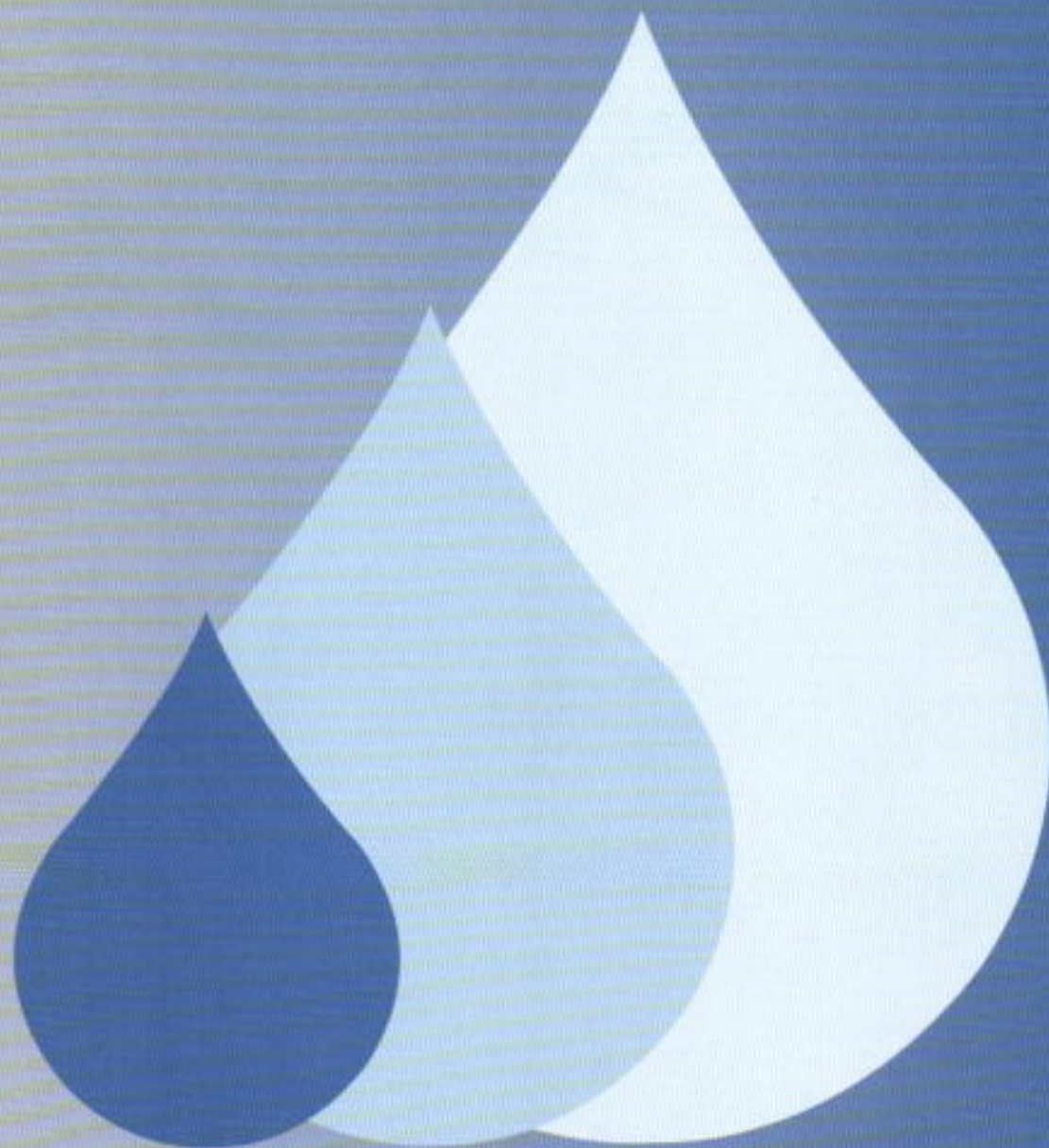




Provincia di Milano
Direzione Centrale Ambiente

Sistema Informativo Falda

**Le risorse idriche sotterranee
nella Provincia di Milano**



**Vol.2 - Stato qualitativo delle acque
anni 1990 - 1996 - 1997**



Provincia di Milano
Direzione Centrale Ambiente
Sistema Informativo Falda

e

Politecnico di Milano
D.I.I.A.R.
Sezione Ambientale
Geologia Applicata

Le risorse idriche sotterranee
nella Provincia di Milano
Vol.2:
Rapporto sullo stato di inquinamento

Anni 1990-1996-1997

Milano, Maggio 2000

A cura di:

Provincia di Milano, Assessorato all Ambiente

U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo — Ufficio Sistema Informativo Falda

Politecnico di Milano, D.I.I.A.R., Sezione Ambientale

Dott. Guido Rosti,

(Direttore Centrale Ambiente)

Dott.ssa Cristina Arduini

(Funzionario responsabile Sistema Informativo Falda)

Dott.ssa Fiammetta Di Palma

(Funzionario geologo)

Prof. Vincenzo Francani

(Professore Ordinario Geologia Applicata)

Dott. Sergio Pirrotta

(Dottorando in Geologia Applicata)

Dott. Luca Alberti

(Dottore di ricerca in Geologia Applicata)

Dott. Andrea Parri

(Collaboratore a Geologia Applicata)

Elaborazione editoriale:

Dott. Sergio Pirrotta

Lo studio prende spunto dalla tesi di dottorato di: S. Pirrotta.

Si ringraziano i seguenti Enti appartenenti al S.I.F. — Sistema Informativo Falda:

Consorzio Acqua Potabile

Comune di Milano — Servizi Idrici Integrati

Asl Città di Milano

Asl Provincia di Milano 1

Asl Provincia di Milano 2

Asl Provincia di Milano 3

Arpa di Milano, Lodi, Monza e Parabiago.

©Provincia di Milano, Maggio 2000



PREMESSA

Questo volume che segue l'uscita, del primo lavoro sulla struttura idrogeologica dell'area della Provincia di Milano, si pone come obiettivo di analizzare lo stato qualitativo della risorsa acqua, approfondendo, grazie alle basi poste con la prima parte dello studio, le problematiche connesse alle caratteristiche idrochimiche dei diversi acquiferi e soprattutto ai loro legami ed interconnessioni.

Sono questi infatti i fattori che guidano la diffusione in senso areale delle contaminazioni ed è su questi che è necessario impostare le scelte e gli interventi volti a proteggere o - dove già compromessa - a riqualificare la risorsa acqua.

Gli obiettivi di questa elaborazione sono essenzialmente indirizzati perciò a fornire un quadro generale dello stato di salute della risorsa, effettuato mediante la revisione e l'elaborazione dei dati disponibili presso il Sistema Informativo Falda.

E' ormai noto che il Sistema Informativo Falda nasce nel 1989 proprio con l'intento di raccogliere ed organizzare su base informatica tutti quei dati disponibili presso diversi Enti e permettere di costruire una base di conoscenza indispensabile per le attività inerenti la tutela della falda.

Dopo numerosi anni di raccolta dati, di validazione degli stessi è stato perciò possibile effettuare uno studio, che rispetto ad altri precedenti, può fornire una rappresentazione più realistica dello stato qualitativo delle risorse idriche sotterranee.

Tale studio, che necessita di notevoli sforzi in termini di risorse professionali, è stato realizzato grazie alla fattiva collaborazione con il Politecnico di Milano (D.I.I.A.R.-Sez. di Geologia Applicata) che ha fornito le risorse umane indispensabili.

Abbiamo ritenuto utile e importante continuare sulla strada precedentemente tracciata e fornire un ulteriore strumento di conoscenza soprattutto a tutti coloro che operano in materia di risorse idriche.

IL PRESIDENTE
On. Ombretta Colli

L'ASSESSORE ALL'AMBIENTE
Luigi Cocchiaro



SOMMARIO

1. Generalità sull'area esaminata.....	7
1.1. Inquadramento geografico.....	7
1.2 La struttura idrogeologica.....	9
1.2.1 Sintesi degli studi precedenti.....	9
1.2.2 Schema semplificato della struttura idrogeologica.....	13
2. Caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi.....	15
2.1 Permeabilità degli acquiferi.....	15
2.2 Distribuzione dei valori di trasmissività.....	15
2.2.1 L'acquifero TR.....	16
2.2.2 L'acquifero C.....	17
3. Valutazione del carico inquinante.....	17
3.1 Raccolta e analisi dei dati.....	17
3.1.1 Guida alla lettura delle carte.....	19
3.2 Nitrati.....	21
3.2.1 Nitrati 90,96,97 primo acquifero.....	22
3.2.2 Nitrati 90,96,97 secondo acquifero.....	23
3.2.3 Nitrati 90,96,97 falda mista.....	24
3.2.4. Considerazioni di riepilogo (1990, 1996, 1997).....	25
3.3 Cromo.....	25
3.3.1 Cromo 90,96,97 primo acquifero.....	26
3.3.2 Cromo 90, 96, 97 secondo acquifero.....	26
3.3.3 Cromo 90, 96, 97 falda mista.....	27
3.3.4 Considerazioni di riepilogo (1990, 1996, 1997).....	27
3.4 Composti organoalogenati.....	27
3.4.1 Composti organoalogenati 90, 96, 97 primo acquifero.....	29
3.4.2 Composti organoalogenati 90, 96, 97 secondo acquifero.....	30
3.4.3 Composti organoalogenati 90, 96, 97 falda mista.....	31
3.4.4 Considerazioni di riepilogo (1990, 1996, 1997).....	31
3.5 Antiparassitari.....	32
3.5.1 Antiparassitari 90, 96, 97 primo acquifero.....	32
3.5.2 Antiparassitari 90, 96, 97 secondo acquifero.....	33
3.5.3 Antiparassitari 90, 96, 97 falda mista.....	33
3.6 Analisi dei grafici.....	33
3.6.1 A carattere generale.....	34
3.6.2 Sul chimismo.....	37
3.6.3 Zone a maggior rischio.....	41
3.6.4 Note di riepilogo.....	43
4. Proposte per il miglioramento qualitativo delle acque sotterranee.....	44
4.1 Fase di impostazione del modello idrogeologico.....	45
4.2 Modello concettuale.....	45
4.3 Il carico inquinante affluente a Milano.....	46
4.4 Identificazione delle aree a rischio.....	47
5. Considerazioni finali.....	48
6. Bibliografia.....	49



1. Generalità sull'area esaminata

L'area d'indagine riveste un elevato significato socio-economico a scala regionale e nazionale, ed è quindi di grande interesse la conservazione del suo patrimonio idrico sotterraneo; dalla risorsa idrica discende, infatti, la possibilità di sviluppo urbano e industriale che non a caso si è concentrata nell'area milanese, una delle più ricche del continente sotto quest'aspetto.

L'urbanizzazione del territorio è più elevata nel settore centrale dove la superficie agricola totale, con punte minime del 12% nei comuni più urbanizzati, costituisce il 30% del territorio, contro il 50% del settore occidentale e orientale. Lo sviluppo urbanistico si accompagna ad una rilevante industrializzazione, con aziende prevalentemente di tipo elettro-metalmeccanico, metallurgico e tessile. Si associano quindi industrie fortemente idroesigenti con altre che sono potenzialmente molto inquinanti (ad esempio quelle chimiche, di lavorazione conciaria e dei metalli).

La vulnerabilità degli acquiferi assume inoltre connotazioni differenti da altre aree della pianura lombarda, e da quelle della pianura padana in generale, per la complessità della struttura idrogeologica della Provincia di Milano. Considerando gli elementi descritti, è pertanto di rilevante interesse tracciare un quadro del rischio di inquinamento del territorio, utilizzando i dati finora esistenti.

A tal fine si è suddivisa l'esposizione del lavoro eseguito nei seguenti argomenti:

- a) una descrizione il più possibile sintetica della struttura idrogeologica e degli acquiferi, con lo scopo di evidenziare i settori maggiormente esposti alle contaminazioni, quelli in cui le contaminazioni sono più acute e quelli nei quali si ha un maggiore degrado qualitativo;
- b) un inquadramento del chimismo degli acquiferi, con la finalità di evidenziarne le caratteristiche idrochimiche fondamentali;
- c) la caratterizzazione dei parametri degli acquiferi che condizionano il trasporto degli inquinanti, in modo da porre in luce i settori dai quali provengono le contaminazioni che più rapidamente si propagano e quelle che apportano il maggior carico di inquinanti verso le opere di captazione poste più a valle;
- d) simulazione del carico inquinante fluente verso valle tramite un modello idrogeologico, in particolare su Milano, dove convergono buona parte delle acque della Provincia;
- e) valutazione degli interventi più idonei a contrastare il degrado qualitativo delle acque, e dell'ordine di priorità degli stessi in accordo con la pericolosità del carico inquinante risultante dalle valutazioni precedentemente esposte.

L'interesse maggiore dello studio, per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, risiede nell'aver portato ad una distinzione delle caratteristiche idrochimiche proprie di ciascun acquifero, differenziate a seconda dei parametri ricavati dai pozzi che estraggono acqua a diverse profondità nel sottosuolo della Provincia. Si è così resa più semplice l'interpretazione dei dati idrochimici, ai fini della ricostruzione dell'andamento delle aree contaminate e della loro evoluzione nel tempo.

1.1. Inquadramento geografico

L'area oggetto di questo studio è il territorio della Provincia di Milano che si estende tra il corso del fiume Ticino ad occidente, il corso del fiume Adda ad oriente e le pendici delle Prealpi a nord; a Sud il limite è costituito dal confine amministrativo con la Provincia di Lodi. 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. 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 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. 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 centrale dell'area di studio è in particolare caratterizzato dalla presenza della zona dei fontanili, che si estende lungo una fascia allungata in direzione Ovest-Est. I fontanili rappresentano emergenze dell'acqua di falda che viene poi drenata lungo rogge artificiali verso le zone di utilizzo. 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 sia sul bilancio idrologico dell'area sia sullo stato di qualitativo delle acque sotterranee del primo e del secondo acquifero.

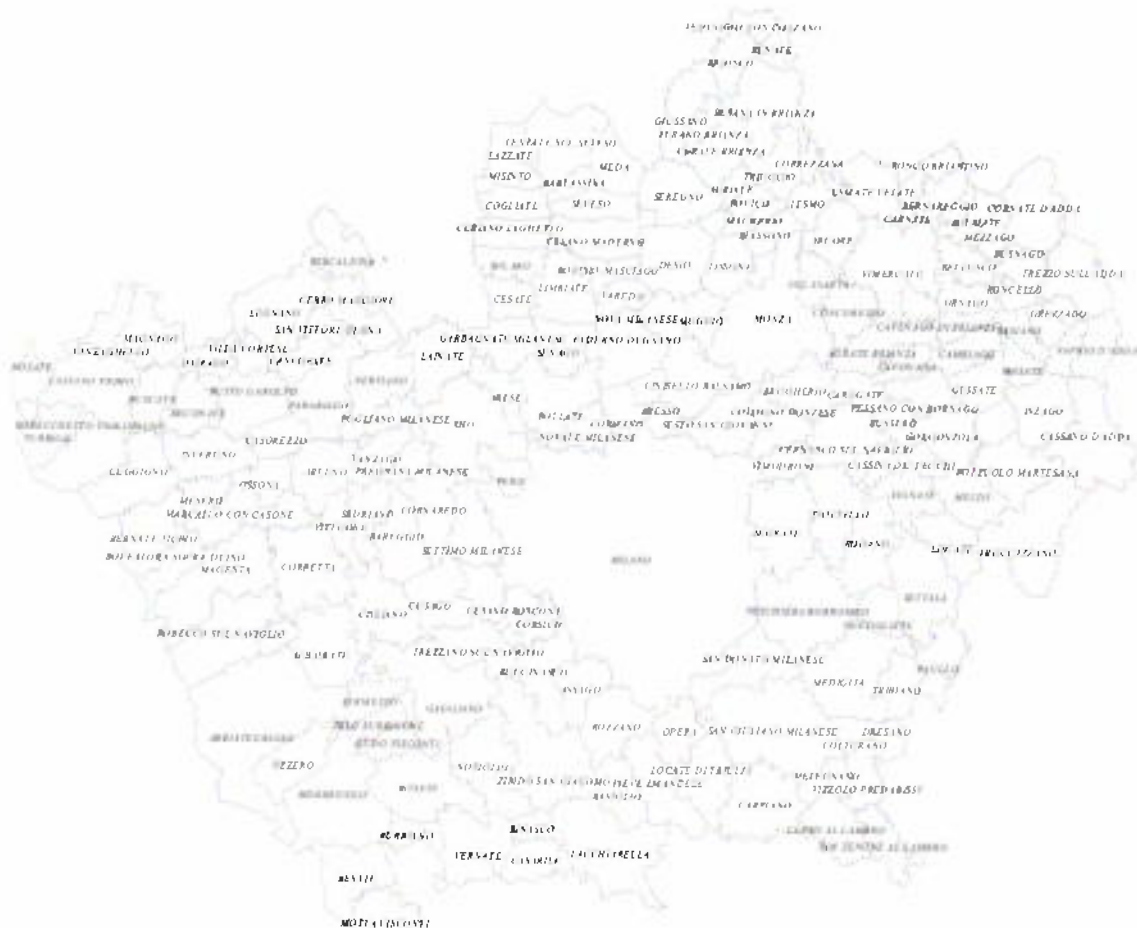


Fig. 1.1.1: Carta dei comuni dell'area in studio.

1.2 La struttura idrogeologica

La geologia della pianura è particolarmente complessa; vi si possono, infatti, riconoscere diverse unità idrogeologiche, come risulterà dalla successiva descrizione, fatto che, ai fini dello studio, rende necessaria una semplificazione che consenta di comprendere meglio i meccanismi di propagazione dei contaminanti.

Riteniamo opportuno esporre dapprima la struttura idrogeologica come risulta dagli studi finora pubblicati, e successivamente lo schema semplificato adottato per il presente lavoro.

1.2.1 Sintesi degli studi precedenti

Il sottosuolo della pianura milanese è formato da una successione di sedimenti plio-pleistocenici, costituiti prevalentemente da limi e argille d'origine marina con rare sabbie e ghiaie nella parte basale, mentre nella parte sommitale si hanno alternanze di ghiaie, sabbie, limi e argille d'origine alluvionale e fluvioglaciale.

Verso la fine del Pleistocene inferiore si determinò, infatti, una modifica delle condizioni di sedimentazione poiché la regressione marina, favorita dal sollevamento dell'area alpina, causò la formazione di sedimenti di tipo deltizio lagunare, formati da depositi a granulometria fine e grossolana.

Con l'avvento delle glaciazioni si verificò la formazione di corsi d'acqua uscenti dai fronti glaciali, con deposizione di materiali alluvionali a granulometria prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, nel cui ambito si ritrovano acquiferi di notevole estensione areale e di elevata potenzialità idrica (Quaternario continentale).

Nella serie padana le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limosi argillosi, la quale si verifica sia con l'aumento della profondità, che procedendo da nord verso sud; nel primo caso esse sono legate alle già evidenziate modifiche dell'ambiente di sedimentazione, mentre nel secondo sono connesse con la diminuzione dell'energia di trasporto degli agenti deposizionali e quindi con la distanza dalle strutture vallive.

Nella parte sommitale del Quaternario continentale (entro i primi 100 m) si rinvengono gli acquiferi di maggiore potenzialità, sede di falde libere che traggono alimentazione dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche, e di quelle provenienti dai corsi d'acqua naturali e artificiali; più in profondità si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o più raramente sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione nelle aree poste più a Nord e per scambio con gli acquiferi soprastanti laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui.

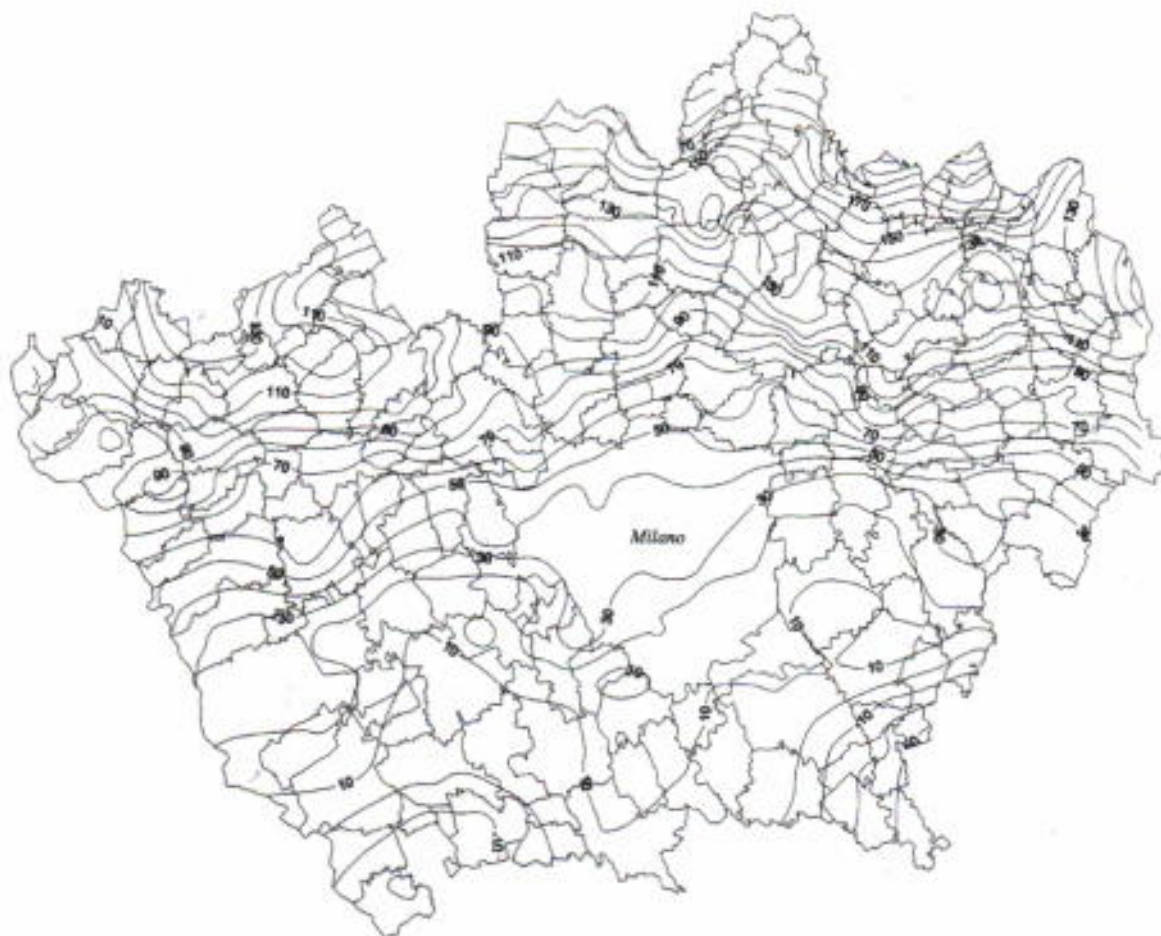
La ricostruzione idrogeologica è stata compiuta al fine d'individuare un modello concettuale di flusso per l'area d'indagine. In questa fase si è fatto riferimento a ricostruzioni per la pianura milanese pubblicate da precedenti Autori. La definizione delle unità stratigrafiche è tuttora in continua evoluzione ed oggetto di studio di linee di pensiero diverse; per questo motivo nelle prossime pagine si farà riferimento ad unità idrogeologiche, la cui descrizione in termini stratigrafici viene qui affrontata in modo marginale, al solo scopo di rendere comprensibile a tutti a quali unità, fra quelle descritte dagli Autori, si stia facendo riferimento: si è quindi scelto di fare riferimento a distinzioni litostratigrafiche ben note.

1.2.1.1 Unità idrogeologiche

Unità argillosa

Questa unità attribuita al Pleistocene inferiore (MARTINIS e MAZZARELLA 1971, MARTINIS e ROBBA 1978, CASATI 1986) si rinviene nei pozzi con profondità superiore ai 220-280 m nella media pianura e 130-180 m nell'alta pianura. Si tratta prevalentemente di argille e limi di colore grigio cinereo-azzurro con micro e macro fossili marini, alle quali sono subordinati livelli sabbiosi generalmente di modesto spessore.

Autori precedenti, in base alla distribuzione dei foraminiferi, hanno individuato tre associazioni caratteristiche che identificano un ambiente di sedimentazione, che evolve dal basso verso l'alto da condizioni di mare profondo a habitat costieri. Il ritrovamento di macrofossili marini in numerose perforazioni condotte nella provincia di Milano ha permesso agli Autori di ricostruire con discreto dettaglio l'andamento del tetto dell'unità argillosa (All. 18B) in tutta l'area milanese, evidenziando una generale immersione dell'unità verso sud con inclinazione di 0.6-1.5%, e un aumento dello spessore, passando da circa 100 metri nelle zone dell'alta pianura, sino a 1000 m a sud di Milano.



Unità sabbioso-argillosa

Si tratta di un'unità formata in prevalenza da argille-limi di colore grigio e giallo con frequenti alternanze nella colorazione e presenza di torbe, a cui si interpongono lenti più o meno estese di sabbie, ghiaie e conglomerati che formano acquiferi con falde solitamente confinate. Si tratta di depositi del Pleistocene inferiore di tipo litorale, lagunare e alluvionale originatisi a seguito della

fase di regressione marina. L'unità nei suoi livelli superiori non contiene macrofossili mentre risultano abbondanti i resti vegetali e le torbe. Nella zona della media e bassa pianura è stata definita anche come litozona-sabbioso argillosa (MARTINIS e MAZZARELLA 1971). Il tetto di questa unità ha un'inclinazione media verso sud di 0.5-0.8 % ed è caratterizzato da leggere ondulazioni solitamente di origine erosiva, che aumentano avvicinandosi alle aree pedemontane (AVANZINI M. *et al.*, 1995). Per questa ragione e per la maggiore presenza di materiali grossolani, i limiti con l'unità sovrastante nei settori dell'alta pianura non sono facilmente riconoscibili, tanto da non potere in alcuni casi, permettere una distinzione nella circolazione idrica delle due unità.

Unità a conglomerati e arenarie

L'unità è formata da litologie prevalentemente conglomeratiche con arenarie in subordine passanti localmente a ghiaie e sabbie. Si estende in gran parte del settore pedemontano e nella medio alta pianura tra il terrazzo delle Groane e il fiume Adda affiorando in corrispondenza delle valli più incise.

All'altezza del settore più meridionale di Milano, e in generale nel settore ovest della provincia, l'unità perde la propria connotazione litologica poiché viene sostituita lateralmente da terreni non cementati, sia sabbioso ghiaiosi che a minore granulometria: in queste aree viene di conseguenza accorpata ai terreni soprastanti formando un'unica unità sabbioso-ghiaiosa.

Unità sabbioso-ghiaiosa

In base alle ricostruzioni eseguite dagli Autori, può essere attribuita al Pleistocene medio ed affiora nelle aree pedemontane e di alta pianura dove forma i terrazzi morfologicamente più elevati, caratterizzati da uno strato di alterazione superficiale che lo rende scarsamente permeabile, così da favorire il deflusso superficiale delle acque.

Verso sud questa unità s'immerge al di sotto dell'unità fluvioglaciale del Würm (CAVALLIN *et al.*, 1983) e in corrispondenza della media pianura forma la parte basale dell'acquifero tradizionale (FRANCANI e POZZI, 1981) costituita da un'alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limoso-argillosi con lenti conglomeratiche o arenitiche. Procedendo verso sud si verifica una riduzione di granulometria che conferisce caratteri litologici del tutto analoghi a quelli dell'unità sabbioso-argillosa in facies continentale: nella parte meridionale della provincia gli acquiferi in essa contenuti assumono quindi carattere di semiconfinamento o confinamento determinato dai diaframmi costituiti da limi e argille.

Unità ghiaioso-sabbiosa

Si tratta di materiali dell'Olocene e del Pleistocene superiore appartenenti al fluvioglaciale Würm e alle alluvioni recenti. Le lenti argillose sono di limitato spessore ed estensione areale, mentre prevalgono nettamente le litologie grossolane.

Nell'alta pianura l'unità si presenta generalmente insatura, mentre procedendo verso sud all'avvicinarsi del livello piezometrico alla superficie topografica l'unità forma il primo acquifero (FRANCANI e POZZI, 1981). Gli acquiferi contenuti in questa unità e in quella sabbioso-ghiaiosa viene spesso identificato come acquifero tradizionale: un acquifero monostrato che procedendo verso le aree meridionali diventa un complesso multifalda (AVANZINI *et al.*, 1995).

1.2.1.2 Generalità sugli acquiferi dell'area di studio

Facendo riferimento ad associazione di litotipi che presentano simili condizioni di circolazione idrica sotterranea, di alimentazione e di disposizione geometrica, sono stati distinti nell'ambito del territorio milanese tre complessi acquiferi principali, che sono separati su aree molto vaste da livelli impermeabili continui ed estesi. I complessi principali possono essere distinti in acquiferi di minore estensione tra di loro intercomunicanti. Questo lavoro è stato effettuato sull'analisi delle sezioni stratigrafiche che facevano parte dello studio pubblicato dalla Provincia di Milano nel dicembre 1995 intitolato: *Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano - Vol.1: Lineamenti idrogeologici*.

Sono stati identificati così i seguenti complessi acquiferi principali:

Acquifero TR

È l'acquifero superiore, sfruttato comunemente dai pozzi che arrivano fino agli 80-100 m dal piano campagna nel settore nord e fino 140 m a sud di Milano. Corrisponde a quello che viene chiamato da molti Autori "acquifero tradizionale", verrà di seguito abbreviato con la sigla TR, la cui base è generalmente definita dai depositi Villafranchiani. L'acquifero si distingue per l'essere costituito principalmente da depositi di granulometria da ghiaiosa a sabbiosa (unità ghiaioso-sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa) con rare lenti argillose, la cui estensione e spessore sono molto ridotti a nord, ma aumentano progressivamente verso sud dando luogo a numerosi acquiferi minori interconnessi tra loro.

Acquifero C

Il secondo acquifero, detto anche "acquifero profondo", è costituito dai livelli permeabili contenuti nei depositi continentali del Pleistocene inferiore: raggiunto da un numero limitato di perforazioni sarà successivamente indicato con la sigla C: a sua volta è suddiviso in quattro corpi idrici principali, identificati con numero progressivo da C1 a C4 dall'alto verso il basso, (AVANZINI *et al.*, 1995). Questi corpi, posti ad una profondità compresa tra i 70 e i 140 metri a nord e tra i 140 e 220 m a sud, corrispondono all'unità sabbioso-argillosa precedentemente descritta il cui limite inferiore è determinato dalla comparsa di lenti argillose fossilifere. Le litologie permeabili sono maggiormente presenti rispetto all'acquifero M, e numerosi pozzi presentano filtri in loro coincidenza per captare acque di buone caratteristiche qualitative.

La distinzione tra gli acquiferi C, soprattutto C1 e C2, e il sovrastante TR non è sempre possibile in tutta l'area considerata: procedendo verso nord infatti, le lenti argilloso-limose che determinano la separazione tra i due acquiferi, si assottigliano diventando arealmente discontinue per la maggior presenza di materiali grossolani.

Acquiferi M

Si tratta degli acquiferi posti nelle argille marine, in altre parole quella che in precedenza è stata definita come Unità argillosa. I pozzi presenti nell'area d'indagine che raggiungono le profondità necessarie per captare tali acquiferi sono piuttosto ridotti, per questa ragione compaiono sporadicamente nelle sezioni stratigrafiche e la loro ricostruzione e modellazione esula dagli scopi della presente ricerca.

Studi condotti da altri Autori (AVANZINI *et al.*, 1995; BAGNATI *et al.*, 1994) hanno comunque ben evidenziato l'ottima continuità spaziale e l'elevato spessore delle litologie fini che determinano, per gli acquiferi M, condizioni di alimentazione e circolazione distinte dagli acquiferi superiori.

Il limite con gli acquiferi sovrastanti C si approfondisce procedendo verso sud con un'inclinazione media dello 0.95% superiore a quella della superficie topografica (0.6%).

1.2.2 Schema semplificato della struttura idrogeologica

Al fine dello studio in atto si è ritenuto opportuno distinguere solamente due complessi acquiferi, dei quali il primo corrispondente ai depositi dell'Olocene e del Pleistocene superiore e medio (TR), e il secondo ai sedimenti villafranchiani (C); le falde contenute negli acquiferi M non sono state considerate agli effetti dell'indagine, in quanto il loro stato di contaminazione di origine antropica è ovunque irrilevante.

La struttura di questi acquiferi è stata sintetizzata nello studio eseguito dalla Provincia di Milano e dal Politecnico (AA.VV.,1995), che hanno illustrato sia le variazioni di spessore dell'acquifero tradizionale (TR), sia dei due acquiferi secondari che lo compongono. Infatti, all'interno dell'acquifero TR conviene comunque distinguere, dove se ne verificano le condizioni, un acquifero freatico e uno semiconfinato, separato dal precedente tramite lenti poco permeabili di spessore variabile e spesso discontinue. Numerose sezioni geologiche illustrano la struttura dell'area studiata.

Il problema della separazione fra l'acquifero freatico e quello semiconfinato non si pone nella parte settentrionale della Provincia, e comincia a delinearsi solo all'altezza della città di Milano, dove livelli limoso-argillosi fra 60 e 80 m di profondità danno luogo ad una parziale separazione all'interno dell'acquifero TR.

Dalle sezioni condotte da N a S, si osserva come tale distinzione si accentui procedendo Sud, quindi verso la parte meridionale del comune di Milano e della Provincia, per l'aumento di spessore e di continuità dei livelli poco permeabili. Agli effetti della qualità delle acque, questo stato di fatto non determina drastiche variazioni del chimismo della falda, o comunque differenze di concentrazione paragonabili a quelle che si hanno al passaggio fra il primo (TR) e il secondo acquifero (C). Non è stata quindi introdotta una cartografia dello stato di contaminazione del solo acquifero freatico, anche per la mancanza di un sufficiente numero di pozzi pubblici attestati in questi livelli.

Lo spessore dell'acquifero tradizionale appare rilevante nella parte occidentale della Provincia, e si attenua progressivamente a partire dalla valle del T. Seveso procedendo verso Est. Le sezioni sopracitate condotte in questa direzione, mostrano infatti come si venga a delineare una dorsale del substrato dell'acquifero TR, che dal F. Lambro si spinge fino al F. Adda. Questa dorsale è determinata da un sollevamento dei depositi del Pleistocene medio e inferiore che, anche senza raggiungere il centinaio di metri, risulta peraltro sensibilmente apprezzabile; ad esempio, dalle figure presentate, si osserva che il tetto dell'unità sabbioso-argillosa, arriva già a Monza fino a poche decine di metri dalla superficie. Gli effetti di tale dorsale sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area si manifestano in una cospicua riduzione di spessore e di estensione dei depositi più permeabili e trasmissivi, che nella parte centroccidentale della provincia ospitano le maggiori disponibilità idriche. Questi terreni sono, infatti, sostituiti lateralmente da depositi di minore trasmissività di età più antica (Pleistocene medio).

L'esame delle sezioni geologiche consente di ricostruire le modalità di evoluzione del chimismo delle acque sotterranee, che si differenzia in modo marcato procedendo da N a S.

Infatti nella sezione W-E a nord di Milano, condotta fra Parabiago, Monza e Vaprio D'Adda, si osserva :

- a) una netta distinzione in più settori a carattere idrogeologico marcatamente differente: il settore della pianura wurmiana fra Parabiago e Garbagnate; il settore del terrazzo di Garbagnate ; quello dei depositi alluvionali del Lambro e del Seveso; il terrazzo di Vimercate-Roncello, risultante dalla presenza della dorsale di Monza ricordata in precedenza;

- b) la buona continuità laterale dell'acquifero freatico, che peraltro risulta contenuto in terreni a permeabilità e trasmissività differente;
- c) la rilevante eterogeneità dell'acquifero semiconfinato
- d) l'intercomunicazione verticale fra i due acquiferi, che non sono mai nettamente separati da un aquiclude

È importante rilevare che, in corrispondenza dei terrazzi, la vulnerabilità verticale degli acquiferi è molto ridotta, per la comparsa in superficie di sedimenti argilloso-limosi di discreto spessore, mentre nelle pianure wurmiane risulta estremamente accentuata. Si può quindi porre in evidenza come le contaminazioni si trasmettano ai depositi dei settori di Garbagnate e Roncello non per infiltrazioni dalla superficie dei terrazzi, ma provengano ad essi dai settori adiacenti, assai più esposti agli inquinamenti provenienti dalla superficie.

La propagazione delle contaminazioni verso valle è quindi rapida nelle pianure wurmiane, mentre è rallentata nelle zone di terrazzo dalla minore permeabilità degli acquiferi, la quale favorisce aumenti locali di concentrazione, ma ostacola la propagazione degli inquinanti.

Procedendo più a Sud, nella sezione fra Castano Primo, Busto Garolfo, Brugherio e Cassano d'Adda, si nota:

- a) un aumento generale della permeabilità dell'acquifero freatico, e della sua trasmissività, dovuta alla maggiore profondità alla quale si trovano i depositi del Pleistocene medio, generalmente meno permeabili, rispetto alle sezioni poste a monte
- b) il permanere della dorsale di Monza, che porta a una generale riduzione delle permeabilità e delle trasmissività in tutto il settore centrorientale
- c) l'aumento di spessore dell'acquifero freatico nella parte centrale della Provincia, fra Bollate e Cinisello Balsamo, che si accompagna a un aumento notevole della trasmissività a monte del comune di Milano

Nella sezione condotta poco a nord di Milano, fra Robecchetto con Induno, Bresso e Inzago, si può rilevare:

- a) la riduzione di trasmissività dei terreni in tutto il settore occidentale, fino a Rho
- b) il mantenimento di un elevato spessore dell'acquifero freatico, fra Rho e Cernusco sul Naviglio
- c) il permanere di condizioni di minore trasmissività in tutto il settore orientale
- d) la rilevante intercomunicazione verticale fra acquifero freatico e acquifero semiconfinato.

Infine, all'altezza di Milano, si osserva una generale attenuazione della permeabilità dei terreni dell'acquifero tradizionale, e la comparsa di un aquiclude abbastanza netto che separa l'acquifero freatico dal semiconfinato. Rimane inoltre evidente il permanere di una elevata trasmissività nel settore centrale, corrispondente al comune di Milano, in tutto l'acquifero tradizionale. Le sezioni condotte da N a S si possono distinguere, secondo che siano impostate lungo le pianure wurmiane, o attraversino prevalentemente i depositi fluvioglaciali più antichi.

Nel primo caso, è evidente la continuità dell'acquifero freatico, e la sua ottima permeabilità fino all'altezza di Milano, dove anche nei primi metri si manifesta la presenza di lenti limose e argillose che finiscono con il prevalere nella parte meridionale della città. A Sud di Milano l'acquifero freatico presenta poco più di una decina di metri di spessore, ed è sostituito a maggiore profondità da acquiferi semiconfinati. In queste condizioni, ad una maggiore protezione degli acquiferi, si aggiunge una facile veicolazione verso valle dei contaminanti, poiché i valori di permeabilità riscontrati in queste aree rimangono discretamente elevati, come indicato nel paragrafo successivo.

Le sezioni condotte lungo i depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio (acquifero TR), mostrano come la loro permeabilità sia invece notevolmente inferiore a quella dei depositi più recenti, e come la loro vulnerabilità si mantenga ridotta su estensioni notevoli di territorio. In corrispondenza dei

terrazzi mindeliani e rissiani, il primo acquifero, nonostante la copertura limoso-argillosa, è sempre in condizioni freatiche e la portata unitaria della falda che vi è contenuta risulta molto ridotta, rispetto alla portata complessiva della falda contenuta nell'acquifero tradizionale. I fenomeni d'inquinamento che colpiscono il primo acquifero in questi settori, sono pertanto irrilevanti ai fini del degrado qualitativo dell'acquifero tradizionale.

2. Caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi

2.1 Permeabilità degli acquiferi

Nel caso in esame non potendo, eseguire per ovvie ragioni di costi, un numero sufficiente di prove di pompaggio, si è ricorso al metodo Cassan che ha permesso la ricostruzione dei valori di trasmissività con una precisione ritenuta sufficiente per gli scopi dello studio.

Il metodo Cassan permette di calcolare il valore di trasmissività di un acquifero partendo dai dati, generalmente riportati nelle stratigrafie, rilevati durante la prova di collaudo di un pozzo.

Dal momento che sussiste la nota relazione

$$R_a = \frac{Q}{2\pi T}$$

Dove Q è la portata e T è la trasmissività dell'acquifero.

Detto σ il rapporto

$$\sigma = \frac{s_0}{J_0 r_p}$$

in cui s_0 è l'abbassamento nel pozzo, J_0 è il gradiente piezometrico e r_p è il raggio del pozzo, e detto θ il rapporto s_0/R_a si ottiene:

$$\theta + \ln \theta = \ln \sigma$$

Quest'equazione può essere risolta graficamente o, come è stato fatto nel nostro caso, numericamente tramite un foglio elettronico di calcolo. Conoscendo i dati costruttivi del pozzo e la differenza tra livello statico e dinamico riportati spesso nelle stratigrafie dei pozzi, è possibile calcolare σ , θ e quindi il valore di trasmissività.

2.2 Distribuzione dei valori di trasmissività

Per il calcolo dei valori di trasmissività sono stati utilizzati i dati riportati nelle stratigrafie dei pozzi. Il valore del gradiente idraulico è basato sul valore medio rilevato, nell'area circostante ogni singolo pozzo, attraverso le campagne piezometriche condotte tra il 1996 e il 1998. Il diametro del pozzo utilizzato corrisponde al valore medio dei tratti con presenza di filtri.

Nella scelta dei pozzi da utilizzarsi per queste operazioni si è fatta attenzione a selezionare esclusivamente quelli non multifalda: attraverso le sezioni stratigrafiche è stato controllato che i filtri del pozzo considerato cadessero all'interno di un solo acquifero. In questo modo è stato possibile ottenere valori di trasmissività dei singoli corpi idrici principali, un passaggio fondamentale per la valutazione del carico inquinante.

Per il calcolo dei valori di trasmissività si è fatto ricorso anche ad alcuni valori desunti da prove di pompaggio condotte da privati e da Autori precedenti. Per una prima indicazione, si riportano i valori medi per acquifero, suddivisi in tre zone (settentrionale, centrale e meridionale); dove la zona centrale corrisponde alla fascia dei fontanili.

Si avrà modo successivamente di rilevare che in realtà i valori della trasmissività, nei diversi punti dell'area di indagine, variano in modo più marcato di quanto non appaia da questa tabella orientativa.

Tab. 1: valori medi di trasmissività dell'area d'indagine

Fascia	Acquifero	$T (m^2/s)$
Settentrionale	TR	10^{-2}
Centrale	TR	$2 \cdot 10^{-2}$
Meridionale	TR	$8 \cdot 10^{-3}$
Settentrionale	C	$8 \cdot 10^{-3}$
Centrale	C	$6 \cdot 10^{-3}$
Meridionale	C	$5 \cdot 10^{-3}$

2.2.1 L'acquifero TR

Nell'area d'indagine è presente un numero elevato di pozzi con profondità inferiore ai 70 m. Conseguentemente, per l'acquifero tradizionale, è stato possibile calcolare numerosi valori di trasmissività, ottenendo una carta d'interpolazione che soddisfacesse le necessità di una modellazione matematica del flusso idrico sotterraneo.

I valori variano da un minimo di $5 \cdot 10^{-4}$ ad un massimo di $7 \cdot 10^{-2} m^2/s$, e risultano particolarmente elevati, in tutta la fascia circostante la valle del Ticino come già riscontrato in altri studi (BAGNATI, 1994; GIURA e DE WRACHIEN, 1984), e nel Milanese, dove i valori stazionano intorno ai $2 \cdot 10^{-2} m^2/s$. In queste zone i materiali sono costituiti in prevalenza da ghiaie mentre la frazione fine presente nella matrice o in lenti è più ridotta rispetto al settore orientale. È qui inoltre che l'acquifero tradizionale raggiunge per l'area considerata i suoi spessori massimi con una media di 65 metri nelle zone di pianura ai margini della valle del Ticino; procedendo verso l'alveo di quest'ultimo lo spessore rimane comunque di tutto rispetto raggiungendo il minimo di 40 m. Si consideri che nel settore orientale della Provincia si hanno spessori massimi di 45-50 m che si riscontrano solamente là dove non sono presenti i livelli a litologia fine che separano l'acquifero TR da C1/C2.

Nella parte centrorientale e orientale della Provincia si verificano generalmente valori inferiori ai $10^{-2} m^2/s$ sui terrazzi del Pleistocene medio, e superiori a tale valore nelle pianure wurmiane. Tendenzialmente i valori risultano 1,5 – 2 volte inferiori a quelli della parte occidentale della Provincia. Procedendo verso sud, la matrice grossolana mantiene la sua prevalenza nell'acquifero tradizionale che però si riduce di spessore (15-30 m) a seguito della distinzione dei corpi idrici C1/C2. I valori di trasmissività effettivamente decrescono anche in senso N-S: considerando i comuni a nord di Milano si ha una T media pari a $1.2 \cdot 10^{-2}$ mentre a sud si ha una media di $1.6 \cdot 10^{-4} m^2/s$. Questo trend è tutt'altro che regolare e a piccola scala sono individuabili diverse eccezioni che nei casi isolati possono essere imputate a particolari condizioni di efficienza del pozzo o a errori nella prova di collaudo

2.2.2 L'acquifero C

Il numero di dati che è stato possibile raccogliere per l'acquifero C è notevolmente ridotto rispetto a quelli riguardanti TR: raramente i pozzi a disposizione presentavano filtri esclusivamente in questo corpo idrico. Generalmente la trasmissività dei livelli permeabili nei corpi idrici C1/C2 è leggermente superiore a quella riscontrata in C3/C4. Nel settore N-W della provincia la T media è pari a $1.1 \cdot 10^{-2}$ m²/s nella parte più superficiale dell'acquifero C, contro la media di $8 \cdot 10^{-3}$ m²/s riscontrati nella parte basale. Si tratta di una differenza imputabile allo spessore delle sabbie che costituiscono i livelli permeabili e che indicativamente a sud di Busto Garolfo si presentano più elevati, ed in particolar modo nel corpo idrico C1, rispetto a quelli sottostanti (AVANZINI *et al.*, 1995).

Avvicinandosi alla valle del Ticino, come già riscontrato per l'acquifero TR, si ha un aumento dei valori di T determinato non tanto da variazioni di spessore che non risultano esserci per l'acquifero C in senso E-W, ma piuttosto alla granulometria più grossolana rilevata in questo settore durante la perforazione dei pozzi.

3. Valutazione del carico inquinante

Dalla descrizione compiuta, si è potuto rilevare come le acque sotterranee del Milanese abbiano una comune origine, ma siano ben separate su larga parte del loro percorso verso valle, tanto da differire anche profondamente per le loro caratteristiche idrochimiche.

Nell'interesse della tutela della qualità delle acque sotterranee, risulta conveniente definire con la migliore approssimazione possibile lo stato qualitativo dei singoli acquiferi. Da tale informazione è possibile evidenziare con sicurezza le fonti di contaminazione e gli interventi più idonei, grazie all'eliminazione degli errori derivanti dalle variazioni di concentrazione imposte dagli scambi fra acquiferi diversi con caratteri idrochimici molto differenti. Si è quindi ritenuto opportuno procedere anzitutto ad una revisione dei dati esistenti sulla cartografia idrochimica relativamente ai principali contaminanti (nitrati, cromo, organo alogenati, antiparassitari), esaminando separatamente lo stato di contaminazione del primo e del secondo acquifero. Inoltre, considerato il rilevante numero di pozzi che captano da falde contenute sia nel primo che nel secondo, si è ritenuto significativo elaborare anche le cartografie delle captazioni miste.

Il risultato dello studio svolto è sintetizzato nelle tavole allegate, delle quali viene qui di seguito riportata una breve descrizione.

3.1 Raccolta e analisi dei dati

I dati origine su cui è stato effettuato questo studio provengono essenzialmente dal raggruppamento delle informazioni raccolte dalle ex-USSL e dalla Provincia di Milano. Il primo passo del trattamento dei dati è consistito nell'unificare archivi secondo un codice che rappresentasse geograficamente un unico pozzo. Questa operazione ha comportato innanzitutto che il codice attribuito a ciascun pozzo da diversi enti fosse univocamente identificato e concorde con quello attribuito dalla provincia di Milano nel Sistema Informativo Falda (SIF). La verifica si è successivamente sviluppata in modo tale che il singolo pozzo avesse le coordinate geografiche corrette. Il primo controllo sommario è avvenuto attraverso Sistemi Informativi Territoriali (SIT) con le coordinate già attribuite, verificando se queste fossero precise e accurate. Nel caso della mancanza di dati, sono state attribuite nuove coordinate in base alle informazioni raccolte dagli Enti di controllo. Tale operazione è stata svolta da tre gruppi di lavoro distinti che si sono divisi il territorio provinciale nelle parti orientale, centrale, e occidentale rispetto a Milano città. In questo modo si sono sviluppate diverse tabelle ciascuna contenente informazioni relative al singolo pozzo, identificato univocamente dal codice del pozzo. Questo è formato dalle prime due cifre indicanti il codice della provincia di appartenenza, seguito da tre cifre indicanti il codice del comune e da un

progressivo di quattro cifre indicante il numero del pozzo all'interno del comune stesso. Le informazioni sono state incrociate con i dati geografici dei singoli pozzi e con le stratigrafie indicanti la profondità di fenestrazione dei pozzi, dato molto importante perché indicativo della falda captata. Unificato il database, la fase successiva è stata l'analisi della qualità dei dati. Per ogni pozzo, sono stati catalogati i risultati delle analisi effettuate sulla qualità delle acque, dal 1990 al 1997. Per ogni analisi sono stati ricercati 13 parametri, catalogati a loro volta per data di analisi. Un primo screening dei dati, volto a tenere tutti i valori che avessero il 70% di presenza nelle 13 analisi, ha ridotto notevolmente il numero delle informazioni per ogni pozzo. I dati non significativi sono stati identificati, annotati e successivamente eliminati. In seguito è stato analizzato l'archivio nella sua interezza, riscontrando che alcuni parametri delle analisi avevano dal 70 al 95% di assenza o di valore nullo.

La fase successiva è stata la rappresentazione (tramite SIT) dei parametri delle analisi per evidenziare la dispersione spaziale dei dati. Alcuni parametri non soddisfacevano le esigenze di copertura territoriale volute. In conformità a questa considerazione sono stati considerati solo quattro parametri di riferimento sui tredici raccolti: nitrati, cromo esavalente, antiparassitari e composti organoalogenati.

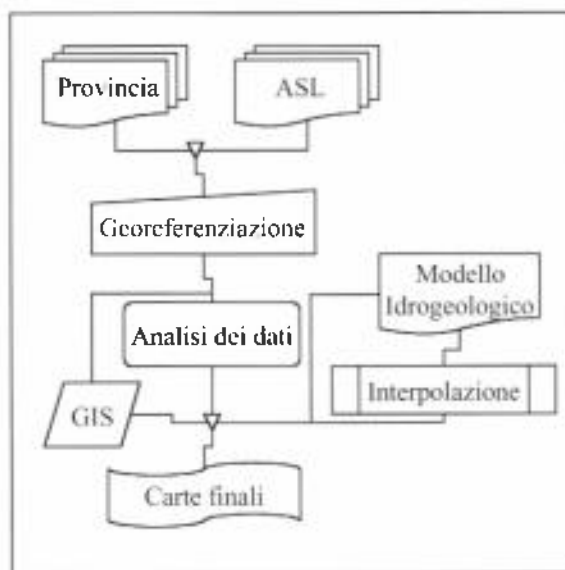


fig. 7.1.1 Schema del trattamento e analisi dei dati

Per l'analisi areale, sono stati scelti tre anni significativi (1990, 1996 e 1997), in modo che si notasse in primo luogo le differenze di copertura dei dati, ed in secondo luogo per evidenziare l'evoluzione delle concentrazioni dei contaminanti nel tempo. Naturalmente l'esiguità dei dati si denota maggiormente nell'anno 1990, soprattutto per quel che riguarda il confronto tra il 1996 e il 1997. Sembra che nel 1990 ci fosse una sensibilizzazione minore nel recupero dei dati per la gestione della qualità delle risorse idriche. Dato il diverso intervallo di tempo intercorrente tra i tre anni, si è approfittato della diversità per approfondire un confronto a breve termine dell'analisi dell'evoluzione delle distribuzioni dei contaminanti tra il 1996 e il 1997, mentre tra 1996 e il 1990 come confronto a lungo termine.

Avendo scelto la rappresentazione dei dati per anno di analisi, in presenza di dati multipli per lo stesso pozzo nello stesso anno, è stato identificato un valore rappresentativo in base alla media dei valori quando i dati sono più di tre, mentre come controprova sono stati lasciati nella raffigurazione a testimonianza del trend evolutivo nel corso dell'anno esaminato. Inoltre i valori delle etichette, sovrapposti ai punti di campionamento per questioni di ordine non sono sovrapponibili, per

facilitarne la lettura anche se pur piccoli.

Ogni gruppo di lavoro ha controllato la profondità e la distribuzione dei filtri di captazione delle acque in ogni singolo pozzo, in base alle stratigrafie catalogate dal Politecnico di Milano e dalla Provincia di Milano. Accanto al valore di concentrazione del contaminante è stata attribuita la falda di appartenenza (primo e secondo acquifero, e acquifero misto). In questo modo si sono potuti analizzare i dati per falda seguendo il modello idrogeologico di AVANZINI, *et al.* (1995).

Si è quindi scelto di rappresentare, attraverso il SIT, il valore di concentrazione significativo per anno, per ogni singolo pozzo, in base all'acquifero di appartenenza, e successivamente, in base alle carte risultanti, analizzare lo sviluppo della contaminazione e delle possibili concause.

3.1.1 Guida alla lettura delle carte

Le carte rappresentano la condizione delle sostanze esaminate: nitrati, antiparassitari, cromo esavalente e composti organoalogenati, nei tre anni in studio (1990, 1996 e 1997). Le carte sono il risultato dell'interpolazione delle analisi provenienti dai pozzi, di cui se ne possiede la stratigrafia e la posizione dei filtri, suddivisi in:

- primo acquifero
- secondo acquifero
- acquifero misto

Le carte consentono di rilevare le zone a maggior rischio grazie all'interpolazione eseguita sui dati provenienti dal database. In parallelo si consiglia di consultare anche i grafici relativi sia per sostanza che per acquifero campionato nei tre anni di studio.

Questo per avere un'idea sul numero dei campionamenti utilizzati per le interpolazioni effettuate nelle carte tematiche. Infatti in alcuni casi l'interpolazione, a causa del numero esiguo di dati a disposizione, risulta una esagerazione della situazione reale. L'individuazione di tali aree va comunque a favore della sicurezza, infatti dove l'interpolazione mostra valori alti, comunque segnala la presenza di un alto valore di contaminazione nel territorio.

Le carte si possono suddividere in:

- Carte dell'evoluzione dell'inquinamento

In cui vengono esaminate le differenze delle concentrazioni dei nitrati e dei composti organoalogenati sia a lungo termine, considerando l'evoluzione dei contaminanti dal 1990 al 1996, che a breve termine, analizzando le differenze di concentrazioni tra il 1996 e il 1997. Le carte si presentano a cinque colori. Con la gamma del blu vengono rappresentate le zone dove si è avuto un abbattimento della concentrazione con un miglioramento dello stato qualitativo delle acque. Con la gamma del rosso al contrario si è avuto un innalzamento delle concentrazioni con un peggioramento della situazione ambientale. Il giallo invece rappresenta una situazione di stasi.

- Carte ad intervalli di concentrazione

In cui vengono interpolati i dati provenienti dai database contenenti le analisi delle acque nei pozzi. Il risultato è rappresentato da carte tematiche in cui si possono denotare le zone a maggior e minor concentrazione del contaminante considerato. In queste carte vi sono quattro classi di colore. In azzurro e in giallo vengono rappresentate zone con concentrazione minima di contaminazione. In arancione zone in cui la contaminazione è vicina ai limiti di legge, mentre in rosso le zone in cui il limite è stato superato.

- Carte delle analisi sui pozzi

In queste carte viene rappresentata l'ubicazione del pozzo a cui si riferisce l'analisi. In questo tipo di carte si denota l'esiguo numero di analisi, insufficienti per eseguire delle interpolazioni. I pozzi sono rappresentati con un pallino blu se le analisi presentano una concentrazione inferiore alla concentrazione massima ammissibile (CMA) soprascritta, altrimenti se questa è superiore i pozzi sono rappresentati da un pallino rosso.

- Carte idrogeologiche

Sono carte che consentono una ricostruzione schematica delle geometrie principali della struttura idrogeologica della Provincia di Milano. Vengono qui rappresentate una carta della base del primo e del secondo acquifero, una carta ad isoipse della topografia superficiale, e le carte piezometriche del 1996 relative ai due acquiferi.

ALLEGATO

Carte dell'evoluzione dell'inquinamento

primo acquifero	nitrati 97-96	1A
	nitrati 96-90	2A
	organoalogenati 97- 96	3A
	organoalogenati 96-90	4A
secondo acquifero	nitrati 97-96	1B
	nitrati 96-90	2B
	organoalogenati 97-96	3B
	organoalogenati 96-90	4B

Carte ad Intervalli di concentrazione

primo acquifero	nitrati 90	5A
	nitrati 96	6A
	nitrati 97	7A
secondo acquifero	nitrati 90	5B
	nitrati 96	6B
	nitrati 97	7B
acquifero misto	nitrati 90	5C
	nitrati 96	6C
	nitrati 97	7C
primo acquifero	organoalogenati 90	8A
	organoalogenati 96	9A
	organoalogenati 97	10A

ALLEGATO

secondo acquifero	organoalogenati 90	8B
	organoalogenati 96	9B
	organoalogenati 97	10B
acquifero misto	organoalogenati 90	8C
	organoalogenati 96	9C
	organoalogenati 97	10C

Carte delle Analisi sui Pozzi

primo acquifero	antiparassitari 90	11A
	antiparassitari 96	12A
	antiparassitari 97	13A
secondo acquifero	antiparassitari 90	11B
	antiparassitari 96	12B
	antiparassitari 97	13B
acquifero misto	antiparassitari 90	11C
	antiparassitari 96	12C
	antiparassitari 97	13C
primo acquifero	cromo 90	14A
	cromo 96	15A
	cromo 97	16A
secondo acquifero	cromo 90	14B
	cromo 96	15B
	cromo 97	16B
acquifero misto	cromo 90	14C
	cromo 96	15C
	cromo 97	16C

Carte Idrogeologiche

Carta Topografica	17
Carta della base I acquifero	18A
Carta della base II acquifero	18B
Piezometria 96 I acquifero	19A
Piezometria 96 II acquifero	19B

3.2 Nitrati

I nitrati sono sempre presenti, in limitate quantità, nelle acque potabili, in quanto possono derivare da ossidazione dei composti azotati proveniente da processi di decomposizione biologica di sostanze organiche.

sostanze organiche. La presenza di questo ione è però causata anche dal contributo umano. Le fonti di provenienza possono essere di due tipi: "localizzate", a causa di scarichi industriali e del continuo aumento di rifiuti, che "diffuse", per l'utilizzo sempre più frequente di fertilizzanti azotati in agricoltura.

In natura la concentrazione massima verificata nelle acque sotterranee arriva fino a 10-15 mg/l, di conseguenza valori più elevati sono ragionevolmente da imputare all'attività antropica. L'analisi chimica delle acque prelevate dai pozzi della provincia milanese per l'utilizzo potabile, ha messo in mostra come questo valore venga quasi sempre superato, imponendo quindi un controllo delle conseguenze che questo ione può avere sull'organismo umano. Nel 1971, le "Norme Europee applicabili all'acqua potabile" dell'O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé) riconoscono una pericolosità nella concentrazione troppo elevata di nitrati nell'acqua destinata al consumo umano in quanto hanno un forte potere cancerogeno. Per questo è stato necessario regolamentare la presenza dei nitrati nelle acque ad uso potabile ed è stato stabilito dal D.P.R. 236/88 che il valore di concentrazione massima ammissibile è di **50 mg/l**, mentre viene assegnato come valore guida (valore ottimale a cui tutte le acque potabili devono tendere) **5 mg/l**.

Il processo di propagazione di questi contaminanti appare caratterizzato da un lento movimento verso il basso e da una più rapida propagazione nel senso delle linee di flusso, dovuta alla loro elevata solubilità nelle acque.

3.2.1 Nitrati 90,96,97 primo acquifero

Nel 1990 (Allegato 5A) si delincono tre aree nelle quali la contaminazione appare particolarmente elevata: a NW di Milano, dove nei comuni posti fra Busto Arsizio e Parabiago si riscontrano valori anche superiori ai 50 mg/l; a N di Milano, tra Seregno e Cusano Milanino; a NE di Milano, a partire da Agrate Brianza fino a Ornago e a Vaprio d'Adda.

A Est e a Ovest di Milano città, i valori medi delle concentrazioni rimangono confinati fra 20 e 30 mg/l, salvo rare eccezioni, mentre a sud si superano i 40 mg/l solamente a S.Giuliano Milanese.

Si possono identificare tre fasce, con andamento subparallelo alle linee isopiezometriche, i cui limiti decorrono secondo le linee equipotenziali della falda sotterranea, all'incirca da W a E. Queste tre zone risultano caratterizzate rispettivamente da concentrazioni superiori a 30 mg/l, intermedie tra 30 e 10 mg/l, e concentrazioni inferiori a 10 mg/l.

Il limite fra la prima e la seconda fascia decorre a Sud del Canale Villoresi, scendendo da Cuggiono verso Corbetta e risalendo poi fino a Cornaredo, per toccare successivamente Bollate, Senago e Limbiate per poi entrare profondamente in Milano. Verso Est il limite risale da Vimodrone a Cernusco, a Carugate e a Gessate per poi risalire verso Cornate d'Adda. Si può osservare quindi che il Comune di Milano rientrava per larghi tratti in questa fascia, come tutto il settore NE, comprendente Monza, Sesto S.Giovanni, Vimercate, Desio, Seveso, Seregno e Meda. La profondità, misurata da N a S, di questa fascia, superava quindi largamente i venti km.

Al suo interno, i pozzi per i quali sono riportati valori di concentrazione inferiori ai 30 mg/l per il 1990 sono pochi ed isolati. Comunque sono necessarie due precisazioni: in alcuni comuni fra Canegrate e Nerviano, si hanno elevate concentrazioni, superiori localmente ai 50 mg/l; in Brianza, nella valle del F.Lambro e del T.Molgora, si riscontrano valori molto elevati, anche superiori ai 50 mg/l.

La fascia intermedia, che ha una profondità di circa 10 km ad Ovest di Milano e di 15-20 km ad Est della città, si estende a Sud fino al Naviglio Grande, per scendere in modo da toccare i comuni di San Donato e San Giuliano, risalire verso Peschiera Borromeo e ridiscendere fino a Mulazzano.

Le tre fasce subiscono una tendenza al peggioramento qualitativo nel 1996 e nel 1997, non tanto nei valori massimi (che anzi in alcuni casi tendono a diminuire) quanto nell'estensione delle aree contaminate, che si allargano verso meridione.



Per il settore centrale della Provincia a N di Milano, i valori più contenuti sono presenti nell'area a Sud. Dei 223 pozzi utilizzati, 208 mostrano valori inferiori alla CMA, ma ben il 20% di questi ha valori compresi tra i 40 e i 50 mg/l, quindi molto vicini al valore di soglia. I restanti sei pozzi con valori superiori a quello limite sono localizzati nei comuni di Bovisio Masciago (51 mg/l), Desio (52.2 mg/l), Varedo (53 mg/l), Seregno (53 e 58 mg/l) ed infine Besana Brianza (58 mg/l).

Nella carta del 1996 (Allegato 6A), i pozzi che captano dall'acquifero tradizionale mostrano una distribuzione omogenea dei dati, fatta eccezione per il settore meridionale e la città di Milano. Si può osservare come la concentrazione dei nitrati aumenti con una certa regolarità spostandosi da Sud verso Nord. In particolare la zona a Sud registra valori così contenuti per la probabile miscelazione con acque di subalveo. I valori minimi si trovano in corrispondenza della zona meridionale che presenta valori al di sotto dei 25 mg/l (valore guida per i nitrati). Spostandosi verso Nord, si arriva fino ai valori massimi in corrispondenza della zona tra Aicurzio ed Agrate Brianza superando il valore limite di 50 mg/l.

Nelle diverse situazioni critiche individuate non è presente una rilevante attività agricola, con l'esclusione di Lacchiarella, 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 industriali.

Rispetto alla situazione del 1990, i comuni di Bovisio Masciago, Desio, Seregno, e Besana in Brianza hanno registrato valori inferiori a quello limite di 50 mg/l, pur mantenendo concentrazioni a rischio, mentre un peggioramento della situazione si è avuta nei comuni di Varedo (53.6 mg/l) e Lissone (55 mg/l).

Nella carta del 1997 dei pozzi (Allegato 7A), che captano dall'acquifero tradizionale si ha una distribuzione piuttosto omogenea dei dati nella zona settentrionale, ma non è altrettanto buona nella zona meridionale. È stato riscontrato che solo il 10% dei pozzi ha una concentrazione inferiore al valore guida (5 mg/l) ed oltre il 20% oscilla tra il 40 e il 50 mg/l, cioè a rischio di inquinamento. I pozzi con concentrazioni superiori alla C.M.A. sono stati riscontrati nei comuni di Lissone (53 mg/l), Varedo (54.5 mg/l), Monza (56.2 mg/l), tutti ubicati nell'area a Nord della zona in studio. Confrontando con la situazione del 1996, i comuni di Monza, Varedo e Lissone mantengono una situazione di crisi.

Nel settore orientale, l'analisi delle tavole relative al primo acquifero mostrano che come la maggioranza dell'area studiata presenta un diffuso inquinamento antropico che supera addirittura i valori di soglia nell'area posta a NE del settore studiato, mentre nella parte meridionale i valori diminuiscono fino ad arrivare al valore guida. I pozzi con valori maggiori di 50 mg/l rappresentano circa il 6% del totale e sono quasi tutti ristretti nei comuni compresi tra Agrate Brianza e Carnate; il 17% dei pozzi presenta valori compresi tra i 40 e i 50 mg/l, il rimanente 77% mostra delle concentrazioni contenute di nitrato anche se solo l'8% è inferiore al valore guida.

3.2.2 Nitrati 90,96,97 secondo acquifero

I valori dei nitrati nel secondo acquifero sono molto inferiori a quelli del primo, salvo nella zona orientale fra Cornate d'Adda ed Agrate; tale struttura rende evidente che il passaggio delle sostanze inquinanti alla seconda falda avviene prevalentemente poco a valle di Merate, dove i due acquiferi sono ancora poco distintamente separati da livelli impermeabili. Identica configurazione si rileva nel 1996 e nel 1997, quando sono segnalati inquinamenti anche molto elevati nella zona occidentale.

Per quanto riguarda il settore Ticino-Olona, si può notare che i valori di concentrazione sono molto più bassi, raggiungendo un massimo di 37 mg/l in corrispondenza di Castano Primo. I valori più alti, attorno ai 30 mg/l, si riscontrano tutti nel settore settentrionale dell'area, e più precisamente nei

comuni di Dairago, Magnago, Castano Primo, Parabiago e Lainate. L'andamento generale presenta un aumento graduale delle concentrazioni procedendo da Sud a Nord.

Nella carta del 1990, (Allegato 5B), si può riscontrare una zona con valori superiori a 30 mg/l presso il comune di Carnate, Busnago, Dairago e Milano centro.

Nel 1996 (Allegato 6B), la distribuzione areale dei pozzi è limitata all'area settentrionale. I valori più elevati si riscontrano nei comuni di Dairago e Cambiagio. Anche nei comuni di Giussano e Carate Brianza i valori sono prossimi a 40 mg/l. E' da notare che un solo pozzo, nel comune di Monza, registra un valore inferiore al valore guida. Rispetto alla situazione del 1990 si riscontra un significativo peggioramento nella zona tra Rocco Brigantino e Gessate.

Nel 1997 (Allegato 7B) per il settore orientale si hanno pochi dati rispetto a quelli riferiti al primo acquifero, e sono concentrati nell'area settentrionale per i sopradetti motivi. La situazione generale ricalca la precedente con concentrazioni più elevate nel settore nord-orientale e diminuzione dell'inquinamento procedendo verso Sud e verso Ovest. Valori superiori a 50 mg/l (circa il 7%) si riscontrano nei pozzi di Cambiagio 13 (56.9 mg/l), Busnago 3 (53.8 mg/l, dato mancante nel 1996) e Aicurzio 3 (52.6 mg/l), mentre i pozzi con concentrazioni inferiori al valore guida salgono fino al 23%. Scende inoltre fino al 5% la percentuale dei pozzi prossimi alla soglia dei 50 mg/l.

Rispetto alla situazione del 1996 (Allegato 1B), si può notare una tendenza generale alla diminuzione delle concentrazioni, ad eccezione di Garbagnate M. e di Turbigo.

3.2.3 Nitrati 90,96,97 falda mista

La distribuzione dei contaminanti nelle captazioni miste non risulta particolarmente significativa, dimostrando peraltro l'eccezionale estensione delle aree inquinate da nitrati, che comprendono sostanzialmente tutto il nord Milano. I valori di concentrazione risultano spesso sfalsati, rimanendo generalmente nell'intorno di 20-40 mg/l, per il fenomeno di mitigazione delle concentrazioni dovuto al mescolamento nei pozzi di acque più inquinate (acquifero tradizionale) con acque più pure (acquifero continentale). Possiamo vedere dalle relative carte che la maggior parte dei pozzi che captano sia nell'acquifero continentale che in quello tradizionale, tranne qualche raro caso, sono concentrati nella zona a Nord di Milano.

Nella carta del 1990 (Allegato 5C), i pozzi che captano da entrambi gli acquiferi hanno una distribuzione dei valori omogenea solo nella zona settentrionale. Le concentrazioni più elevate sono registrate nella zona NW tra Parabiago e Nosate e nella zona NE tra Vimercate e Trezzo sull'Adda. Solo due pozzi hanno valore inferiore a quello consigliato (5 mg/l) nel comune di Arese e nella centrale Padova a Milano.

Nel 1996 (Allegato 6C) il valore guida è rispettato nei soli pozzi di Milano (Centrale S. Siro e Padova) e San Giuliano Milanese. Tra Subiate e Cavenago si identifica una zona con valori superiori alla CMA.

Nel 1997 (Allegato 7C) più del 20% dei pozzi registra valori compresi tra 40 e 50 mg/l, mentre in soli tre punti di misura si hanno valori inferiori al valore guida (5 mg/l): Milano centrale Padova, S. Siro, S. Giuliano Milanese. Rimane isolata la zona tra Cavenago e Subiate.

E' da notare la situazione a Vimercate, dove si è passato progressivamente da una concentrazione di 34.9 mg/l nel 1990 a 64.4 mg/l nel 1996 ed addirittura a 110.2 mg/l nel 1997. A Cavenago in Brianza i valori si sono mantenuti alti in entrambi gli anni (72 mg/l nel 1997 che nel 1996).

Nel complesso il 9% dei pozzi supera i 50 mg/l e l'11% è prossimo al valore limite (tra i 40 e 50 mg/l), inoltre solo un pozzo presenta concentrazioni inferiori al valore guida. Vi è quindi una livellazione su valori medio-alti delle concentrazioni rispetto ai dati provenienti da captazioni separate.

3.2.4. Considerazioni di riepilogo (1990, 1996, 1997)

Confrontando la situazione riscontrata nel 1990 con quella del 1996 nel I acquifero (Allegato 2A), si può notare a prima vista come vi sia stato un lieve innalzamento dei valori dei nitrati nei settori nord-orientale dell'area considerata, nei comuni tra Aicurzio e Trezzo sull'Adda.

Nel secondo acquifero (Allegato 2B) nel 1990 si nota un peggioramento relativo nella zona compresa tra Rocco Brigantino e Cambiagio, con un massimo innalzamento dei valori in quest'ultimo.

Altre zone in cui si denota un peggioramento qualitativo nel tempo tra 10 e 30 mg/l, sono quelle comprese tra Vanzaghello e Dairago e tra Brioso e Giussano.

Ponendo a confronto le carte dei due anni corrispondenti alle captazioni del primo acquifero (Allegato 1A), è possibile rilevare un lieve aumento generale nelle concentrazioni dei nitrati di 1-2 mg/l per ogni singolo pozzo. Tale incremento assume una certa rilevanza se si considera che l'intervallo di tempo è di un solo anno. Si può notare che la zona con innalzamenti maggiori delle concentrazioni tra il 1996 e il 1997 risulta essere la zona tra Busto Garolfo e Parabiago.

Analogie si riscontrano esaminando le carte relative ai pozzi che prelevano acqua dal secondo acquifero (Allegato 1B), con un aumento dal '96 al '97 di circa 2 mg/l. I valori d'inquinamento più elevati (30-40 mg/l) si rilevano nei comuni di Turbigo e Garbagnate. Nel settore meridionale, i dati sui pozzi che captano dall'acquifero continentale sono scarsi.

Nel complesso non si rilevano grosse differenze tra il 1996 ed il 1997 perché i valori, salvo qualche eccezione in pozzi localizzati, rimangono pressoché costanti. I valori massimi riscontrati sono ad Ornago con 64.1 mg/l (1997) e ad Agrate Brianza con 65 mg/l (1996).

A parziale compensazione, si nota un miglioramento dell'area compresa fra Legnano e Saronno, una notevole riduzione a N di Milano della profondità della fascia con valori più elevati, per il deciso miglioramento della qualità delle acque fra Cesano Maderno e Senago, e la riduzione dei valori medi di concentrazione nella valle del Lambro e della Molgora.

In modo semplificativo, possiamo quindi concludere che l'evoluzione del quadro dei nitrati nella prima falda fra il 1990 e il 1997, si può riassumere in una serie di locali miglioramenti del settore a nord del Canale Villoresi, dove persiste una elevata concentrazione solo nell'hinterland milanese e nei comuni fra Seveso e T.Molgora, che interessa tutta la fascia nord-occidentale e nord-orientale dell'hinterland milanese.

3.3 Cromo

Il cromo può esistere nelle acque sotterranee sia sotto forma di cromo trivalente Cr^{3+} (sali di cromo), sia come cromo esavalente Cr^{6+} (cromati e bicromati). Quest'ultimo, per la sua elevata solubilità in acqua e la difficoltà da parte dei microrganismi a metabolizzarlo, rappresenta un pericoloso agente inquinante. In natura la sua presenza nella falda è ammissibile fino ad un massimo di 2-3 $\mu g/l$, di conseguenza, concentrazioni più elevate possono essere attribuite ad attività umana. L'inquinamento da cromo esavalente, riscontrato nelle acque del sottosuolo, deriva principalmente dagli scarichi idrici dei laboratori galvanici e delle industrie munite di reparti presso i quali vengono effettuati trattamenti elettrolitici di deposito di cromo su superfici di pezzi metallici o di materie plastiche. Altre possibili fonti d'inquinamento sono gli scarichi delle industrie tessili, di vernici, delle smalterie e delle industrie che impiegano sali di cromo per altre funzioni. Il D.P.R. 236/88 prevede come concentrazione massima ammissibile un valore pari a 50 $\mu g/l$, mentre non viene segnalato alcun valore guida da prendere come riferimento.

La pericolosità dei cromati risiede nel fatto che, essendo molto solubili, migrano facilmente secondo le direzioni di flusso delle acque, conservando inalterata la loro tossicità, finché non vengono diluiti in percentuali non più nocive dopo percorsi più o meno lunghi.

3.3.1 Cromo 90,96,97 primo acquifero

Nel 1990 (Allegato 14A) il 70% dei pozzi analizzati mostrano una concentrazione di 0 µg/l. Dei pozzi restanti, la maggior parte ha valori di concentrazioni di cromo esavalente inferiori o uguali a 5 µg/l. Solo 10 pozzi, localizzati nei comuni di Monza, Pioltello, Cinisello Balsamo, Sesto S. Giovanni e Garbagnate Milanese hanno valori più alti. In modo particolare, a Sesto S. Giovanni il cromo esavalente raggiunge i 43 µg/l, mentre a Garbagnate Milanese addirittura si raggiungono gli 85 µg/l; superando abbondantemente la CMA. E' da notare che tutti i 53 comuni, nei quali il Cr⁶⁺ ha valori superiori a 0 µg/l, sono localizzati a Nord di Milano. Nel settore ovest della Provincia i dati sono scarsi, e non permettono un commento significativo.

Nel 1996 (Allegato 15A), 230 pozzi su 354 utilizzati, mostrano una concentrazione di 0 µg/l. Dei pozzi restanti, 97 hanno concentrazione uguale o minore di 5 µg/l, quindi trascurabile, e solo 27 hanno una concentrazione superiore. In tutti i casi, il valore massimo registrato è stato di 32 µg/l a Pioltello. A Garbagnate Milanese, dove nel '90 il valore era 85µg/l, nel 1996 il valore massimo raggiunto non supera i 23 µg/l. Concentrazioni alte si hanno a Cesate (22 µg/l), Bollate (18 µg/l), Monza (16 µg/l) e Arese (9 µg/l). Anche in questo caso, è solo a Nord di Milano che si riscontrano valori positivi di cromo esavalente; a Sud tutti i pozzi registrano valori nulli, tranne a Locate di Triulzi (1.1 µg/l).

Nel '97 (Allegato 16A) su 258 dati a disposizione, 225 fanno registrare valori uguali a 0 µg/l. Degli altri 33 pozzi, 26 hanno concentrazione di cromo esavalente inferiore o uguale a 5µg/l. I 7 pozzi restanti sono: Bresso con 6 µg/l, Cinisello Balsamo con 11.5 e 13.66 µg/l, Pioltello 25 e 33 µg/l, e Vignate 41 µg/l.

Nel 1997, la situazione mostra un miglioramento nel settore Nord Ovest di Milano (Bollate, Arese, Garbagnate, Cesate), anche se non si dispone di un numero di dati sufficiente a decretarne l'effettiva veridicità, essendo da molto tempo uno tra i settori più inquinati.

3.3.2 Cromo 90, 96, 97 secondo acquifero

Nel 1990 (Allegato 14B) si hanno pochi dati utilizzabili: solo 47 su tutta la Provincia, di cui 11 concentrati nel Comune di Monza, e nessun valore individuato a Sud Milano. Solo 4 valori hanno concentrazione superiore a 0 µg/l: Carnate (0.5 µg/l), San Vittore Olona (1 µg/l), Desio (2.5 µg/l) e Monza con 5 µg/l. La situazione sembra quindi ottimale per l'acquifero continentale, ma i dati sono troppo pochi per affermarlo con certezza, tanto che il cromo tende a creare zone puntiformi ad alta concentrazione, circondate da zone assolutamente pure.

Nel 1996 (Allegato 15B) il numero dei pozzi utilizzati sale a 96. Di questi, 59 hanno concentrazioni di Cr⁶⁺ uguali a 0 µg/l, 32 hanno concentrazioni inferiori o uguali a 5 µg/l, solo 5 hanno concentrazioni superiori: Cuggiono (14 µg/l) rappresenta il valore massimo. Complessivamente i dati sono troppo puntuali e rari per effettuare un'analisi approfondita.

Nel 1997 (Allegato 16B), 50 pozzi su 52 hanno valore di 0 µg/l. Solo Monza mostra due pozzi con concentrazione di 5µg/l. In questo caso, le analisi sono state eseguite su nove comuni, nel Nord Est Milano. Naturalmente non possono essere eseguite analisi più approfondite per i dati a disposizione.

3.3.3 Cromo 90, 96, 97 falda mista

I pozzi che captano più falde mostrano una tendenza alla riduzione dei casi negli anni, riflettendo comunque una situazione di generale compromissione dell'acquifero. I dati relativi all'area posta a nord di Milano sono scarsi, ma permettono un primo approccio al problema.

Le carte rappresentanti la concentrazione del cromo esavalente relativamente ai pozzi di captazione mista, sono state elaborate utilizzando 194 dati utili per il 1990, 235 utilizzabili per il 1996 e 180 per il 1997. Si può notare dalle carte, che anche in questo caso la maggior parte dei pozzi utilizzati, captanti nell'acquifero continentale e in quello tradizionale, sono tutti concentrati nella zona a Nord di Milano, benché nel 1997 molti comuni, del Nord Ovest di Milano, abbiano abbandonato il monitoraggio di questo parametro.

Nel 1990 (Allegato 14C), 140 su 194 pozzi hanno concentrazione di 0 µg/l, 44 hanno concentrazione inferiore o uguale a 5µg/l, 10 pozzi hanno valori superiori. In un pozzo a Rho è stato registrato il valore di 11.5 µg/l, mentre a Desio sono due con valori di 14.5 e 16 µg/l. I valori più alti appartengono a Cassina de Pecchi (62 µg/l) ed a Canegrate (101 µg/l) hanno superato in entrambe i casi la CMA.

Nel 1996 (Allegato 15C), 140 pozzi su 235 hanno valori di 0 µg/l, 77 hanno valori inferiori o uguali a 5 µg/l, quindi trascurabili, e solo 16 pozzi hanno valori sotto i 30 µg/l. Quest'ultimi sono localizzati nei comuni di Bollate, Cinisello Balsamo e Garbagnate Milanese. I due valori massimi sono localizzati entrambi a Cernusco S.N. (40 e 57.5 µg/l).

Nel 1997 (Allegato 16C), 141 su 180 pozzi mostrano concentrazioni di 0 µg/l. Dei restanti 29 sono inferiori o uguali a 5 µg/l, mentre solo 10 mostrano misure comprese tra 11.5 e 45.3 µg/l, che risulta essere il massimo valore raggiunto. In modo particolare, per questo anno si dispone di un numero rilevante di misure all'interno della città di Milano, dove tutti i pozzi hanno una captazione mista. Si possono notare tre nuclei con concentrazioni di Cr^{6+} superiori o uguali a 20 µg/l a Seregno (20 µg/l), a Cernusco (38.5 e 45.3 µg/l), e a Milano -centrale Gorla (20 e 30 µg/l). Nelle restanti parti della Provincia, a parte un pozzo a Sesto S. Giovanni (15 µg/l), i valori di cromo esavalente sono bassi, così pure nel Sud della città di Milano. I valori del settore Nord Ovest di Milano sono mancanti e non è quindi possibile un confronto con gli anni precedenti che testimoniano una situazione particolarmente critica.

Nel 1997 la situazione generale sembra migliorata rispetto agli anni '70, quando l'inquinamento da cromo era molto diffuso, rientrando entro i limiti prestabiliti dalla legge.

3.3.4 Considerazioni di riepilogo (1990, 1996, 1997)

Come già detto in precedenza, il massimo sviluppo del cromo esavalente si è registrato nel 1971, dopo tale data si è avuta un'inversione di tendenza delle concentrazioni. Nel 1997 non è presente alcun pozzo che supera il valore massimo ammissibile secondo il D.P.R. 236/88, con ben l'85% dei pozzi totali con concentrazioni nulle. Studiando la situazione generale nel 1990, i pozzi oltre i valori consentiti erano solo due, mentre quelli con valori nulli l'80%.

Analizzando le carte, si denota che la contaminazione sembra più localizzata che diffusa, nonostante l'alta solubilità dell'elemento. Questo viene probabilmente giustificato dato l'esiguo numero di fonti e la concentrazione mai particolarmente elevata, cosicché la diffusione del pennacchio di questo inquinante resta limitata. E' un inquinante che comunque andrebbe sempre tenuto sotto osservazione data l'elevata velocità di propagazione nelle acque sotterranee.

3.4 Composti organoalogenati

Gli organoalogenati sono composti che contengono uno o più atomi di alogeno legati covalentemente alla struttura carboniosa della molecola.

Essi rappresentano una vastissima categoria di composti, sintetizzati generalmente a livello industriale che trovano, o hanno trovato nel passato, i più svariati utilizzi nell'industria chimico-farmaceutica (come solventi o materia prima per la produzione di plastiche, vernici, prodotti farmaceutici, per citarne solo alcuni) e in agricoltura, in particolare come pesticidi, ovvero prodotti destinati al controllo delle infestazioni da parte di piante e animali.

Tra gli organoalogenati più comunemente utilizzati come solventi ritroviamo il diclorometano, il triclorometano (cloroformio), il tricloroetano, il tricloroetilene (trielina). Altri, quali i clorofluoroalcani, comunemente noti come CFC o Freon, hanno trovato vastissimo impiego come scambiatori di calore nei sistemi di refrigerazione, propellenti per bombolette spray e, insieme con il tricloroetano e il percloroetilene, come solventi industriali sgrassanti. I PCB (policlorobifenili) sono stati usati per molto tempo come fluidi isolanti per trasformatori, nella produzione di plastiche e adesivi e sono anche, come le diossine, sottoprodotti indesiderati di alcuni cicli produttivi e processi di combustione e incenerimento.

Si tratta di composti poco solubili in acqua, persistenti, tossici e in molti casi cancerogeni e mutageni (diossine, tricloroetilene, tetraclorometano). L'inquinamento dei suoli e delle acque può essere puntuale, se di origine industriale (pozzi perdenti, cisterne interrato, sversamenti accidentali) o diffusa, soprattutto di origine agricola o legata al trasporto aereo e successiva ricaduta su ampie aree anche molto lontane dal luogo di produzione.

Le più gravi fonti di inquinamento sono sicuramente i pozzi perdenti, che inseriscono direttamente in falda i contaminanti. Altra pericolosa fonte sono le cisterne interrato a cattiva tenuta che, anche se non presentano enormi perdite, col tempo queste si accumulano creando situazioni anche gravi e diffuse. Inoltre non sono da sottovalutare anche i solventi che vengono dispersi per immissione nell'aria, perché gli stessi possono ricadere al terreno insieme alle piogge e poi infiltrarsi nel sottosuolo fino ad arrivare in falda.

Secondo il D.P.R. 236/88 e il D.Lgs. 152/99 parte dei composti organoalogenati le seguenti sostanze: 1 2 Dicloropropano, 3 6 Dicloropiridazina, Bromoformio, Cloroformio, Cloruro di metilene, Dibromoclorometano, Diclorobromometano, Esaclorobutadiene, Freon 113, Metilcloroformio, Pcb, Tetracloroetilene, Tetracloruro di carbonio, Tricloroetilene, Triclorofluorometano. Come si vede la maggior parte delle sostanze elencate sono composte da cloro. Questa categoria di sostanze prende il nome di solventi clorurati, sottogruppo dei composti organoalogenati dove il cloro è l'alogeno.

Date le proprietà cancerogene sia per ingestione che per inalazione, le raccomandazioni dell'*U.S. Environment Protection Agency* (1986) suggeriscono una totale assenza dalle acque potabili del tricloroetilene e del tetracloruro di carbonio, mentre ammette un massimo di 0,20 mg/l di metilcloroformio. Secondo il D.P.R. 236/88 la concentrazione massima ammissibile del totale dei composti organoalogenati è stata fissata a 30 µg/l anche se, purtroppo, lascia alle regioni la facoltà di porre delle deroghe. In Lombardia questa soglia avrebbe costretto la chiusura di troppi pozzi, provocando una grave crisi di disponibilità idrica. Per questo motivo un decreto di deroga successivo ha innalzato il limite a 50 µg/l. La pericolosità di tali composti è deducibile dallo stesso D.P.R. 236/88, in cui il valore guida è fissato a 1 µg/l.

La migrazione dei solventi clorurati nel sottosuolo avviene secondo meccanismi molto particolari. Questi solventi sono infatti sostanze scarsamente solubili in acqua e la loro viscosità cinematica e densità, rispettivamente più bassa e più alta di quelle dell'acqua, assicurano un rapido movimento di discesa nel mezzo. Infatti, mentre nelle acque superficiali la presenza dei solventi, per l'elevata volatilità di alcuni dei suoi composti, è molto ridotta, nel sottosuolo la presenza degli stessi risulta essere molto più consistente, in quanto riesce a raggiungere agevolmente la falda attraversando velocemente la fascia di terreno non saturo, fino ad accumularsi nelle zone più depresse dell'acquifero caratterizzate da livelli dotati di scarsa permeabilità. La parte dei solventi che risulta essere invece sufficientemente solubile, essendo condizionati da una densità debolmente superiore

rispetto a quella dell'acqua, riesce a scendere più lentamente e può così migrare secondo la direzione del flusso idrico sotterraneo, fino ad interessare superfici di qualche km².

3.4.1 Composti organoalogenati 90, 96, 97 primo acquifero

La distribuzione dei composti organoalogenati non è caratterizzata da un'estesa diffusione areale come quella dei nitrati, sia per le differenze nella modalità di propagazione di questi contaminanti, sia per l'origine esclusivamente industriale di questi composti. Resta comunque il fatto che entrambe sono localizzate nel Nord milanese.

Nel 1990 (Allegato 8A), a differenza dei nitrati, le concentrazioni maggiori si riscontrano nei comuni situati nell'immediata periferia settentrionale di Milano (Rho, Arese, Bollate, Cormano, Bresso, Pero) fino ad entrare in Milano con le centrali Espinasse e Gorla (valori superiori a 50 µg/l). A Sud di Milano i casi di contaminazione risultano rarissimi, mentre si sono ritrovati pozzi con elevate concentrazioni nella zona Est di Milano, nella fascia tra Agrate Brianza e Colturano.

Nel settore centrale a N di Milano, nel 1990, la CMA viene ampiamente superata e risulta con evidenza il settore decisamente più inquinato. A NW di Milano si possono identificare cinque grandi centri ad elevata concentrazione di composti organoalogenati: nei comuni di Rho (143 µg/l), Garbagnate (167 µg/l), Bollate (173 µg/l) e Bresso (137 µg/l). In prossimità di questi cinque comuni si osserva che le aree inquinate assumono una forma ovoidale con l'asse maggiore orientato N-S, formando un classico "pennacchio" che entra nell'area di Milano (anche se per avere una conferma dell'effettiva dinamica ci vorrebbero maggiori dati del capoluogo). Ci sono altri comuni con concentrazioni in composti organoalogenati decisamente superiori alla massima concentrazione ammessa dal D.P.R. 236/88: Cologno Monzese (82 µg/l) e Sesto San Giovanni (64 µg/l), entrambi concentrati a Nord di Milano. Spostandosi verso Sud la situazione migliora notevolmente: i valori sono sempre abbondantemente inferiori ai 30 µg/l e tendono sostanzialmente ad annullarsi verso il limite meridionale della provincia (< 4 µg/l). Per quanto concerne i composti organoalogenati, si osserva una tendenza a dar luogo ad inquinamenti canalizzati in ristrette fasce, una delle quali è presente nel 1990 nella parte orientale della Provincia, comprendente una serie di comuni disposti in successione da N a S fra Lambro e T.Molgora: Monza, almeno in parte, Villasanta, Concorrezzo, Agrate, Brugherio, Carugate, Cernusco sul Naviglio. In tutti questi comuni i valori della concentrazione supera i 30 µg/l. E' questo il settore più profondamente interessato dall'inquinamento, anche se la mancanza di dati dell'area occidentale della Provincia non consente di formulare un giudizio definitivo.

Fra il 1990 e il 1996 si registra una progressiva diminuzione dei casi segnalati, che porta ad una forte riduzione dei casi a nord di Milano ed una drastica diminuzione delle segnalazioni ad Est della città con l'esclusione di Concorrezzo e Agrate. L'evidente mancanza di dati già segnalata impedisce di compiere valutazioni nel settore fra Milano e Busto Arsizio; tuttavia si può osservare come il complessivo miglioramento si rifletta significativamente sulla riduzione dell'estensione e del numero di comuni colpiti sia ad Est di Milano, sia nella zona posta a Nord.

Nel 1996 (Allegato 9A), i comuni a Nord di Monza non risultavano più interessati gravemente dall'inquinamento, che si riduceva a una ristretta fascia comprendente Concorrezzo, Agrate, Cernusco, Pioltello, Rodano e Tribiano. A Nord Ovest di Milano persistono le contaminazioni che insistono sull'area di Rho e Pero, mentre si ha una sensibile diminuzione dei valori di concentrazione nei comuni di Bresso, Sesto S. Giovanni, Nova, Paderno. A distanza di sei anni la situazione migliora parecchio; in quasi tutti i comuni della provincia si registrano valori in linea con quanto richiesto dal D.P.R. 236/88, con valori cioè inferiori a 30 µg/l. L'unica eccezione è rappresentata ancora una volta dal settore nord occidentale, dove si ha, in opposizione alla tendenza generale al miglioramento, un drastico peggioramento delle condizioni idriche. In comuni come Rho, pozzi che nel 1990 hanno 8-10 µg/l, nel 1996 registrano 72-93 µg/l. Stessa situazione a

Bollate, dove si riscontrano 430 µg/l contro i 101 µg/l del 1990, ma anche nel comune di Pero si raggiungono, in quest'annata, valori estremamente alti, con punte di 350 µg/l. In conclusione, mentre, nel resto della provincia di Milano, si ha una tendenza alla diminuzione nella concentrazione da parte di solventi clorurati, nel nord ovest di Milano si hanno, al contrario, incrementi medi del 400% con punte del 900%.

Nel 1997 (Allegato 10A) questo recupero si è generalmente consolidato tranne che a Pero, dove le cartografie non sono molto differenti da quelle del 1996, indicando un leggero restringimento della fascia orientale, senza rilevanti aumenti di concentrazione nei pozzi delle altre località. In tutti i comuni dell'hinterland milanese, i valori che già nel '96 avevano mostrato un miglioramento delle condizioni di inquinamento, si mantengono abbondantemente al di sotto della CMA. La situazione resta grave negli stessi comuni del nord ovest milanese, dove a Bollate le concentrazioni, nonostante risultino invariate, sono più diffuse e interessano quindi un territorio arcialmente maggiore. A Pero le concentrazioni crescono notevolmente: si passa da 95 a 196 µg/l in un anno. Il comune di Rho, in controtendenza, nonostante i valori restino superiori alla CMA, registra una leggera diminuzione. Ad Arese la situazione è invariata, mentre a Novate Milanese un solo valore supera la CMA come nel 1996.

Per quanto riguarda il settore orientale, la cartografia del 1997 mostra una situazione non drammatica, ma ovunque coinvolta da questo inquinamento. In particolare le zone più colpite, come per i nitrati, si concentrano nel settore nord-orientale, mentre le concentrazioni diminuiscono sensibilmente spostandosi verso Sud. Tre sono i pozzi con valori superiori a 50 µg/l: (ad Agrate Brianza 100.5 µg/l, Concorezzo 72 µg/l, Villasanta 60.5 µg/l) ed uno superiore a 30 µg/l (a Villasanta 40.5 µg/l). E' da evidenziare che ben l'88% dei pozzi rimane sotto i 20 µg/l e che quindi il 10% rimane vicino al limite dei 30 µg/l.

3.4.2 Composti organoalogenati 90, 96, 97 secondo acquifero

I casi di contaminazione da solventi nel secondo acquifero sono molto limitati nel 1990, tanto che si riscontra un solo caso con valori superiori a 30 µg/l. Lo stato di degrado è da ritenere stazionario: i casi in cui i valori sono elevati si mantengono estremamente sporadici come a Rho, dove la contaminazione cresce gradualmente con gli anni.

Nel 1990 (Allegato 8B), il valore più alto si registra a Rho con un picco di 72.5 µg/l. In precedenza, considerando l'acquifero tradizionale, si è visto che si sono registrati notevoli incrementi nelle concentrazioni nella zona dei comuni di Rho, Bollate, Pero, tra il '90 e il '96. La carta delle concentrazioni della seconda falda conferma solo in minima parte quanto detto: in profondità si è registrato un lieve aumento nella zona Nord di Rho e a Pregnana. Dove nel 1990 si hanno concentrazioni di 72 µg/l, nel 1996 si registrano valori superiori 42 µg/l (vedi Rho).

Nel 1996 (Allegato 9B) si ha un netto abbattimento delle concentrazioni rispetto l'anno precedente, anche se non si posseggono molti dati per il settore centrale a Nord di Milano. Un solo pozzo presenta concentrazione superiore alla CMA a Rho con 43 µg/l. Una situazione a rischio si può rilevare anche nei comuni di Parabiago 24 µg/l, Carate Brianza 24.5 µg/l, e Dairago con 27.7 e 28 µg/l.

Per il 1997 (Allegato 10B) si osserva che, come testimoniato anche nell'acquifero tradizionale, la situazione migliora in tutta la provincia e le concentrazioni di questi inquinanti aumentano solo nella nota zona a Nord ovest di Milano. La situazione di stretta dipendenza, ancora una volta, trova conferma, i limiti di concentrazione si mantengono abbondantemente sotto il tetto della CMA in tutta l'area, tranne laddove la concentrazione di solventi clorurati aumenta nella falda tradizionale (Rho).

3.4.3 Composti organoalogenati 90, 96, 97 falda mista

Le condizioni riscontrabili dall'esame della cartografia sono quelle tipiche di un fenomeno che non ha tendenza allo sviluppo, ma difficilmente il quadro delineato si può ritenere favorevole: la propagazione degli inquinanti persiste quasi ovunque con concentrazioni pressoché costanti in tutta l'area considerata.

A Nord di Milano si osserva che nel 1990 a differenza di quanto avviene nella falda tradizionale, tutti i valori dei composti organoalogenati sono moderatamente più alti, anche se sono frequenti i valori che superano la CMA. Questi picchi, comunque, hanno valori più moderati di quanto non avvenga nella falda tradizionale. Bisogna sottolineare la presenza di una diffusa contaminazione anche a Milano città (Centrale Crema 321 e 304 µg/l, Chiusabella 158 e 170 µg/l). Nella carta interpolata i valori molto alti a Sud di Milano sono dovuti ai picchi in Milano città e alla mancanza di dati a valle rispetto al flusso idrico.

Nel 1996 (Allegato 9C) la situazione precedente trova conferma: le zone con concentrazioni veramente alte sono quelle del Nord Ovest milanese (Bollate 221 µg/l, Garbagnate 151 µg/l, Limbiate 317 µg/l). Nei pochi pozzi a captazione mista del sud la situazione e all'interno della città di Milano la situazione non è ancora ottimale ma presenta un miglioramento netto. Movendosi verso Sud, il decremento è evidente, anche se rimangono concentrazioni più alte rispetto alla campagna circostante, di poco superiori ai 30µg/l.

La cartografia del 1997 (Allegato 10C) di questo settore conferma il trend degli anni precedenti: la situazione migliora pressoché ovunque e solo nel Nord Ovest si hanno aumenti nelle concentrazioni (Pero 462 µg/l, Garbagnate 440 µg/l, Limbiate 1222 µg/l). Sia al Nord Est che al Sud le concentrazioni sono inferiori ai 50 µg/l, con un netto miglioramento al Sud dove sono prossime allo 0, ad eccezione di qualche pozzo (centrale Chiusabella 450 µg/l, centrale Espinasse 72 µg/l, centrale Feltre 89 µg/l).

Per quanto riguarda il settore orientale, si osserva come l'inquinamento sia notevolmente sviluppato anche nella parte sia centrale che settentrionale. La distribuzione delle concentrazioni sembra ricalcare in parte l'andamento nella prima falda. Nel tempo si ritorna ad avere un miglioramento della qualità delle acque: nel 1990 i pozzi con valori maggiori di 50 µg/l erano dieci, dodici quelli compresi tra i 30 e 50 µg/l e quattro entro il limite guida, nel '96 e '97 i pozzi con valori superiori sono scesi rispettivamente a tre e a quattro, quelli sotto la CMA sono sei e tre, mentre concentrazioni inferiori a 1 µg/l sono due e uno. Un ulteriore dato di questo miglioramento vede aumentare i pozzi con concentrazioni lontane ai limiti di soglia, cioè inferiori a 20 µg/l, infatti dal 61% del 1990 si passa al 78% nel 1996, fino a 82% registrato nel 1997.

In alcuni pozzi la situazione è migliorata come nel comune di Monza che mostra pozzi che sono diminuiti considerevolmente (un pozzo è sceso da valori di 76 µg/l a 3 µg/l), mentre altri, anche se non in maniera eclatante, sono aumentati. Molto esplicito è il caso di un pozzo a Cernusco sul Naviglio, che è passato da 18.5 µg/l fino a 95 µg/l. Infine evidente è il caso di un pozzo ad Agrate Brianza, che presentava nell'anno 1990 un valore di 537 µg/l, poi più riscontrato a causa della chiusura dell'attività ad esso collegato.

3.4.4 Considerazioni di riepilogo (1990, 1996, 1997)

Data l'elevata densità e la bassa viscosità cinematica, i composti organoalogenati non sono sostanze facilmente trasportabili dall'acqua rilevando inquinamenti strettamente puntuali. Il settore meno colpito dall'inquinamento è quello meridionale, caratterizzato da una spiccata attitudine agricola, rispetto a quello centro-settentrionale più industrializzato ed urbanizzato, con maggiori possibilità di contaminazione. Inoltre, valgono anche quelle condizioni, esaminate per i nitrati, che giustificano la

minore vulnerabilità degli acquiferi meridionali e la presenza del cono di depressione della città di Milano, che limita la diffusione verso Sud di tali sostanze.

La situazione nel 1990 nel primo acquifero non era molto invitante, infatti ben il 21% dei pozzi mostrava valori superiori al limite imposto dal Decreto, richiedendo la necessità di una deroga che permise di recuperarne così quasi la metà (il 10%). Nel 1996 i pozzi con concentrazioni superiori a 30 µg/l sono scesi al 7%, con la possibilità di recuperarne il 5% grazie alla deroga, ed infine nel 1997 si arriva al 96% dei pozzi a norma di legge, con il recupero del solo 1%. Il miglioramento negli anni è sostanziale: tra il 1990 e il 1996 (Allegato 4A) si nota una diminuzione netta delle concentrazioni in Milano Città e nei comuni di Veduggio con Colzano e Besana Brianza. Un relativo aumento si nota nella zona di Rho, Bollate e Pero.

Per i pozzi che captano da entrambe le falde, si notano inquinamenti maggiori rispetto alla prima falda, probabilmente dovuto ad eventi locali sfavorevoli, che nemmeno la diluizione con acque provenienti da maggiori profondità riesce a migliorare. Inoltre, questi pozzi, mettendo in comunicazione entrambe le falde, agevolano l'approfondimento dell'inquinamento, favorendo così la contaminazione anche degli acquiferi più protetti.

Confrontando la situazione nel primo acquifero tra il 1996 e il 1997 (Allegato 3A), si nota un costante miglioramento generale su tutta la Provincia, tranne che nel comune di Pero e a Sud nella zona NW di Milano città.

Per il secondo acquifero è possibile osservare un trend diverso rispetto a quanto visto per l'acquifero superficiale. Il confronto della situazione a lungo termine 1990-1996 (Allegato 4B) mostra che la quantità dei composti organoalogenati rimane pressoché stabile, mentre a breve termine 1996-1997 (Allegato 3B) si nota un degrado qualitativo soprattutto nel comune di Rho.

Questo mostra un inquinamento sostanzialmente costante negli anni, anche se limitato. I pozzi che mostrano una concentrazione inferiore a 5 µg/l, sono il 58% nel 1990, mentre nel 1996 e 1997 sono rispettivamente il 57% ed il 54%, con valori compresi tra 1.5 e 19 µg/l.

3.5 Antiparassitari

La diffusione di questi contaminanti è limitata al settore a Nord di Milano in cui è possibile effettuare una trattazione significativa del problema. Sono sostanze ad elevata tossicità, usate in agricoltura per ottenere il controllo necessario dell'attività di specie dannose. L'uso indiscriminato ed il conseguente scarico nelle acque costituiscono un grave pericolo per la salute pubblica, rappresentando uno dei maggiori pericoli per le falde idriche sotterranee poiché queste sostanze hanno la possibilità di percolare direttamente in falda e su aree molto ampie. A causa della loro scarsa biodegradabilità, persistono a lungo nell'ambiente, concentrandosi lungo le catene alimentari e giungendo quindi fino all'uomo.

Sotto la denominazione di antiparassitari sono comprese tutte quelle sostanze che hanno azione tossica specifica come insetticidi, erbicidi, fungicidi, ecc. La possibilità della loro così larga diffusione deriverebbe, prima di tutto, dalla loro elevata stabilità. La concentrazione massima ammissibile è fissata dal Decreto in 1 µg/l. I composti considerati sono: alachlor, ametrina atrazina, bentazone, molinate, prometrina, propazina, simazina e terbutilazina. In questo studio questi sono considerati come somma totale, senza evidenziare le variazioni di concentrazione dei singoli composti. La stabilità chimica, l'insolubilità nell'acqua, la mobilità, la facilità di dispersione e l'uso massiccio su ampie aree agricole degli antiparassitari portano al loro ritrovamento diffuso, comprese le acque di alimentazione.

3.5.1 Antiparassitari 90, 96, 97 primo acquifero

La carta rappresentante le concentrazioni degli antiparassitari nell'acquifero tradizionale del 1990 presenta solo 9 pozzi utili, per il 1996 sono 63, mentre per il 1997 sono 75.



Nel 1990 (Allegato 11A) sono solo due i pozzi con valore a superiore alla CMA: Carugate (1.1 µg/l) e S. Giuliano Milanese (1.4 µg/l).

Nel 1996 (Allegato 12A) i 62 pozzi hanno una concentrazione compresa tra 0.02 e 0.5 µg/l, che risulta inferiore a quella massima ammissibile, mentre solo ad Agrate Brianza (4.5 µg/l) si supera il valore limite. Anche in questo caso i dati a disposizione sono veramente pochi, insufficienti per qualsiasi interpolazione. E' impossibile quindi poter fare confronti con l'anno 1990 per l'esiguità di dati di quest'ultimo.

Nel 1997 (Allegato 13A) i un solo valore in un pozzo a Milano supera la CMA (1µg/l), in cui si ritrova 2.6 µg/l.

3.5.2 Antiparassitari 90, 96, 97 secondo acquifero

Nel 1990 (Allegato 11B) ci sono solamente tre dati a disposizione, insufficienti per descrivere eventuali fenomeni di contaminazione.

Nel 1996 (Allegato 12B) si hanno 25 dati tutti entro i limiti di legge. Dairago mostra la concentrazione più a rischio con 0.77 µg/l. I valori riscontrati sono sempre inferiori alla CMA, mostrando concentrazioni del tutto simili a quelle riscontrate nel primo acquifero.

Nel 1997 (Allegato 13B) la situazione si mantiene sostanzialmente uguale a quella del 1996. Si hanno informazioni maggiori riguardanti il comune di Milano, che permettono di evidenziare la buona qualità delle acque del secondo acquifero con valori nettamente inferiori alla CMA.

3.5.3 Antiparassitari 90, 96, 97 falda mista

Per il 1990 (Allegato 11C) si sono utilizzati 10 pozzi di cui 2 superiori alla CMA (Carugate 1.06 µg/l e Milano centrale Abbiategrasso 1.23 µg/l).

Nel 1996 (Allegato 12C) si sono utilizzati 94 pozzi a captazione mista di cui solo 2 mostrano valori superiori alla C.M.A. Il 93% dei valori è compreso tra 0.02 e 0.27 µg/l, ma non è possibile individuare un trend di confronto con il 1990. I due pozzi sono rilevati a Milano (centrale Abbiategrasso 1 µg/l e Vialba 1.94 µg/l).

Nel 1997 (Allegato 13C) i pozzi sono localizzati nella zona centro settentrionale con una distribuzione omogenea nell'abitato di Milano, per il quale i punti di rilevazione sono stati triplicati rispetto al 1996. Gli altri comuni interessati sono: Bollate, Desio, Albiate, Carate Brianza, Limbiate e Novate Milanese.

La totalità dei valori misurati si colloca all'interno dell'intervallo 0.03 e 0.15 µg/l, al di sotto della CMA. Rispetto al 1996, la situazione è migliorata poiché non vi sono valori superiori alla CMA. La rete di monitoraggio per questo parametro dovrebbe essere notevolmente ampliata e infittita.

3.6 Analisi dei grafici

Con l'analisi della distribuzione geografica dei dati e con le relative interpolazioni spaziali si produce sicuramente una "fotografia" qualitativa delle zone della Provincia di Milano più colpite dall'inquinamento. L'analisi dei dati attraverso grafici riassuntivi consente una visione più dettagliata del numero di dati a disposizione per ogni elaborazione e una loro distribuzione sommaria. Si è scelto una rappresentazione grafica semplice per concentrare l'attenzione sui dati.

I grafici sono articolati in tre gruppi:

- a carattere generale
Questi grafici forniscono una visione globale del numero di dati a disposizione sul territorio.
- sul chimismo

L'argomento di questi grafici è incentrato sui valori di concentrazione dei nitrati e dei composti organoalogenati. Per dare un'idea dello stato di qualità degli acquiferi sono state analizzate le distribuzioni sul territorio dei dati aventi per concentrazione 30 e 50 mg/l per i nitrati, e 30 e 50 µg/l per i composti organoalogenati.

- **zone a maggior rischio**

Vengono considerate le zone della Provincia di Milano che sono maggiormente coinvolte dall'inquinamento delle acque sotterranee. Esse sono le zone NE e NW di Milano, come può essere facilmente dimostrato dalle carte ad intervalli di concentrazione.

3.6.1 A carattere generale

I dati sono stati suddivisi a seconda delle loro coordinate geografiche. Si sono dunque raggruppate le informazioni in tre insiemi: Nord-Milano, Sud-Milano, e Milano-Città. Il primo gruppo raccoglie tutti i dati della Provincia con latitudine superiore alla chilometrica 5035000 con esclusione dei dati di Milano Città, il secondo alla stessa stregua comprende i dati a sud di questa latitudine, e Milano Città comprende i dati inerenti solamente a Milano.

3.6.1.1 Nitrati

Comparando i tre grafici relativi al 1990, 1996, 1997 (Figure: 3.6.1.1, 3.6.1.2, 3.6.1.3) è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- in Milano il numero dei campionamenti sul secondo acquifero è basso ed è in calo rispetto al 1990.
- Tra il 1990 e il 1996 per la zona a Nord di Milano si ha un raddoppio dei monitoraggi per il secondo acquifero.
- a Sud di Milano, il basso numero di campionamenti sul secondo acquifero è dovuto al fatto che in questa zona vi sono captazioni prevalentemente miste.
- In generale si è verificata una maggiore sensibilizzazione al problema in quanto il numero dei monitoraggi è costantemente aumentato su tutta la Provincia nei tre anni di studio (fig. 3.6.1.4).

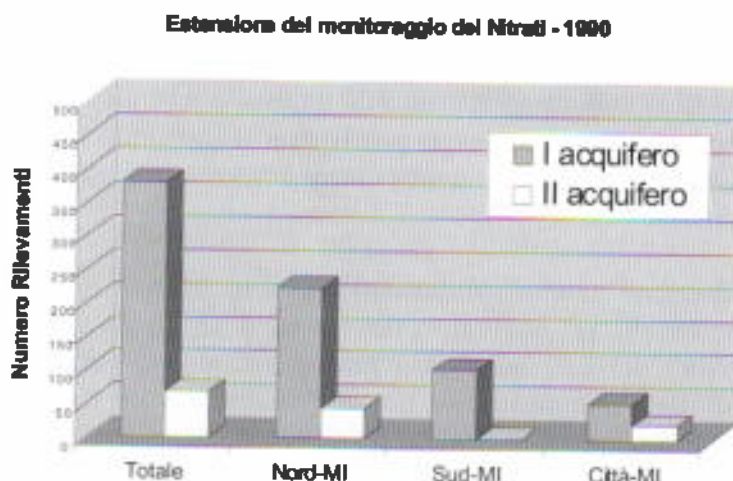


Fig. 3.6.1.1: Numero dei campionamenti dei Nitrati analizzati per il 1990 nei due acquiferi.



Estensione del Monitoraggio dei Nitrati - 1996

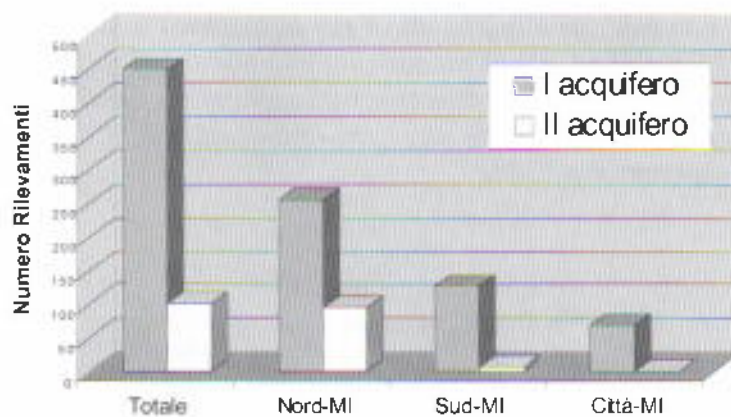


Fig. 3.6.1.2: Numero dei campionamenti dei Nitrati analizzati per il 1996 nei due acquiferi.

Estensione del Monitoraggio dei Nitrati - 1997

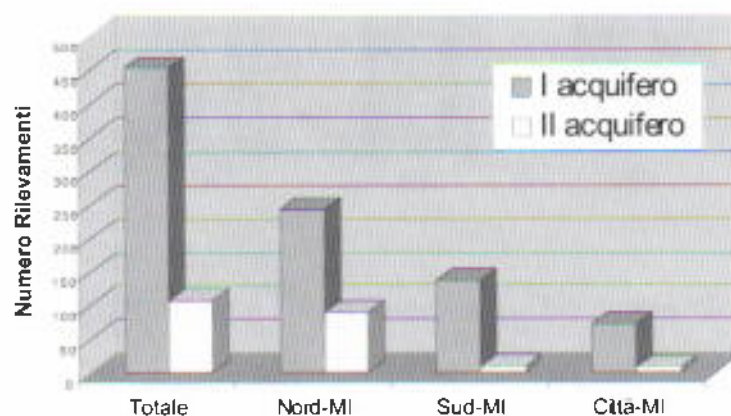


Fig. 3.6.1.3: Numero dei campionamenti dei Nitrati analizzati per il 1997 nei due acquiferi.

Estensione del monitoraggio dei Nitrati

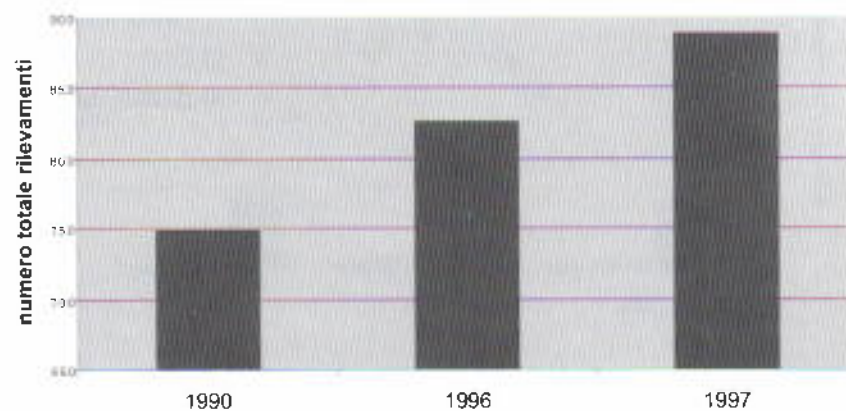


Fig. 3.6.1.4: Numero totale dei campionamenti dei Nitrati analizzati in prima falda, in seconda, e a captazione mista.

3.6.1.2 Cromo

Nei seguenti grafici viene considerata la distribuzione dei valori delle concentrazioni di cromo esavalente. I grafici sono composti da istogrammi (4 per ogni anno) in cui il primo rappresenta il numero dei rilevamenti a Nord della Città, il secondo, spesso poco visibile a causa dei valori molto bassi, è indice del numero dei pozzi con concentrazione superiore a quella massima ammissibile (CMA), la terza barra rappresenta il numero dei campionamenti a Sud di Milano, e il quarto il numero, tra quest'ultimi, superiori alla CMA.

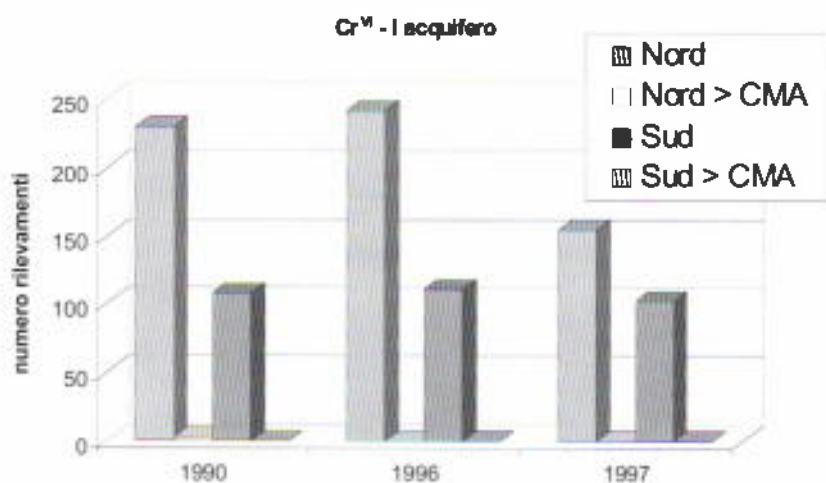


Fig. 3.6.1.5: Numero dei rilevamenti di Cromo esavalente nel primo acquifero nei tre anni in studio.

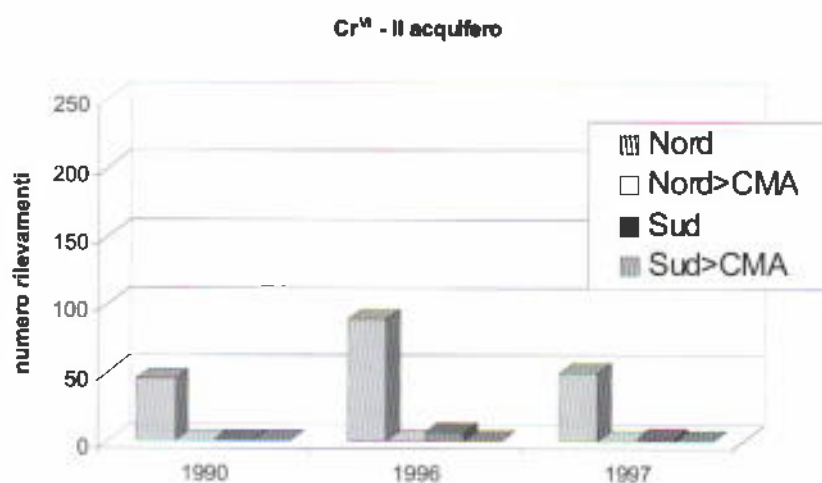


Fig. 3.6.1.6: Numero dei rilevamenti di Cromo esavalente nel secondo acquifero nei tre anni in studio.

Monitoraggio del Cr^{VI}

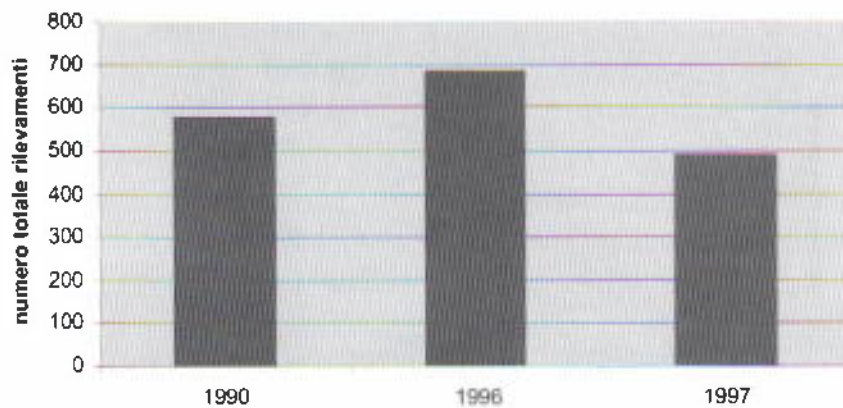


Fig. 3.6.1.7: Numero dei rilevamenti di Cromo esavalente nel primo, nel secondo acquifero e a captazione mista nei tre anni in studio.

Da questi tre grafici si può notare che:

- La contaminazione sul territorio di questo tipo di sostanza è molto limitato a episodi isolati, e in generale esso è un numero molto piccolo sia a Nord che a Sud.
- Sia per il primo acquifero sia per il secondo vi è una netta diminuzione del numero dei campionamenti a Nord della città per il 1997.
- I dati sul II acquifero sono pochi rispetto al numero dei dati in possesso nel primo acquifero anche per il Nord Milano.
- Anche per il II acquifero si nota una diminuzione del numero dei campionamenti tra il 1996 e il 1997.

3.6.1.3 Antiparassitari

I seguenti grafici mostrano la distribuzione dei valori di concentrazione degli antiparassitari, come è stato fatto per il cromo esavalente.

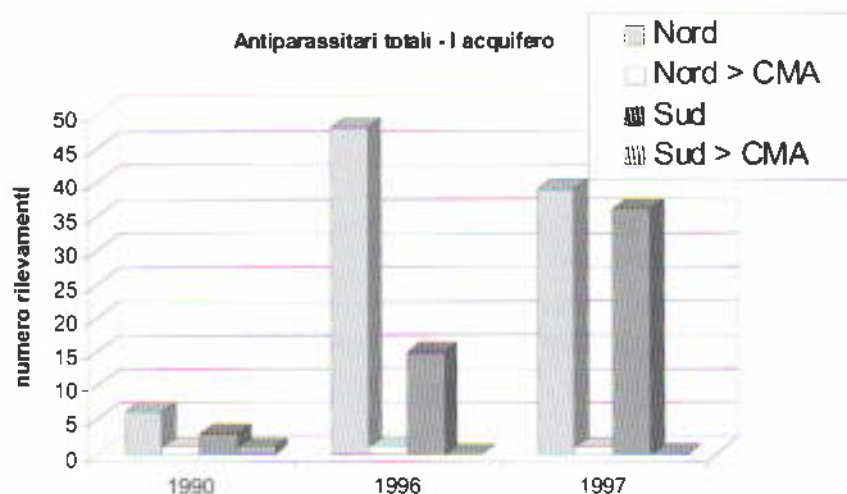


Fig. 3.6.1.8: Numero dei rilevamenti di Antiparassitari totali nel primo acquifero nei tre anni in studio

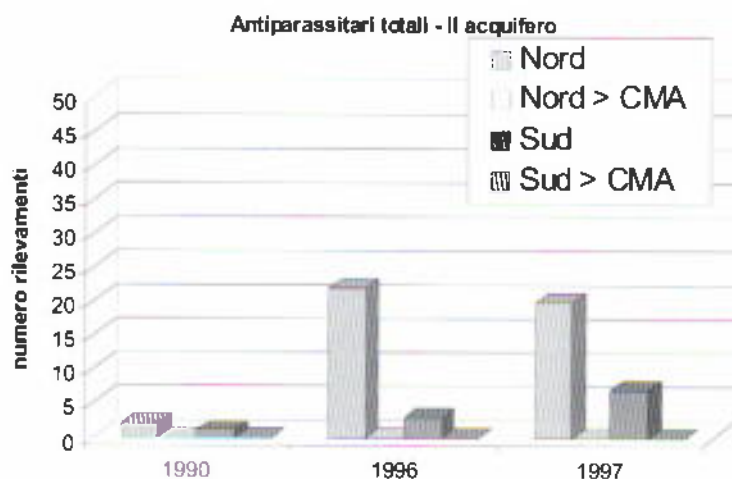


Fig. 3.6.1.9: Numero dei rilevamenti di Antiparassitari totali nel secondo acquifero nei tre anni in studio.

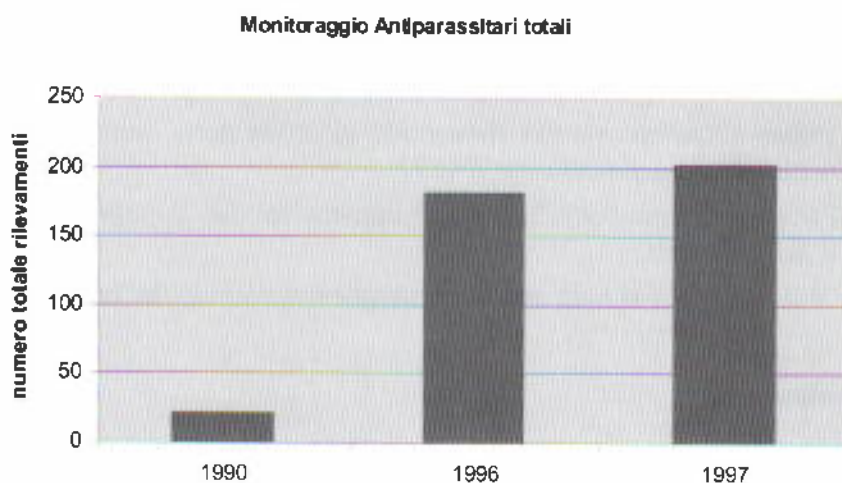


Fig. 3.6.1.10: Numero dei rilevamenti di Antiparassitari totali nel primo, nel secondo acquifero e a captazione mista nei tre anni in studio.

In questi tre grafici si può rilevare che:

- Sono pochissimi i pozzi con concentrazioni superiori alla CMA sia per il primo acquifero che per il secondo
- I dati nel 1990 sono notevolmente inferiori rispetto agli altri anni. E' evidente la sensibilizzazione del problema avvenuta dopo il 1990.
- Per il secondo acquifero è stata soprattutto la zona Nord ad incrementare il numero di rilevamenti

3.6.2 Sul chimismo

In questi grafici i dati sulle ascisse sono stati suddivisi a seconda della loro collocazione geografica, così come è stato fatto per i grafici delle figure 3.6.1.1, 3.6.1.2, e 3.6.1.3. Sulle ordinate vengono rappresentate le percentuali dei pozzi che hanno una concentrazione superiore a 30 mg/l nei grafici



3.6.2.1, 3.6.2.2, 3.6.2.3. Nei grafici successivi viene, invece, rappresentato sulle ordinate il numero dei pozzi con concentrazione superiore alla CMA rispetto al numero totale dei pozzi rilevati.

3.6.2.1 Nitrati

In questi grafici viene valutata la percentuale rispetto al totale dei pozzi con concentrazioni superiori ai 30 mg/l (CMA) per i nitrati. E' stata scelta questa concentrazione per fornire un'indicazione dello stato di degrado generalizzato delle acque.

Contaminazione da Nitrati - 1990

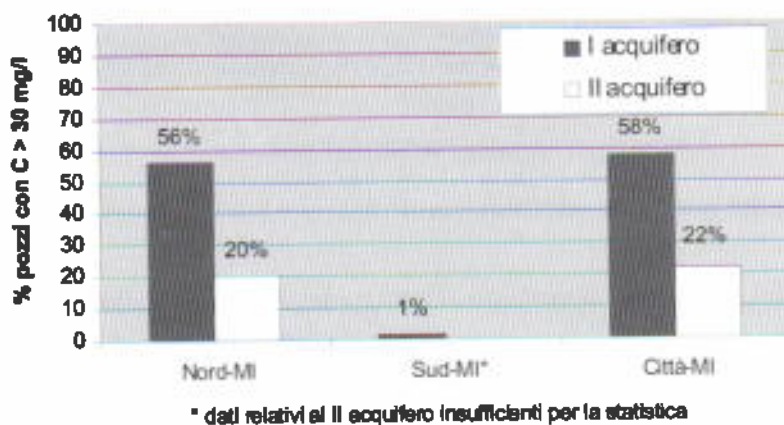


Fig. 3.6.2.1: Percentuale dei pozzi con concentrazioni superiori a 30 mg/l nel 1990.

Contaminazione da Nitrati - 1996

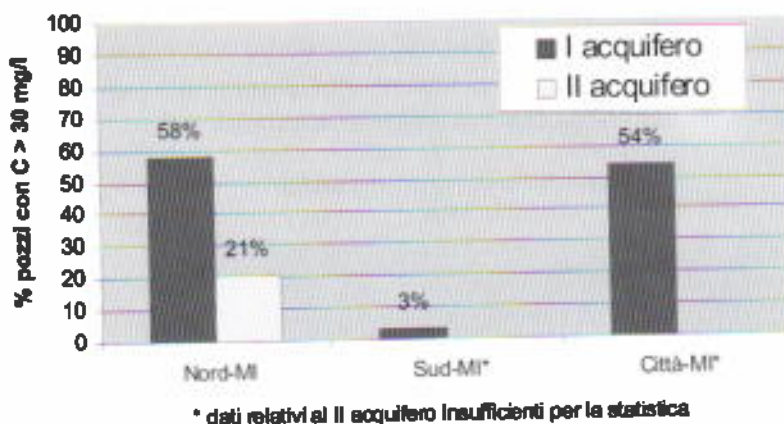
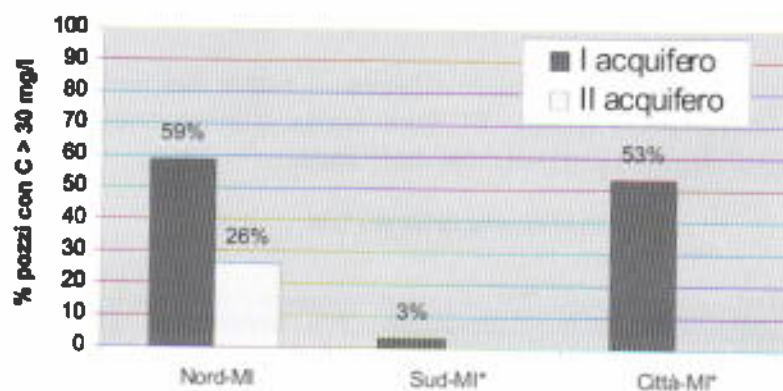


Fig. 3.6.2.2: Percentuale dei pozzi con concentrazioni superiori a 30 mg/l nel 1996.

Contaminazione da Nitrati - 1997



* dati relativi al II acquifero insufficienti per la statistica

Fig. 3.6.2.3: Percentuale dei pozzi con concentrazioni superiori a 30 mg/l nel 1997.

Come si denota dai grafici precedenti si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- La contaminazione è diffusa soprattutto a Nord di Milano e nella città, tenendo delle percentuali prossime al 50% in entrambi i casi.
- Nel secondo acquifero nell'area a Nord di Milano si ha un incremento costante delle percentuali nel tempo.
- Nella zona sud soltanto il 3% dei dati ha una concentrazione superiore a 30 mg/l.
- La situazione della contaminazione è pressoché stabile nei tre anni di studio.

Nei grafici successivi vengono rappresentati i numeri dei pozzi con concentrazioni superiori alla CMA rispetto al totale dei pozzi considerati. Questo per fornire un numero preciso dei pozzi coinvolti nell'inquinamento sia nel primo che nel secondo acquifero.

Contaminazione da Nitrati - I acquifero 1990

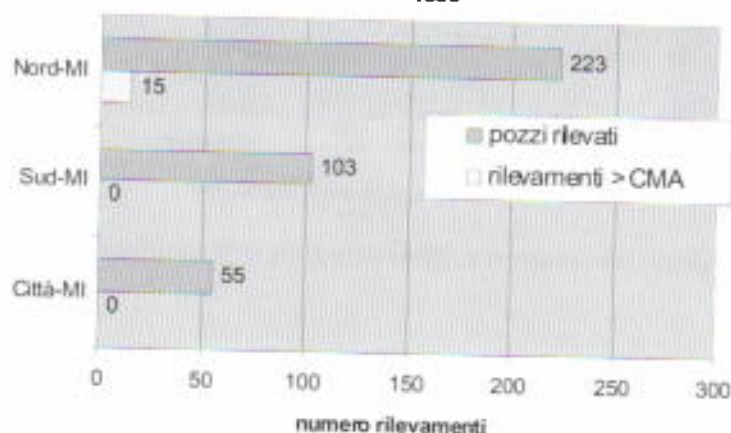


Fig. 3.6.2.4: Numero di pozzi nel primo acquifero con concentrazione dei Nitrati superiori a 50 mg/l nel 1990.

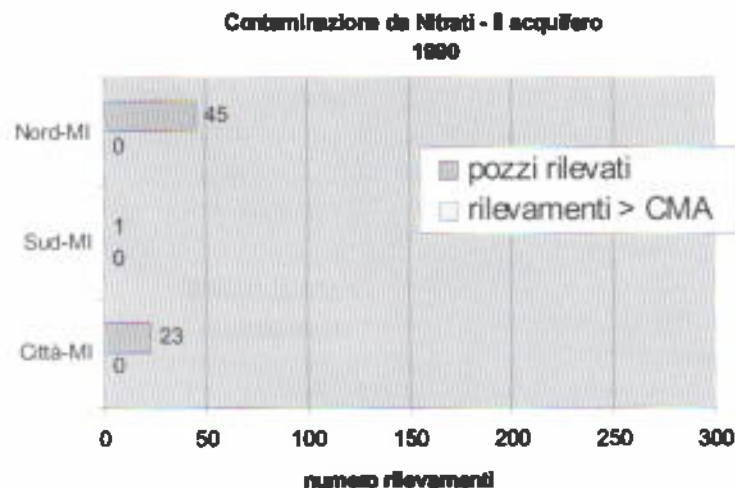


Fig. 3.6.2.5: Numero di pozzi nel secondo acquifero con concentrazione dei Nitrati superiori a 50 mg/l nel 1990.

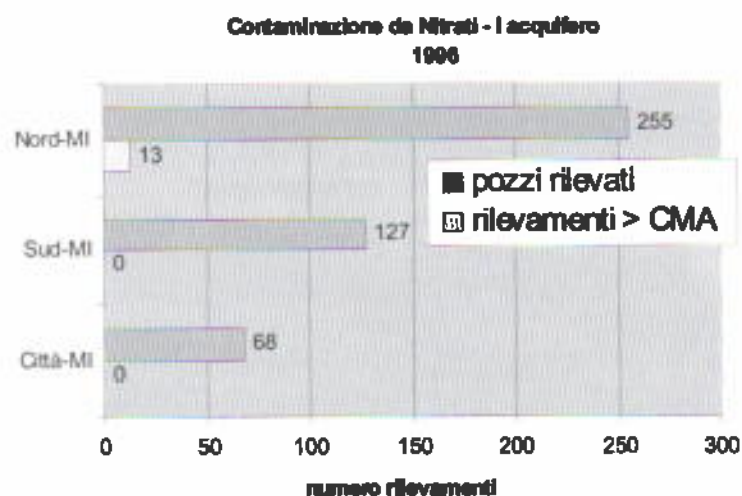


Fig. 3.6.2.6: Numero di pozzi nel primo acquifero con concentrazione dei Nitrati superiori a 50 mg/l nel 1996.

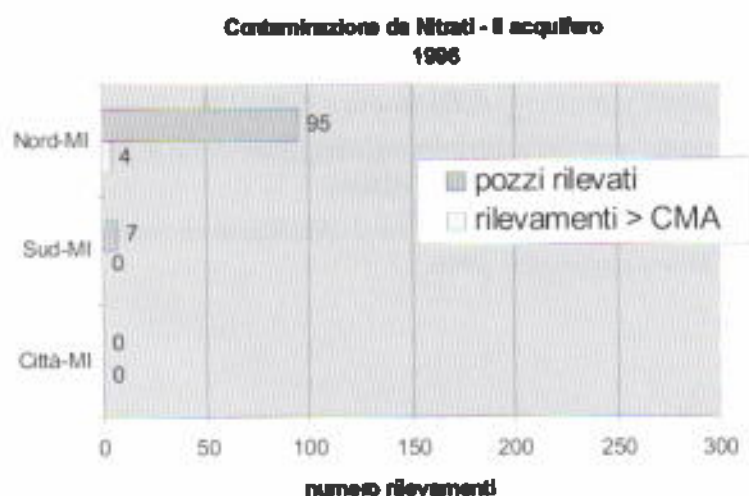


Fig. 3.6.2.7: Numero di pozzi nel secondo acquifero con concentrazione dei Nitrati superiori a 50 mg/l nel 1996.

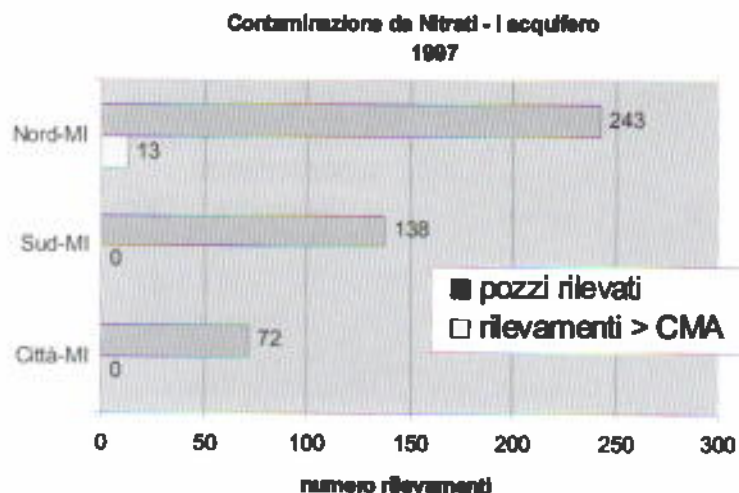


Fig. 3.6.2.8: Numero di pozzi nel primo acquifero con concentrazione dei Nitrati superiori a 50 mg/l nel 1997.

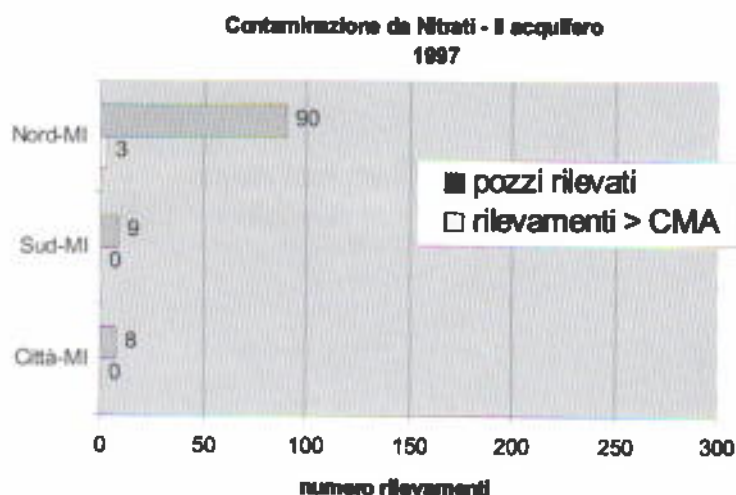


Fig. 3.6.2.9: Numero di pozzi nel secondo acquifero con concentrazione dei Nitrati superiori a 50 mg/l nel 1997.

Come si può constatare dai grafici, è possibile dedurre che:

- La contaminazione è soprattutto nella fascia a Nord-MI
- Il numero dei pozzi con concentrazioni maggiori della CMA è rimasto costante nel primo acquifero per la zona a Nord di Milano.
- Nel secondo acquifero per la zona a Nord di Milano si rilevano pozzi con concentrazioni superiori alla CMA a partire dal 1996.

3.6.2.2 *Organoalogenati*

I grafici seguenti sono simili ai grafici del capitolo 3.6.2.1. Le concentrazioni di riferimento sono nei primi tre grafici 30 µg/l, mentre la CMA è di 50 µg/l.

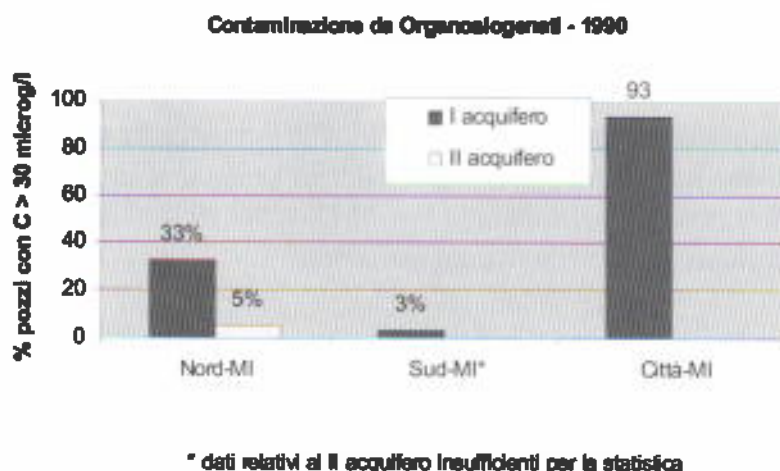


Fig. 3.6.2.10: Percentuale dei pozzi con concentrazioni superiori a 30 µg/l nel 1990.

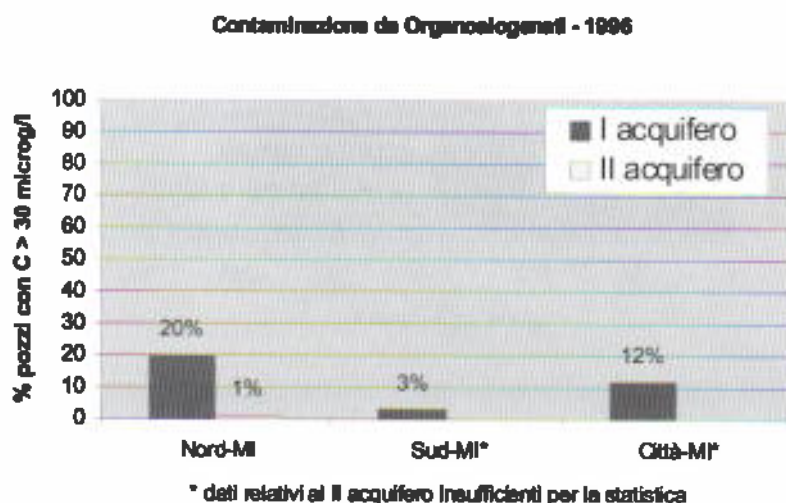


Fig. 3.6.2.11: Percentuale dei pozzi con concentrazioni superiori a 30 µg/l nel 1996.

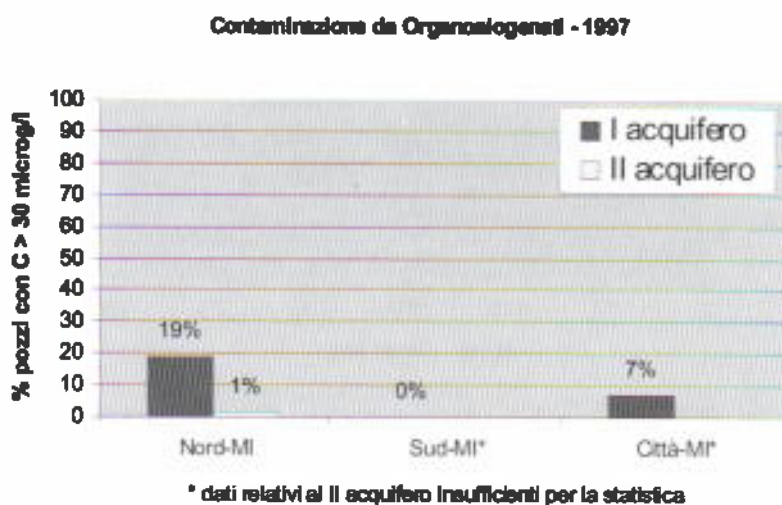


Fig. 3.6.2.12: Percentuale dei pozzi con concentrazioni superiori a 30 µg/l nel 1997.

E' possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- A nord di Milano si denota una percentuale media di pozzi coinvolti del 24% per il primo acquifero.
- Si nota altresì che la suddetta percentuale è in costante diminuzione dal 1990 al 1997.
- Per la città di Milano nel 1990 13 pozzi su 14 rilevati hanno una concentrazione superiore a 30 µg/l, nel 1996 la percentuale si abbassa fino al 12%, nel 1997 al 7%.
- La zona Sud non presenta problemi di contaminazione.

Nei grafici successivi vengono indicati i pozzi che hanno una concentrazione maggiore alla CMA e il numero totale dei pozzi analizzato per ciascun anno e per ciascun acquifero.

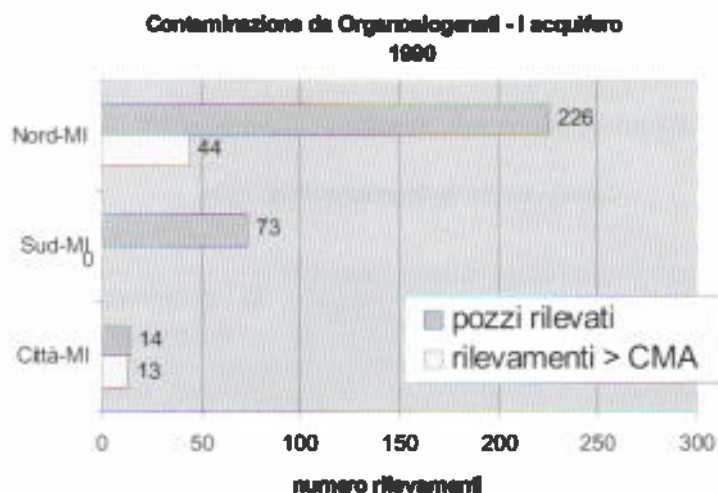


Fig. 3.6.2.13: Numero di rilevamenti nel primo acquifero con concentrazione superiori a 50 µg/l nel 1990.

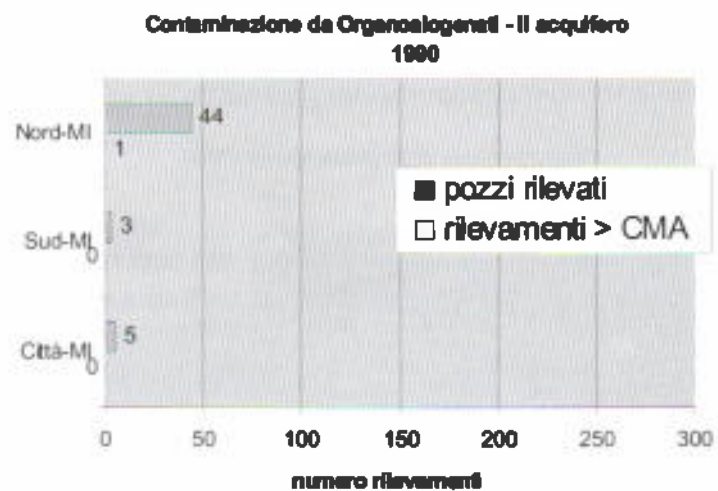


Fig. 3.6.2.14: Numero di rilevamenti nel secondo acquifero con concentrazione superiori a 50 µg/l nel 1990.

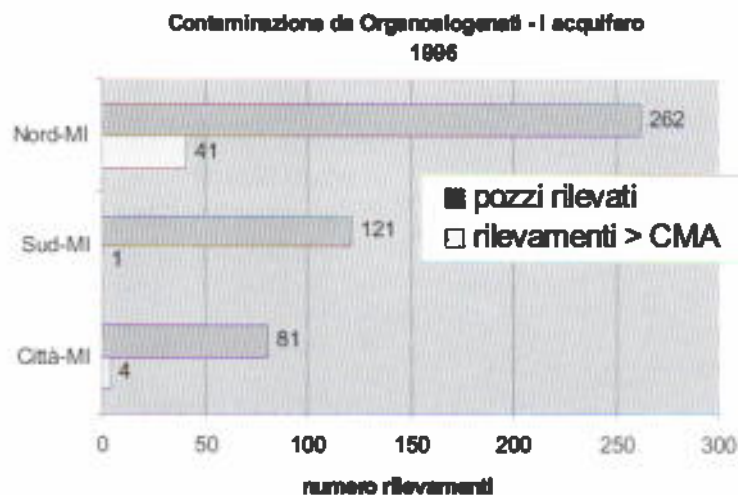


Fig. 3.6.2.15: Numero di rilevamenti nel primo acquifero con concentrazione superiori a 50 µg/l nel 1996.

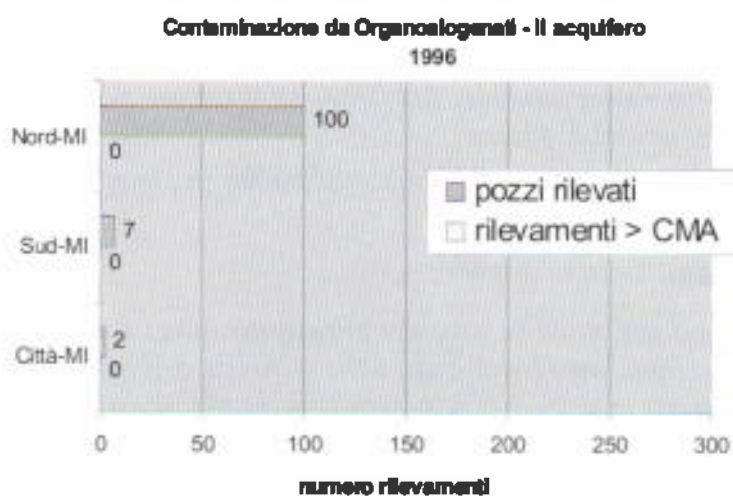


Fig. 3.6.2.16: Numero di rilevamenti nel secondo acquifero con concentrazione superiori a 50 µg/l nel 1996.

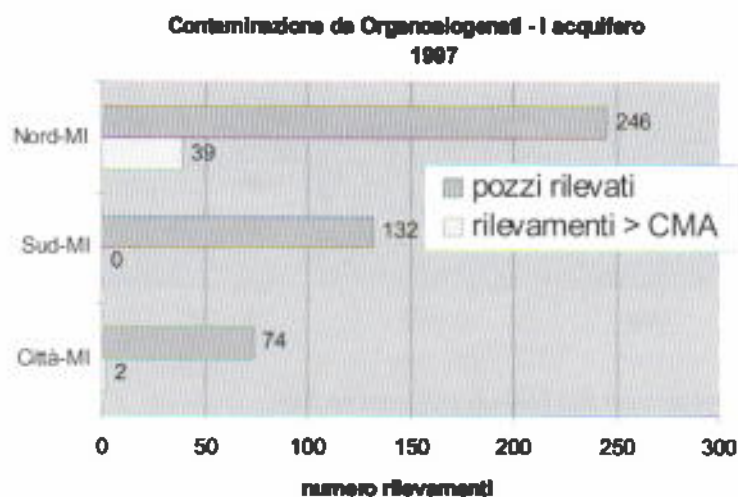


Fig. 3.6.2.17: Numero di rilevamenti nel primo acquifero con concentrazione superiori a 50 µg/l nel 1997.

Contaminazione da Organoclorogeni - II acquifero
1997

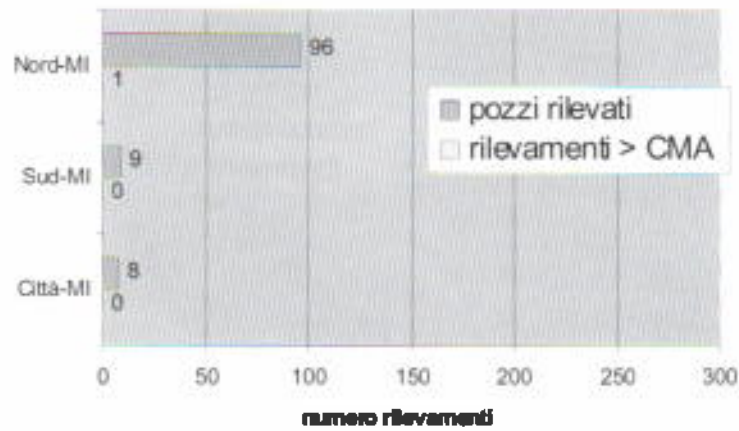


Fig. 3.6.2.18: Numero di rilevamenti nel secondo acquifero con concentrazione superiori a 50 µg/l nel 1997.

I grafici sopra riportati dimostrano che:

- Le concentrazioni con valori superiori alla CMA degli organo alogenati vanno diminuendo nel tempo nella zona a Nord di Milano.
- Ci sono pochi rilevamenti per il secondo acquifero sia per la zona Sud sia per la città di Milano.

3.6.3 Zone a maggior rischio

Nei seguenti grafici vengono analizzate le zone che presentano valori di concentrazione più elevati della Provincia di Milano. Esse sono localizzate nella periferia a Nord-Ovest di Milano e nella periferia a Nord-Est. In questa sezione si vuole dare un'idea globale sullo stato di degrado delle acque sotterranee di queste due zone e il suo andamento nel tempo.

Settore Nord-Est - Andamento nel tempo dei Nitrati

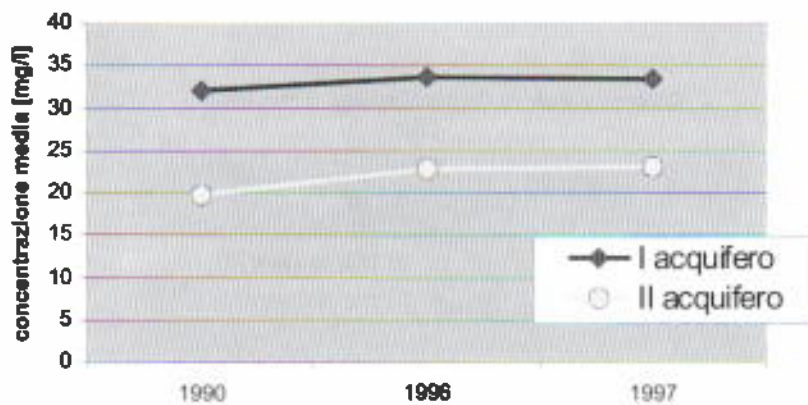


Fig. 3.6.3.1: Andamento nel tempo dei Nitrati nel settore NE.

Settore Nord-Ovest - Andamento nel tempo dei Nitrati

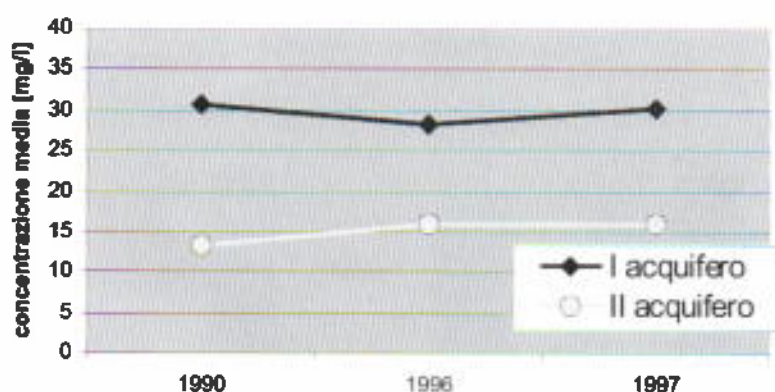


Fig. 3.6.3.2: Andamento nel tempo dei Nitrati nel settore NW.

Nei grafici precedenti è possibile notare che:

- A Nord-Est la concentrazione media del secondo acquifero segue fedelmente l'andamento del primo con valori inferiori di 12 mg/l.
- A Nord-Ovest non c'è la stessa corrispondenza nei trend dei due grafici tra primo e secondo acquifero.
- I valori di concentrazione medi sono inferiori rispetto alla zona Est sia per il primo acquifero sia per il secondo.

Settore Nord-Est - Andamento nel tempo dei Nitrati

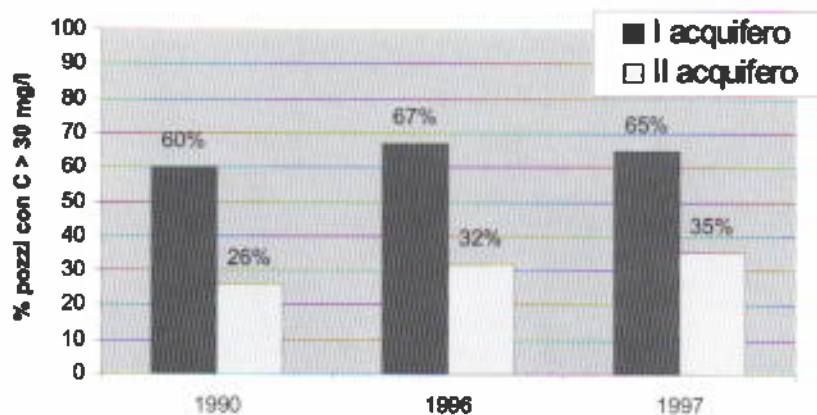


Fig. 3.6.3.3: Andamento nel tempo dei Nitrati nel settore NE.

Settore Nord-Ovest - Andamento nel tempo dei Nitrati

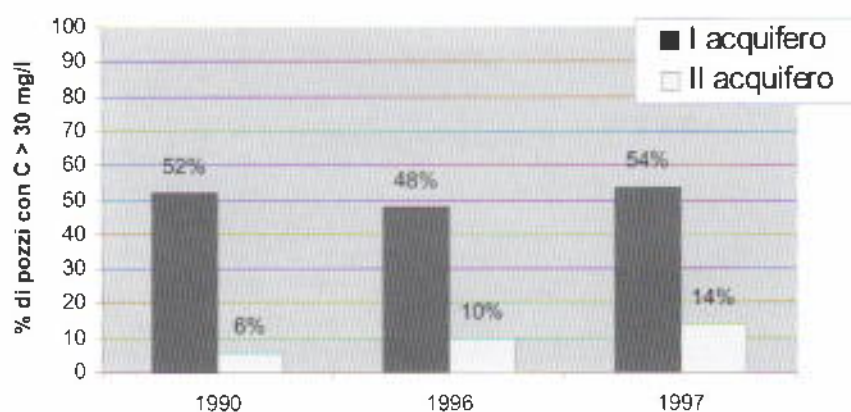


Fig. 3.6.3.4: Andamento nel tempo dei Nitrati nel settore NW.

Confrontando i due grafici precedenti si può notare che:

- La percentuale dei pozzi con concentrazione superiore a 30 mg/l è superiore nella zona Nord-Est arrivando ad una media nei tre anni del 64% per il primo acquifero e al 31% per il secondo acquifero, mentre per la zona Nord-Ovest la percentuale è visibilmente più bassa (51.3% di media per il primo acquifero, 10 per il secondo).
- La risposta alla contaminazione del secondo acquifero nella zona Est per percolazione dal primo è maggiore rispetto alla zona Ovest (visibile anche in Fig.3.6.3.5).

Settori critici - Tenore medio dei Nitrati

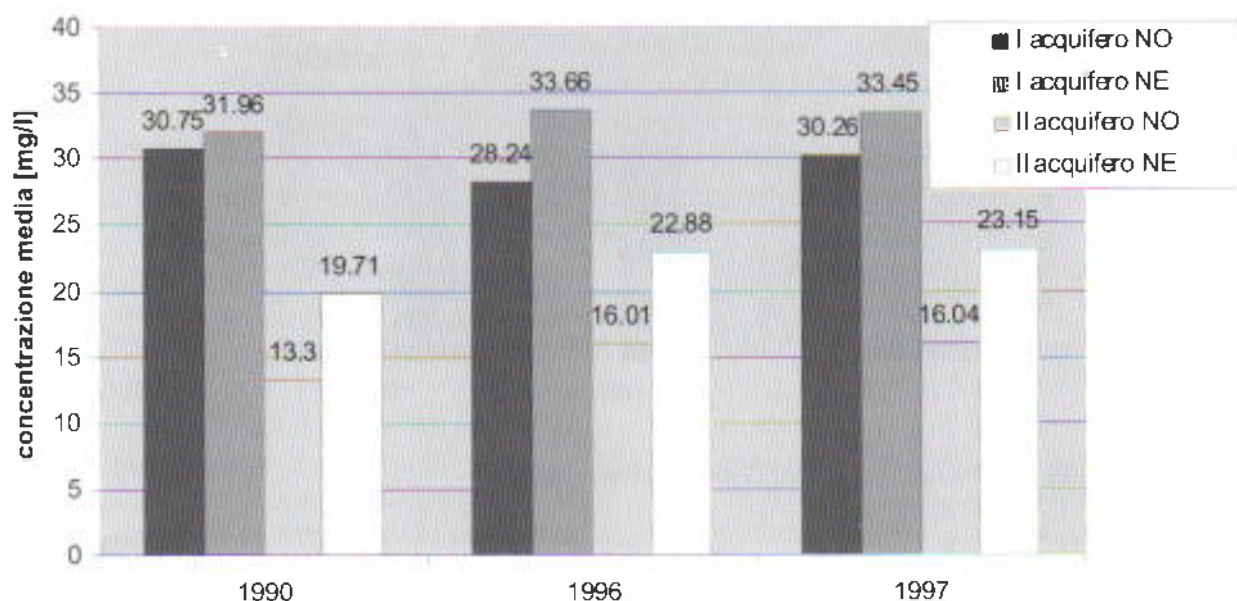


Fig. 3.6.3.5: Tenore medio dei Nitrati nei due settori a rischio.

I seguenti grafici mostrano la percentuale dei comuni rispetto al totale per anno della Provincia di Milano, interessata da contaminazioni superiori alla CMA

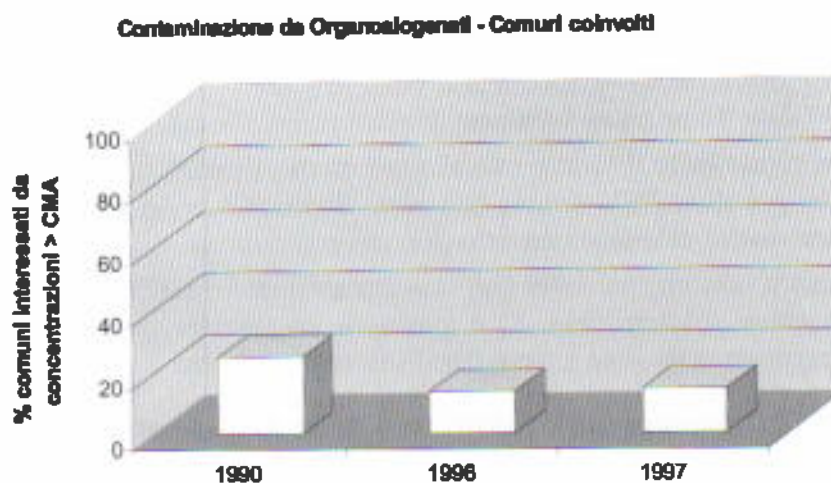


Fig. 3.6.3.6: Percentuale dei comuni interessati da contaminazione da Organoalogenati superiore alla CMA.

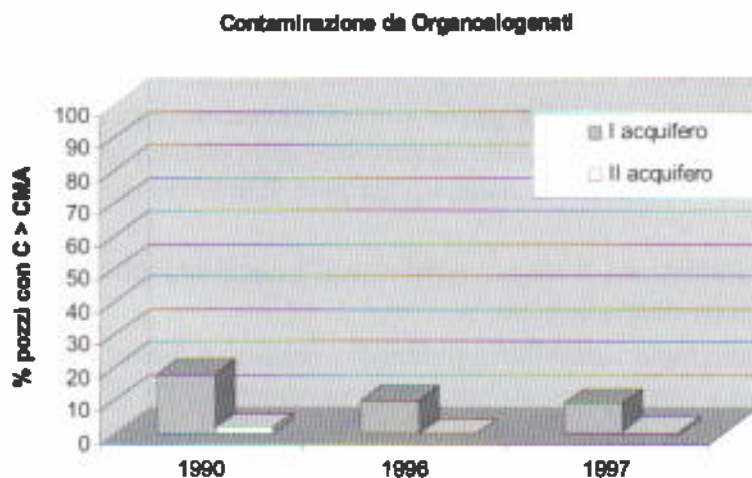


Fig. 3.6.3.7: Percentuale dei pozzi interessati da contaminazione da Organoalogenati superiore alla CMA nei due acquiferi.

Nei grafici 3.6.3.6 e 3.6.3.7 si può notare che:

- La scarsa mobilità di questo tipo di contaminazione. Infatti sia i comuni coinvolti sia la percentuale dei pozzi non subiscono modifiche evidenti nei tre anni di studio.
- Tra il 1996 e il 1997 le zone particolarmente colpite da questo tipo di contaminazione non subiscono modificazioni di rilievo.

3.6.4 Note di riepilogo

Per quanto riguarda i nitrati, si è riscontrato che le maggiori concentrazioni si ritrovano nella zona Nord -Est, sia nel primo che nel secondo acquifero. La zona Sud, avendo principalmente una captazione mista, non ha concentrazioni dei nitrati per il secondo acquifero di particolare interesse.

Nel corso degli anni si assiste ad una sostanziale sensibilizzazione del problema con l'aumento dei rilevamenti che passano da 750 nel 1990 a quasi 900 per il 1997.

Gli organo alogenati destano particolare interesse in quanto la distribuzione dei valori di concentrazione sembrano rimanere fissi nelle vicinanze dei luoghi sorgente. Le zone con concentrazioni più elevate risultano ancora una volta le zone a Nord di Milano e a Milano città, soprattutto nel 1990 dove 13 pozzi su 14 rilevati presentavano alti valori.

La contaminazione riguardante il cromo esavalente è molto limitata ad episodi isolati. Sia per il primo acquifero che per il secondo si nota una netta diminuzione del numero di campionamenti negli anni, supportata anche dal basso riscontro di pozzi contaminati.

Per gli antiparassitari si nota che nel 1990 non si aveva un numero sufficiente di dati per rilevare lo stato di contaminazione sul territorio. Si è avuto un sostanziale incremento del numero dei campionamenti soprattutto nella zona a Nord per il secondo acquifero.

4. Proposte per il miglioramento qualitativo delle acque sotterranee

Una razionale difesa dal progressivo degrado qualitativo delle acque sotterranee nelle grandi città industriali presenta alcune difficoltà, legate innanzitutto alla scarsa conoscenza del carico inquinante che le aree urbane ricevono dalla loro periferia dove sono localizzate molto spesso le principali attività produttive inquinanti.

Già gli studi eseguiti negli anni 70 (FRANCANI e POZZI, 1977) evidenziavano come il serbatoio idrico che alimenta le falde di Milano avesse una estensione estremamente ampia (750 Km²). Il complesso delle conoscenze sulla struttura idrogeologica e il bilancio idrico degli acquiferi è stato completato negli anni fra il 1995 e il 1998, grazie alla collaborazione con la Regione Lombardia. In questo contesto sono stati raccolti dati su tutta l'estensione della pianura lombarda e delle principali valli alpine, che rendono possibile il tracciamento sia pure sommario del bilancio idrico dell'area milanese.

Tra le voci del bilancio, l'elemento di maggiore rilevanza è costituito dai prelievi, in quanto regola sostanzialmente l'entità delle riserve idriche.

Questo fattore presenta un'ampia variabilità nel tempo: i prelievi pubblici della città di Milano, dal 1909 in cui assommavano a 1 m³/s, sono arrivati progressivamente a 8.8 m³/s nel 1960 e a 11.1 m³/s nel 1975, con una successiva riduzione fino a 8 m³/s nel 1997, a causa del decremento della popolazione residente di circa il 23.5% (da 1.7 a 1.3 milioni di abitanti tra il 1971 e il 1996). Si deve anche tenere conto della variazione della fonte di provenienza di queste acque, avendo in tale funzione il secondo acquifero sostituito il primo.

Dal bilancio risulta inoltre che le perdite fognarie sono dell'ordine di 1 m³/s rivelandosi di notevole gravità agli effetti della qualità delle acque. Tale elemento sarà successivamente sottolineato attraverso l'esame del carico inquinante, la cui eccezionale entità può essere giustificata solamente con le elevate dimensioni delle perdite della rete fognaria.

Pur dovendosi attribuire le responsabilità maggiori alla diminuzione dei prelievi idrici delle aziende, un ruolo importante è svolto anche dalla diminuzione dei prelievi pubblici, nonché da fattori stagionali quali le pratiche irrigue svolte in parte del territorio provinciale. La valutazione del livello massimo raggiungibile dalla falda nei prossimi decenni non può quindi prescindere dalla valutazione d'insieme di tutti questi fattori, e delle loro possibili variazioni.

Per questa ragione non è stato possibile l'utilizzo di soluzioni analitiche le cui assunzioni di base risultano insufficienti di fronte alla complessità del problema in esame. Si è quindi ritenuto opportuno applicare un modello di flusso alle differenze finite utilizzando il codice di calcolo Modflow, prodotto dall'United States Geological Survey e utilizzato dall'ente nazionale americano per la protezione dell'ambiente (E.P.A.). Modflow è stato prodotto nel 1988, e grazie ai numerosi



aggiornamenti, rappresenta tuttora il codice di calcolo per la modellazione del flusso idrico sotterraneo più diffuso al mondo e maggiormente testato.

Afflussi	Bacino Ticino/Adda (4315 Km²)	Milano (181.7 Km²)	Deflussi	Bacino Ticino/Adda (4315 Km²)	Milano (181.7 Km²)
<i>Infiltrazione Efficace/Perdite Reti</i>	36.90%	38.2%	<i>Drenaggio dai Fontanili</i>	11.20%	-
<i>Irrigazioni/Perdite da Corsi d Acqua</i>	48.40%	-	<i>Prelievi Idrici</i>	46.11%	84.26%
			<i>Drenaggio Fiumi</i>	42.69%	-
<i>Afflusso da Monte</i>	14.70%	61.8%	<i>Deflusso Valle/Deflusso Laterale</i>	-	15.74%

Tabella 4.1: Incidenza percentuale dei parametri del bilancio idrico sotterraneo nel settore Adda-Ticino e territorio di Milano (II trimestre 1994)

4.1 Fase di impostazione del modello idrogeologico

L'analisi della struttura idrogeologica degli acquiferi, del tipo di flusso idrico sotterraneo (libero o confinato), delle condizioni al contorno del sistema e delle condizioni interne singolari, hanno permesso di identificare nell'area di studio i seguenti elementi caratteristici fondamentali per l'impostazione del modello idrogeologico: assenza di limiti naturali al contorno lungo i limiti nord e sud della provincia di Milano; presenza di diversi orizzonti acquiferi interessati dalle opere di captazione e schematizzati, ai fini della modellizzazione, in un corpo idrico superiore (acquifero superficiale) costituito da sedimenti di natura ghiaioso-sabbiosa, sede di una falda libera ed uno sottostante (acquifero tradizionale), sabbioso-ghiaioso e conglomeratico, contenente una falda semiconfinata; presenza di un orizzonte semipermeabile interposto tra le suddette falde, costituito da elementi di natura limosa e limoso-sabbiosa, che può essere individuato con una discreta continuità nella porzione meridionale dell'area mentre tende ad assottigliarsi e progressivamente a scomparire verso Nord, dove non si ha più la distinzione tra i due acquiferi;

- differenza di carico idraulico tra la prima falda (superficiale) e la seconda falda (semiconfinata) con drenanza verso il basso;
- presenza del cono di depressione della città di Milano che influenza la direzione del flusso idrico sotterraneo.

4.2 Modello concettuale

L'area modellizzata è costituita dalla porzione centrale della Provincia di Milano; ad essa è stata sovrapposta una griglia di forma trapezoidale a maglie quadrate di lato 400 m. Essa consiste di 127 colonne, 100 righe e 4 strati per un totale di 16.565 celle attive. Il dominio modellizzato risulta avere larghezza variabile da 27.4 a 34.6 Km da Sud a Nord ed una lunghezza di 28 Km, per una superficie complessiva di 2.579 Km².

Dall'esame delle stratigrafie dei numerosi pozzi ad uso pubblico e privato e dei piezometri esistenti nell'area di studio e dalla ricostruzione di alcune sezioni idrogeologiche dirette Nord-Sud ed Est-Ovest (CONSORZIO ACQUA POTABILE, 1995; PROVINCIA DI MILANO, 1995) è stato possibile individuare con un certo dettaglio l'andamento delle basi della prima e della seconda falda e quella dell'orizzonte semipermeabile. La base dell'acquifero superficiale decresce regolarmente da Nord verso Sud a partire da valori di circa 180 m a circa 60 m s.l.m. Analogo andamento presenta la



base dell'acquifero semiconfinato (acquifero tradizionale), con valori variabili da 160 m a 10 m s.l.m. La base dello strato intermedio è posta da 175 m a 50 m s.l.m. Il modello concettuale adottato prende in considerazione la circolazione idrica dell'acquifero tradizionale. Questo a cominciare dal settore centro-meridionale del comune di Milano si separa in un acquifero superficiale freatico e uno sottostante semiconfinato, il tradizionale in senso stretto. La separazione è determinata da un livello limoso-argilloso con discreta continuità areale in grado di determinare un certo grado di separazione tra i due acquiferi così definiti. Gli acquiferi C non sono stati presi in considerazione nel modello concettuale proposto. La circolazione idrica in questi corpi idrici risulta infatti ben distinta da quella dell'acquifero tradizionale in gran parte del territorio provinciale (CONSORZIO ACQUA POTABILE, 1995). Solo nel settore più settentrionale gli acquiferi non sono ben separati dando luogo ad un monostrato. Per poter considerare l'effetto dello scambio idrico esistente in tale settore, si è scelto di simulare attraverso un quarto layer gli scambi idrici diretti verso il basso, la cui quantificazione è stata possibile mediante l'utilizzo dei risultati di modelli di maggior dettaglio realizzati in precedenza (ALBERTI, 1998). Il modello concettuale risulta essere quindi composto da quattro layer che partendo dal piano campagna e approfondendosi nel sottosuolo rappresentano:

- strato 1: acquifero superficiale presente sino alla profondità media di 40-45 m, contenente la falda libera;
- strato 2: setto di separazione semipermeabile, di spessore 5-20 m;
- strato 3: acquifero sottostante contenente la falda semiconfinata, con profondità variabile tra 80 e 120 m.
- strato 4: livello utilizzato per simulare la percentuale di acqua che nell'area settentrionale della provincia di Milano va ad alimentare gli acquiferi profondi (acquiferi C)

4.3 Il carico inquinante affluente a Milano

Per quanto riguarda le concentrazioni della falda ai limiti della periferia settentrionale di Milano, si osserva che i loro valori presentano una distribuzione regolarmente differenziata, variando da Ovest verso Est in modo da crescere con una certa continuità per ridursi nuovamente nei tubi di flusso più orientali. Infatti a Ovest (Corsico) i valori dei nitrati si attestano intorno ai 10-12 mg/l, mentre nella parte centrale si hanno medie di circa 25 mg/l, e nella parte centrorientale e orientale della depressione piezometrica ai limiti settentrionali del Comune si riscontrano dai 38 ai 40 mg/l. Per quanto riguarda solventi e cromo, si può notare una netta preponderanza degli afflussi dal NW di Milano. Per quello che concerne i nitrati, nel tubo di flusso 1 la portata risulta di 0,2098 m³/s, che per le concentrazioni medie di 12 mg/l, fornisce un carico inquinante (prodotto dei due valori) di 2,517 kg/s. Il carico inquinante unitario (cioè per Km di larghezza della sezione di flusso) risulta di 1,49 kg/s*km.

Si nota quindi come dal tubo di flusso 8, corrispondente all'area di Monza e ai comuni immediatamente a valle, pervengano all'acquifero milanese le maggiori quantità di inquinante, sia per il grave stato di degrado che colpisce questi comuni, sia per la notevole portata della falda in questo settore, mentre per i solventi e il cromo i maggiori pericoli provengono dal tubo di flusso 4 (Rho e comuni vicini).

Il carico inquinante complessivo derivante dai nitrati proveniente a Milano, secondo queste valutazioni, sarebbe quindi prossimo a circa 180 Kg/s, mentre molto più ridotti appaiono i quantitativi di cromo e solventi. E' probabile che questo valore sia in parte falsato dagli errori che normalmente si accompagnano alle elaborazioni basate sui modelli idrogeologici, in parte dal fatto che le rilevazioni vengono compiute su captazioni che, per la loro natura, convogliano verso di sé inquinanti originariamente dispersi su un fronte piuttosto vasto.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle portate e del carico inquinante relativo a nitrati, cromo e solventi per ogni tubo di flusso

Tubo di flusso	Carico di nitrati (kg/s)	Carico di cromo (g/s)	Carico di solventi (g/s)
1	2,5170	6,457	8,242
2	7,5250	12,341	6,788
3	7,0925	22,945	12,33
4	7,6216	25,463	76,88
5	12,2400	24,969	49,97
6	13,6320	13,829	15,64
7	16,1760	12,493	32,78
8	36,8205	10,932	45,66
9	31,5020	8,974	13,54
10	24,3711	10,455	12,99
11	13,2392	3,0441	22,68
12	7,3884	12,879	9,770
13	4,4668	10,392	8,788
totale	178,32	173,087	294,9

Tabella 4.3.1: valori delle portate e del carico inquinanti relativi a nitrati, cromo e solventi per ogni tubo di flusso.

E' quindi opportuno che studi mirati a una migliore ricostruzione dell'acquifero e a una più corretta identificazione delle concentrazioni, basati cioè su un'idonea rete di monitoraggio costruita con aggiornati criteri operativi e costruttivi, vengano a completare il quadro ora accennato.

4.4 Identificazione delle aree a rischio

E' possibile, in base allo studio eseguito, valutare quali captazioni pubbliche supereranno il valore di 50 mg/l dei nitrati nei prossimi anni, e quante invece oltrepasseranno tale valore per i solventi clorurati e il cromo.

Per valutare la posizione dei punti ai quali nel tempo t perviene l'inquinamento da un punto posto alla distanza x lungo la medesima linea di flusso, è necessario poter calcolare il tempo di arrivo del contaminante che si sposta lungo le linee di flusso della falda. A tale scopo risulta possibile ricorrere alla relazione di Affleck e Kirkham (1977), secondo cui il tempo t' necessario per lo spostamento della particella da un punto distante x' fino ad un pozzo è dato da:

$$t' = \{ \pi m_e (y + h) x'^2 \} / 2 Q$$

se la falda è in pressione :

$$t' = (\pi m_e b x'^2) / Q$$

in cui m_e la porosità efficace, Q la portata del pozzo, y è il carico idraulico alla distanza x' , b è lo spessore del saturo, mentre H è il carico idraulico per $t'=0$. Un aggiornamento di questo metodo è suggerito da Francani (1999).

I calcoli effettuati con tale tecnica rivelano che, mediamente, la velocità con la quale si spostano le contaminazioni nell'area milanese, è di circa 400 m/anno per i nitrati e il cromo, e di circa 550 m/anno per i solventi clorurati, che sono influenzati da un sensibile fattore di ritardo.

Di conseguenza si è potuto accertare che nell'arco di 10 anni il numero di pozzi pubblici nei quali probabilmente sarà superato la concentrazione massima ammissibile, sarà il seguente:

Contaminante	N _i pozzi pubblici con superamento della CMA	N* pozzi pubblici prossimi al limite (oltre 90% della CMA)
Nitrati	90	78
Cromo	22	15
Solventi clorurati	35	46

Il rischio che la propagazione delle principali contaminazioni comporta appare quindi elevato, per i costi di decontaminazione e recupero che la comunità sarà chiamata a sopportare.

Si ritiene quindi che sia opportuno configurare interventi idonei all'eliminazione delle fonti d'inquinamento (in specie ripristino delle fognature e degli impianti di smaltimento, controlli sulle industrie potenziali produttrici di contaminazione), in modo da ridurre al minimo tale inconveniente.

5. Considerazioni finali

L'indagine eseguita ha esaminato la struttura idrogeologica dell'area, operando la suddivisione in unità idrogeologiche e definendo la struttura degli acquiferi e della loro alimentazione.

Successivamente è stata effettuata una definizione delle caratteristiche di permeabilità e trasmissività degli acquiferi, alla luce delle attuali conoscenze; si è infine eseguita un'accurata analisi della ripartizione degli inquinanti di maggiore importanza, quali organoalogenati, nitrati, cromo.

Al fine di meglio illustrare i contenuti dello studio, si è provveduto a corredarlo di carte e tabelle che riportano:

- la distribuzione dei contaminanti per intervalli di concentrazione
- l'evoluzione storica delle concentrazioni
- l'ubicazione dei punti di indagine
- carte rappresentative dell'andamento dei livelli di separazione fra gli acquiferi, la piezometria e la topografia.

Per quanto riguarda i nitrati, si è osservato che non si rilevano sostanziali differenze nel periodo 1990-1997 nelle concentrazioni e nella loro ripartizione, che è distribuita in fasce allungate secondo i paralleli, comprendenti rispettivamente: la parte settentrionale di Milano e il Nord-Milano; la parte centrale di Milano; la parte meridionale di Milano e della Provincia. In queste tre fasce il tenore dei nitrati va progressivamente decrescendo da N a S, pur mantenendo valori elevati in quella più settentrionale.

Mentre per il cromo esavalente e pesticidi le informazioni non sono tali da consentire la redazione di proprie cartografie a linee di ugual concentrazione, e quindi esaminare con buon dettaglio e in modo comprensivo di tutta l'area la loro evoluzione, gli organoalogenati presentano questa possibilità.

Si riscontrano per tali inquinanti sostanziali differenze fra il 1990 e i nostri giorni: un miglioramento in Milano città, e un peggioramento nella zona di Rho, dove il II acquifero viene raggiunto dalla contaminazione nel 1997. Lo studio ha quindi portato alla ricostruzione dell'andamento degli acquiferi e alla definizione delle caratteristiche idrochimiche proprie di ciascuno di essi, sulla base degli studi già condotti dall'Amministrazione Provinciale in collaborazione con il Politecnico (1995).

E' bene ricordare che le carte idrochimiche fino a questo momento redatte, erano in gran parte basate sui cosiddetti pozzi "misti", che prelevano acqua dai diversi acquiferi; questi pozzi, per i quali sono state prodotte carte separate, non possono tuttavia essere considerati utili ai fini della ricostruzione dell'evoluzione qualitativa delle acque sotterranee, considerata la rilevante differenza di composizione chimica fra le falde da essi captate.

In particolare, è stato possibile definire l'andamento dei principali inquinanti che interessano l'acquifero tradizionale (TR) e l'acquifero C, secondo la definizione di AVANZINI M. *et al.* (1995).

Questo strumento ha permesso di individuare la zona di origine e di definire la futura evoluzione delle contaminazioni da nitrati e solventi clorurati, ponendo in evidenza come il costo per la prevenzione e la riduzione del pericolo di inquinamento sia rilevante, e come tenda ad aggravarsi in assenza di interventi risolutivi.

Bibliografia

- AIROLDI R., CASATI P., 1989. *Le falde idriche del sottosuolo di Milano*. Comune di Milano, Acquedotto di Milano, Milano.
- ALBERTI L., PIRROTTA S., 1999. *L'uso dei GIS per la gestione delle risorse idriche sotterranee e la valutazione del rischio idrogeologico nella pianura tra Ticino e Olona (NW Milano)*. Atti del Convegno G.I.A.S.T. 99, San Sepolcro (AR).
- ALBERTI, 1998. *Studio idrogeologico della dinamica degli acquiferi della pianura legnanese tra Ticino e Olona (NW Milano)*. Quaderni di Geol. Appl., 5-2.
- ANDERSON M., WOESSNER W., 1992. *Applied Groundwater Modeling: Simulation of flow and advection transport*. Academic Press, Inc.
- AVANZINI M., BERETTA G.P., FRANCANI V., 1999. *Il controllo della falda*. Costruzioni, n.516, ed. La Fiaccola, Milano.
- AVANZINI M., BERETTA G.P., FRANCANI V., NESPOLI M., 1995. *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano*. C.A.P., Milano.
- AVANZINI M., BERETTA G.P., FRANCANI V., NESPOLI M., 1996. *Recharge and groundwater availability of deep aquifers in Milano Province (Italy)*. Atti del I Convegno Internazionale "L'impatto dell'attività industriale sulle risorse idriche sotterranee" 1996, Cernobbio (Como).
- 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., 1987. *Studi idrogeologici sulla Pianura Padana 3 : contributo per la carta idrogeologica della Lombardia*. Litotipografia Grafiche Somalia Snc, Cormano (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., 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.
- C.A.P., 1995. *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella provincia di Milano*. 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.
- CASATI P., 1986. *L'acqua nel territorio di Monza: passato, presente, futuro*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano.
- CASATI P., 1986. *Le acque sotterranee nel territorio di Monza*. A cura di P. Casati.
- CASATI P., MAZZARELLA S., 1979. *Consumi e riserve idriche sotterranee nel milanese*. Acqua e Aria, n. 10, dicembre, Milano.
- CASSAN M., 1980. *Les essais d'eau dans la reconnaissance des sols*. Eyrolles, Paris.
- 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 tra 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. C 138 del 17 maggio 1993.
- CENTRO LOMBARDO DI STUDI E INIZIATIVE PER LO SVILUPPO ECONOMICO, 1969. *Le risorse idriche in Lombardia*. A cura di U.Rafia, Milano.
- CHIESA G., 1982. *Potenzialità idrica delle falde*. A.N.I.P.A., Milano.



- 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'Artigianale, 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.
- 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(1), Roma.
- FRANCANI V., BERETTA G.P., 1995. *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde in provincia di Milano*. CAP
- FRANCANI V., DENTI E., FUMAGALLI L., PEZZERA G., SALA P., 1988. *Studi idrogeologici sulla Pianura Padana 4*. Litotipografia Grafiche Somalia Snc, Cormano (Milano).
- FRANCANI V., POZZI R., 1981. *Condizioni di alimentazione delle riserve idriche del territorio milanese*. La Rivista della Strada, L 303, Milano.
- FRANCANI V., 1999. *Prospezioni idrogeologiche per la prevenzione e la riduzione del rischio d'inquinamento nelle aree urbane*. I Quad. di Geol. Appl., vol. I, Pitagora Editrice, Bologna.
- GRUPPO DI INTERVENTO PER L'INNALZAMENTO DELLA FALDA NEL MILANESE, 1997. *Progettazione di massima degli interventi*. Milano.
- 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 (II), Roma.
- LOMBARDIA RISORSE, 1992. *Analisi ambientale: acque sotterranee-modello idrodinamico (progetto di rilocalizzazione del polo chimico Rho -Pero)*, voi.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.
- MARTINIS B., MAZZARELLA S., 1971. *Prima ricerca idrica profonda nella pianura lombarda*. Memorie Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, Voi. 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.
- MCDONALD M., HARBAUGH A., 1988. *A modular three-dimensional finite-difference ground-waterflow model*. U.S. Government printing office.
- 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 Consig. 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., Voi.85, Milano.
- OTTONE C., ROSSETTI R., 1980. *Condizioni termo-pluviometriche della Lombardia*. Atti Ist. Geologico Univ. Pavia, voi. XXIX, Pavia.
- PIRROTTA S., FRANCANI V., 2000. *Applicazioni GIS per la gestione dei progetti di bonifica nelle aree industriali contaminate*. Quaderni di Geologia Applicata, vol. 1, Pitagora Editrice, Bologna.
- PROVINCIA DI MILANO - POLITECNICO DI MILANO, 1995. *Le risorse idriche sotterranee della Provincia di Milano, vol.1 :Lineamenti idrogeologici*. A cura dell'Assessorato all'Ambiente e del DSTM del Politecnico di 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. *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, 1989. *Progetto Lambro. Piano di bacino*. Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1975. *Indagine sulle zone umide in provincia di Milano*, Voi. 2-1 fontanili Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1985. *Il Canale Scolmatore delle piene a Nord-Ovest di Milano nel sistema drenante e irriguo della provincia di Milano*. Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO 1987. *La nuova proposta di delimitazione del vincolo idrogeologico nella provincia di Milano*. Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 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 Alpi Centrali (C.N.R.), Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1989. *Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano*. Assessorato all'Ecologia-Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1989. *Nitrati in falda 1988*. Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1990. *Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano - aggiornamento al 1989*. Assessorato all'Ambiente-Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1992. *Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei-1991*. S.I.F. Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1992. *Oscillazioni piezometriche registrate nei pozzi della rete di rilevamento regionale negli anni 1987-1991*. S.I.F. - Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1992. *Catasto pozzi pubblici 1991*. S.I.F. - Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO., 1993. *Catasto pozzi privati 1992-Prima Bozza*. Provincia di Milano.
- PROVINCIA DI MILANO, 1991. *Indagini idrologiche sui corsi d'acqua superficiali - Integrazioni e Supplemento*. Milano.
- PROVINCIA DI MILANO, 1992. *Indagini sulla presenza di composti organo-alogenati nelle acque di falda della Provincia di Milano*. Milano.
- PROVINCIA DI MILANO, 1992. *Oscillazioni piezometriche registrate nei pozzi della rete di rilevamento negli anni 1987- 1991*. Milano.
- PROVINCIA DI MILANO, 1992. *Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei - 1991*. A cura dell'Assessorato Ambiente, Milano.
- PROVINCIA DI MILANO, 1997. *Nitrati in falda 1990-1995*. A cura dell'Assessorato Ambiente, Milano.
- PROVINCIA DI MILANO, 1997. *Rete di rilevamento 1992-1995*. A cura dell'Assessorato Ambiente, Milano.
- RAFFA U., SONCINI SESSA R., 1981. *Una stima delle risorgenze nell'alveo dei fiume Ticino*. Idrotecnica, n. 5, Roma.
- REGIONE LOMBARDIA Settore Agricoltura e Foreste, 1992. *Comprensori di Bonifica*. Cegeco s.r.l., Modena.
- RIVA A., 1957. *Gli anfiteatri morenici a sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda e Olona*. Da Atti dell'Ist. Geol. Dell'Univ. Di Pavia, vol. VII.
- RUMBAUGH J., RUMBAUGH D., 1996. *Groundwater Vistas advanced model design & analysis*. Environmental Simulations Inc.








Carte dell'Evoluzione dell'Inquinamento

- Nitrati -

Le carte seguenti rappresentano l'evoluzione della concentrazione dell'inquinamento dei nitrati sul territorio della Provincia di Milano. Esse sono state sviluppate tramite confronto diretto tra carte tematiche di anni diversi. La carta risultante mostra delle zone a differente tonalità di colore. In tonalità di blu sono rappresentate le zone che hanno mostrato abbassamenti di concentrazione, in tonalità di rosso gli incrementi di concentrazione. L'analisi è stata svolta per il primo e il secondo acquifero sui tre anni di studio: 1990, 1996, 1997.

- Allegato 1A:** Nitrati 1996-1997 – Primo acquifero
 - Allegato 2A:** Nitrati 1990-1996 – Primo acquifero
 - Allegato 1B:** Nitrati 1996-1997 – Secondo acquifero
 - Allegato 2B:** Nitrati 1990-1996 – Secondo acquifero
-

LEGENDA

	Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 mg/l
	Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
	Situazione stabile
	Incremento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
	Incremento della concentrazione o da 30 a 50 mg/l

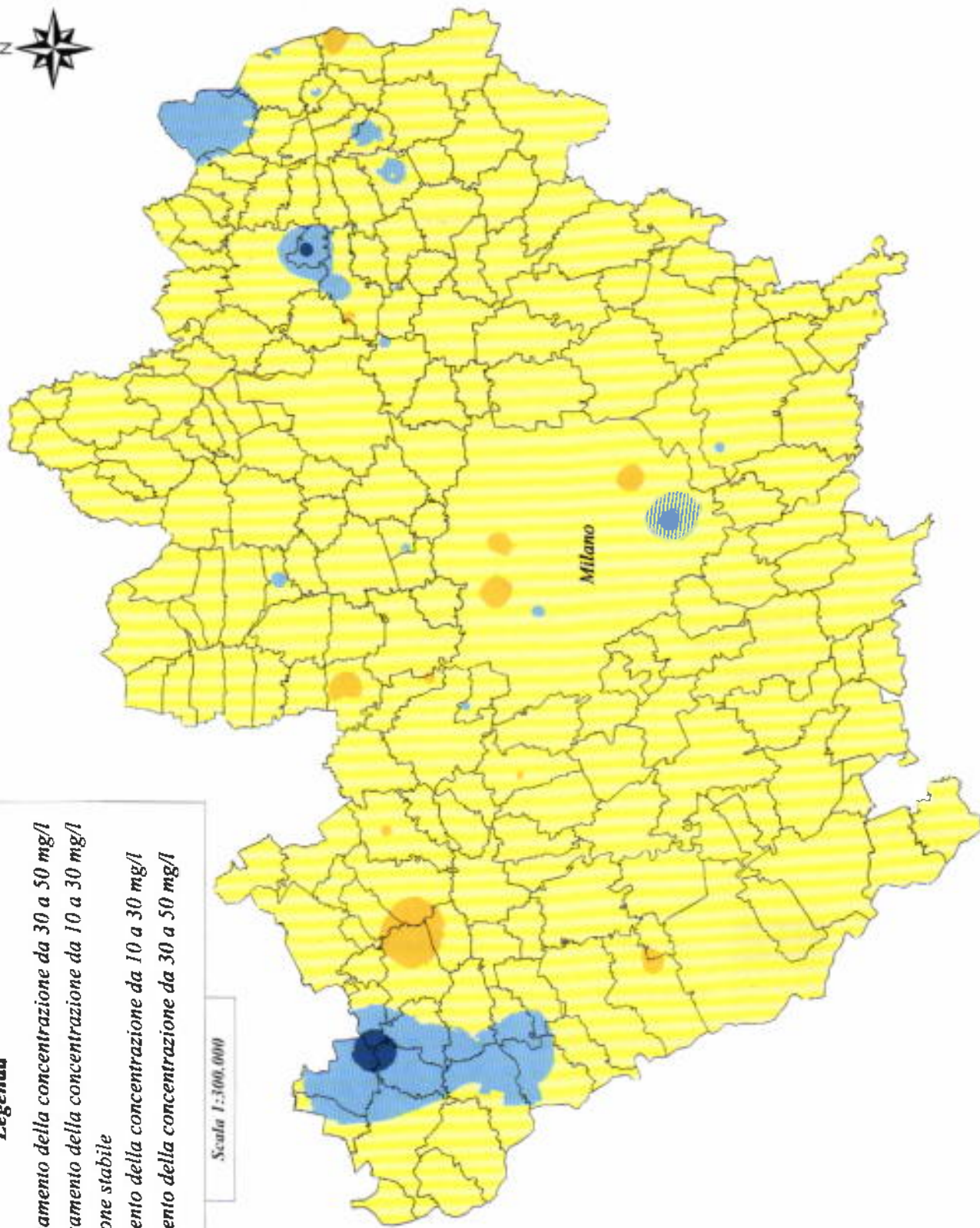
Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 mg/l
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 mg/l

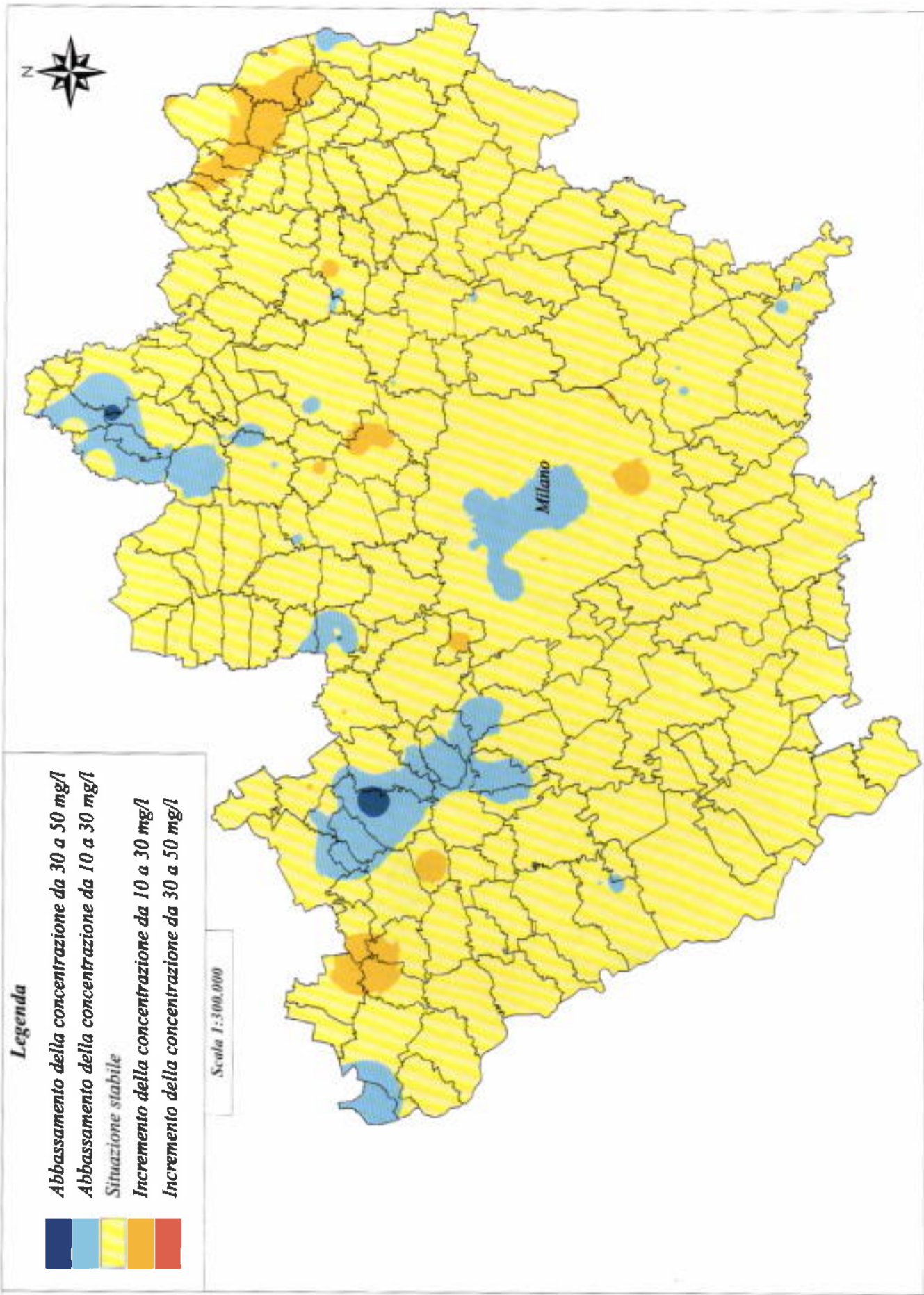
Scala 1:300,000



Provincia di Milano



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo
Sistema Informativo Falda



Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Nitrati 1996-1990
Primo Acquifero

Allegato 2A

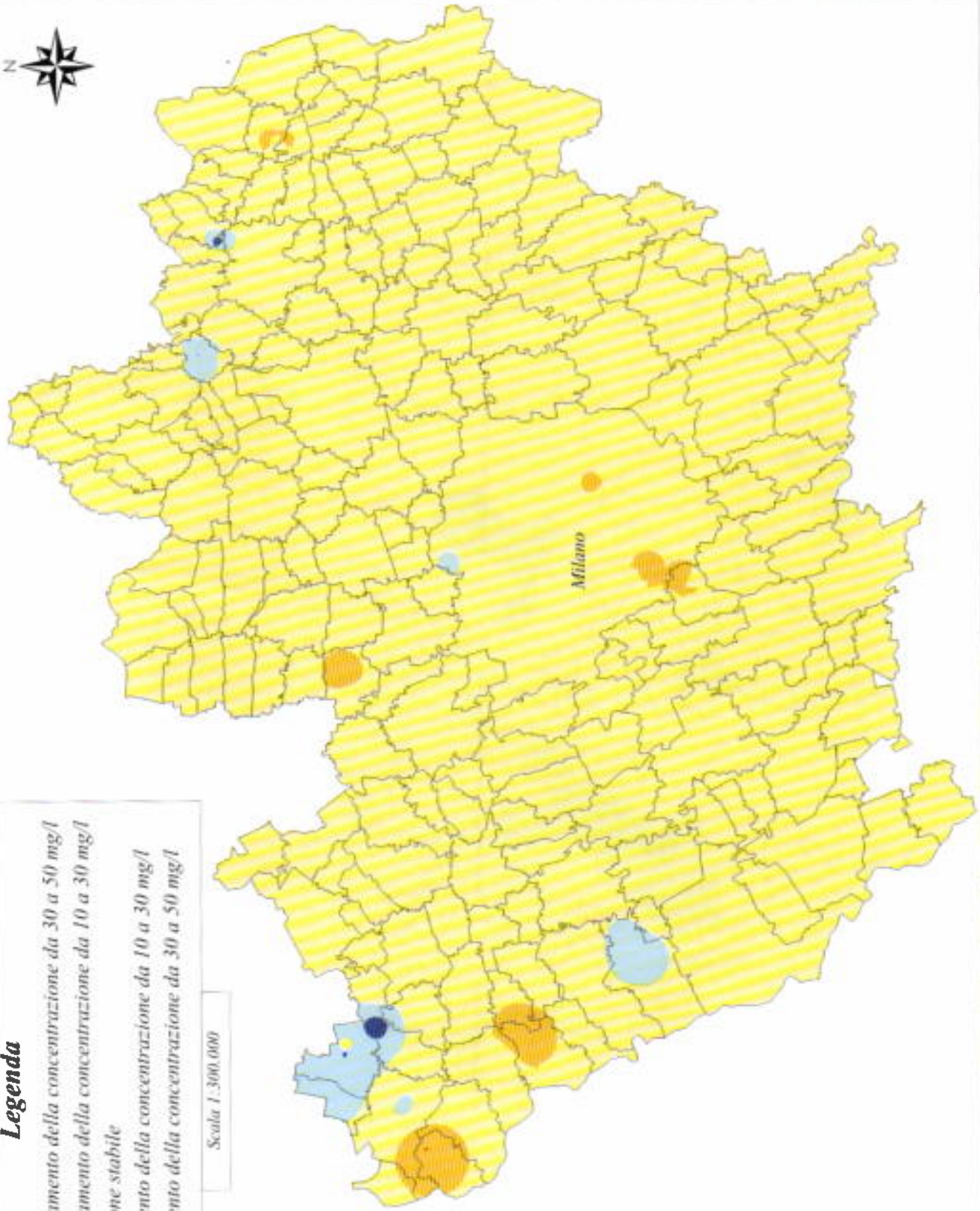
Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 mg/l
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 mg/l

Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo

Sistema Informativo Falda

Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Nitrati 1997-1996
Secondo Acquifero

Allegato 1B

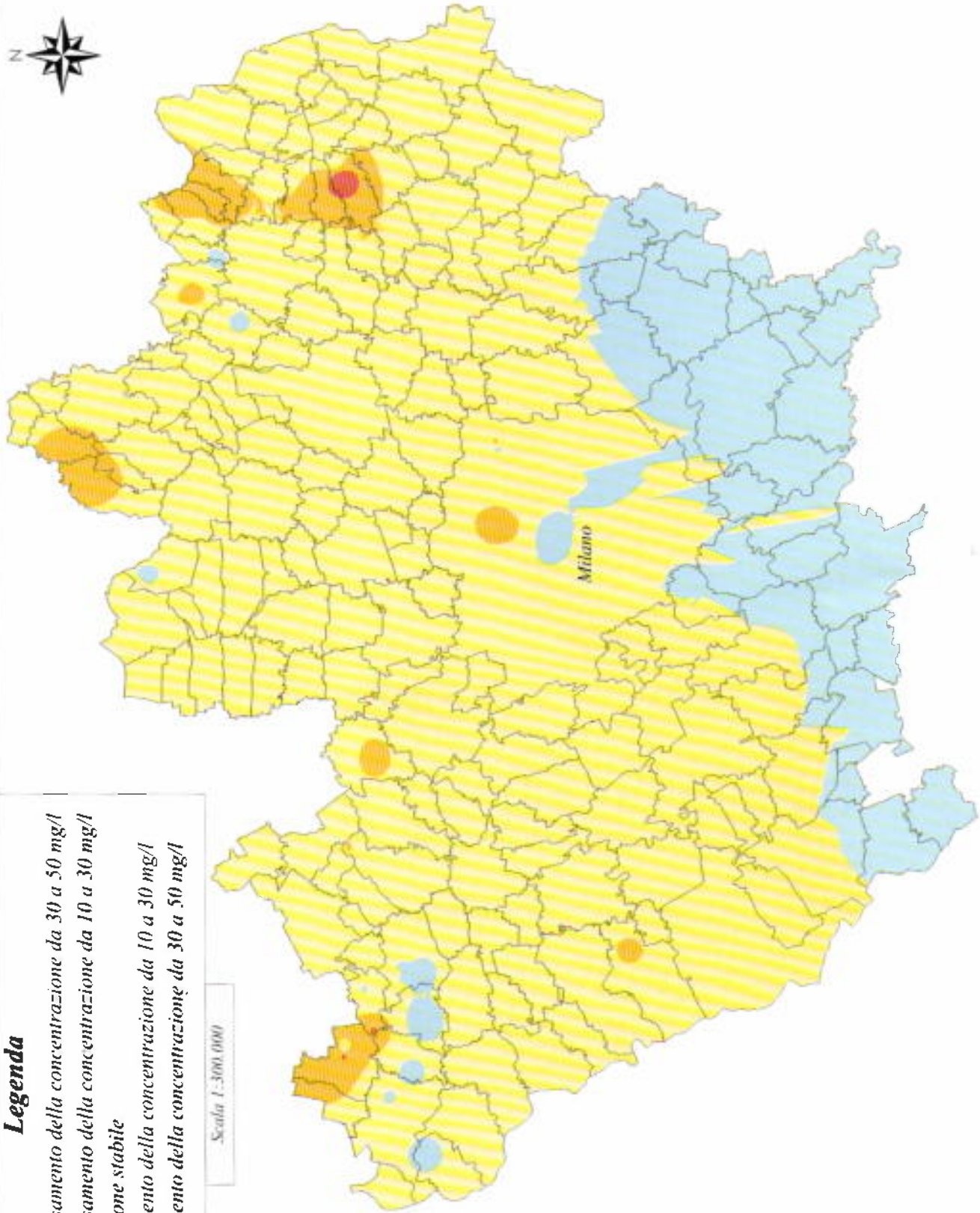
Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 mg/l
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 mg/l

Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo

Sistema Informativo Falda

Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Nitrati 1996-1990
Secondo Acquifero



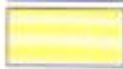


Allegato 2B

Carte dell'Evoluzione dell'Inquinamento - Organoalogenati -

Le carte seguenti rappresentano l'evoluzione della concentrazione dell'inquinamento degli organoalogenati sul territorio della Provincia di Milano. Esse sono state sviluppate tramite confronto diretto tra carte tematiche di anni diversi. La carta risultante mostra delle zone a differente tonalità di colore. In tonalità di blu sono rappresentate le zone che hanno mostrato abbassamenti di concentrazione, in tonalità di rosso gli incrementi di concentrazione. L'analisi è stata svolta per il primo e il secondo acquifero sui tre anni di studio: 1990, 1996, 1997.

- Allegato 3A:** Organoalogenati 1996-1997 – Primo acquifero
 - Allegato 4A:** Organoalogenati 1990-1996 – Primo acquifero
 - Allegato 3B:** Organoalogenati 1996-1997 – Secondo acquifero
 - Allegato 4B:** Organoalogenati 1990-1996 – Secondo acquifero
-

LEGENDA

	Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 µg/l
	Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 µg/l
	Situazione stabile
	Incremento della concentrazione da 10 a 30 µg/l
	Incremento della concentrazione o da 30 a 50 µg/l

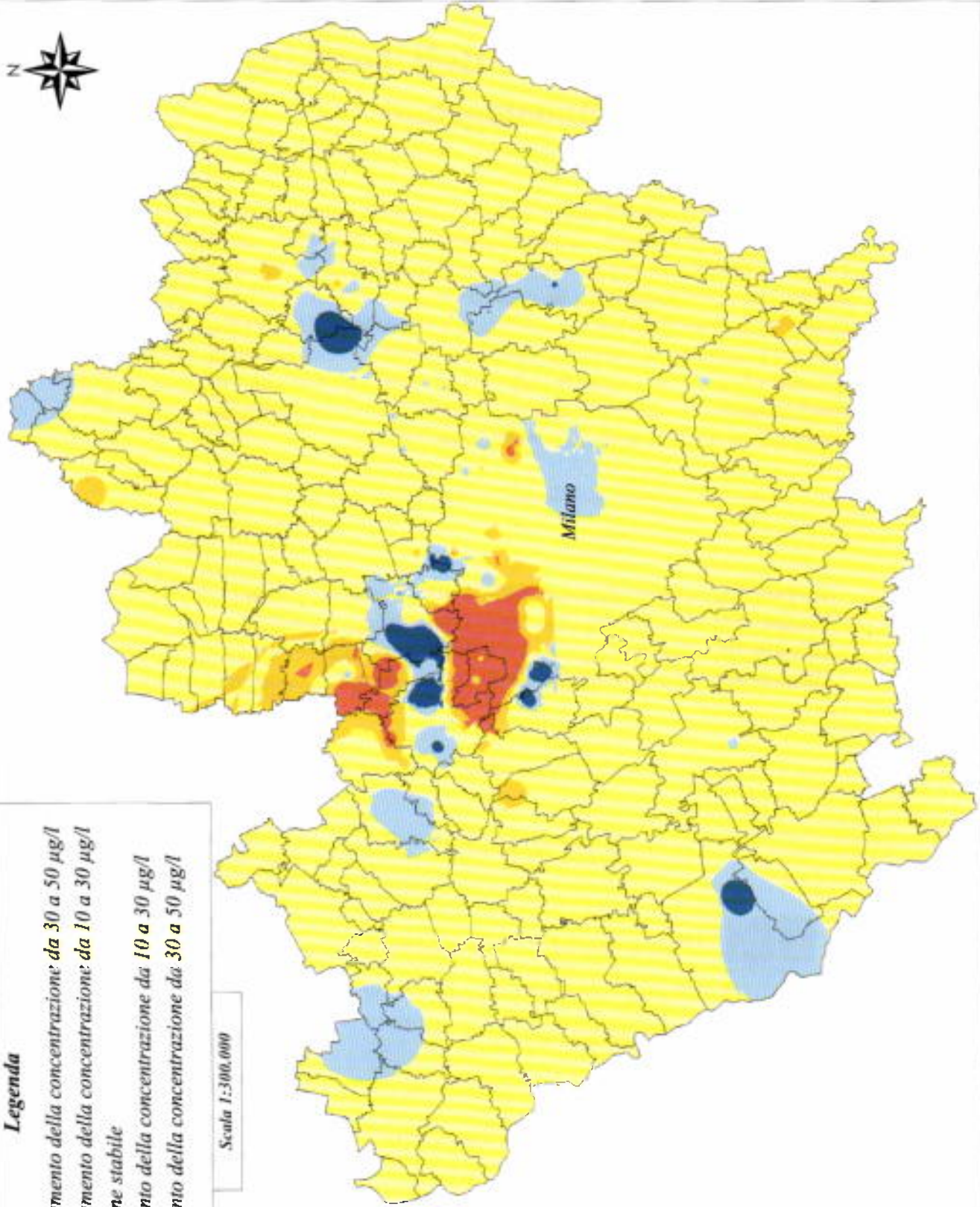
Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 µg/l
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 µg/l
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 µg/l
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 µg/l

Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo

Sistema Informativo Falda

Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Organoarsenici 1997-1996
Primo Acquifero

Allegato 3A

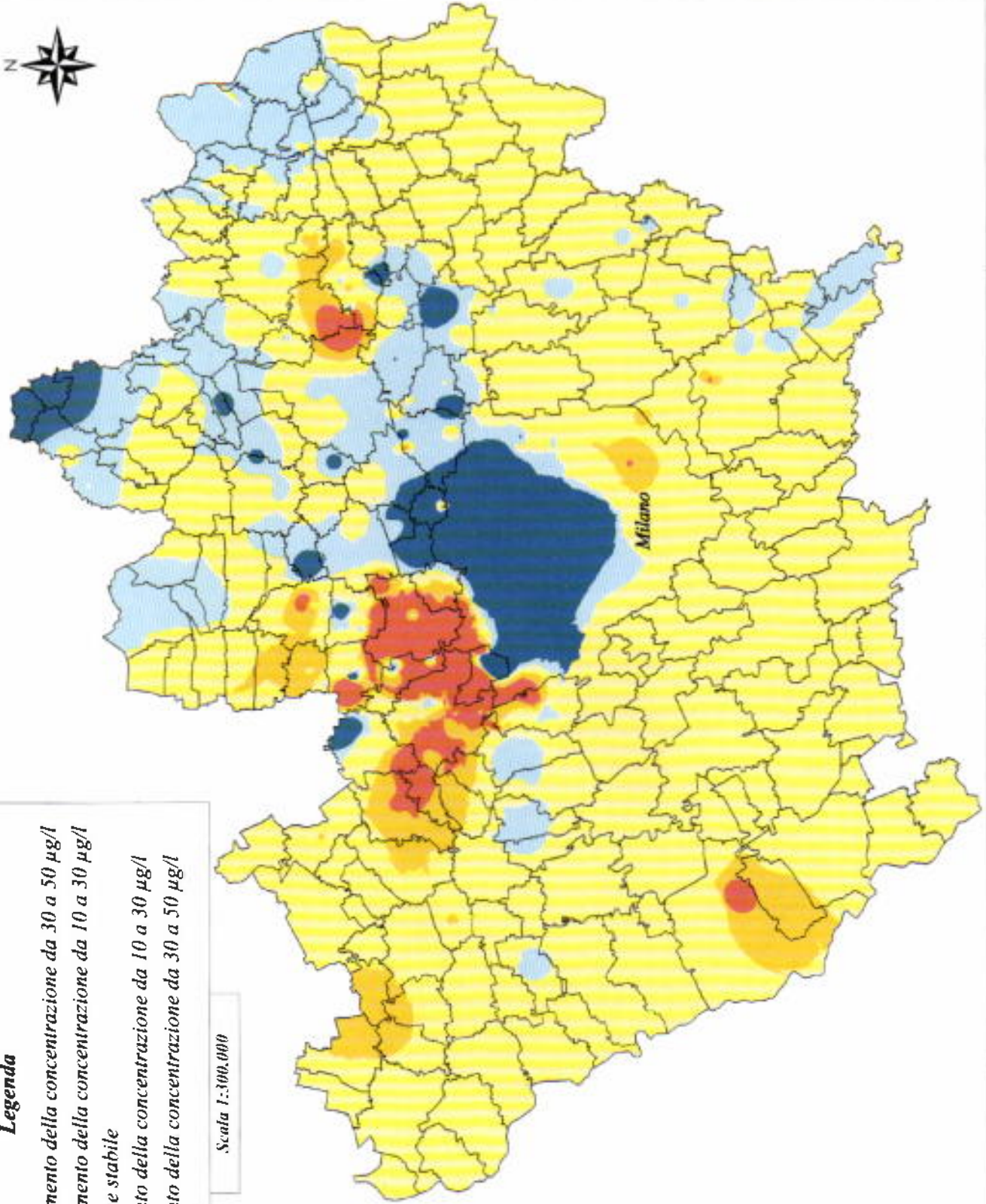
Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 $\mu\text{g/l}$
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 $\mu\text{g/l}$
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 $\mu\text{g/l}$
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 $\mu\text{g/l}$

Scala 1:100.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo
Sistema Informativo Falda

Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Organologenati 1996-1990
Primo Acquisifero

Allegato 4A

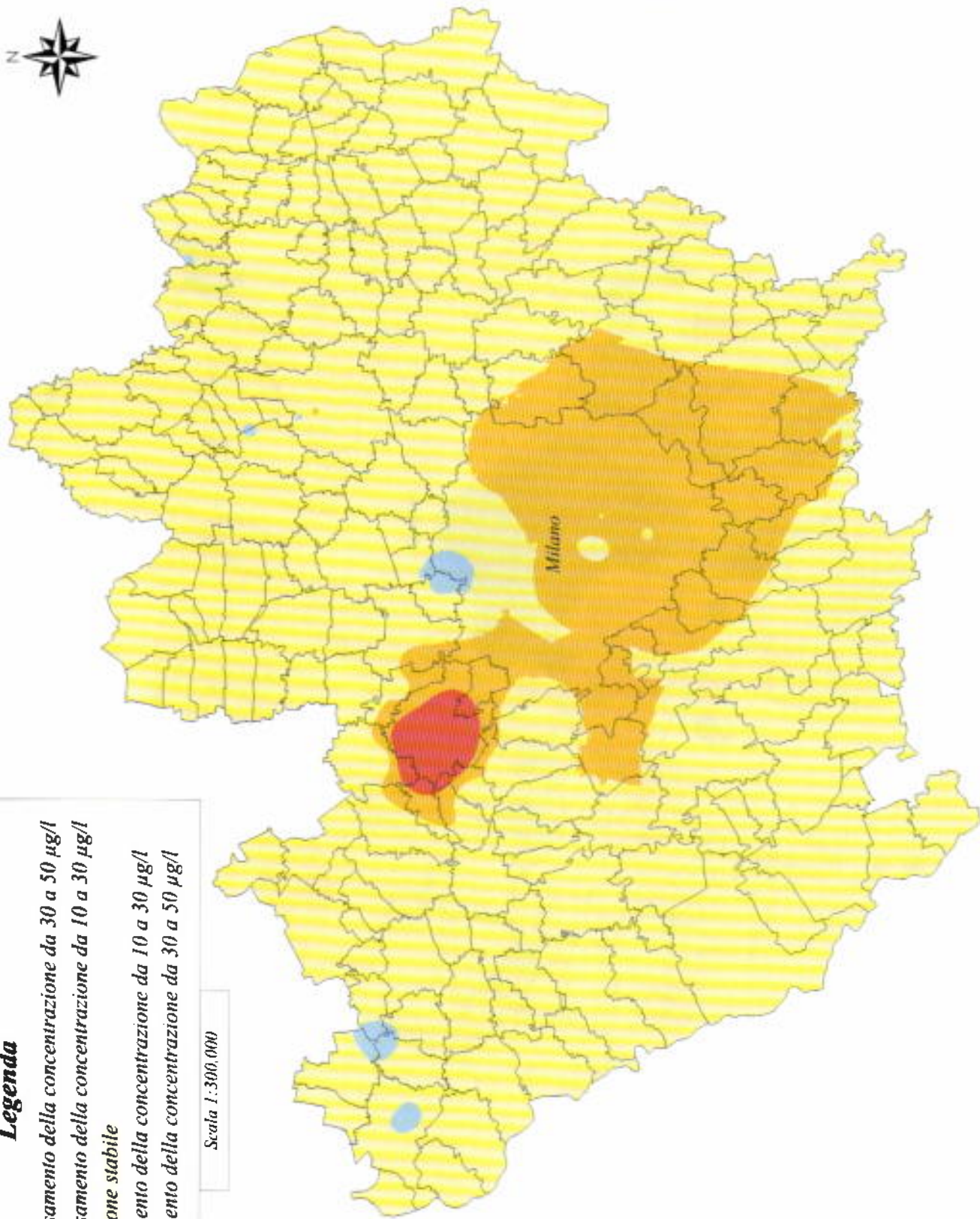
Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 $\mu\text{g/l}$
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 $\mu\text{g/l}$
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 $\mu\text{g/l}$
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 $\mu\text{g/l}$

Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo

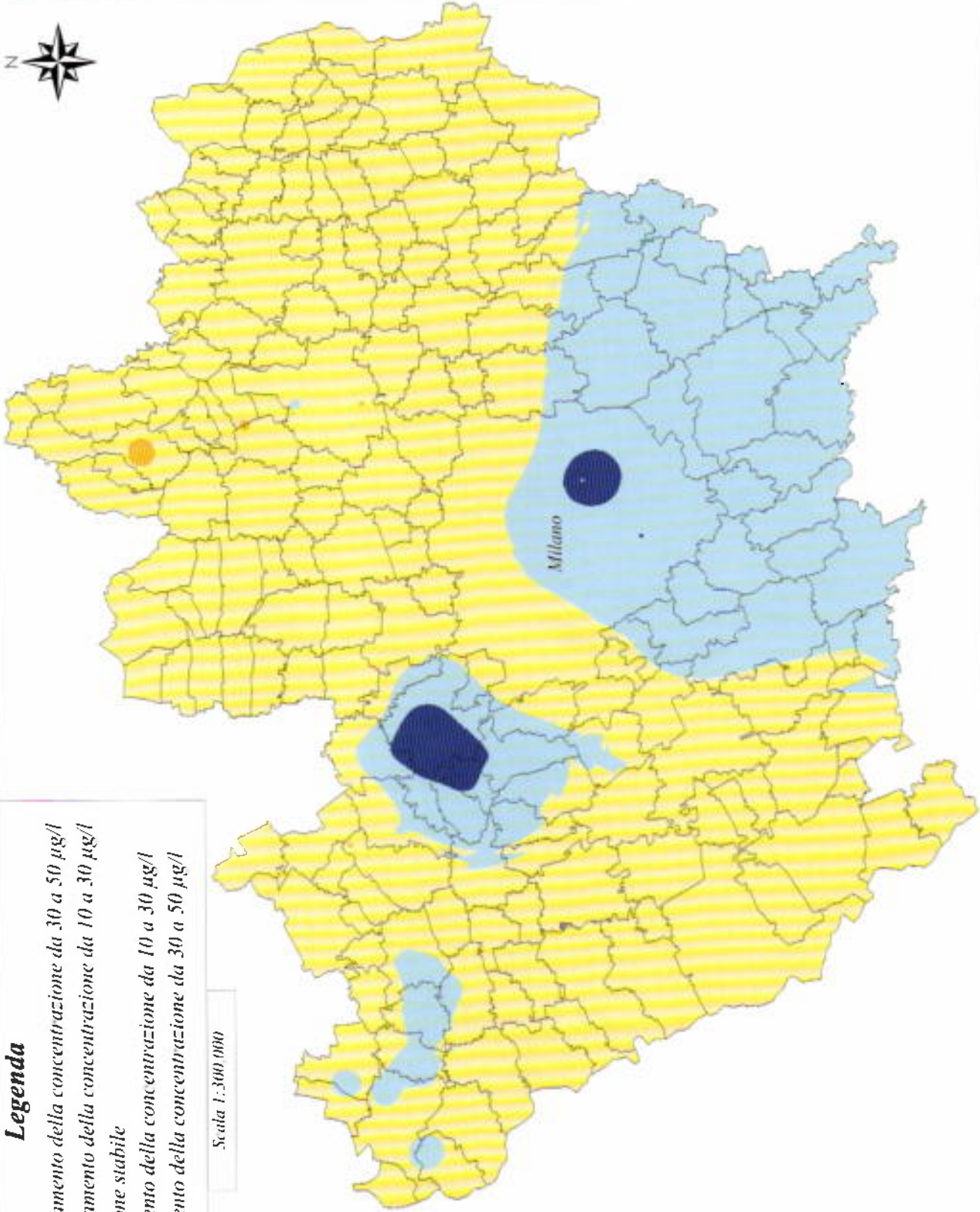
Sistema Informativo Falda

Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Organodogenati 1997-1996
Secondo Acquifero

Allegato 3B

Provincia di Milano



Legenda

- Abbassamento della concentrazione da 30 a 50 µg/l
- Abbassamento della concentrazione da 10 a 30 µg/l
- Situazione stabile
- Incremento della concentrazione da 10 a 30 µg/l
- Incremento della concentrazione da 30 a 50 µg/l

Scala 1:300.000

U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo

Sistema Informativo Falda

Carta dell'Evolutione dell'Inquinamento

Organoalogenati 1996-1990
Secondo Acquifero

Allegato 4B





Carte ad Intervalli di Concentrazione

- Nitrati -

Le carte seguenti rappresentano gli intervalli di concentrazione dell'inquinamento da nitrati sul territorio della Provincia di Milano. Esse sono state sviluppate tramite interpolazione dei dati provenienti dal database contenente tutte le analisi effettuate su pozzi georeferenziati e dotati di stratigrafia degli anni in studio (1990, 1996, 1997). La carta risultante mostra delle zone a differente tonalità di colore. In azzurro sono rappresentate le zone a bassa concentrazione, in giallo a concentrazione media, in arancione a concentrazione elevata e in rosso le zone che superano la CMA. Le analisi sono state svolte per il primo, per il secondo acquifero e per captazioni miste.

Allegato 5A:	Nitrati 1990 – Primo acquifero
Allegato 6A:	Nitrati 1996 – Primo acquifero
Allegato 7A:	Nitrati 1997 – Primo acquifero
Allegato 5B:	Nitrati 1990 – Secondo acquifero
Allegato 6B:	Nitrati 1996 – Secondo acquifero
Allegato 7B:	Nitrati 1997 – Secondo acquifero
Allegato 5C:	Nitrati 1990 – Acquifero Misto
Allegato 6C:	Nitrati 1996 – Acquifero Misto
Allegato 7C:	Nitrati 1997 – Acquifero Misto

LEGENDA

	Concentrazione da 0 a 10 mg/l
	Concentrazione da 10 a 30 mg/l
	Concentrazione da 30 a 50 mg/l
	Concentrazione superiore alla CMA (50 mg/l)

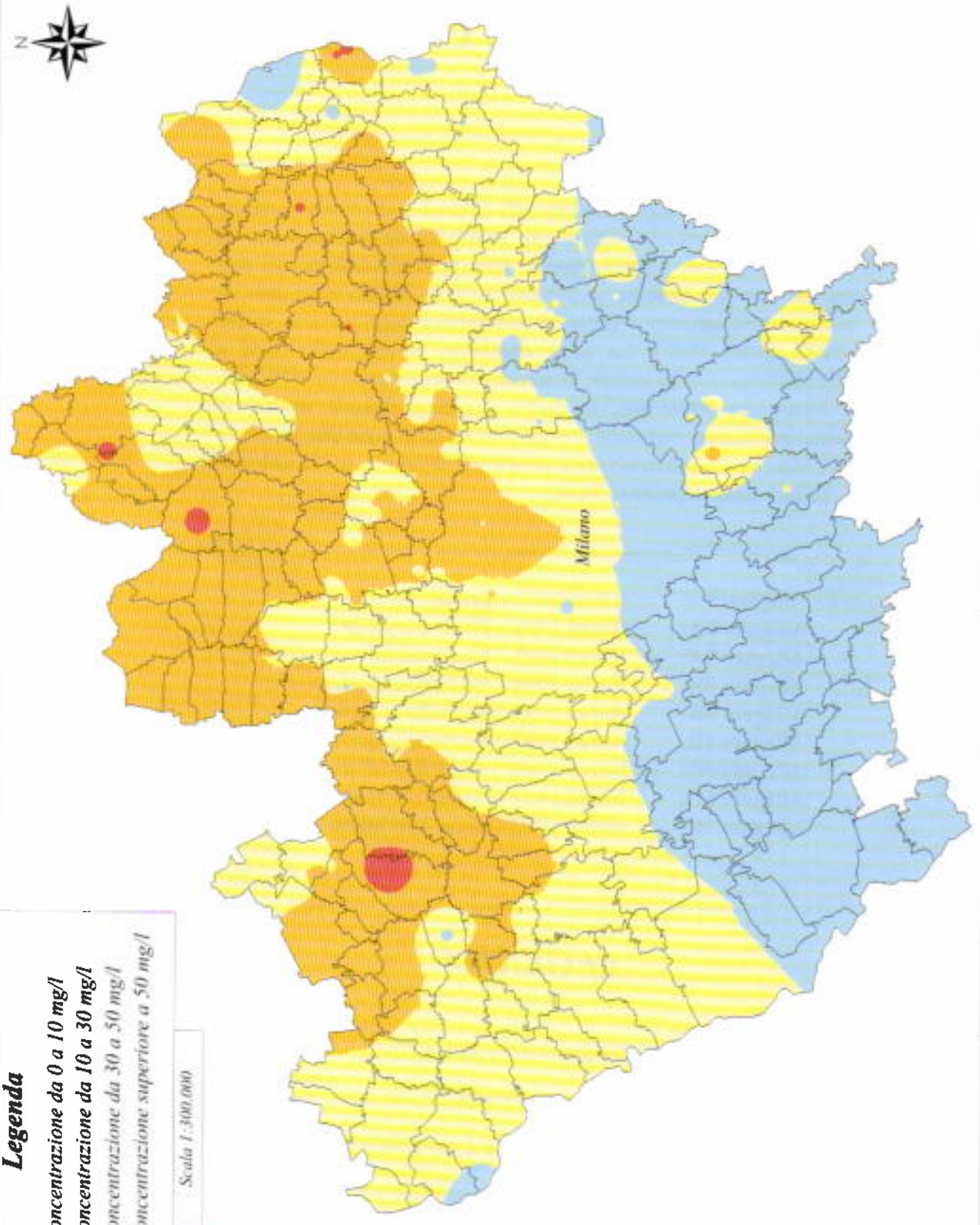
Provincia di Milano



Legenda

- Concentrazione da 0 a 10 mg/l
- Concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Concentrazione da 30 a 50 mg/l
- Concentrazione superiore a 50 mg/l

Scala 1:500.000



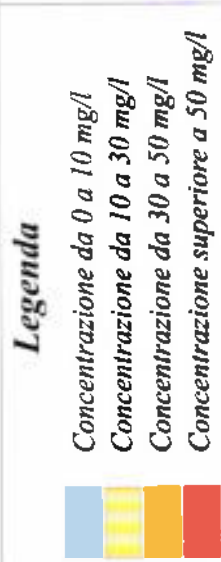
U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo
Sistema Informativo Falda

Carta ad Intervalli di Concentrazione

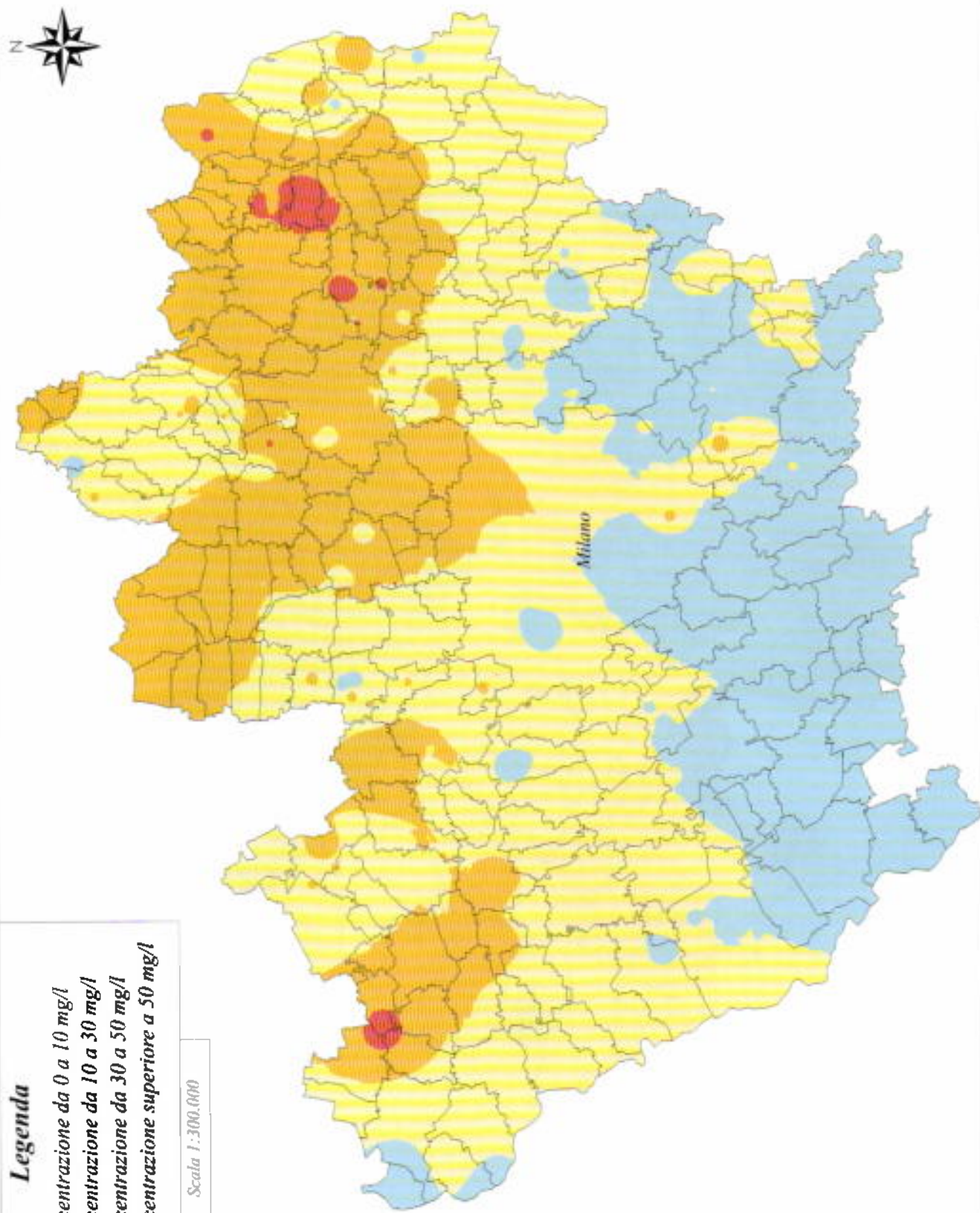
Nitrati 1990
Primo Acquifero

Allegato 5A

Provincia di Milano



Scala 1:300.000



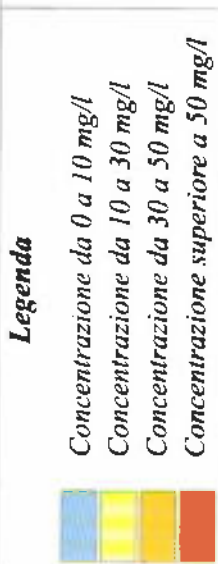
U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo
Sistema Informativo Falda

Carta ad Intervalli di Concentrazione

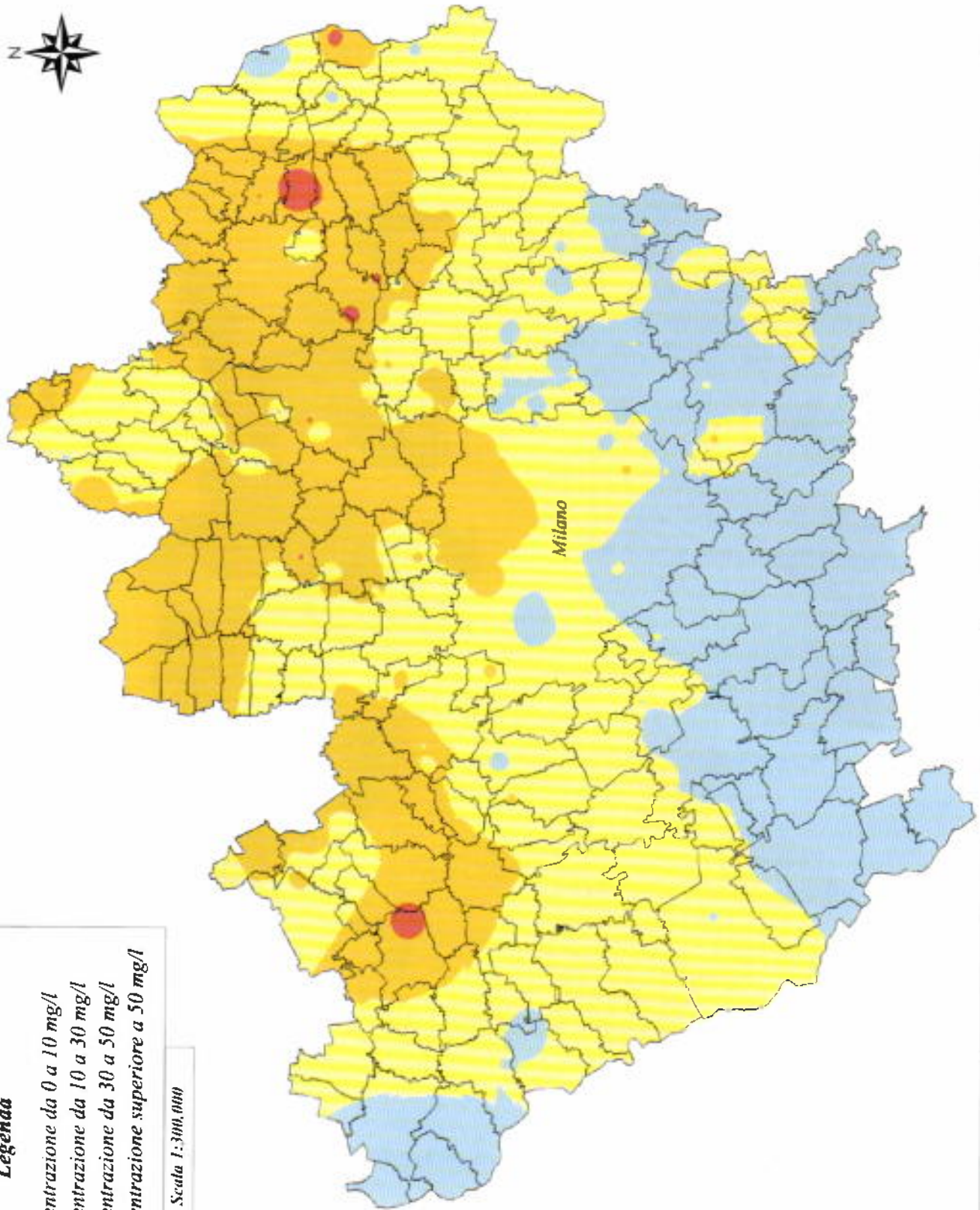
Nitrati 1996
Primo Acquifero

Allegato 6A

Provincia di Milano



Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo

Sistema Informativo Falda

Carta ad Intervalli di Concentrazione

Nitrati 1997
Primo Acquifero

Allegato 7A

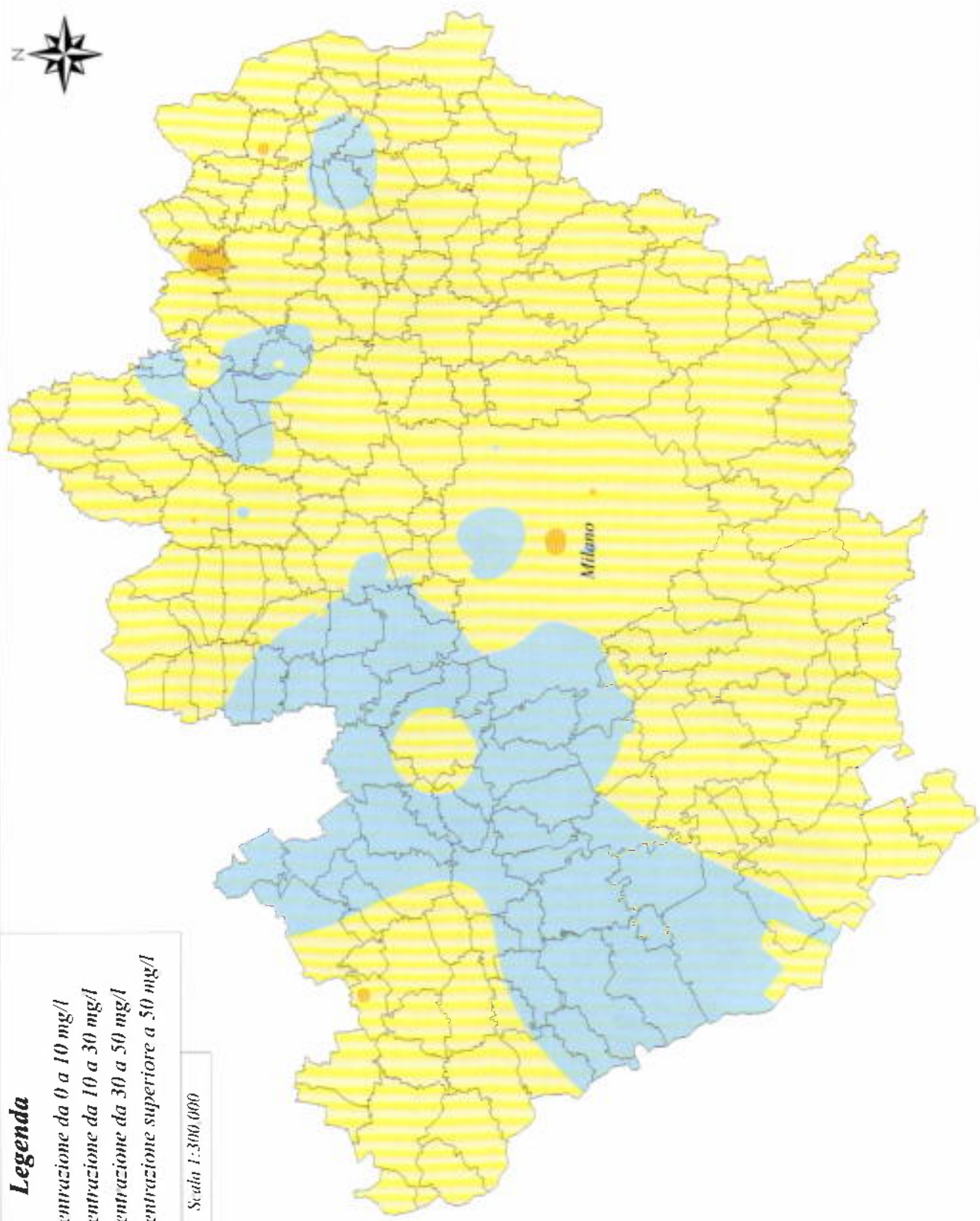
Provincia di Milano



Legenda

- Concentrazione da 0 a 10 mg/l
- Concentrazione da 10 a 30 mg/l
- Concentrazione da 30 a 50 mg/l
- Concentrazione superiore a 50 mg/l

Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo
Sistema Informativo Falda

Carta ad Intervalli di Concentrazione

Nitrati 1990
Secondo Acquifero

Allegato SB

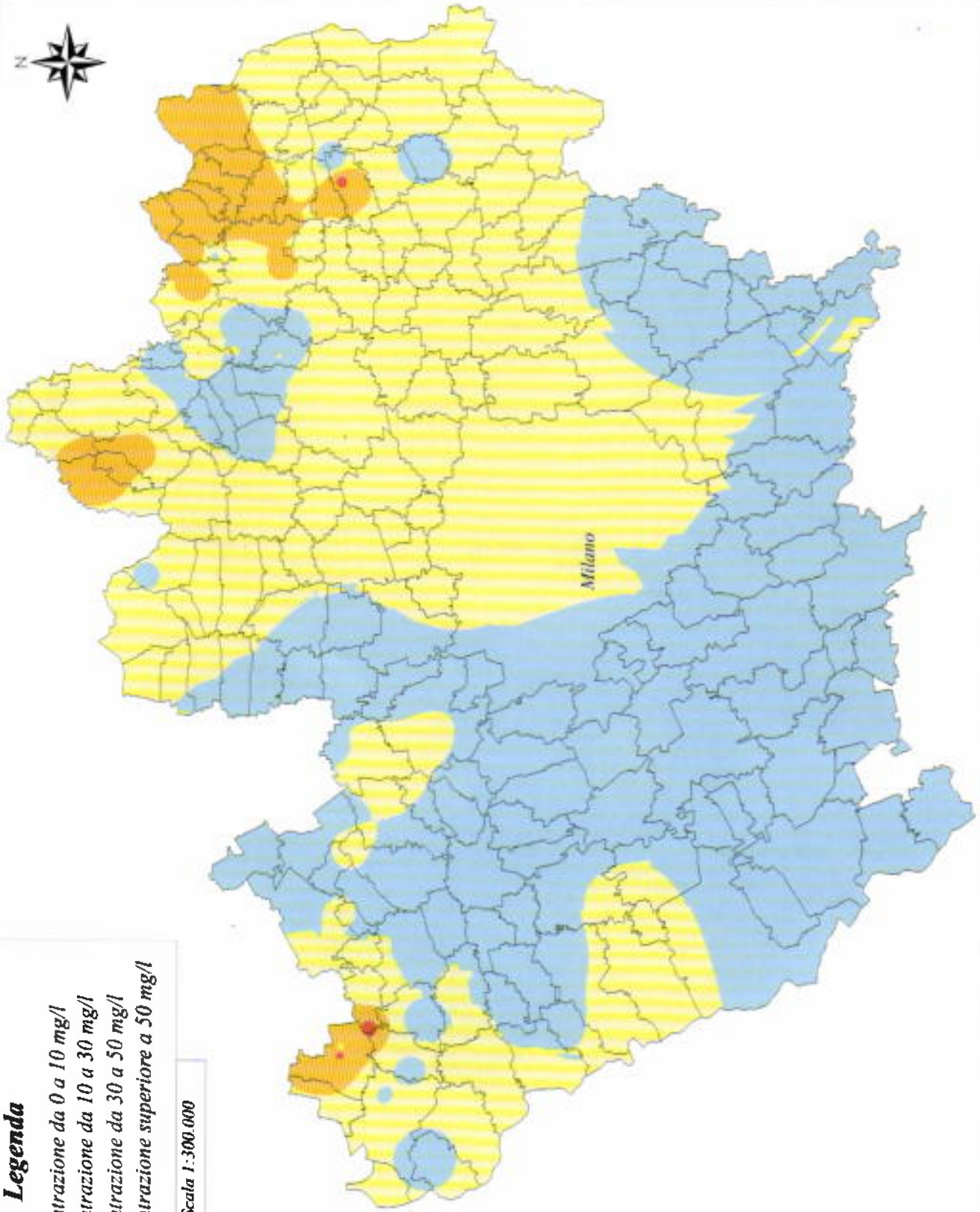
Provincia di Milano



- Legenda**
- Concentrazione da 0 a 10 mg/l
 - Concentrazione da 10 a 30 mg/l
 - Concentrazione da 30 a 50 mg/l
 - Concentrazione superiore a 50 mg/l



Scala 1:300.000



U.O. Interventi Acque, Suolo e Sottosuolo
Sistema Informativo Falda

Carta ad Intervalli di Concentrazione

Nitrati 1996
Secondo Acquifero

Allegato 6B