

**Acque sotterranee
caratteristiche
quali - quantitative**

PREMESSA

Nella presente relazione vengono rappresentati i dati relativi all'attività di monitoraggio delle acque sotterranee della provincia di Modena, per il biennio 2003-2004.

Al fine di facilitare la lettura delle dinamiche relative agli aspetti quali - quantitativi delle falde acquifere, si riporta una breve descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area indagata, aggiornata dagli studi condotti dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna in collaborazione con AGIP, sulla base dei quali è stata ricalibrata la rete di monitoraggio.

L'analisi valutativa del chimismo delle acque sotterranee è stata preceduta anche da una sintetica descrizione delle caratteristiche idrochimiche delle acque di alimentazione dei corpi idrici superficiali.

RIFERIMENTI IDROGEOLOGICI

La pianura modenese si sviluppa ai piedi dell'Appennino settentrionale, delimitata lateralmente dai fiumi Secchia e Panaro. L'apice si raccorda con il solco vallivo intercollinare a quote comprese fra 120 e 150 metri, in cui affiorano le successioni argillose del ciclo plio-pleistocenico che in pianura rappresentano il substrato delle alluvioni pleistoceniche superiori e oloceniche costituenti la pianura e la sede dell'acquifero principale.

Il passaggio tra la sedimentazione marina e quella continentale, è contraddistinto da depositi di transizione quali sabbie e ghiaie di ambiente litorale e da peliti sabbiose e ghiaie di delta.

Poiché il ritiro delle acque dell'antico golfo padano è avvenuto con movimenti alterni causati sia dalle glaciazioni che dai movimenti tettonici succedutesi nel Quaternario e che hanno determinato sollevamenti della catena appenninica e subsidenza nella pianura, la deposizione dei sedimenti è costituita da depositi marini alternati a continentali.

Procedendo in direzione del fronte, individuabile all'altezza della Via Emilia, il materiale più grossolano si intercala a peliti sempre più potenti con una graduale transizione verso i sedimenti più fini. Le peliti sono riconducibili sia al sistema deposizionale della conoide stessa che al sistema di sedimentazione della piana alluvionale, che si sviluppa sia al fronte che ai lati delle conoidi stesse. E' da segnalare inoltre come le conoidi più recenti, collocabili posteriormente al Neolitico, si presentano asimmetriche rispetto l'attuale corso dei corpi idrici, poiché questi ultimi sono migrati nel tempo verso occidente.

La conoide del fiume Secchia con apice presso Sassuolo, è lunga circa 20 km ed ha una larghezza massima di 14 km con pendenze dallo 0,7% allo 0,3% nella parte terminale; la conoide del fiume Panaro dall'area apicale di Marano-Vignola, si sviluppa longitudinalmente per 15 km e presenta una larghezza al fronte di 8 km, la pendenza è pressoché coincidente all'altra unità idrogeologica.

Collocate fra le conoidi dei due corpi idrici principali, si individuano le conoidi della rete idrografica minore: torrente Fossa di Spezzano, torrente Tiepido, torrente Guerro, torrente Nizzola, torrente Grizzaga, con contenuti ridotti di ghiaie, intercalate da abbondanti matrici limose che condizionano sensibilmente la trasmissività dell'acquifero.

Oltre il fronte delle conoidi abbiamo la piana alluvionale delimitata a nord dal fiume Po. E' caratterizzata da depositi fini o finissimi costituiti da limi e argille, con cordoni sabbiosi disposti parallelamente ai corsi d'acqua, mentre in prossimità del Po le alluvioni si presentano a granulometria grossolana, essendo dovute agli apporti prevalenti del fiume stesso.

Idrogeologicamente sono pertanto riconoscibili cinque unità differenziate: conoide del fiume Secchia, conoide del fiume Panaro, conoidi dei torrenti minori, piana alluvionale e dominio alluvionale del fiume Po.

L'alimentazione degli acquiferi avviene principalmente per infiltrazione di acque meteoriche dalla superficie, in corrispondenza dell'affiorare di terreni permeabili o di acque fluviali dai subalvei; in subordine avviene uno scambio di acque tra diversi livelli acquiferi, tra di loro separati da strati di terreni semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le unità idrogeologiche confinanti.

Il sistema acquifero principale si può definire di tipo monostrato a falda libera in prossimità del margine appenninico che diviene compartimentato con falde in pressione procedendo verso nord.

Le parti apicali delle conoidi principali, conseguentemente alla tipologia della loro composizione litologica, sono caratterizzate da elevata vulnerabilità all'inquinamento, ma nel contempo l'alimentazione dell'acquifero da parte delle acque superficiali è tale da attenuare la permeazione dei carichi inquinanti, conferendo caratteristiche di buona qualità alle acque di falda che riproducono la facies idrochimica delle acque di alimentazione.

Nel corpo centrale delle conoidi la prima falda è generalmente separata dalla superficie e da quella più profonda da un'alternanza di depositi a granulometria fine quali argille, limi e sabbie fini. La compartimentazione dell'acquifero in un sistema multistrato porta ad una differenziazione fra le parti inferiori e superiori dell'acquifero superficiale. Gli acquitardi comunque, anche se spessi 20-25 metri, non riescono ad assicurare però una totale protezione dall'inquinamento antropico, ma solo una parziale attenuazione, anche in relazione alla grande densità dei pozzi che favorisce la interconnessione delle falde. In questa area, pur gravata da numerosi e rilevanti centri di pericolo causa l'elevata pressione antropica, stante l'elevato spessore degli acquiferi e la naturale protezione, sono localizzati i maggiori e strategici prelievi di acque sotterranee dell'intera provincia.

Le conoidi dei torrenti minori si caratterizzano per la presenza di acquiferi di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica e dell'elevata pressione antropica generata da numerose fonti inquinanti sia diffuse che puntuali, presentano una scadente qualità delle acque.

Geometria delle conoidi

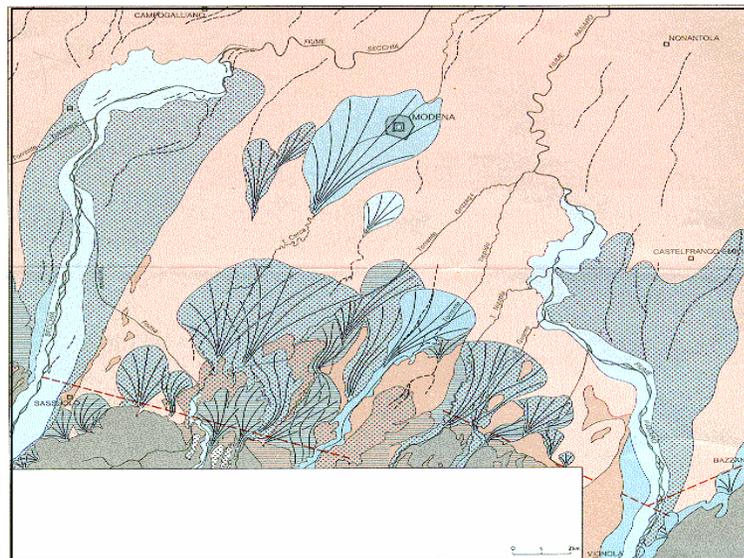


Figura 1 - Da "Carta della litologia di superficie" (Gelmini-Paltrinieri 1988)

Oltre il fronte delle conoidi all'altezza della via Emilia, fino alla direttrice Novellara-Finale Emilia, gli acquiferi sono molto profondi e scarsamente alimentati dalla superficie topografica, causa la ridotta presenza di litotipi permeabili. Conseguentemente le acque sotterranee sono caratterizzate da un potenziale ossidoriduttivo negativo che comporta la conversione delle forme ossidate, quali i

Solfati ed i Nitrati, in forme ridotte. Si innescano inoltre processi di dissoluzione e deassorbimento con significative mobilitazioni delle forme ossidate del Ferro e Manganese allo stato ridotto. Questi acquiferi sono ulteriormente caratterizzati da un elevato contenuto in materia organica e di altri ioni riconducibili alla matrice argillosa fra i quali Fluoro, Boro, Zinco e Arsenico.

Infine gli acquiferi della bassa pianura dalla direttrice Novellara-Finale Emilia al fiume Po sono costituiti da falde in depositi sabbiosi e ghiaiosi del fiume Po. In questo areale, per la presenza della struttura sinclinale sepolta della “Dorsale Ferrarese”, il substrato marino pre-pleistocenico è a soli 80 metri dal piano campagna e fortemente condizionante la facies delle acque sotterranee per la risalita delle acque salate marine. Si riscontrano pertanto acque salate del fondo accanto a acque dolci di alimentazione dal fiume Po, tali da rendere quanto mai problematica la ricerca e lo sfruttamento della risorsa idrica. In questa area è frequente lo sfruttamento degli acquiferi sospesi, di tipo freatico, completamente separati dall’acquifero principale e caratterizzati da acque di scadente qualità.

Lo studio geologico del sottosuolo della pianura emiliano romagnola, a cura del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna in collaborazione con AGIP, ha portato alla realizzazione del volume “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna” (RER& ENI AGIP 1998) con la definizione dello schema stratigrafico. Alle unità stratigrafiche individuate corrispondono altrettante unità idrostratigrafiche denominate Gruppi Acquiferi Principali A, B e C, sedi degli acquiferi utili e a loro volta suddivisi in 13 unità idrostratigrafiche inferiori denominate complessi acquiferi.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A0
								A1
	A2							
	A3							
	A4							
DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	ORIZZONTE DI FOSSOLO	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1	
FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE							SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE
FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	B3					
FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	B4					
FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	B4					
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 5*	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.65	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C1
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.		SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3					C2
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2					C3
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1					C4
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~2.2	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C5	
				~3.3-3.6	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE			
				~3.9	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE		ACQUITARDO BASALE	

Figura 2 - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano - romagnola.

Si riportano i dettagli relativi alle sezioni geologiche fornite dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER riferite alle conoidi alluvionali appenniniche del Fiume Panaro e Fiume Secchia.

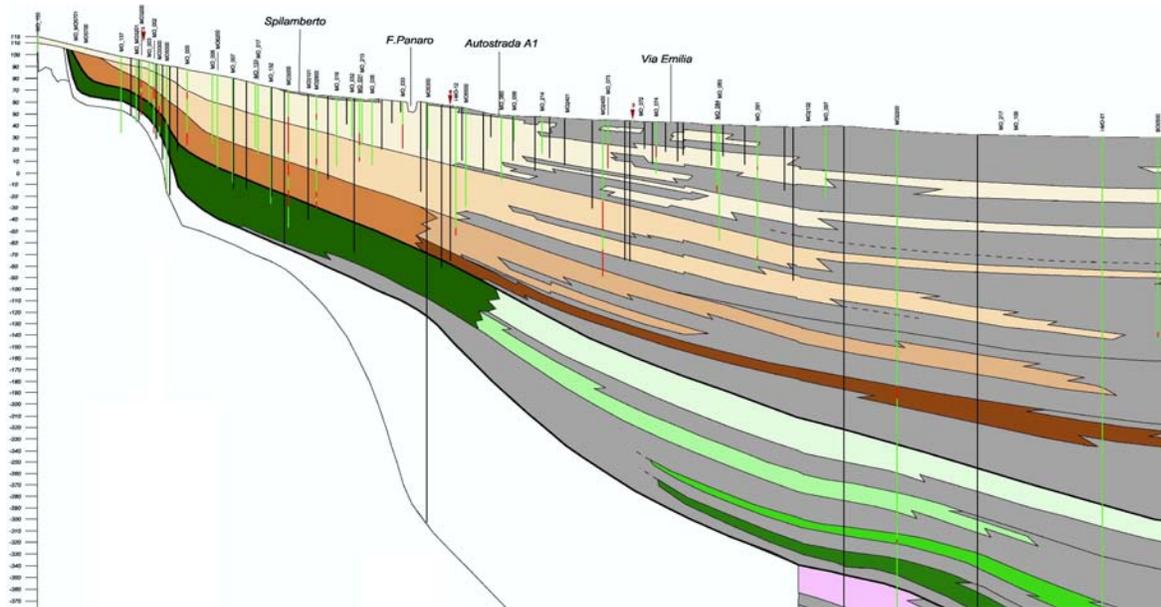


Figura 3 – Sezione geologica fiume Panaro.

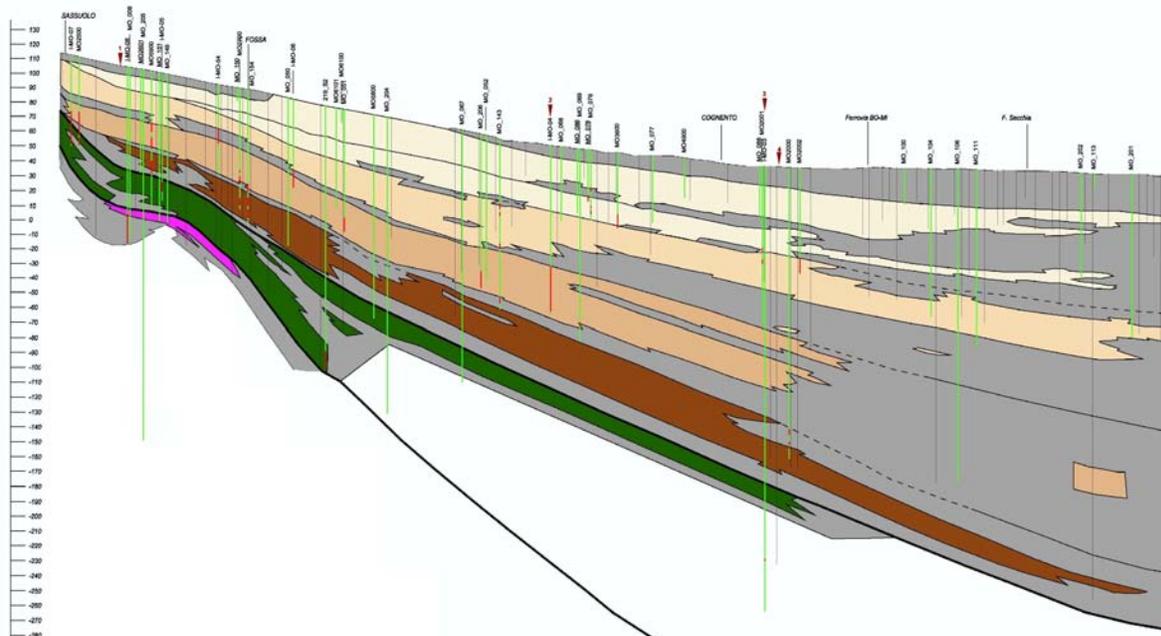


Figura 3 – Sezione geologica fiume Secchia.

LA QUALITA' DELLE ACQUE SUPERFICIALI DI ALIMENTAZIONE

Dall'analisi delle carte sull'andamento piezometrico e dalla lettura delle isocone dei diversi parametri qualitativi caratterizzanti le falde della pianura modenese, appare più che evidente il ruolo primario dell'alimentazione diretta dei due corsi d'acqua principali in relazione al livello qualitativo delle acque sotterranee. Risulta pertanto essenziale l'acquisizione degli elementi cognitivi riferiti alla caratterizzazione chimica dell'idrografia di superficie.

Il reticolo idrografico provinciale è orientato da sud-ovest a nord-est nel senso delle direttrici delle vallate appenniniche e trasversalmente alle direttrici tettoniche. L'attuale percorso dei fiumi è il prodotto di numerose modificazioni sia naturali che artificiali che hanno provocato nel tempo un progressivo spostamento verso Ovest, pertanto i corpi idrici principali Secchia e Panaro si collocano nei confronti delle rispettive conoidi nel margine più occidentale. Nelle zone comprese tra i due corsi d'acqua principali, rivestono particolare importanza altri corpi idrici minori quali il torrente Fossa di Spezzano e il torrente Tiepido.

Il contributo dei fiumi Secchia e Panaro nella dinamica di alimentazione degli acquiferi, sulla base dell'equilibrio fra quote piezometriche della falda e altezza idrometrica dei corpi idrici, lo si può considerare positivo e quindi alimentante fino all'altezza di Rubiera, per il fiume Secchia, e fino a San Cesario sul Panaro per il fiume Panaro. Sulla base di queste considerazioni si riportano le caratteristiche delle acque di alimentazione degli acquiferi riferite alle stazioni di riferimento presenti nel tratto in cui il fiume esercita la sua massima azione disperdente.

Fiume Panaro

Il livello qualitativo delle acque del fiume Panaro risulta sicuramente elevato, con bassi valori di durezza e di salinità associati a concentrazioni ridotte di sostanze azotate ($N_{NO_3} < 0,8$ mg/l corrispondenti a $NO_3^- < 3,5$ mg/l). Conseguentemente il fiume esercita un'azione di mitigazione sulla presenza dei nitrati nelle acque sotterranee.

Parametri	P.te Chiozzo		Ponte di Marano		Ponte di Spilamberto	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
pH	8,2	8,2	8,0	8,1	7,9	8,1
Durezza °F	17,2	15,3	17,4	15,6	17,4	16,6
Conducibilità uS/ cm	333	286	333	299	338	311
B.O.D. ₅ mg/ l	2*	2*	2*	2*	2*	2*
C.O.D. mg/ l	4*	5	4*	7	4*	6
Fosforo tot. (P) mg/ l	0,07	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05
Azoto ammoniacale (N) mg/ l	0,03*	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04
Azoto nitrico (N) mg/ l	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8
Nitrati (NO ₃) mg/l	2,2	2,7	1,8	2,7	2,7	3,5
Solfati (SO ₄) mg/ l	28,0	25,0	31,6	31,3	34,4	30,0
Cloruri (Cl) mg/ l	9,7	7,0	9,6	8,7	10,1	10,8
Escherichia coli U.F.C.	612	611	394	349	1348	1686
Streptococchi f. U.F.C.			357	276	583	819

*Tabella 1 – Idrochimica delle stazioni del fiume Panaro. I valori riportati sono riferiti alle medie al 95esimo percentile degli anni 2003 e 2004. *Coincidente al limite di rilevabilità*

Fiume Secchia.

Il fiume Secchia in località Gatta raccoglie *le Sorgenti del Mulino di Poiano* fortemente marcate dal loro passaggio in lenti gessose del Triassico, tali da caratterizzare significativamente sia il chimismo delle acque del fiume che delle falde acquifere da esso alimentate. La zona di ricarica del sistema acquifero sotterraneo è anche in questo caso riferibile all'area pedecollinare. Per la caratterizzazione del chimismo delle acque di alimentazione della conoide sottesa si riportano i dati idrochimici e microbiologici delle stazioni poste a Lugo, a Castellarano e a Rubiera.

Parametri	Lugo		Traversa di Castellarano		Ponte di Rubiera	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
pH	7,5	8,1	8,0	8,1	8,0	8,1
Durezza °F	47,4	40,6	42,4	40,2	32,8	34,7
Conducibilità uS/ cm	1662	1443	1438	1315	1112	1118
B.O.D. ₅ mg/ l	2*	2*	2	1	3	3
C.O.D. mg/ l	5	5	8	6	19	11
Fosforo tot. (P) mg/ l	0,04	0,03	0,06	0,04	0,15	0,21
Azoto ammoniacale (N) mg/ l	0,03	0,04	0,06	0,05	0,13	0,18
Azoto nitrico (N) mg/ l	0,3	0,9	0,4	0,9	0,8	1,4
Nitrati (NO ₃) mg/l	1,3	4,0	1,8	4,0	3,5	6,2
Solfati (SO ₄) mg/ l	287,0	276,7	234,7	244,0	186,3	202,8
Cloruri (Cl) mg/ l	324,3	257,1	256,2	223,9	177,5	177,7
Escherichia coli U.F.C.	781	1098	938	820	2145	4278
Streptococchi f. U.F.C.	968	696	1235	794	1733	3929

Tabella 2 - Idrochimica delle stazioni del fiume Secchia. I valori riportati sono riferiti alle medie al 95esimo percentile degli anni 2003 e 2004. *Coincidente al limite di rilevabilità

In relazione alle sostanze azotate anche questo corpo idrico esercita un'incisiva azione di diluizione per questo parametro così diffusamente veicolato in falda con le dispersioni dalla superficie topografica.

Torrente Fossa di Spezzano e Tresinaro

Le analisi eseguite sui torrenti Fossa di Spezzano e Tresinaro, prima di confluire in Secchia, evidenziano caratteristiche idrochimiche scadenti, con valori di sostanze azotate elevate.

Parametri	Torrente Fossa		Torrente Tresinaro	
	2003	2004	2003	2004
pH	8,2	8,0	7,7	8,1
Durezza °F	39,8	36,9	39,6	36,6
Conducibilità uS/ cm	1210	1152	1022	940
Fosforo tot. (P) mg/ l	0,77	1,03	0,58	0,36
Azoto ammoniacale (N) mg/ l	0,11	0,57	1,34	0,69
Azoto nitrico (N) mg/ l	5,2	6,1	2,3	3,9
Nitrati (NO ₃) mg/l	23,0	27,0	10,2	17,3
Solfati (SO ₄) mg/ l	174,7	176,9	166,9	217,6
Cloruri (Cl) mg/ l	155,1	149,0	95,5	93,8

Tabella 3 - Idrochimica degli affluenti del fiume Secchia, torrenti Fossa di Spezzano e Tresinaro. I valori riportati sono riferiti alle medie al 95esimo percentile degli anni 2003 e 2004.

Torrenti Tiepido, Nizzola e Guerro

Parametri		Portile		Fossalta		Grizzaga		Gherbella	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Durezza	°F	31,6	30,4	34,8	31,6	40,4	36,7	41,3	42,1
pH		8,1	8,2	8,2	8,2	8,0	8,2	7,9	8,0
Conducibilità	µS/ cm	754	577	1030	701	1185	857	1158	1049
Azoto ammoniacale (N)	mg/ l	0,03	<0,02	0,49	0,26	0,54	0,24	1,06	0,18
Azoto nitrico (N)	mg/ l	5,2	2,4	6,0	3,8	6,3	4,8	12,2	6,7
Nitrati (NO ₃)	mg/l	23,0	10,6	26,6	16,8	28,0	21,3	54,0	29,7
Solfati (SO ₄)	mg/ l	93,8	36,0	76,4	48,5	82,1	58,0	91,2	77,0
Cloruri (Cl)	mg/ l	75,7	13,0	124,7	49	194,4	71,0	142,0	107,0

Tabella 4 – Idrochimica dei torrenti Tiepido, Grizzaga e Gherbella. I dati riportati sono riferiti al valore medio degli anni 2003 e 2004 .

Parametri		Nizzola		Guerro	
		2003	2004	2003	2004
Durezza	°F	40,7	34,2	39,2	36,0
pH		7,9	7,9	7,8	8,2
Conducibilità	µS/ cm	946	732	1311	1153
Azoto ammoniacale (N)	mg/ l	0,64	0,12	1,94	0,25
Azoto nitrico (N)	mg/ l	6,8	4,9	8,2	9,9
Nitrati (NO ₃)	mg/l	30,1	21,7	36,3	43,8
Solfati (SO ₄)	mg/ l	78,6	53,5	87,4	67,0
Cloruri (Cl)	mg/ l	91,3	34,0	180,2	143,0

Tabella 5 – Idrochimica dei torrenti Nizzola e Guerro. I dati riportati sono riferiti al valore medio degli anni 2003 e 2004 .

Sono evidenti livelli di sostanze azotate elevati, rappresentativi di uno squilibrio fra carichi sversati e capacità autodepurativa naturale.

LA RETE DI MONITORAGGIO.

La rete di monitoraggio è attiva nella provincia di Modena dal 1976. Col progetto denominato “Analisi e progettazione delle reti di monitoraggio ambientale su base regionale e sub-regionale” e in particolare con il sub-progetto “Monitoraggio delle acque interne e marine - rete monitoraggio acque sotterranee”, la rete di recente ha subito una profonda revisione che ha comportato una redistribuzione dei punti di misura secondo i criteri principali qui esposti:

- approfondimento dell’attività di monitoraggio all’interno dei conoidi alluvionali, in quanto risorse pregiate e aree più soggette a contaminazione;
- adeguamento al modello geologico proposto dalla Regione Emilia-Romagna, in gruppi acquiferi sovrapposti;
- verifica e controllo dei punti posti nell’intorno dei pozzi ad uso civile;
- approfondimenti mirati alla ricerca di nuovi possibili contaminanti in pozzi campione;

L’attuale configurazione della rete di monitoraggio Provinciale è costituita da 63 pozzi inseriti nella rete Regionale (I grado), integrati da una rete di dettaglio provinciale (II grado) costituita da 26

pozzi (revisione effettuata per l'anno 2004) (figura 7). La sovrapposizione dei punti di misura alla sezione idrostratigrafica ha permesso, per singolo pozzo, l'attribuzione del gruppo acquifero monitorato (figura 8). Nella tabella sottoriportata sono indicati i pozzi suddivisi per gruppo/ complesso acquifero.

Gruppo acquifero	N°
A	68
A+B	10
A+B+C	8
B+C	1
C	1
Alveo	1

L'analisi quali-quantitativa è stata condotta analizzando le carte tematiche prodotte, valutando le distribuzioni areali di alcuni parametri descrittivi il naturale chimismo e rilevando gli aspetti indotti dalle fonti di inquinamento antropico. La stesura delle carte tematiche con la rappresentazione dei dati georeferenziati sotto forma di isopieze o isocone è stata effettuata utilizzando come supporto informatico il programma Surfer© che utilizza diverse procedure di elaborazione per la distribuzione spaziale dei valori della variabile in esame (Kriging, minima curvatura, inverso della distanza ecc.). Inoltre è stato applicato il modello definito nell'allegato 1 del D.Lgs. 152/ 99 per la classificazione chimica delle acque sotterranee.

Per la rappresentazione cartografica dei parametri idrochimici e quantitativi, pur nella consapevolezza della complessa e differenziata struttura degli acquiferi monitorati, i dati acquisiti dalla rete di monitoraggio sono stati elaborati considerando l'acquifero continuo ed omogeneo.

Evoluzione piezometrica.

Le rappresentazioni cartografiche riportate si riferiscono sia alla misura del livello piezometrico, riferito al livello del mare, che della soggiacenza, in questo caso la misura del livello di falda è riferita al piano campagna (figure 11, 12, e 15).

Ad integrazione delle carte tematiche di piezometria e soggiacenza, sono state elaborate due carte di confronto fra l'anno 2003 e l'anno 2004 delle isopieze dei 35 e dei 40 m. Dalle due carte, si rileva un lieve avanzamento del fronte dei 35 e dei 40 m nel 2004 rispetto al 2003 nell'area di conoide dei fiumi Secchia e Panaro (figure 13 e 14). Per la valutazione degli apporti pluviometrici, si riporta il grafico delle precipitazioni annue dal 1985 al 2004 (figura 5) registrate presso la stazione pluviometrica di Spezzano.

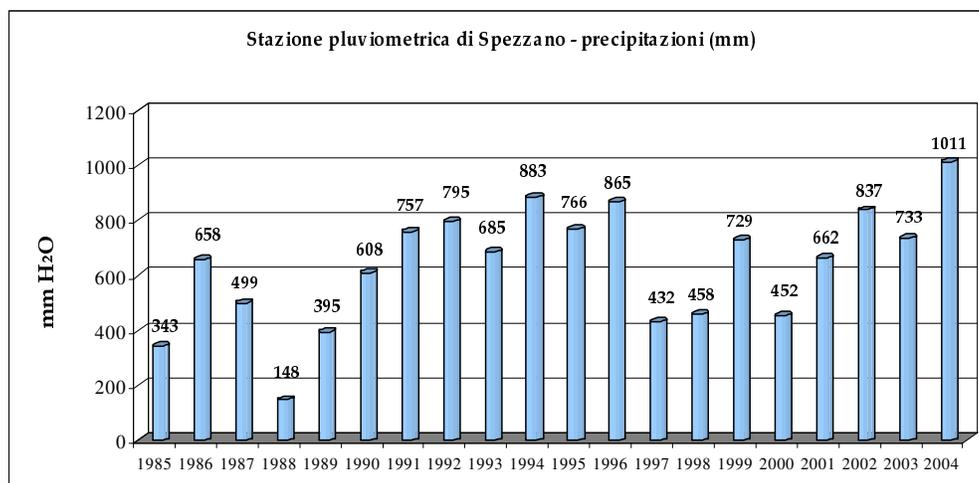


Figura 5 – Andamenti pluviometrici anni 1985-2004.

QUALITÀ DELLE ACQUE RILEVATA DALLA RETE.

Come per le acque superficiali, la parte descrittiva relativa alle valutazioni di carattere generale inerenti le condizioni del chimismo ripropone parti già presentate nel precedente rapporto, evitando il costante rimando integrativo alla precedente relazione.

Temperatura

Si rileva una contenuta escursione termica, indice di un buon equilibrio dinamico degli acquiferi profondi. La variazione termica oscilla da un minimo di 12°C ad un massimo di 19°C (figura 16), coerentemente con quanto registrato nella precedente relazione.

Conducibilità elettrica specifica.

Indice del contenuto salino delle acque (figura 17), differenzia chiaramente le aree influenzate dal fiume Secchia (1000-1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) da quelle alimentate dal fiume Panaro (600-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). E' da segnalare l'incremento nell'intorno di Portile - San Donnino (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), riconducibile ad un ambiente con forti connotazioni redox negative favorevoli la dissoluzione ionica. A conferma l'acquifero sotteso si caratterizza per la presenza di ferro e manganese oltre che per la bassa concentrazione dei nitrati (questi ultimi costituiscono la fonte di ossigeno in un'area in cui la scarsa alimentazione ne evidenzia la carenza). Gli alti valori di salinità riferiti alla bassa pianura sono essenzialmente riconducibili ad una diffusione delle salamoie di fondo sino alla superficie ed in misura minore alla mobilitazione ionica causata dall'ambiente riducente.

Durezza

Si attesta mediamente su valori elevati (40-50°F) (figura 18). Nella conoide del fiume Secchia è causata dalla permeazione delle acque salso-solfate di Poiano. Nella zona intermedia dell'alta pianura si segnalano concentrazioni ancora più rilevanti per effetto della già citata azione della CO_2 di origine batterica su materiale calcareo. Si sottolinea come in questa area il dilavamento del terreno agrario porti al concomitante incremento dei bicarbonati, nitrati e durezza. Le acque sotterranee dell'acquifero sotteso al fiume Panaro evidenziano, almeno fino all'altezza della zona di dispersione del corpo idrico ed in sponda idrografica destra, valori contenuti di durezza, coerenti ai livelli del fiume (<30°F). Allontanandoci dal corpo idrico, causa la presenza di cave di ghiaia ed i conseguenti rilevanti apporti dalla superficie topografica, si registrano significativi livelli di durezza. In sponda idrografica sinistra l'ambito di influenza del fiume è ancora meno evidente, in relazione ad un pregresso ma ancora influente effetto di inquinamento (Spilamberto anno 1977 infiltrazione di sostanze acide).

Oltre il fronte delle conoidi, a seguito delle mutate condizioni di pH e del potenziale redox (Eh), si attivano processi di precipitazione ed adsorbimento del calcio come ossido, con conseguente diminuzione dei livelli di durezza. Negli acquiferi sottesi al dominio del Po si incrementa raggiungendo valori elevati (anche oltre i 65°F), riconducibili ad acque evolute che nel tempo, a seguito di processi di scambio ionico, hanno subito modificazioni della facies idrochimica.

Solfati e Cloruri

Questi due parametri presentano un andamento analogo (figure 19 e 20), direttamente correlabile all'alimentazione e all'idrochimica fluviale dei due corpi idrici superficiali principali (fiume Secchia: Solfati e Cloruri maggiori di 200 mg/l; fiume Panaro: Solfati al di sotto dei 40 mg/l e Cloruri inferiori a 20 mg/l). Nella media pianura, a seguito delle condizioni redox degli acquiferi, si riscontra una netta diminuzione della concentrazione dei Solfati (forme ridotte dello Zolfo). Nella bassa pianura è evidente la miscelazione delle acque salate con le falde acquifere dolci, ben rilevata dalle elevate concentrazioni dei cloruri (Solfati 160-200 mg/l, Cloruri 100-120 mg/l).

Sodio

L'andamento delle isocone del sodio (figura 21) riflette quanto osservato per i cloruri. E' da segnalare come questo catione possa essere considerato, per ambedue le conoidi dei fiumi principali (isolinea corrispondente a 80 mg/ l per il fiume Secchia e 20 mg/ l per il fiume Panaro), come un efficace tracciante per la valutazione dell'area di influenza dei due corpi idrici sulla qualità delle acque di falda. Ciò in conseguenza del limitato apporto di sodio da parte delle acque di infiltrazione permeanti dalla superficie topografica.

Composti azotati

Le procedure di classificazione delle acque sotterranee, in base al D. Lgs. 152/ 99, assegnano una particolare incidenza al parametro nitrati al fine della valutazione dello "stato ambientale" delle acque. I nitrati sono responsabili in buona parte del territorio della Regione Emilia Romagna ed in particolare nell'area occidentale, dello scadimento della classificazione qualitativa delle acque sotterranee. Ciò ad indicare una problematica diffusa, la cui soluzione non pare imminente vista la complessità della stessa e stante anche l'inerzia propria dei sistemi idrici sotterranei nell'evidenziare variazioni a seguito delle azioni messe in atto. La scala temporale, per valutare l'efficacia degli interventi adottati, può risultare pari anche a decine di anni. L'eccesso di apporti di sostanze azotate generalizzato su tutta la superficie topografica, l'immagazzinamento di azoto nello strato insaturo tra superficie topografica e tavola d'acqua (soggetto a successivi veicolazione per dilavamento) ed infine il rilevante sfruttamento degli acquiferi ha contribuito in modo significativo alla presenza dei nitrati (spesso oltre il limite dei 50 mg/ l) nelle acque di falda (figure 22, 23, 26 e 27). Come risulta evidente dalle carte delle isocone, si registrano sensibili incrementi di nitrati nelle aree più lontane dalle aste fluviali principali, in cui viene a mancare l'azione di diluizione favorita dalle acque a bassa concentrazione di nitrati dei fiumi (nitrati inferiori a 5 mg/ l nel tratto disperdente montano - collinare).

Il confronto con gli andamenti delle isocone dei nitrati rilevati nel biennio precedente 2001-2002, pone in risalto sia un ulteriore progressivo avanzamento del fronte dei 25 e dei 50 mg/ l verso la città di Modena e quindi verso i campi acquiferi di Cognento che un incremento delle concentrazioni dei nitrati nell'area compresa tra la conoide del fiume Panaro e del torrente Samoggia. L'analisi (figure 24 e 25) su un arco temporale più ampio, dal 1994 al 2004, evidenzia l'incremento critico dei nitrati verso l'area di media pianura, mostrando con indubbia chiarezza uno scadimento qualitativo durante questo arco temporale.

Oltre il fronte delle conoidi, in corrispondenza di acquiferi a bassa trasmissività, le condizioni redox dell'acquifero favoriscono inizialmente la qualità delle acque sotterranee per la progressiva scomparsa delle forme azotate. Successivamente si rileva la presenza di Azoto ammoniacale (figura 28) che assume concentrazioni significative nell'area più a nord della bassa pianura, la cui origine è riconducibile alle trasformazioni biochimiche delle sostanze organiche diffuse o concentrate sottoforma di torba nel serbatoio acquifero.

Anche in questa relazione, per un inquadramento più esaustivo della problematica relativa al livello di concentrazione dei nitrati nelle acque di falda, si è promossa la collaborazione con i gestori delle reti acquedottistiche operanti in ambito provinciale in quanto detentori di un quadro conoscitivo estremamente ampio e completo. Sono state riportate le elaborazioni effettuate sui parametri sia qualitativi che quantitativi dei pozzi ad uso idropotabile gravitanti nel territorio modenese. Dall'analisi valutativa emerge una sostanziale assonanza a quanto registrato dalla rete di monitoraggio. Ciò risulta particolarmente evidente nell'area di Modena Sud in cui si registra l'influenza delle acque di scarsa qualità proprie della zona delle conoidi minori nei confronti dell'area di alimentazione del fiume Secchia, caratterizzate da livelli di nitrati sensibilmente inferiori, confermate dai dati rilevati nei campi acquiferi di Maranello e Formigine. Criticità si rilevano anche a S. Cesario sul pozzo D5, pesantemente compromesso dalla propagazione del pennacchio causato dell'inquinamento pregresso e datato della SIPE Nobel di Spilamberto, e dei

“pozzi 1 e 2” di Spilamberto e “rurale” di Piumazzo per fenomeni di inquinamento diffuso. Livelli di attenzione anche per i pozzi META denominati “B e S. Eusebio” di Castelvetro e “n° 6 e 7” di Vignola. Nel campo acquifero di Cognento, caratterizzato da un prelievo complessivo considerevole pari a 17.684.818 mc, costituente il 40% della risorsa idrica erogata a Modena, il trend incrementale si mantiene inalterato, con concentrazioni più che raddoppiate dal 1988 ad oggi. Si riportano i grafici dell’andamento delle concentrazioni dei nitrati per singolo pozzo e i dati di emungimento dai campi acquiferi.

Preme sottolineare che negli anni 2003 e 2004, nonostante il dato medio delle concentrazioni dei nitrati nei campi acquiferi di Cognento sia in continuo incremento, in virtù delle azioni di miscelazione di queste acque con approvvigionamenti da altri campi acquiferi, la concentrazione dei nitrati nelle acque immesse nella rete acquedottistica si attesta su valori inferiori al limite normativo di potabilità dei 50 mg/ l (rete di Modena gestita da META 22,8-25,0 mg/ l, rete gestita da AIMAG 19,8 – 21,2 mg/ l).

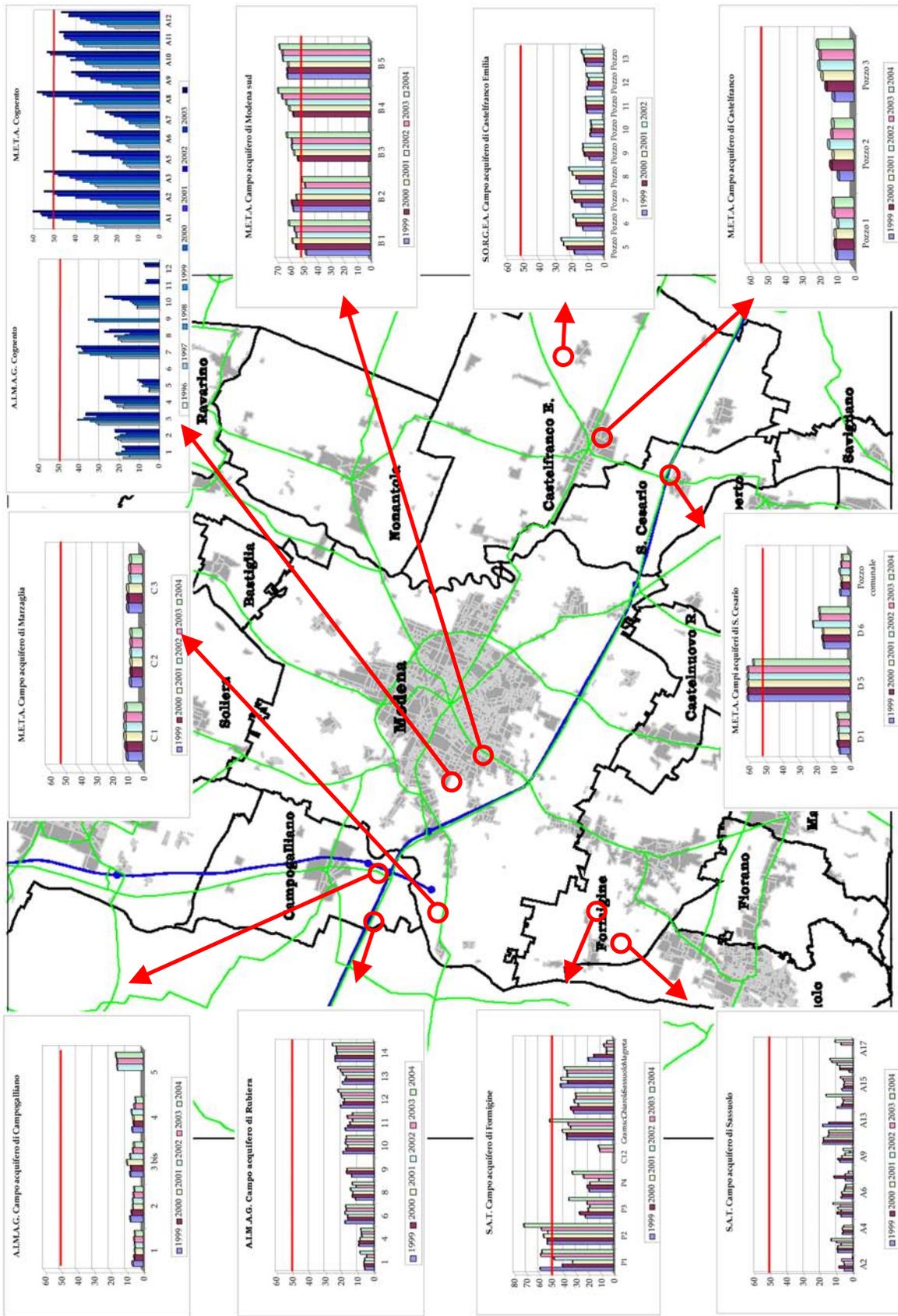
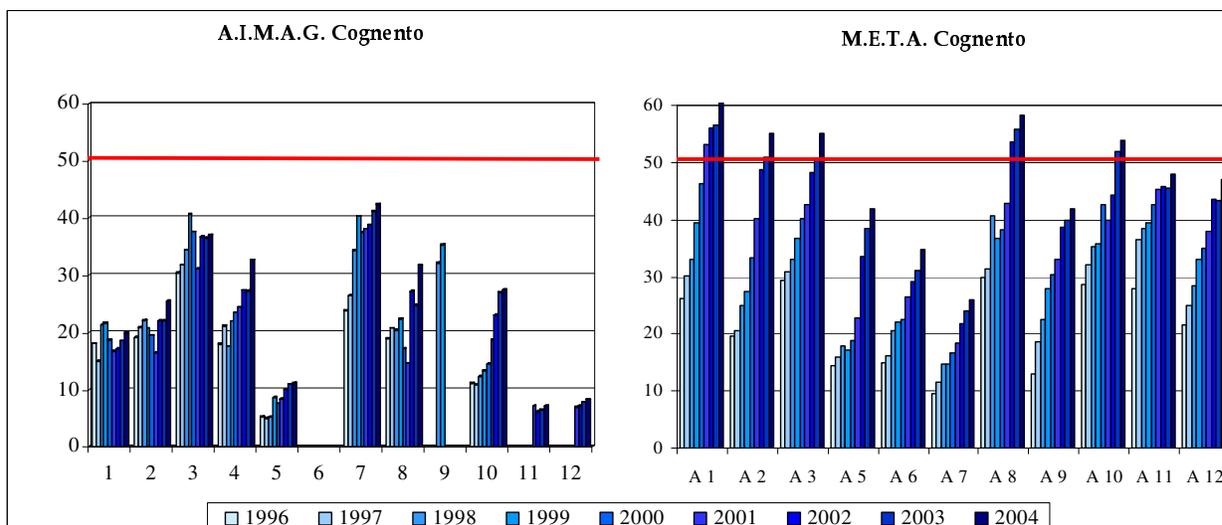
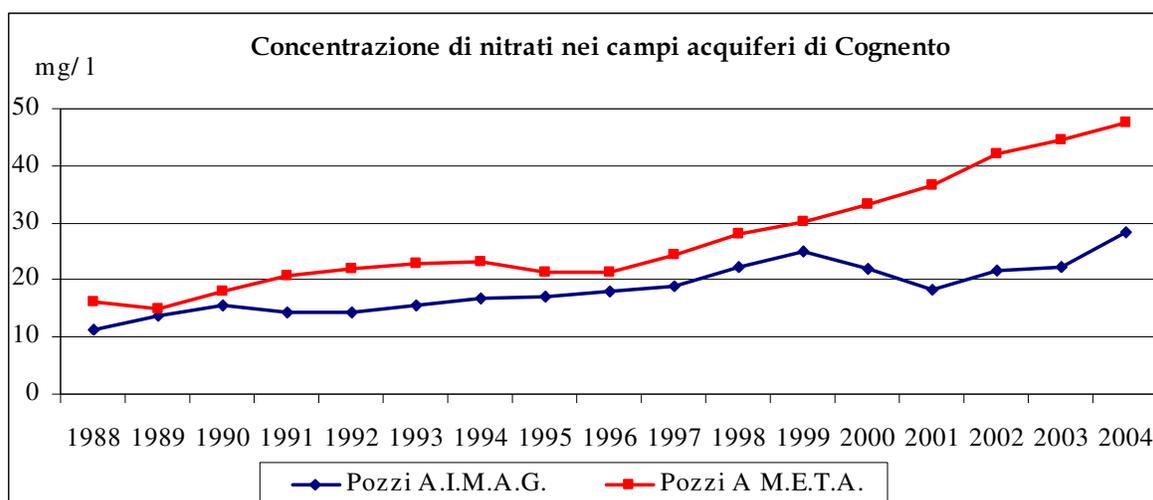


Figura 6 - Livello dei nitrati nei pozzi di approvvigionamento idropotabile.

Campo acquifero di Cognento - Concentrazione media dei nitrati (NO₃) in mg/l

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pozzi A.I.M.A.G.	11,4	13,8	15,5	14,2	14,3	15,5	16,7	17	18,05	18,94	22,16	24,94	21,95	18,23	21,51	22,2	28,5
Pozzi A M.E.T.A.	16,2	14,8	18,1	20,7	22,05	22,9	23,3	21,4	21,4	24,4	28,2	30,1	33,31	36,6	42,2	44,4	47,5

*La concentrazione media dei nitrati dei campi pozzi di META s.p.a. e AIMAG s.p.a. è stata calcolata per anno dai dati di concentrazione media annuale dei singoli pozzi.

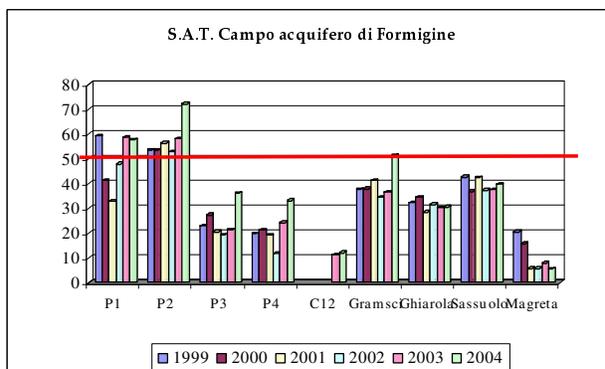
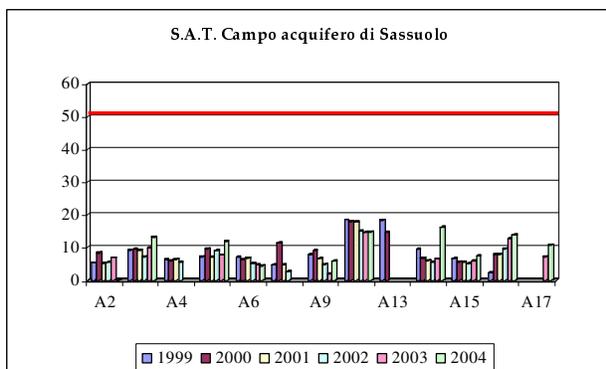


Emungimento medio annuo A.I.M.A.G.:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	9.544.300	9.390.000	8.936.000	8.664.005

Emungimento medio annuo M.E.T.A.:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	10.347.296	8.378.554	8.909.311	9.020.813

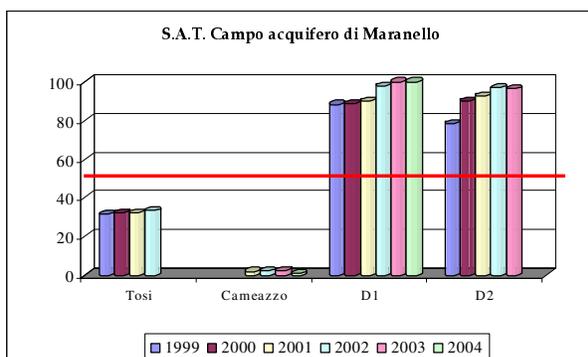


Emungimento medio annuo SAT Sassuolo:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	5.048.000	4.755.000

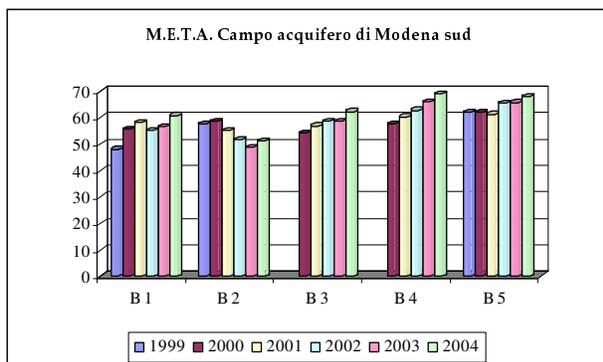
Emungimento medio annuo SAT Formigine:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	7.711.000	7.611.000



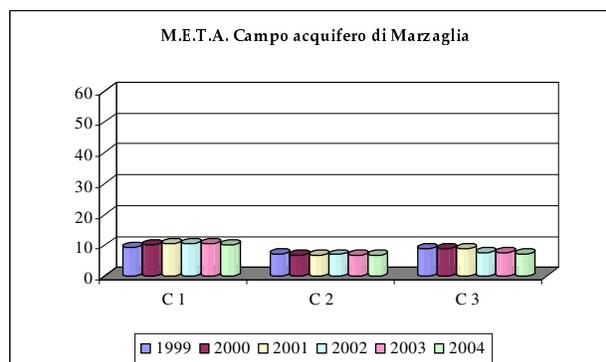
Emungimento medio annuo SAT Maranello:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	450.000	201.000.



Emungimento medio annuo M.E.T.A. Modena sud:

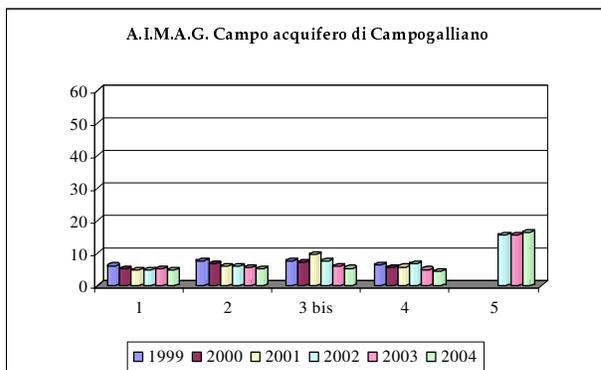
Anno	2001	2002	2003	2004
mc	951.758	1.214.364	1.463.601	1.506.589



Emungimento medio annuo M.E.T.A. Marzaglia:

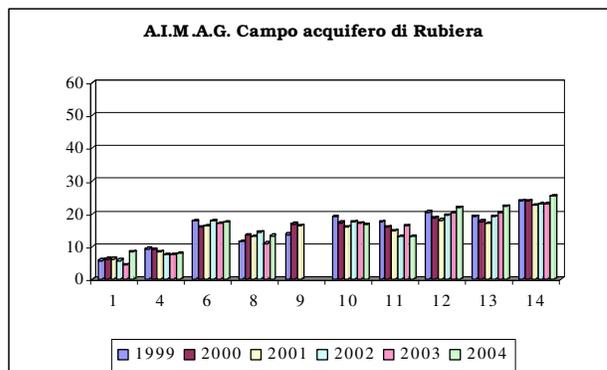
Anno	2001	2002	2003	2004
mc	8.380.200	8.378.232	10.358.119	10.553.535

n.t.: dati non trasmessi.



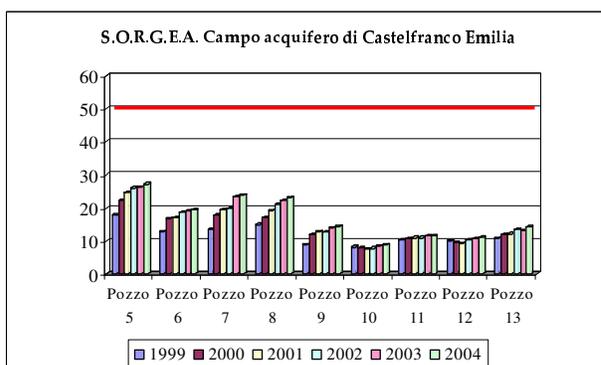
Emungimento medio annuo A.I.M.A.G. Campogalliano:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	3.844.000	4.473.000	3.781.000	4.203.304



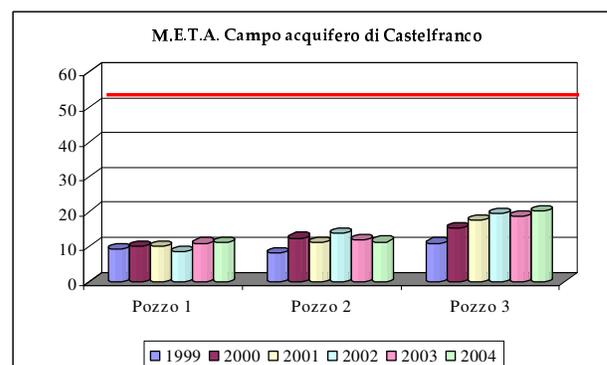
Emungimento medio annuo A.I.M.A.G. Rubiera:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	7.793.500	7.609.000	8.206.000	8.570.930



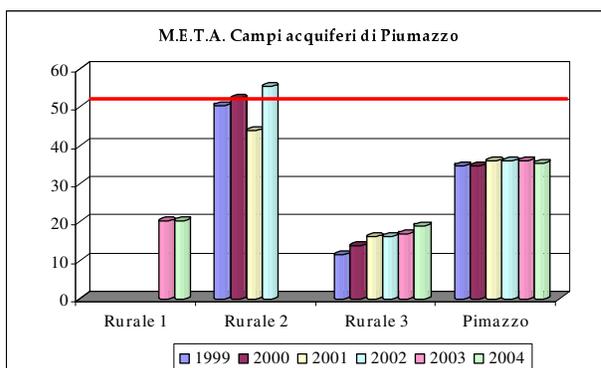
Emungimento medio annuo S.O.R.G.E.A. Castelfranco E.:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	7.150.000	7.300.000



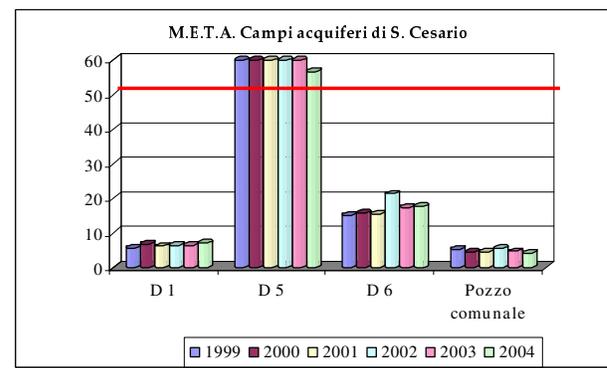
Emungimento medio annuo M.E.T.A. Castelfranco E.:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	2.659.998	2.449.397	2.519.452



Emungimento medio annuo M.E.T.A. Piumazzo:

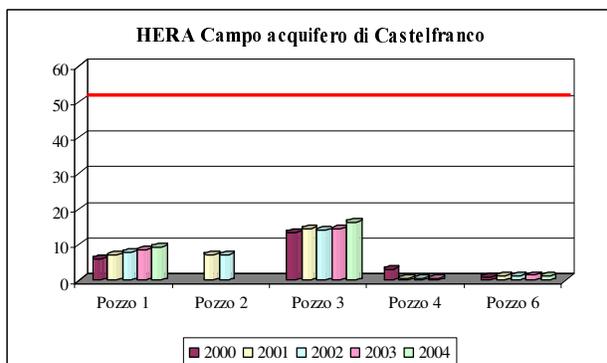
Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	n.t.	n.t.



Emungimento medio annuo M.E.T.A. S. Cesario:

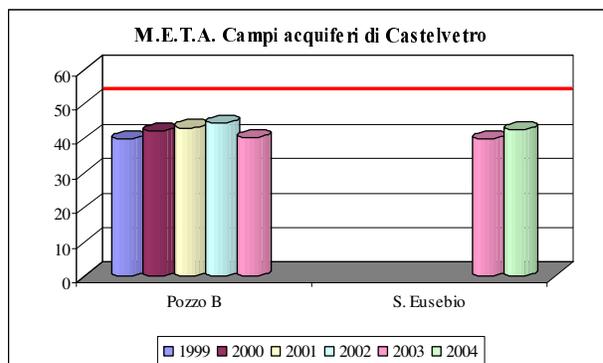
Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	4.780.620	5.093.820

n.t.: dati non trasmessi.



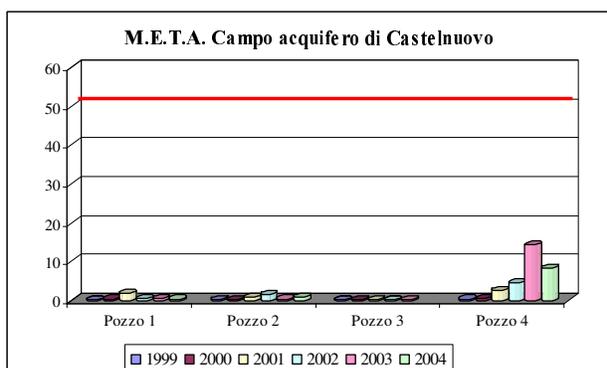
Emungimento medio annuo HERA Castelfranco:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	2.567.000	2.250.000	2.124.832	2.153.987



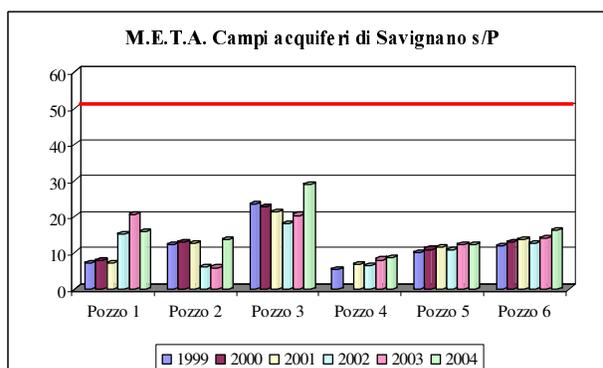
Emungimento medio annuo M.E.T.A. Castelvetro:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	1.037.500	800.864



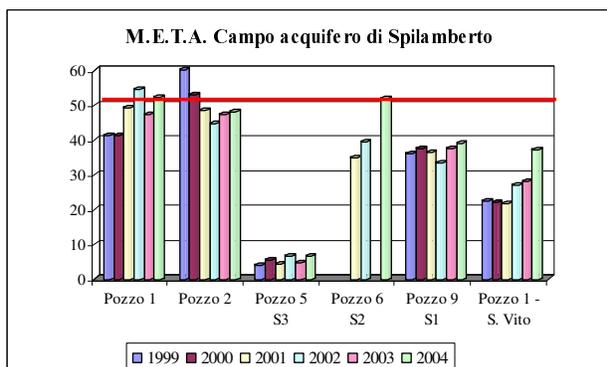
Emungimento medio annuo M.E.T.A. Castelnuovo:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	450.000	987.598



Emungimento medio annuo M.E.T.A. Savignano:

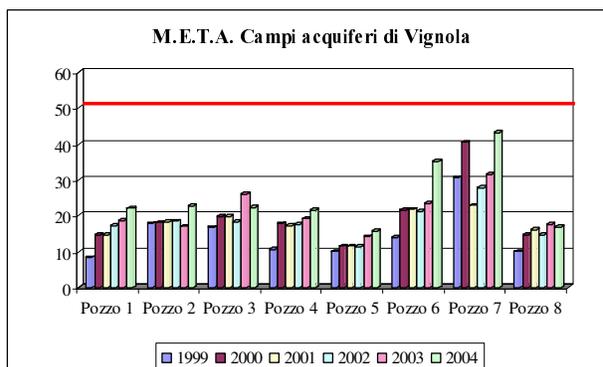
Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	224.685	688.702



Emungimento medio annuo M.E.T.A. Spilamberto:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	1.630.000	1.510.000

n.t.: dati non trasmessi.



Emungimento medio annuo M.E.T.A. Vignola:

Anno	2001	2002	2003	2004
mc	n.t.	n.t.	921.046	2.280.000

Ferro e Manganese

La presenza di entrambi gli elementi è correlata alle condizioni di basso potenziale redox e quindi acquiferi a bassa permeabilità o alimentati prevalentemente dalla superficie topografica (figure 29 e 30). Conseguentemente si riscontrano livelli significativi nella media e bassa pianura e nell'area delle conoidi dei torrenti minori, spesso associati a presenza di ammoniaca. Il ferro viene solubilizzato per alterazione dei minerali ferro-magnesi e ferriferi ad opera di organismi riducenti sul terreno agrario. E' la sua forma ridotta (Fe^{++}) ad essere solubile, mentre allo stato ossidato Fe^{+++} precipita conferendo alle acque la caratteristica colorazione giallo-rossastra. Da un punto di vista organolettico conferisce un sapore metallico astringente. La valutazione congiunta della distribuzione spaziale dei due parametri indica una loro non correlazione, sebbene entrambi si mobilitano in ambienti riducenti (il manganese sembra più caratteristico delle acque di recente infiltrazione che non di quelle più antiche). A conferma si segnala, nell'area delle conoidi dei torrenti minori, una evidente prevalenza dell'area di influenza del manganese rispetto ad una pari presenza di ferro che viceversa costituisce l'elemento maggiormente caratterizzante la media e bassa pianura.

Boro

Sulla base di quanto si può dedurre dalla distribuzione areale di questo elemento, la presenza è correlabile alla matrice argilloso-limosa del serbatoio acquifero (figura 31). Nell'area pedecollinare nell'intorno di Sassuolo, anche per gli anni 2003 - 2004, si è riscontrato un leggero decremento del livello del boro che dovrà essere valutato nel tempo.

Composti organo-alogenati volatili.

Se ne evidenzia una distribuzione pressoché ubiquitaria nella zona pedecollinare (figure 32, 33 e 34), causata, in un'area ad elevata permeabilità dall'intensa pressione antropica di diffusi insediamenti industriali-artigianali. Per il biennio in esame si riscontra un allargamento dell'area interessata dall'inquinamento di composti organo-alogenati; in particolare si segnala la presenza di tricloroetilene e tetracloroetilene.

Metalli

La ricerca di numerosi metalli quali Cadmio, Cromo, Cobalto, Nichel, e Mercurio non ne ha evidenziato la presenza a livelli inferiori del valore soglia della tabella 20 dell'allegato 1 del D.Lgs. 152/ 99 e quindi a livelli di concentrazione ben al di sotto della soglia di attenzione sia ambientale che sanitaria. Per quanto attiene al Piombo la concentrazione di questo elemento, nella quasi totalità dei punti campionati, è inferiore al limite di rilevabilità analitica $2 \mu g/l$.

L'individuazione di tracce di *Arsenico* in aree della bassa pianura, è riconducibile ad una origine "primaria-profonda", legata ai depositi ad elevato contenuto argilloso o di concentrazione biologica primaria; è comunque da escludersi la possibilità di avvenuta contaminazione antropica.

Fitofarmaci

La ricerca di 47 principi attivi nelle acque sotterranee della rete Regionale oltre che sui pozzi di alimentazione acquedottistica presenti nel territorio provinciale, non ha mai evidenziato la presenza di fitofarmaci.

IPA e fenoli

Non si è evidenziata la presenza di idrocarburi policiclici aromatici e di fenoli in nessun pozzo della rete di monitoraggio.

CLASSIFICAZIONE CHIMICA

La classificazione ambientale delle acque sotterranee prevede la valutazione di misure quantitative (livello piezometrico, portate delle sorgenti o emergenze naturali delle acque sotterranee) e misure qualitative (parametri chimici).

In questa relazione si riporta solamente la valutazione dello stato qualitativo, “*stato chimico delle acque sotterranee*”, in quanto il modello che permette la classificazione ambientale quali-quantitativa non è ancora disponibile.

Ai fini della classificazione chimica si utilizza il valore medio, rilevato per ogni parametro di base nel periodo di riferimento. Lo stato chimico è determinato dalla sovrapposizione dei valori medi di concentrazione dei sette parametri chimici di base che sono riportati in tabella 1; la classificazione è determinata dal valore di concentrazione peggiore riscontrato nelle analisi dei diversi parametri di base.

	Unità di misura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (*)
Conducibilità elettrica	µS/ cm (20°C)	≤ 400	≤ 2500	≤ 2500	>2500	>2500
Cloruri	µg/ L	≤ 25	≤ 250	≤ 250	>250	>250
Manganese	µg/ L	≤ 20	≤ 50	≤ 50	>50	>50
Ferro	µg/ L	<50	<200	≤ 200	>200	>200
Nitrati	µg/ L di NO ₃	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	
Solfati	µg/ L di SO ₄	≤ 25	≤ 250	≤ 250	>250	>250
Ione ammonio	µg/ L di NH ₄	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,5	>0,5	>0,5

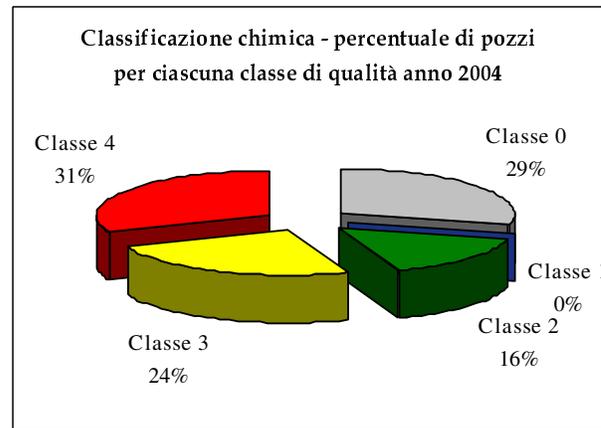
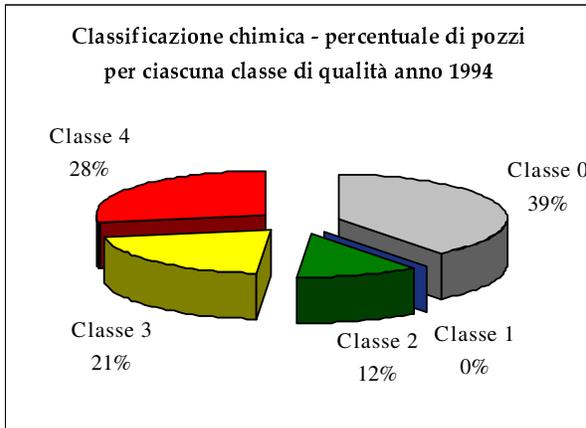
Tabella 6 - Classificazione chimica in base ai parametri di base.

(*) Origine naturale

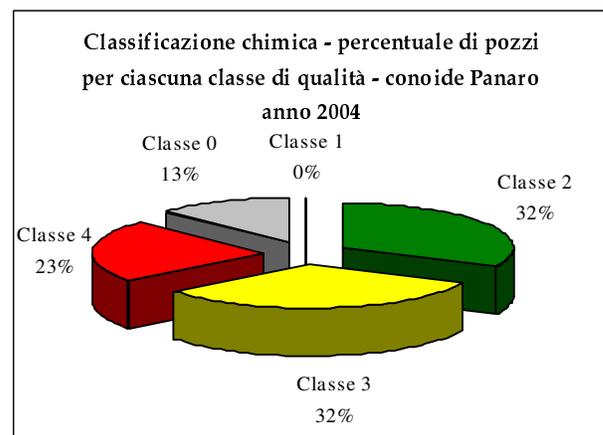
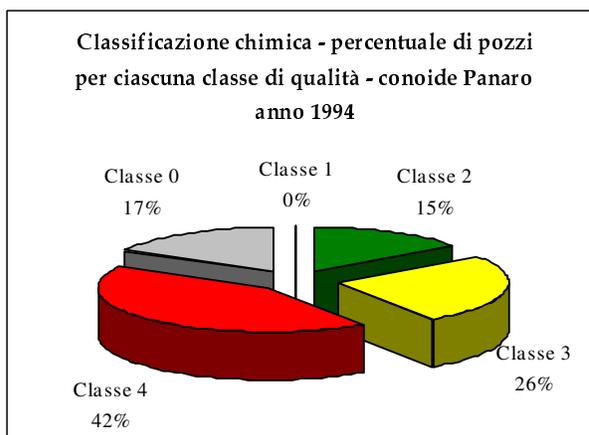
La classificazione individuata a partire dai parametri di base può essere corretta in base ai valori di concentrazione rilevati nel monitoraggio di altri parametri addizionali, per il cui elenco e relativi valori di soglia si rimanda al già citato Allegato 1 del D.Lgs 152, tabella 21. In particolare il superamento della soglia riportata per ogni singolo inquinante, sia esso inorganico od organico, determina il passaggio alla classe 4 a meno che non sia accertata, per i soli inorganici, l'origine naturale che determina la classe 0.

Di particolare importanza, data la ricaduta che avrà sullo stato ambientale naturale particolare (per il quale non sono previste azioni di risanamento, ma solo azioni atte a evitare il peggioramento dello stato delle acque), è la distinzione delle zone nelle quali una elevata concentrazione sia attribuibile a fenomeni di tipo naturale (attribuzione classe 0), piuttosto che a fenomeni di tipo antropico (attribuzione classe 4); ciò rende necessaria l'introduzione di specifiche conoscenze sul territorio idrochimiche ed idrodinamiche.

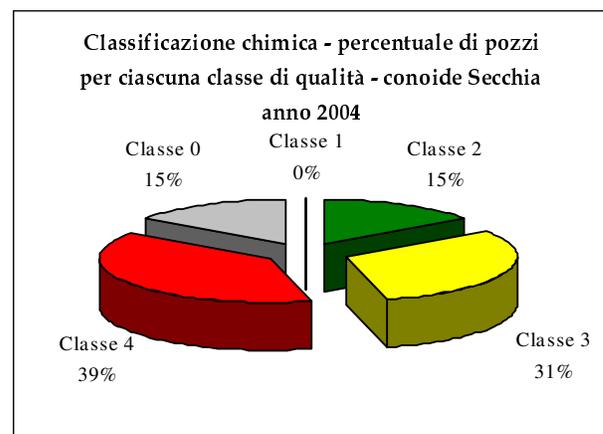
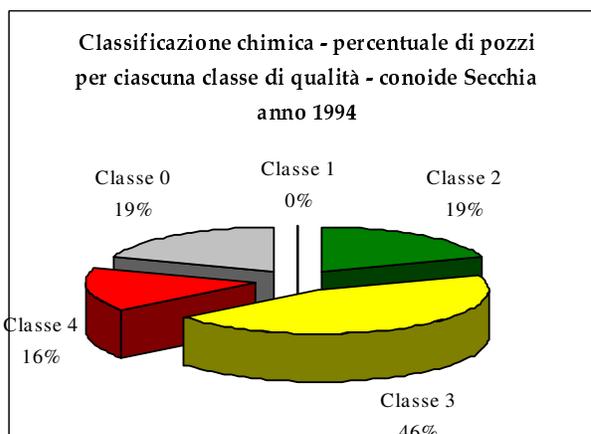
In base al criterio sopraenunciato sono stati elaborati i dati relativi all'anno 2004. L'elaborazione dello stato chimico è stata effettuata utilizzando il metodo per punti, ossia classificando ciascuno dei pozzi appartenenti sia alla Rete Regionale che alla Rete Provinciale sulla base della media dei due prelievi annuali (figura 35). Per valutare il trend dello stato qualitativo delle acque della pianura modenese sono state rappresentate mediante un diagramma a torta, riferito agli anni 1994 e 2004, le percentuali dei pozzi appartenenti a ciascuna classe di qualità, per l'intero territorio provinciale e per ciascuna conoide di appartenenza.



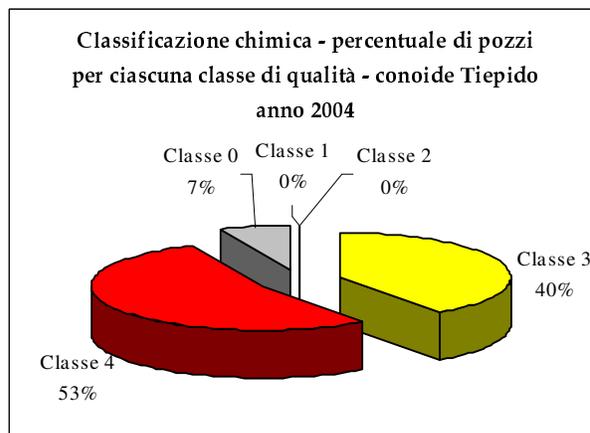
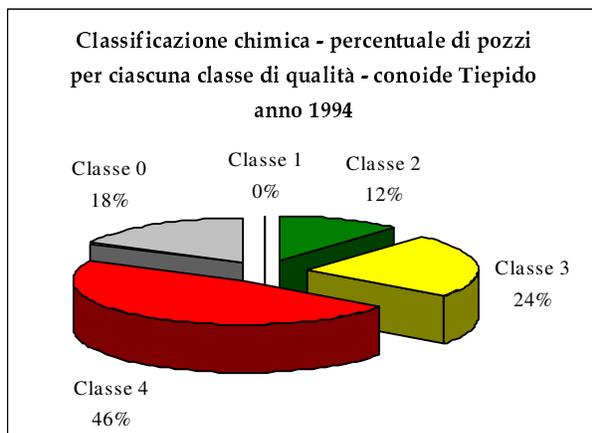
L'elaborazione è condizionata dalla percentuale di attribuzione alla classe 0. L'assegnazione a questa classe è essenzialmente dovuta alla presenza di Ferro e Manganese di origine naturale, che in ambiente acquoso si mobilitano in relazione alle condizioni redox dell'acquifero (figure 29 e 30). La totalità dei pozzi presenti nella media e bassa pianura e buona parte di quelli presenti nell'area delle conoidi dei torrenti minori, sono classificati in classe 0. La differenza di percentuale della classe 0 fra il 1994 e il 2004 è dovuta all'estrema naturale variabilità della concentrazione di questi due parametri, con oscillazioni nell'intorno dei valori soglia attribuiti a questa classe, rispettivamente pari a 200 e 50 µg/l.



Analizzando i dati per singola conoide, si osserva un significativo miglioramento qualitativo dei pozzi nella conoide del fiume Panaro, con un aumento della percentuale in classe 2 e 3 ed un quasi dimezzamento della percentuale in classe 4.



Diversa è la situazione per la conoide del fiume Secchia, in cui si riscontra una lieve diminuzione dei pozzi in classe 2 e un significativo scadimento di un numero rilevante di pozzi dalla classe 3 alla classe 4. Questo peggioramento è dovuto alla sempre più ampia area di influenza dei nitrati a livelli superiori ai 25 e 50 mg/ l come rappresentato nelle figure 24 e 25 dell'allegato.



Nell'area riferita al dominio delle conoidi inferiori la situazione qualitativa risulta scadente, si registra un incremento delle classi 3 e 4 a scapito delle classi 2 e 0 sempre a causa dei livelli di concentrazione dei nitrati.

Conclusioni

Nella presente relazione si è cercato di approfondire ulteriormente la conoscenza quali-quantitativa sulle acque sotterranee provinciali. L'analisi relativa alla presenza dei nitrati conferma quanto sottolineato nel rapporto relativo agli anni 2001-2002, e cioè un progressivo e costante avanzamento del fronte dell' isocona dei 50 mg/ l, in particolare nell'area a sud di Modena, segnalata sia dai dati della rete di monitoraggio che dall'andamento del campo acquifero dell'area di Cognento. Il confronto tra le isocone del 1994, del 2002 e quelle elaborate nel 2004 (figura 25), conferma e rafforza quanto precedentemente evidenziato. La situazione descritta suggerisce l'urgenza di predisporre azioni che invertano il trend di crescita dei nitrati nelle acque sotterranee.

Il documento approvato nel novembre 2002 dalla Giunta Provinciale **“Proposte di provvedimenti volti alla riduzione delle concentrazioni di nitrati nelle acque sotterranee e alla riduzione del consumo idrico, nella provincia di Modena”** (consultabile sul sito internet www.provincia.modena.it – Ambiente – Acqua, aria, energia, gas, rumore, scarichi), con l'obiettivo di definire una serie di azioni di riferimento (direttive, normativo-vincolistiche e di intervento) per le competenze locali sugli aspetti qualitativi e quantitativi della risorsa (tema nitrati e risparmio idrico), potrà trovare la naturale traduzione ed implementazione nel Piano Provinciale di Tutela delle Acque in fase di predisposizione.