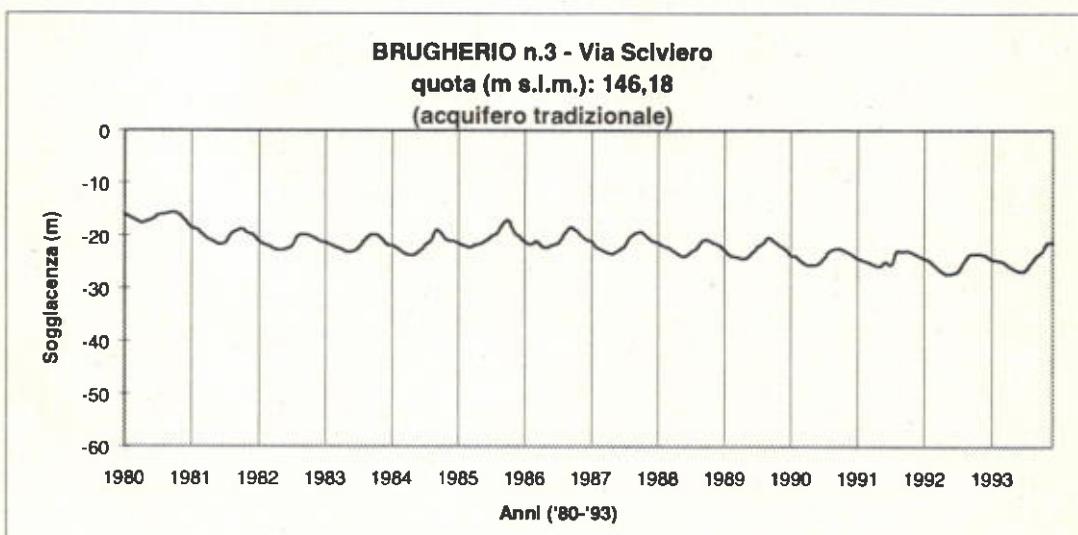
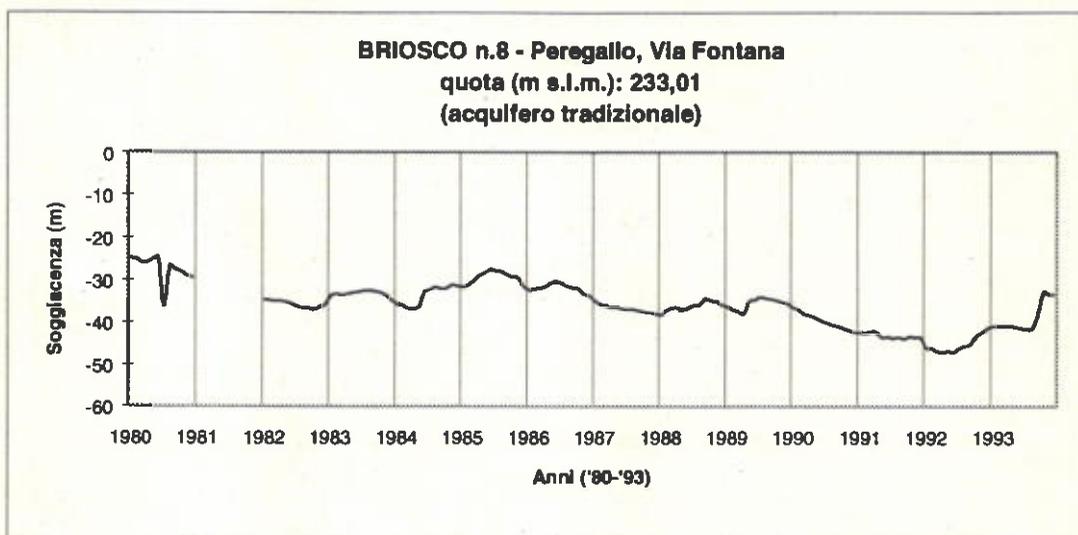


Fig. 20a: Oscillazioni dei valori di soggiacenza delle acque sotterranee (m) nei pozzi utilizzati

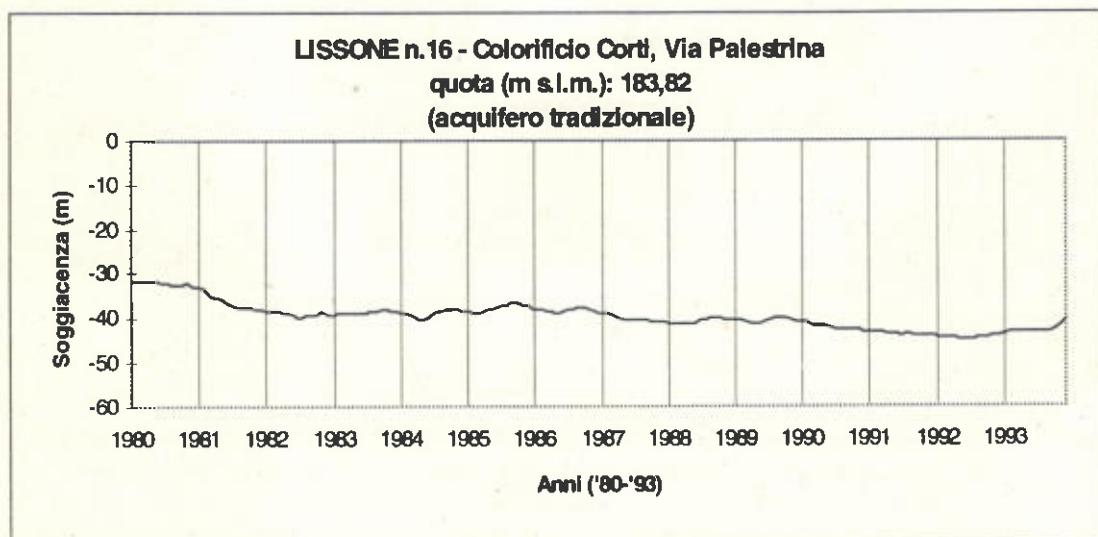
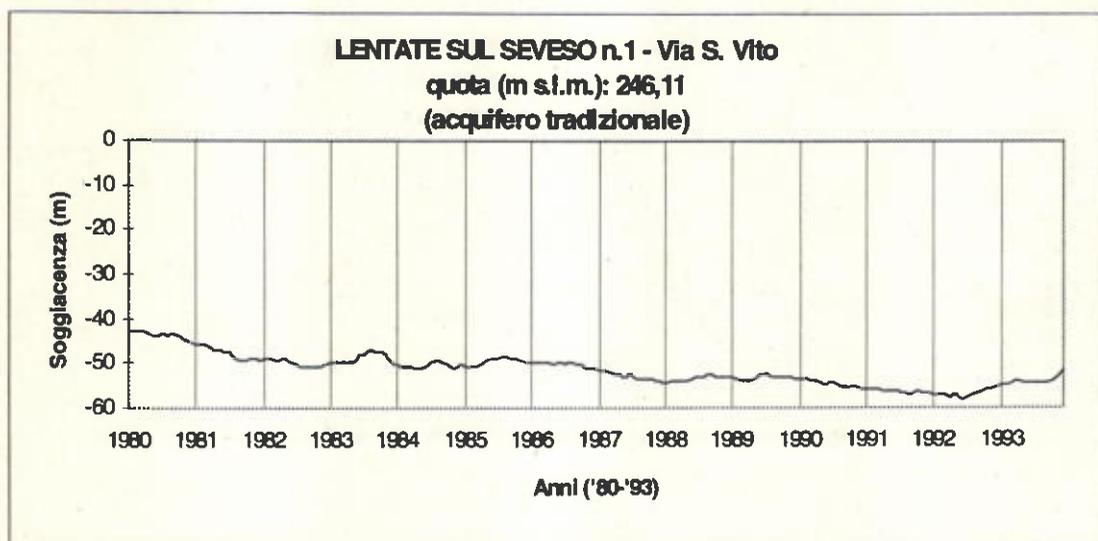


Fig. 20b: Oscillazioni dei valori di soggiacenza delle acque sotterranee (m) nei pozzi utilizzati

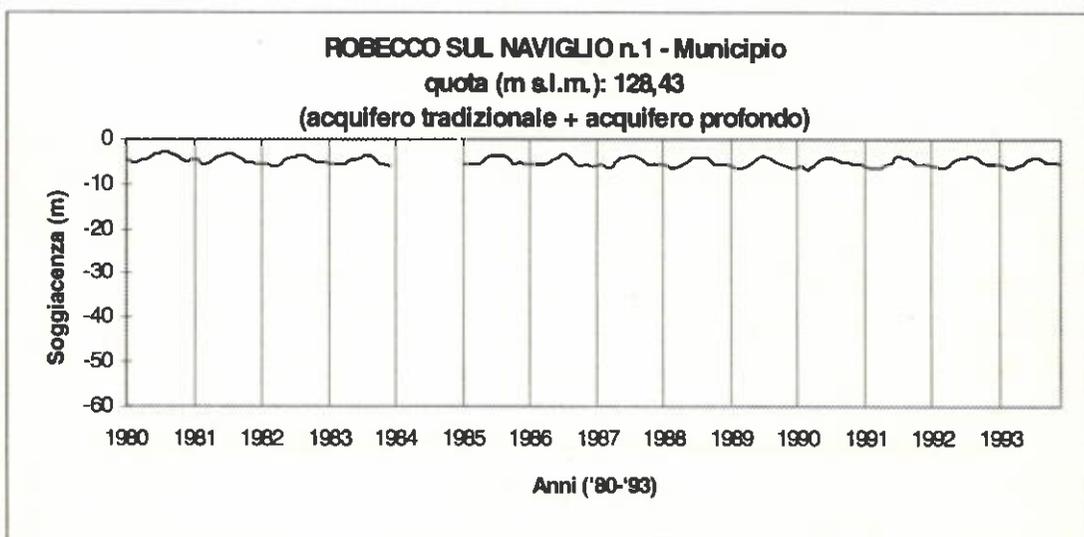
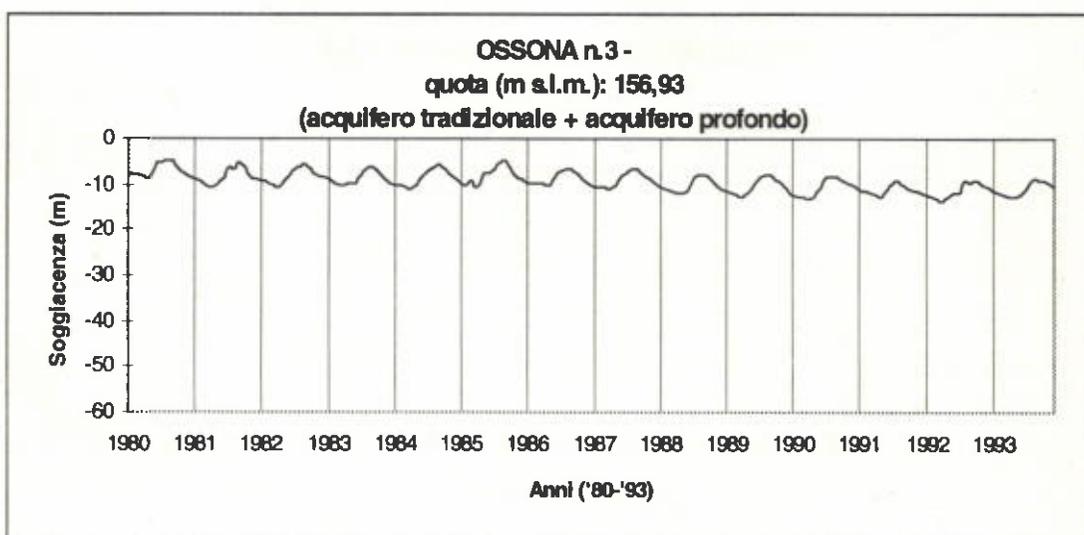


Fig. 20c: Oscillazioni dei valori di soggiacenza delle acque sotterranee (m) nei pozzi utilizzati

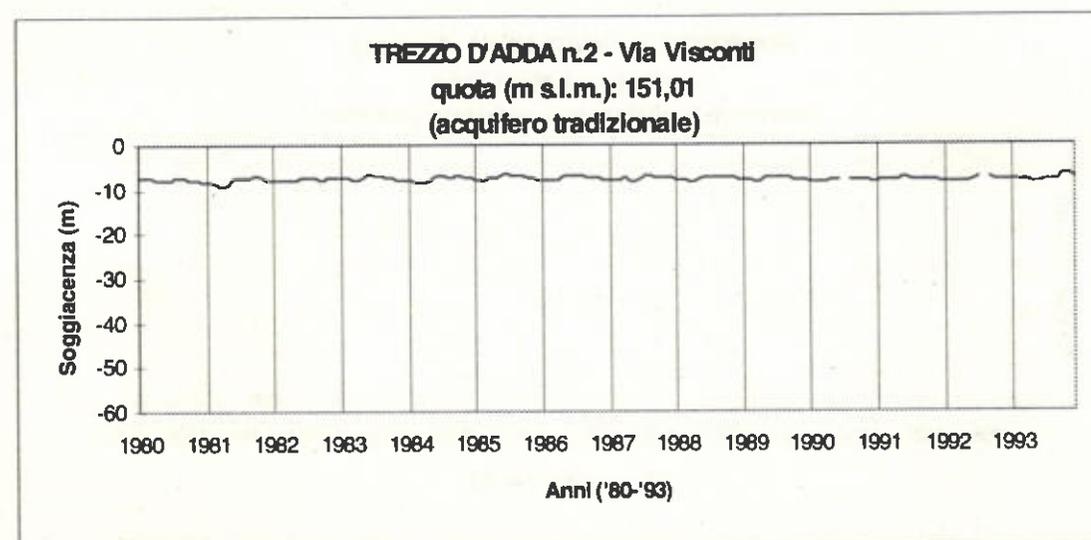
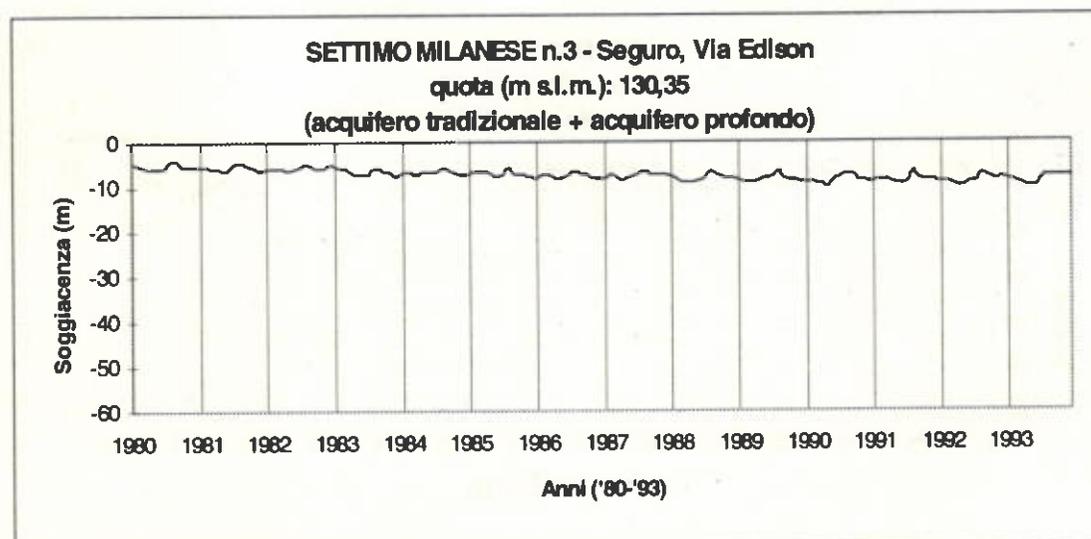
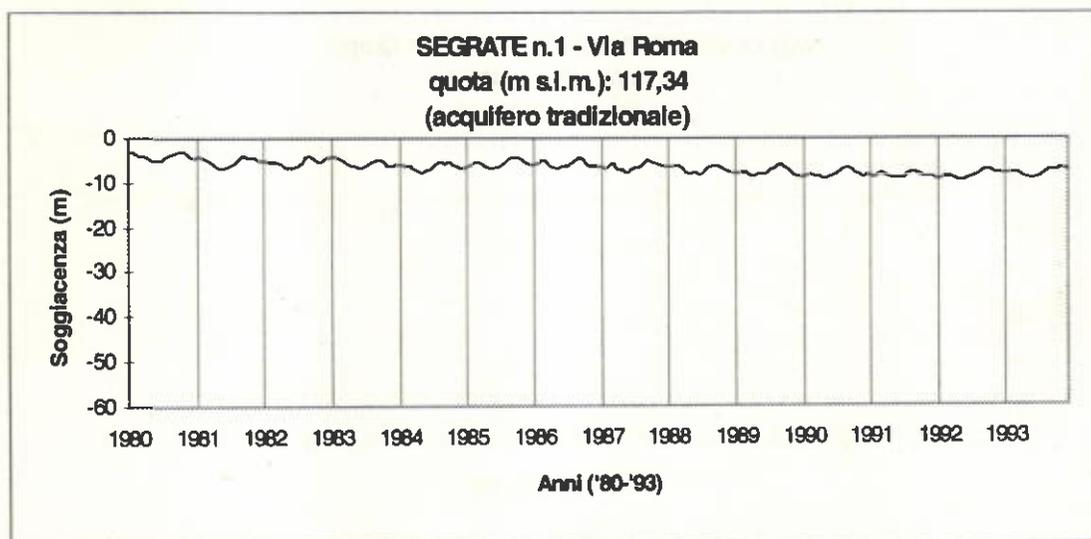


Fig. 20d: Oscillazioni dei valori di soggiacenza delle acque sotterranee (m) nei pozzi utilizzati

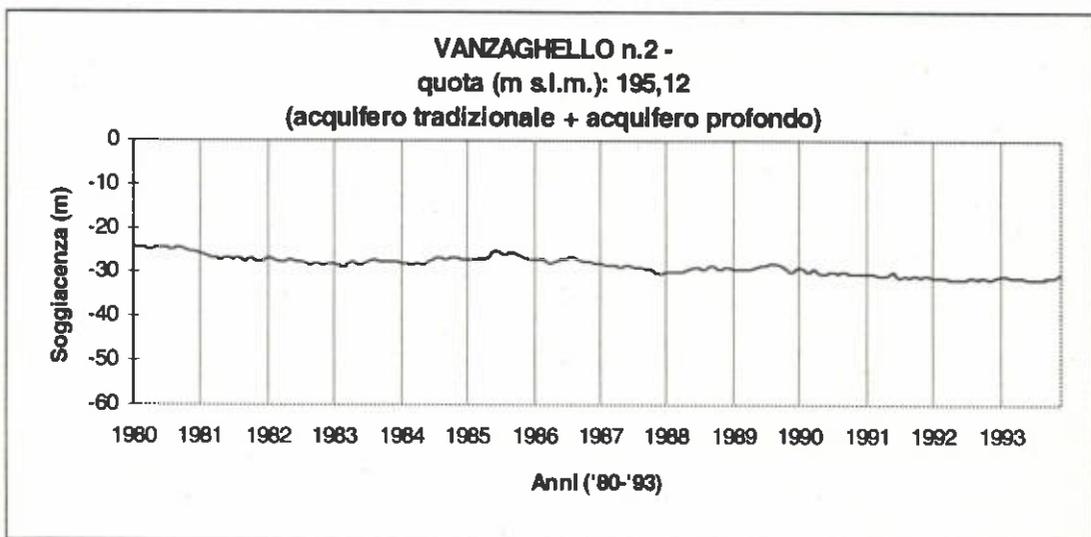
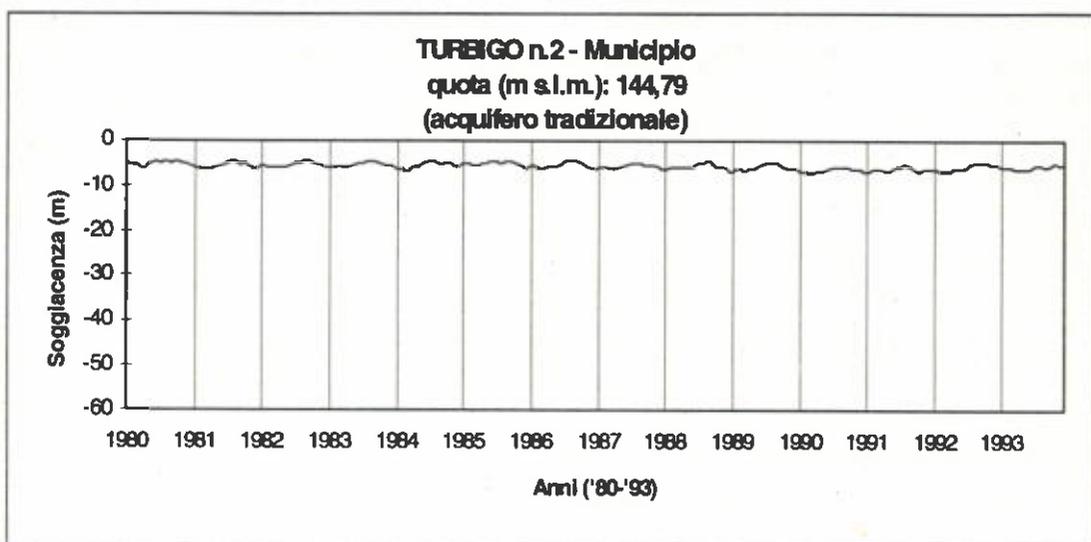
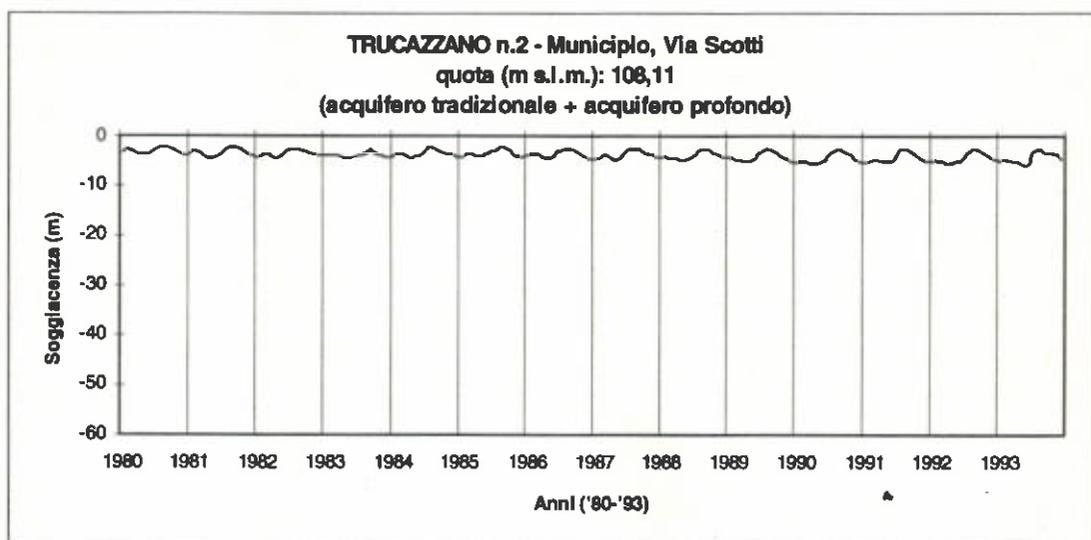


Fig. 20e: Oscillazioni dei valori di soggiacenza delle acque sotterranee (m) nei pozzi utilizzati

Per quanto concerne i trend pluriennali di andamento dei livelli piezometrici il periodo considerato, 1980-1993, può essere suddiviso in 3 fasi:

- 1980-83: abbassamento di 2-3 m in tutti i pozzi in zone ad elevato prelievo e scarsa ricarica, legata soprattutto ai ridotti apporti meteorici;
- 1984-85: locale risalita del livello piezometrico (circa 2 m) o comunque attenuazione degli abbassamenti legata al massiccio apporto di precipitazioni;
- 1986-93: ulteriore riduzione dell'abbassamento, fino quasi ad annullarsi, a testimonianza di una condizione di sostanziale equilibrio tra ricarica e prelievi.

L'interpolazione lineare dei valori di soggiacenza mostra comunque una tendenza generalizzata al decremento dei livelli, sia per quanto concerne l'acquifero tradizionale che i pozzi misti. Questa tendenza è andata notevolmente attenuandosi negli ultimi anni, tanto che il gradiente medio di oscillazione del livello di falda tende ad annullarsi.

9. DISTRIBUZIONE AREALE DEI PRELIEVI IDRICI

Nell'analisi dei prelievi idrici, sono stati presi in considerazione i prelievi per uso pubblico, i prelievi industriali e i prelievi autorizzati per uso agricolo; infine è stato considerato l'ammontare del prelievo totale per ogni singolo comune.

Rispetto al prelievo totale per l'anno 1991 di tutti i comuni della provincia di Milano, che è di poco superiore a $1000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, i prelievi pubblici costituiscono il 42% del totale, i prelievi industriali costituiscono il 57.5% e i prelievi agricoli il restante 0.5% del totale (Provincia di Milano, 1994).

Confrontando invece il rapporto percentuale tra prelievi pubblici e prelievi industriali, escludendo la città di Milano, si evidenzia che il prelievo pubblico passa dal 42% al 58% del totale sollevato, il prelievo industriale dal 57.5% al 41%, mentre resta sempre marginale il prelievo agricolo (che dallo 0.5% passa all'1%). Questi dati mettono in evidenza l'incidenza della notevole quantità di prelievo industriale della città di Milano.

La suddivisione del consumo totale comunale per unità di superficie ha portato alla suddivisione dei valori ottenuti nelle seguenti classi di prelievo totale annuo:

Classe I	$< 10.000 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$
Classe II	$10.000 - 100.000 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$
Classe III	$100.000 - 1.000.000 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$
Classe IV	$> 1.000.000 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$

Tabella 6: Classificazione del Comuni in base al prelievo totale annuo

Come riportato in Figura 21, i prelievi totali hanno una distribuzione abbastanza regolare sul territorio che è influenzata, oltre che dalla densità degli abitanti, anche dalla presenza dei più importanti insediamenti produttivi. Infatti, oltre a Milano, i comuni compresi nella IV classe (prelievi totali superiori a 1.000.000 m³/anno/km²) sono Cinisello Balsamo, Sesto San Giovanni, Cesano Boscone, Cologno Monzese, Cusano Milanino, che hanno prelievi alti per la loro alta densità abitativa, e Pioltello, Rodano, Rho e Arese a causa dell'elevata concentrazione di attività produttive.

Nella zona occidentale e meridionale della provincia sono distribuiti invece i comuni con i minori prelievi (I e II classe di prelievo); in particolare i comuni di Morimondo e Zelo Surrigone hanno consumi totali inferiori ai 10.000 m³/anno/km².

Provincia di Milano
prelievi idrici 1991

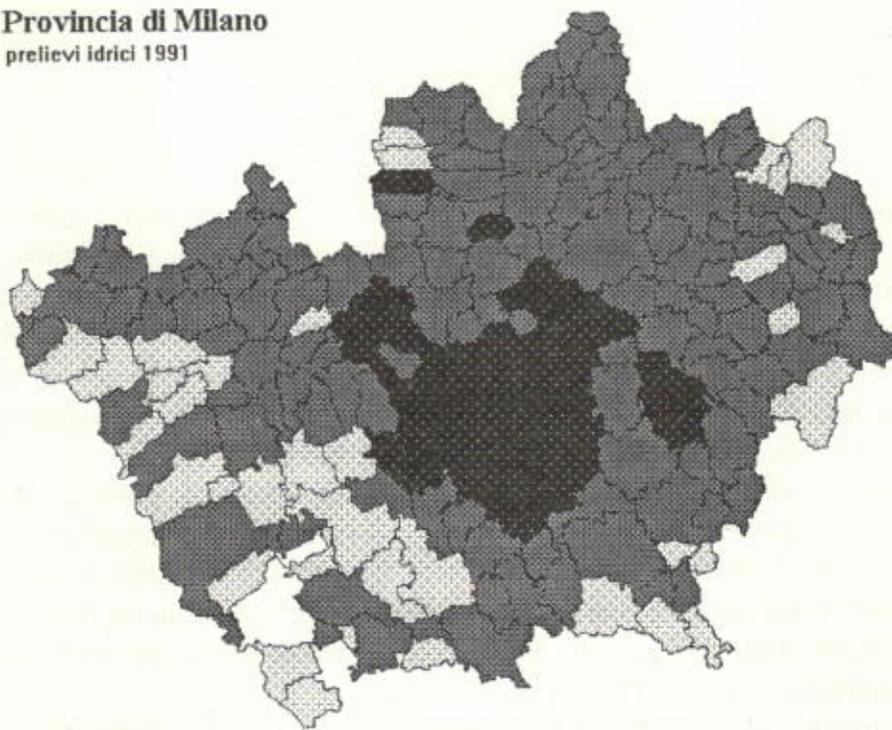


Figura 21: Classificazione dei Comuni sul prelievo totale annuo per unità di superficie (classi in Tabella 6: colore bianco per la classe I, nero per la IV)

E' opportuno rilevare che alcuni comuni, specialmente nella zona del Ticino e in particolare quelli a gestione diretta dell'acquedotto, non posseggono contatori sui pozzi, per cui anche il dato relativo al consumo pubblico può essere poco affidabile.

I comuni con i prelievi pubblici più alti per superficie unitaria sono Cologno Monzese ($1.232.724 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$) e Cusano Milanino ($1.709.521 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$).

Per quanto riguarda i prelievi industriali, i valori più alti sono registrati a Sesto San Giovanni ($3.077.781 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$), Pioltello ($1.862.887 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$) e Milano ($1.669.985 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$); per quanto riguarda infine il prelievo ad uso agricolo, i comuni con la più alta concentrazione di prelievi sono Bubbiano ($82.508 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$), Mediglia ($32.469 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$) e Bernate Ticino ($31.143 \text{ m}^3/\text{anno}/\text{km}^2$). A livello generale comunque i prelievi agricoli sono localizzati nella zona del Ticino e nella fascia meridionale della provincia al confine con il lodigiano.

Sono stati presi in considerazione infine i valori dei prelievi totali per ciascun comune per gli anni 1989, 1990 e 1991, in modo da poter valutare le tendenze in un arco di tempo, sia pur ridotto. La tendenza generale in questi anni ha comportato per la grande maggioranza dei comuni ad un incremento dei consumi costante nel tempo.

In particolare forti tendenze all'aumento dei prelievi nei tre anni considerati si sono registrate nei comuni di Aicurzio, Basiano, Bubbiano, Busnago, Castano Primo, Cusano Milanino, Mediglia e Mesero; valori in contro-tendenza, con una riduzione dei prelievi pari anche a qualche decina di punti percentuale, si sono invece avuti a Cogliate, Inveruno, Marcallo con Casone, Pogliano Milanese, Zelo Surrigone e Zibido San Giacomo.

10. OSSERVAZIONI SULLA PRESENZA DI SOSTANZE INQUINANTI NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Data l'elevata antropizzazione del territorio e la vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero superficiale, una parte delle risorse idriche sotterranee è stata sottratta all'uso potabile a causa di fenomeni di contaminazione.

I dati disponibili sul chimismo delle acque derivano dai controlli sulla potabilità eseguiti dalle U.S.S.L. e consentono di descrivere un quadro sommario della distribuzione dei principali inquinanti.

Infatti non esiste una rete di monitoraggio progettata ad hoc, ma per cartografare la distribuzione dei parametri è stato necessario selezionare i dati sulla base delle considerazioni idrogeologiche precedentemente svolte. Questa operazione è stata effettuata in modo automatico dal programma di gestione del Sistema Informativo Falda (S.I.F.).

E' stata quindi predisposta una cartografia relativa al 1994 dei parametri composti organo alogenati, nitrati e fitofarmaci che maggiormente determinano problemi di approvvigionamento idrico per le falde dell'acquifero tradizionale.

Non è stato considerato in questa sede il problema della presenza di eventuali altri contaminanti ed in particolare del cromo esavalente.

Per altre informazioni sulle caratteristiche idrochimiche si vedano gli studi di AA.VV., 1988, Airoidi et Al., 1976, Casati et Al., 1974, 1985, 1986, Cavallin et Al., 1984, Moriggi, 1988, Provincia di Milano, 1989, 1992.

Si ricorda infine che le rappresentazioni cartografiche elaborate indicano la qualità media delle acque dell'acquifero tradizionale e non di quelle distribuite dagli acquedotti; infatti quest'ultime, ove necessario, vengono depurate prima di essere immesse nella rete di approvvigionamento idrico.

10.1 DISTRIBUZIONE DEI COMPOSTI ORGANO-ALOGENATI

Si è ritenuto opportuno prendere in considerazione in primo luogo i composti organo-alogenati, una delle principali fonti di inquinamento delle acque sotterranee. Essi infatti raggiungono, sia pure localmente, punte di concentrazione decine di volte superiori ai valori concentrazione massima ammissibile (C.M.A.) del D.P.R. 236/88, come evidenziato dagli studi precedenti (Provincia di Milano, 1989, 1992).

Si tratta di composti presenti in prodotti di enorme diffusione nei cicli produttivi e quindi di impatto potenziale rilevante sulle acque di falda.

Il loro comportamento nel sottosuolo è influenzato dai parametri volatilità, densità e solubilità.

La volatilità consente la dispersione in aria e la loro presenza nel mezzo non saturo in elevate concentrazioni.

L'elevata densità di questi composti consente una rapida migrazione in profondità verso la base della zona satura; solo una percentuale rimane nel non saturo.

Una volta raggiunta la superficie della zona satura, l'inquinante sposta l'acqua presente nei pori realizzando in questo modo un lento flusso verso il basso fino ad incontrare un livello dotato di scarsa permeabilità.

A questo comportamento si aggiunge l'effetto dei pozzi misti che, mettendo in comunicazione più falde all'interno del singolo pozzo, contribuiscono a diffondere irregolarmente in profondità le sostanze inquinanti.

La parte solubile dei composti, che può raggiungere anche le falde più profonde, può migrare secondo la direzione di flusso idrico sotterraneo ed interessare superfici di qualche km².

La situazione analizzata è relativa all'anno 1994 (Figura 22); si ricorda che con diverse revoche e deroghe, la C.M.A. per i composti organo alogenati è attualmente fissato con il D.P.R. 236/88 a 30 µg/l.

Prima dell'elaborazione è stata necessaria una selezione dei dati in quanto degli oltre 200 punti di misurazione disponibili sono stati utilizzati soltanto quelli relativi ai pozzi che captano l'acquifero tradizionale.

Attraverso questi valori è stata elaborata una carta che rappresenta la distribuzione areale dei composti organo-alogenati. Le aree con diversa concentrazione sono date in realtà dalla somma di diversi episodi puntuali, che il tipo di rappresentazione adottato, avendo un esclusivo significato generale, non è in grado di discriminare.

Una prima osservazione riguarda l'assenza di queste sostanze in tutto il settore meridionale, caratterizzato da una spiccata destinazione agricola.

Ciò risulta determinato principalmente da tre condizioni: la minore vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, la scarsità di fonti locali di contaminazione e la

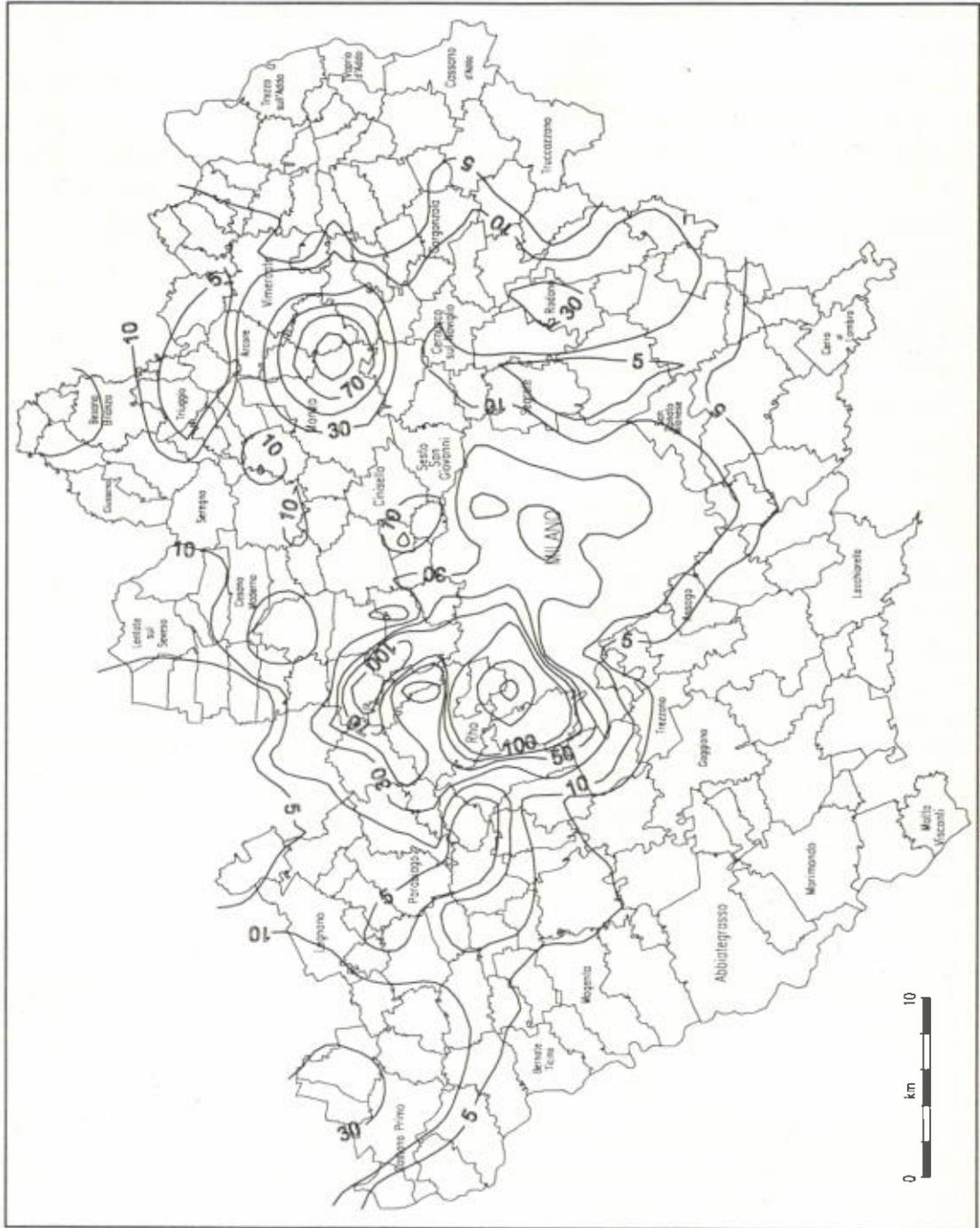


Fig. 22: Isocone dei composti organo alogenati ($\mu\text{g/l}$) nella falda tradizionale (1994)

presenza a monte del cono di depressione di Milano che intercetta una gran parte dei flussi contaminati.

Per quanto attiene alla distribuzione delle fasce di maggiore concentrazione si osserva quanto segue.

Una prima vasta area con elevati valori è posta nel settore a Nord-Ovest di Milano.

In essa si ha anche un valore massimo di oltre 1000 µg/l a Pero, ma valori di poco inferiori si hanno in tutta l'area che interessa Bollate, Lainate, Garbagnate M.se, Rho, Arese, Novate M.se e il settore NO dell'abitato di Milano; si tratta infatti di una delle tre grandi aree a destinazione industriale della provincia di Milano dove si hanno infatti valori quasi sempre al di sopra di 50-100 µg/l.

Una seconda area, di minore estensione, viene individuata nel territorio tra Monza, Villasanta e Concorezzo.

Ulteriori aree di elevato degrado della qualità delle acque sotterranee si hanno all'interno dell'abitato di Milano dove le centrali di pompaggio drenano le acque provenienti da un ampio fronte di richiamo, ma determinano anche condizioni di "stagnazione" all'interno della città in relazione al basso gradiente idraulico dovuto al regime dei prelievi.

Relativamente ai singoli parametri il composto più diffuso è risultato il tetracloroetilene (45.9 % in media), legato comunque agli altissimi valori presenti nelle sole U.S.S.L. di Monza e Rho; se si escludono queste due particolari situazioni locali, il composto più diffuso in maniera ubiquitaria è però il tricloroetilene.

Si sottolinea infine che la scarsa densità dei punti di misura, peraltro distribuiti non omogeneamente sul territorio, riduce il significato locale del risultato.

Sarebbe pertanto opportuno predisporre un aumento sia del numero dei punti di misura sia della frequenza delle misure nel tempo, in modo da rendere più attendibile e accurata ogni interpretazione al fine di programmare gli interventi successivi.

10.2 DISTRIBUZIONE DEI NITRATI

I dati di letteratura esistenti sulla distribuzione dei nitrati nelle acque sotterranee della provincia di Milano sono riportati in Corradi et Al., 1987, Provincia di Milano, 1989.

I nitrati si formano nel ciclo geochimico naturale dell'azoto e costituiscono il prodotto finale della mineralizzazione della sostanza organica.

Nelle acque sotterranee è stata osservata in alcuni casi una concentrazione naturale fino a 10-15 mg/l; si può quindi ragionevolmente ritenere che i valori più elevati siano da imputare all'attività antropica.

Le fonti di provenienza possono essere sia localizzate (industrie, zootecnia, effluenti domestici e altri) che diffuse (suoli trattati con fertilizzanti, aree urbane con scarico di reflui in corsi d'acqua o nel sottosuolo).

Il valore di concentrazione massima ammissibile è stato stabilito in 50 mg/l dal D.P.R. 236/88, ma il suo superamento in diverse zone ha determinato l'esigenza di deroghe a tale valore, oppure altre modalità di intervento che hanno riguardato:

- lo scavo di pozzi più profondi per la ricerca di falde con concentrazioni inferiori di nitrati (anche se aumenta la concentrazione di Ferro, Manganese, Ammoniaca e Idrogeno solforato);
- miscelazione con acque a basso contenuto di nitrati;
- abbattimento dei nitrati con trattamenti chimici o biologici.

Per descrivere la situazione idrochimica della provincia di Milano, per questo composto si è partiti da una base dati per il 1994 di oltre 800 punti di misura, che sono stati successivamente selezionati in base al tipo di falda captata.

Il numero di dati risultante è maggiormente distribuito nell'area settentrionale in relazione alle caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio e in considerazione del fatto che i pozzi dell'area meridionale si approvvigionano da falde in cui prevalgono altri composti dell'azoto.

Come si osserva dalla carta elaborata, sono stati scelti intervalli di concentrazione indicati da isocone di 5, 10, 30 e 50 mg/l (Figura 23).

Una prima constatazione è simile a quella precedentemente svolta per i composti organo-alogenati in quanto si osserva che tutto il settore dell'alta pianura è interessato da concentrazioni di fondo generalmente superiori a 30 mg/l.

Zone con valori di concentrazione molto elevati, superiori a 50 mg/l e quindi al di fuori del campo di potabilità delle acque sotterranee, si localizzano in alcune fasce della parte settentrionale della provincia di Milano.

Procedendo da Ovest verso Est si incontrano la zona di Vanzaghello, di Cesate-Varedo, di Seregno, di Vimercate-Caponago e di Pozzo d'Adda-Cassano d'Adda.

Nelle diverse situazioni individuate non è presente una rilevante attività agricola, mentre appare molto più importante nella formazione del carico inquinante lo stato delle acque reflue e il conseguente degrado dei corsi d'acqua dove avvengono gli scarichi, nonché l'incidenza di qualche fonte puntuale.

Gli intervalli inferiori di concentrazione sono allargati concentricamente intorno alle aree identificate in precedenza e tendono a concentrarsi esclusivamente nel settore centro-settentrionale che comprende l'estremità Nord dell'abitato di Milano e tutti i comuni dell'hinterland.

Più a sud, a valle dell'area metropolitana, come si è già stato osservato la concentrazione si riduce a valori compresi tra le 5 e 10 mg/l.

Si esige a tal proposito una corretta realizzazione di quanto indicato nel Piano regionale di Risanamento delle Acque.

10.3 DISTRIBUZIONE DEI FITOFARMACI

Con il termine di fitofarmaci si intende una serie di composti utilizzati dall'uomo nelle pratiche agricole.

Le segnalazioni della loro presenza nelle acque sotterranee risale nell'area milanese ad AA.VV., 1988.

Attualmente la concentrazione massima ammissibile per il consumo umano delle acque è stabilita in 0.1 µg/l dal D.P.R. 236/88.

Sono stati analizzati i dati disponibili per gli anni 1993 e 1994; in 116 dei 186 comuni della Provincia di Milano, collocati soprattutto nei settori occidentale e meridionale del territorio di studio, non erano disponibili misurazioni.

Selezionando inoltre i pozzi che captano solo l'acquifero tradizionale e limitatamente al 1994, si sono ottenuti un numero limitato di punti disponibili per le elaborazioni.

Le isolinee che sono state rappresentate nella cartografia coprono pertanto un'area parziale della provincia di Milano (Figura 24).

I valori hanno quindi l'esclusivo intento di segnalare un aspetto problematico per la qualità delle acque sotterranee.

La distribuzione areale sottolinea due zone di maggiori concentrazioni.

La prima che investe Milano ed è posta nel settore Nord dell'abitato, ma interessa parzialmente anche il settore a Nord-Est (centrali Espinasse e Gorla); la seconda è individuata tra Brugherio, Monza e Vimercate.

Dalla scarse osservazioni che si possono eseguire in questa sede appare evidente ancora una volta la necessità di porre controllo e monitoraggio continuo molte realtà locali di cui mancano informazioni circa la presenza di queste sostanze.

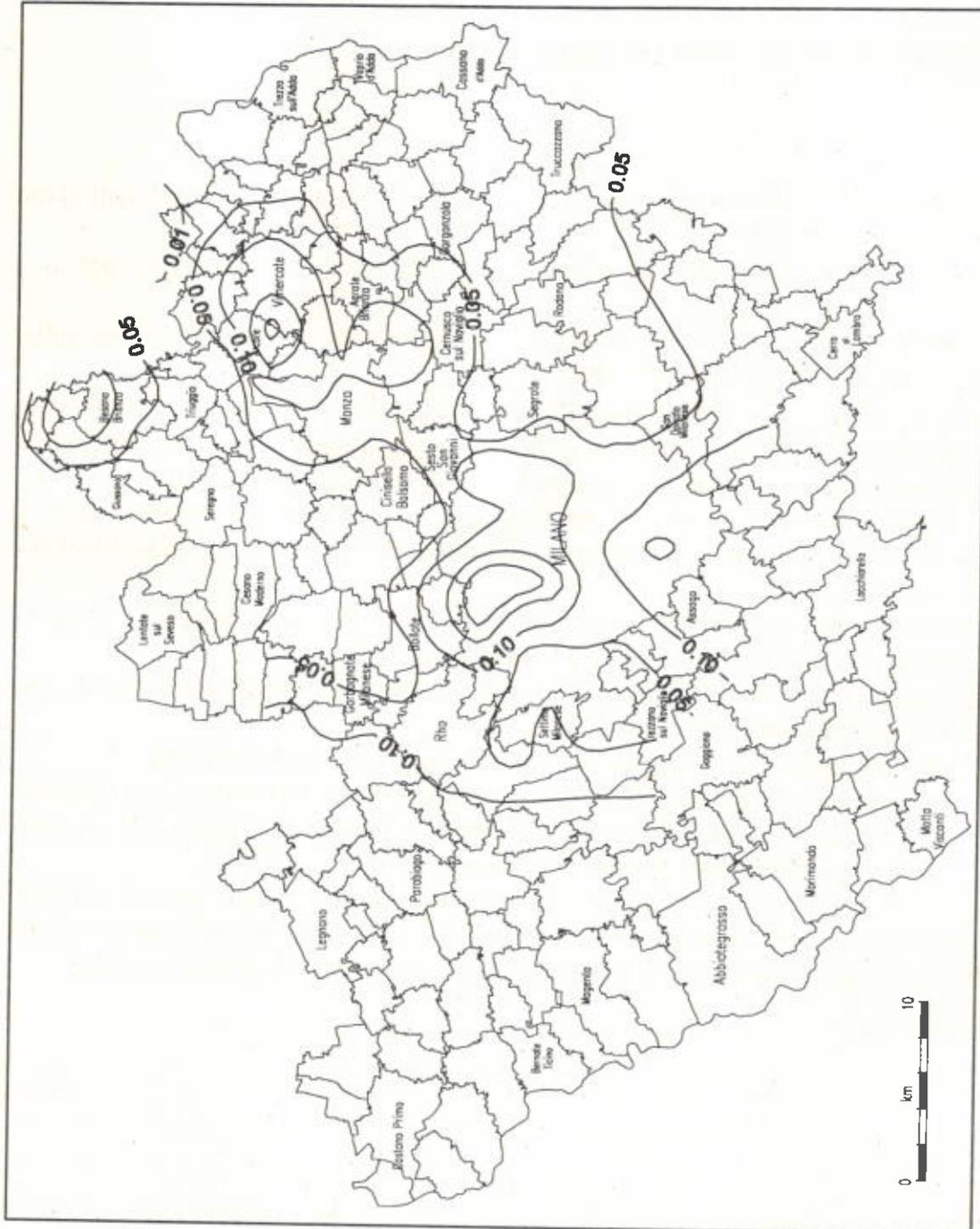


Fig. 24: Isocone dei fitofarmaci totali ($\mu\text{g/l}$) nella falda tradizionale (1994)

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il rilevante sviluppo degli insediamenti urbani e delle attività industriali della Provincia di Milano pone in primo piano l'esigenza di una tutela delle risorse ambientali nella pianura milanese, che come noto si configura come una delle aree a maggiore densità abitativa e produttiva d'Europa.

Memore delle situazioni di squilibrio idrogeologico e di contaminazione delle acque registratisi a partire dagli anni sessanta, l'Amministrazione Provinciale ha pertanto iniziato un aggiornamento degli elementi conoscitivi sulle disponibilità idriche sotterranee, risorsa che condiziona in modo determinante lo sviluppo economico nella pianura lombarda, e sui fattori che incidono sullo stato dell'ambiente.

La ricaduta di tali conoscenze è indubbiamente vasta: a titolo di esempio si ricordano la pianificazione delle attività estrattive e di smaltimento dei rifiuti solidi, il risanamento delle acque superficiali e sotterranee, la bonifica delle aree contaminate, l'uso del sottosuolo per infrastrutture ed insediamenti.

A fronte di queste esigenze, in questa pubblicazione la Provincia di Milano in collaborazione con il Politecnico di Milano, ha voluto mettere a disposizione degli operatori del settore una sintesi delle conoscenze sugli aspetti geologici di maggiore interesse per lo studio delle consistenze delle riserve idriche.

Tale sintesi è finalizzata a fornire uno schema di inquadramento della struttura idrogeologica e altri elementi relativi alla climatologia, all'andamento e alle oscillazioni della falda, ai prelievi idrici ed in generale allo stato qualitativo delle acque sotterranee.

A questo rapporto faranno seguito altre pubblicazioni finalizzate alla parametrizzazione degli acquiferi e alla definizione del bilancio idrico dell'area, con finalità maggiormente applicative.

In questo studio è stata approfondita l'esposizione della struttura del cosiddetto "acquifero tradizionale", in quanto la maggior parte dei pozzi si spinge fino alla sua base semipermeabile, cioè fino a 100-120 m di profondità dal piano campagna.

Sono state descritte e illustrate con sezioni rappresentative della struttura idrogeologica locale le unità idrogeologiche costituenti questo acquifero, con l'intento principale di definire il grado di separazione tra le falde e le più importanti variazioni di spessore dei livelli permeabili.

E' risultata confermata la buona produttività dell'area nella quale si inserisce Milano già individuata nei precedenti studi, qui l'acquifero raggiunge spessori molto elevati, analogamente a quanto avviene fra Milano, Monza e Desio e nel Magentino.

L'acquifero tradizionale è un monostrato compartimentato nel quale è possibile individuare distintamente due falde in tutto il settore che comprende Milano e la parte meridionale della Provincia.

Le differenze di livello piezometrico tra le due falde sono relativamente ridotte (da 1 a 5 m circa).

L'acquifero tradizionale ha inoltre le seguenti caratteristiche:

- è costituito da unità idrogeologiche diverse, con variazioni consistenti di permeabilità nell'ambito della pianura;
- presenta un rilevante spessore, che può superare i 70-80 m;
- ha una buona disponibilità di acque sotterranee che si traduce in portate specifiche dei pozzi anche superiori a 10-20 l/s·m;
- lo spessore diminuisce spostandosi da Ovest verso Est, dove si riduce a qualche decina di m;
- si manifestano elevazioni del substrato poco permeabile in corrispondenza dei quali si riduce la trasmissività dell'acquifero;
- si osserva l'intercomunicazione con gli acquiferi più profondi nelle zone dell'alta pianura, soprattutto in corrispondenza dei corsi d'acqua maggiori.

Per quanto concerne il grado di separazione tra le falde e la permeabilità della base dell'acquifero tradizionale, dal punto di vista della qualità delle acque e della tutela della risorsa, si sono riconosciute zone dove si osservano i seguenti elementi:

- la riduzione dello spessore dell'orizzonte poco permeabile di separazione tra le falde dell'acquifero tradizionale e ciò consente la migrazione in profondità degli inquinanti fino alla posizione della maggior parte dei filtri dei pozzi;
- lo scarso spessore o una permeabilità locale più elevata della base dell'acquifero tradizionale, condizionando in tal modo anche il passaggio alle falde più profonde di eventuali inquinanti, come ad esempio i composti organo alogenati, compromettendone a breve-medio termine l'uso.

Tutti questi elementi necessitano di una precisa caratterizzazione, per poter definire le condizioni la corretta gestione e salvaguardia della risorsa; a questa tematica sarà infatti dedicata la prosecuzione della ricerca.

A profondità superiori ai 120 m la struttura idrogeologica è stata oggetto di prospezioni estese su tutto il territorio di recente (Avanzini et Al., 1995) e su di essa si hanno pertanto minori elementi di conoscenza.

E' stato rilevato tuttavia come una limitata captazione di falde più profonde sia possibile solo in alcuni settori della pianura milanese e con volumi contenuti; inoltre queste falde profonde presentano caratteristiche qualitative scadenti per la presenza di sensibili quantità di sostanze quali ferro, manganese, ammoniaca e idrogeno solforato.

In base a tale constatazione si osserva come tali falde profonde possano costituire una fonte integrativa ma non sostitutiva di quelle più superficiali, che confermano quindi il loro interesse strategico.

Oltre 4/5 dell'approvvigionamento idrico dovrà quindi provenire ancora dall'acquifero tradizionale, che risulta quindi la riserva sulla quale è necessario accentrare la massima attenzione.

La distribuzione delle risorse idriche nell'acquifero tradizionale ha subito negli ultimi anni una variazione, evidenziata dalla comparazione dei dati climatici con le oscillazioni piezometriche .

Si è infatti osservata la seguente tendenza:

- una consistente diminuzione dei livelli nella prima parte degli anni settanta;
- un aumento dei livelli nella seconda parte degli anni settanta;
- una diminuzione dei livelli negli anni ottanta, con due episodi intermedi e di segno diverso (parziale innalzamento nel 1985 e forte abbassamento durante la siccità degli anni 1988-1989);
- un recupero dei livelli, molto evidente negli ultimi due anni (1994-1995).

Tale tendenza pluriennale è quindi governata dagli eventi pluviometrici, mentre la tendenza nell'ambito del ciclo annuale risulta determinata soprattutto dagli apporti irrigui, che mettono in circolazione volumi di acque mediamente superiori di 3-4 volte rispetto a quelli degli afflussi meteorici.

All'andamento generale non è comunque estranea anche la variazione dei prelievi di acque, in quanto negli ultimi anni si sono registrate variazioni nella densità abitativa (con una marcata tendenza alla diminuzione della popolazione di Milano) e delle attività produttive, che in parte hanno provveduto anche a riciclare le acque di processo.

Lo studio ha sottolineato come il motivo di preoccupazione fondamentale sia costituito dal chimismo delle acque sotterranee, in quanto la rilevata estensione dei composti organo alogenati e dei nitrati comporta la sottrazione di importanti risorse al possibile utilizzo.

Appare pertanto evidente la necessità di attuare un programma di intervento su questi due composti, soprattutto in riferimento ad idonei interventi per il miglioramento del sistema di collettamento e depurazione dei reflui.

Per quanto attiene alle conoscenze sul sistema idrogeologico considerato, che è alla base di ogni scelta pianificatoria nel settore, è risultata la necessità di:

- migliorare il monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee (revisione della rete e sua ottimizzazione);
- integrare le informazioni disponibili sul ciclo delle acque all'interno del Sistema Informativo Falda;
- aggiornare i dati relativi all'uso delle risorse.

In tal modo, oltre agli elementi che saranno prossimamente divulgati, potranno essere messi a disposizione dei vari Enti (Autorità di Bacino, Regione, Comuni e Consorzi) i dati necessari per affrontare la gestione e la tutela delle risorse idriche sotterranee, così come meglio prevedibile per un loro uso sostenibile.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1975) - "Indagine sulle zone umide in provincia di Milano", Vol. 2-I fontanili Provincia di Milano.

AA.VV. (1987) - "La nuova proposta di delimitazione del vincolo idrogeologico nella provincia di Milano" - Provincia di Milano.

AA.VV. (1985) - "Il Canale Scolmatore delle piene a Nord-Ovest di Milano nel sistema drenante e irriguo della provincia di Milano". Provincia di Milano.

AA.VV. (1988) - "Alcune caratteristiche chimiche delle acque sotterranee in Comuni lombardi". In: Acque sotterranee in Lombardia, a cura di P.Casati, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano e Centro di Studio per la stratigrafia e petrografia delle Apli Centrali (C.N.R.), Milano.

AA.VV. (1993) - "Catasto pozzi privati 1992-Prima Bozza" Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) - "Catasto pozzi pubblici 1991". S.I.F. - Provincia di Milano.

AA.VV. (1989) - "Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano". Assessorato all'Ecologia-Provincia di Milano.

AA.VV. (1990) - "Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano-aggiornamento al 1989." Assessorato all'Ambiente-Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) - "Indagini sulla presenza di composti organo-alogenati nelle acque di falda della Provincia di Milano". S.I.F. - Provincia di Milano.

AA.VV. (1989) "Nitrati in falda 1988". Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) "Oscillazioni piezometriche registrate nei pozzi della rete di rilevamento regionale negli anni 1987-1991" S.I.F. - Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) - "Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei-1991". S.I.F. Provincia di Milano.

AIROLDI R., CASATI P., VIGANÒ P. (1976) - "La distribuzione e le variazioni della durezza delle acque nel sottosuolo di Milano". Geologia Tecnica, N.1.

AIROLDI R., CASATI P. (1989) - "Le falde idriche del sottosuolo di Milano". Comune di Milano, Acquedotto di Milano, Milano.

AIROLDI R., BARZAGHI R., BERETTA G.P., CANNAFOGLIA C., CASSANO E., CASSINIS R., CAVAGNA B., CUNIETTI M., DE HAAN A., FERRARI DA PASSANO C., FORLANI G., FRANCANI V., GIACOMETTI E., LONGO G., MUSSIO L., NARDON M., SALVADERI R. (1990) - "Abbassamento del suolo nel territorio metropolitano milanese nel periodo 1973-1986". Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, Nuova Serie, Anno XLIV, n.1-2, Roma.

ARCA S., BERETTA G.P. (1985) - "Prima sintesi geodetico-geologica sui movimenti verticali del suolo nell'Italia Settentrionale (1987-1957)". Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, n.2.

ASSOCIAZIONE DIFESA ALTO LAMBRO (1991) - "Rapporto Goffredo Gori. L'alto Lambro in cifre". A cura di G.Tagliabue, Tipografica Sociale S.p.A., Monza.

AVANZINI M., BERETTA G.P., FRANCANI V., NESPOLI M. (1995) - "Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano". Consorzio Acqua Potabile, Milano.

BELLONI S. (1975) - "Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici". C.N.R.- Fondazione per i problemi montani dell'arco alpino, pubbl. n. 99, Milano.

BELLONI S., COJAZZI F. (1985) - "Variazioni delle precipitazioni in Lombardia nel cinquantennio 1921-1970". Acqua-Aria, n. 7, Milano.

BERETTA G.P., FRANCANI V., SCESI L. (1983) - "Struttura idrogeologica della Provincia di Milano". In: Studio idrogeologico della pianura compresa tra Adda e Ticino, a cura di Cavallin A., Francani V., Mazzarella S., Costruzioni, N. 326- 3277, Milano.

BERETTA G.P., CAVALLIN A., FRANCANI V., MAZZARELLA S., PAGOTTO A. (1985) - "Primo bilancio idrogeologico della Pianura Milanese". Acque Sotterranee, n. 2,3 e 4 , Milano.

BERETTA G.P. (1987) - "Contributo per la carta idrogeologica della Lombardia", in "Studi idrogeologici sulla pianura padana" a cura di Francani V.; Milano.

BERETTA G.P., PAGOTTO A., VANDINI R., ZANNI S. (1992) - "Aquifer overexploitation in the Po Plain: hydrogeological, geotechnical and hydrochemical aspects". In Simmers I., Villaroya F., Rebollo L.F. Editors: Selected Papers on Aquifer Overexploitation, I.A.H., Vol.3, Heise, Hannover.

BONGIORNI D. (1987) - "La ricerca di idrocarburi negli alti strutturali mesozoici della Pianura Padana: l'esempio di Gaggiano". Atti Tic. Sc.Terra, vol.31, Pavia.

BRAGA G., RAGNI U. (1969) - "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli 44 "Novara" e 58 "Mortara". Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

CAPPUCCINI M. (inedito) - "Il clima delle provincie di Milano e Pavia dal 1955 al 1985". Tesi di Laurea Anno Accademico 1986-1987, Relatore prof. Belloni , Correlatore prof. Orombelli

CASATI P., VIGANO P. (1974) - "Le acque solfuree dell'Arena di Milano". Atti Soc.Sci.Nat., 115(3-4), Milano.

CASATI P., MAZZARELLA S. (1979) - "Consumi e riserve idriche sotterranee nel milanese". Acqua e Aria, n. 10, dicembre, Milano.

CASATI P. (1986) - "L'acqua nel territorio di Monza: passato, presente, futuro" - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Milano.

CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R., CAPPELLI V. (1986) - "Pianura Padana. Interpretazione integrata di dati geofisici e geologici". 730 Congresso Soc.Geol.Italiana, 29 settembre-4 ottobre, Roma.

CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R. (1988) - "Geophysical Data along the Northern Italian Sector of the European Geotraverse". European Geophysical Society 17th General Assembly, 21-25 marzo, Bologna.

CASSANO E., CASSINIS R., CUNIETTI M., NARDON M., SALVADERI R. (1989) - "Rilievo gravimetrico di Milano". Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, Nuova serie, Anno XLIV, N.1-2, Roma.

CAVAGNA DI GUALDANA G. (1953) - "Risorgenze ed emungimenti del fiume Ticino". L'Acqua, n.6, Roma.

CAVALLIN A., CLERICI F. M., MAZZARELLA S. (1980) - "Coefficienti di trasmissività, immagazzinamento e permeabilità dell'acquifero milanese determinati con prove in situ". Bollettino dell'Associazione Mineraria Subalpina, Anno XVII, n.2.

CAVALLIN A., FRANCANI V., MAZZARELLA S. (1983) - "Studio idrogeologico della pianura compresa fra Adda e Ticino". Costruzioni , n.326-327, Milano.

CAVALLIN A., MAZZARELLA S. (1983) - "Parametri idrogeologici degli acquiferi nell'area milanese". D.A. Difesa Ambientale, n.10, Milano.

CAVALLIN A., MAZZARELLA S., ORLANDO M., SPEZZI BOTTIANI G. (1984) - "Caratteri idrochimici delle acque sotterranee nella pianura milanese". Acque sotterranee n.2, Milano.

CEE (1993) - "Risoluzione del Consiglio e dei rappresentanti dei governi degli Stati membri, riuniti in sede di Consiglio del 10 febbraio 1993 riguardante un programma comunitario di politica ed azione a favore dell'ambiente e di uno sviluppo sostenibile". G.U. CEE N. C138 del 17 maggio 1993.

CENTRO LOMBARDO DI STUDI E INIZIATIVE PER LO SVILUPPO ECONOMICO (1969) - "Le risorse idriche in Lombardia". A cura di U.Raffa, Milano.

C.N.R.-I.R.S.A. (1979) - "Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana". Quaderni I.R.S.A., 28 (II), Roma.

C.N.R.-I.R.S.A. (1981) - "Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana". Quaderni I.R.S.A. 51 (II), Roma.

COMIZZOLI G., GELATI R., PASSERI L.D., DESIO A. (1969) - "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli 45 "Milano" e 46 "Treviglio". Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

CORRADI C., DE FELICE G., SILVERIO E. (1987) - "Il contenuto dello ione nitrato nelle acque destinate al consumo umano nella Provincia di Milano ". Acqua-Aria, settembre, Milano.

CREMASCHI M. - "Paleosols and vetusols in the northern Po plain". CLUED.

E.N.I. (1972) - "Acque dolci sotterranee". Milano.

FINCKH P., KELTS K., LAMBERT A. (1984) - "Seismic stratigraphy and bedrock forms in perialpine lakes". Geological Society of America, vol. 95.

FRANCANI V. (1970) - "Osservazioni idrogeologiche sulla falda freatica della piana del Fiume Ticino". Geologia Tecnica, n.5, Roma.

FRANCANI V. (1980) - "Le condizioni di alimentazione delle falde della regione milanese". Quad. I.R.S.A.-C.N.R., 51(I), Roma.

FRANCANI V., POZZI R. (1981) - "Condizioni di alimentazione delle riserve idriche del territorio milanese". La Rivista della Strada, L 303, Milano.

INTERNATIONAL HYDROGEOLOGICAL CONFERENCE (1976) - "Hydrogeological features of the Po valley (Northern Italy)". Hungarian Geological Institute, 31 maggio-5 giugno, Budapest.

I.R.S.A. (1975) - "Le falde acquifere della Pianura Padana". Quad. I.R.S.A., n. 28 (I), Roma.

I.R.S.A. (1979) - "Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana". Quad. I.R.S.A., n. 28(II), Roma.

I.R.S.A. (1981) - "Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana". Quad. I.R.S.A., n. 51 (2), Roma.

ISTITUTO GENERALE DI STATISTICA - Repubblica Italiana - "Annuario di statistiche meteorologiche". Volumi . VIII/XXIII, Roma.

ISTITUTO IDROGRAFICO DEL PO - "Annali Idrologici", 1966/1985

LOMBARDIA RISORSE (1992) - "Analisi ambientale: acque sotterranee-modello idrodinamico (progetto di rilocalizzazione del polo chimico Rho - Pero)", vol.3.

MACCHI C., DE FELICE G., VALERIO E. (1986) - "Risultanze dell'indagine idrogeochimica nel territorio della U.S.S.L. N.68". Quaderni dell'Istituto di Igiene dell'Università di Milano, n.29, Milano.

MARCHETTI M., RAFFA U. (1965) - "Le risorgenze nell'alveo del Fiume Ticino dalla diga di Miorina al ponte di Turbigo". L'Energia Elettrica, fasc.7, Roma.

- MARTINIS B., MAZARELLA S. (1971) - "Prima ricerca idrica profonda nella pianura lombarda". Memorie Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, Vol. XXVIII, Padova.
- MARTINIS B., POZZI R., CAVALLIN A., MANCUSO M. (1976) - "Indagine sugli acquiferi della lombardia centro-settentrionale". Quad. IRSA, 28(4) Roma.
- MARTINIS B., ROBBA E. (1978) - "Contributo alla stratigrafia dei depositi Quaternari del sottosuolo di Milano". Riv. It. Paleont. Vol.84, Milano.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO IDROGRAFICO (1959) - "Precipitazioni medie mensili ed annue e numero di giorni piovosi per il trentennio 1921-1959: bacino del Po". Pubbl. n. 24/12, Roma.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO IDROGRAFICO (1966) - "Carta delle temperature medie annue vere in Italia : trentennio 1926-1955". Roma.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI-SERVIZIO IDROGRAFICO (1981) - "Idrografia e idrologia del Po". Pubbl. n. 19 dell'Ufficio Idrografico del Po a cura di L.Cati, Roma.
- MORIGGI S. (1988) - "Le risorse idriche sotterranee nel milanese e le attuali strategie e tecniche di intervento in aree contaminate". In: Falde idriche in aree industrializzate italiane, 8 giugno 1984, Edizioni Consiag, Prato.
- MOTTA V. (1981) - "L'acquedotto di Milano". Comune di Milano, Milano.
- NORDIO E. (1957) - "Il sottosuolo di Milano". A cura dell'Istituto di Geologia, Geografia Fisica e Paleontologia dell'Università di Milano, Milano.
- OROMBELLI G. (1976) - "Indizi di deformazioni tettoniche quaternarie al margine meridionale delle Prealpi comasche". Gruppo studio Quaternario Padano, Quad. n.3, Torino.
- OROMBELLI G. (1979) - "Il Ceppo dell'Adda: revisione stratigrafica". Riv. It. Paleont. Strat., Vol.85, Milano.
- OTTONE C., ROSSETTI R. (1980) - "Condizioni termo-pluviometriche della Lombardia". Atti Ist. Geologico Univ. Pavia, vol. XXIX, Pavia.
- PIERI M., GROPPI G. (1981) - "Subsurface geoloigcal structure of the Po Plain, Italy". Pubbl. n.414 C.N.R.-P.F.G.-Sottoprogetto 5- Modello strutturale, Roma.

POZZI R., MANCUSO M., DE FELICE G. (1982) - "Un anno di osservazioni su alcuni fontanili campioni a ovest e ad est di Milano". Acqua & Aria, N.7, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1975) - "Indagine sulle zone umide della provincia di Milano: 2/I fontanili". A cura di Cerabolini C. e Zucchi A., Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1985) - "Il Canale Scolmatore delle Piene a Nord-Ovest di Milano nel sistema drenante ed irriguo della Provincia di Milano". Assessorato all'Ecologia e Idraulica, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1985) - "Aspetti idrogeologici dell'Est Milanese e tutela del bacino dell'Idroscalo". A cura dell'Assessorato all'Ecologia e Consorzio per l'Acqua Potabile ai Comuni della Provincia di Milano, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1988) - "Indagini idrobiologiche sui corsi d'acqua superficiali". Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1989) - "Progetto Lambro. Piano di bacino". Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1989) - "Banca dati falda acquifera - Composti organo- alogenati e nitrati" . A cura della Provincia di Milano-Assessorato all'Ecologia, Comune di Milano, Consorzio per l'Acqua Potabile, U.S.S.L. 75/III, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1991) - "Indagini idrobiologiche sui corsi d'acqua superficiali - Integrazioni e Supplemento". Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1992) - "Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei - 1991". A cura dell'Assessorato Ambiente, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1992) - "Oscillazioni piezometriche registrate nei pozzi della rete di rilevamento negli anni 1987- 1991". Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1992) - "Indagini sulla presenza di composti organo-alogenati nelle acque di falda della Provincia di Milano". Milano.

RAFFA U. (1965) - "Ricerche condotte in Italia". Atti Conv. sul problema delle acque, Parte I : Le acque sotterranee, F.A.S.T. 28-30 ottobre 1965, Tamburini Editore, Milano.

RAFFA U.,SONCINI SESSA R. (1981) - "Una stima delle risorgenze nell'alveo dei fiume Ticino". Idrotecnica, n. 5, Roma.

REGIONE LOMBARDIA (1985) - "Perizia di studio sui laghi regolati della Regione Lombardia". A cura dell'Unione delle bonifiche, delle irrigazioni e dei miglioramenti fondiari per la Lombardia, Milano.

RIVA A. (1957)- "Gli anfiteatri morenici a sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda e Olona" da Atti dell'istituto geologico dell'Università di Pavia, vol VII.

ROMITA P.L., GIURA R., DE WRACHIEN D., GALPERTI D. (1972) - "Lo stato attuale delle irrigazioni in Lombardia". La bonifica, n. 1, Roma.

THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R. (1957) - "Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance". Publications in Climatology, Vol. X, n. 3, Drexel Institute of Technology, Centerton, New Jersey.

Finito di stampare
nel mese di gennaio 1996
dalla Litografia Solari
Peschiera Borromeo (Milano)