

**Provincia di Milano
Assessorato All'Ambiente**

***Valutazioni
sull'innalzamento della
falda nella città di Milano
nei primi anni '90***

Ottobre 1996

a cura del Settore Ecologia - U.O. Tecnica Progetti Speciali

Valutazioni sull'innalzamento della falda nella città di Milano nei primi anni '90

Raffaelli L.¹, Raimondi P.¹, Rosti G.²

*Relazione presentata al Convegno
"Protezione e recupero delle acque sotterranee e dei terreni contaminati"
3 Ottobre 1996 - Geofluid, Piacenza.*

Ciclostilato in proprio dalla Provincia di Milano, Milano - Ottobre 1996

¹ *Geologo. Collaboratore esterno Provincia di Milano*

² *Geologo. Dirigente Provincia di Milano*

RIASSUNTO *La città di Milano è da tempo caratterizzata dalle problematiche tipiche delle grandi aree urbane, legate ai diffusi fenomeni di inquinamento e progressivo depauperamento delle risorse idriche sotterranee. Un elemento di novità si è venuto a creare negli ultimi anni in cui si sta assistendo ad un progressivo innalzamento della superficie piezometrica che sta creando gravi problemi alle grandi infrastrutture sotterranee. Lo stesso innalzamento piezometrico può inoltre comportare anche rilevanti fenomeni di dilavamento e mobilizzazione di inquinanti eventualmente presenti nelle porzioni di terreno in condizioni prima insature. L'obiettivo del presente lavoro è quindi di evidenziare e dare una prima quantificazione di questo fenomeno grazie anche all'utilizzo di molti dati che vengono pubblicati per la prima volta, cercando nel contempo di individuare i possibili rimedi al problema.*

1. INTRODUZIONE

La situazione idrogeologica della città di Milano negli ultimi decenni è stata caratterizzata da problematiche che hanno riguardato essenzialmente la necessità di assicurare un approvvigionamento che sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo risultasse consona al fabbisogno della popolazione e delle attività produttive.

Molto spesso questa esigenza ha condotto al sovrasfruttamento degli acquiferi naturalmente più protetti (seconda falda) ed un progressivo abbandono della prima falda non più idonea per l'approvvigionamento idropotabile.

La situazione che si è venuta a determinare è quindi data da un ingente prelievo di tipo industriale in prima falda e un sovrasfruttamento della seconda falda ad opera dei concentrati prelievi ad uso potabile. Conseguenza di ciò è stato un sempre maggiore depauperamento dell'acquifero "tradizionale", evidenziato da una tendenza all'abbassamento dei livelli piezometrici delle falde.

A partire dai primi anni novanta si è cominciato invece ad assistere, in corrispondenza del capoluogo, ad un costante ed ingente innalzamento dei livelli piezometrici, fenomeno che si è verificato con particolare evidenza per la prima falda.

Tale tendenza determina oggi gravi disagi, dovuti alla sempre più frequente interferenza delle acque di falda con le strutture sotterranee presenti (parcheggi, linee metropolitane, sottopassi, scantinati, etc.), la maggior parte delle quali, non essendo state progettate per affrontare questo tipo di situazione (molte volte soprattutto per l'assenza in fase di progettazione di studi di tipo idrogeologico), sono soggette a periodici o costanti fenomeni di allagamento che ne determinano l'inutilizzo o richiedono complessi interventi tecnico progettuali quali l'impermeabilizzazione delle strutture o l'abbattimento artificiale del livello della superficie piezometrica. Tali interventi oltre a risultare estremamente onerosi determinano come conseguenza uno spreco delle risorse idriche sotterranee.

Seppur nella consapevolezza della molteplicità dei fattori che concorrono alla determinazione di un tale fenomeno e quindi della conseguente difficoltà di interpretazione, si è cercato di produrre una prima quantificazione degli eventi in atto e attraverso l'analisi dei vari elementi che concorrono al bilancio idrico sotterraneo si è abbozzata una prima ipotesi riguardo le cause che lo determinano. Da ultimo si è passati alla individuazione delle ipotesi di intervento atte a risolvere, o perlomeno ridurre, il problema medesimo.

Nel presente lavoro per definire il fenomeno di innalzamento della falda sono stati utilizzati i dati disponibili nel Sistema Informativo Falda, nonché i dati gentilmente forniti dal Settore Acquedotto e dal Settore Fognature del Comune di Milano, dalla società MM Infrastrutture del territorio S.p.A., dal Consorzio Acqua Potabile e dal Consorzio Villoresi.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio interessa tutto il territorio del capoluogo lombardo con una superficie pari a 182 km².

Essa è caratterizzata dai tipici elementi di un'area metropolitana densamente urbanizzata con una elevata concentrazione di abitanti (circa 1.400.000). La presenza industriale sul territorio comunale di Milano è attualmente abbastanza limitata rispetto agli anni '70 a seguito della dismissione e/o rilocalizzazione di molte attività.

Gli elementi idrogeologici caratteristici dell'area sui quali è stata impostata la ricerca possono essere così riassunti:

- acquiferi costituiti dai depositi fluvioglaciali di natura essenzialmente ghiaioso-sabbiosa del Pleistocene superiore (Wurm Auct.) che sono dotati di un'ottima produttività idraulica e sostanzialmente non ha mai creato problemi quantitativi per l'approvvigionamento idrico sia pubblico che privato;
- presenza di oltre 900 pozzi, di cui circa 600 pubblici e circa 300 privati con tratte filtranti ubicate a differenti profondità. Di questi, molti risultano disattivati sia per problemi di contaminazione sia per dismissione delle attività industriali;
- elevato prelievo di acque sotterranee, pari a circa 13 m³/s, concentrato in centrali di pompaggio tutte collocate all'interno dei confini comunali o comunque nelle immediate vicinanze.

3. STRUTTURA IDROGEOLOGICA

Con riferimento agli studi sino ad oggi eseguiti nella pianura milanese, (AIROLDI R., CASATI P., 1989; AVANZINI M., BERETTA G.P., ET ALII, 1995; CAVALLIN A., FRANCANI V., ET ALII, 1983; NORDIO E. 1957; PROVINCIA DI MILANO, 1995) il sottosuolo dell'area in esame può essere suddiviso in tre distinte unità idrogeologiche, aventi nel loro insieme caratteri litologici e idraulici distribuiti con sostanziale omogeneità su settori arealmente significativi (COLOMBO ET ALII, 1996).

In particolare i sedimenti fluvioglaciali dell'unità "ghiaioso-sabbiosa" del Pleistocene superiore (Wurm Auct.), affioranti in superficie, sono sostituiti in profondità dalla unità "ghiaioso-sabbioso-limosa" del Pleistocene medio (Riss-Mindel Auct.) e quindi dall'unità a "conglomerati e arenarie basali" (Ceppo Auct.), quest'ultima non presente con continuità nell'area di studio. La successione sopra descritta si estende in profondità per circa 100 m e costituisce il cosiddetto "acquifero tradizionale", in quanto le falde in esso contenute (falda libera e falda semiconfinata) hanno costituito la risorsa idrica storicamente sfruttata nel milanese.

Nell'area esaminata la falda libera (unità ghiaioso-sabbiosa) si estende fino a circa 40-50 m di profondità ed è separata dalla sottostante falda semiconfinata da un livello limoso di spessore che varia tra qualche metro fino a 5-6 m. Tale livello si individua con una buona continuità laterale su tutta l'area e si caratterizza dal punto di vista idraulico come aquitard. I parametri idrogeologici medi caratteristici dell'acquifero tradizionale sono dati da trasmissività dell'ordine di 10⁻² m²/s, conducibilità idrica dell'ordine di 10⁻³ m/s e portata specifica di 10-20 l/s/m.

Le falde profonde sottostanti sono contenute all'interno di unità sia continentali e di transizione (unità sabbioso-argillosa), sia marine (unità argillosa) del Pleistocene inferiore e Calabriano. Litologicamente si tratta di sedimenti sabbioso-argillosi con una produttività idrica abbastanza limitata. Infatti non vengono superati valori di trasmissività di 5·10⁻³ m²/s, conducibilità idrica di circa 5·10⁻⁴ m/s e portata specifica con valori limitati a qualche unità. Lo schema strutturale riassuntivo è riportato in Figura 1.

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

Figura 1: Schema stratigrafico e idrogeologico (da Avanzini et Al., 1995; mod.).

Da un punto di vista idraulico le unità dell'acquifero tradizionale sono in parte comunicanti e si caratterizzano quindi come un sistema monostrato multifalda. Infatti la falda libera superficiale e la falda semiconfinata hanno scambi idrici dovuti in particolare a cause naturali legate a fenomeni di drenanza e mancanza di continuità su tutto l'areale dell'aquitard interposto. Inoltre sono presenti scambi idrici legati alla mancata ricostruzione, nei pozzi più vecchi, degli orizzonti di separazione naturale tra le falde (presenza di dreno continuo all'esterno della colonna).

Le falde profonde sono invece idraulicamente separate da quelle più superficiali. Questa evidenza è testimoniata non solo dai diversi valori dei rispettivi carichi idraulici, ma soprattutto da caratteristiche idrochimiche e dai dati derivanti da specifici test di pompaggio eseguiti in pozzi "multifalda" dai tecnici dell'Acquedotto di Milano (MOTTA V., 1981).

4. ANDAMENTO DELLE SUPERFICI PIEZOMETRICHE

Le carte delle isopiezometriche sono state elaborate utilizzando il variogramma per lo studio della struttura della variabile ed il kriging per la stima del dato ai nodi della griglia prescelta. I pozzi esistenti sono stati suddivisi per falde captate sulla base del modello concettuale preliminare.

In particolare la ricostruzione della piezometria della prima falda è stata resa possibile grazie alla collaborazione della MM Strutture ed Infrastrutture del Sottosuolo S.p.A. che dell'Ufficio Fognature del Comune di Milano.

Le piezometrie della falda libera superficiale (Figure 2a-2b) relative al marzo 1990 e al marzo 1995, sono entrambe caratterizzate da una struttura radiale convergente che interessa tutta l'area di studio e che si attenua solo nella parte più meridionale. Molto pronunciata risulta la differenza tra il gradiente idraulico nel settore occidentale e quello del settore orientale, nel quale lo stesso si riduce di quasi il 50 %.

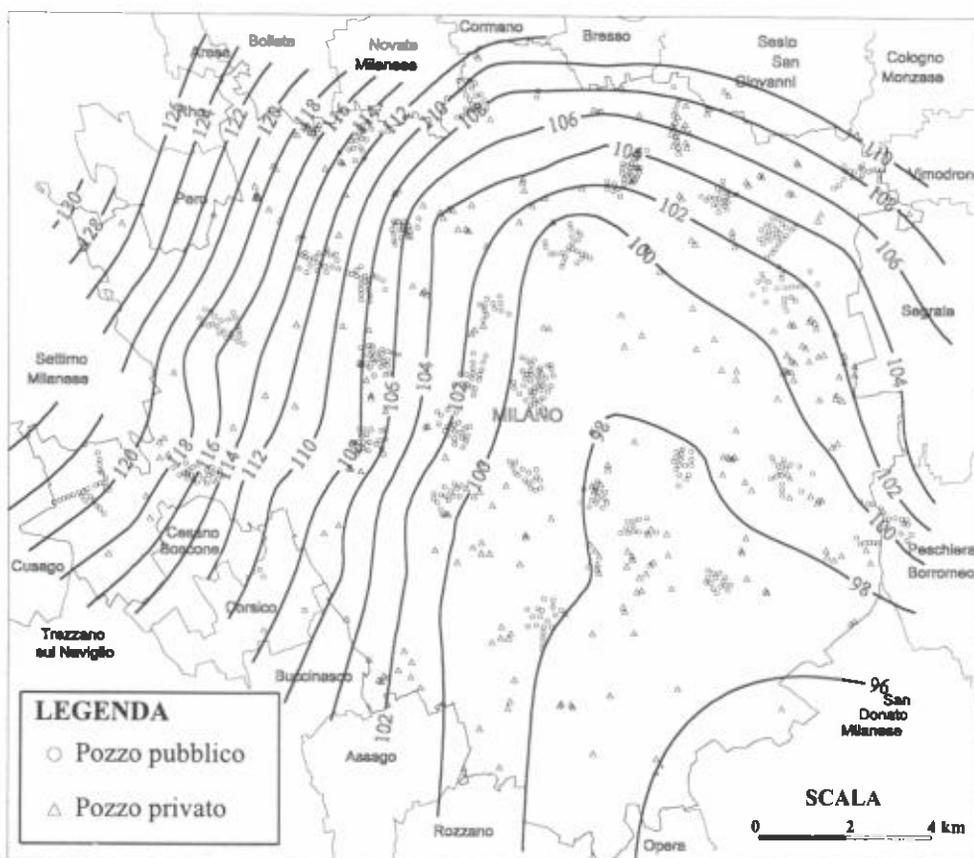


Figura 2a: Superficie piezometrica della prima falda (m s.l.m.) nel marzo 1990.

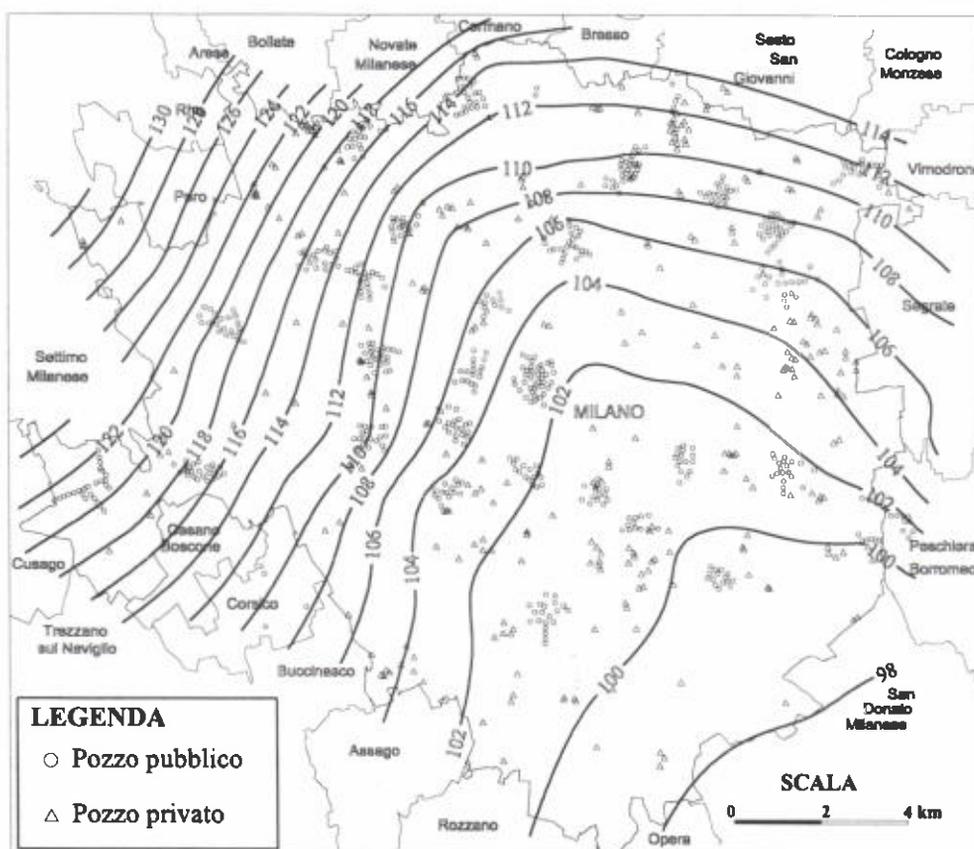


Figura 2b: Superficie piezometrica della prima falda (m s.l.m.) nel marzo 1995.

Dall'esame della carta della soggiacenza della prima falda riferita al marzo 1995 (Figura 3) si rileva un andamento delle isolinee speculare rispetto all'andamento delle isopiezometriche con valori minimi di soggiacenza a Sud del Comune (6 metri) e massimi nella zona centro Nord con valori che superano i 25 metri. Quest'ultima area, come si vedrà in seguito, corrisponde alla zona di maggiore innalzamento della superficie piezometrica registrato negli ultimi 5 anni.

Si può inoltre facilmente rilevare che, in considerazione delle profondità raggiunte dalle infrastrutture sotterranee, in una vasta parte della città sono presenti valori di soggiacenza inferiori ai 10 metri e pertanto potenzialmente "a rischio".

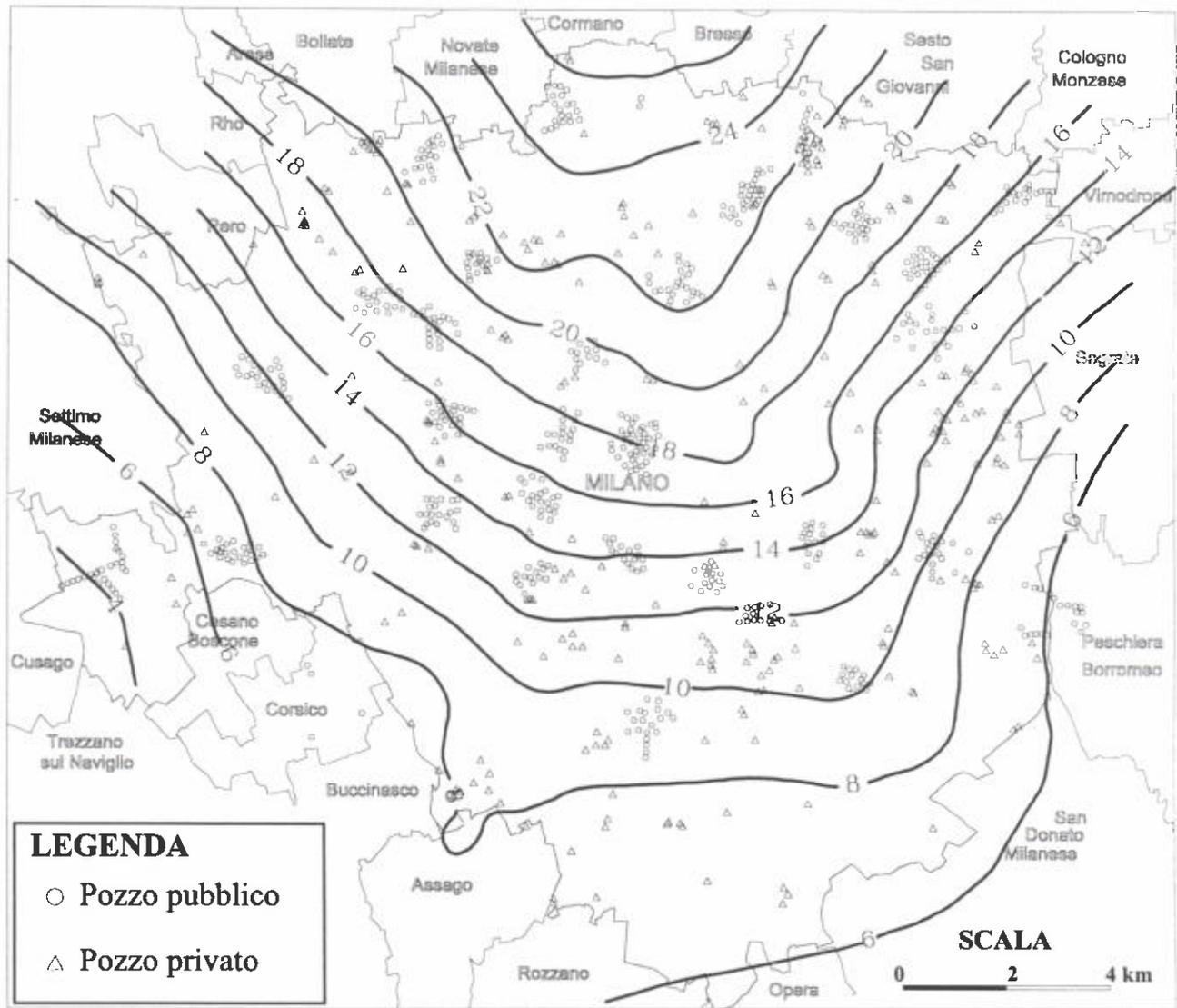


Figura 3: Soggiacenza della superficie piezometrica della prima falda (m) nel marzo 1995.

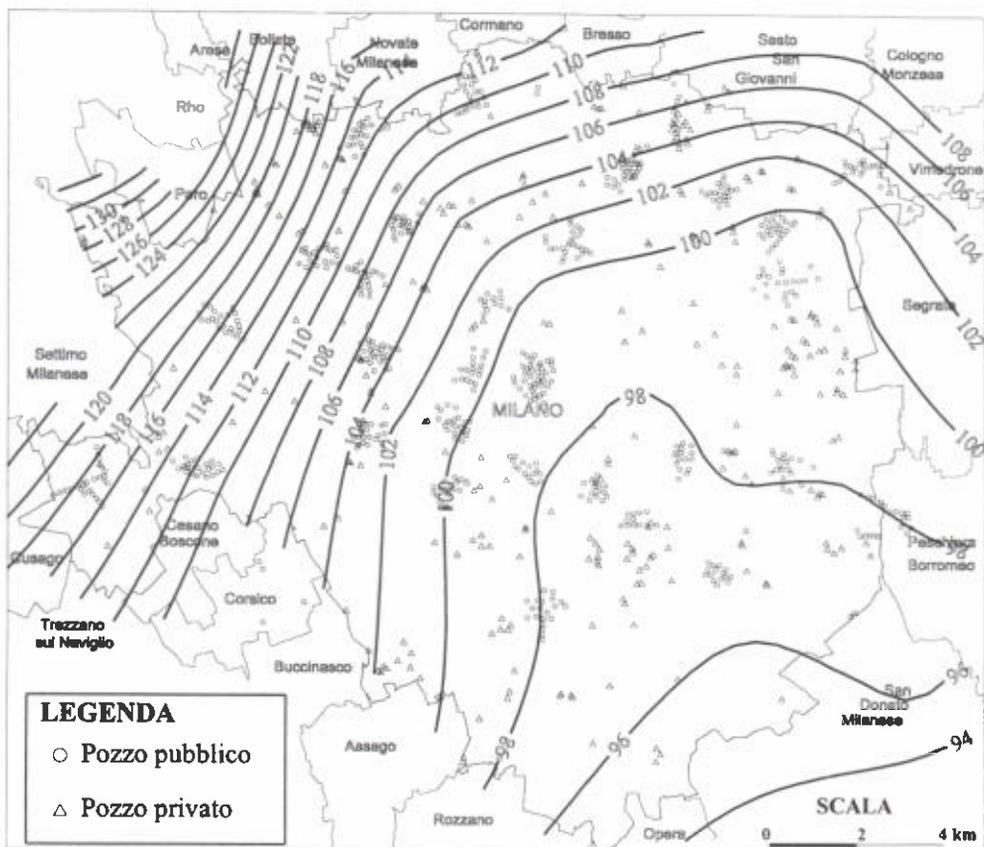


Figura 4a: Superficie piezometrica della falda semiconfinata (m s.l.m.) nel marzo 1990.

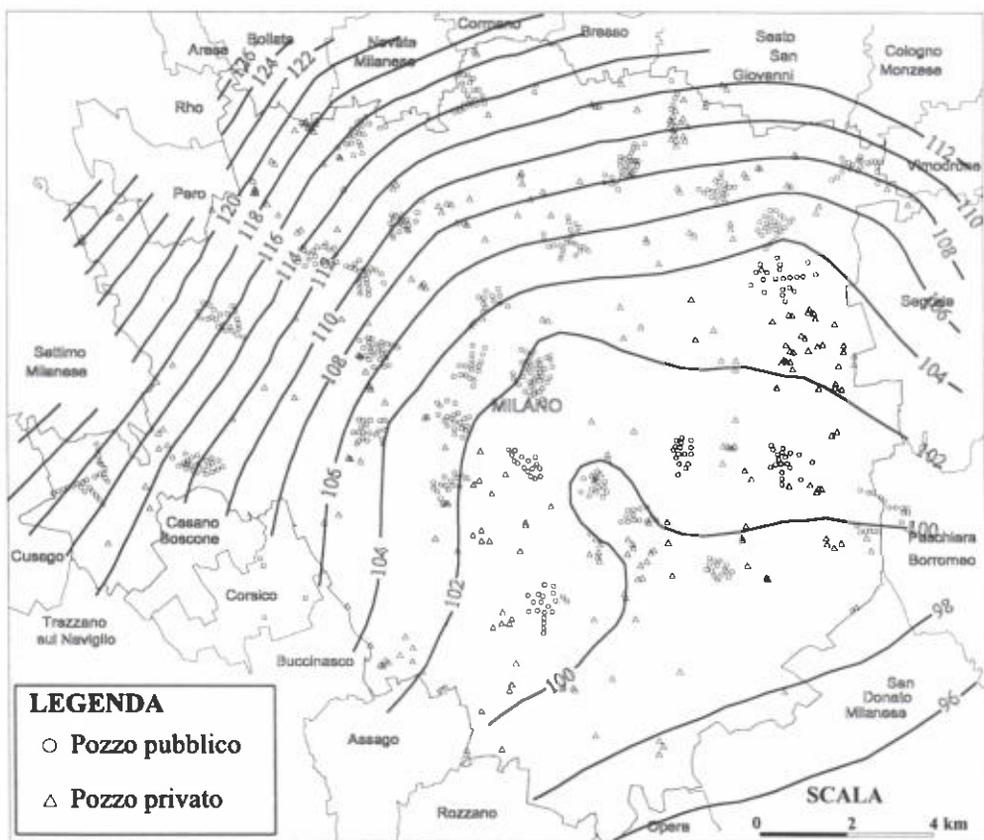


Figura 4b: Superficie piezometrica della falda semiconfinata (m s.l.m.) nel marzo 1995.

L'andamento delle piezometrie della seconda falda (Figure 4a-4b) riferite al marzo 1990 e al marzo 1995, non è morfologicamente molto dissimile da quello della falda superficiale. Le osservazioni precedenti sono ancora valide ma in questo caso l'interferenza sulla falda delle centrali di pompaggio è molto marcata, in quanto la maggior parte del prelievo effettuato dall'Acquedotto di Milano è localizzato in questa falda.

5. OSCILLAZIONI DELLE SUPERFICI PIEZOMETRICHE

Oltre all'andamento della piezometria sono anche state elaborate le oscillazioni della superficie piezometrica (esprese come soggiacenza) per le due falde più superficiali (Figura 5), con un periodo di osservazione a partire dagli anni '50 per la prima falda e dagli anni '60 per la seconda.

Il diagramma evidenzia una sostanziale uniformità degli andamenti pluriennali dei livelli piezometrici delle due falde superficiali. In particolare tali andamenti sono caratterizzati da una tendenza negativa (con abbassamenti superiori anche a 10 metri) che a partire dagli anni '60 si protrae sino alla metà degli anni '70 in cui si raggiunge il minimo del periodo considerato. Tale fenomeno è legato al progressivo aumento del prelievo sia civile (dai 280 milioni di m³ nel 1960 a 340 milioni di m³ nel 1974) che industriale ed in secondo luogo alla scarsità delle precipitazioni verificatesi in tali anni. Successivamente si osserva una notevole ripresa dei livelli, culminata nel 1978, seguita dal secondo minimo verso la fine degli anni '80 che è evidente soprattutto per la prima falda ed è legato ad un periodo caratterizzato da scarse precipitazioni. A partire dall'inizio degli anni '90 si evidenzia un rapido incremento dei livelli che raggiungono valori paragonabili a quelli della metà degli anni '60.

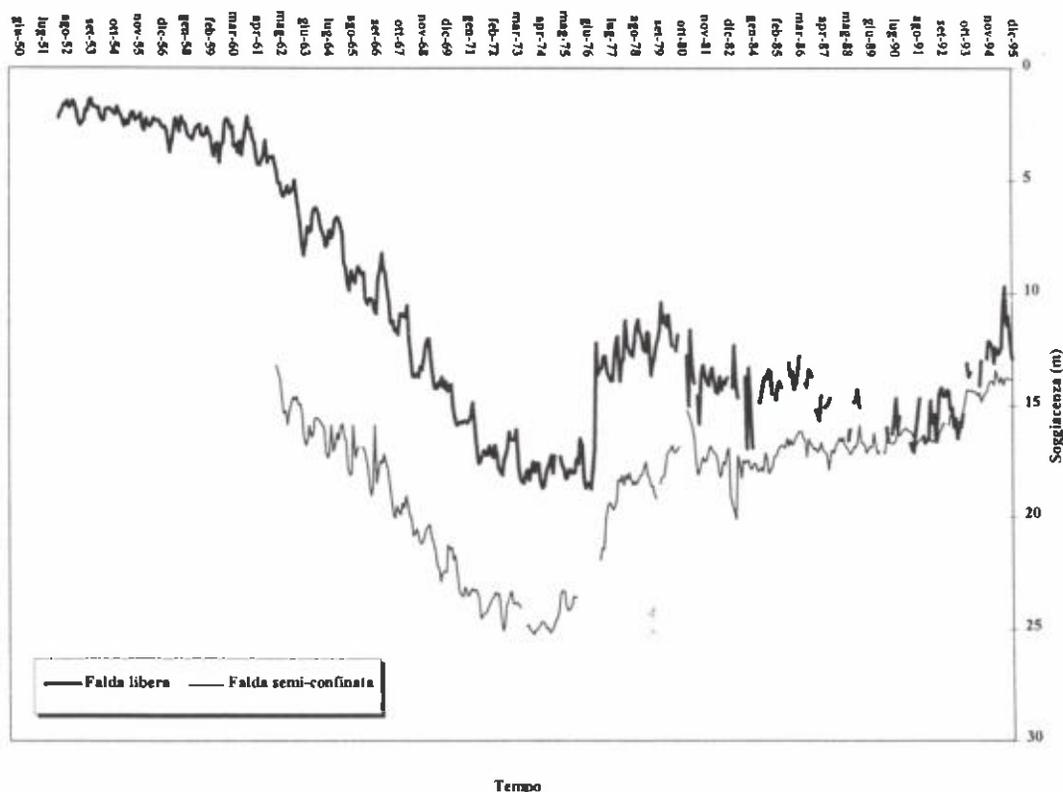


Figura 5: Andamento temporale dei livelli di soggiacenza delle falde superficiali

Al fine di dettagliare il fenomeno per il periodo che va dall'anno 1990 all'anno 1995 sono stati ricostruiti i grafici delle oscillazioni piezometriche della prima falda (misurate a cadenza mensile dai tecnici del Settore Fognature del Comune di Milano) su una maglia di circa 30 piezometri, distribuiti omogeneamente su tutta l'area in esame. I grafici, scelti come rappresentativi dei diversi settori dell'area di interesse, sono riportati nella Figura 6, indicando i valori di soggiacenza rispettivamente nella zona Nord (piezometro n. 69) e nella zona Sud del Comune di Milano (piezometro n.77). Questo innalzamento può essere quantificato in circa 1 m/anno, evidenziando tuttavia che la zona a sud è quella che presenta un regime delle variazioni più limitate.

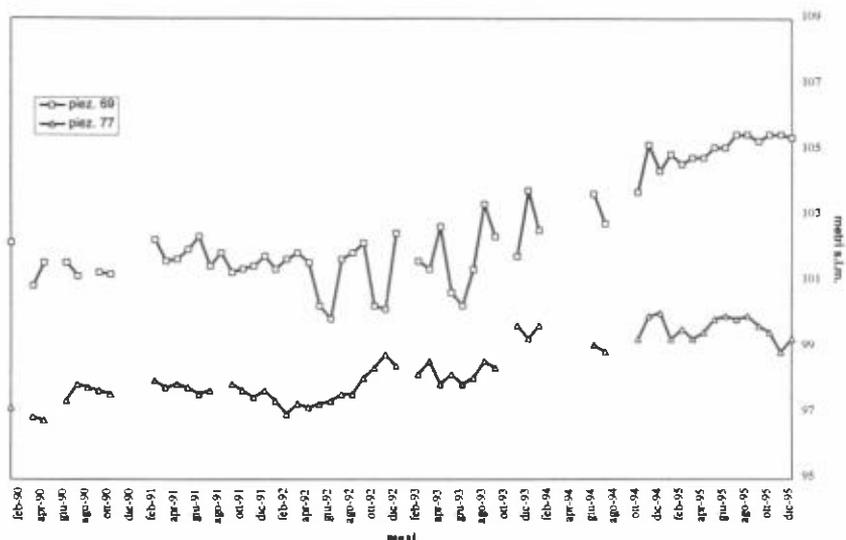


Figura 6: Oscillazioni dei livelli piezometrici della prima falda

Tale fenomeno è verificabile anche a più ampia scala. Infatti dall'analisi delle escursioni piezometriche dei pozzi localizzati nei Comuni esterni al capoluogo lombardo (Figure 7a, 7b, 7c e 7d) si rileva sostanzialmente che l'innalzamento più marcato sembra essere più evidente nella zona del nord Milano, mentre appare sostanzialmente più debole a sud e verso le principali aste fluviali Adda e Ticino.

A livello areale il fenomeno è stato studiato attraverso l'elaborazione per le due falde superficiali delle differenze tra i livelli piezometrici registrati nel marzo 1995 rispetto a quelli registrati nello stesso periodo dell'anno 1990.

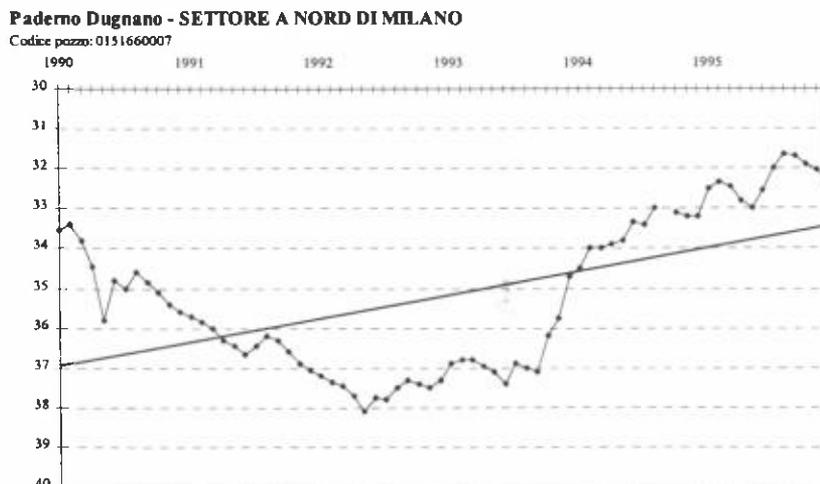


Figura 7a: Andamento temporale dei livelli di soggiacenza (metri) della falda.

Melegnano - SETTORE A SUD DI MILANO

Codice pozzi: 0151400003

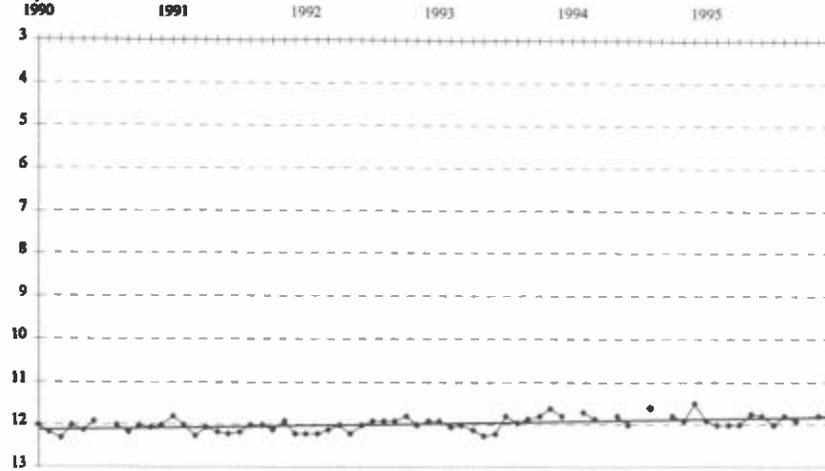


Figura 7b: Andamento temporale dei livelli di soggiacenza (metri) della falda.

Cassano d'Adda - SETTORE AD EST DI MILANO

Codice Pozzi: 01.50590001

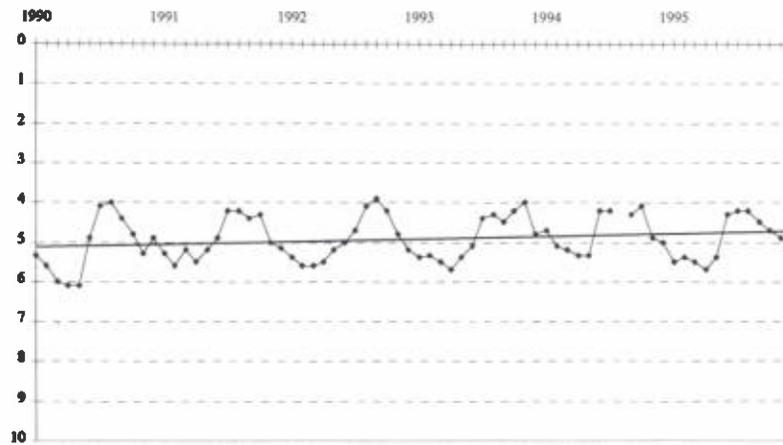


Figura 7c: Andamento temporale dei livelli di soggiacenza (metri) della falda.

Castano Primo - SETTORE AD OVEST DI MILANO

Codice pozzi: 01.50620014

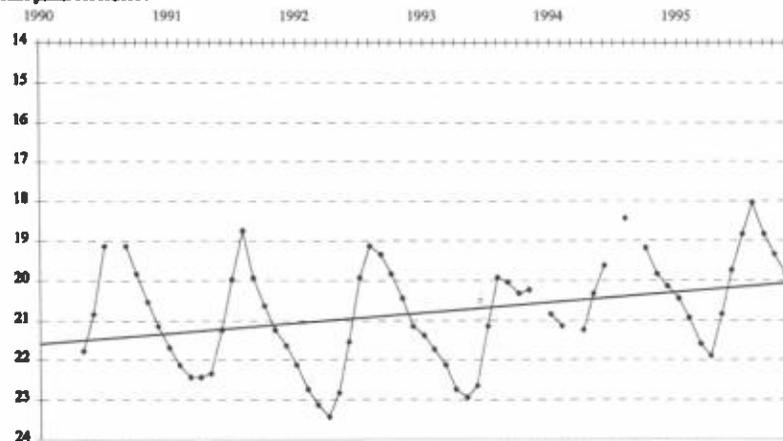


Figura 7d: Andamento temporale dei livelli di soggiacenza (metri) della falda.

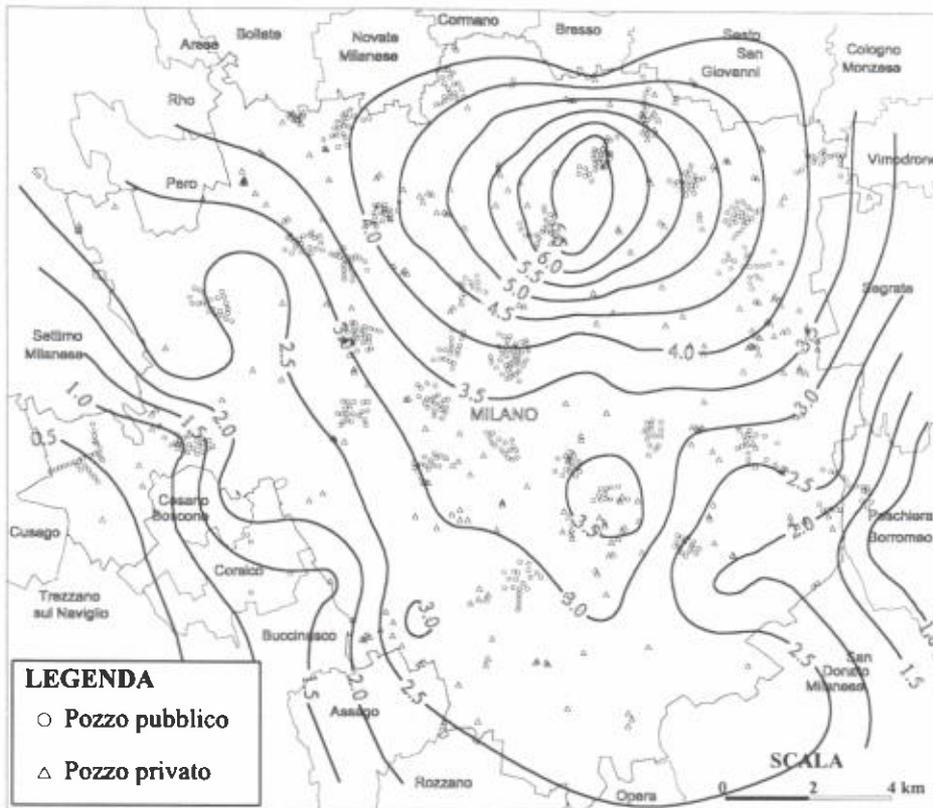


Figura 8: Escursione della superficie piezometrica della prima falda (m) tra il marzo 1995 e il marzo 1990.

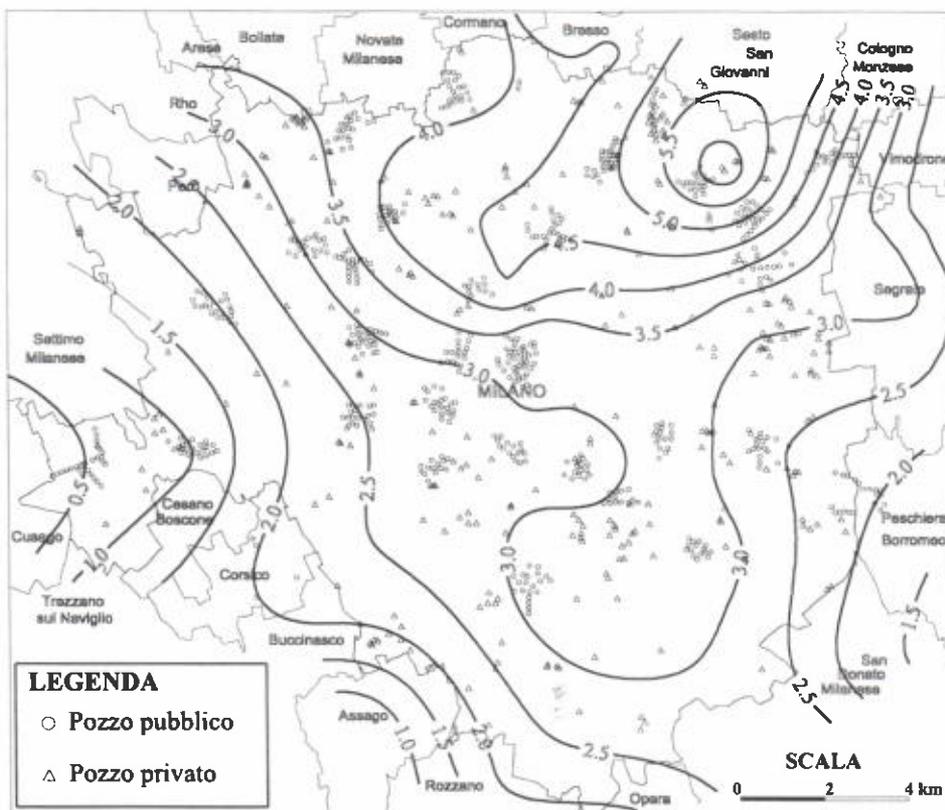


Figura 9: Escursione della superficie piezometrica della falda semiconfinata (m) tra il marzo 1995 e il marzo 1990.

Per quanto riguarda l'escursione di tali livelli, nella prima falda (Figura 8) si denota per tutta l'area in esame un innalzamento della superficie piezometrica, con dei valori minimi di circa 0.5 metri nell'area ad ovest e dei massimi di innalzamento di 6,5 metri nella zona centrosettentrionale, dove è presente una vasta area di escursione positiva di entità superiore ai 4 metri per tutto il settore N-NE del Comune di Milano.

L'analisi dell'escursione areale dei livelli piezometrici della falda semiconfinata (Figura 9) evidenzia una sostanziale uniformità degli andamenti riscontrati per la prima falda. Si denota infatti un innalzamento generalizzato che va da un minimo di 0.5 metri nella zona ad ovest del Comune di Milano ad un massimo di 6 metri nella zona a Nord-Est. L'area di massimo innalzamento dei livelli coincide con quella evidenziata per la falda superficiale.

6. ANALISI DELLE POSSIBILI CAUSE DEL FENOMENO

I motivi del fenomeno oggetto di studio devono essere ovviamente ricercati nella variazione dei rapporti che costituiscono il bilancio idrologico della falda e che possono quindi determinare modificazioni dei volumi di acque immagazzinate negli acquiferi.

Al fine quindi di cercare una prima interpretazione di tale fenomeno (che in forma completa ed esaustiva dovrà comunque essere affrontata attraverso l'implementazione di modelli matematici di flusso) si sono analizzati gli andamenti delle principali voci del bilancio idrologico dell'area nel periodo considerato (1990-1995).

In particolare le voci che costituiscono il bilancio idrologico sono date, per quanto riguarda le entrate, dagli apporti in falda da monte, irrigazioni, infiltrazioni delle acque meteoriche e perdite dei corpi idrici superficiali, mentre, per quanto riguarda le uscite, dai deflussi da falda verso valle, prelievi,, drenanza delle aste fluviali e dei fontanili evapotraspirazione.

Proprio per il carattere preliminare di questo studio, non si sono potute considerate le variazioni relative agli apporti e deflussi in falda, dimensionabili solo con l'applicazione di modelli matematici. Di seguito vengono quindi presentate le valutazioni riguardo alle altre principali voci del bilancio nel quinquennio considerato.

6.1 Precipitazioni

L'area in cui è collocato il capoluogo lombardo è caratterizzata da un regime pluviometrico medio annuo che nell'ultimo trentennio è pari a circa 980 mm/anno, con valori pari a 1400-1600 mm/anno per gli anni particolarmente piovosi e pari a 700-900 mm/anno per quelli meno piovosi.

Per quanto riguarda il quinquennio in esame si può rilevare dalla Tabella 1 che si è avuto un regime di precipitazioni particolarmente scarso per i primi due anni (1990 e 1991) e un regime che si colloca nei valori medi per gli altri 3 anni.

Ad esclusione quindi delle precipitazioni registrate nel 1990 e nel 1991, anni di minimo del trentennio, si può registrare una sostanziale uniformità di valori.

Oltre a questo fatto si aggiunga che ai fini del bilancio tale voce non risulta particolarmente determinante, in quanto, in base ai dati disponibili, risulta che il quantitativo annuo medio (calcolato nell'ultimo trentennio) di precipitazioni efficaci (calcolate con il metodo Thorntwaite-Mather) è pari a soli 185 mm/anno (tenuto conto anche delle estese superfici impermeabilizzate), rappresentando quindi solo il 20% della precipitazione media annua.

anno 1990	anno 1991	anno 1992	anno 1993	anno 1994	anno 1995
819	649	1007	1054	1184	1020

Tabella 1: Precipitazioni totali annue (mm) - Stazione meteorologica di Milano Brera.

6.2 Irrigazioni

Questa voce costituisce per l'area in cui si colloca il Comune di Milano, uno dei principali fattori positivi del bilancio.

Al fine di quantificare l'andamento di questa voce si sono considerate le portate medie dei principali canali irrigui da cui si aprono le prese dei canali irrigui secondari che influenzano l'area in esame. Dalle informazioni in nostro possesso, reperite principalmente presso il Consorzio Villoresi che gestisce anche il sistema dei canali irrigui secondari, non si rilevano particolari variazioni dei quantitativi venduti nel quinquennio, e semmai si può parlare di decremento del contributo in falda in quanto si è provveduto ad effettuare numerosi interventi d'impermeabilizzazione degli alvei dei canali più ammalorati. Nella Tabella 2 sono quindi esposti i valori sostanzialmente costanti nel periodo considerato.

Corpo idrico	m³/s
Canale Villoresi	65
Naviglio Grande	64
Naviglio Martesana	32

Tabella 2: Portate medie dei principali canali irrigui.

6.3 Prelievi

I prelievi effettuati dalla falda ad opera dei pozzi sia ad uso potabile che industriale costituiscono sicuramente l'elemento più importante tra le voci in uscita del bilancio. Tale elemento è di particolare interesse ai fini dello studio se si considera che i prelievi in esame si concentrano essenzialmente in prima e seconda falda. Rispetto al periodo considerato è evidente che l'entità dei prelievi ha subito delle consistenti variazioni. Dalla Tabella 3 è possibile quantificare le diminuzioni di prelievo annuo totale.

anno 1990	anno 1991	anno 1992	anno 1993	anno 1994	anno 1995	bilancio 1995-1990
380.889.220	349.886.014	356.566.941	358.212.355	347.431.114	338.332.731	-42.556.489

Tabella 3: Situazione dei prelievi totali nel comune di Milano in mc/anno.

Di particolare interesse risulta l'analisi dei soli prelievi idrici privati effettuati nei principali poli industriali di Milano e dei comuni confinanti (Tabella 4).

Nel periodo in esame, si è infatti assistito ad una considerevole dismissione o ridimensionamento delle grandi utenze quali, solo per citare le più importanti, la Falck di Sesto San Giovanni, l'Agip di Rho, l'Alfa Romeo di Arese, la Pirelli e la Maserati di Milano, alle quali si aggiungono numerosi piccole aziende.

Polo industriale	anno 1990	anno 1991	anno 1992	anno 1993	anno 1994	Bilancio 1990-1994
Falck (Sesto S/G)	16.000.000	30.000.000	24.000.000	7.400.000	11.200.000	-4.800.000
Alfa Romeo (Arese)	8.000.000	7.900.000	5.300.000	4.800.000	4.500.000	-3.500.000
Polo chimico (Rodano)	40.850.000	39.400.000	31.900.000	32.600.000	30.050.000	-10.800.000
Pirelli (Milano)	8.200.000	4.900.000	5.300.000	5.400.000	5.500.000	-2.700.000
Agip (Rho)	7.800.000	7.900.000	13.400.000	3.900.000	1.100.000	-6.700.000
Totali	80.850.000	90.100.000	79.900.000	54.100.000	52.350.000	-28.500.000

Tabella 4: Dettaglio del prelievo dei principali poli industriali in mc/anno.

6.4 Fontanili

Ai fini del bilancio idrologico, tale voce risulta sicuramente determinante ma di difficile interpretazione. Infatti se da un lato il drenaggio delle acque di falda che avviene in corrispondenza delle "teste" dei fontanili, costituisce una voce di uscita, è pur vero che tali acque sono destinate alle irrigazioni e vanno quindi a costituire immediatamente a valle una voce di entrata.

Considerando tuttavia che l'attuale limite settentrionale della fascia dei fontanili attivi si riscontra in prossimità del limite meridionale del Comune di Milano, ai fini della presente analisi si è considerata tale voce tra quelle in uscita.

Circa il regime dei prelievi da falda effettuati attraverso tali opere idrauliche non si dispone di dati dettagliati ma unicamente del numero dei fontanili attivi presenti in Provincia di Milano.

In particolare si rileva che nel 1975 i fontanili attivi erano almeno 430 con una portata complessiva giornaliera (rilevata su media annua) di circa 28 m³/s e portate per ogni singola opera mediamente variabili tra un minimo di 40-50 l/s ed un massimo di 400-500 l/s. Il dato aggiornato disponibile riguarda solamente il numero dei fontanili rimasti attivi che risultano pari a 186.

I recenti innalzamenti della falda non hanno avuto come diretta conseguenza un atteso aumento del numero dei fontanili attivi, in quanto negli anni molte delle opere dismesse hanno perso le caratteristiche proprie di funzionalità idraulica.

7. PROPOSTE D'INTERVENTO

Dall'analisi delle voci del bilancio nel periodo considerato, emerge con sufficiente chiarezza che le maggiori variazioni riguardano l'entità delle uscite. In particolare il fattore che può essere risultato più determinante ai fini dell'innalzamento delle superfici piezometriche della prima e seconda falda, è la variazione del regime dei prelievi effettuati dai pozzi e dalle teste di fontanile.

Per questi ultimi la riduzione dei quantitativi d'acqua drenati, è avvenuta non tanto per ragioni connesse alla soggiacenza della superficie piezometrica, quanto per l'inefficienza idraulica intervenuta negli anni.

Avendo rilevato che all'instaurarsi del fenomeno in esame concorrono in modo sicuramente determinante voci di tipo antropico, è possibile in questa fase proporre interventi di prevenzione che riguardino la gestione delle risorse idriche sotterranee a medio e lungo termine.

In questa sede non si andranno ad analizzare i possibili interventi a posteriori (essenzialmente di tipo geotecnico) atti a mitigare le problematiche connesse all'innalzamento della superficie piezometrica.

7.1 Razionalizzazione areale dei prelievi

In funzione del ruolo determinante svolto dai prelievi da pozzo nei confronti dell'innalzamento della superficie piezometrica, è necessario intervenire prioritariamente su tale voce.

Non essendo possibile proporre un aumento forzato dei prelievi si deve valutare l'ottimizzazione della distribuzione areale degli stessi anche in funzione delle caratteristiche qualitative della risorsa e delle caratteristiche qualitative dei fabbisogni.

Per quanto riguarda la distribuzione areale, si dovrà porre sempre più sotto il controllo pubblico la scelta della localizzazione delle nuove opere (compatibilmente con le esigenze logistiche) e la gestione dei punti di prelievo, soprattutto per gli usi civili ma anche per quelli industriali.

Ciò potrà essere fatto soprattutto tramite approfonditi studi idrogeologici supportato anche da un corretto monitoraggio territoriale che indichi le zone sulle quali risulta prioritario l'abbattimento della superficie piezometrica.

7.2 Distinzione delle reti di distribuzione

Per quanto riguarda la distribuzione verticale dei prelievi sarebbe sicuramente di effetto immediato trasferire in prima falda quelli di tipo industriale, in quanto non richiedono acque qualitativamente pregiate.

Si deve dare per assunto che si dovrà sempre più tendere a riservare ai soli scopi potabili gli acquiferi più profondi che non potrebbero comunque soddisfare oltre al fabbisogno civile anche quello industriale.

Una politica di revisione dell'uso della risorsa acqua sarebbe sicuramente agevolata anche dalla distinzione delle reti di distribuzione in acque di alto e basso grado qualitativo. Tale obiettivo non potrà ovviamente essere raggiunto in tempi brevi ma sarà indispensabile procedere per gradi ad esempio installando le condotte aggiuntive in occasione di realizzazione di nuovi impianti o per le ristrutturazioni in caso di manutenzione.

Successivamente a tale progressiva distinzione, che potrebbe indubbiamente iniziare con gli usi industriali e terziari, si potrebbe passare ad una distribuzione differenziata anche per gli usi civili (con le dovute cautele del caso) distinguendo le reti destinate essenzialmente all'uso potabile da quelle utilizzate invece più propriamente a scopi sanitari (lavatrici, wc, ecc.).

Una tale distinzione, rende necessaria anche una differenziazione sostanziale delle tariffe, ottenendo da un lato un sensibile risparmio di acque di alto pregio ed il relativo utilizzo di acquiferi meno pregiati e più produttivi, e dall'altro il recupero di fondi da destinare agli opportuni investimenti

7.3 Contenimento perdite

Da recenti statistiche pubblicate risulterebbe che in Lombardia le perdite delle reti di distribuzione, ben al di sotto della media nazionale, si aggirerebbero mediamente intorno al 18 %.

Considerato il volume dell'acqua potabile sollevato annualmente dall'acquedotto di Milano che si aggira intorno al 260.000.000 mc/anno si può ragionevolmente valutare che, nel corso dello stesso anno, potrebbero essere andati dispersi volumi nell'ordine di 30/40 milioni di mc d'acqua, i quali vanno ad alimentare le falde più superficiali. E' pertanto immediatamente intuibile che un tale apporto contribuisce in termini di rilevante ricarica all'innalzamento del livello freatico.

Si dovrà pertanto provvedere ad effettuare opportuni investimenti per il risanamento di tali situazioni. Tali interventi sul lungo periodo risulteranno sicuramente vantaggiosi anche da un punto di vista economico, considerando che oltre ai costi di sollevamento, le acque disperse, prima dell'immissione nelle reti di distribuzione, sono state in molti casi oggetto di costosi interventi di potabilizzazione.

7.4 Sospensione ricariche

Negli anni passati a seguito del depauperamento delle risorse idriche sotterranee, erano stati progettati e talora attivati impianti di ravvenamento della falda.

Allo stato delle condizioni attuali, tali progetti non trovano al momento più alcuna giustificazione.

Analogamente, stanti le attuali condizioni, non dovranno al momento essere realizzati i ventilati progetti di utilizzo di acque dei grandi canali irrigui, per ravvenamento della falda tramite immissione nei laghi di cava.

7.5 Riattivazione dei fontanili

I fontanili hanno sempre svolto una naturale funzione di riequilibrio del bilancio idrologico dell'area in quanto naturale emergenza della superficie freatica. Va richiamato che nell'analisi precedentemente esposta si è evidenziata una notevole diminuzione del numero di fontanili attivi e conseguentemente una riduzione delle uscite dal bilancio.

Per tali ragioni sarebbe auspicabile un intervento di riattivazione della funzionalità idraulica dei fontanili. E' evidente che dovranno essere individuate quelle opere che, a seguito della mutata situazione della soggiacenza della superficie piezometrica, si trovano in condizioni favorevoli al naturale drenaggio delle acque di falda e quindi in qualche modo utili contributi per il suo abbassamento.

Tale intervento presenta, oltre agli effetti di laminazione della superficie piezometrica, anche risvolti sicuramente apprezzabili relativamente all'aumento delle disponibilità di acque per le irrigazioni a valle e alla tutela e salvaguardia degli ecosistemi tipici dell'ambiente lombardo.

8. CONCLUSIONI

L'analisi del fenomeno in atto è avvenuta tramite l'elaborazione di dati forniti da vari Enti (Metropolitana Milanese, Servizio fognature ed Acquedotto del Comune di Milano, Consorzio Acqua Potabile), anche grazie al coordinamento in materia idrogeologica realizzato dalla Provincia di Milano che ha attivato e gestisce il Sistema Informativo Falda (SIF).

Si ritiene tuttavia, al fine di studiare la dinamica e l'evoluzione del fenomeno, necessario disporre di informazioni periodiche e di dettaglio condotte su di una apposita e specifica sottorete di monitoraggio della falda libera, opportunamente quotata e regolarmente misurata, grazie anche al coordinamento delle attività di controllo piezometrico da parte degli Enti sopraccitati.

Proprio in questa direzione la Provincia di Milano si è attivata per predisporre tre distinte sottoreti di monitoraggio delle falde, per l'area del Comune di Milano e Comuni limitrofi.

Solo attraverso tale preliminare attività gli interventi proposti potranno essere opportunamente validati, dimensionati e quantificati nei loro effetti.

Oltre al monitoraggio piezometrico dovrà essere condotto anche il monitoraggio qualitativo delle acque di falda, in quanto l'innalzamento piezometrico può comportare rilevanti fenomeni di dilavamento e mobilitazione di inquinanti eventualmente presenti nelle porzioni di terreno in condizioni insature prima del verificarsi del fenomeno in analisi.

E' inoltre assolutamente fondamentale che qualsiasi scelta operata vada inserita in un quadro organico di completa razionalizzazione dell'uso della risorsa idrica sotterranea. Una tale strategia è necessaria anche in previsione del fatto che la situazione evidenziata abbia solo carattere transitorio e pertanto gli interventi eventualmente intrapresi dovranno essere sufficientemente elastici da garantire efficaci adeguamenti anche locali, in caso di una non escludibile inversione di tendenza.

Bibliografia

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

AA.VV. (1985): *"Aspetti idrogeologici dell'Est milanese e tutela del bacino dell'Idroscalo"*, - Provincia di Milano, Milano.

AIROLDI R., (1996): *"Interventi e programmi dell'Acquedotto milanese per garantire la quantità e la qualità dell'acqua distribuita"*, Atti del Convegno "La potabilità dell'acqua nella città di Milano", Milano.

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

AVANZINI M. ET ALII (1995): *"Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano"*, Consorzio Acqua Potabile, Milano.

AVOGADRO G., (1965): *"La restituzione delle acque in falda e le recenti difficoltà nell'approvvigionamento idrico dal sottosuolo della Provincia di Milano"*, Atti Convegno FAST, Milano.

BARNABA P.F. (1996): *"Motivi di riflessione sulla situazione idrogeologica del Sud-Est milanese"*, Università degli Studi di Milano - Dipartimento delle Scienze della Terra, Milano.

BERETTA G.P. ET ALII (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.

CASSANO E. ET ALII (1986): *"Pianura Padana. Interpretazione integrata di dati geofisici e geologici"*, 730 Congresso Soc. Geol. Italiana, 29.

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

COLOMBO F. ET ALII. (1996): *"Le problematiche idrogeologiche delle aree altamente industrializzate: l'esempio di Milano"*, Atti del Convegno "L'impatto dell'attività industriale sulle risorse idriche sotterranee", Cernobbio (CO).

GHEZZI A., MAZZARELLA S., PORCHEDDU F. (1977): *"Le risorse idriche nel comprensorio del Piano intercomunale milanese"*, Consorzio per l'acqua potabile ai Comuni della Provincia di Milano, Milano.

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

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.

PROVINCIA DI MILANO (1995): *"Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano"* Vol. I: Lineamenti idrogeologici, a cura dell'Assessorato all'Ambiente e del Politecnico di Milano D.S.T.M.-Geologia Applicata.

PROVINCIA DI MILANO (1996): *"Brevi considerazioni relative all'innalzamento della falda in Provincia di Milano"*, a cura dell'Assessorato all'Ambiente - Settore Ecologia, Milano.