

20. - ANALISI DEL CHIMISMO DELLE ACQUE SOTTERRANEE REGIONALI ESTRATTE AI FINI POTABILI

20.1. - PREMessa

Il fabbisogno idrico potabile regionale è attualmente soddisfatto sia attraverso risorse idriche superficiali sia sotterranee, queste ultime provenienti dalle sorgenti extra-regionali di Caposele e Cassano Irpino e dalle falde idriche regionali.

I prelievi attuati dalle falde regionali nel periodo 2003÷2008 hanno fornito circa il 16% dei volumi idrici annui disponibili al consumo umano, attraverso un volume idrico annuo che è variato nell'intervallo 65÷110 Mm³ (tab. 20.1; PTA, 2009).

Attualmente l'Acquedotto Pugliese (AQP), gestore del servizio idrico integrato, dispone di 360 opere di captazione di acque sotterranee per il consumo umano, comprendenti sia pozzi in uso sia potenzialmente utilizzabili. Detta rete di pozzi si è via via costituita nel tempo in circostanze che non hanno consentito alla stessa di rispondere in pieno ad idonei criteri idrogeologici ed idraulici finalizzati alla salvaguardia della risorsa idrica sotterranea. In questo capitolo, prima di illustrare i risultati ottenuti dall'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte dagli acquiferi regionali per il potabile, si è quindi ritenuto necessario illustrare criticamente i fatti storici che hanno portato alla formazione dell'attuale rete di pozzi potabile. Il fine è quello di fornire indicazioni su auspicabili e future azioni da intraprendere per la corretta gestione delle acque sotterranee destinate al potabile e consentire che l'enorme bagaglio conoscitivo rinveniente dallo stravolgente numero di determinazioni

Tab. 20.1 - *Volume idrici disponibili per la regione Puglia ai fini potabili suddivisi per fonte di approvvigionamento (PTA, 2009);*
 - Water volumes available for human consumption in Apulia, subdivided by supply sources (PTA, 2009).

Fonte di approvvigionamento	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Mm ³ /anno	Mm ³ /anno	Mm ³ /anno	Mm ³ /anno	Mm ³ /anno	Mm ³ /anno
Invaso Occhito	56.59	57.25	58.18	57.33	58.16	56.09
Sorgenti Caposele Cassano Irpino	144.52	163.94	165.91	172.29	132.45	125.89
Invaso Locone	32.87	32.14	38.38	36.93	45.75	45.95
Invaso Pertusillo	102.14	113.53	113.93	113.30	110.30	107.17
Invaso Montecotugno	113.09	117.66	131.52	135.66	141.74	128.02
Falde regionali	109.17	91.03	69.87	64.69	77.00	99.65
Totale addotto in Puglia	558.39	575.55	577.80	580.21	565.40	562.76
Volumi ceduti ad altre regioni	34.21	35.19	34.41	36.97	35.22	35.76
Totale prodotto per la Puglia	524.17	540.37	543.39	543.24	530.19	527.00

chimiche attuate dal Servizio Igiene dell'AQP possa integrare le conoscenze circa i corpi idrici sotterranei in generale.

20.2 - STORIA DELLA RETE DI OPERE DI CAPTAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE REGIONALI ESTRATTE AI FINI POTABILI

I volumi idrici estratti dalle falde regionali provengono da raggruppamenti di pozzi denominati dall'AQP "comprensori". Il numero di pozzi impiegati o potenzialmente impiegabili è cresciuto notevolmente nel tempo, soprattutto tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90, durante la grave crisi idrica che ha interessato il territorio pugliese (cap. 7).

Nel 1970 il volume idrico annuo per il potabile proveniente dalle falde regionali era pari a circa 37,8 Mm³, mentre nel 1986, all'alba della crisi idrica, esso era pari a circa 60 Mm³ (tab. 20.2). Nel periodo 1970÷1986 si è dunque avuto un incremento del volume idrico annuo estratto dalle falde idriche regionali pari a circa 1,4 Mm³/anno. Detto incremento ha interessato soprattutto gli acquiferi cretacei del Salento e della Murgia, a causa della riduzione dei prelievi attuati dall'acquifero quaternario del Tavoliere di Foggia, che nel 1970 forniva circa 10 Mm³/anno mentre nel 1986, 2 Mm³/anno

Tab. 20.2 - *Prelievi di acque sotterranee per uso potabile dagli acquiferi pugliesi nel periodo 1970÷1995 (PRGA, 1995).*
 - Groundwater withdrawn for human consumption from Apulia aquifers in the period 1970÷1995 (PRGA, 1995).

Anno	Gargano (l/s)	Tavoliere (l/s)	Murgia (l/s)	Salento (l/s)	Totale (l/s)	Totale Mm ³
1970		300	350	550	1200	37.8
1986	29	62	545	1285	1921	60
1988	66	64	989	1849	2968	93.6
1990	63	72	1606	2470	4211	132.8
1993	63	72	1760	3020	4915*	155
1994			2015	2469	4484	141.4
1995			1090	2465	3555	112.1

* Portata media annua 1993 circa 4000 l/s (il valore 4915 l/s si riferisce al periodo estivo)

circa. A partire dal 1988, a causa della crisi idrica, i volumi di acqua sotterranea estratti annualmente per il potabile aumentavano vertiginosamente, e raggiunsero la punta massima di circa 155 Mm³ durante la stagione estiva del 1993 (PRGA, 1995), pari a circa il 260% di quanto si prelevava nel 1986 prima della crisi idrica. Il volume idrico annuo, in detto periodo, aumentava di circa 10 Mm³/anno, incremento quasi dieci volte superiore a quello registrato nel periodo 1970÷1986. Detta circostanza

era la diretta conseguenza della notevole riduzione dei volumi d'acqua presenti negli invasi che approvvigionavano la Puglia (fig. 20.1).

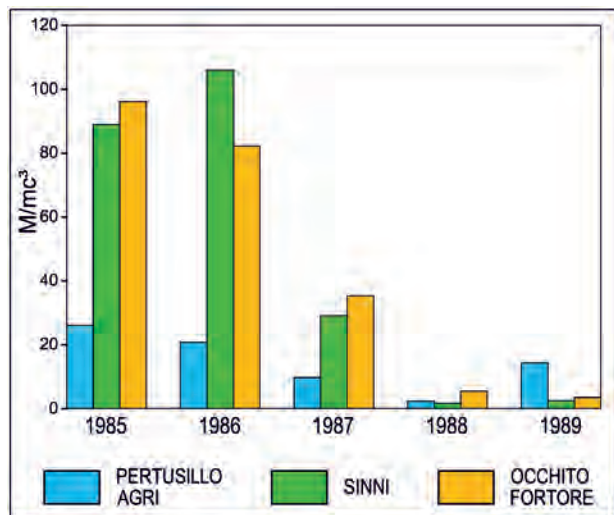


Fig. 20.1 - Confronto fra i volumi d'acqua presenti in taluni invasi che approvvigionavano la Puglia durante l'emergenza idrica del 1988 e 1989 con quelli degli anni precedenti. I dati sono tutti riferiti al mese di luglio.
- Comparison between the volume of water present in some reservoirs that their supplies of Apulia during the water emergency in 1988 and 1989 with those of previous years.
The data are all referred to the month of July.

L'incremento delle portate d'acqua estratte per il potabile che si sviluppava durante la crisi idrica avveniva attraverso la continua crescita del numero di pozzi. Solo nella Penisola Salentina si registrava un incremento del numero di pozzi nel periodo 1986÷1988 da 37 a 103 (PRGA, 1995), mentre il numero di pozzi totali, sempre nel 1988, era pari a 175 ed era in continua crescita (PRGA, 1989).

L'incremento del numero di pozzi avveniva quindi molto rapidamente e ciò a causa del rapido svilupparsi della grave crisi idrica. Ciò portò alla necessità di acquisire pozzi già esistenti, oltre che realizzarne nuovi. L'AQP individuò sul territorio regionale pozzi che presentassero una qualità delle acque estratte idonea all'uso potabile, oltre che, ovviamente, posizione idonea alla immissione nella rete acquedottistica. Nel 1988, dei 175 pozzi potabili presenti in Puglia, 96 erano di proprietà dell'AQP mentre i restanti 79 erano di proprietà di terzi, nella disposizione dell'AQP per concessione temporanea (PRGA, 1989). La rete di pozzi che veniva a formarsi era quindi costituita da opere di captazione spesso non note dal punto di vista geo-

metrico-costruttivo, la cui ubicazione non era spesso rispettosa dei criteri di salvaguardia della risorsa idrica sotterranea.

Già nel 1988 era difficile pensare a nuovi prelievi di acque sotterranee da destinare al potabile, e ciò in quanto gli acquiferi regionali erano sottoposti a forte depauperamento, evidenziato dal progressivo incremento di salinità delle acque sotterranee soprattutto nelle zone costiere (PRGA, 1989). Detta circostanza era da imputare soprattutto agli importanti prelievi attuati per soddisfare il fabbisogno irriguo, che avvenivano attraverso un numero imprecisato di opere di captazione di cui già al tempo del Piano di Risanamento delle Acque (PRA, 1983) se ne richiedeva il censimento ed il riordino, anche al fine di tutelare una risorsa idrica pregiata, di caratteristiche qualitative ottimali per l'uso potabile, ma all'epoca come oggi largamente ed eccessivamente impiegata per l'uso irriguo (cap. 29).

Attualmente sul territorio regionale sono presenti 360 opere di captazione per l'approvvigionamento idrico potabile, comprendenti sia quelle in uso sia quelle di utilizzo potenziale, di cui 117 sono di proprietà dell'ente gestore stesso, 101 di proprietà privata, 64 di proprietà della Regione Puglia e i restanti 78 di proprietà dei vari consorzi di bonifica. La pluralità dei soggetti che sono intervenuti nella realizzazione di detti pozzi e la variabilità delle epoche in cui gli stessi sono stati eseguiti, rende difficile il reperimento dei relativi dati costruttivi ed idrogeologici, necessari per la corretta interpretazione dei comportamenti idraulici sotto emungimento e dei dati chimici delle acque estratte.

Nel periodo 2006-2009 il numero dei pozzi potabili attivi è risultato in costante crescita, così come in crescita è risultato il volume idrico estratto dalle falde regionali per fini potabili, e ciò a causa della incapacità da parte delle altre risorse di rispondere alla domanda di acqua potabile (tab. 20.3). L'80% dei volumi estratti dalle falde regionali per il potabile riguarda i pozzi della provincia di Lecce, ricadenti dunque nell'Area Idrogeologica del Salento, nel cui territorio la domanda di acqua potabile è oggi soddisfatta fondamentalmente attraverso le estrazioni dalla falda profonda contenuta nell'acquifero cretatico. Nel 1988 il numero di pozzi potabili in esercizio nella penisola salen-

Tab. 20.3 - Opere di captazione delle acque sotterranee regionali destinate al consumo umano attive nel periodo 2006÷2009 e relativi volumi annui estratti.

- Wells tapping the region groundwater for human consumption in the period 2006÷2009 and corresponding pumped volumes.

Comprensori	Provincia	2006		2007		2008		2009	
		Mmc/anno	Pozzi attivi	Mmc/anno	Pozzi attivi	Mmc/anno	Pozzi attivi	Mmc/anno	Pozzi attivi
1	BA	1.13	2	0.81	2	1.51	6	1.57	6
2	BA	0	0	1.5	6	4.84	14	5.43	14
3	BA-BR	0	0	0.24	2	0.78	8	1.74	8
4	TA-BR	0	0	2.26	14	7.24	23	7.51	21
5	BA-BAT	0	0	1.16	5	5.25	21	4.33	21
6	LE	23.98	33	29.6	35	36.05	43	38.87	43
7	LE	23.02	38	24.07	36	25.38	40	26.15	40
8	LE	16.56	23	16.95	26	17.15	29	17.17	29
Totali		64.69	96	76.58	126	98.2	184	102.69	182

tina era 107, pari a circa il numero di pozzi impiegati nel 2009 (112), e ciò indica che le scelte attuate durante la crisi idrica, consistenti nel soddisfare il fabbisogno potabile del Salento attraverso l'estrazione di acqua sotterranea, sono nella sostanza rimaste immutate sino all'attualità. Allo stato attuale le acque sotterranee sono quindi vitali per l'approvvigionamento idrico del Salento. Il Piano d'Ambito 2010-2018 (ATO, 2009) prevede, per il futuro, una riduzione dei prelievi dalla falda profonda del Salento, attraverso la pianificazione di azioni che verranno illustrate nel capitolo 29.

20.3. - DESCRIZIONE GENERALE DELLO STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE REGIONALI ESTRATTE AI FINI POTABILI

La valutazione dello stato qualitativo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili presenta notevoli difficoltà, e ciò in quanto molto spesso dei pozzi potabili non si conoscono, come già detto, gli elementi di base geometrico - costruttivi ed idrogeologici. Il chimismo delle acque di falda estratte è infatti funzione delle condizioni idrogeologiche degli acquiferi captati, delle caratteristiche geometrico - costruttive e di esercizio dei pozzi e delle condizioni di utilizzo della falda, locali e regionali. La penetrazione del pozzo in falda, la portata emunta, la depressione della superficie di falda

e la durata del pompaggio, sono tutti parametri condizionanti il *salt-water upconing*, il quale può determinare un incremento della concentrazione salina delle acque di falda captate. La presenza di pozzi irrigui o industriali nella maggior parte dei casi non noti, in emungimento prossimi a quelli potabili, possono inoltre determinare un peggioramento delle caratteristiche qualitative delle acque estratte dai pozzi potabili, anche se questi ultimi risultano correttamente progettati. Il peggioramento qualitativo delle acque sotterranee estratte può inoltre essere dovuto al depauperamento della risorsa idrica sotterranea su scala regionale, dovuto alla notevole portata d'acqua globalmente estratta dall'acquifero per i vari usi, che determinata il sollevamento delle acque di mare presente alla base della falda.

Al fine di acquisire elementi conoscitivi finalizzati all'analisi dello stato qualitativo delle acque sotterranee regionali estratte dai pozzi potabili, sono stati raccolti sia i dati chimici e idrogeologici a disposizione dell'AQP, sia quelli provenienti da studi passati, a vario titolo eseguiti sull'argomento in parola (COTECCHIA, 1998; PRGA, 1995; COTECCHIA, 2005; PTA, 2009).

Il Servizio di Vigilanza Igienica dell'AQP ha fornito circa 13.000 analisi chimiche, la maggior parte delle quali riferite al periodo 2002-2010 e 400 circa relative al periodo 1995-2000, mentre gli altri

lavori consultati hanno consentito, in alcuni casi, di ottenere informazioni anche a partire dagli anni '70 del secolo scorso, ma solo con riferimento alla concentrazione dello ione cloruro.

Lo studio è stato eseguito attraverso l'analisi dei dati disponibili per 157 pozzi potabili, scelti a partire dalla rete complessiva dei pozzi AQP secondo criteri di rappresentatività e completezza dei dati a disposizione. Dei pozzi analizzati 102 appartengono all'Area idrogeologica del Salento, 19 all'Area Idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino, 1 all'Area Idrogeologica del Gargano e 35 all'Area Idrogeologica della Murgia (fig. 20.2). Detti pozzi risultano quasi tutti allo stato attuale attivi per l'approvvigionamento idrico potabile regionale.

La tabella 20.4 illustra sinteticamente il chimismo delle acque sotterranee estratte per il potabile nel periodo 2002÷2010, a partire dai dati forniti dal Servizio di Vigilanza Igienica dell'AQP.

In mancanza di informazioni dettagliate, si è assunto che il prelievo dei campioni sia presumibilmente avvenuto in condizioni dinamiche della falda, ossia da pozzi in emungimento. Nel presente studio non sono stati analizzati i caratteri microbiologici delle acque estratte.

La concentrazione dello ione cloruro risulta spesso elevata (tab. 20.4), ed in alcuni casi anche superiore al valore limite fissato dal D. Lgs. 31/2001 (250 mg/l) e al valore guida del D. Lgs. 152/2006 (200 mg/l). Detta circostanza, in accordo con quanto verrà illustrato nei successivi paragrafi, risulta nella sostanza sempre imputabile alla contaminazione salina determinata dalla presenza di acqua di mare alla base dell'acquifero. La contaminazione salina è responsabile, inoltre, dei valori massimi riscontrati per la concentrazione dello ione sodio e per la conducibilità elettrica, anch'essi spesso superiori ai valori normativi, pari rispettivamente a 200 mg/l (D. Lgs. 31/2001) e 1000 S/cm a 20° (D. Lgs. 152/2006). È evidente che detta circostanza comporta il raggiungimento di valori elevati anche del residuo secco a 180°, della concentrazione dello ione calcio e di quella dello ione magnesio, questi ultimi non contemplati però dalla normativa ambientale.

I solfati non superano in nessun caso il valore limite di 200 mg/l previsto dal D. Lgs 152/2006,

così come il boro, i fluoruri, il pH e la temperatura non superano i relativi valori guida. La torbidità, parametro non contemplato nel D. Lgs. 152/2006, supera solo in alcuni casi ubicati nel Salento e nell'Arco Ionico Tarantino il valore ammissibile di 4 unità nefelometriche previsto dal DPR 236/88, ma detta circostanza andrebbe relazionata anche alle caratteristiche costruttive e di manutenzione delle opere di captazione, non note.

I nitriti sono risultati praticamente assenti, o presenti in qualche singolo caso solo in tracce, mentre la concentrazione dello ione nitrato supera spesso il limite massimo normativo, pari a 50 mg/l.

È interessante evidenziare che, in generale, le acque della falda profonda carbonatica, per tutte le aree idrogeologiche esaminate, presentano delle ottime caratteristiche chimiche, che le rendono idonee al consumo umano, quando queste non risultano però influenzate dalle acque marine intruse nel continente e/o da inquinamento proveniente dalla superficie. Al fine di ottenere informazioni sintetiche, ed allo stesso tempo significative, dello stato e dell'andamento nel tempo dello stato qualitativo delle acque di falda estratte ai fini potabili, lo studio è stato quindi ristretto all'analisi della concentrazione dello ione cloruro e dello ione nitrato, considerati come rappresentativi, rispettivamente, del fenomeno della intrusione marina e dell'inquinamento antropico.

Va sottolineato che pur essendo in taluni casi le concentrazioni di alcuni ioni superiori ai valori limite richiesti dalla normativa, la qualità dell'acqua ai punti di distribuzione è sempre garantita dall'AQP, attraverso l'adozione di azioni comprendenti anche la sospensione dell'emungimento dai pozzi a rischio.

20.4. - EVOLUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DELLO IONE CLORURO DELLE ACQUE SOTTERRANEE REGIONALI ESTRATTE AI FINI POTABILI

20.4.1. - *Andamento nel tempo della concentrazione di ione cloruro*

I dati forniti dal Servizio di Vigilanza Igienica dell'AQP hanno consentito di ricostruire, per ciascun pozzo, le serie storiche della concentrazione

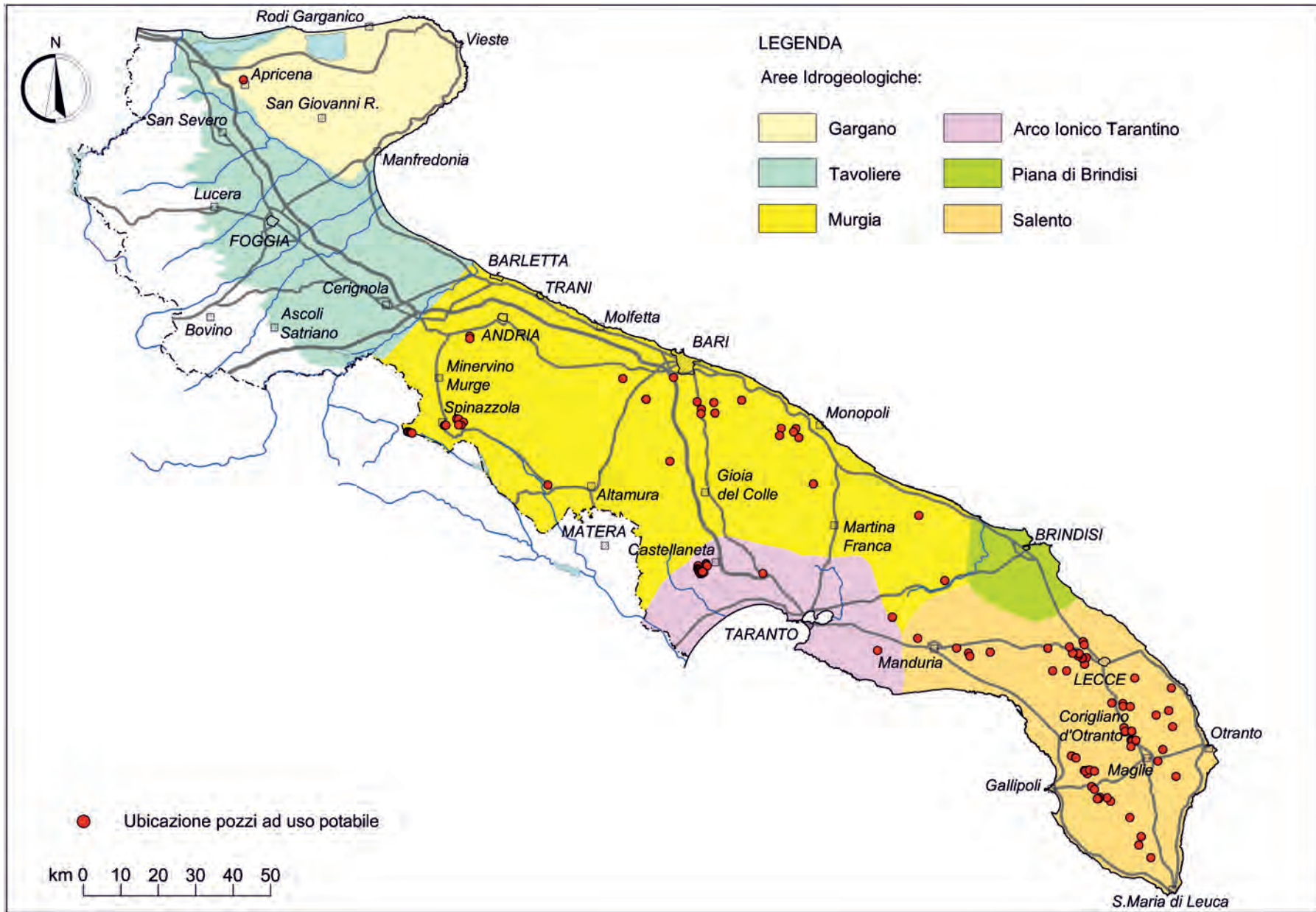


Fig. 20.2 - Pozzi potabili selezionati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte per il consumo umano.
 - Potable wells selected for analysis of the chemistry of groundwater used for human consumption.

Tab. 20.4 - Intervalli di variazione dei principali parametri chimico - fisici delle acque di falda estratte ai fini potabili nel periodo 2002÷2010.

– Ranges of variation of the major chemical-physical parameters of groundwater pumped for human consumption in the period 2002÷2010.

Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Cloruri (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Durezza Totale (G.F.)
Arco Ionico Tarantino	740	19	73-804	Arco Ionico Tarantino	740	19	24,5-97
Gargano	39	1	18-259	Gargano	38	1	20,1-48,8
Murgia	1129	36	13-493	Murgia	1128	36	25,5-111,9
Salento	7568	104	28-515	Salento	7529	104	13,6-76,3
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Nitrati (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Fluoruri (mg/l)
Arco Ionico Tarantino	561	18	7-73	Arco Ionico Tarantino	78	18	0,14-0,96
Gargano	35	1	13-55	Gargano	11	1	0,1-0,53
Murgia	951	39	2-84	Murgia	191	34	0,1-0,7
Salento	3944	104	3-75	Salento	116	65	0,1-0,68
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Nitriti (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Magnesio (mg/l)
Arco Ionico Tarantino	736	19	0	Arco Ionico Tarantino	282	19	21,7-89,4
Gargano	38	1	0	Gargano	11	1	17-31
Murgia	1155	36	0	Murgia	330	34	11-77
Salento	7068	104	0	Salento	61	32	14-53
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Boro (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	pH
Arco Ionico Tarantino	40	17	0-0,3	Arco Ionico Tarantino	740	19	6,1-8,4
Gargano	3	1	0-0,1	Gargano	38	1	7,3-8,2
Murgia	193	34	0-0,2	Murgia	1128	36	7-8,6
Salento	281	101	0-0,2	Salento	7566	104	6,2-8,7
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Bromuri (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Potassio (mg/l)
Arco Ionico Tarantino	21	13	0-2,2	Arco Ionico Tarantino	80	18	3,2-14,1
Gargano	6	1	0-1,1	Gargano	16	1	3-7,4
Murgia	161	33	0-2,4	Murgia	202	34	1,3-18,7
Salento	133	95	0-5	Salento	156	96	0,9-21
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Calcio (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	R.F. 180°C (mg/l)
Arco Ionico Tarantino	431	19	61-210	Arco Ionico Tarantino	286	19	478-1596
Gargano	28	1	74-185	Gargano	32	1	608-750
Murgia	752	36	11-240	Murgia	646	35	256-1442
Salento	1300	104	19-405	Salento	3086	104	310-1428
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	C.E. a 20°C (mS/cm)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Sodio (mg/l)
Arco Ionico Tarantino	740	19	224-2280	Arco Ionico Tarantino	149	19	46,5-357,5
Gargano	38	1	385-1071	Gargano	17	1	91-117,6
Murgia	1128	36	464-2170	Murgia	369	35	5,3-264
Salento	7570	104	22-2075	Salento	336	101	11,8-1125,5
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Solfati (mg/l)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Temperatura (°C)
Arco Ionico Tarantino	149	19	8-129	Arco Ionico Tarantino	723	19	16-22
Gargano	17	1	12-93	Gargano	38	1	10-19
Murgia	367	35	4-69	Murgia	1145	36	9-23
Salento	337	101	10-180	Salento	7552	104	11-22
Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Torbidità (NTU)	Area Idrogeologica	n. analisi	n. pozzi	Alcalinità (mg/l CaCO3)
Arco Ionico Tarantino	666	19	0,1-7,5	Arco Ionico Tarantino	508	19	183-387
Gargano	32	1	0,1-1	Gargano	35	1	288-310
Murgia	986	36	0,1-4	Murgia	895	36	200-508
Salento	5449	104	0,1-7,7	Salento	3608	104	156,2-371

dello ione cloruro nel periodo 2002÷2010, per il quale si dispone di una maggior frequenza di campionamento. Per ciascuno dei 157 pozzi potabili selezionati per il presente studio è stato determinato, a partire da dette serie storiche, il valore minimo, medio e massimo di concentrazione di ione cloruro, la cui distribuzione nel territorio regionale è illustrata nelle figure 20.3, 20.4, 20.5. Le rappresentazioni sono state eseguite suddividendo i valori della concentrazione dello ione cloruro (Cl⁻) in 4 intervalli, e più precisamente:

- Cl⁻ < 150 mg/l, rappresentativo di un'acqua di falda con percentuali di mescolamento con l'acqua marina molto basse o nulle;

- 150 mg/l < Cl⁻ < 250 mg/l, rappresentativo di acque di falda che, pur essendo ancora idonee all'uso potabile, hanno subito dei processi di mescolamento con acqua di mare non trascurabili;

- 250 mg/l < Cl⁻ < 500 mg/l, rappresentativo di acque di falda non idonee all'uso potabile e che hanno subito un elevato processo di mescolamento con acqua di mare;

- Cl⁻ > 500 mg/l, rappresentativo di acque di falda non idonee all'uso potabile e che hanno subito un grave processo di mescolamento con acqua di mare.

Analizzando le concentrazioni minime rilevate per lo ione cloruro si rileva che i valori più bassi, contenuti al di sotto dei 150 mg/l, si riscontrano maggiormente nell'Area Idrogeologica della Murgia e nella parte centrale dell'Area Idrogeologica del Salento (Corigliano d'Otranto, Muro Leccese, Soleto, Bagnolo del Salento). Valori contenuti della concentrazione di ione cloruro sono presenti anche lungo il versante adriatico della penisola salentina (Melendugno, Vernole), dove però i pozzi attingono ad una falda superficiale che interessa la fascia costiera a Nord di Otranto e che non è interessata dal fenomeno dell'intrusione marina (cap. 18). Valori compresi tra 150÷250 mg/l sono stati riscontrati per la maggior parte dei pozzi ubicati nell'Area Idrogeologica del Salento ed in prossimità dell'abitato di Monopoli. Valori superiori a 250 mg/l sono stati rilevati invece per i campi pozzi ubicati in prossimità di Castellaneta e Manduria, ove quindi siamo in presenza di una importante percentuale di miscelamento tra le acque dolci di falda e quelle marine intruse nel conti-

nente, rilevata quindi anche quando si analizzano le concentrazioni minime dello ione cloruro misurate dalle acque estratte dai pozzi.

Procedendo all'analisi delle concentrazioni medie e massime dello ione cloruro è possibile rilevare situazioni allarmanti, specie quando ci si riferisce alla penisola salentina (figg. 20.4, 20.5). Solo i pozzi appartenenti all'Area Idrogeologica della Murgia presentano infatti valori stabili della concentrazione dello ione cloruro inferiori a 150 mg/l, a meno dei pozzi ubicati in prossimità dell'abitato di Monopoli, mentre per la maggior parte dei restanti pozzi si ha un significativo incremento della concentrazione dello ione cloruro durante l'esercizio. È possibile constatare detta circostanza osservando che la maggior parte dei pozzi vedono incrementare la concentrazione dello ione cloruro procedendo dalla carta rappresentante i valori minimi a quelle invece che rappresentano i valori medi e massimi. Va poi osservato che la concentrazione dello ione cloruro è risultata superiore al valore limite per le acque potabili (250 mg/l) nel 27 % dei campioni d'acqua esaminati.

Per avere maggiori indicazioni circa l'andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro si è proceduto, per ciascun pozzo, al calcolo del suo incremento annuo attraverso la determinazione del coefficiente angolare della retta di regressione dei dati disponibili, con riferimento sempre al periodo temporale 2002÷2010. Nell'analisi è stato imposto un incremento annuo nullo nei casi in cui la differenza tra il primo e l'ultimo valore della serie disponibile è risultato inferiore a 15 mg/l. Nell'interpretare i risultati ottenuti è necessario tener conto del fatto che, come vedremo più avanti, non sempre l'incremento misurato risulta monotono e lineare, avendo spesso osservato variazioni di concentrazione di ione cloruro dell'ordine di 50÷100 mg/l, in positivo e negativo, tra campionamenti successivi.

Nei casi in cui per uno stesso anno sono disponibili per uno stesso pozzo più valori della concentrazione di ione cloruro, è stato adottato per dette rappresentazioni il valore medio annuo. In figura 20.6 è riportato l'incremento annuo della concentrazione di ione cloruro rilevato per i 157 pozzi presi in esame. Il 34% dei pozzi analizzati ha pre-

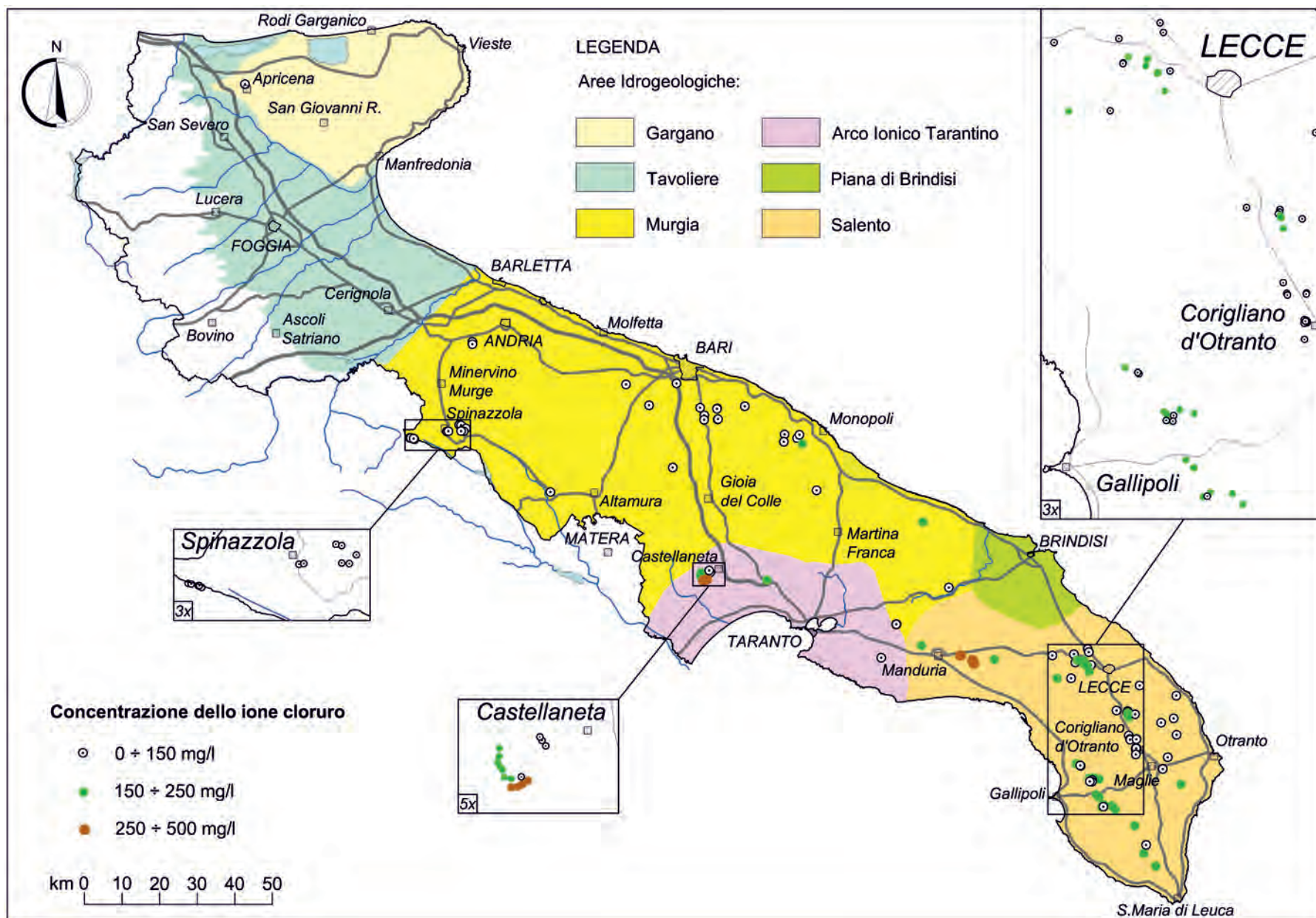


Fig. 20.3 - Concentrazione minima dello ione cloruro rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002+2010).
- Minimum concentration of chloride ion, measured at the 157 potable wells selected for the analysis of chemistry of groundwater used for human consumption (2002-2010).

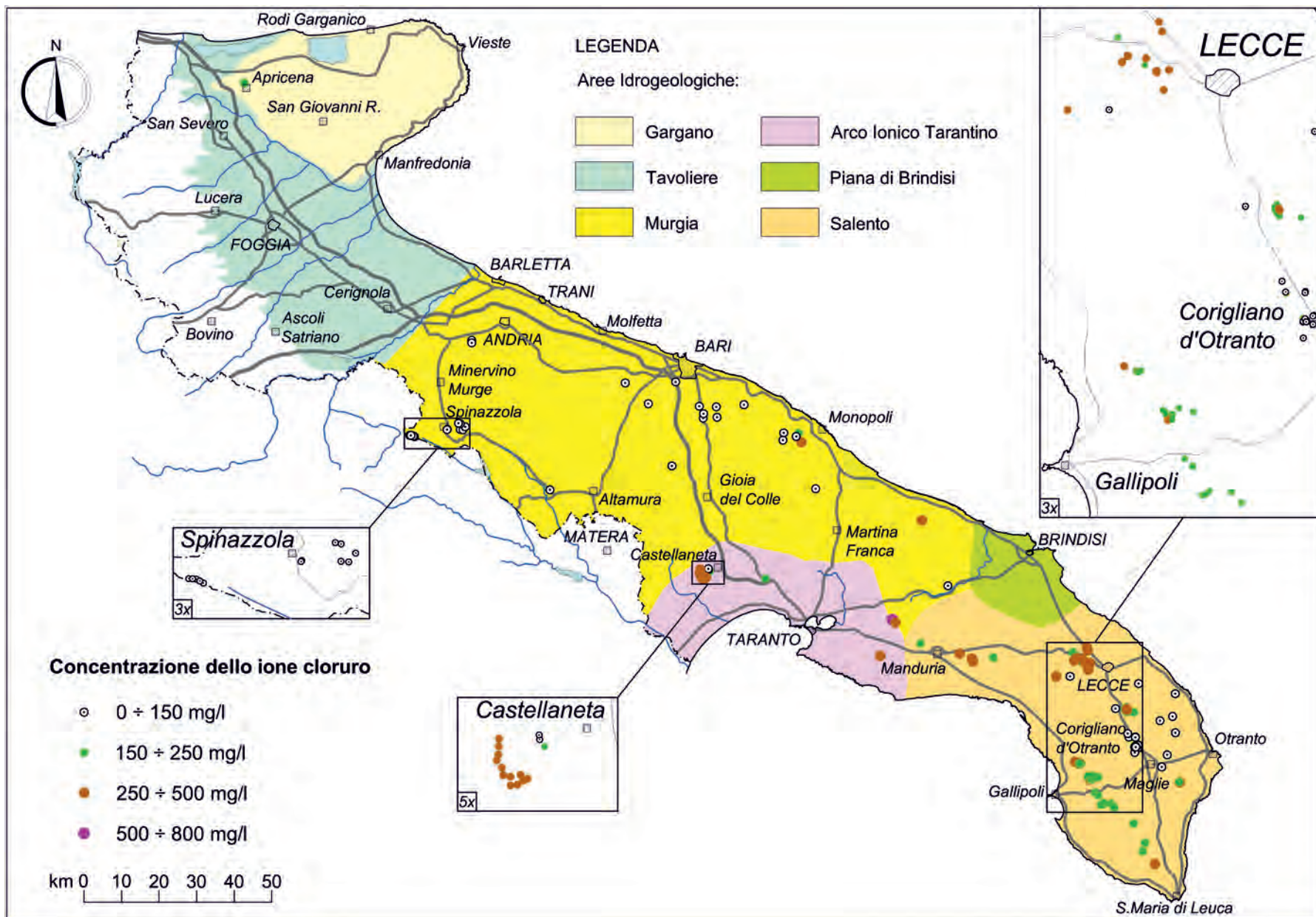


Fig. 20.4 - Concentrazione media dello ione cloruro rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002÷2010).
- Average concentration of the chloride ion, as measured at the 157 potable wells selected for the analysis of the chemistry of groundwater used for human consumption (2002÷2010).

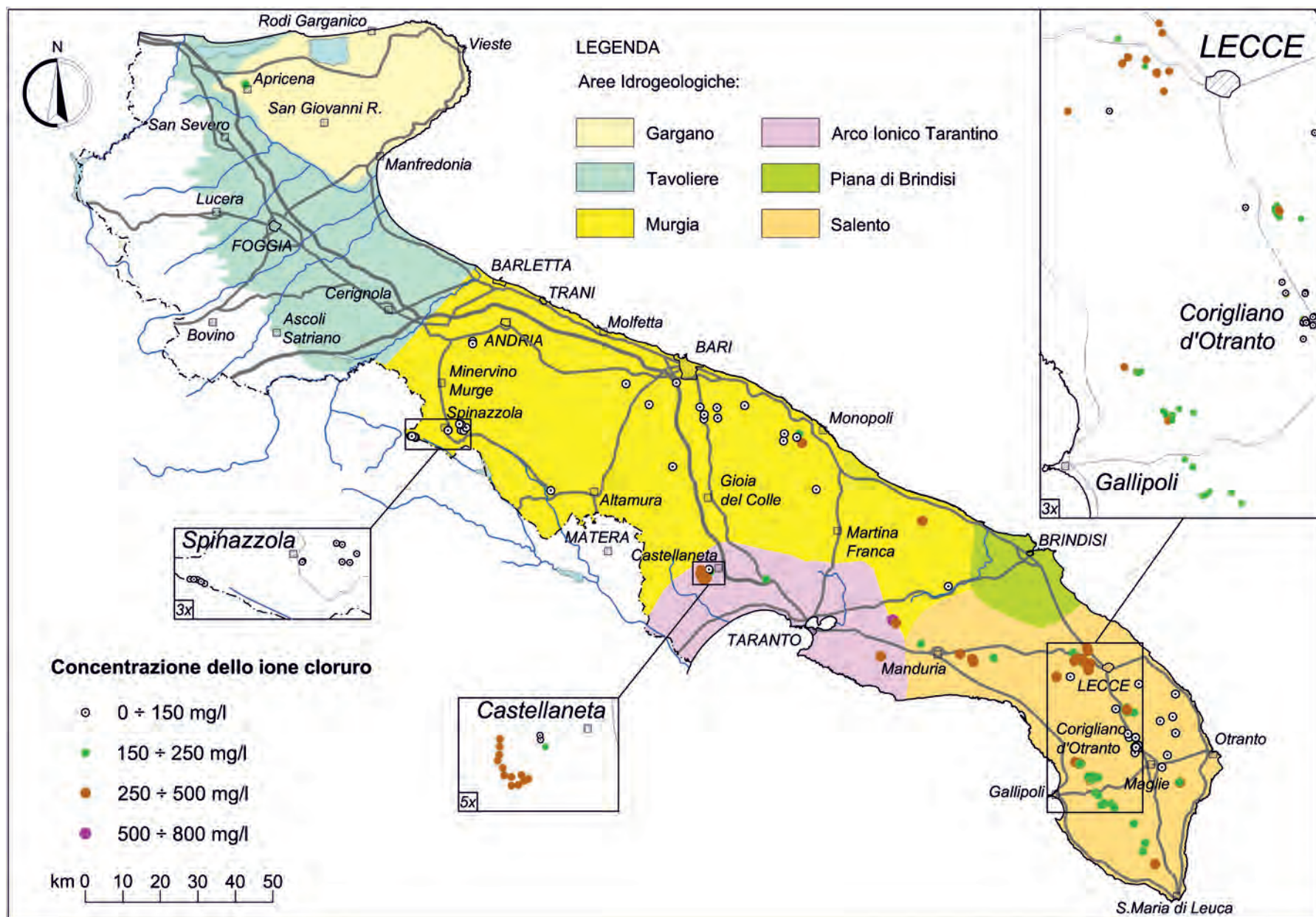


Fig. 20.5 - Concentrazione massima dello ione cloruro rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002÷2010).
- Maximum concentration of the chloride ion, measured at the 157 wells selected for the analysis of the chemistry of groundwater used for human consumption (2002÷2010).

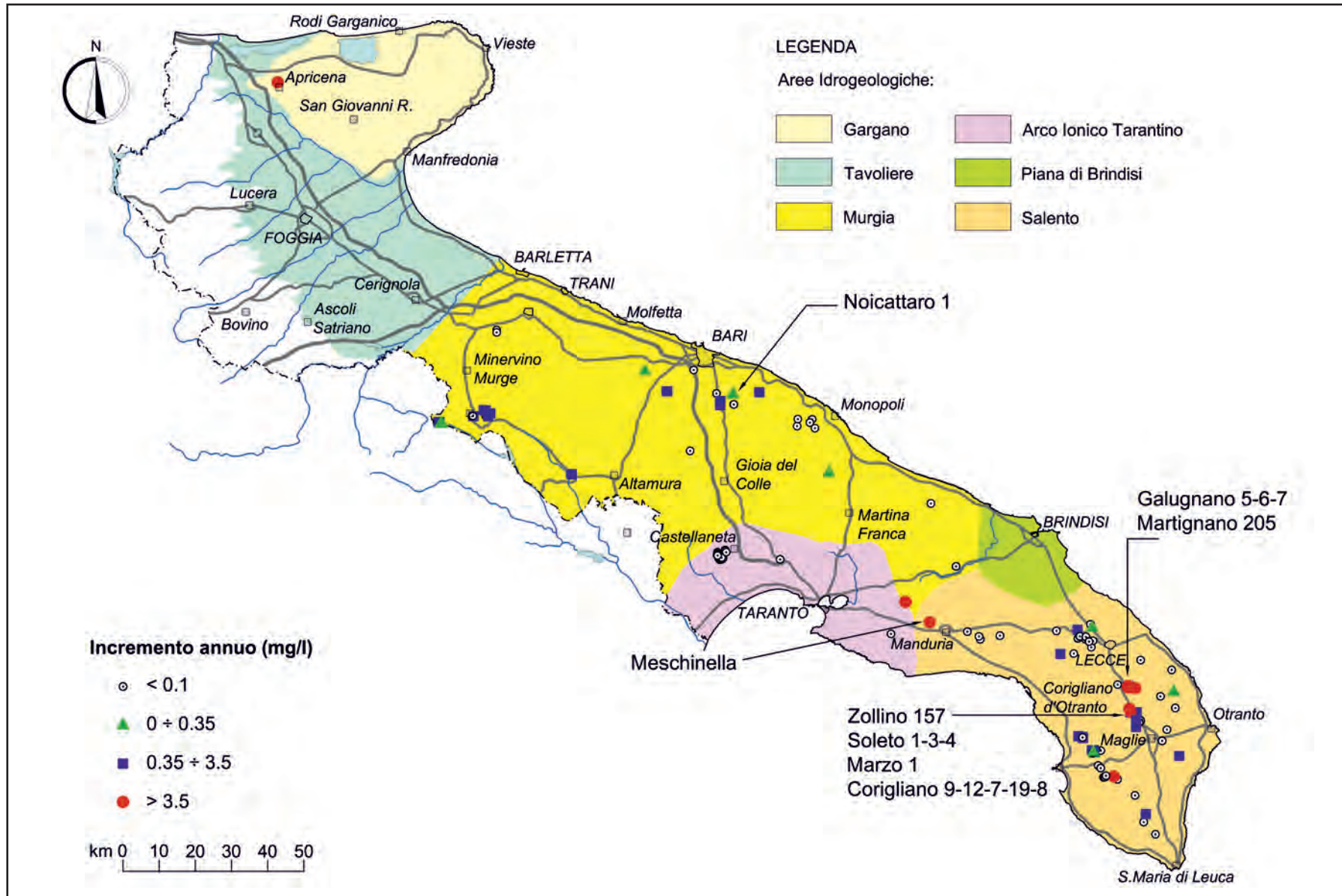


Fig. 20.6 - Incremento della concentrazione dello ione cloruro rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002÷2010) ed indicazione dei pozzi per i quali nelle figure 20.7 e 20.8 è rappresentato l'andamento della concentrazione dello ione cloruro nel tempo.

- Increase in chloride ion concentration, measured at the 157 potable wells selected for the analysis of the chemistry of groundwater used for human consumption (2002÷2010), and indications of the wells for which the chloride ion concentration time changes are shown in figure 20.7 and 20.8.

sentato, in media, un incremento di concentrazione dello ione cloruro diverso da zero. In particolare, il 6% dei pozzi analizzati ha presentato un incremento basso (minore di 0,35mg/l per anno), il 17% medio (0,35÷3,5 mg/l per anno) ed il restante 11% alto (3,5÷25 mg/l per anno). Le tendenze all'aumento, allorché presenti su tutto il territorio regionale, sono state maggiormente misurate nella penisola salentina. Vanno tuttavia segnalati il pozzo di Apricena, unico pozzo preso in esame nell'Area Idrogeologica del Gargano ed i pozzi ubicati nell'Alta Murgia in prossimità di Spinazzola. In quest'ultimo caso si richiedono tuttavia maggiori accertamenti al fine di stabilirne la natura, tenuto conto dell'incremento misurato anche per lo ione nitrato, che verrà più avanti descritto, il che potrebbe indicare un elevato inquinamento antropico. In ogni caso non va esclusa la possibilità che si tratti di intrusione marina (cap. 15).

Nelle figure 20.7 e 20.8 si riporta, per i pozzi ritenuti più rappresentativi, l'andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro, con indicazione dell'incremento annuo osservato nel periodo 2002÷2010. I pozzi Soletto 1, Corigliano 7, 8, 9 e 12 e Galugnano 5 e 6, hanno presentato un incremento annuo della concentrazione dello ione cloruro compreso tra 3,87÷11,2 mg/l. Per detti pozzi, nel caso in cui fosse confermata detta tendenza al peggioramento anche per il futuro, tra poco più di dieci anni non sarà più possibile prelevare acque potabili. In realtà, nel caso in cui detto incremento fosse determinato dal *salt-water upcoing*, c'è da aspettarsi nel prossimo futuro un maggior incremento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro (cap. 12).

È interessante rilevare che alcuni pozzi, come Galugnano 6 e 7, Martignano 205, Corigliano 19 e Marzo 1, presentano delle concentrazioni dello ione cloruro molto variabili, che presentano delle continue variazioni in positivo e negativo dell'ordine di 50÷100 mg/l. Nel paragrafo successivo si vedrà come in alcuni casi dette variazioni sono imputabili alle variazioni di portata che l'AQP applica a detti pozzi ed all'andamento delle precipitazioni. In alcuni casi esse potrebbero essere imputate a variazioni di portata applicate a pozzi privati (soprattutto irrigui) prossimi a quelli potabili, che determinano quindi la formazione di un cono di intrusione marina che

interessa anche il pozzo potabile.

Le analisi sinora eseguite hanno fatto riferimento ai dati chimici forniti dall'AQP con riferimento al periodo 2002÷2010. L'analisi è stata poi estesa ad un intervallo temporale più ampio, che, per alcuni pozzi, parte dagli anni '70. In figura 20.9 sono ubicati i pozzi analizzati e ritenuti maggiormente rappresentativi, di cui nelle figure 20.10, 20.11 e 20.12 è riportato l'andamento della concentrazione dello ione cloruro nel tempo, con indicazione del relativo incremento annuo. Queste ultime figure evidenziano che in molti casi la crescita dello ione cloruro ha avuto inizio già da diversi decenni fa, dimostrando che non trattasi di un *trend* occasionale, bensì di una tendenza evolutiva continua e quindi preoccupante. A ciò va aggiunto che le zone ove sono ubicati i pozzi rappresentati in figura 20.9 coincidono nella sostanza con quelle aree ove anche l'analisi della concentrazione salina delle acque di falda riportata nel capitolo 3, eseguita utilizzando campioni d'acqua prelevati in condizioni statiche, ha indicato un peggioramento della qualità dell'acqua. Ciò sembra indicare che, almeno in parte, gli incrementi osservati sono da associare ad un generale stato di depauperamento della falda profonda carbonatica.

I pozzi Campi Salentina (fig. 20.10), Galugnano 1 e 3 (fig. 20.11), nell'arco di circa 40 anni hanno praticamente raddoppiato la concentrazione dello ione cloruro, avvicinandosi dunque al limite normativo per le acque potabili (250 mg/l).

Molti pozzi potabili continuano a fornire acque sotterranee idonee al consumo umano, ma il loro esercizio andrebbe rivisto in relazione alle problematiche di salvaguardia di una risorsa idrica sotterranee galleggiante su acqua di mare.

20.4.2. - *Analisi dell'andamento della concentrazione dello ione cloruro in rapporto ai volumi idrici estratti ed alle precipitazioni*

Lo studio della risposta della falda agli emungimenti ed all'alimentazione richiederebbe l'analisi della filtrazione e del trasporto di massa, da eseguire adottando modelli matematici che tengano conto anche delle condizioni idrogeologiche locali e regionali, delle caratteristiche geometrico-co-

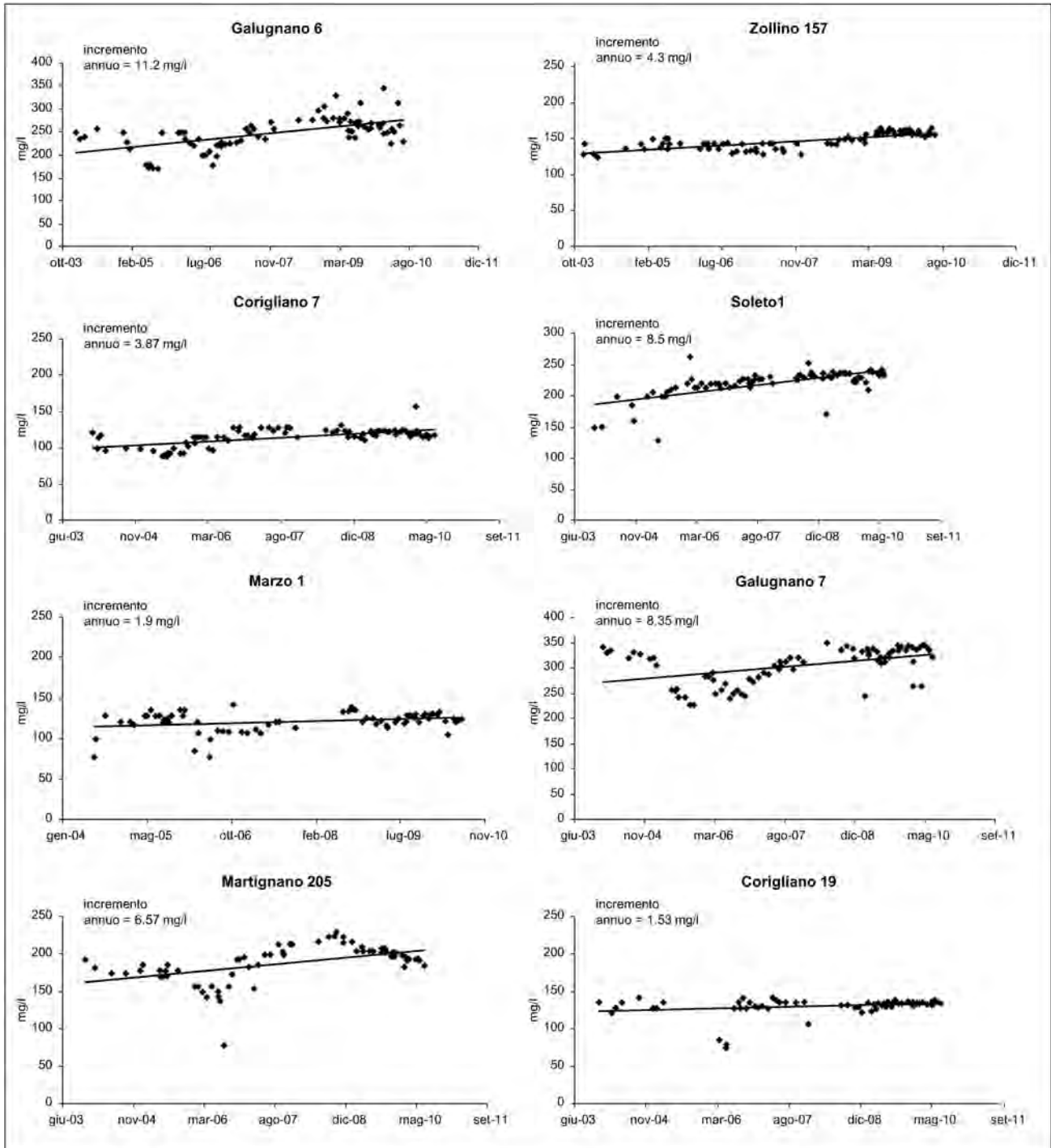


Fig. 20.7 - Andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro nel periodo 2002÷2010 per i pozzi Galugnano 6, Zollino 157, Corigliano 7, Soletto 1, Marzo 1, Galugnano 7, Martignano 205 e Corigliano 19, ubicati in figura 20.6, con indicazione del relativo incremento annuo.

- Time changes in chloride ion concentration in the period 2002÷2010 for the wells Galugnano 6, Zollino 157, Corigliano 7, Soletto 1, Marzo 1, Galugnano 7, Martignano 205 and Corigliano 19, shown in figure 20.6, with indication of the corresponding annual increase.

struttive e delle condizioni di esercizio delle singole opere di captazione (capp. 5 e 12). È evidente che detto tipo di analisi non può essere svolta nel caso in esame, soprattutto a causa della sovente mancanza di dati riguardanti le caratteristiche geome-

trico-costruttive dei pozzi potabili e della non conoscenza delle caratteristiche dimensionali e delle condizioni di esercizio dei pozzi irrigui prossimi a quelli potabili. È stato possibile, tuttavia, ricavare alcune informazioni interessanti attraverso un'ana-

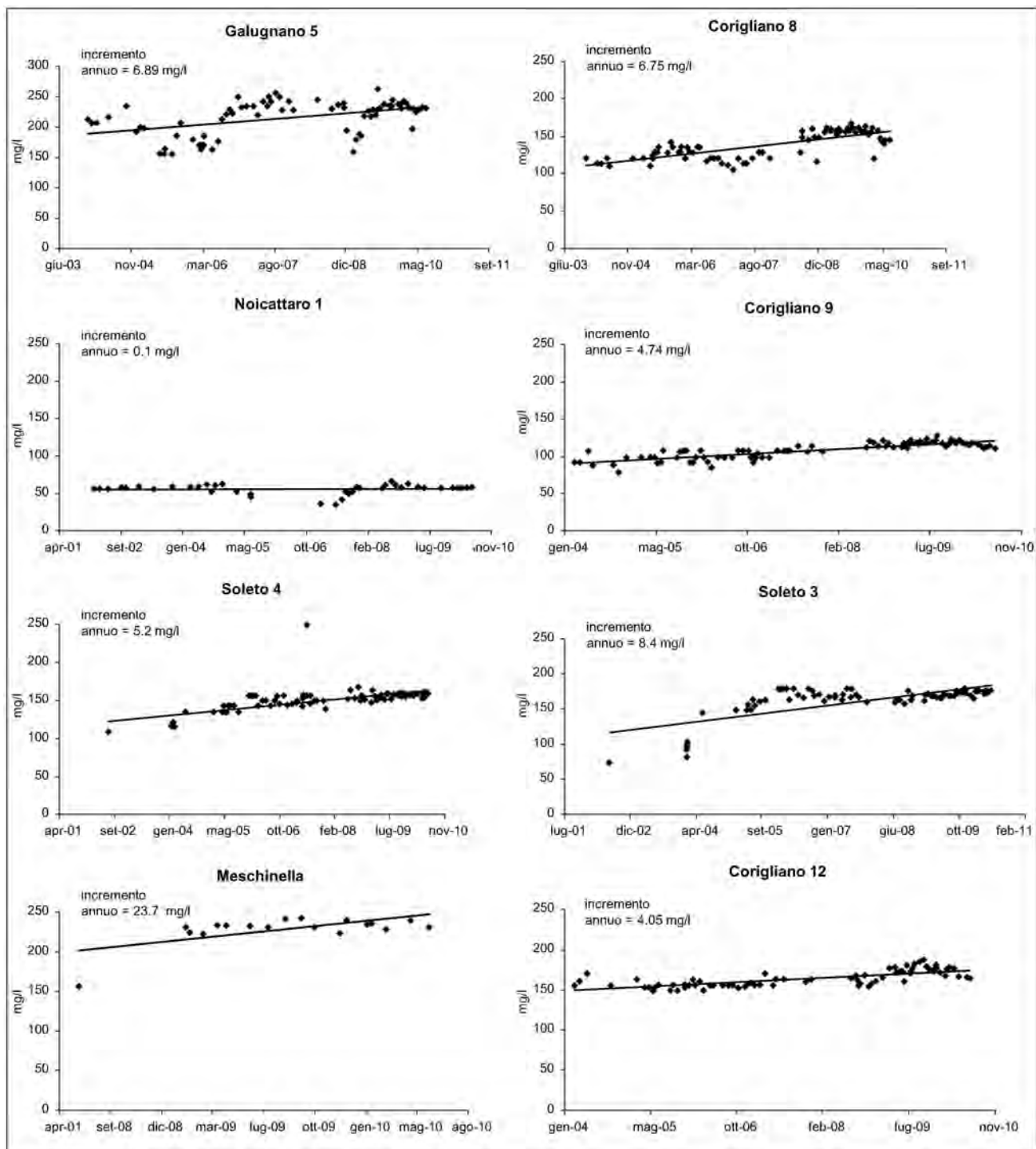


Fig. 20.8 - Andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro nel periodo 2002÷2010 per i pozzi Galugnano 5, Corigliano 8, Noicattaro 1, Corigliano 9, Soletto 4, Soletto 3, Meschinella e Corigliano, ubicati in figura 20.6, con indicazione del relativo incremento annuo.

- Time changes in chloride ion concentration in the period 2002÷2010 for the wells Galugnano 5, Corigliano 8, Noicattaro 1, Corigliano 9, Soletto 4, Soletto 3, Meschinella and Corigliano, shown in figure 20.6, with indication of the corresponding annual increase.

lisi dei dati disponibili finalizzata alla ricerca di possibili correlazioni esistenti tra le variazioni di concentrazione dello ione cloruro, i volumi idrici estratti dai pozzi potabili e le altezze di pioggia.

I dati disponibili consistono nei volumi medi mensili estratti dai singoli pozzi potabili e nella concentrazione dello ione cloruro relativa ad ogni singolo campionamento. Va però osservato che il

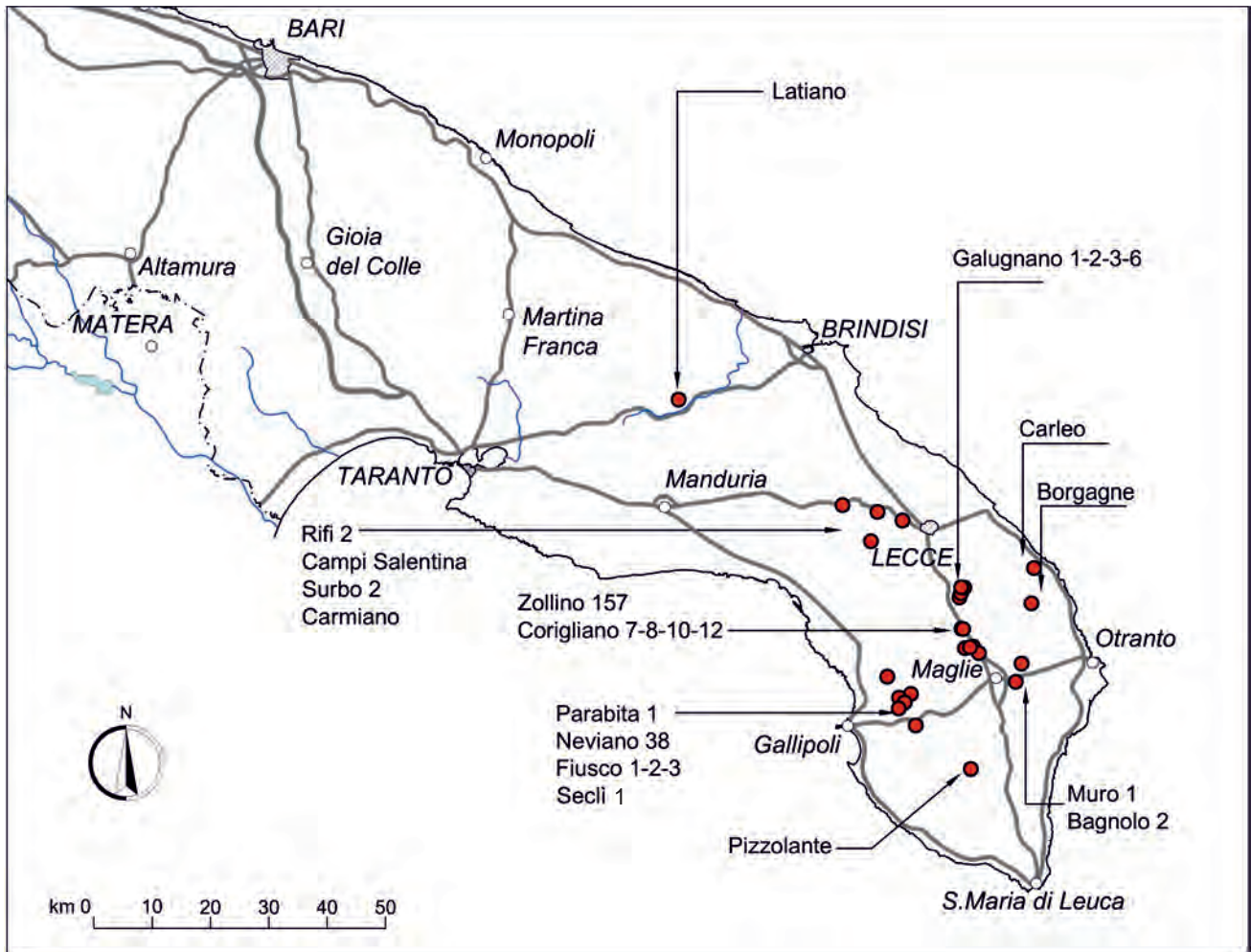


Fig. 20.9 - Ubicazione dei pozzi per i quali è stata eseguita la ricostruzione storica dell'andamento della concentrazione dello ione cloruro nel tempo riportato nelle figure 20.10÷20.12.

- Location of the wells subject to historical reconstruction of the time changes for chloride ion concentration, shown in figures 20.10÷20.12.

campionamento può esser stato eseguito sotto una portata di emungimento sensibilmente diversa da quella media mensile. Tuttavia, in mancanza di dati più dettagliati, si è assunto che il volume medio mensile sia rappresentativo della portata adottata per il campionamento.

La stazione pluviometrica utilizzata per l'acquisizione dei dati di pioggia, ed in particolare dell'altezza totale mensile, è quella più vicina ai pozzi considerati ed appartenente alla rete del Servizio Idrografico.

L'analisi è stata condotta per le aree idrogeologiche del Salento, dell'Arco Ionico Tarantino e della Murgia, analizzando in particolare solo i pozzi che hanno mostrato un andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro che si discosta significativamente dalla legge lineare.

20.4.2.1. - Area idrogeologica del Salento

Nell'area idrogeologica del Salento è stato eseguito uno studio per i campi pozzi appartenenti ai distretti estrattivi di Corigliano d'Otranto, Soleto - Zollino e Galugnano - Martignano.

Distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto. Il campo pozzi di Corigliano d'Otranto ricade nella zona centrale della penisola Salentina, ove l'acquifero è caratterizzato da valori molto elevati del coefficiente di permeabilità, in genere maggiore di 10^{-1} cm/s (tav. 3 f.t.), tanto da consentire il prelievo, da ogni singola opera di captazione, diverse decine di l/s d'acqua adottando depressioni idrodinamiche dell'ordine di alcuni centimetri od al massimo decimetri. In detta area la falda profonda presenta le altezze piezometriche massime dell'Area Idrogeo-

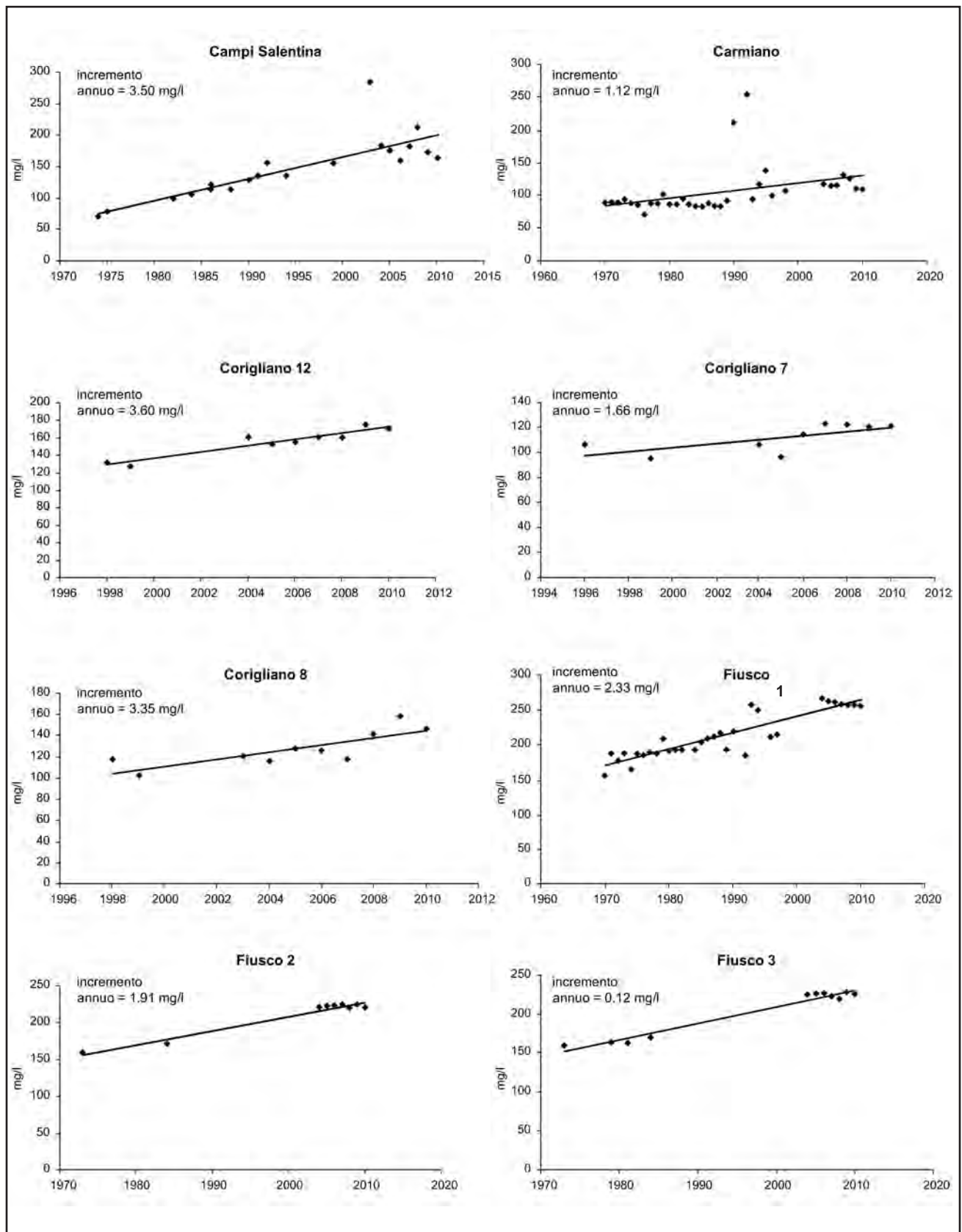


Fig. 20.10 - Andamento della concentrazione dello ione cloruro ed indicazione dell'incremento annuo misurato per i pozzi Campi Salentina, Carmiano, Corigliano 12, Corigliano 7, Corigliano 8, Fiusco 1, Fiusco 2 e Fiusco 3, ubicati in figura 20.9, a partire dai dati storici.

- Chloride ion concentration and indication of the annual increase for the wells Campi Salentina, Carmiano, Corigliano 12, Corigliano 7, Corigliano 8, Fiusco 1, Fiusco 2 and Fiusco 3 shown in figure 20.9, based on historical data.

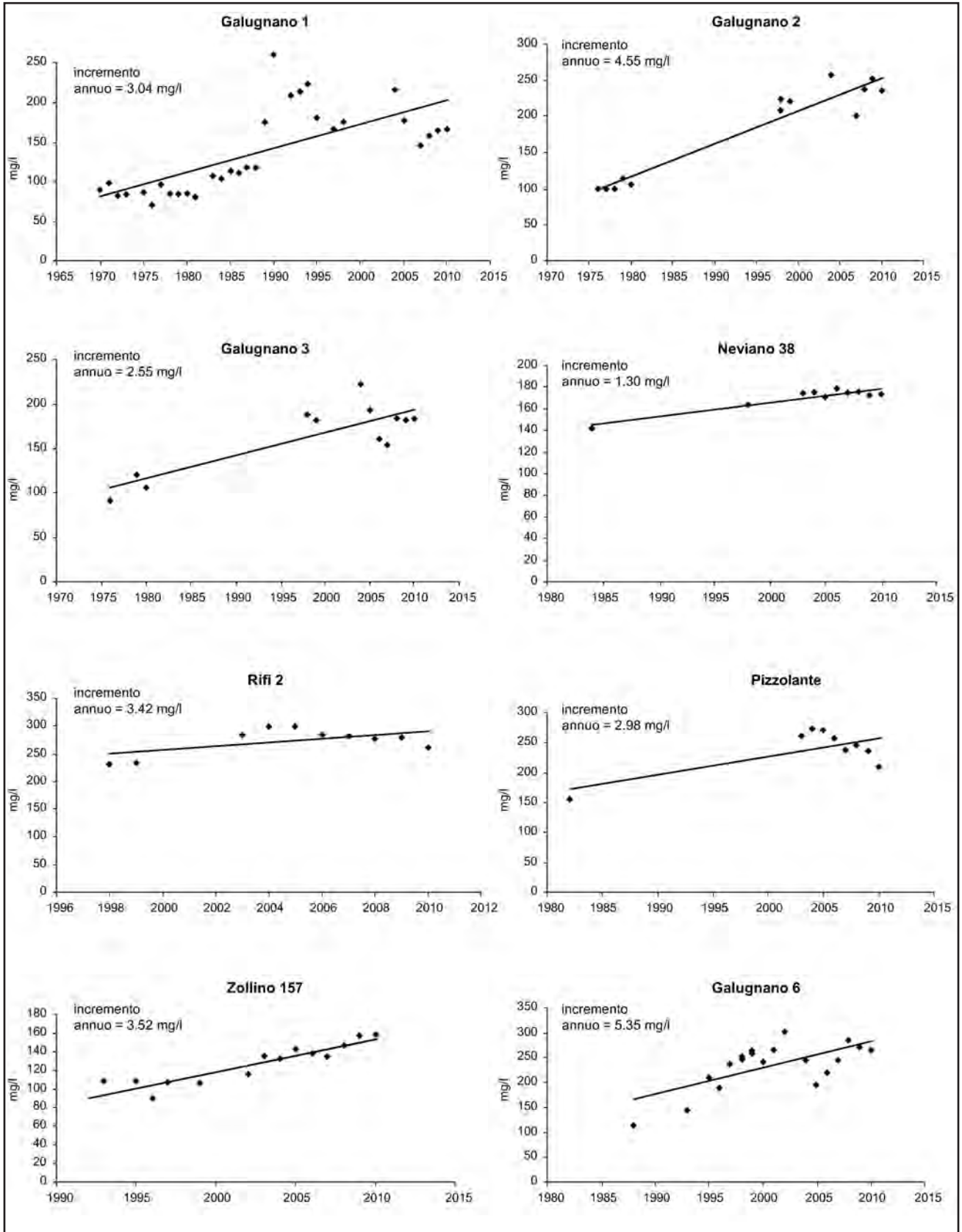


Fig. 20.11 - Andamento della concentrazione dello ione cloruro ed indicazione dell'incremento annuo misurato per i pozzi Galugnano 1, Galugnano 2, Galugnano 3, Neviano 38, Rifi 2, Pizzolante, Zollino 157 e Galugnano 6, ubicati in figura 20.9, a partire dai dati storici.

- Chloride ion concentration and indication of the annual increase for the wells Galugnano 1, Galugnano 2, Galugnano 3, Neviano 38, Rifi 2, Pizzolante, Zollino 157 and Galugnano 6 shown in figure 20.9, based on historical data.

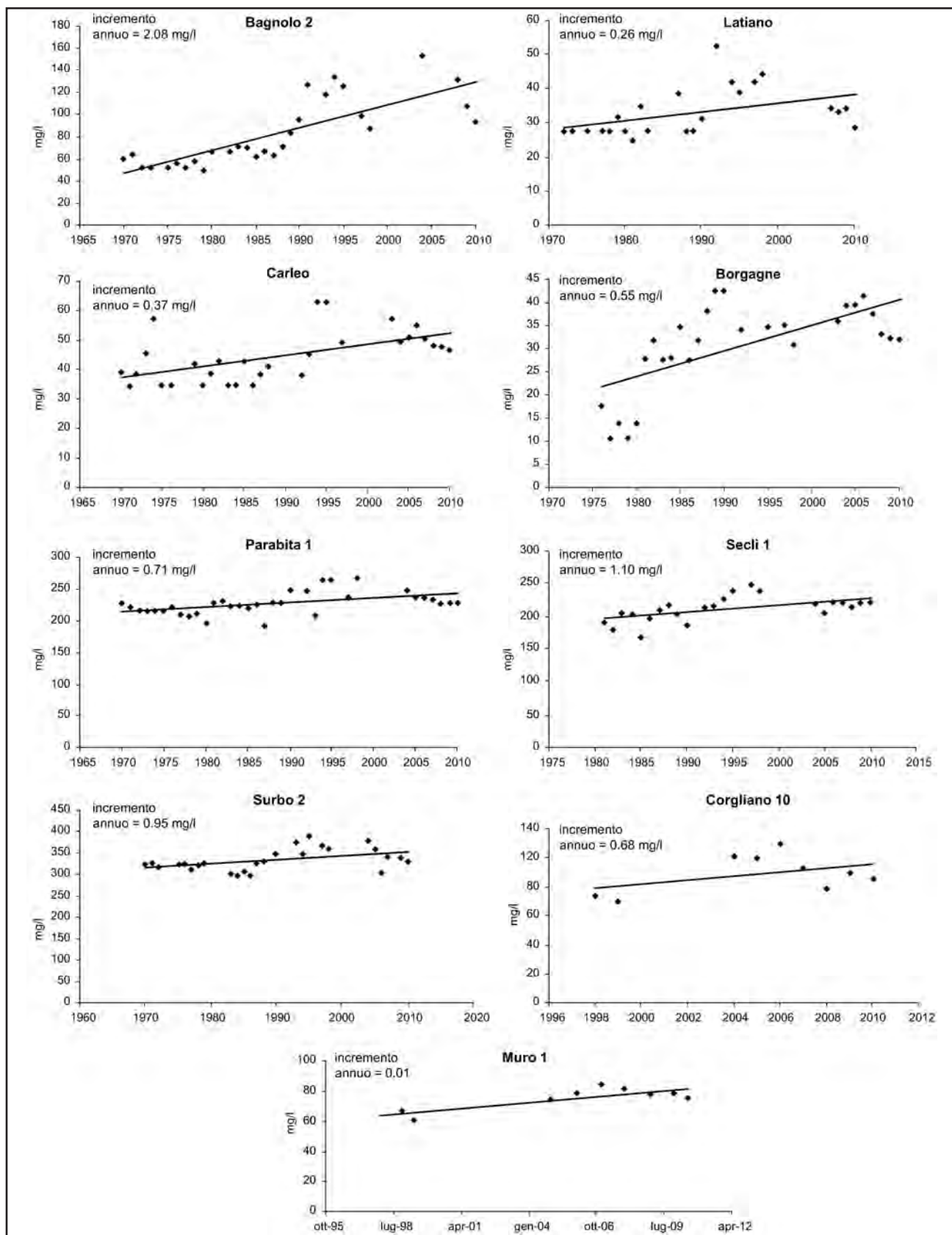


Fig. 20.12 - Andamento della concentrazione dello ione cloruro ed indicazione dell'incremento annuo misurato per i pozzi Bagnolo 2, Latiano, Carleo, Borgagne, Parabita 1, Seclì 1, Surbo 2, Corgliano 10 e Muro 1, ubicati in figura 20.9, a partire dai dati storici.

- Chloride ion concentration and indication of the annual increase for the wells Bagnolo 2, Latiano, Carleo, Borgagne, Parabita 1, Seclì 1, Surbo 2, Corgliano 10 and Muro 1, shown in figure 20.9, based on historical data.

logica del Salento (2,5÷3 m s.l.m.). Si tratta quindi di una zona particolarmente favorevole al prelievo delle acque sotterranee, ma, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, non esente ai fenomeni di contaminazione salina della falda di acqua dolce dovuti alla presenza di acqua di mare alla base dell'acquifero.

In figura 20.13 sono ubicate le opere di captazione appartenenti al distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto considerate nell'analisi, che comprende anche i pozzi ubicati nei Comuni di Soletto e Zollino, per i quali in figura 20.14 è riportato tra l'andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro, dei volumi idrici mensili estratti, con indicazione delle altezze di pioggia mensili misurate alla stazione pluviometrica di Galatina. L'analisi è stata ristretta al periodo 2006÷2009 in quanto solo per esso è stato possibile disporre dei volumi idrici medi mensili estratti.

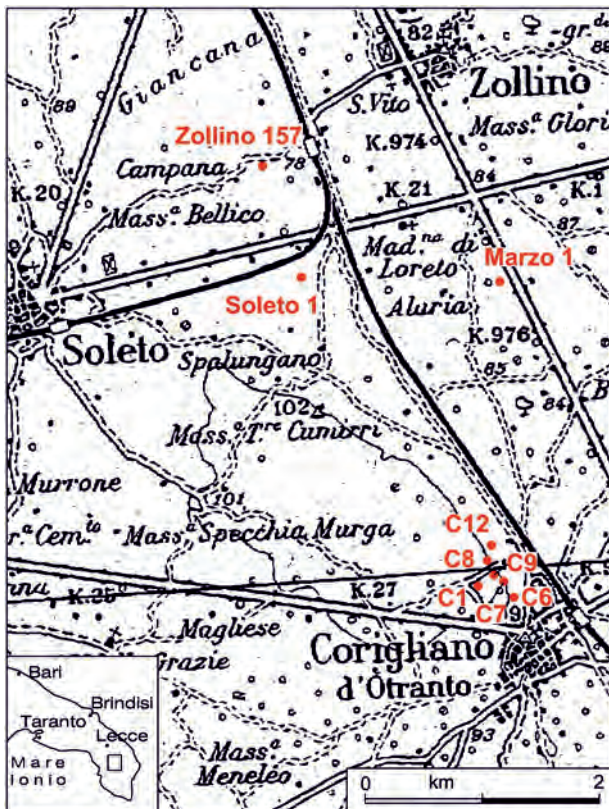


Fig. 20.13 - Planimetria con ubicazione delle opere di captazione potabili (C=Corigliano) del distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto utilizzate per l'analisi della concentrazione dello ione cloruro in rapporto ai volumi idrici estratti ed alle precipitazioni.

- Map showing location of potable wells (C=Corigliano) in the pumping district of Corigliano d'Otranto, used for the analysis of chloride ion concentration versus pumped water volumes and precipitation.

Occorre innanzitutto osservare che nell'area in esame è presente un elevatissimo numero di pozzi irrigui in esercizio. Il PTA, 2009 indica una densità di pozzi censiti presso gli Uffici del Genio Civile pari a 2-10 pozzi per kmq per l'area di Zollino, 10-20 pozzi per kmq per l'area di Soletto e ben 20-50 pozzi per kmq per l'area di Corigliano d'Otranto. Detta circostanza indica quindi la forte probabilità dell'esistenza di pozzi privati in esercizio prossimi ai pozzi potabili analizzati, o comunque ad una distanza tale da interferire idraulicamente con essi.

Per i pozzi presi in esame si rilevano oscillazioni della concentrazione dello ione cloruro dell'ordine di alcuni decimi di grammo per litro non sempre giustificabili sulla base delle variazioni dei volumi idrici estratti dagli stessi pozzi e delle precipitazioni meteoriche. È molto probabile che dette variazioni siano imputabili a variazioni di portata estratta applicata a pozzi privati plausibilmente prossimi a quelli potabili. Dette variazioni potrebbero inoltre essere dovute alle effettive portate estratte, non note, di cui nelle figure 20.14÷20.16 se ne riporta solo la media mensile.

Per i pozzi Marzo 1, Corigliano 1 e Corigliano 19, è possibile rilevare una riduzione di concentrazione dello ione cloruro a seguito di una loro inattività, protrattasi, per quanto noto sulla base dei dati disponibili, almeno a partire dall'inizio del 2006 (figg. 20.14, 20.15). L'assenza di emungimento dai detti pozzi potrebbe aver contribuito anche alla riduzione di concentrazione di ione cloruro registrata per i pozzi Corigliano 9 e 12, che invece erano in esercizio in detto periodo (fig. 20.15). Le precipitazioni meteoriche sembrano invece avere inciso sulla qualità delle acque estratte dai pozzi Corigliano 1, Corigliano 6, Corigliano 7, ove, a seguito delle maggiori precipitazioni avutesi nell'inverno del 2008, si è avuto un miglioramento, o stabilizzazione, delle caratteristiche chimiche delle acque di falda estratte (fig. 20.14). In alcuni casi è poi possibile riconoscere un incremento della concentrazione dello ione cloruro determinata dall'incremento dei volumi idrici estratti, come nel caso del pozzo Marzo 1 tra i mesi di Luglio ed Ottobre 2006, Corigliano 7 tra i mesi di Maggio e Dicembre 2006, Corigliano 8 tra i mesi di Settembre 2007 e Novembre 2008, Corigliano 9 in quasi tutto il periodo di osservazione e Zollino

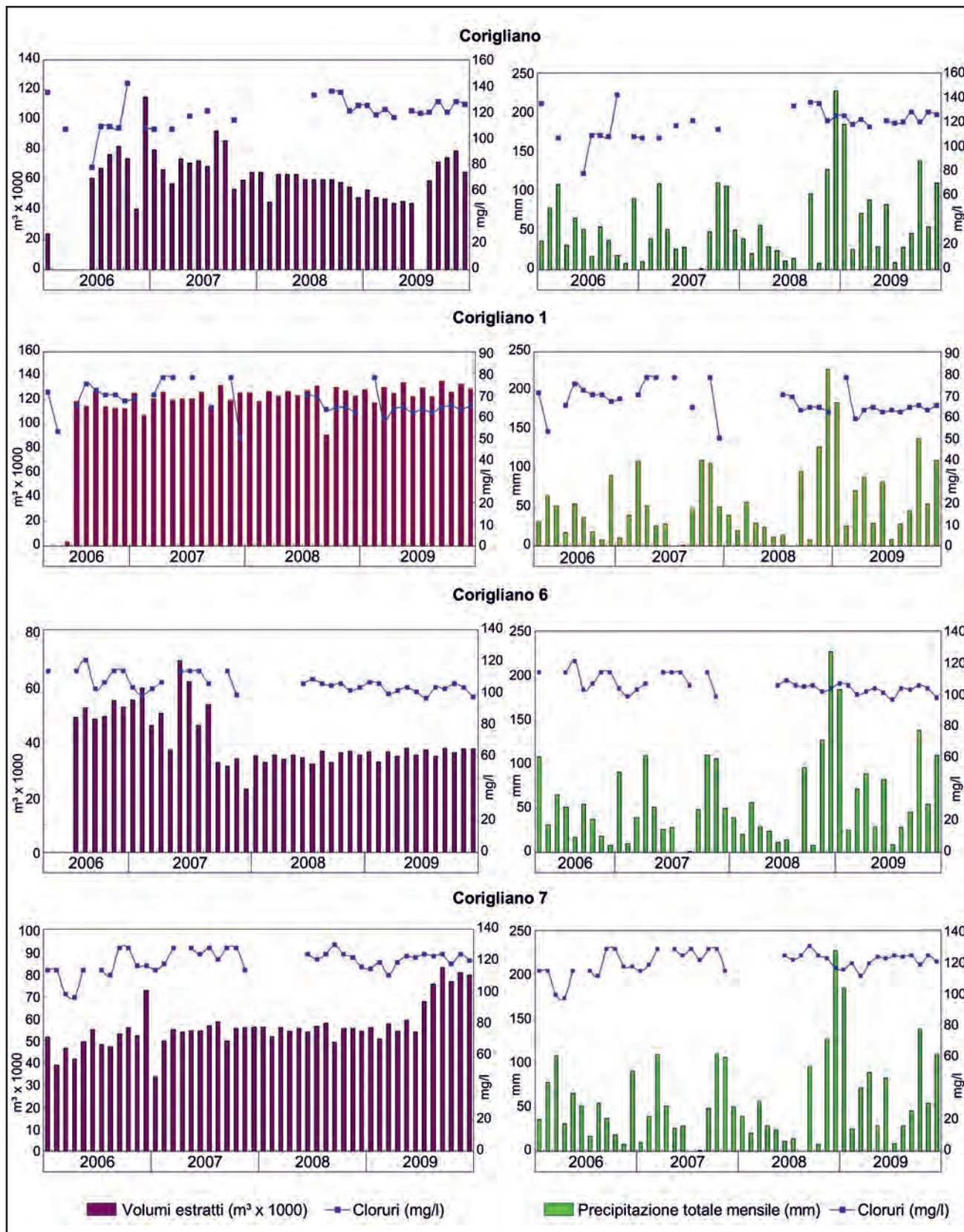


Fig. 20.14 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi Marzo 1, Corigliano 1, Corigliano 6 e Corigliano 7 ricadenti nel distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto (ubicazione in figura 20.13), con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alla stazione pluviometrica di Galatina.

- Time changes of chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for the wells Marzo 1, Corigliano 1, Corigliano 6 and Corigliano 7 in the pumping district of Corigliano d'Otranto (shown in figure 20.13), with indication of the total monthly rainfall measured at the Galatina rain gauge.

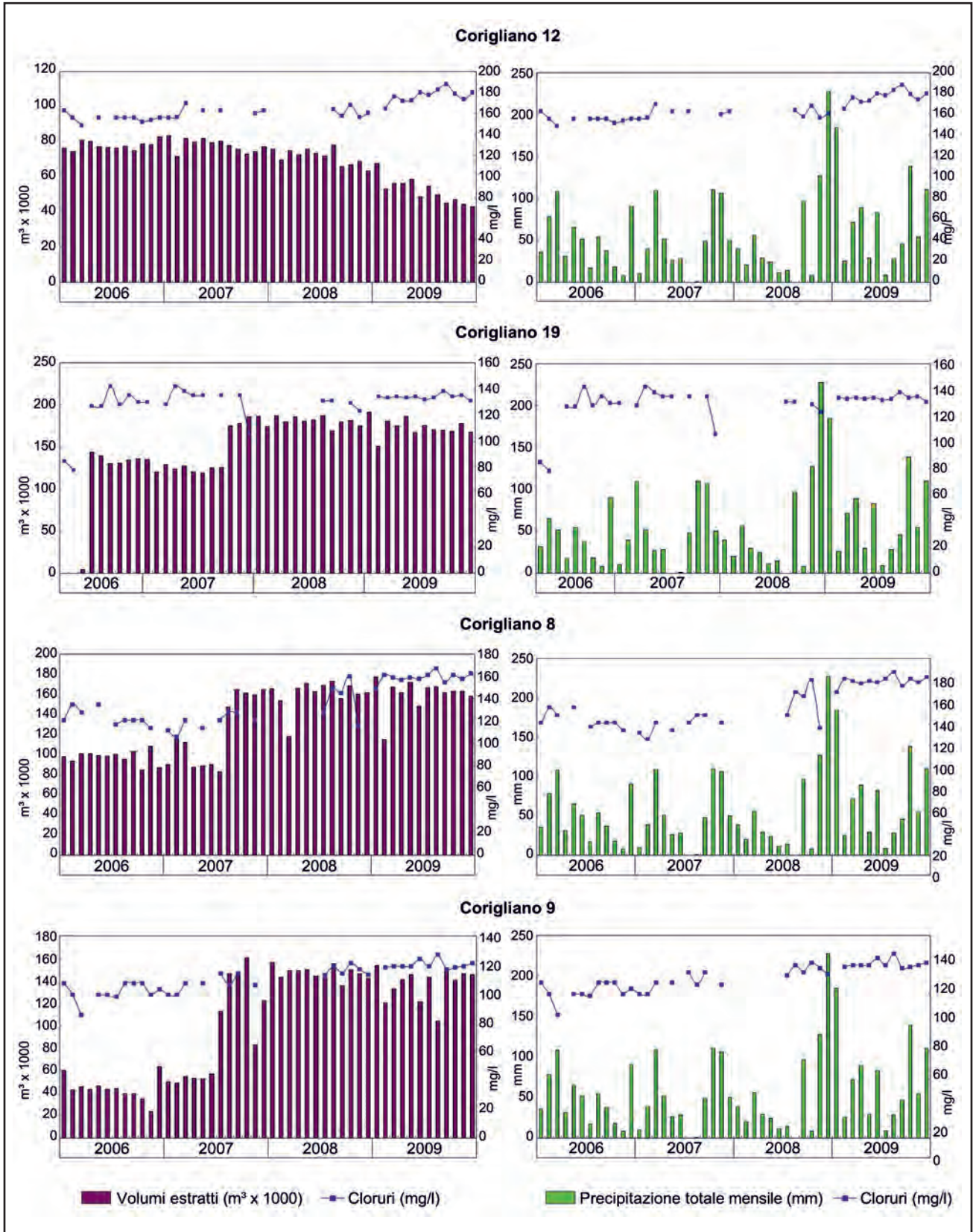


Fig. 20.15 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi Corigliano 12, Corigliano 19, Corigliano 8 e Corigliano 9 ricadenti nel distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto (ubicazione in figura 20.13), con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alla stazione pluviometrica di Galatina.

- Time changes of the chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for the wells Corigliano 12, Corigliano 19, Corigliano 8 and Corigliano 9 in the pumping district of Corigliano d'Otranto (shown in figure 20.13), with indication of the total monthly rainfall measured at the Galatina rain gauge.

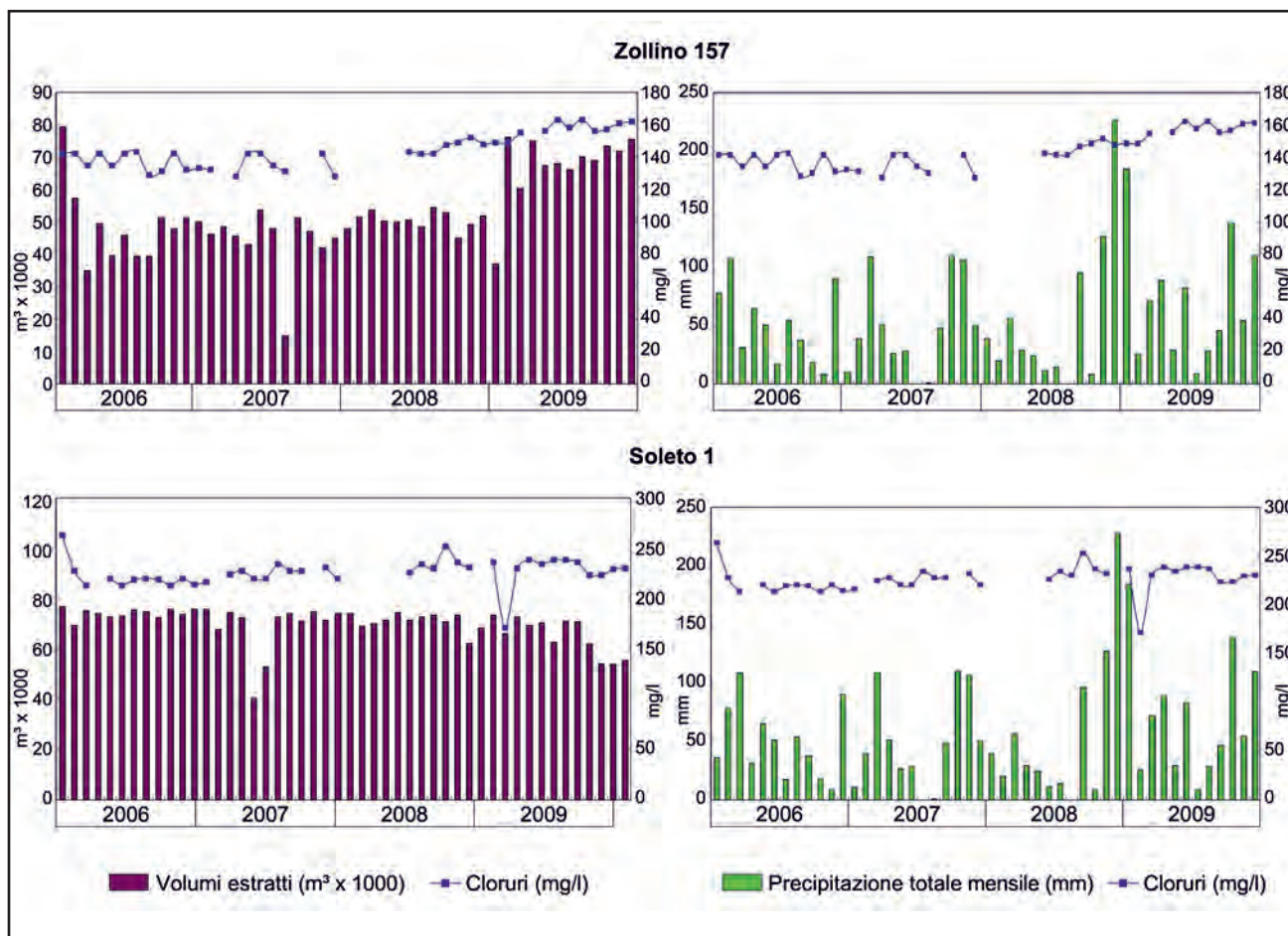


Fig. 20.16 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi Zollino 157 e Soletto 1 (ubicazione in figura 20.13) ricadenti nel distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto, con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alla stazione pluviometrica di Galatina. - Time changes of the chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for the wells Zollino 157 and Soletto 1 in the pumping district of Corigliano d'Otranto (shown in figure 20.13), with indication of the total monthly rainfall at the Galatina rain gauge.

157 a partire dal mese di Giugno 2006 e sino alla fine del periodo di osservazione (figg. 20.14÷20.16). Per il pozzo Soletto 1 si rileva poi una riduzione della concentrazione di ione cloruro nel primo trimestre del 2006, molto probabilmente associabile alle maggiori precipitazioni meteoriche.

Singolare è invece il comportamento rilevato per il pozzo Corigliano 12 (fig. 20.15). Detto pozzo, nel triennio monitorato, ha presentato una riduzione graduale dei volumi idrici mensili estratti da circa 80.000 m³ nel 2006 a circa 40.000 nel mese di dicembre 2009, mentre la concentrazione dello ione cloruro, e meno di oscillazioni dell'ordine dei 20 mg/l, ha subito un progressivo incremento, più accentuato nel periodo che va dal mese di Settembre 2008 sino alla fine del 2009. Detta circostanza risulta ancora meno chiara se si tiene in conto la maggior piovosità che ha caratterizzato l'inverno

del 2008. L'incremento della concentrazione di ione cloruro per detto pozzo potrebbe essere attribuito sia ad un possibile stato di depauperamento generale della risorsa idrica captata, sia ad un lento e progressivo fenomeno di formazione del cono di intrusione marina, forse accentuato dalla presenza di pozzi privati in emungimento nelle sue vicinanze. A tal riguardo si segnala che detto pozzo presenta una distanza tra la base del pozzo e l'interfaccia teorica di separazione tra le acque dolci di falda e l'acqua di mare pari ad appena 35 m, ove la profondità dell'interfaccia rispetto al livello mare è calcolata con la relazione di Ghyben - Herzberg assumendo $\rho_d/(\rho_s - \rho_d) = 38$, con ρ_d e ρ_s rispettivamente la densità della falda di acqua dolce e dell'acqua di mare (cap. 2). In dette condizioni la qualità dell'acqua estratta risulta molto sensibile agli spostamenti e variazioni di spessore della zona di transizione tra

la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare (cap. 12).

Distretto estrattivo di Galugnano - Martignano. I pozzi appartenenti al distretto estrattivo di Galugnano - Martignano (fig. 20.17) sono ubicati a circa quindici chilometri di distanza dal mare. In quest'area l'acquifero profondo è caratterizzato da valori del coefficiente di permeabilità in genere compresi nell'intervallo $10^{-2} - 10^{-1}$ cm/s (tav. 3 f.t.). La permeabilità dell'acquifero, seppur generalmente inferiore a quella caratterizzante il distretto estrattivo di Corigliano d'Otranto prima descritto, è comunque molto elevata. Nonostante

trica di Galatina. È evidente, per i pozzi Galugnano 7 e Martignano 205, l'incremento della concentrazione dello ione cloruro determinato dagli emungimenti attuati.

Il pozzo Galugnano 8 ha presentato un forte incremento della concentrazione dello ione cloruro nel mese di Dicembre 2008, la quale ha assunto un valore pari a circa 300 mg/l, superando quindi il limite di potabilità. Detta circostanza è molto probabilmente imputabile all'incremento dei volumi idrici mensili estratti avutosi a partire dall'estate dello stesso anno. La concentrazione si è poi ridotta molto probabilmente a causa dell'incremento delle precipitazioni avutesi nell'inverno 2008. Anche in questo caso non va comunque trascurata la possibilità che detto valore di picco della concentrazione dello ione cloruro sia imputabile ad un repentino incremento di portata applicato da qualche pozzo privato che potrebbe essere presente a piccola distanza.

20.4.2.2. - Arco Ionico-Tarantino

Nell'area idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino è stato eseguito uno studio per i campi pozzi appartenenti ai distretti estrattivi di Castellaneta e per alcuni pozzi potabili distribuiti nell'area di Masafra, Monteconcavocchia e Lizzano.

Distretto estrattivo di Castellaneta. I pozzi di tale distretto risultano ubicati pochi chilometri a Sud-Ovest del centro abitato di Castellaneta (fig. 20.19), in un'area ove localmente la falda circola in pressione in virtù della presenza al tetto dell'acquifero di formazioni calcareo-dolomitiche compatte o depositi argillosi della potenza di alcune decine di metri (cap. 17).

Le acque di falda estratte nel distretto estrattivo di Castellaneta presentano concentrazioni di ione cloruro elevate, in molti casi al limite della potabilità (fig. 20.20). Nel caso del pozzo Castellaneta 1 si osserva in particolare un picco di concentrazione di ione cloruro pari a circa 300 mg/l nel mese di Novembre del 2008, correlabile al progressivo aumento dei volumi mensili estratti tra il mese di Settembre (20.000 m^3) a quello di Novembre 2008 (53.000 m^3), ed in parte anche alle scarse precipitazioni avutesi nei mesi di Settembre ed Ottobre

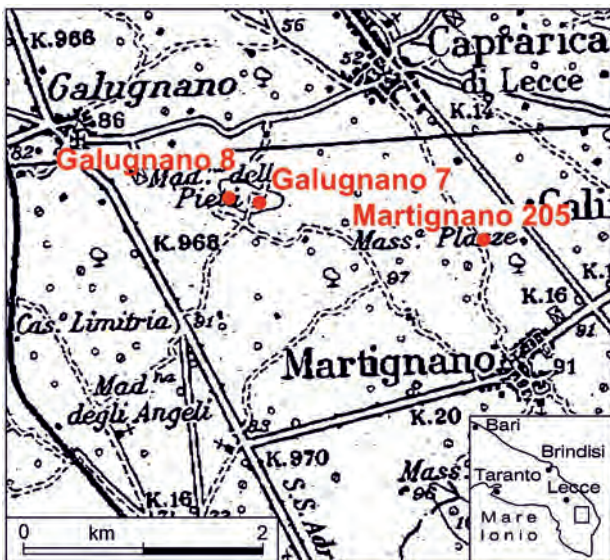


Fig. 20.17 - Planimetria con ubicazione delle opere di captazione potabili del distretto estrattivo di Galugnano - Martignano utilizzate per l'analisi della concentrazione dello ione cloruro in rapporto ai volumi idrici estratti ed alle precipitazioni.

- Map showing the location of potable wells in the pumping district of Galugnano - Martignano used for the analysis of the chloride ion concentration versus pumped water volumes and rainfall.

le condizioni di permeabilità siano favorevoli all'estrazione, anche in quest'area si è osservato negli ultimi anni un generale peggioramento delle caratteristiche chimiche delle acque di falda determinato dal fenomeno della intrusione marina, così come illustrato nel capitolo 3. In figura 20.18 è riportato, per alcuni pozzi appartenenti a detto distretto estrattivo, l'andamento nel tempo della concentrazione dello ione cloruro, dei volumi mensili estratti, con indicazione delle altezze di pioggia mensili misurate alla stazione pluviome-

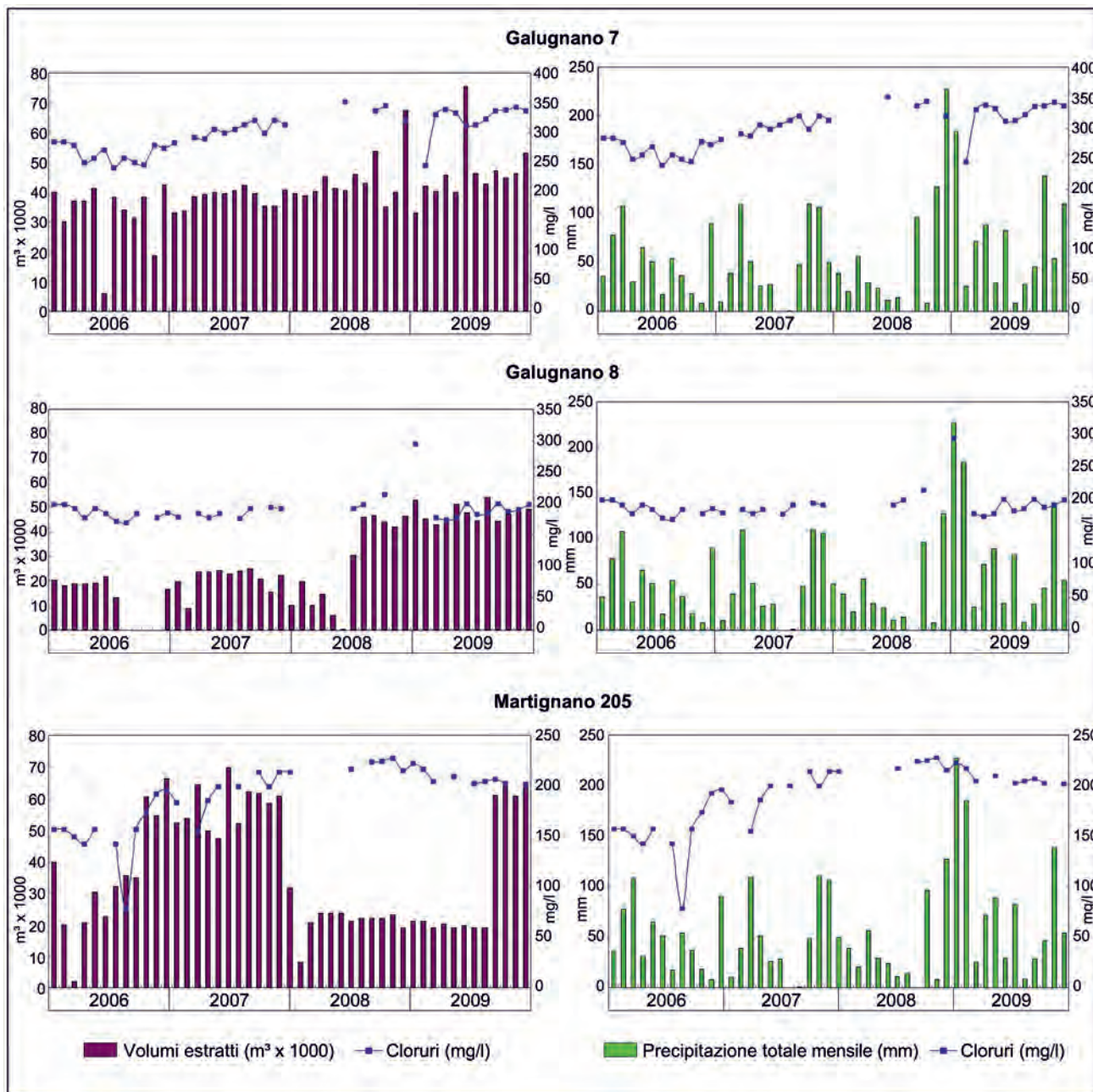


Fig. 20.18 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi Galugnano 7, Galugnano 8 e Martignano 205 (ubicazione in figura 20.17) ricadenti nel distretto estrattivo di Galugnano - Martignano con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alla stazione pluviometrica di Galatina.

- Time changes of chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for the wells Galugnano 7, Galugnano 8 and Martignano 205 (shown in figure 20.17) in the pumping district of Galugnano - Martignano, with indication of the total monthly rainfall measured at the Galatina rain gauge.

dello stesso anno. Per il pozzo Castellaneta 11 si osserva invece un minimo di concentrazione dello ione cloruro (110 mg/l) dopo una fase di inattività, avutasi tra i mesi di Dicembre 2008 ed Agosto 2009, periodo in cui si è avuto anche un incremento delle precipitazioni meteoriche (Novembre 2008 - Gennaio 2009). Alla ripresa dell'emungimento si osserva poi un incremento della concen-

trazione dello ione cloruro pari a circa 40 mg/l. Nel caso del pozzo Castellaneta 12 si osserva invece un minimo di concentrazione di ione cloruro avutosi nel mese di Giugno 2009, molto probabilmente quale effetto ritardato e combinato della forte riduzione degli emungimenti avutasi nel mese di Marzo 2009 e delle significative piogge avutesi nel mese di Aprile 2009.

Pozzi ubicati nelle località di Massafra- Monteconvecchia - Lizzano. I pozzi di Massafra e Lizzano sono ubicati nei pressi dei rispettivi centri abitati a circa otto chilometri di distanza dal mare, mentre i pozzi di Monteconvecchia risultano a pochi km da San Marzano di San Giuseppe (fig. 20.21). I pozzi presi in considerazione prelevano acque di falda fortemente mescolate con le acque marine intruse nel continente (fig. 20.22). Il pozzo Massafra presenta valori di concentrazione di ione cloruro dell'ordine dei 200 mg/l piuttosto stabile nel tempo, mentre i pozzi Monteconvecchia 1 e 2 e Lizzano superano di gran lunga il limite normativo di 250 mg/l. I pozzi Monteconvecchia 1 e 2 hanno presentato un picco di concentrazione dello ione cloruro nel mese di Settembre 2009. Considerato che detto picco si è avuto per entrambi i pozzi nello stesso mese, è plausibile che la causa sia comune, da ricercare o nelle basse precipitazioni estive o nell'aumento di estrazione attuato da pozzi privati (soprattutto irrigui) presenti in zona (2-10 pozzi per kmq, PTA, 2009).

20.4.1.3. - Area idrogeologica della Murgia

Per l'area idrogeologica della Murgia sono stati presi in considerazione alcuni pozzi potabili ricadenti nei comuni di Andria, Noicattaro e Monopoli (fig. 20.23), Il pozzo Andria B (fig. 20.24), distante circa 18 km dalla linea di costa, ha presentato una concentrazione di ione cloruro piuttosto costante, pari a circa 150 mg/l, e ciò sembra indicare che, seppur la qualità delle acque di falda sia influenzata dall'intrusione marina, sia stata raggiunta una condizione di equilibrio tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare. Il pozzo Noicattaro 1, ubicato a circa 10 km di distanza dalla costa, è risultato infatti inattivo nel periodo Gennaio 2007 - Giugno 2007, durante il quale la concentrazione dello ione cloruro è risulta molto bassa, dell'ordine di 40 mg/l, ad indicare una sostanziale assenza di fenomeni di mescolamento con le acque marine (fig. 20.24). Dopo il mese di Giugno 2007 è stata avviata l'estrazione di un volume idrico mensile pari a circa 50.000 m³, che ha determinato un progressivo incremento della concentrazione di ione cloruro, che ha raggiunto valori massimi poco in-

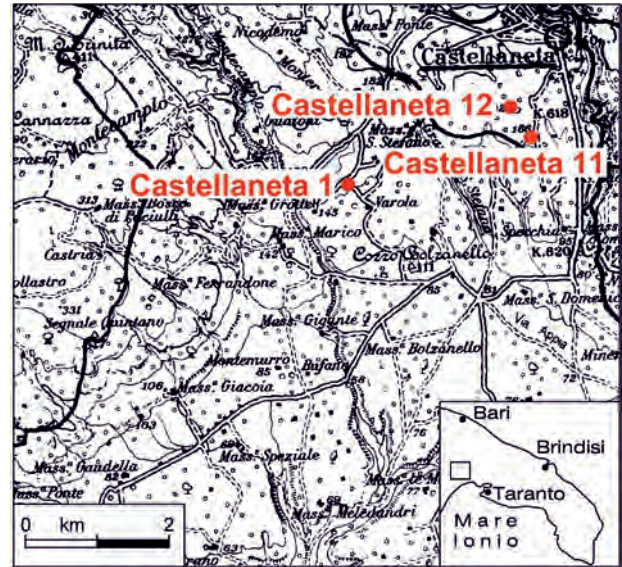


Fig. 20.19 - Planimetria con ubicazione delle opere di captazione potabili del distretto estrattivo di Castellaneta utilizzate per l'analisi della concentrazione dello ione cloruro in rapporto ai volumi idrici estratti ed alle precipitazioni. - Map showing the location of potable wells in the pumping district of Castellaneta, used for the analysis of the chloride ion concentration versus pumped water volumes and rainfall.

fioriori a 70 mg/l. In tal caso si fa notare che, pur essendo basso il valore di picco raggiunto dalla concentrazione dello ione cloruro, questo ha comunque subito un incremento del 75% circa, e ciò è da imputare alla contaminazione salina dovuta al fenomeno dell'intrusione marina.

L'emungimento attuato dal Monopoli 10 ha determinato un incremento di concentrazione dello ione cloruro da circa 200 mg/l a circa 330mg/l, rendendo quindi l'acqua non più direttamente distribuibile per l'uso potabile (fig. 20.24). Il pozzo Monopoli 12 ha presentato una concentrazione di ione cloruro pari a circa 100 mg/l all'inizio e nella stagione estiva del 2008, in un periodo di inattività (fig. 20.25). La concentrazione di ione cloruro è poi aumentata durante l'esercizio, sino a raggiungere valori dell'ordine di 140 mg/l. Il pozzo Monopoli 13 ha presentato una concentrazione di ione cloruro pari a circa 120 mg/l nel mese di Luglio del 2007, quando i volumi idrici mensili estratti erano inferiori a 10.000 m³. Il successivo aumento dei volumi idrici mensili estratti, sino a valori dell'ordine di 40.000 m³, ha poi determinato l'incremento di concentrazione di ione cloruro, la quale ha raggiunto valori massimi dell'ordine di 200÷250 mg/l (fig. 20.24).

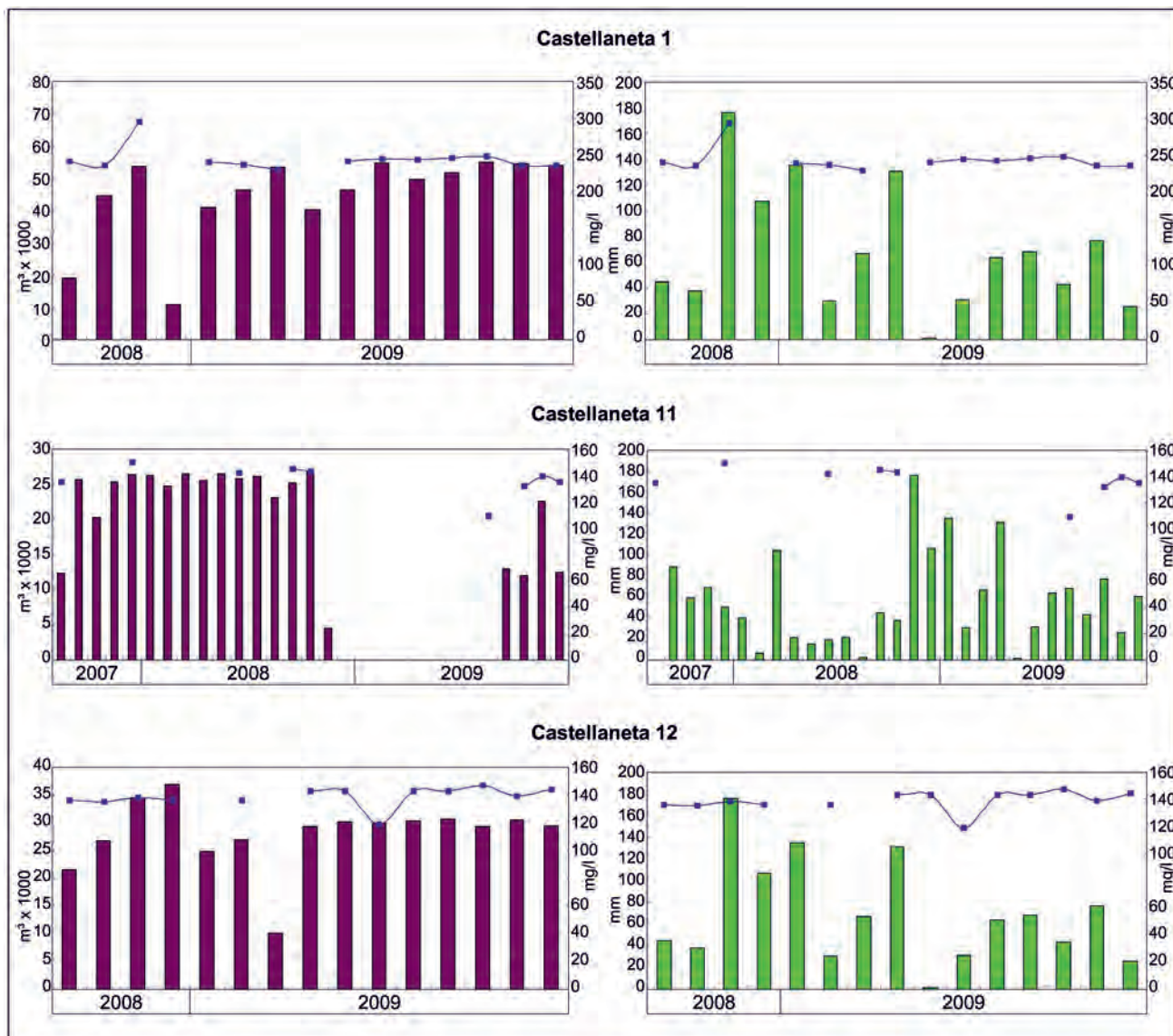


Fig. 20.20 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi Castellaneta 1, Castellaneta 11 e Castellaneta 12 (ubicazione in figura 20.19) ricadenti nel distretto estrattivo di Castellaneta, con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alla stazione pluviometrica di Galatina.

- Time changes of chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for the wells Castellaneta 1, Castellaneta 11 and Castellaneta 12 (shown in figure 20.19) in the pumping district of Castellaneta, with indication of the total monthly rainfall measured at the Galatina rain gauge.

20.5. - EVOLUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DELLO IONE NITRATO DELLE ACQUE SOTTERRANEE REGIONALI ESTRATTE AI FINI POTABILI

La presenza dello ione nitrato nelle acque di falda è correlabile generalmente alla presenza di sorgenti di inquinamento di natura antropica. L'analisi della sua distribuzione nello spazio ed evoluzione nel tempo risulta molto complessa in quanto funzione di molte variabili, quali il tipo di sorgente inquinante, le caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali e dell'acquifero, la di-

stribuzione nello spazio e nel tempo e l'intensità degli eventi piovosi. In questo paragrafo, sulla base dei risultati delle analisi chimiche condotte su campioni d'acqua prelevati dai pozzi potabili, è stata eseguita un'analisi finalizzata solo alla valutazione della variazione della concentrazione dello ione nitrato nel tempo, senza entrare nel merito dei processi che l'hanno determinata.

Con riferimento ai dati forniti dal Servizio di Vigilanza Igienica dell'Acquedotto Pugliese, afferenti al periodo 2002÷2010, è possibile innanzitutto osservare che il 65% dei campioni d'acqua

esaminati è caratterizzato da una concentrazione di nitrati superiore a 20 mg/l; quest'ultimo valore, anche se inferiore al valore massimo normativo (50 mg/l), è qui orientativamente assunto quale valore di soglia indicante situazioni a rischio.

Sulla base delle serie storiche disponibili a partire dal 2002, sono stati individuati, per ciascun pozzo, il valore minimo, medio e massimo della concentrazione dello ione nitrato. Le concentrazioni minime registrate (fig. 20.26) evidenziano una presenza alquanto diffusa dello ione nitrato sul territorio regionale, con valori spesso superiori a 20 mg/l. Le concentrazioni medie dello ione nitrato

(fig. 20.27) indicano valori superiori a 30 mg/l per molti pozzi appartenenti all'Area Idrogeologica del Salento. Quando si passa poi ad analizzare i valori massimi (fig. 20.28), vengono evidenziate delle situazioni molto preoccupanti, caratterizzate da concentrazioni dello ione nitrato che si approssimano o superano il valore limite normativo di 50 mg/l, come quelle presenti nei comuni di Apricena, Spinazzola, Castellaneta, Lecce e nell'area centro-orientale della penisola salentina.

Per molti dei pozzi che hanno evidenziato elevati valori di concentrazione di ione nitrato è possibile evidenziare che non si tratta di valori di picco

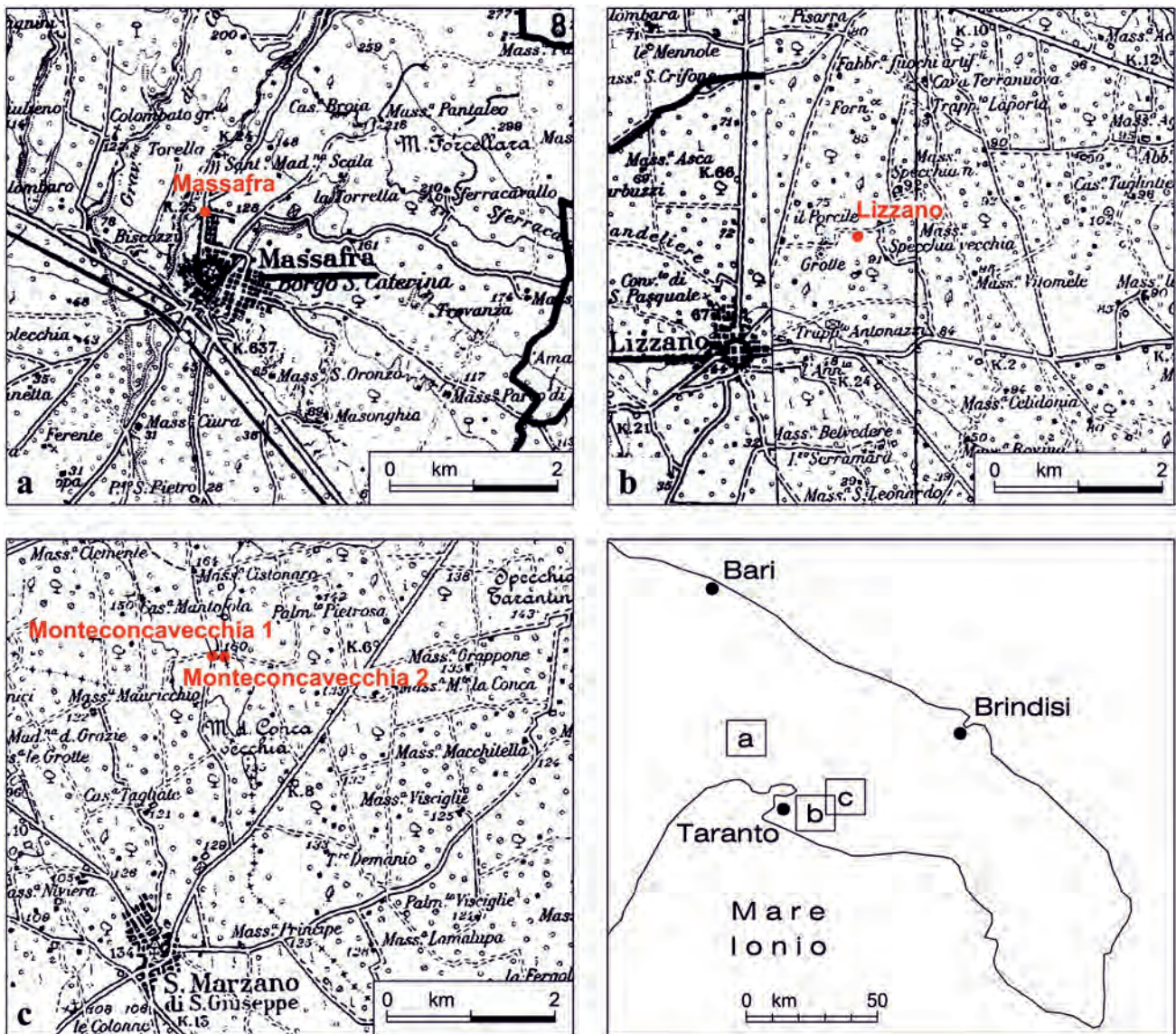


Fig. 20.21 - Planimetrie con ubicazione delle opere di captazione potabili ubicate nelle località di Massafra (a), Lizzano (b) e Monteconcecchia (c) utilizzate per l'analisi della concentrazione dello ione cloruro in rapporto ai volumi idrici estratti ed alle precipitazioni.

- Maps showing the potable wells located at Massafra (a), Lizzano (b) and Monteconcecchia (c), used for the analysis of chloride ion concentration versus pumped water volumes and rainfall.

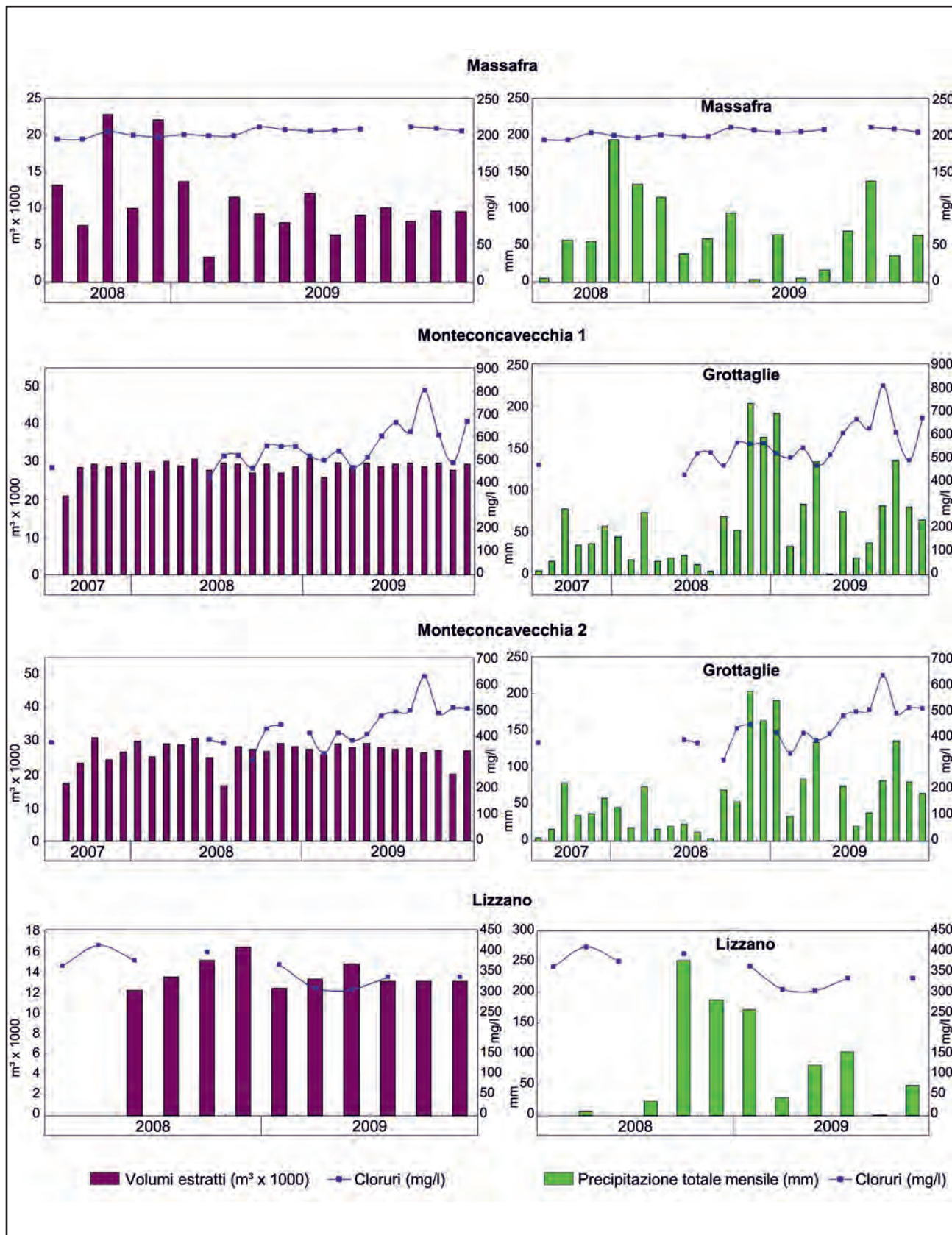


Fig. 20.22 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per alcuni pozzi ubicati nelle località di Massafra, Lizzano e Monteconcecchia (ubicazione in figura 20.21), con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alle stazioni pluviometriche di Massafra, Grottaglie e Lizzano. - Time changes of chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for some wells located at Massafra, Lizzano and Monteconcecchia (shown in figure 20.21), with indication of the total monthly rainfall measured at the rain gauges of Massafra, Grottaglie and Lizzano.

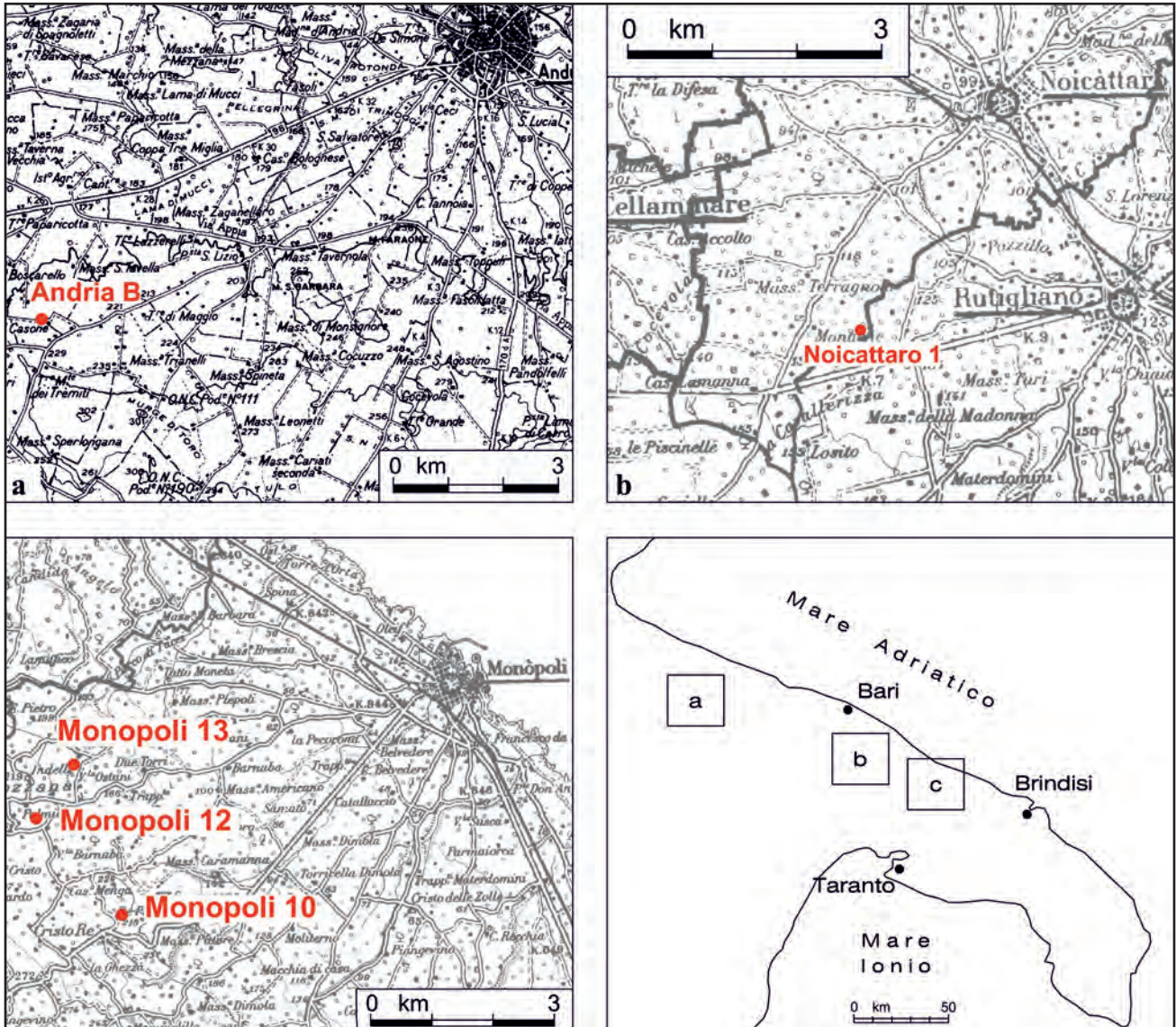


Fig. 20.23 - Planimetria con ubicazione delle opere di captazione potabili ubicate nelle località di Andria (a), Noicattaro (b) e Monopoli (c) utilizzate per l'analisi della concentrazione dello ione cloruro in rapporto ai volumi idrici estratti ed alle precipitazioni.

- Map showing the potable wells located at Andria (a), Noicattaro (b) and Monopoli (c), used for the analysis of chloride ion concentration versus pumped water volumes and rainfall.

isolati. I valori massimi vengono infatti raggiunti a seguito di un graduale peggioramento, verificatosi, sulla base dei dati noti, da almeno una decina di anni. Il 50% dei pozzi presi in considerazione ha evidenziato in media, infatti, un incremento dei nitrati nel periodo 2002÷2010 (fig. 20.29). L'andamento nel tempo della concentrazione dello ione nitrato per alcuni di detti pozzi indica un peggioramento progressivo (figg. 20.30, 20.31). La forte dispersione dei dati, dovute alla complessità del fenomeno di inquinamento che, come già detto, è funzione di una molteplicità di parametri agenti in modo diverso caso per caso, non rende possibile

l'individuazione di una retta di regressione effettivamente rappresentativa. Tuttavia è possibile rilevare un incremento medio della concentrazione dello ione nitrato che evidenzia, in modo inconfutabile, il progressivo peggioramento della qualità delle acque di falda estratte. Per quasi tutti i pozzi presi in esame nelle figure 20.30 e 20.31 vengono raggiunte, nel 2010, concentrazioni di ione nitrato prossime o superiori al limite normativo pari a 50 mg/l. Detta circostanza pone serie preoccupazioni circa l'evoluzione futura dell'inquinamento delle acque di falda prodotto dalle attività antropiche, e pone l'urgenza di adottare tutti i rimedi finalizzati

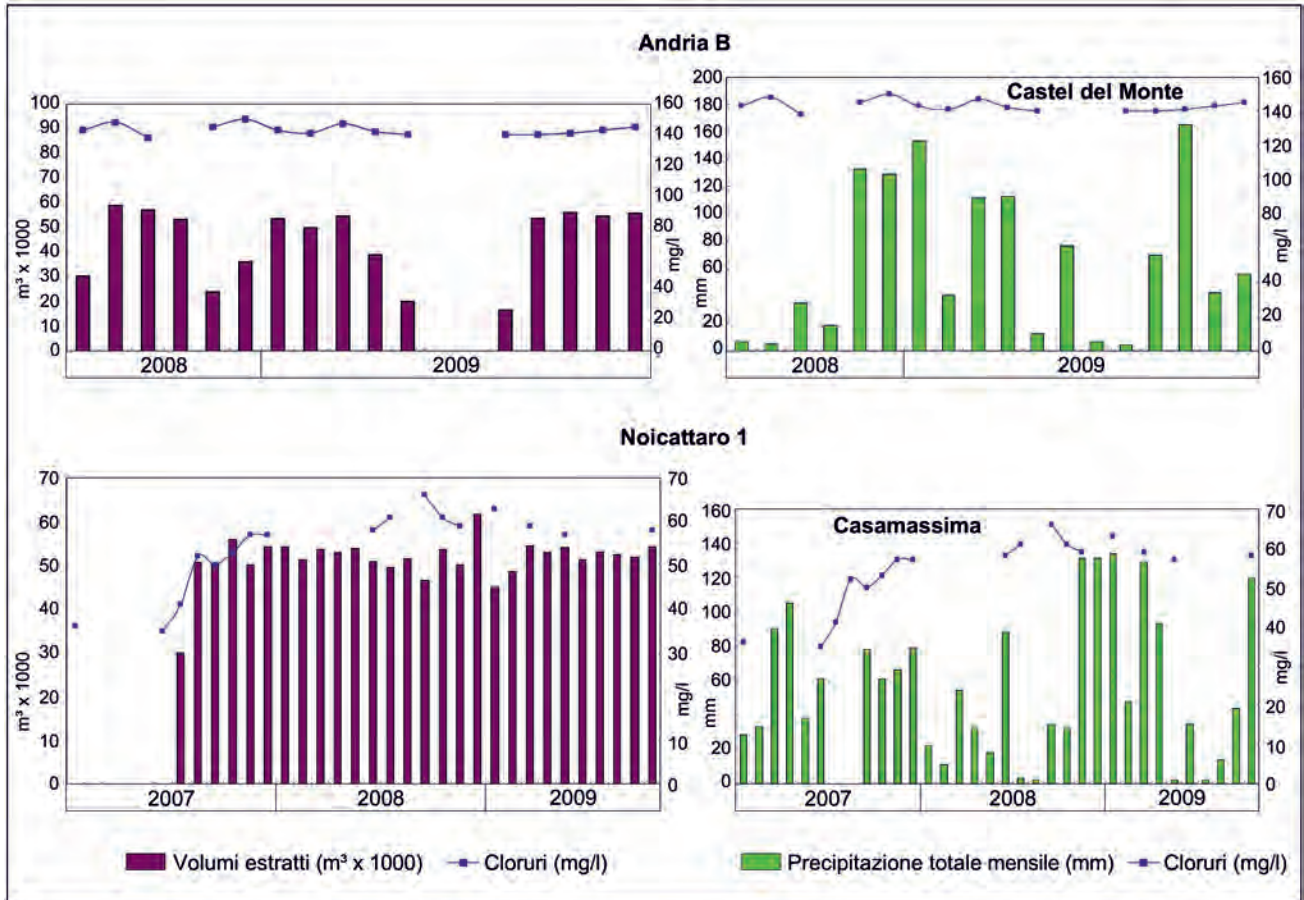


Fig. 20.24 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi ubicati nelle località di Andria e Noicattaro (ubicazione in figura 20.23) con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alle stazioni pluviometriche di Castel del Monte e Casamassima.

- Time changes of chloride ion concentration and monthly pumped water volumes for the wells located at Andria and Noicattaro (shown in figure 20.23), with indication of the total monthly rainfall measured at the rain gauges of Castel del Monte and Casamassima.

alla protezione degli acquiferi destinati al potabile, all'inversione delle tendenze individuate, come ad esempio la definizione delle aree di salvaguardia delle opere di captazione delle acque sotterranee destinate al consumo umano, da eseguire con i criteri illustrati nel capitolo 10.

20.6. - CONCLUSIONI

L'analisi dell'evoluzione nel tempo del chimismo delle acque sotterranee estratte dagli acquiferi regionali e destinate al consumo umano ha evidenziato preoccupanti peggioramenti qualitativi. In particolare è stato evidenziato, per un elevato numero di pozzi, un incremento sia della concentrazione di ione cloruro sia dello ione nitrato.

L'incremento della concentrazione di ione cloruro è da attribuire al sollevamento dell'acqua di

mare presente alla base della falda di acqua dolce, dovuto sia al *salt-water upconing* sia al depauperamento generale della falda carbonatica profonda determinato da un uso non sostenibile della stessa, attuato, oltre che dai pozzi potabili, anche dai pozzi irrigui ed industriali.

L'incremento della concentrazione dello ione nitrato è invece, in generale, da attribuire alla presenza, sulla superficie del suolo, di attività antropiche inquinanti.

I risultati delle analisi svolte richiedono quindi la messa in campo di azioni finalizzate all'espletamento di una più corretta gestione delle acque sotterranee destinate al consumo umano.

È necessario, innanzitutto, che i prelievi attuati per il potabile, insieme a quelli attuati per gli altri scopi, non superino le potenzialità idriche degli acquiferi. I volumi idrici annui estratti dagli acquiferi

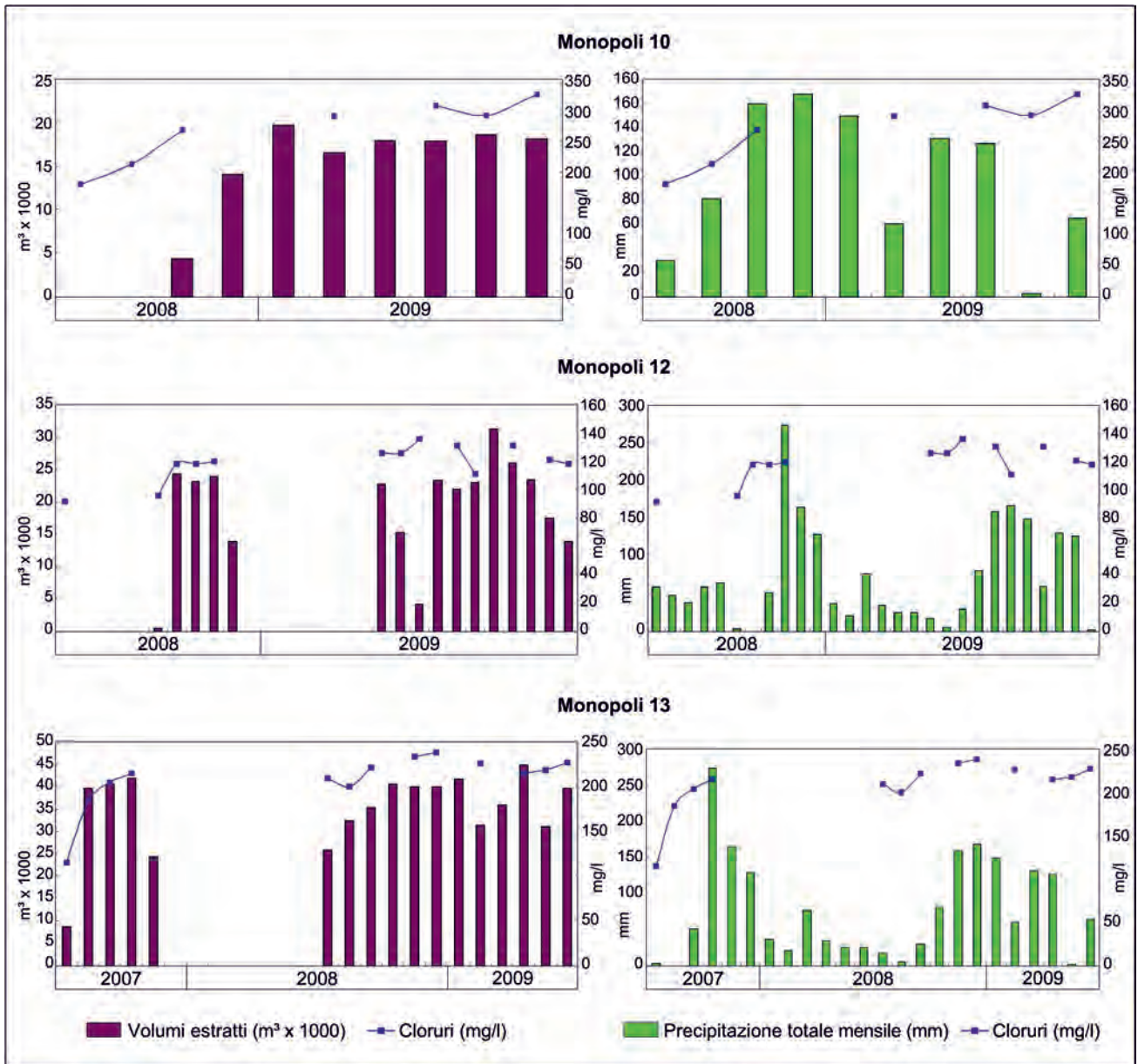


Fig. 20.25 - Andamento del tempo della concentrazione dello ione cloruro e dei volumi idrici mensili estratti per i pozzi ubicati nella località di Monopoli (ubicazione in figura 20.23) con indicazione dei totali mensili di pioggia misurati alla stazione pluviometrica di Castellana Grotte.

- Time changes of chloride ion concentration and monthly pumped water volumes located at Monopoli (shown in figure 20.23), with indication of the total monthly rainfall measured at the rain gauges of Castellana Grotte.

per il potabile, insieme a quelli estratti per gli altri usi dagli oltre 100.000 pozzi esistenti, devono quindi essere rivalutati sulla base delle risultanze del monitoraggio idrometrografico e qualitativo delle acque sotterranee, da attuare per distretti ed interpretare in tempo reale secondo quanto illustrato nel capitolo 30. È evidente che di quest'ultima attività non può farsi carico l'AQP, ma deve essere svolta da una un Ente istituito dalla Regione Puglia, suddividendo opportunamente il territorio

regionale in distretti, secondo quanto illustrato nei capitoli 11 e 30. È necessario, inoltre, progettare correttamente i pozzi, tenendo conto dei principi idraulici che regolano il *salt-water upconing* (cap. 12), adottando, in particolare, penetrazioni dei pozzi in falda compatibili con le depressioni idrodinamiche applicate durante l'esercizio. Infine, per ogni pozzo o insiemi di opere di captazione, è necessario definire le aree di salvaguardia, secondo quanto richiesto dal D.lgs. 152/2006, necessità quest'ultima già

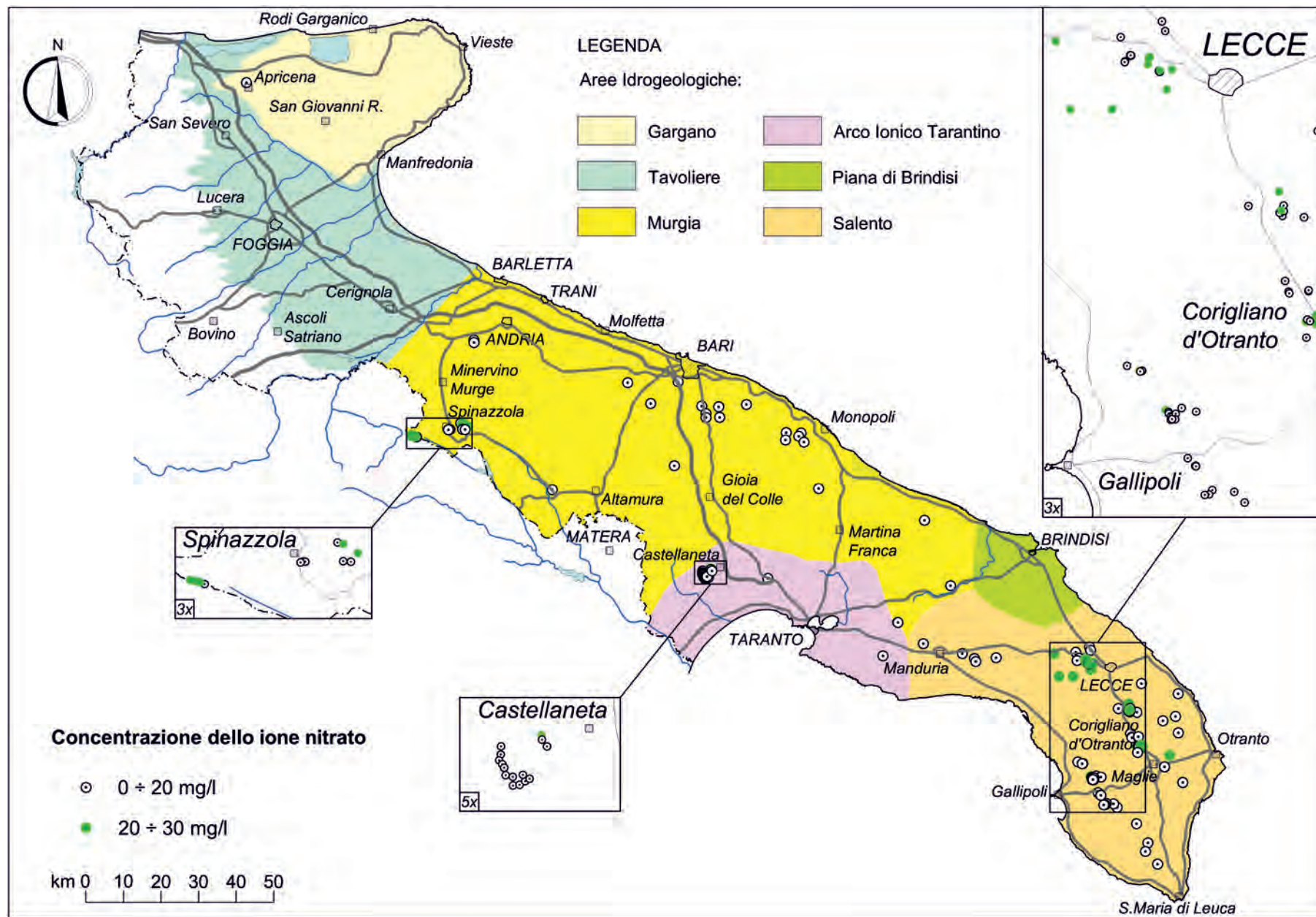


Fig. 20.26 - Concentrazione minima dello ione nitrato rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002÷2010).
- Minimum concentration of nitrate ion measured at the 157 potable wells selected for the analysis of chemistry of groundwater used for human consumption (2002÷2010).

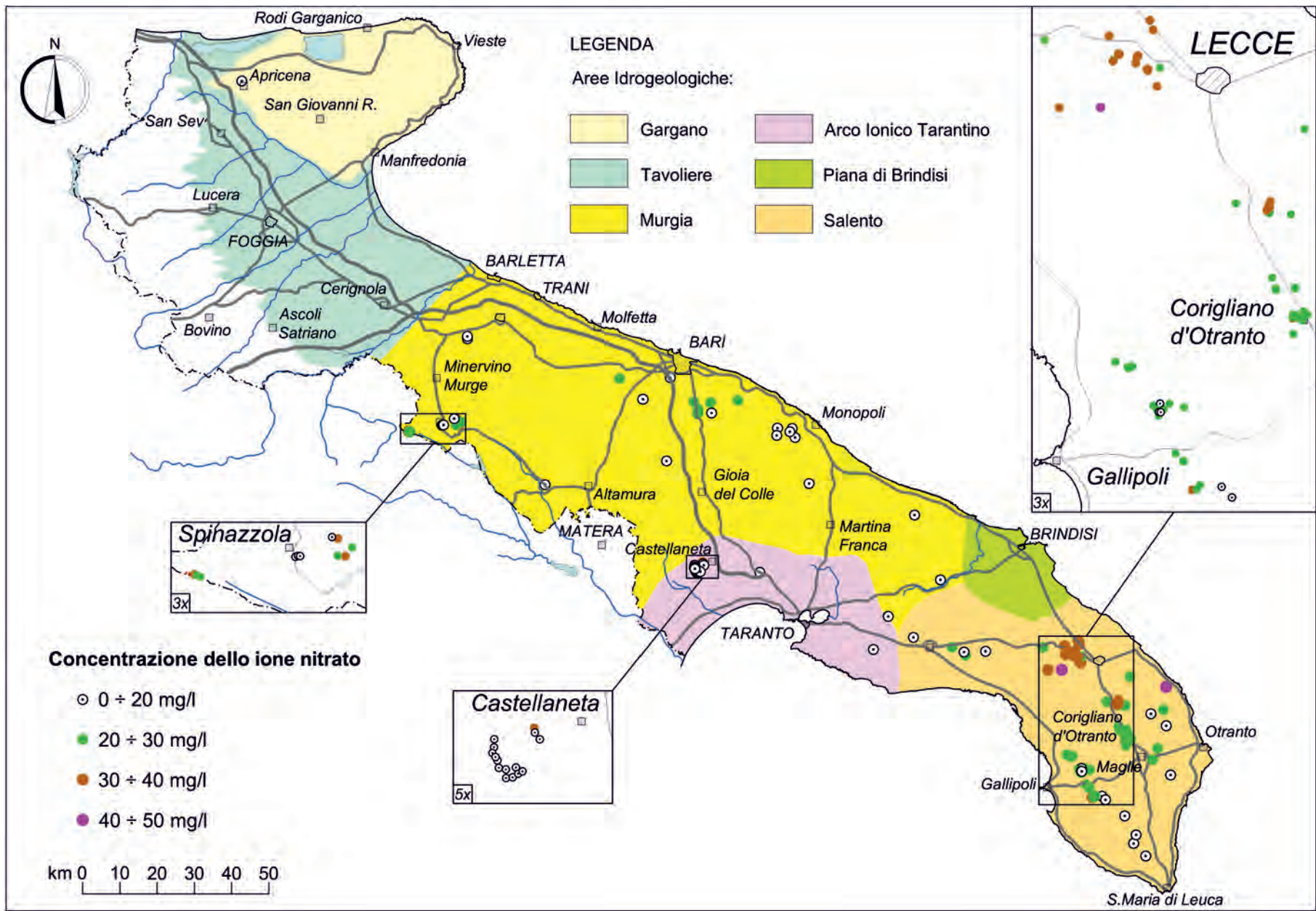


Fig. 20.27 - Concentrazione media dello ione nitrato rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002÷2010).
 - Average concentration of nitrate ion measured at the 157 wells selected for the analysis of chemistry of groundwater used for human consumption (2002÷2010).

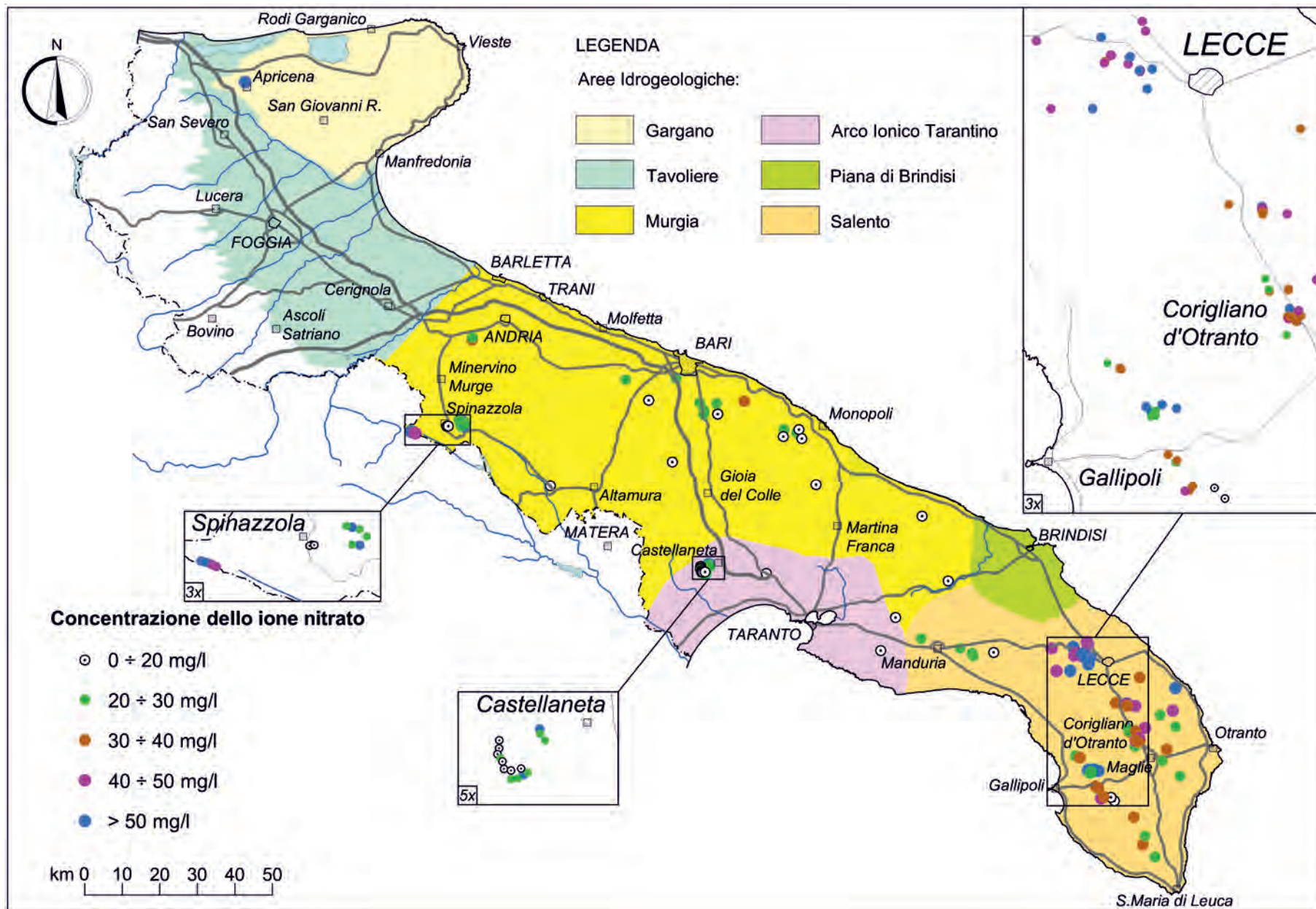


Fig. 20.28 - Concentrazione massima dello ione nitrato rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002÷2010).
 - Maximum concentration of nitrate ion measured at the 157 potable wells selected for the analysis of chemistry of groundwater used for human consumption (2002÷2010).

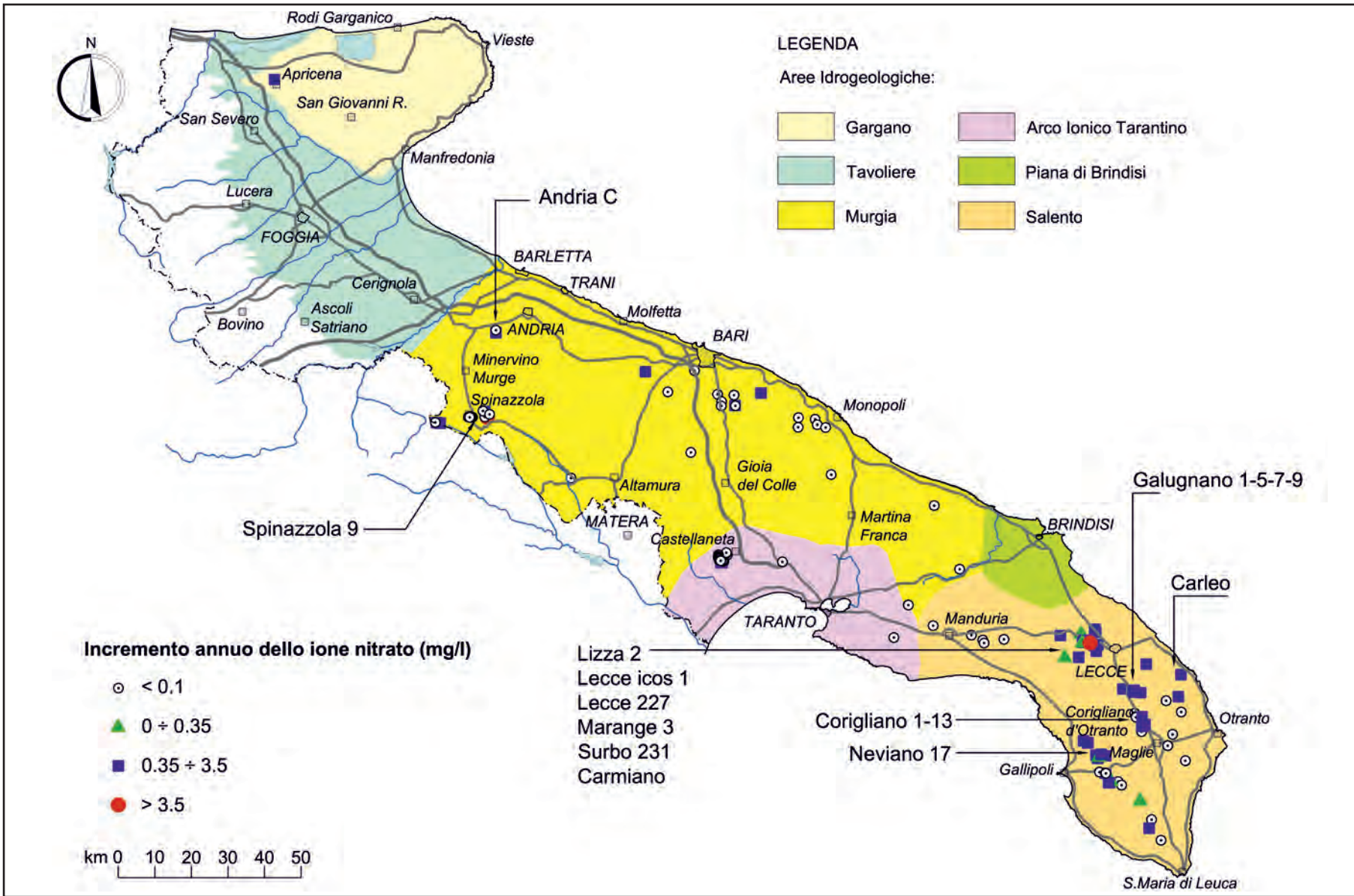


Fig. 20.29 - Incremento della concentrazione dello ione nitrato rilevata per i 157 pozzi potabili utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee estratte ai fini potabili (dati riferiti al periodo 2002-2010), con indicazione dei pozzi per i quali nelle figure 20.30 e 20.31 si riporta l'andamento nel tempo della concentrazione dello ione nitrato.

- Increase in nitrate ion concentration measured at the 157 potable wells selected for the analysis of chemistry of groundwater used for human consumption (2002-2010), with indication of the wells for which the nitrate ion concentration versus time is shown in figure 20.30 and 20.31.

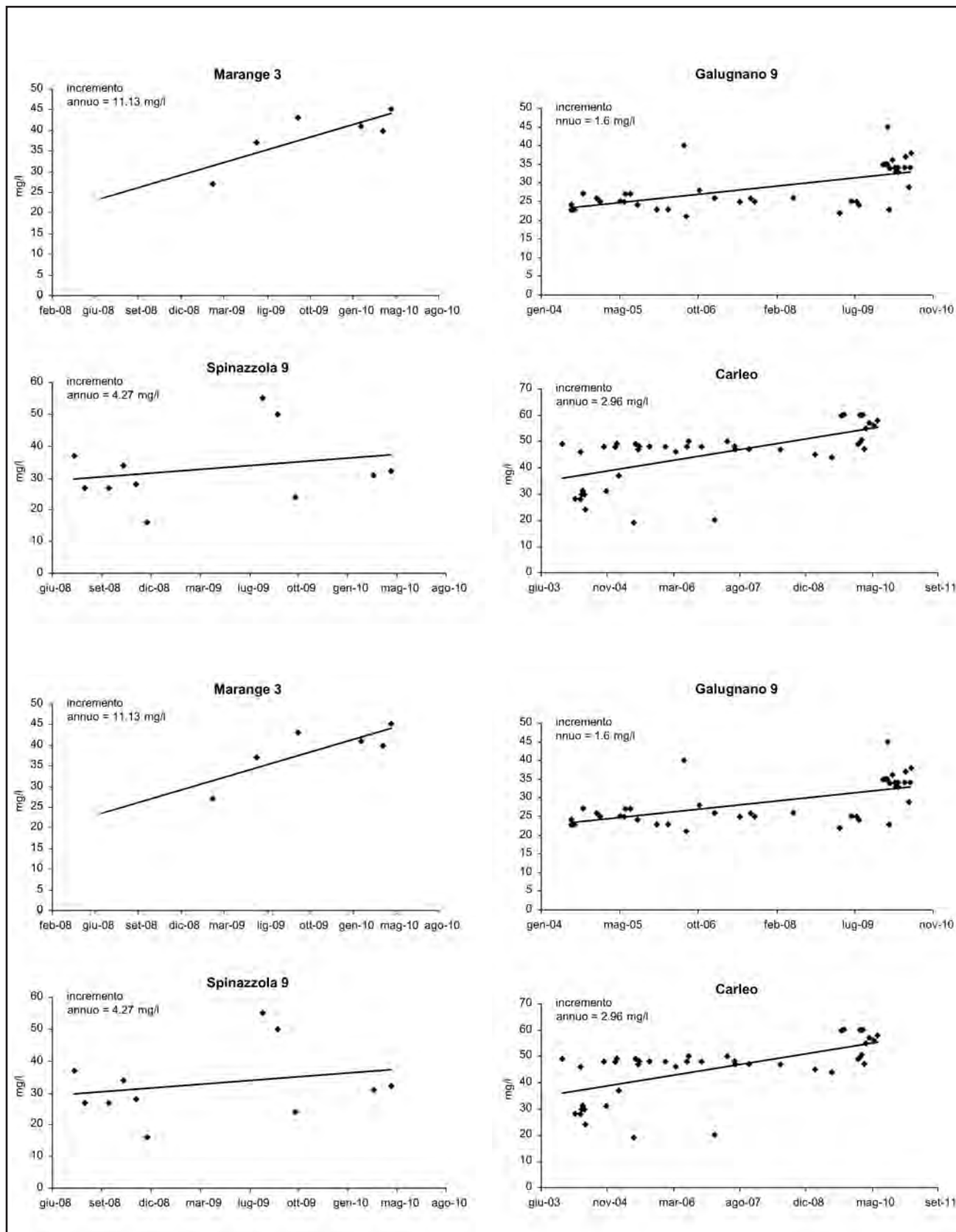


Fig. 20.30 - Andamento della concentrazione dello ione nitrato nel periodo 2002÷2010 per i pozzi Marange 3, Galugnano 9, Spinazzola 9, Carleo, Corigliano 13, Galugnano 5, Carmiano e Corigliano 1 (ubicazione in figura 20.29), con indicazione del relativo incremento annuo.

- Pattern of the nitrate ion concentration in the period 2002÷2010 for the wells Marange 3, Galugnano 9, Spinazzola 9, Carleo, Corigliano 13, Galugnano 5, Carmiano and Corigliano 1 (shown in figure 20.29), with indication of the annual increase.

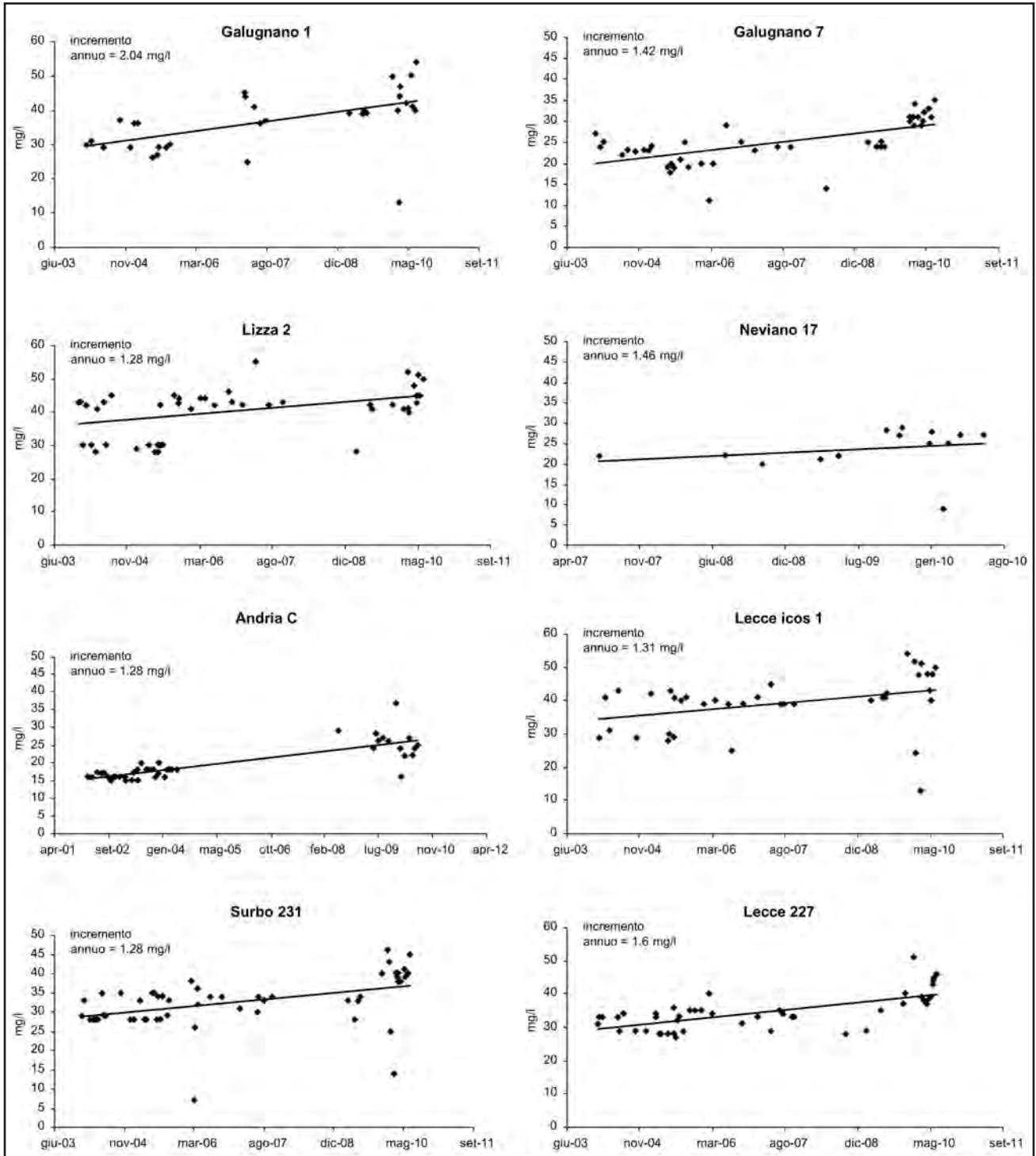


Fig. 20.31 - Andamento della concentrazione dello ione nitrato nel periodo 2002÷2010 per i pozzi Galugnano 1, Galugnano 7, Lizza 2, Neviano 17, Andria C, Lecce icos 1, Surbo 231 e Lecce 227 (ubicazione in figura 20.29), con indicazione del relativo incremento annuo.

- Nitrate ion concentration in the period 2002÷2010 for the wells Galugnano 1, Galugnano 7, Lizza 2, Neviano 17, Andria C, Lecce icos 1, Surbo 231 and Lecce 227 (shown in figure 20.29), with indication of the annual increase.

indicata come sommamente urgente in occasione del PRGA, 1989 e 1995, secondo quanto stabiliva il DPR 236/1988. In particolare urge perimetrare e gestire le zone di rispetto, argomento amplia-

mente trattato nella presente Monografia nel capitolo 10 in generale e nei capitoli 15 e 18 con particolare riferimento alle Aree Idrogeologiche della Murgia e del Salento.

La verifica e l'applicazione di quanto sopra esposto dovrebbe portare alla revisione della rete di pozzi potabili. Quella esistente, come abbiamo visto, si è costituita via via nel tempo nella necessità di dare risposta a periodi di grave crisi idrica, e ciò ha molto spesso comportato la necessità di andare in deroga ai corretti principi di gestione e salvaguardia delle risorse idriche sotterranee. La revisione dovrebbe portare alla conferma dei pozzi corretti ed alla modifica o cancellazione di quelli non rispondenti ai sani criteri idrogeologici ed idraulici. È evidente che detta attività di revisione andrebbe condotta sulla base della conoscenza delle informazioni di base dei pozzi potabili esistenti, ad oggi purtroppo non disponibile per molti di essi, quali la quota del piano campagna, la profondità della perforazione e la posizione del tratto sfinestrato, i terreni attraversati, la quota piezometrica della falda indisturbata, la portata e depressione durante all'emungimento, il tipo di falda intercettata e la presenza di ulteriori pozzi privati nelle vicinanze.

Allo stato attuale la gestione delle risorse idriche adibite all'uso potabile viene svolta dall'AQP solo al fine di garantire gli standard di qualità richiesti per le acque potabili ai punti di distribuzione. Il Servizio di Vigilanza Igienica dell'AQP esegue egregiamente detta attività, attraverso il prelievo di circa 9.000 campioni di acqua all'anno per analisi chimico - fisiche e batteriologiche (DEGIOVANNI, 2004). La gran mole di dati disponibili potrebbe, oltre che fornire le necessarie informazioni sullo stato qualitativo delle acque in relazione al loro uso potabile, anche integrare la banca dati proveniente dalla rete di monitoraggio delle acque sotterranee (cap. 27), consentendo così di ottenere un gran numero di punti di controllo. In tale ordine di idee i dati provenienti dal Servizio di Vigilanza Igienica dell'AQP potrebbero essere utilizzati per analizzare lo stato qualitativo delle acque sotterranee ed individuare quindi condizioni di depauperamento, e ciò nell'ipotesi di conoscere i dati geometrico - costruttivi ed idrogeologici dei pozzi potabili.

Nell'analizzare le condizioni di esercizio dei pozzi potabili è necessario osservare che i criteri di gestione dei pozzi basati sull'osservazione dello stato qualitativo delle acque estratte finalizzato alla

loro accettabilità per il consumo umano non è idoneo ad individuare condizioni a rischio rispetto al fenomeno dell'intrusione marina. Valori di concentrazione salina e di ione cloruro anche inferiori a quelli consigliati per l'uso potabile delle acque, pari rispettivamente a 1,5 g/l e 0,25 g/l, possono molto spesso essere già indicativi di un preoccupante turbamento delle condizioni di equilibrio tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare (cap. 3). Le analisi eseguite ed illustrate in questo capitolo hanno dimostrato detta circostanza. Il rispetto dei parametri qualitativi accettabili per le acque potabili non implica quindi, di per se, la salvaguardia degli acquiferi dall'intrusione marina.