

## **REPORT SULLE ACQUE SOTTERRANEE DELLA PROVINCIA DI MODENA**



**ANNO 2007**

**A cura di:**

Anna Maria Manzieri

Paola Bonini

**Con la collaborazione di:**

Franca Bottazzi

Daniela Corradini

Loretta Venturi

Servizio Sistemi Ambientali Sezione Provinciale di Modena

## INDICE

Premessa	4
La rete di monitoraggio	5
Qualità delle acque rilevata dalla rete	7
Caratterizzazione idrochimica delle acque di falda	8
Metodologia applicata per la classificazione delle acque sotterranee	12
Lo stato qualitativo delle acque sotterranee	15
Classificazione quantitativa	18
Stato ambientale delle acque sotterranee (SAAS)	21
Allegato 1	23

## PREMESSA

Nella presente relazione vengono rappresentati in modo sintetico, i dati relativi all'attività di monitoraggio delle acque sotterranee in provincia di Modena, per l'anno 2007.

Il quadro conoscitivo di riferimento, costituito dal Piano di Tutela delle acque della Regione Emilia-Romagna, viene ogni anno implementato ed aggiornato con i risultati della fase di monitoraggio a regime, col fine di evidenziare le tendenze in atto e di valutare gli scostamenti dagli obiettivi individuati a livello nazionale e regionale, fornendo il supporto conoscitivo necessario per la pianificazione a livello provinciale delle azioni da intraprendere per il risanamento e la tutela dei corpi idrici.

Il quadro normativo di governo delle acque, risulta ad oggi, in significativa evoluzione. Il Piano di Tutela delle Acque regionale, è stato predisposto sulla base del D.Lgs. 152/99, che oggi risulta formalmente superato dal D.Lgs. 152/06. Tale Normativa Nazionale dovrebbe costituire il recepimento della Direttiva Quadro 2000/60/CE. In attesa dell'emanazione degli allegati contenenti le nuove procedure tecniche per l'applicazione della Direttiva, il D.Lgs. 152/99 rimane ad oggi l'unico riferimento per l'elaborazione e la classificazione dei dati, per la verifica del raggiungimento degli obiettivi del P.T.A. al 2016.

Pertanto sia i monitoraggi, che l'elaborazione dei dati ottenuti, continuano ad essere eseguiti secondo i criteri del "vecchio" D.Lgs 152/99.

## LA RETE DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio delle acque sotterranee nella provincia di Modena è attivo 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 ha subito una profonda revisione che ha comportato una ridistribuzione dei punti di misura secondo i seguenti criteri principali:

- 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 in provincia di Modena è costituita da 63 pozzi inseriti nella rete Regionale (I grado), integrati da una rete di dettaglio Provinciale (II grado) costituita da 12 pozzi (revisione effettuata per l'anno 2005). La sovrapposizione dei punti di misura alla sezione idrostratigrafica ha permesso, per singolo pozzo, l'attribuzione del gruppo acquifero monitorato (Figura 1). Nella tabella sottoriportata sono indicati i pozzi suddivisi per gruppo/complesso acquifero.

Gruppo acquifero	N°
A	57
A+B	7
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 del 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 e 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.). E' stata inoltre effettuata la classificazione chimica, quantitativa ed ambientale seguendo il modello definito nell'allegato 1 del D.Lgs. 152/99.

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.

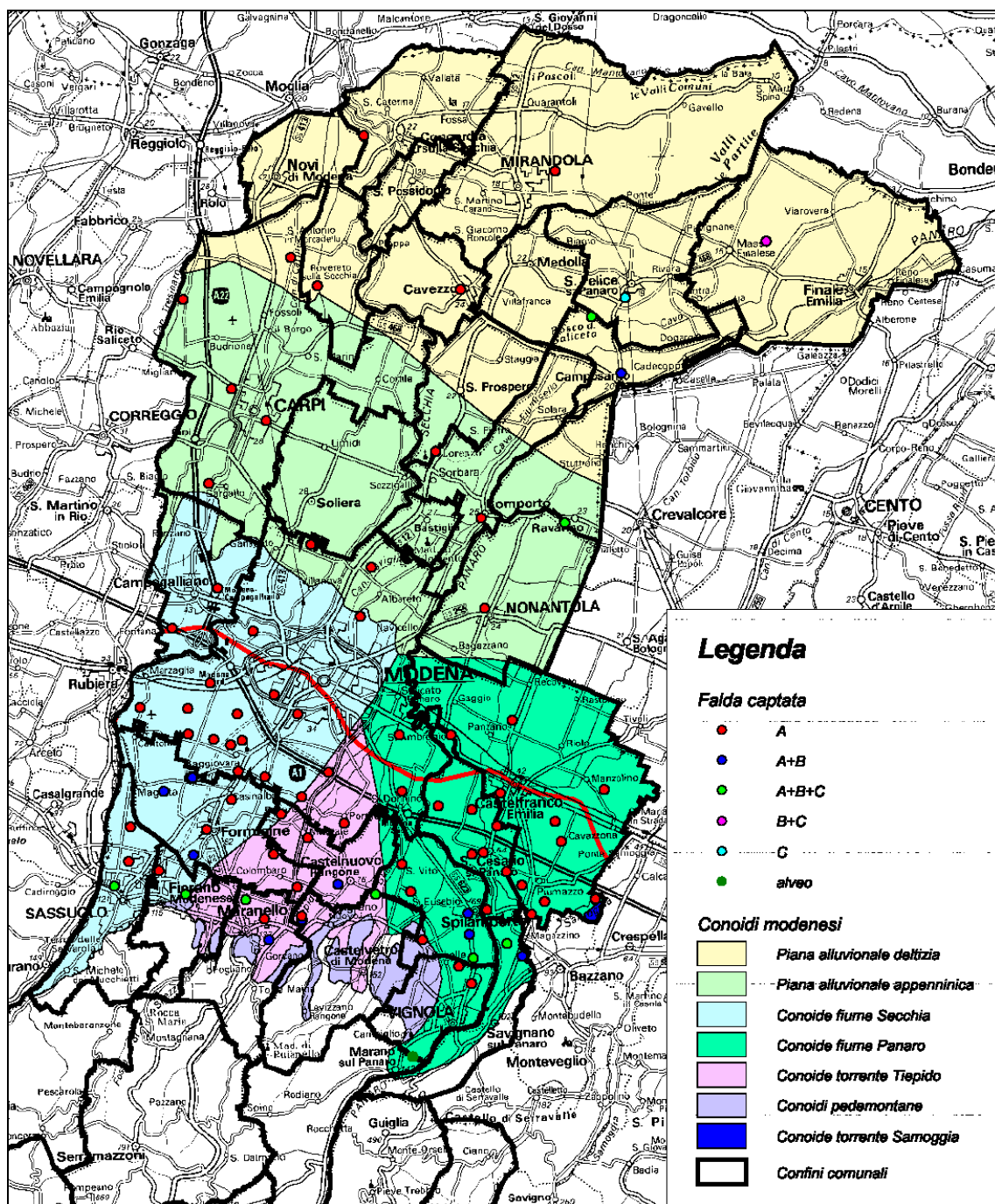


Figura 1 – Rete di monitoraggio e acquiferi captati.

## QUALITÀ DELLE ACQUE RILEVATA DALLA RETE

L'obiettivo prioritario della rete di monitoraggio delle acque sotterranee a livello regionale è connesso alla classificazione delle acque sotterranee in base ai criteri definiti nel D.Lgs. 152/99 e alla valutazione degli effetti indotti dal Piano di Tutela delle Acque previsto dagli strumenti normativi.

Anche lo screening analitico è stato differenziato aumentando il carico di analisi per una parte di stazioni ritenute maggiormente rappresentative degli acquiferi monitorati e diminuendo al contempo alcune misure nei punti dove non si è mai verificata contaminazione antropica.

I parametri analizzati a seconda dello spettro analitico da adottare sono indicati nella Tabella 1.

Semplificato	Temperatura (°C)	Fenoli (µg/l)	Esteso
	pH	Pesticidi totali (µg/l)	
	Durezza totale (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	- Alador (µg/l)	
	Conducibilità elettrica (µS/cm a 20°C)	- Atrazina (µg/l)	
	Bicarbonati (mg/l)	- Clorpirifos (µg/l)	
	Calcio (mg/l)	- Diuron (µg/l)	
	Cloruri (mg/l)	- Isoproturon (µg/l)	
	Magnesio (mg/l)	- Linuron (µg/l)	
	Potassio (mg/l)	- Metolador (µg/l)	
	Sodio (mg/l)	- Molinate (µg/l)	
	Solfati (mg/l) come SO <sub>4</sub>	- Oxadiazon (µg/l)	
	Nitrati (mg/l) come NO <sub>3</sub>	- Propanil (µg/l)	
	Nitriti (mg/l) come NO <sub>2</sub>	- Simazina (µg/l)	
	Ossidabilità (Kubel)	- Terbutiazina (µg/l)	
	Ione ammonio (mg/l) come NH <sub>4</sub>	- Trifluralin (µg/l)	
	Ferro (µg/l)	- Tiobencarb (µg/l)	
	Manganese (µg/l)	Metilterbutiletere (µg/l)	
	Arsenico (µg/l)	Etilterbutiletere (µg/l)	
	Boro (µg/l)	Altre Sostanze pericolose Decisione 2455/2001/CE	
	Cromo tot. (µg/l)	Alluminio (µg/l)	Completo
	Fluoruri (µg/l)	Antimonio (µg/l)	
	Nichel (µg/l)	Argento (µg/l)	
	Piombo (µg/l)	Bario (µg/l)	
	Rame (µg/l)	Berillio (µg/l)	
	Zinco (µg/l)	Cadmio e composti (µg/l)	
	Escherichia Coli (UFC)	Cromo VI (µg/l)	
	Aereomonas (UFC)	Mercurio e composti (µg/l)	
Parzialmente semplificato	Composti alifatici alogenati totali (µg/l)	Selenio (µg/l)	
	- 1,2-dicloroetano (µg/l)	Benzene (µg/l)	
	- Trielina (µg/l)	Cianuri (µg/l)	
	- Percloroetilene (µg/l)	IPA totali (µg/l)	
	- Tetracloruro di Carbonio (µg/l)	Cloruro di vinile (µg/l)	
	- Cloroformio (µg/l)		
	- Metilcloroformio (µg/l)		
	- Diclorobromometano (µg/l)		
	- Dibromoclorometano (µg/l)		

**Tabella 1** – Screening analitici da effettuare per ciascun gruppo di pozzi.

L'analisi idrochimica delle acque di falda viene effettuata attraverso la valutazione delle distribuzioni areali dei parametri monitorati, che descrivono il chimismo di base dell'acquifero, e di alcune sostanze inquinanti di origine antropica che influiscono in modo significativo sulla qualità dell'acquifero; viene eseguita, inoltre, anche la misura del livello piezometrico al fine di valutarne gli aspetti quantitativi.

## CARATTERIZZAZIONE IDROCHIMICA DELLE ACQUE DI FALDA

Di seguito si riportano le descrizioni delle distribuzioni spaziali dei principali parametri analizzati e le rappresentazioni cartografiche maggiormente rappresentative dell'acquifero modenese. Le rappresentazioni cartografiche riguardanti la distribuzione areale dei diversi parametri indagati sono riportate in Allegato 1.

### Temperatura

Si rileva una contenuta escursione termica, indice di un buon equilibrio dinamico degli acquiferi profondi. La variazione termica rilevata nel 2007 oscilla da un minimo di 13°C ad un massimo di 20°C, coerentemente con quanto rilevato negli anni passati (Figura 19).

### Conducibilità elettrica specifica

Indice del contenuto salino delle acque (Figura 20), differenzia chiaramente le aree influenzate dal fiume Secchia (1.000-1.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) da quelle alimentate dal fiume Panaro (600-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Gli alti valori di salinità riferiti alla bassa pianura (fino a oltre 1.600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 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 (40-60°F) nella conoide del fiume Secchia è causata dalla permeazione delle acque salso-solfate di Poiano, mentre nella zona intermedia dell'alta pianura si segnalano concentrazioni ancora più rilevanti per effetto dell'azione della  $\text{CO}_2$  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 (30-40° 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 55 °F), riconducibili ad acque evolute che nel tempo, a seguito di processi di scambio ionico, hanno subito modificazioni della facies idrochimica (Figura 21).

### Solfati e Cloruri

Questi due parametri presentano un andamento analogo (Figura 22 e Figura 23), direttamente correlabile all'alimentazione e all'idrochimica fluviale dei due corpi idrici superficiali principali (fiume Secchia: Solfati maggiori di 120-200 mg/l e Cloruri maggiori di 100-120 mg/l; fiume Panaro: Solfati al di sotto degli 80 mg/l e Cloruri inferiori a 40 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 100-180 mg/l, Cloruri 80-180 mg/l).

### Sodio e Potassio

L'andamento delle isocone del sodio riflette quanto osservato per i cloruri (Figura 24). 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 40 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.

Il contenuto di Potassio nelle acque sotterranee si attesta su valori medi di 1,5-2,5 mg/l, con valori massimi difficilmente superiori ai 6 mg/l. L'andamento delle isocone risulta comunque irregolare e scarsamente significativo (Figura 25).

### 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 chimico" e 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 (Figura 26). 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).

Nel territorio modenese la presenza di nitrati nella falda acquifera risulta oggi il principale elemento antropico di scadimento qualitativo delle acque sotterranee, interferendo sull'utilizzo della risorsa ai fini acquedottistici.

Nonostante il problema dell'incremento dei nitrati nelle falde sia stato riconosciuto già dal 1989 e gli organi istituzionali regionali e provinciali abbiano elaborato proposte di Piani per il risanamento di aree ad elevato rischio ambientale, la questione risulta, ancora ad oggi, in generale continuo peggioramento.

Il confronto con gli andamenti delle isocone dei nitrati rilevati negli anni precedenti mostra una leggera regressione del fronte dei 25 mg/l rispetto al 2006, nell'area sud-ovest di Modena in corrispondenza dei campi acquiferi di Cognento, e nell'area compresa tra la conoide del fiume Panaro e del torrente Samoggia. Rispetto al 2006 il fronte dei 50 mg/l tende a spostarsi maggiormente verso ovest nella conoide del fiume Secchia, ampliando l'areale con concentrazioni superiori al limite di potabilità, e verso il nord-ovest nei pressi del confine bolognese. L'analisi su un arco temporale più ampio, dal 1994 al 2007 (Figura 27 e Figura 28), evidenzia l'incremento critico dei nitrati verso l'area di media pianura, mostrando con indubbia chiarezza uno scadimento qualitativo durante questo periodo.

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 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 (Figura 30).

### 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 (Figura 31 e Figura 32). 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, il ferro conferisce un sapore metallico astringente. La valutazione congiunta della distribuzione spaziale dei due parametri indica una loro non correlazione, sebbene entrambi si mobilitino 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 piana alluvionale appenninica e deltizia.

### 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. Nell'area pedecollinare nell'intorno di Sassuolo, la situazione appare stazionaria, attestandosi il Boro sugli stessi valori del 2006 (Figura 33).

### Composti organo-alogenati volatili.

Se ne evidenzia una distribuzione pressoché ubiquitaria nella zona pedecollinare (Figura 34), causata, in un'area ad elevata permeabilità, dall'intensa pressione antropica di diffusi insediamenti industriali-artigianali. Per l'anno 2007 si riscontra un restringimento dell'area interessata dall'inquinamento di composti organo-alogenati rispetto a quanto rilevato nel 2006, in particolare si segnala la presenza di tricloroetilene e tetracloroetilene (Figura 35 e Figura 36).

### Metalli

La ricerca di numerosi metalli quali Cadmio, Cromo, Cobalto, Nichel, e Mercurio ha evidenziato in alcuni casi la presenza a livelli di concentrazione inferiori al valore soglia della tabella 20 dell'allegato 1 del D.Lgs. 152/99 e della tabella dell'allegato 5 del D.Lgs. 152/06 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 µg/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 oltre 80 principi attivi nelle acque sotterranee della rete Regionale oltre che sui pozzi di alimentazione acquedottistica presenti nel territorio provinciale, per il 2007 non ha evidenziato la presenza di fitofarmaci, in concentrazione superiore al limite di rilevabilità strumentale, in nessun pozzo della rete regionale.

### IPA e fenoli

Non si è evidenziata la presenza di Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) e di fenoli in nessun pozzo della rete di monitoraggio.

# METODOLOGIA PER LA CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

La classificazione delle acque sotterranee prevede una classificazione qualitativa che utilizza dei parametri di base e addizionali, una classificazione quantitativa derivante dalle oscillazioni del livello di falda e una classificazione ambientale data dalla sovrapposizione dei precedenti indici.

## LA CLASSIFICAZIONE QUALITATIVA

Ai fini della classificazione qualitativa 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 2; 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 <sub>3</sub>	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	
Solfati	µg/L di SO <sub>4</sub>	≤ 25	≤ 250	≤ 250	>250	>250
Ione ammonio	µg/L di NH <sub>4</sub>	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,5	>0,5	>0,5

**Tabella 2** - 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 dei parametri addizionali riportati nella sottostante tabella.

Inquinanti inorganici	µg/l	Inquinanti organici	µg/l
Alluminio	≤ 200	Composti alifatici alogenati totali	10
Antimonio	≤ 5	di cui	
Argento	≤ 10	- 1,2-dicloroetano	3
Arsenico	≤ 10	Pesticidi totali (1)	0,5
Bario	≤ 2000	di cui	
Berillio	≤ 4	- aldrin	0,03
Boro	≤ 1000	- dieldrin	0,03
Cadmio	≤ 5	- eptacoloro	0,03
Cianuri	≤ 50	- eptacoloro epossido	0,03
Cromo totale	≤ 50	Altri pesticidi individuali	0,1
Cromo VI	≤ 5	Acetilamide	0,1
Ferro	≤ 200	Benzene	1
Fluoruri	≤ 1500	Cloruro di vinile	0,5
Mercurio	≤ 1	IPA totali (2)	0,1
Nichel	≤ 20	Benzo (a) pirene	0,01
Nitriti	≤ 500		
Piombo	≤ 10		
Rame	≤ 1000		
Selenio	≤ 10		
Zinco	≤ 3000		

**Tabella 3** – Parametri addizionali.

Il superamento della soglia individuata per ogni singolo inquinante, sia esso inorganico od organico, determina il passaggio alla classe 4 a meno che non sia accertata, per i soli parametri inorganici, l'origine naturale che determina la classe 0.

Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche;
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche
Classe 3	Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione;
Classe 4	Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti;
Classe 0 (*)	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della classe 3

(\*) per la valutazione dell'origine endogena delle specie idrochimiche presenti dovranno essere considerate anche le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

**Tabella 4** – Classificazione chimica dei corpi idrici sotterranei.

## LA CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA

La classificazione quantitativa si basa sulle alterazioni misurate o previste delle condizioni di equilibrio idrogeologico. In Tabella 5 sono riportate le 4 classi che definiscono lo stato quantitativo. Dalle definizioni risulta evidente l'importanza che riveste, per il mantenimento delle condizioni di sostenibilità nell'utilizzo della risorsa sul lungo periodo, la conoscenza dei termini che concorrono alla definizione del bilancio idrogeologico dell'acquifero, comprendendo tra questi quello dovuto agli emungimenti e quello rappresentativo dell'impatto antropico, nonché la conoscenza delle caratteristiche intrinseche e di potenzialità dell'acquifero.

Per la classificazione quantitativa viene fatto riferimento alle serie storiche di dati piezometrici relative alla rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee, che insiste sul territorio regionale dal 1976. Attraverso le serie storiche è stato possibile calcolare il trend della piezometria e successivamente attraverso il coefficiente di immagazzinamento è stato calcolato il deficit idrico o il surplus idrico di una porzione areale di territorio di 1 kmq all'interno del quale ricade il pozzo. Sono stati classificati in classe A i pozzi o celle aventi un surplus idrico o deficit idrico nullo, in classe B quelli con deficit idrico fino a 10.000 mc/anno e in classe C quelli con deficit idrico superiore. L'anno di riferimento per la classificazione quantitativa è il 2002.

<b>Classe A</b>	L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.
<b>Classe B</b>	L'impatto antropico è ridotto, vi sono moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico, senza che tuttavia ciò produca una condizione di sovrasfruttamento, consentendo un uso della risorsa e sostenibile sul lungo periodo.
<b>Classe C</b>	Impatto antropico significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa evidenziata da rilevanti modificazioni agli indicatori generali sopraesposti <sup>(1)</sup> .
<b>Classe D</b>	Impatto antropico nullo o trascurabile, ma con presenza di complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica.

(1) nella valutazione quantitativa bisogna tener conto anche degli eventuali surplus incompatibili con la presenza di importanti strutture sotterranee preesistenti.

**Tabella 5** – Classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei.

Viste le lunghe serie storiche di dati utilizzate nella classificazione quantitativa e considerando che il sistema acque sotterranee risulta sufficientemente inerziale, si considera l'elaborazione aggiornata con i dati al 2005, valida anche per l'anno 2007.

## LA CLASSIFICAZIONE AMBIENTALE

La classificazione ambientale delle acque sotterranee è definita dalle cinque classi riportate in Tabella 6 e prevede la valutazione integrata delle misure quantitative (livello piezometrico, portate delle sorgenti o emergenze naturali delle acque sotterranee) e delle misure qualitative (parametri chimici).

Lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici sotterranei è definito sulla base di cinque classi come riportato in Tabella 7.

Di seguito si riportano le combinazioni fra classificazione qualitativa (classi da 0 a 4) e quantitativa (A, B, C, D) che definiscono lo stato ambientale.

Stato elevato	Stato buono	Stato sufficiente	Stato scadente	Stato particolare
1 – A	1 - B	3 - A	1 – C	0 – A
	2 – A	3 – B	2 – C	0 – B
	2 – B		3 – C	0 – C
			4 – C	0 – D
			4 – A	1 – D
			4 – B	2 – D
				3 – D
				4 – D

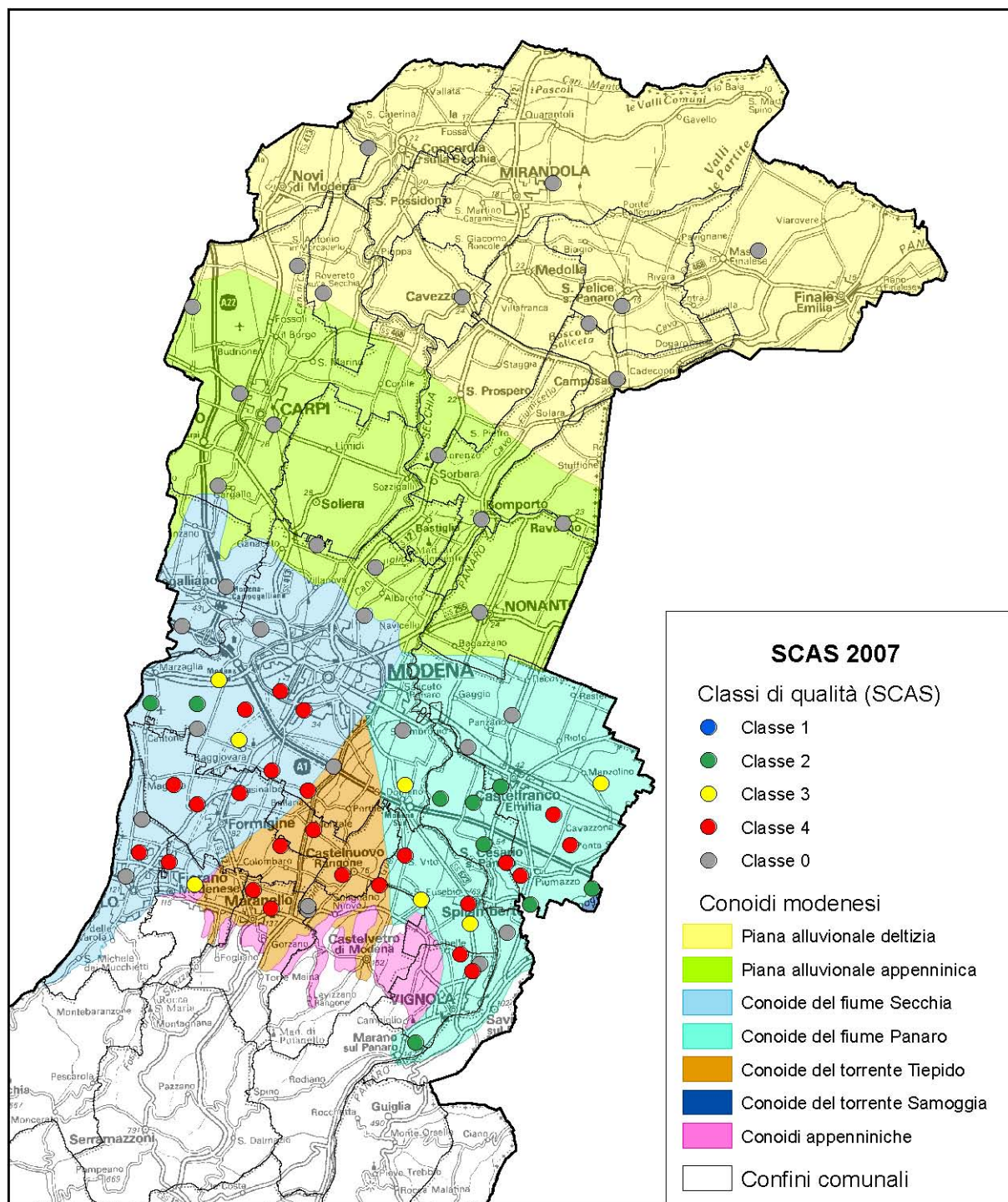
**Tabella 6** - Stato ambientale (quali-quantitativo) dei corpi idrici sotterranei.

ELEVATO	Impatto antropico nullo o trascurabile sulla qualità e quantità della risorsa, con l'eccezione di quanto previsto nello stato naturale particolare;
BUONO	Impatto antropico ridotto sulla qualità e/o quantità della risorsa;
SUFFICIENTE	Impatto antropico ridotto sulla quantità, con effetti significativi sulla qualità tali da richiedere azioni mirate ad evitarne il peggioramento;
SCADENTE	Impatto antropico rilevante sulla qualità e/o quantità della risorsa con necessità di specifiche azioni di risanamento;
NATURALE PARTICOLARE	Caratteristiche qualitative e/o quantitative che pur non presentando un significativo impatto antropico, presentano limitazioni d'uso della risorsa per la presenza naturale di particolari specie chimiche o per il basso potenziale quantitativo.

**Tabella 7** – Definizioni dello stato ambientale per le acque sotterranee.

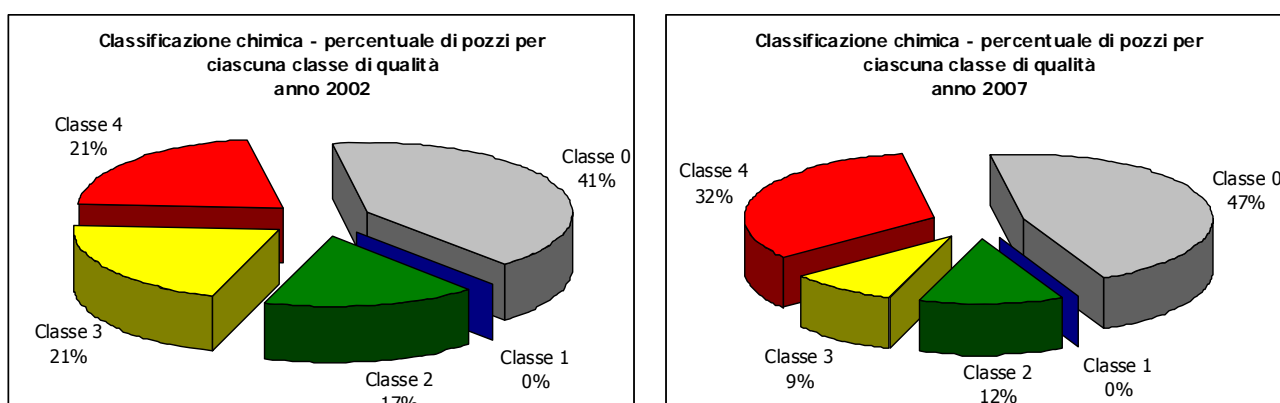
## LO STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In base ai criteri sopraenunciati, sono stati elaborati i dati relativi all'anno 2007. L'elaborazione dello stato chimico è stata effettuata utilizzando il metodo per punti, ossia classificando ciascun pozzo appartenente sia alla Rete Regionale che alla Rete Provinciale sulla base della media dei due prelievi annuali (Figura 2).



**Figura 2** – Classificazione chimica delle acque sotterranee della provincia di Modena.

Lo stato qualitativo complessivo delle acque della pianura modenese è stato rappresentato, mediante un diagramma a torta riferito al 2007 a confronto con l'anno 2002, anno di riferimento.



**Figura 3** – Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale appartenenti a ciascuna classe di qualità – anni 2002 e 2007.

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.

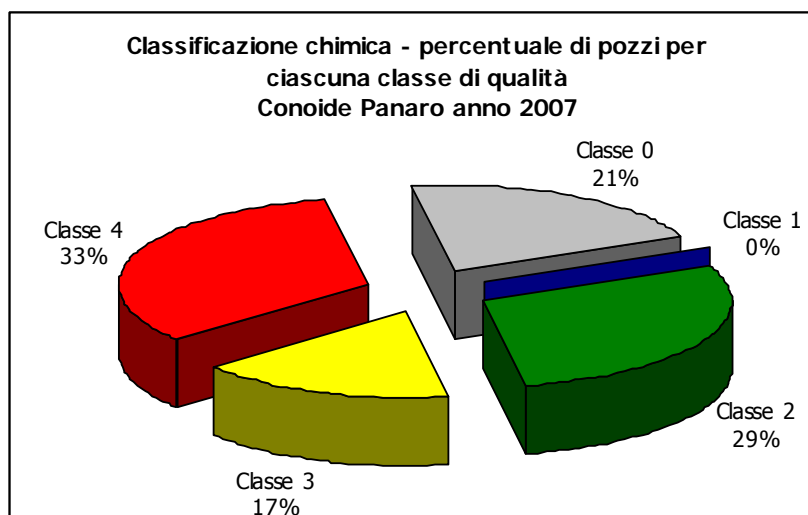
Nella pianura alluvionale appenninica e padana, la falda presenta caratteristiche riducenti tali da presentare alti valori di manganese, ferro e ione ammonio in tutte le parti del territorio. L'Arsenico è presente naturalmente nella piana alluvionale appenninica tra i comuni di Bomporto, Ravarino e Carpi. Tale situazione idrogeologica classifica la quasi totalità dei pozzi presenti nella piana alluvionale appenninica e deltizia in classe 0.

Nel territorio modenese, nonostante il carico azotato risulti particolarmente elevato e determinante nella classificazione qualitativa delle acque sotterranee, la presenza di nitrati non rappresenta l'unico elemento di scadimento della risorsa idrica sotterranea: in area pedecollinare si riscontrano puntualmente superamenti delle concentrazioni dei composti organo-alogenati totali. Per quanto riguarda gli altri parametri addizionali, essi risultano avere concentrazioni quasi sempre inferiori al limite normativo.

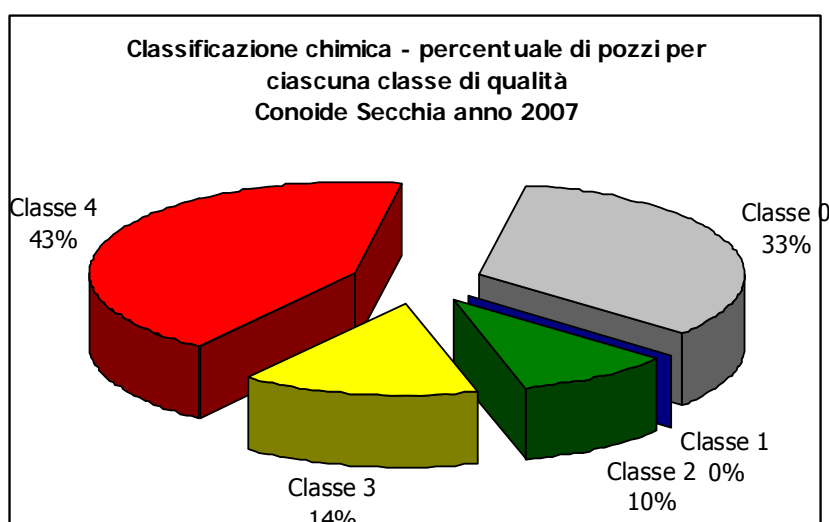
Analizzando la qualità delle acque sotterranee per singola conoide emerge uno stato qualitativo significativamente migliore della conoide del fiume Panaro (Figura 4) rispetto alla conoide del fiume Secchia (Figura 5). Per la conoide del fiume Panaro poco meno del 30% dei punti è classificato in classe 2, mentre per la conoide del fiume Secchia solo il 10% dei pozzi si classifica con qualità buona; è classificato in classe 3 il 17% dei punti per la conoide del Panaro e il 14% per la conoide del Secchia. Significativa risulta la presenza di pozzi in classe 4: nella conoide del Secchia raggiunge il 43%, mentre per la conoide del Panaro si attesta ad un 33%. La presenza dei pozzi in classe 0 dovuti alla presenza di Manganese e Ferro rappresentano rispettivamente il 21% e il 33% nelle conoidi di Panaro e Secchia.

Completamente differente risulta la situazione nella conoide del torrente Tiepido (Figura 6), in cui si registra una situazione qualitativa scadente, con il 70% dei pozzi in classe 4 e il restante 30% in classe 0. Le oscillazioni di percentuali nelle differenti classi di qualità sono dovute a concentrazioni parametriche al limite tra una classe e l'altra, che a seconda delle condizioni degli acquiferi possono essere classificati in classi diverse.

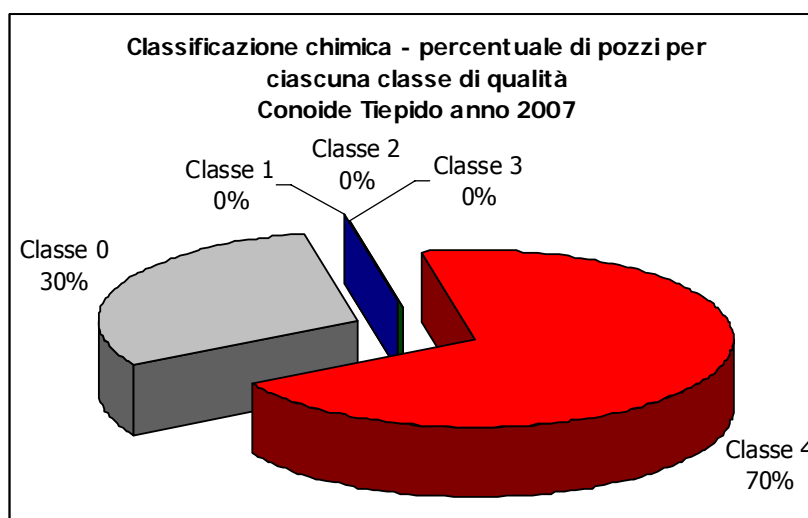




**Figura 4** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale ricadenti nella conoide del fiume Panaro, appartenenti a ciascuna classe di qualità.



**Figura 5** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale ricadenti nella conoide del fiume Secchia, appartenenti a ciascuna classe di qualità.



**Figura 6** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale ricadenti nella conoide del torrente Tiepido, appartenenti a ciascuna classe di qualità.

## **CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA**

### **EVOLUZIONE PIEZOMETRICA**

Le rappresentazioni cartografiche riportate si riferiscono sia alla misura del livello piezometrico, riferito al livello del mare, che alla soggiacenza, in questo caso la misura del livello di falda è riferita al piano campagna (Figura 15 e Figura 18 in allegato).

Ad integrazione delle carte tematiche di piezometria e soggiacenza, sono state elaborate due carte di confronto fra l'anno 2005, 2006 e 2007 delle isopieze dei 35 e dei 40 m. Dalle due carte si rileva un lieve avanzamento del fronte dei 35 metri, più marcato in prossimità della città di Modena ed un arretramento nel settore est del comune di Castelfranco Emilia. Per la curva di isolivello dei 40 metri, si registra un lieve arretramento verso la pedecollina nel settore est nella conoide del fiume Panaro (Figura 16 e Figura 17 in allegato).

### **VARIAZIONE PIEZOMETRICA**

Dall'analisi relativa alla variazione piezometrica (Figura 7) viene messo in evidenza come ampie zone della conoide del fiume Panaro presentino un surplus idrico; l'area compresa tra i comuni di Spilamberto e S. Cesario presenta un marcato abbassamento della falda, mentre tra Castelfranco E. e Modena la variazione piezometrica evidenzia un lieve abbassamento del livello dell'acquifero.

Per quanto attiene la conoide del fiume Secchia e del torrente Tiepido, si segnala un marcato abbassamento della falda acquifera in un'ampia porzione di territorio che va da Formigine a Rubiera e un lieve abbassamento nei territori circostanti. Al contrario, nella conoide del Tiepido e nel ventaglio terminale della conoide del fiume Secchia, si registra un innalzamento più o meno marcato della falda.

L'ubicazione dei più significativi prelievi acquedottistici conferma i consistenti prelievi nel territorio ad ovest del centro abitato di Modena, dove insistono i campi acquiferi di Cognento (circa 20.000.000 mc/anno) e Marzaglia (10.000.000 mc/anno). Rilevanti risultano anche i prelievi dei pozzi acquedottistici ubicati a Castelfranco (oltre 7.000.000 mc/anno), Formigine (6.800.000 mc/anno), S. Cesario (5.600.000 mc/anno) e Sassuolo (oltre 5.000.000 mc/anno).

La variazione piezometrica dell'area di bassa pianura mostra, nell'area occidentale del territorio reggiano, un trend di abbassamento dei livelli piezometrici, contrariamente a quanto rilevato nel settore orientale, ove si evidenzia un innalzamento della piezometria nel trend di lungo periodo. I prelievi ad uso acquedottistico da falda sono sostanzialmente assenti.

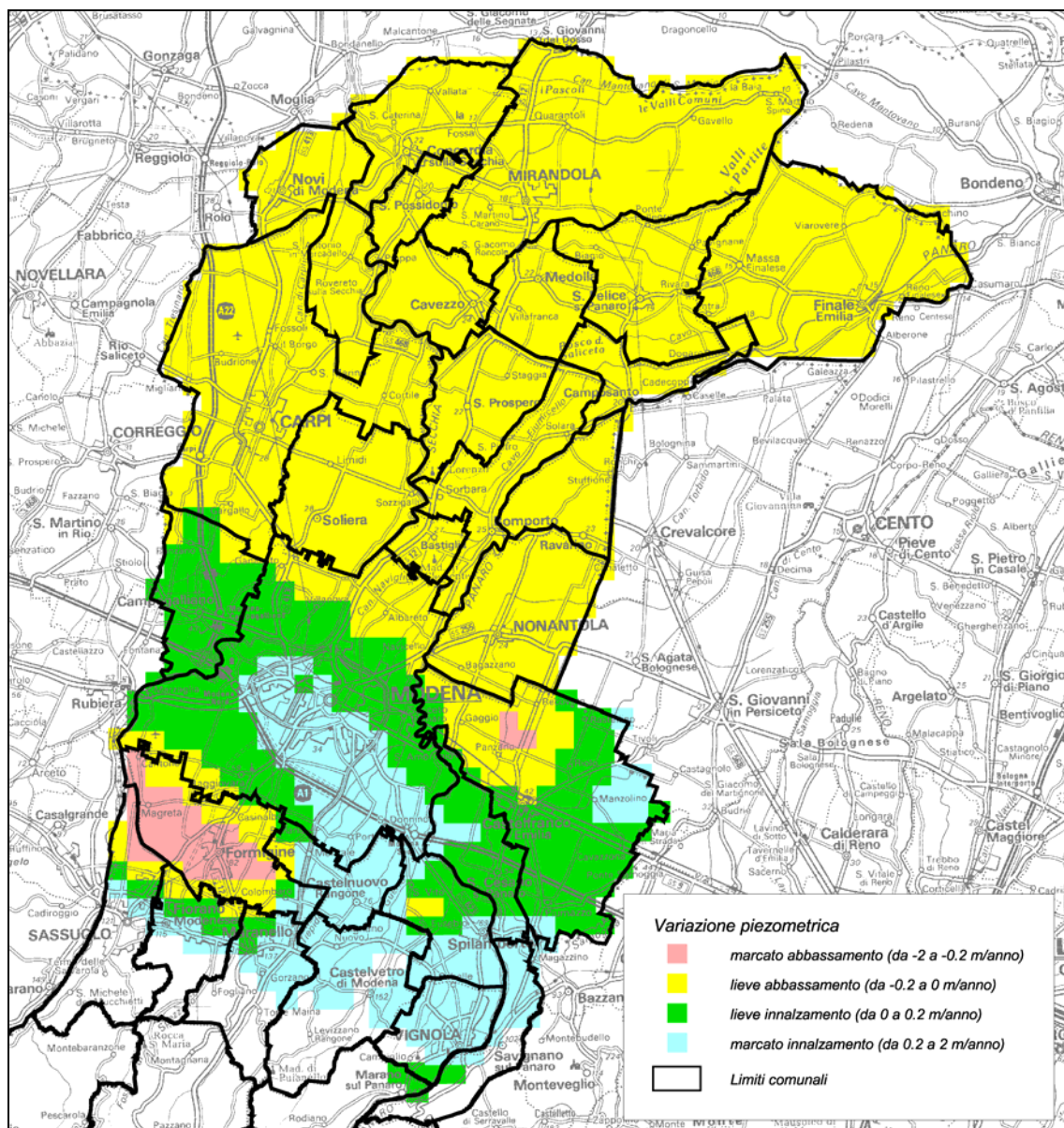


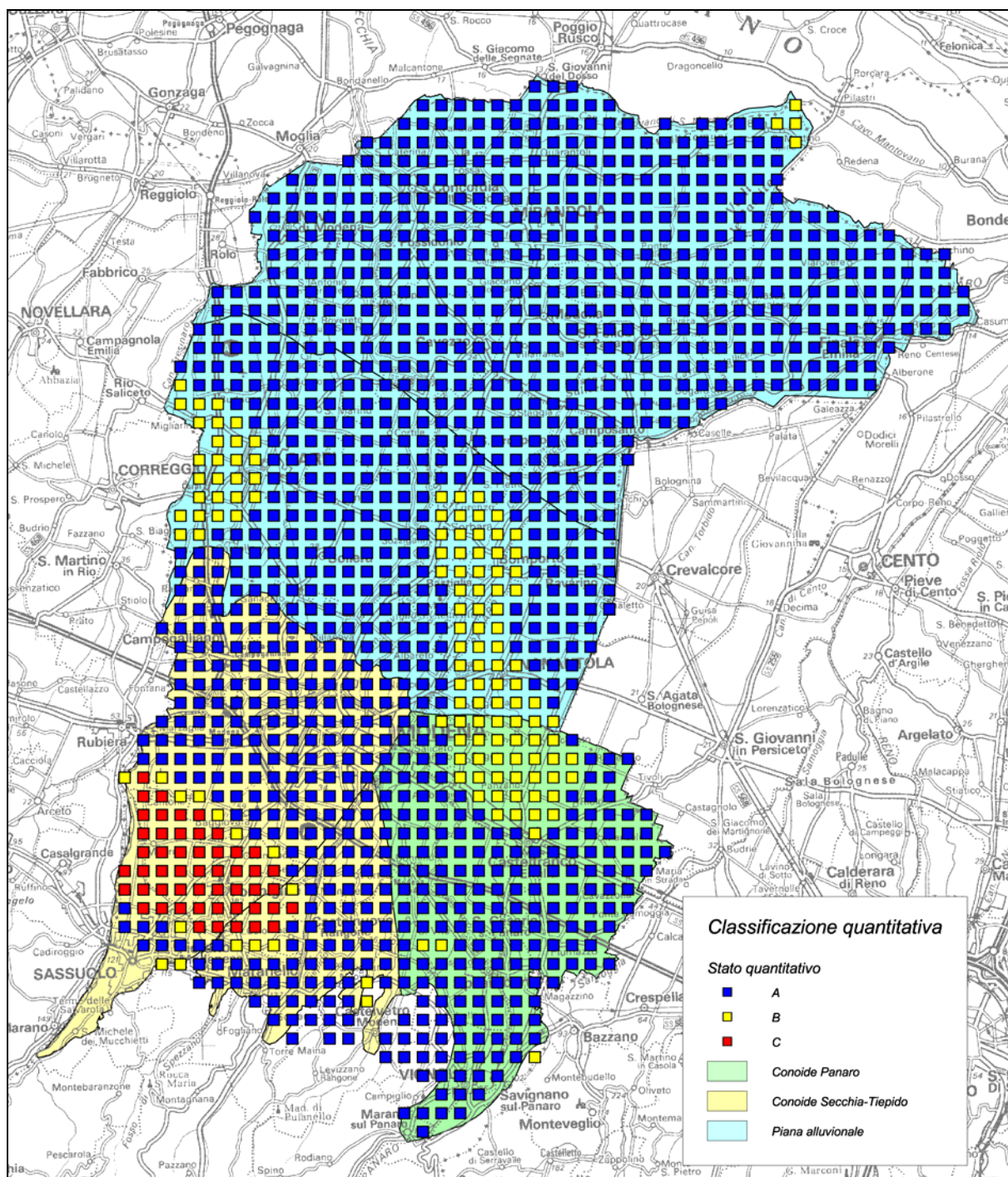
Figura 7 – Variazione piezometrica.

### LA CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA

La classificazione quantitativa in termini di deficit e surplus idrico, rispecchia l'elaborazione spaziale della variazione piezometrica. Di conseguenza dalla classificazione quantitativa (Figura 8) emerge che per la maggior parte della conoide del fiume Panaro si registra una buona condizione di equilibrio idrogeologico (classe A), che identifica un buon bilanciamento tra emungimenti e velocità di ravvenamento della falda acquifera.

Nell'area compresa tra Castelfranco e Modena, a nord della via Emilia e in una piccola area in corrispondenza della località di S. Vito, si rilevano moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico (classe B).





**Figura 8–** Classificazione quantitativa.

Anche per le conoidi del fiume Secchia e del torrente Tiepido la classificazione quantitativa rispecchia l'elaborazione spaziale della variazione piezometrica, mettendo in risalto un forte deficit idrico (classe C) in un vasto areale in apice di conoide del fiume Secchia tra i comuni di Fiorano, Formigine e Magreta, meno accentuato verso l'area nord-ovest della conoide (classe B). Nel restante territorio, l'impatto antropico risulta trascurabile o nullo con un buon bilanciamento tra emungimenti e velocità di ravvenamento della falda acquifera (classe A).

La classificazione quantitativa della piana alluvionale appenninica e padana non rileva problematiche di abbassamenti della falda e di deficit idrici; la quasi totalità dell'area viene classificata a impatto nullo o trascurabile (classe A).

Dall'analisi complessiva del bilancio idrico nelle conoidi maggiori emerge che per il 2007 oltre l'80% del territorio della conoide del Panaro risulta classificato in classe A, circa un 16% in classe B.

Significativamente più critica risulta la situazione nella conoide del Secchia, con circa un 30% di territorio in deficit idrico (classi B e C).

## STATO AMBIENTALE DELLE ACQUE SOTTERRANEE (SAAS)

Di seguito si riporta la rappresentazione cartografica dello stato ambientale delle acque sotterranee derivante dalla sovrapposizione della classificazione chimica (stato qualitativo) e dello stato quantitativo della risorsa.

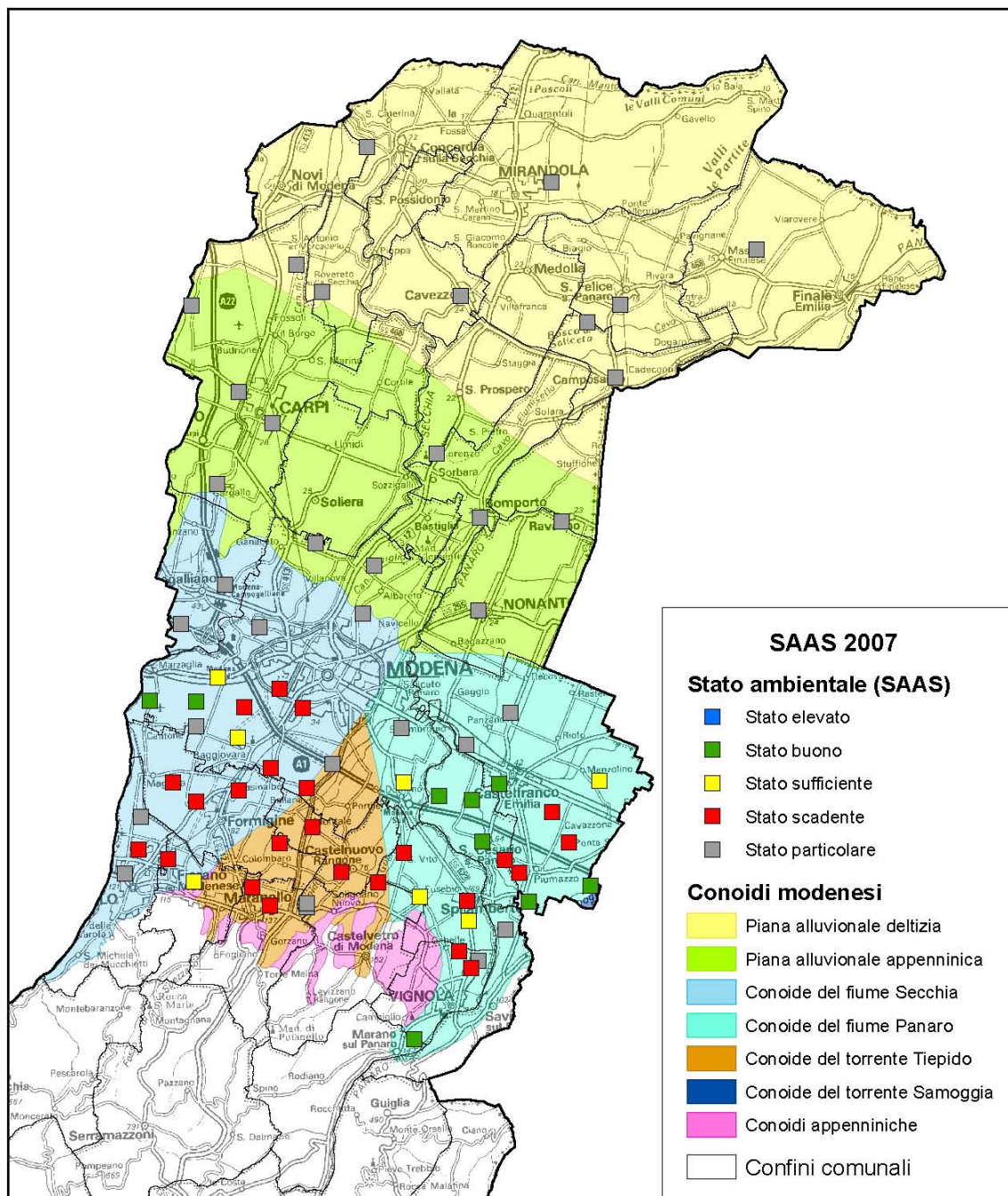
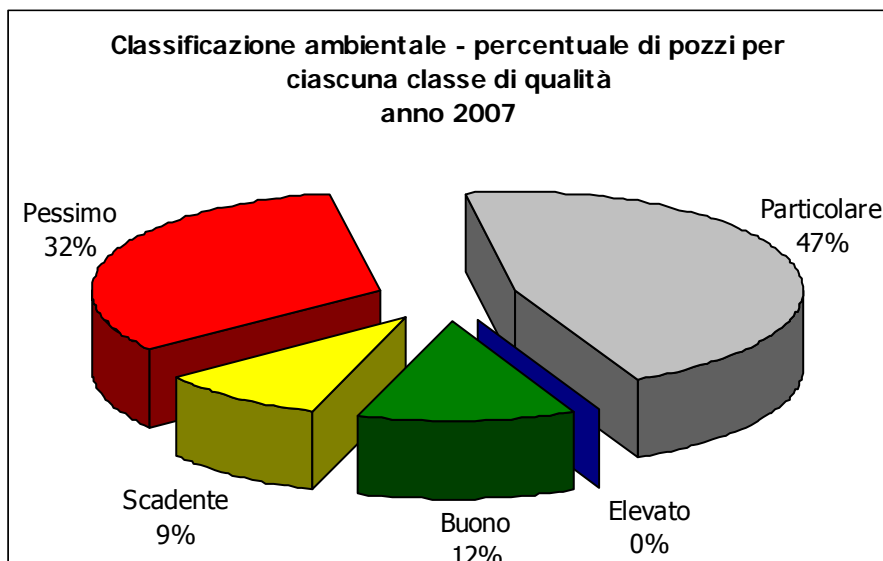


Figura 9– Stato ambientale.

La normativa, nella individuazione dello stato ambientale, considera prevalenti gli aspetti qualitativi delle acque, piuttosto che il ridotto disequilibrio idrogeologico (Figura 9).



**Figura 10** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale appartenenti a ciascuna classe di qualità – anno 2007

Lo stato ambientale delle acque sotterranee per l'anno 2007, evidenzia una esatta sovrapposizione con la classificazione chimica, in cui il 47% dei punti è classificato come *stato particolare*, il 12% *stato buono*, il 9% *stato scadente* e il 32% *stato pessimo*. L'elevata presenza di pozzi classificati come stato ambientale particolare è riconducibile al fatto che la totalità dei punti della piana alluvionale e deltizia sono naturalmente caratterizzati da acque con elevate concentrazioni di ferro, manganese e ammoniaca.