

4. – LE SORGENTI DELLA REGIONE PUGLIA

4.1. – PREMESSE

Lungo la fascia costiera della Puglia numerosissime sono le sorgenti che sgorgano a livello mare, in forma ora diffusa ora concentrata, in conseguenza dei caratteri di permeabilità della formazione costituente l'acquifero di origine e delle condizioni geostutturali degli ammassi rocciosi presenti lungo costa. Le sorgenti costiere note, però, sono unicamente quelle concentrate ed emergenti con evidenza ad una quota prossima o di poco superiore al livello mare.

Le sorgenti trattate nel presente capitolo corrispondono all'incirca ad una portata totale di 20 mc/s (6 mc/s dal Gargano, 8 mc/s dalla Murgia, dalla Piana di Brindisi e dall'Arco Ionico Tarantino, 6 mc/s dal Salento). La sommatoria delle portate rappresenta circa 1/5 di quanto la ricarica delle falde pugliesi fornisce agli acquiferi, che nel prosieguo del testo saranno oggetto di illustrazione per singole aree idrogeologiche. Tentare di definire un valore più attendibile di tale rapporto sarebbe troppo ambizioso, specie in ragione della inadeguatezza delle conoscenze riguardo ai prelievi totali, attuati direttamente dalla falda. In ogni caso, la portata globale delle sorgenti note è modesta rispetto alla ricarica dei corpi idrici, per cui è evidente l'esistenza, per motivi di bilancio, di un cospicuo efflusso costiero delle falde non noto.

Le sorgenti costiere, siano esse diffuse o concentrate e sottomarine, sfuggono molto spesso a qualsiasi tipo di censimento, a meno di non essere il risultato di ricerche ad hoc. A tal riguardo è signifi-

cativo dimostrare come e in quale misura l'acqua sotterranea degli acquiferi regionali si riversa a mare in forme diffuse, a riprova che il miscelamento con l'acqua di mare in prossimità dell'eduzione finale avviene nei pressi della costa in zone terminali della formazione rocciosa, fratturata e sovente carsica. Un esempio, in tal senso, è costituito dalla località Torre Vado, a Morciano di Leuca, dove le analisi chimiche condotte su una serie di campioni, l'uno ben prossimo all'altro lungo un breve tratto di litorale tra le anfrattuosità dei calcari affioranti, hanno evidenziato un contenuto salino delle acque variabile da pochi grammi a 35 g/l. I dati sono sintetizzati nella tabella riportata in fig. 4.1, a riprova della presenza di un deflusso a mare diffuso della falda idrica sotterranea, non evidente da parte di chi osserva il tratto di litorale senza adeguata finalità.

Più evidenti sono i tratti di costa che, quasi a livello mare, sono interessati da fenomeni cosiddetti "estavelle". Tale fenomenologia è rappresentata nella figura 2.10 (cap. 2), che riguarda un fenomeno simile rilevato a S. Isidoro, lungo il litorale ionico salentino. Fenomeni siffatti, sovente prossimi alla linea di spiaggia, sono motivati dalle condizioni di deflusso a mare, conseguenza della morfologia carsica del litorale e dell'influenza delle maree, che lungo costa influiscono in misura dominante sullo sversamento della falda idrica a mare. Quest'ultimo si alterna all'ingresso di acqua di mare nel sinkhole, presente come effetto del carsismo.

Di difficile individuazione sono, poi, le sorgenti sottomarine, presenti a distanze variabili dalla linea di costa. Tra le sorgenti sottomarine maggiormente studiate, verrà illustrata quella definita citro Galeso, emergente da un particolare "citra" presente nel fondale del Mar Piccolo di Taranto (a 18 m sotto il livello del mare e una portata dell'ordine di 800 l/s). L'indagine svolta sul citro e nel suo intorno dimostra come e quando le sorgenti sottomarine si presentino a breve distanza dalla costa, dove le condizioni geostutturali e di permeabilità degli ammassi rocciosi fratturati e carsicizzati consentono il deflusso della falda profonda oltre la linea di costa. Del citro in questione viene detto nel paragrafo 17.6.

Le sorgenti costiere della regione Puglia sono quindi manifestazioni della falda profonda che circola nell'ammasso carbonatico fessurato e sovente

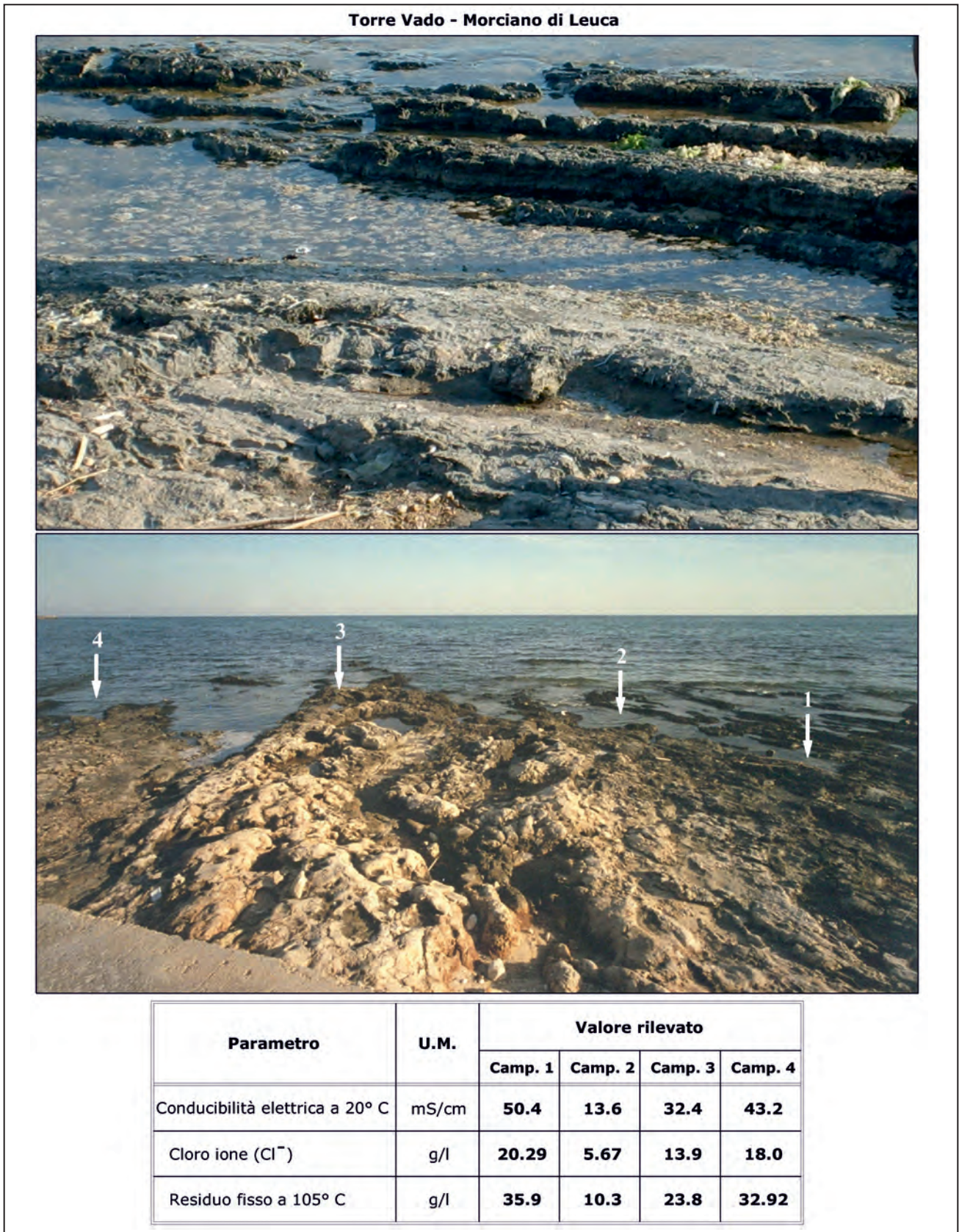


Fig. 4.1 - Anfrattuosità dei calcari affioranti lungo il litorale salentino di Morciano di Leuca e punti di prelievo di campioni di acqua sottomarina lungo lo stesso litorale con relative determinazioni del chimismo. Il chimismo che si rileva è indice del mescolamento dell'acqua di falda con quella di mare penetrata nel continente.
 – Craggy limestone outcrops along the Salento coast at Morciano di Leuca, showing the submarine water sampling sites and the related chemical composition values. The observed chemical composition is indicative of mixing between groundwater and intruding seawater.

carsicizzato, in prevalenza mesozoico. Esse non risentono, se non in misura estremamente ridotta, dei contributi dovuti alle acque di infiltrazione a breve circuito, essendo legate alle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi su scala regionale. Queste sorgenti sono fortemente esposte al fenomeno dell'intrusione marina, che determina il miscelamento delle acque dolci di falda con le acque di mare di intrusione continentale ancor prima del loro naturale efflusso lungo costa (fig. 2.5, cap. 2).

Ben poche sono, in ambito regionale, le manifestazioni sorgentizie in quota. Queste ultime prevalgono, con portate modeste, in corrispondenza di affioramenti di sedimenti quaternari di sommità a copertura delle formazioni costituenti il basamento idrogeologico principale della regione. Esse si rinvengono a più livelli, ai margini di formazioni sabbioso-conglomeratiche o calcarenitiche sovrastanti l'ammasso carbonatico cretaceo e da questo separate da livelli pressoché impermeabili. Spesso queste modeste sorgenti di sommità, derivanti cioè da poche estese falde idriche sospese, disposte alla sommità dei rilievi regionali, hanno determinato la nascita di non pochi centri abitati. Un esempio concreto è costituito dalla presenza di sottili falde acquifere, sottostanti l'abitato di Gioia del Colle e di simili centri abitati della Puglia. Queste falde sospese non sono riconducibili ad estesi sistemi di circolazione idrica sotterranea, escludendo quelle facenti parte delle numerose sorgenti sparse nel Subappennino Dauno e in sinistra del fiume Bradano, cui la presente Monografia fa poco cenno.

Un caso singolare di sorgenti di sommità di modesta portata, connesse ad acquiferi carbonatici, unico forse fra le scaturigini derivanti dalla formazione calcarea mesozoica, è rappresentato dalle sorgenti garganiche di Vico Ischitella, che rappresentano un efflusso singolare in quota di una falda superficiale, sospesa, presente a quota superiore a 100 m s.l.m. nella formazione del Calcarea brecciato di Monte Sant'Angelo, poggiante su marne impermeabili a fucoidi, associate alla scaglia cretacea, presenti largamente nell'intorno e sottostanti a sorgenti (COTECCHIA & MAGRI, 1966).

Le sorgenti qui elencate e descritte avrebbero meritato un'accurata ricerca metodologica. Sarebbe stato infatti opportuno acquisire informazioni sul

bacino idrologico immediatamente a monte della scaturigine, tanto da consentire eventualmente la captazione della porzione migliore di falda diretta alla sorgente d'interesse.

Le campagne di monitoraggio delle sorgenti regionali fino ad oggi eseguite sono a volte di scarsa utilità pratica, perché condotte in maniera discontinua e frammentaria da Enti operanti a vario titolo. Occorre pertanto invertire la rotta nei censimenti e monitoraggi prossimi, da avviare secondo programmi di monitoraggio di sorgenti corrispondenti all'influenza che le stesse subiscono, sotto il profilo sia chimico sia quantitativo, in ragione delle escursioni mareografiche prossime ai luoghi di scaturigine. In tale ordine di idee, la descrizione delle sorgenti qui di seguito proposta, condotta sulla base degli scarsi dati disponibili, deve considerarsi parziale e quindi suscettibile di approfondimento.

Un paragrafo specifico viene poi dedicato, al termine della disamina generale delle sorgenti della Puglia, all'indagine eseguita sulla sorgente Chidro (in agro di San Pietro in Bevagna – TA), per la raccolta di dati idraulici e idrogeologici conoscitivi fondamentali e per una conoscenza adeguata delle condizioni idrogeologiche della falda che alimenta la sorgente e dell'idrogeologia dell'immediato *hinterland*. Il paragrafo riporta una dettagliata illustrazione delle indagini idrogeologiche espletate nel 2011, grazie al contributo del RUP Ing. R. Polieri della Regione Puglia nell'ambito del Progetto Tiziano.

Un'altra sorgente, di portata rilevante e assai significativa agli effetti dei comportamenti idrogeologici delle calcareniti mioceniche della provincia di Lecce, che spesso si alimentano della falda idrica profonda dei calcari cretacei (par. 18.4), è la sorgente Idume, anch'essa descritta con un paragrafo specifico (par. 4.4).

4.2. – CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI REGIONALI

Non esiste in letteratura una classificazione univoca delle sorgenti in senso generale e delle manifestazioni sorgentizie note, legata all'intrusione marina nel continente.

Le sorgenti pugliesi trattate in questa sede possono essere ricondotte alle seguenti tipologie (DESIO, 1985; CIVITA, 1973):

Sorgenti di emergenza: quando le acque sotterranee emergono in condizioni di libero deflusso (fig. 4.2a) attraverso bocche sorgentizie che si aprono a livello mare, lungo i giunti di stratificazione e di fratturazione dei calcari (o delle calcareniti) affioranti. In alcuni casi l'accentuata fratturazione dei calcari presso costa consente alla superficie piezometrica della falda di abbassarsi a livello mare ancor prima di raggiungere la linea di costa, sicché il deflusso sorgivo avviene entroterra, sempre in condizioni di semplice emergenza; oltre la zona di emergenza i calcari sono totalmente intrusi di acqua marina (fig. 4.2b)

Sorgenti di trabocco: quando il versamento a mare non avviene in condizioni di libero deflusso, ma è in qualche modo ostacolato dalla presenza, lungo costa, di ammassi carbonatici compatti o di depositi quaternari poco permeabili, sovrapposti agli ammassi carbonatici permeabili (fig. 4.2c). Le sorgenti di trabocco per sbarramento si hanno, in particolare, in casi in cui lo spessore impermeabile che ostacola il deflusso è rilevante e si attesta fino ad una quota sufficiente a provocare un incremento dei carichi piezometrici della falda a monte dell'ostacolo, in modo da consentire all'acqua di superare il contatto tra roccia permeabile e quella impermeabile sovrastante, per affiorare in superficie. In questi casi il deflusso della falda non avviene lungo la linea di costa, ma nell'entroterra, a distanza anche di alcuni chilometri, sicché la linea di costa differisce dal luogo dei punti in cui si annullano i carichi idraulici della falda (par. 2.3). Un esempio di sorgente di trabocco è la Sorgente Tara in prossimità di Taranto, cospicua manifestazione idrica sorgentizia del territorio regionale.

Sorgenti sottomarine: quando il versamento a mare è ostacolato dalla presenza, lungo la fascia costiera, di ammassi carbonatici compatti o di depositi quaternari poco permeabili sovrapposti agli ammassi carbonatici, di spessore non rilevante, tale da consentire all'acqua di falda di proseguire il suo deflusso verso il mare, oltre la linea di costa, per poi emergere in corrispondenza di discontinuità presenti nell'ambito dei terreni impermeabili sovrastanti (fig. 4.2d). Queste manifestazioni sorgive, che prendono il semplice nome di

“polle”, sono da ricercare in motivi di carattere litostratigrafico ed idraulico, connessi alla rottura dell'esiguo spessore impermeabile di copertura per effetto della pressione dell'acqua. Numerose sono, ad esempio, le polle presenti nel Mar Piccolo, ove assumono il nome caratteristico di “citri”. Dall'emergenza puntuale della falda profonda, in corrispondenza di un citro nel Mar Piccolo, la colonna d'acqua ascendente fino alla superficie del mare produce una turbolenza di forma subcircolare (fig. 4.3).

Le sorgenti sottomarine possono, tuttavia, presentare un funzionamento alterno di polle e inghiottitoi, in funzione del rapporto che intercorre tra carico idraulico della falda, in corrispondenza dei punti di efflusso, e carico idraulico del mare. Si parla in questo caso di “estavelle marine”, facendo riferimento alle fenomenologie di basse ed alte maree, influenti sul funzionamento del deflusso concentrato a mare da polle particolarmente significative.

4.3. – CENSIMENTO DELLE SORGENTI REGIONALI

Sin dagli inizi del secolo scorso sono state molte le occasioni di censire le sorgenti regionali. È stato effettuato un censimento delle sorgenti note, consultando lavori storici, come ad es. quello del Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP. e impegnativi interventi dell'Ente Irrigazione, della Cassa per il Mezzogiorno, ecc.. Considerato il gran numero di manifestazioni sorgentizie in questione e la difficoltà di illustrarle esaustivamente, le sorgenti trattate più avanti non rappresentano la totalità degli innumerevoli efflussi costieri, molti dei quali sono ancora ignoti. Spesso emergono, infatti, a quote inferiori al livello mare o in maniera diffusa lungo costa, come mostrato nell'esempio del litorale di Torre Vado a Morciano di Leuca (fig. 4.1).

Le sorgenti note, che costituiscono per lo più manifestazioni della falda idrica profonda, sono state numerate progressivamente, procedendo regionalmente da Nord a Sud per Aree Idrogeologiche, indicando nella figura 4.4 e tabelle 4.1a ÷ 4.1g l'ubicazione, la portata e la relativa salinità (ove nota) solo per le principali (tav. 4 f.t.).

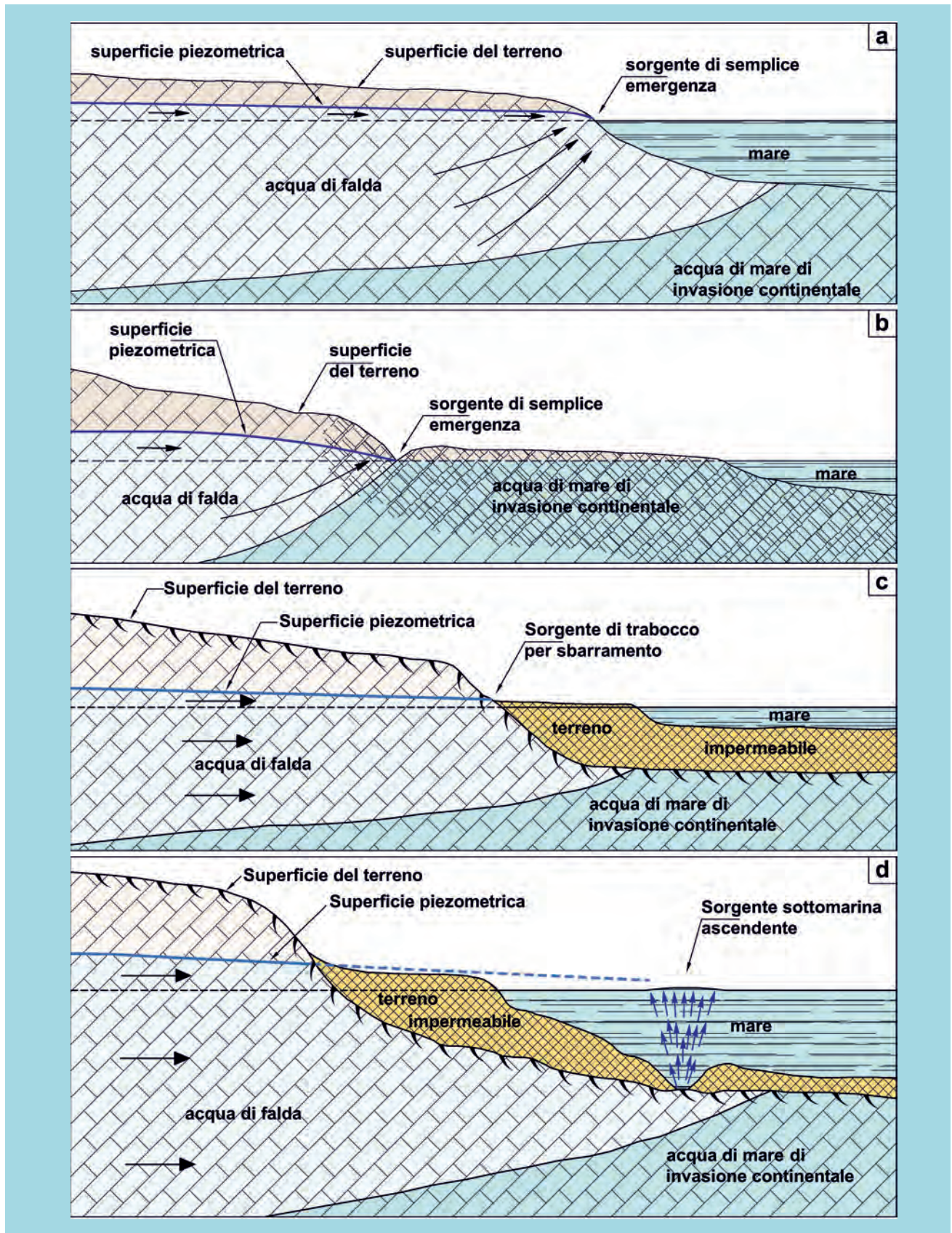


Fig. 4.2 - Modalità di scaturigine rilevate per le sorgenti regionali: a) sorgente di semplice emergenza; b) sorgente di semplice emergenza che scaturisce entroterra; c) sorgente subaerea di trabocco per sbarramento; d) sorgente sottomarina ascendente.

– Types of spring outlets observed in the region: a) depression spring; b) depression spring issuing inland; c) subaerial overflow spring; d) upward submarine spring.



Fig. 4.3 - Esempio di turbolenza alla superficie del mare prodotta dalla colonna idrica ascensionale derivante da una sorgente sottomarina tipo "citro Galeoso" del Mar Piccolo di Taranto.
 - *Turbulence at the sea surface, produced by the rising water column from a submarine spring ("citro Galeoso"-like in the Mar Piccolo of Taranto).*

4.3.1. – *Il censimento del Servizio Idrografico*

Con il volume I della pubblicazione n. 14 del Servizio Idrografico Centrale "Le sorgenti italiane" Regione Pugliese, edito nel 1928, venne fornito un largo contributo alla conoscenza delle risorse idriche superficiali esistenti nel territorio del Compartimento Idrografico di Bari (esteso per circa 20.000 km²). I rilievi, le indagini e le misure di portata furono eseguite nel periodo 1926÷'27 e, successivamente, la Sezione Idrografica di Bari proseguì nelle misure fino a tutto l'anno 1950. Un aggiornamento dei dati è poi proseguito l'anno successivo, e pubblicato nell'edizione aggiornata del volume 14 nel 1953 "Le Sorgenti Italiane—Elenco e descrizione" che riporta, in particolare:

- un elenco generale delle 175 sorgenti complessivamente censite (145 già censite nella 1^a edizione e 30 di nuovo rilevamento), tutte con portata non inferiore a 1 l/s, con l'indicazione delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine), della quota s.l.m., della sezione di efflusso, delle portate e talora delle temperature di efflusso, misurate a partire dal 1926;
- una breve descrizione delle principali sorgenti, caratterizzate da una portata superiore a 50 l/s;
- una carta a scala 1:500.000, con l'ubicazione delle sorgenti censite, distinte in base al periodo di censimento e alla portata di efflusso (<10 l/s, compresa tra 10 e 50 l/s e >50 l/s).

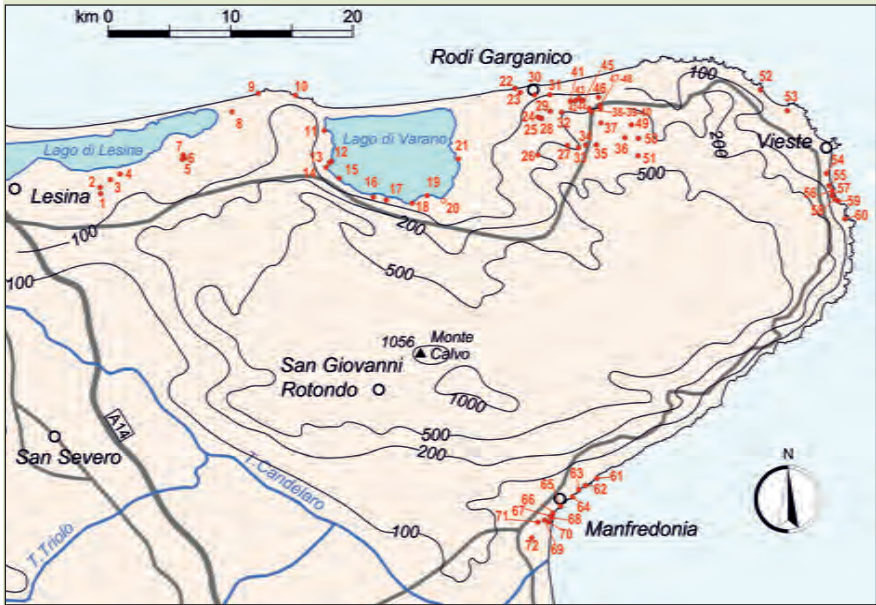
Si tratta di un primo censimento che consente di disporre di dati quantitativi, relativi alle principali sorgenti, afferenti ad un periodo in cui le falde idriche regionali e quelle profonde in particolare potevano considerarsi indisturbate.

4.3.2. – *Il rilievo aereo multispettrale - Progetto Speciale n. 14 - Cassa per il Mezzogiorno*

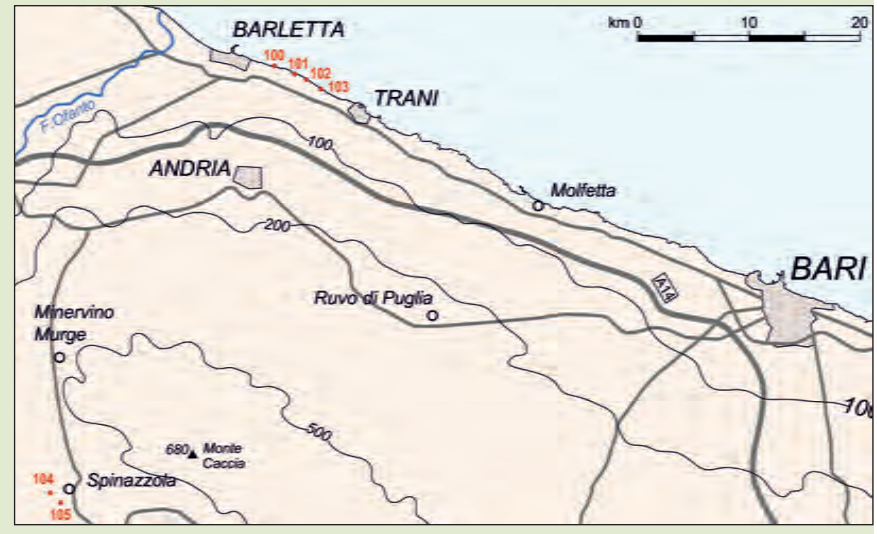
Le difficoltà di individuazione delle sorgenti, spesso appena a livello marino e non agevolmente visibili, induceva negli anni '70 la Cassa per il Mezzogiorno a finanziare, nell'ambito del Progetto Speciale n. 14, un rilievo aereo multispettrale (COTECCHIA, 1976). I rilievi, eseguiti nel periodo 12÷15 settembre del 1974 dalla società Idrotecneco, interessavano 390 km di costa (Carta Idrogeologica, tav. 4 f.t.). I rilievi sono stati eseguiti in corrispondenza del visibile, dell'infrarosso fotografico e dell'infrarosso termico. L'elaborazione analogica delle fotografie e delle termografie consentiva di elaborare le mappe delle anomalie termiche della fascia costiera investigata alla scala 1:10.000, con una scala termica a intervalli di 0.6°C. Le rappresentazioni eseguite hanno permesso di localizzare lungo il perimetro costiero 245 anomalie termiche, imputabili in generale a sversamenti d'acqua caratterizzata da una temperatura differente da quella del mare, di cui 170 sono state attribuite, con buona probabilità, a sorgenti, mentre le altre a deflussi di altra natura (torrenti, fiumi o scarichi antropici). Ovviamente una conferma rigorosa della presenza di sorgenti, talune delle quali sottomarine, sarebbe dovuto derivare da una campagna oceanografica e da controlli a terra, che purtroppo sono mancati.

4.3.3. – *I rilievi all'infrarosso termico - Piani di Riordino - Piano Regionale di Risanamento delle Acque*

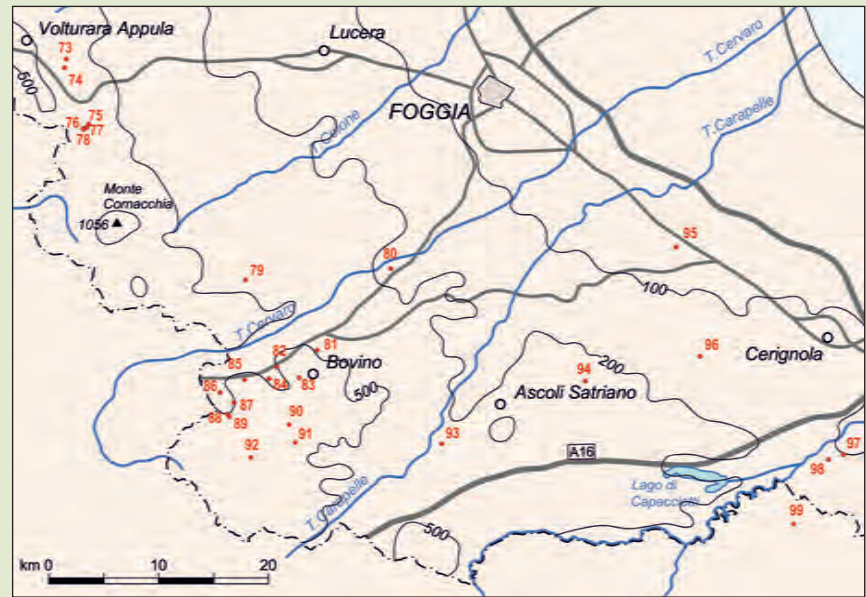
Nell'ambito della redazione dei Piani di Riordino previsti dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque (L.R. 24/1983), relativi ai comprensori di Ortanova e Nord Barese e alla fascia litoranea barese compresa fra Trani e Monopoli, l'Ente Irrigazione curava l'esecuzione di rilievi all'infrarosso termico, integrati da rilievi aereofotogrammetrici con restituzione in scala 1:10.000; indagini idrologiche in sito comprendevano la misura sia dei principali parametri chimico-fisici delle acque sorgive, sia della relativa portata. Le indagini, benché abbiano consentito di pervenire ad un nuovo censimento delle principali emergenze sorgentizie dei tratti indagati, non hanno permesso considerazioni



a



b



c



d



e



f



g

Fig. 4.4 - a) Ubicazione delle principali sorgenti del litorale adriatico compreso tra il Lago di Lesina e Manfredonia - Area idrogeologica del Gargano; b) Ubicazione delle principali sorgenti del subappennino Dauno; c) Ubicazione delle principali sorgenti del litorale adriatico compreso tra Barletta e Bari - Area idrogeologica della Murgia; d) Ubicazione delle principali sorgenti del litorale adriatico compreso tra Bari e Ostuni - Area idrogeologica della Murgia; e) Ubicazione delle principali sorgenti del litorale adriatico - Area idrogeologica della Piana di Brindisi; f) Ubicazione delle principali sorgenti salentine del litorale adriatico e ionico - Area idrogeologica del Salento; g) Ubicazione delle principali sorgenti del litorale ionico - Area idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino.

- a) Location of the main springs along the Adriatic coast between the Lesina lake and the Manfredonia - Gargano hydrogeological area; b) Location of the main springs in the Daunia sub-Apennine; c) Location of the main springs along the Adriatic coast between Barletta and Bari - Murgia hydrogeological area; d) Location of the main springs along the Adriatic coast between Bari and Ostuni - Murgia hydrogeological area; e) Location of the main springs of the Adriatic coast - Brindisi Plain hydrogeological area; f) Location of the main springs of Salento along the Adriatic and Ionian coasts - Salento hydrogeological area; g) Location of the main springs of the Ionian coast - Hydrogeological area of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

Tab. 4.1 - **a)** *Elenco delle principali sorgenti del litorale adriatico compreso tra il lago di Lesina e Manfredonia - Area idrogeologica del Gargano;* **b)** *Elenco delle principali sorgenti del Subappennino Dauno;* **c)** *Elenco delle principali sorgenti del litorale adriatico compreso tra Barletta e Bari - Area idrogeologica della Murgia;* **d)** *Elenco delle principali sorgenti del litorale adriatico compreso tra Bari e Ostuni - Area idrogeologica della Murgia;* **e)** *Elenco delle principali sorgenti del litorale adriatico - Area idrogeologica della Piana di Brindisi;* **f)** *Elenco delle principali sorgenti salentine del litorale adriatico e ionico - Area idrogeologica del Salento;* **g)** *Elenco delle principali sorgenti del litorale ionico - Area idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino.*

In grassetto le sorgenti descritte nel testo.

- a) List of the major springs of the Adriatic coast between the Lesina Lake and the Manfredonia – Gargano hydrogeological area; b) List of the major springs in the Daunia sub-Apennine; c) List of the main springs of the Adriatic coast between Barletta and Bari – Murgia hydrogeological area; d) List of the main springs of the Adriatic coast between Bari and Ostuni – Murgia hydrogeological area; e) List of the main springs of the Adriatic coast - Brindisi Plain hydrogeological area; f) List of the main springs of the Adriatic and Ionian coasts in the Salento peninsula - Salento hydrogeological area; g) List of the main springs of the Ionian coast – Hydrogeological area of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto. The springs described in the text are shown in bold.

a)			Portata (l/s)		Salinità (g/l)	
ID	SORGENTE	COMUNE	Min	Max	Min	Max
1	S. Nazario	Sannicandro Garganico	26	312	1.94	3.95
2	Caldoli	Poggio Imperiale	200	200	1.8	2.2
3	Mascolo	Sannicandro Garganico	150	150	4.3	6.6
4	Zanella	Sannicandro Garganico	61	191	-	-
5	Canale Alto	Sannicandro Garganico	329	465	4.99	8.79
6	Lauro	Sannicandro Garganico	160	1300	2.28	4.86
7	Mascione	Sannicandro Garganico	50	50	3.3	3.3
8	Milena	Lesina	35	35	3.1	3.1
9	Mileto	Sannicandro Garganico	5	5	3	4.4
10	Calarossa	Sannicandro Garganico	5	5	3.2	3.2
11	Baresella	Cagnano Varano	220	220	2.8	5.9
12	S. Nicola Varano 1	Cagnano Varano	11	66	3.19	3.48
13	S. Nicola Varano 2	Cagnano Varano	32	65	3.15	3.31
14	S. Nicola Varano 3	Cagnano Varano	0	139	3.12	4.03
15	Fascia	Cagnano Varano	120	120	2.9	3.6
16	Valle S. Angelo	Cagnano Varano	5	5	3	4.2
17	Costa del Pozzone	Cagnano Varano	10	10	4	4.3
18	Bagno	Cagnano Varano	28	299	1.58	4.4
19	Arancio	Cagnano Varano	5	30	2.2	2.5
20	Fiumicello	Carpino	10	10	1.9	1.9
21	Irchio	Ischitella	9	718	2.77	4.2
22	S. Barbara	Rodi	<10	<10	-	-
23	S. Lucia	Rodi	<10	<10	-	-
24	Ciccotonno	Ischitella	<10	<10	-	-
25	Mortero	Ischitella	<10	<10	-	-
26	S. Francato	Ischitella	<10	<10	-	-
27	Acqua di Vezzano	Ischitella	<10	<10	-	-
28	F.na Pubblica Ischitella	Ischitella	<10	<10	-	-
29	Galluccio	Ischitella	<10	<10	-	-
30	Pincio	Rodi	<10	<10	-	-
31	Soriense	Rodi	<10	<10	-	-
32	Acqua d'Antro	Ischitella	2	10	-	-
33	Acqua del Confine	Vico Garganico	<10	<10	-	-
34	Acqua del Prete	Ischitella	<10	<10	-	-
35	Maddalena	Vico Garganico	<10	<10	-	-
36	Moroso	Vico Garganico	<10	<10	-	-
37	F.na Pubblica di Vico	Vico Garganico	<10	<10	-	-

segue

38	Asciatizza I	Vico Garganico	12	30	-	-
39	Asciatizza II	Vico Garganico	5	12	-	-
40	Asciatizza III	Vico Garganico	4	14	-	-
41	Canneto	Vico Garganico	17	34	0.29	0.36
42	Montenero II	Vico Garganico	<10	<10	-	-
43	Valchiera o Cerneglia	Vico Garganico	<10	<10	-	-
44	Montenero I	Vico Garganico	10	12	-	-
45	Carnevale	Vico Garganico	<10	<10	-	-
46	Colaciocco	Vico Garganico	<10	<10	-	-
47	S. Nicola I	Vico Garganico	5	15	-	-
48	S. Nicola II	Vico Garganico	<10	<10	-	-
49	Chirce	Vico Garganico	<10	<10	-	-
50	Vasto	Vico Garganico	<10	<10	-	-
51	S. Giacomo	Vico Garganico	<10	<10	-	-
52	Salata	Vieste	48	89	4.5	5.5
53	Molinello	Vieste	28	100	1.4	4.71
54	Scialara	Vieste	246	387	2.2	4.1
55	Torre del Ponte	Vieste	350	350	3.8	6.1
56	Calcari	Vieste	37	150	5.35	7.9
57	Caruso	Vieste	242	420	5.51	9.03
58	Lago Chiara	Vieste	18	291	5.74	6.38
59	Lago Porto Nuovo	Vieste	47	350		
60	Cala S. Felice	Vieste	300	300	5.6	6.4
61	Convento	Monte S. Angelo	160	160	4.2	5.6
62	Acque di Cristo	Manfredonia	15	15	4.6	4.6
63	San Pietro - Castello	Manfredonia	65	65	4.2	5.5
64	Porto	Manfredonia	60	60	4.2	5.2
65	Molo - Orto d. Brecce	Manfredonia	70	70	3.6	5.6
66	Conchiglia	Manfredonia	100	100	5.2	5.8
67	Papa Orsini	Manfredonia	5	54	3.2	3.2
68	Foce Canale	Manfredonia	130	130	4.1	4.2
69	Centrone	Manfredonia	43	157	3.1	3.1
70	Gruppo S.ve di Siponto	Manfredonia	10	10	2.57	3.98
71	Capparella	Manfredonia	2	27	-	-
72	Mascherone	Manfredonia	46	121	2.5	4.11

b)			Portata (l/s)
ID	SORGENTE	COMUNE	Min
73	Fiumara	Volturino	<10
74	S. Lucia	Volturino	<10
75	Fontanelle	Alberona	<10
76	Pisciarelli	Alberona	<10
77	Muta	Alberona	<10
78	Conca	Alberona	<10
79	Toppo Banditi (Orsara)	Orsara	<10
80	Fonte del Molino	Castelluccio dei Sauri	<10
81	Casale	Bovino	<10
82	Nocellato	Bovino	<10
83	Salecchia	Bovino	<10
84	Lago Scuro	Bovino	<10
85	Salaconi	Panni	<10
86	Giardino	Panni	<10
87	S. Marco	Panni	<10
88	Calitri	Panni	<10
89	Bosco	Panni	<10
90	Acquatorta	Accadia	<10
91	Sambuco	Accadia	<10
92	Gruppo Sorgenti Sabato Pietra di Punta	Accadia	<10
93	Fonte Galezza	Candela	<10
94	Lagnano	Ascoli Satriano	<10
95	Passo d'Orta	Ortanova	<10
96	S. Giovanni	Cerignola	<10
97	Iannarsi	Canosa	<10
98	Fontana Scoperta	Canosa	<10
99	Alvano (Viggiano)	Canosa	<10

segue

c)			Portata(l/s)		Salinità (g/l)	
ID	SORGENTE	COMUNE	Min	Max	Min	Max
100	Collettore sinistro	Trani	76	253	1.85	3.68
101	Collettore destro	Trani	376	2310	3.17	4.32
102	Vasca di Trani	Trani	88	327	3.04	4.21
103	Carratoio	Trani	37	211	-	-
104	Raico	Spinazzola	<10	<10	-	-
105	Fontana Rolla	Spinazzola	<10	<10	-	-

d)			Portata (l/s)		Salinità (g/l)	
ID	SORGENTE	COMUNE	Min	Max	Min	Max
106	Acqua di Cristo	Monopoli	<10	<10	-	-
107	Grotte del Bue	Monopoli	<10	<10	-	-
108	Fiume Grande	Fasano	278	1132	2.04	10.39
109	Fiume Piccolo	Fasano	158	643	2.69	14.46
110	Fiume Morello	Ostuni	40	722	3.53	16.61
111	Costa Merlata	Ostuni	-	-	7.24	7.27

e)			Portata (l/s)		Salinità (g/l)	
ID	SORGENTE	COMUNE	Min	Max	Min	Max
112	Cervarolo	Carovigno	9	15	-	-
113	Pozzella	Carovigno	5	17	-	-
114	Lapani	Brindisi	8	240	2.82	3.11
115	Siedi	S. Pietro Vernotico	50	470	-	-

f)			Portata (l/s)		Salinità (g/l)	
ID	SORGENTE	COMUNE	Min	Max	Min	Max
116	Idume	Lecce	370	2246	2.47	6.22
117	Acquatina (Laguna)	Lecce	100	512	-	-
118	Casino dei Cacciatori	Lecce - Idume	-	-	1.97	1.97
119	Giammateo	Lecce	173	555	1.6	1.6
120	Porto Otranto	Otranto	-	-	0.35	0.45
121	Grotta Fetida	S. Cesarea Terme	-	-	29.93	29.93
122	Grotta Solfurea	S. Cesarea Terme	-	-	5.43	5.43
123	Grotta Gattulla	S. Cesarea Terme	-	-	7.17	7.17
124	Grotta Solfatara	S. Cesarea Terme	-	-	-	-
125	Torre Vado	Morciano di Leuca	-	-	0.54	0.54
126	Madonna della luce	Alliste	-	-	4.95	4.95
127	Torre d'alto lido	Galatone – Sud-Est S. Marco	-	-	1.14	1.14
128	Le quattro colonne	Nardò - S. Maria al Bagno	-	-	1.18	1.32
129	Porto Cesareo	Porto Cesareo	-	-	5.46	11.7
130	Torre Lapillo	Porto Cesareo	-	-	11.42	13.4
131	Canale Arneo - Serra degli Angeli	Porto Cesareo	-	-	3.28	3.28
132	Chidro	Manduria	690	3103	2.59	4.35
133	Boraco	Manduria	103	432	1.72	2.68

g)			Portata (l/s)		Salinità (g/l)	
ID	SORGENTE	COMUNE	Min	Max	Min	Max
134	Visciolo del Conte	Palagianello	2	2	-	-
135	Chiaradonna e gruppo sorgivo Stornara	Ginosa	30	102	-	-
136	S. Andrea	Castellaneta	<10	<10	-	-
137	Cacarella	Castellaneta	<10	<10	-	-
138	S. Angelo	Castellaneta	<10	<10	-	-
139	Lamana	Ginosa	<10	<10	-	-
140	Follerato	Ginosa	8	14	-	-
141	Pillaccio di Follerato	Ginosa	<10	<10	-	-
142	Miccoli	Castellaneta	<10	<10	-	-
143	Casamassima	Castellaneta	<10	<10	-	-
144	Gravaglione	Castellaneta	<10	<10	-	-
145	Cavallara	Castellaneta	<10	<10	-	-
146	Speciale	Castellaneta	5	19	-	-
147	Matrice	Castellaneta	7	20	-	-
148	Visciolo	Castellaneta	<10	<10	-	-
149	Fontana Calza	Palagianello	5	15	-	-
150	Chiatana	Palagianello	2	14	-	-
151	Patemisco	Massafra	11	250	-	-
152	Tara	Taranto	589	4304	1.56	2.71
153	Galese	Taranto	208	1365	1.62	3.31
154	Lavandaia	Taranto	6	50	-	-
155	Marangio	Taranto	11	13	-	-
156	Galeso (citro)	Taranto	300	800	3.4	4
157	Chianca	Crispiano	<10	<10	-	-
158	Tre Fontane	Crispiano	<10	<10	-	-
159	Cigliano	Crispiano	<10	<10	-	-
160	Battentieri	Taranto	40	823	3.1	3.46
161	Riso	S. Giorgio Jonico	0	185	2.11	3.78

ed analisi circa i legami presenti tra gli afflussi e i deflussi degli acquiferi carbonatici, a causa sia delle incertezze nelle misure dirette delle portate di deflusso, sia della mancanza di adeguate indagini geologiche ed idrogeologiche preventive.

4.3.4. – Il rilievo aereo multispettrale del “Progetto Tiziano”

Nell’ambito del monitoraggio delle risorse idriche sotterranee intrapreso dalla Regione Puglia (Progetto Tiziano) è stato condotto, nell’anno 2009, un ulteriore rilievo aereo multispettrale esteso all’intera fascia costiera pugliese, attraverso l’utilizzo di un sensore MIVIS, capace di operare

contemporaneamente nello spettro del visibile, del “primo infrarosso vicino” (0.43-0.83 μm), dell’ “infrarosso vicino” (1.15-1.55 μm), dell’ “infrarosso medio” (2-2.5 μm) e dell’ “infrarosso termico” (8.2-12.7 μm). Tralasciando gli aspetti legati alle specifiche finalità cui il rilievo era rivolto, si sottolinea come i risultati ottenuti non offrano alcuna informazione degna di rilievo in tema di censimento delle sorgenti. Si ritiene infatti che tali rilevamenti avrebbero dovuto rispondere quantomeno ad una adeguata differenziazione fra efflusso di acqua sottomarina a mare, derivante da effettive sorgenti legate alle falde acquifere, e flussi d’acqua derivanti da scarichi e attività antropiche varie.

4.4. – DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI SORGENTI

Di seguito si procede alla sommaria descrizione delle principali sorgenti regionali, secondo le informazioni archiviate dagli organi preposti al controllo o al monitoraggio delle stesse. Solo in casi particolarmente rilevanti si forniscono informazioni idrogeologiche anche sull'attuale gestione della risorsa, in modo da sottolineare quanto una ricerca idrogeologica meditata e dotata di monitoraggi nel tempo, avrebbe potuto contribuire all'uso delle sorgenti elencate.

Le principali sorgenti regionali hanno un regime generalmente stabile, caratterizzato da modeste variazioni di portata a fronte di una sostanziale irregolarità del regime pluviale. La circostanza è imputabile alla notevole estensione dei bacini idrografici e alla capacità di immagazzinamento dell'acquifero.

Presentano in generale acque salmastre ed esibiscono un chimismo tipico del mescolamento con acqua di mare, con una facies cloruro-alcalina accompagnata dalla netta prevalenza di magnesio e dei solfati rispettivamente sul calcio e sui bicarbonati, ad indicare un significativo mescolamento con l'acqua marina, in accordo con i notevoli valori di salinità registrati direttamente o indirettamente a partire dalla conducibilità elettrica.

La maggior parte delle sorgenti esibiscono temperature comprese tra 16°C e 20°C; temperature inferiori si osservano solo in talune sorgenti garganiche, come Bagno, Irchio e Lauro, imputabili, probabilmente, alla quasi totale assenza di influenza termica delle acque di mare sulle soprastanti acque di falda. Temperature superiori vengono esibite dalla sorgente garganica di S. Nazario e dalle sorgenti di Santa Cesarea Terme ubicate in Terra d'Otranto.

Di seguito sono illustrate le principali sorgenti costiere della regione Puglia, pur non disponendo per la maggior parte dei casi di un'adeguata caratterizzazione geologica ed idrogeologica, così che i dati disponibili sulle portate sorgentizie e relative caratteristiche chimico-fisiche, sono spesso di incerta interpretazione.

I dati utilizzati si riferiscono a momenti di monitoraggio che hanno interessato le sorgenti dagli anni Venti del secolo scorso sino ad oggi. Si tratta,

pur troppo, di indagini spesso non adeguatamente coordinate. Basti pensare che le sezioni trasversali in corrispondenza delle quali sono state misurate le portate delle sorgenti non sono sempre le stesse, così come non sono gli stessi i punti di campionamento delle acque sottoposte a determinazioni chimiche. Inoltre, le varie campagne di monitoraggio non forniscono quasi mai il valore di salinità dell'acqua sorgentizia al momento della misura della portata. I monitoraggi quantitativi e qualitativi sono, infatti, molto spesso disgiunti, e ciò preclude la possibilità di relazionare il valore della portata misurato alla salinità dell'acqua sorgiva.

Il primo monitoraggio delle portate delle principali sorgenti su scala regionale è stato realizzato dal Servizio Idrografico Centrale dal 1926 sino al 1952. Pur avendo fornito importanti dati sullo stato quantitativo delle sorgenti, questo è stato condotto in tempi molto lontani, quando le conoscenze idrogeologiche degli acquiferi regionali erano limitate e discontinue. Ad esso ha fatto seguito un lungo periodo di totale assenza di studi organici a livello regionale, salvo sporadiche indagini idrogeologiche circoscritte a talune sorgenti, condotte, a vario titolo, da soggetti diversi (Ente Irrigazione, Istituti di Ricerca universitari o del CNR, ecc.). Nel periodo 1979÷1981 e nel 1983 sono stati eseguiti dei prelievi di campioni d'acqua per l'analisi dello stato qualitativo di alcune sorgenti costiere della Murgia e del Salento. Successivamente, nel periodo 1987÷1989, venivano condotte alcune determinazioni qualitative e misure di portata. Nel periodo 1995÷1996, nell'ambito della Rete di Monitoraggio delle Acque Sotterranee della Regione Puglia, è stata avviata la prima campagna di indagine sistematica dello stato qualitativo delle sorgenti, che prevedeva prelievi di campioni d'acqua da sottoporre a indagini chimiche di laboratorio con una maggiore frequenza. I risultati di queste indagini sarebbero dovuti essere di guida per le successive campagne di misure, ma il progetto di monitoraggio è stato poi abbandonato dalla Regione Puglia (cap. 27).

Nel 2000, la drammatica carenza di risorse idriche superficiali nel territorio pugliese, aggravata da una prolungata siccità e dal progressivo degrado qualitativo delle acque sotterranee, induceva la Pre-

sidenza del Consiglio dei Ministri a riprendere il monitoraggio delle sorgenti, tramite l'Ufficio Idrografico e Mareografico di Bari. Fu condotta una campagna di indagini quali-quantitative su 20 sorgenti costiere e sub-costiere, ubicate lungo la costa garganica e quella salentina (province di Foggia, Brindisi e Taranto). La campagna di indagini ha avuto una durata di 18 mesi, a partire dal gennaio 2000, ed è consistita in misure di portata mensili, analisi chimico-fisiche bimestrali e analisi batteriologiche semestrali. Per 16 delle 20 sorgenti sottoposte a misure si è effettuato il confronto qualitativo con i risultati di campagne eseguite dallo stesso Ufficio Idrografico fra il 1926 e il 1952. Pur trattandosi di un importante momento di controllo delle sorgenti predette, l'operazione era anch'essa svincolata dai necessari approfondimenti circa le condizioni idrogeologiche che effettivamente legano le sorgenti alle motivazioni del monitoraggio che, in varie sedi e in tempi diversi, si effettua a livello regionale.

Successivamente, nel periodo 2003÷2005, nell'ambito di uno studio promosso dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per la verifica dello stato quantitativo e qualitativo delle risorse idriche sotterranee della regione Puglia (COTECCHIA, 2003, 2005), sono state monitorate le sole caratteristiche qualitative di 18 sorgenti.

Recentemente, nel 2007, nell'ambito del Progetto Tiziano, è partita l'acquisizione di un gran numero di dati qualitativi e quantitativi sulle sorgenti, la cui interpretazione è tuttavia assai difficoltosa, sia per la già citata mancanza di un adeguato inquadramento geologico ed idrogeologico di gran parte delle sorgenti, sia perchè le misure delle portate sorgentizie e dei relativi parametri chimico-fisici non sono state eseguite contestualmente. Inoltre i valori di portata misurati per una stessa sorgente nel periodo 2007÷2010 presentano dispersioni notevoli, di incerta interpretazione.

4.4.1. – *Sorgenti del litorale adriatico del Gargano*

Il deflusso a mare dell'acquifero carbonatico nel Gargano avviene, per quanto noto, lungo definiti tratti di costa: sulle sponde Sud-orientali del Lago di Lesina (portata media complessiva delle sorgenti colà censite: 2.000 l/s circa), sulle sponde del Lago

di Varano (1.500 l/s), tra Vieste e Testa del Gargano (1.500 l/s) e nella zona di Manfredonia – Siponto (1.000 l/s) (fig. 4.4a).

Le variabili condizioni litologiche, geostrutturali e morfologiche che caratterizzano il Promontorio del Gargano influenzano in modo determinante le modalità di alimentazione, circolazione e deflusso a mare delle acque sotterranee. In prossimità della costa ciò determina la presenza di numerose sorgenti di diversa tipologia: di emergenza, di *trabocco per sbarramento*, in prevalenza, e *sottomarine ascendenti*.

Nelle *sorgenti di trabocco* lo sbarramento è costituito in generale da mantelli di terreni quaternari scarsamente permeabili, addossati ai calcari, alle dolomie e alle arenarie. Le acque sotterranee sgorgano dalle fessure di tali rocce al contatto coi sedimenti quaternari di scarsa permeabilità. Si osservano sorgenti di portata cospicua (S. Nazario circa 250 l/s, Lauro circa 450 l/s, Centrone 150 l/s) e spesso a notevole distanza dalla costa (S. Nazario 2,1 km, Lauro 1,75 km, Mascione 1,6 km, Centrone 0,7 km). Queste ultime in genere presentano una quota di affioramento che si aggira intorno ai 2 m s.l.m.; fa eccezione la sorgente S. Nazario, che presenta una quota di affioramento sensibilmente più elevata (circa 6 m s.l.m.). Tali sorgenti presentano una concentrazione salina dell'ordine di 2÷3g/l.

Nelle *sorgenti di emergenza*, ubicate tra Vieste e Testa del Gargano, le fessure delle rocce carbonatiche, da cui sgorgano le acque sotterranee, sono rappresentate in prevalenza da giunti di stratificazione, mentre in prossimità del lago di Varano e nella zona di Manfredonia–Siponto da fratture nel carbonatico spesso subverticali (COTECCHIA & MAGRI, 1966). Le acque presentano contenuti salini piuttosto considerevoli, che in genere superano i 3 g/l. Talora si raggiungono perfino valori dell'ordine di 8÷9 g/l. Frequentemente il deflusso della falda profonda avviene in mare, a distanze variabili dalla costa, per la presenza di depositi impermeabili o scarsamente permeabili sovrapposti all'ammasso calcareo; detta circostanza è particolarmente evidente in prossimità del lago di Varano (fig. 4.5a) e da ragione delle numerose sorgenti ascendenti subacquee che bordano le sponde del

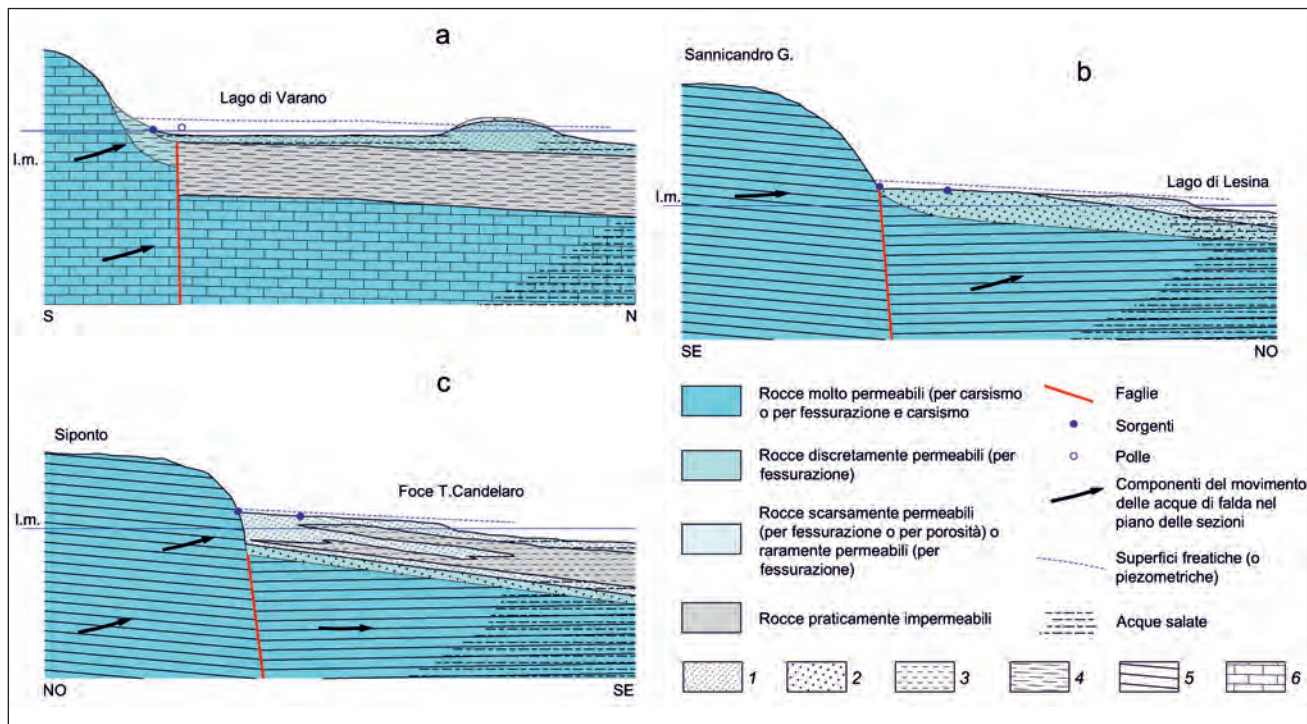


Fig. 4.5 - Sezioni idrogeologiche schematiche del Gargano (da COTECCHIA & MAGRI, 1966). Legenda: 1) sabbie talora limose (Quaternario); 2) conglomerati a cemento sabbioso o arenaceo (Quaternario); 3) argille azzurre del Tavoliere (Pleistocene); 4) arenarie calcaree tenere, talora con intercalazioni argillose (Miocene); 5) calcari arenacei e breccie calcaree (Eocene); 6) calcari organogeni bianchi, calcari detritici e breccie calcaree (Cretacico superiore).

- Schematic hydrogeological sections of Gargano (after COTECCHIA & MAGRI, 1966). Legend: 1) sands, locally silty sands (Quaternary); 2) sand or sandstone conglomerates (Quaternary); 3) blue clays of the Tavoliere plain (Pleistocene); 4) soft calcareous sandstone, sometimes with clay interbeds (Miocene); 5) sandstone limestones and calcareous breccias (Eocene); 6) white organogenic limestones, detritic limestones and calcareous breccias (Upper Cretaceous).

lago, al di sotto del quale è possibile infatti individuare una circolazione idrica sotterranea dolce.

In prossimità di Siponto sono inoltre presenti sorgenti subaeree che sgorgano a quote prossime a quella del livello mare, determinando piccoli canali a pelo libero che si riversano in mare dopo aver attraversato la spiaggia (fig. 4.6). Si tratta di sorgenti alimentate dal Promontorio del Gargano e caratterizzate da portata in genere modesta. Tra le più cospicue troviamo le sorgenti Conchiglia e Foce Canale presentanti una portata dell'ordine di 100÷130 l/s (fig. 4.4a, tab. 4.1a).

Sorgenti sottomarine ascendenti si rinvergono poi anche a distanza considerevole dalla costa, a Sud di Testa del Gargano, nei pressi di Manfredonia, ai margini Sud-Orientali del Lago di Lesina (fig. 4.5b) e a SO di Siponto (fig. 4.5c) (Mascherone km 1,3; Caldoli km 1,28; Mascolo km 1,0; Milena km 0,8); tali sorgenti hanno portate elevate (Mascherone 100 l/s, Caldoli 200 l/s, Mascolo 150 l/s) e contenuto salino compreso tra 2÷5 g/l.

Infine vanno ricordate le sorgenti in quota di

Vico Ischitella (Asciatizza I e II, Canneto, Montenero I e II), quali emergenze di una falda idrica di sommità. Dette sorgenti sono caratterizzate nel complesso da una portata totale dell'ordine di 150 l/s, da bassissimi contenuti salini 0.3-0.4 g/l e dall'assenza totale di qualsiasi forma di influenza marina, stante la circostanza che l'acquifero che alimenta dette sorgenti ha una superficie impermeabile di base, costituita per la gran parte dalla scaglia del Cretacico. Questa falda acquifera è esemplare nell'intera regione pugliese, perché denota nel chimismo solo il derivato di una circolazione entro la formazione calcarea, esente da qualsiasi contatto con l'acqua marina di intrusione continentale.

Segue la trattazione delle sorgenti garganiche predette, le quali formavano oggetto di significative osservazioni idrogeologiche nello storico lavoro sulla Idrogeologia del Gargano (COTECCHIA & MAGRI, 1966). Dall'indagine svolta decenni addietro ben poco è seguito di accertamenti idrogeologici.

4.4.1.1. – Sorgenti Irchio e Bagno

La Irchio e la Bagno (tab. 4.1a, fig. 4.4a) sono sorgenti di emergenza, che scaturiscono dalle fessure dei calcari mesozoici in riva al Lago di Varano (fig. 4.7), lungo un fronte di circa 1 km e ad una quota media non superiore a 0,5 m s.l.m. Infatti, in prossimità del lago, i calcari si immergono sotto ai depositi calcarenitici e alluvionali quaternari, pressoché impermeabili, aventi funzione di sbarramento.

Le condizioni di affioramento della Sorgente Bagno sono diverse da quelle della Sorgente Irchio. Nel caso di quest'ultima, le vene acquifere scaturiscono da fratture del calcare cretacoico; nel caso della Sorgente Bagno, le vene idriche scaturiscono dalle poche fratture che interessano l'arenaria calcarea miocenica. Le diaclasi nell'arenaria calcarea miocenica sono poco ampie e attingono l'acqua sotterranea dal calcare cretacoico acquifero.

Le sorgenti Irchio e Bagno, insieme a quelle meno rilevanti denominate Arancio e Fiumicello, costituiscono il grosso del deflusso delle acque sot-

terranee confluenti nel lago di Varano, agli estremi Nord e Ovest della piana di Carpino (par. 13.5). A causa della bassa quota di scaturigine, entrambe le sorgenti dette risentono in modo significativo dell'influenza esercitata dal lago in termini di contenuti salini (figg. 4.8, 4.9). I dati storici disponibili per dette sorgenti evidenziano una concentrazione salina mediamente pari a 2 g/l per la Sorgente Bagno e 4 g/l per la Sorgente Irchio, valori nella sostanza confermati anche dalle più recenti misure condotte nel Marzo 2011 (tab. 4.2), che inoltre hanno evidenziato una temperatura dell'acqua sorgiva pari a 14,1°C per la Sorgente Bagno e 14,5°C per la Sorgente Irchio.

Le misure di portata più recenti disponibili per dette sorgenti (Progetto Tiziano) hanno evidenziato una forte dispersione di dati (figg. 4.10, 4.11). Sulla base dei dati storici è possibile tuttavia segnalare un decremento di portata per la sorgente Irchio, associato ad un sensibile incremento di salinità. In corrispondenza di entrambe le sorgenti sono state realizzate modeste opere di captazione.



Fig. 4.6 - Canale a pelo libero con sbocco in mare, alimentato da una delle sorgenti dell'area di Siponto.
– Open channel flowing to the sea, fed by one of the springs in the Siponto area.



Fig. 4.7 - Foto di alcune sorgenti dell'Area idrogeologica del Gargano. – *Some springs of the Gargano hydrogeological area.*

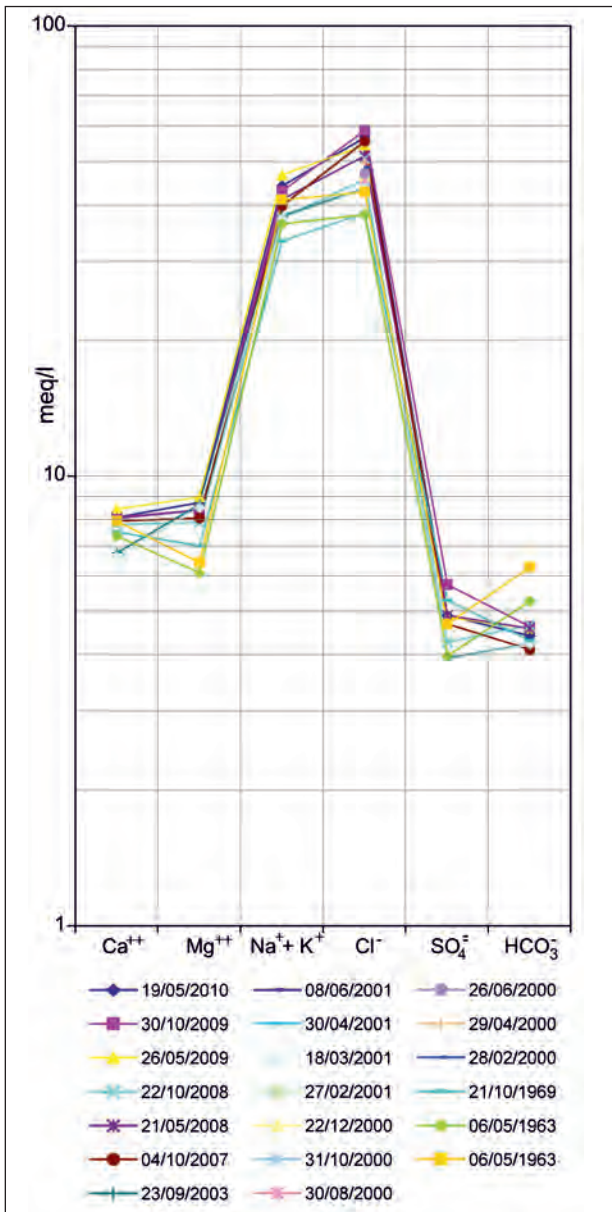


Fig. 4.8 - Sorgente Irchio, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- Irchio spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

4.4.1.2. – Sorgente Lauro

La sorgente Lauro (tab. 4.1a, fig. 4.4a) emerge nel territorio di Sannicandro Garganico (fig. 4.7), ad una distanza dal Lago di Lesina di circa 1,75 km, e si riversa nel lago tramite un canale emissario. Si tratta di una sorgente alimentata dalla falda profonda circolante nei calcari cretacei, che sgorga dalle fessure dei calcari stessi al contatto con i sovrastanti depositi quaternari scarsamente permeabili. Essa si configura quindi come sorgente di trabocco per sbarramento.

La portata di deflusso è cospicua (circa 450 l/s; fig. 4.12), benché le ultime misure eseguite nell'ambito del Progetto Tiziano evidenzino una grande dispersione dei dati, molto maggiore di quelle che venivano osservate nelle precedenti campagne di monitoraggio. La salinità risulta abbastanza elevata, dell'ordine di 3-4 g/l, e ciò a causa dell'influenza dell'intrusione marina (fig. 4.13). Le misure condotte alla sorgente nel Marzo 2011 hanno evidenziato una salinità pari a 4,6 g/l ed una temperatura di 16,8° C (tab. 4.2).

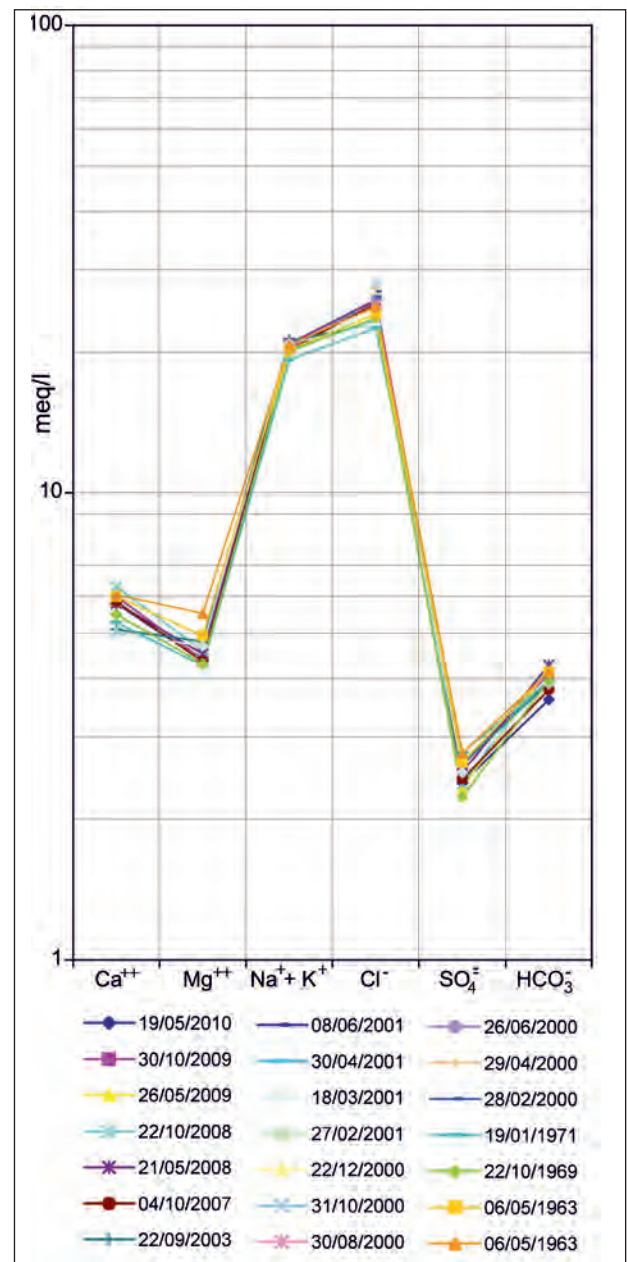


Fig. 4.9 - Sorgente Bagno, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- Bagno Spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

Tab. 4.2 - *Temperatura e conducibilità elettrica di alcune sorgenti del Gargano nell'anno 2010.*

– Temperature and electrical conductivity of some springs of Gargano in 2010.

Sorgente	Conducibilità elettrica (g/l)	Temperatura (°C)
San Nazario	2.1	26
Caldolo	1.8	23.2
Mascoli	6.6	18.6
Lauro	4.6	16.8
Torre Mileto	4.4	15.7
Baresella	>13	16.8
San Nicola	3.6	14.2
Bagno	2.4	14.1
Irchio	4.2	14.5
Canneto	0.43	14.4
Salata	5.5	17.7
Palude (Molinella)	3.6	17.6
Del Ponte	3.8	16.6
Calcari	7.9	19.4
Caruso (canale 1)	8.4	19.8
Caruso (canale 2)	7	18.6

4.4.1.3. – Sorgente S. Nazario

La sorgente S. Nazario (tab. 4.1a, fig. 4.4a) è una classica sorgente di trabocco per sbarramento, che scaturisce in agro di Sannicandro Garganico (fig. 4.7), ad una distanza dal Lago di Lesina di circa 2 km, in corrispondenza del contatto tra la formazione calcarea e i depositi alluvionali ad essa addossata. La zona di scaturigine, estesa circa 1000 m², è ben segnalata dalla presenza di canneti e dell'omonimo Santuario. Dopo l'emergenza le acque scorrono in un canale rettangolare parzialmente rivestito, per poi riversarsi nel Lago di Lesina.

Le acque della sorgente presentano una concentrazione salina media in genere superiore a 2 g/l, determinata dal mescolamento con le acque marine (fig. 4.14) e sono caratterizzate, in tutte le stagioni dell'anno, da temperature elevate, pari a circa 26-27°C.

Non è questa la sede per fornire giustificazione alla temperatura della presente sorgente, che in ogni caso è pari a quella di altre sorgenti garganiche, influenzate probabilmente da motivi di profondo magmatismo, o da ascendenza di acque sotterranee provenienti da località influenzate da gradienti geotermici oggi poco noti, dei quali viene detto in questa Monografia a proposito della geo-

logia strutturale delle zone terminali Ovest del Promontorio garganico, prossime alle fagliezioni di Apricena e del Candelaro. Questo argomento verrà trattato a proposito dell'Area idrogeologica del Gargano (cap. 13). Si ricorda in ogni caso che l'ipotesi di un forte gradiente termico è confermata dalla temperatura rilevata nelle acque di pozzi ubicati in prossimità della faglia del Candelaro (COTECCHIA & MAGRI, 1966).

Secondo alcuni autori, invece, l'anomalia termica che si osserva per le acque della sorgente, riscontrabile in genere lungo tutta la scarpata di faglia che separa il Gargano dal Tavoliere, è legata alla rapida risalita, lungo il sistema di faglie della zona, di acque sotterranee provenienti da livelli acquiferi molto profondi del basamento carbonatico mesozoico del Tavoliere (fig. 4.15), caratterizzati da una temperatura elevata compatibile con la presenza di un significativo gradiente geotermico (MAGGIORE & MONGELLI, 1991; MAGGIORE & PAGLIARULO, 2004).

Le misure di portata e di concentrazione salina eseguite nelle varie campagne di indagine hanno fornito valori molto variabili. Infatti si passa da valori di portata dell'ordine di qualche decina di litro al secondo sino a valori superiori a 300 l/s, con un residuo secco a 180° variabile tra circa 2 g/l e 4,3 g/l (fig. 4.16). In particolare le ultime misure eseguite nell'ambito del Progetto Tiziano hanno fornito valori elevati sia della portata che della salinità, che richiederebbero approfondimenti.

4.4.1.4. – Sorgente Caruso

La sorgente Caruso (tab. 4.1a, fig. 4.4a) è costituita da numerose piccole emergenze che scaturiscono a circa 5 km a Sud di Vieste, tra Torre del Ponte e Torre Porto Nuovo, ai piedi di due fronti rocciosi trasversali alla spiaggia, in una bassura coltivata e delimitata dai detti fronti rocciosi collinari. Le acque delle emergenze idriche in parola confluiscono in due canali, costeggianti i fronti rocciosi che, in prossimità dell'estrema punta del fronte roccioso Sud, si congiungono dando origine al canale emissario.

Dalle misure di conducibilità elettrica eseguite nel Marzo 2011 (tab. 4.2) è stato possibile rilevare una significativa differenza di salinità fra le acque

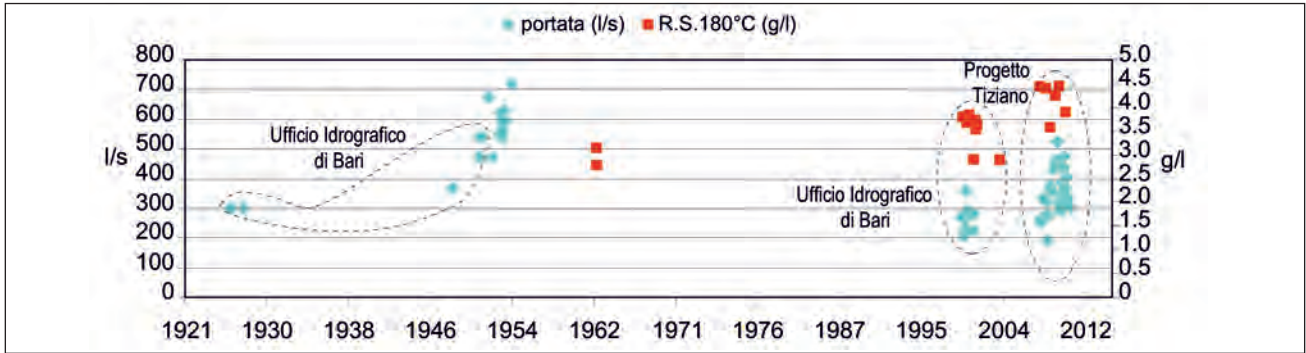


Fig. 4.10 - Sorgente Irchio, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- *Irchio Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.*

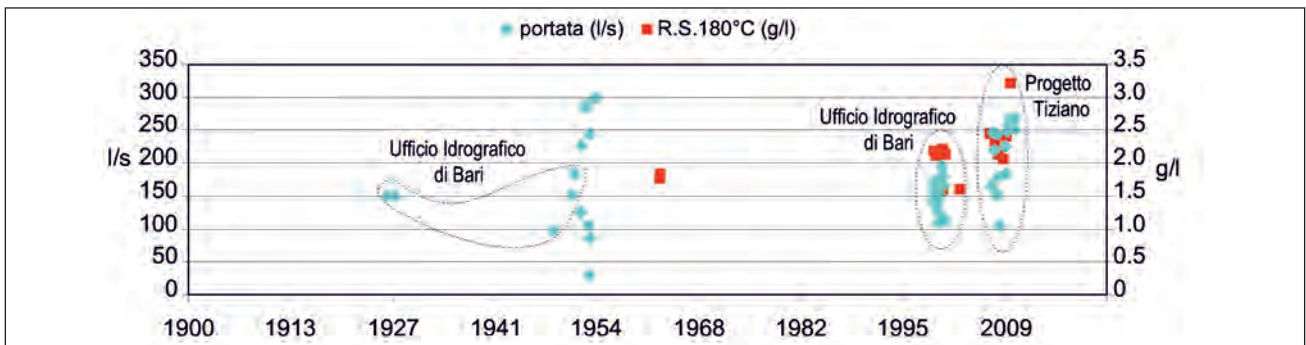


Fig. 4.11 - Sorgente Bagno, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- *Bagno Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.*

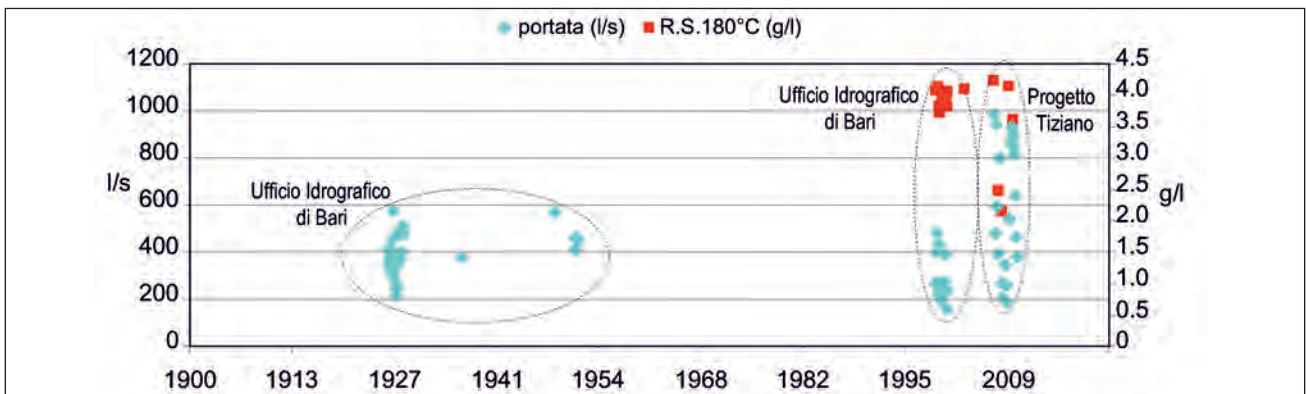


Fig. 4.12 - Sorgente Lauro, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- *Lauro Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.*

dei due canali: il primo con 7 g/l, e temperatura di 18,6°C; nel secondo 8,4 g/l, ad evidenziare un maggior mescolamento con le acque marine, confermato anche dal maggior valore rilevato per la temperatura, pari a 19,8°C.

La portata della sorgente (fig. 4.17), stando alle ultime misure (Progetto Tiziano), ha subito una brusca riduzione rispetto ai valori storici. Si passa, infatti, da valori di portata in genere superiori a 250 l/s precedenti agli anni '50, a valori inferiori ai 50 l/s delle ultime campagne di misure, a denotare la

quasi scomparsa della sorgente stessa. I valori di residuo secco ed i diagrammi di Schoeller confermano detta circostanza, evidenziando una forte influenza dell'intrusione marina, che sembra aggravarsi nel tempo (fig. 4.18).

Dalla sintesi dei dati si deduce una grande imprecisione e la necessità di approfondire sotto il profilo idrogeologico l'argomento, partendo da dati topografici, geomorfologici e soprattutto da riferimenti adeguati riguardanti le ubicazioni dei punti idrici osservati e misurati.

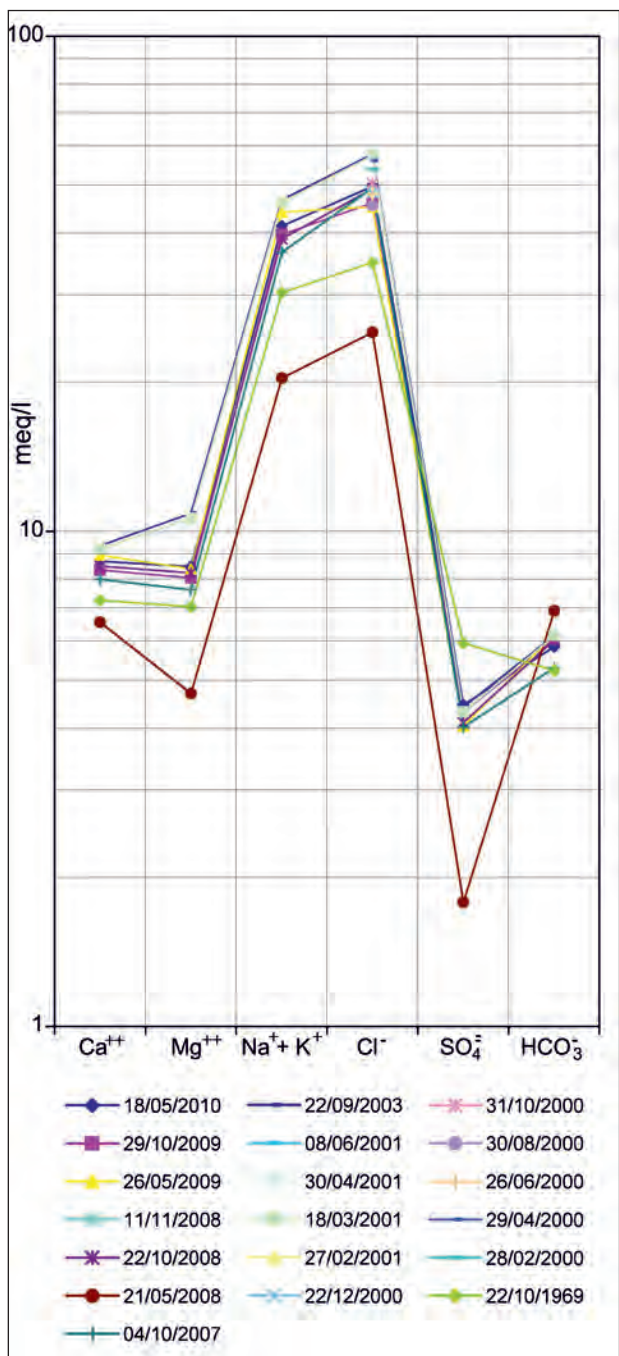


Fig. 4.13 - Sorgente Lauro, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- Lauro Spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

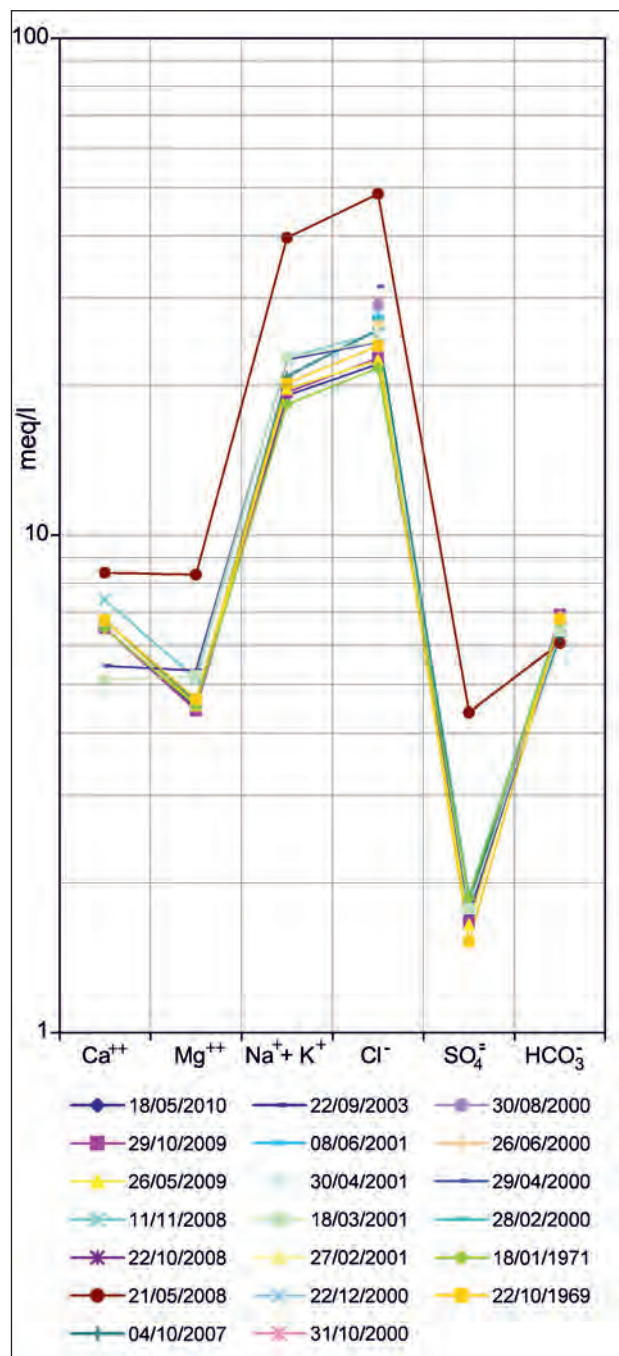


Fig. 4.14 - Sorgente S. Nazario, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- S. Nazario Spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

4.4.2. – Sorgenti del litorale ionico

Lungo il litorale ionico tarantino la falda profonda emerge principalmente in corrispondenza di importanti sorgenti concentrate, sia subaeree sia subacquee, appartenenti alle aree idrogeologiche dell'Arco Ionico Tarantino (tab. 4.1g e fig. 4.4g) e del Salento (tab. 4.1f e fig. 4.4f). In corrispondenza

dell'Arco Ionico Tarantino l'ammasso carbonatico, sede della circolazione idrica sotterranea, degrada verso SO con una struttura a blocchi, soggiacendo a livelli calcarenitici e argillosi del Calabriano praticamente impermeabili. In tali condizioni, quando lo spessore dei depositi impermeabili al disotto del livello mare è notevole, si generano sorgenti subaeree di trabocco per sbarramento (sorgenti Tara,

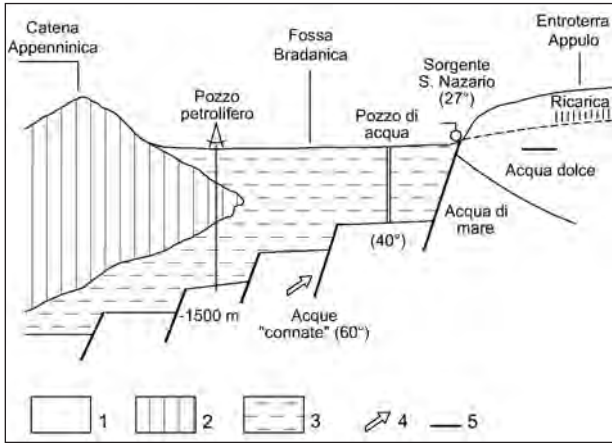


Fig. 4.15 - Sezione idrogeologica schematica del sistema idrotermale che alimenta la sorgente S. Nazario secondo l'ipotesi interpretativa di MAGGIORE & PAGLIARULO, 2004. Legenda: 1) Rocce carbonatiche mesozoiche; 2) Coltri alloctone dell'Appennino; 3) sedimenti argillosi dell'avanfossa; 4) acque "connate"; 5) acque dolci di falda.

- Schematic hydrogeological section of the hydrothermal system feeding the S. Nazario Spring, according to the interpretation by MAGGIORE & PAGLIARULO, 2004. Legend: 1) Mesozoic carbonate rocks 2) allocthonous covers of the Apennine; 3) clay sediments of the Foredeep; 4) "connate" water; 5) fresh groundwater.

Galese, Battentieri, Riso, Lavandaia, Marangio, Patemisco). Dove invece lo spessore dei depositi non è rilevante, le acque proseguono il deflusso e, in virtù degli elevati carichi idraulici assunti, originano spesso sorgenti sottomarine ascendenti, quali i citri del Mar Piccolo (cap. 17). Con la denominazione Galese, di cui si è detto, si intende riferirsi non al citro Galese, sotto il Mar Piccolo, bensì a sorgenti più o meno in quota, prossime al litorale del Mar Piccolo.

Indagini svolte sin dagli anni '50 da parte dell'Ente Irrigazione hanno consentito di individuare le principali linee di deflusso della circolazione idrica sotterranea e le relative aree di alimentazione delle principali sorgenti dell'area, compresa quella del Tara (figg. 4.19, 4.20). Tali indagini hanno consentito in particolare di individuare, attraverso la ricostruzione dei carichi piezometrici, uno spar-

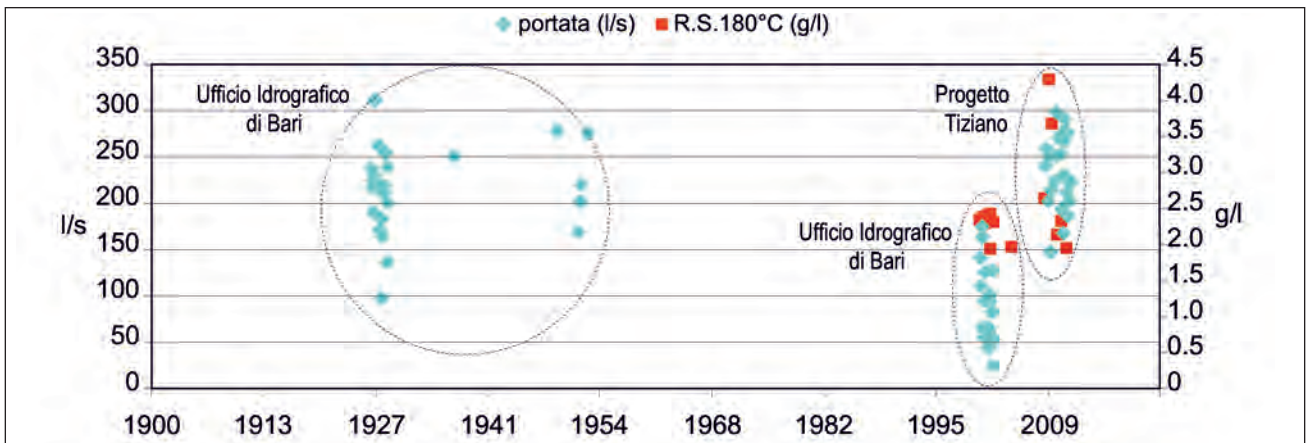


Fig. 4.16 - Sorgente San Nazario, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- San Nazario Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

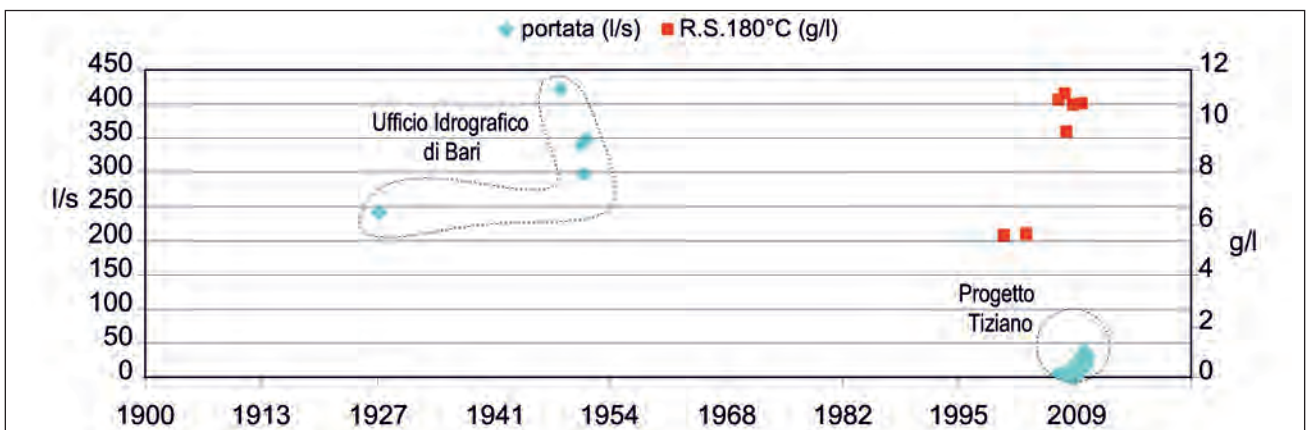


Fig. 4.17 - Sorgente Caruso, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- Caruso Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

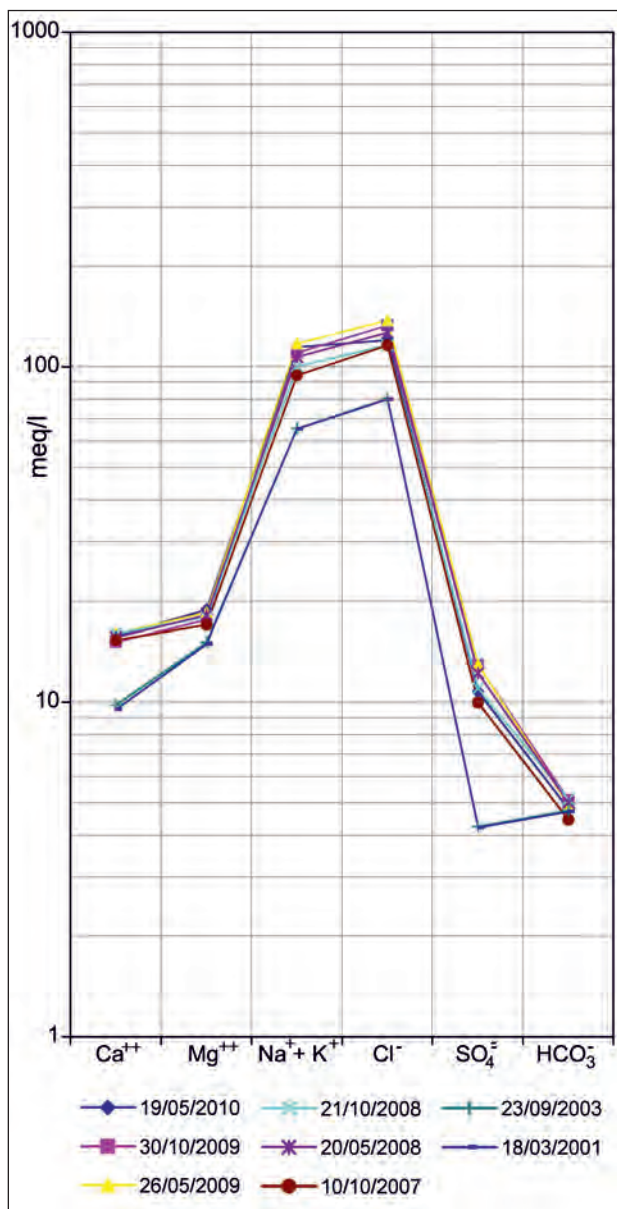


Fig. 4.18 - Sorgente Caruso, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- Caruso Spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

tiacque sotterraneo idrogeologico, con direzione all'incirca Nord-Sud, che suddivide le acque di falda alimentanti le sorgenti del Tara, provenienti dal complesso carbonatico profondo della Murgia posto ad occidente di detto spartiacque, dalle sorgenti subaeree e sottomarine del Mar Piccolo, alimentate invece in prevalenza dalle formazioni carbonatiche disposte ad oriente.

Procedendo lungo le porzioni meridionali del litorale ionico è possibile riconoscere importanti manifestazioni sorgentizie costiere della falda profonda salentina, quali ad esempio le abbondanti sorgenti Chidro e Boraco. Molte sono poi le sorgenti costiere che bordano il litorale ionico tarantino, ad oggi purtroppo non adeguatamente censite. Di seguito viene riportato un inquadramento idrogeologico sommario delle principali sorgenti dell'Arco Ionico Tarantino e del Salento alimentate dalla falda profonda. Nel paragrafo 18.4 sarà riportata una descrizione più dettagliata degli efflussi costieri minori presenti nel tratto di costa compreso Santa Maria di Leuca e Maruggio.

4.4.2.1. - Sorgente Galese

La sorgente Galese (tab. 4.1g, fig. 4.4g) è una sorgente di trabocco che scaturisce in una vasta zona depressa situata tra la strada provinciale Taranto-Martina Franca e la ferrovia Taranto-Brindisi, ad una distanza dal Mar Piccolo di Taranto di circa 900 m. Le acque delle principali polle danno origine ad un laghetto di acqua limpidissima, che defluisce molto lentamente in un canale di scarico verso il Mar Piccolo (fig. 4.20).

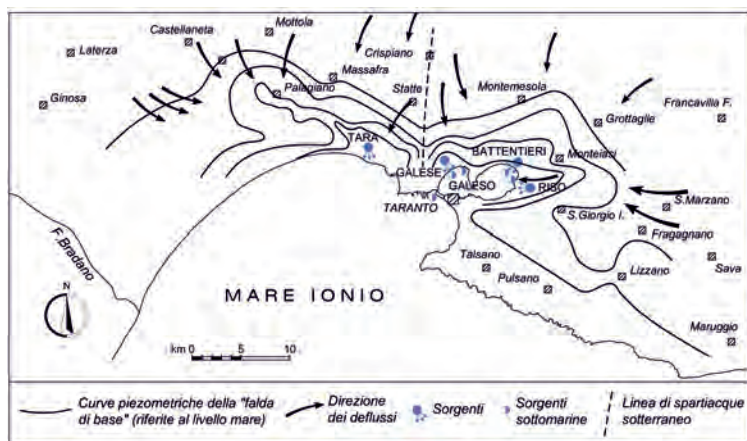


Fig. 4.19 - Modalità di deflusso della falda profonda lungo l'Arco Ionico Tarantino (da ZORZI & REINA, 1962).
- Deep groundwater flow along the Ionian Arch of the Gulf of Taranto (from ZORZI & REINA, 1962).



Fig. 4.20 - Foto di alcune sorgenti dell'Arco Ionico Tarantino e del litorale Ionico del Salento.
 - Some springs of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto and the Ionian coast of Salento.

Le acque della sorgente provengono dalla falda profonda circolante nei calcari cretacei che, ostacolate nel loro deflusso dalla presenza di depositi di copertura argillosi, vengono a giorno attraverso le fessure dei calcari, risalendo per più di dieci metri e stabilizzandosi ad una quota sul livello marino pari a circa 1.6 m.

La sorgente è caratterizzata da portate dell'ordine dei 400÷600 l/s. Le ultime misure di portata disponibili (Progetto Tiziano, 2009) hanno evidenziato valori di portata decisamente superiori, che raggiungono anche i 1.400 l/s, affetti da grande dispersione (fig. 4.21), maggiore di quella osservata

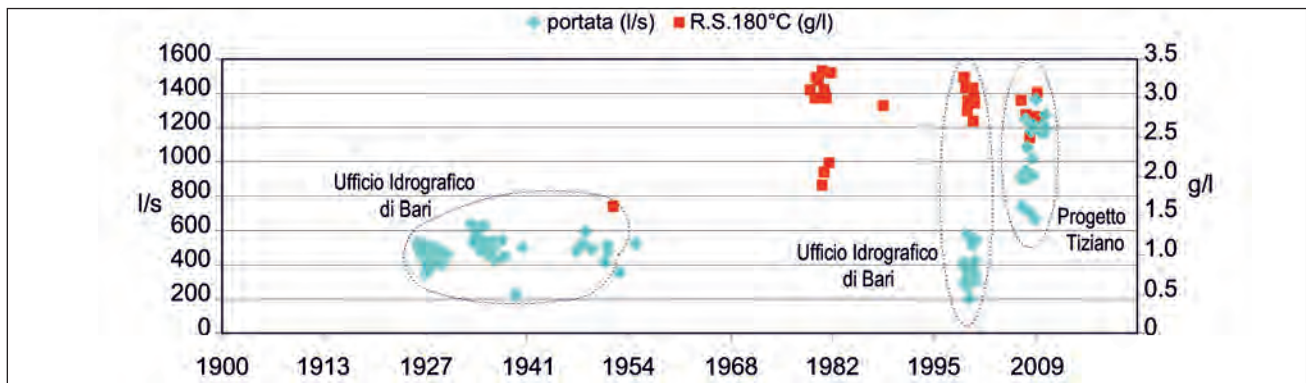


Fig. 4.21 - Sorgente Galese, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- Galese Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

nelle campagne di monitoraggio precedenti. Anche i valori del residuo fisso a 180°C risultano alquanto differenti tra le diverse campagne di monitoraggio. Le prime misure condotte negli anni '50 evidenziano un residuo secco pari a circa 1,7 g/l, a fronte invece di valori decisamente superiori, dell'ordine di 3÷3,5 g/l, misurati nelle campagne di monitoraggio successive, affetti, tuttavia, da grande dispersione (figg. 4.21, 4.22). Esprimersi sulla credibilità dei dati, specialmente qualitativi, ad oggi attribuiti alla manifestazione sorgentizia in questione non è impresa facile, stante la loro notevole varietà. È difficile perfino individuare, senza approfondimenti idrogeologici adeguati, l'influenza dell'intrusione marina continentale sull'acquifero che da luogo al chimismo della sorgente in parola. Occorre che l'approfondimento idrogeologico della sorgente fornisca giustificazione adeguata dei rapporti fra portata e chimismo della sorgente. Quest'ultima, data la particolare ubicazione planimetrica, richiede, in ogni caso, approfondimenti del carico piezometrico della falda che l'alimenta e la verifica dell'attendibilità delle misure fino ad oggi effettuate.

I bassi valori di concentrazione salina e le buone caratteristiche chimico-fisiche generali, inducevano, in passato, l'Acquedotto Pugliese alla realizzazione di un acquedotto per l'approvvigionamento idropotabile della provincia di Taranto; alla fine degli anni '50 l'Ente provvede alla realizzazione del cosiddetto "Acquedotto Ausiliario del Galese", che prevedeva la captazione di una portata complessiva di circa 300 l/s dall'acquifero ubicato immediatamente a monte delle manifestazioni sorgentizie, attraverso una batteria di 9 pozzi disposta

lungo un allineamento parallelo alle linee equipotenziali della falda, assegnando a ciascun pozzo una portata di 33,3 l/s (fig. 4.23). Le acque dei pozzi venivano coltate nella vasca di un vicino impianto di sollevamento, per mezzo di una condotta adduttrice e quindi, per mezzo di una condotta ascendente, addotte al serbatoio di Taranto. Qui avveniva il mescolamento delle acque della sorgente Galese con quelle provenienti dalle aste principali dello stesso acquedotto, in modo da raggiungere valori ottimali di durezza e salinità (rispettivamente 27-28°F e 270-280 mg di cloruri). Le caratteristiche idrogeologiche locali dell'acquifero consentivano di prelevare circa 30 l/s di acqua, con una depressione di circa 2 m, sicché, operando delle soglie di trabocco a detta profondità, era possibile convogliare l'acqua per gravità nella condotta adduttrice. A partire dal 1992 i 9 pozzi sono stati completamente dismessi, in considerazione sia della disponibilità d'acqua proveniente dal Pertusillo, sia degli alti costi energetici che comportava l'esercizio dell'impianto.

4.4.2.2. – S o r g e n t e T a r a

La sorgente Tara è ubicata nell'Arco Ionico Tarantino, a circa 7 km a NO di Taranto (tab. 4.1g, fig. 4.4g). Essa è rappresentata da un insieme di numerose ed abbondanti manifestazioni sorgentizie, le cui acque, provenienti dall'acquifero profondo cretaceo, si riversano in un alveo naturale, denominato fiume Tara (fig. 4.24), quest'ultimo avente carattere perenne e sfociante nel Mar Ionio, dopo un percorso tortuoso di circa 3 km (fig. 4.25).

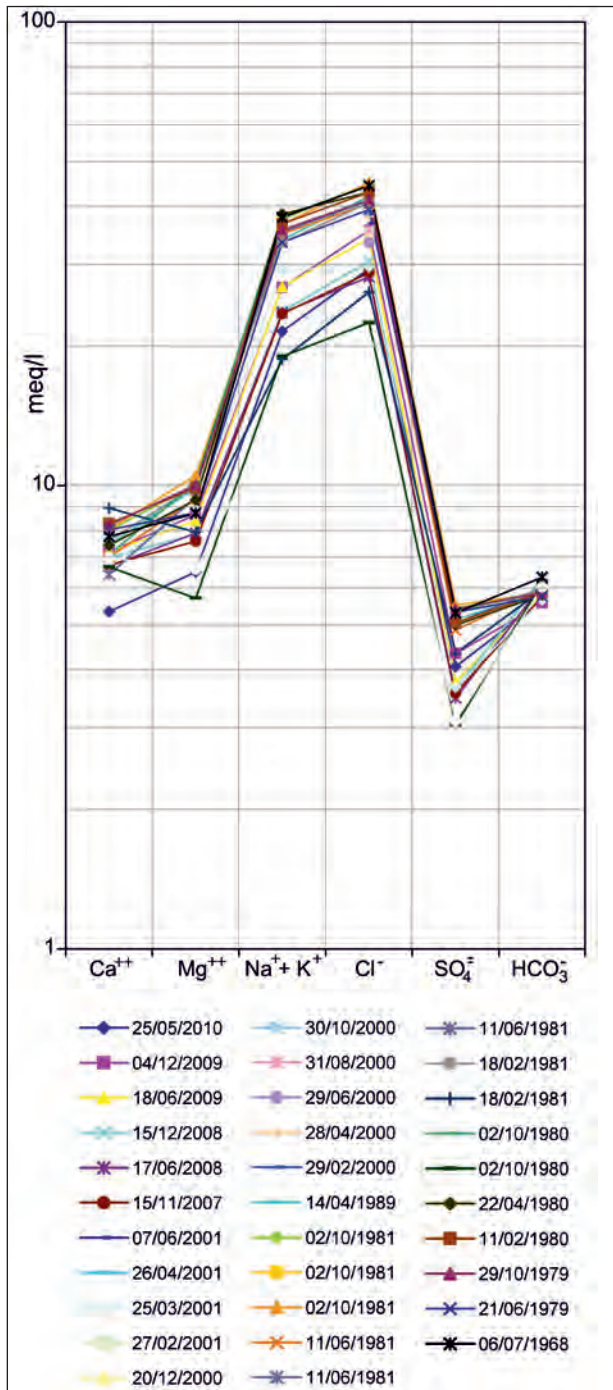


Fig. 4.22 - Sorgente Galese - diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- *Sorgente Galese Spring - Schoeller diagram for the water samples taken.*

La sorgente Tara è la più cospicua tra le sorgenti pugliesi. Le misure eseguite nella prima metà del secolo scorso evidenziavano una portata d'acqua sorgentizia notevole, con punte massime superiori a 4.000 l/s circa, e valori di concentrazione salina dell'ordine di 2 g/l (COTECCHIA *et alii*, 1957; BERGAMIN *et alii*, 1980; TADOLINI & SPIZZICO,

1996). Tale portata d'acqua, un tempo inutilizzata e totalmente diretta alla foce del Mar Ionio, è stata via via proficuamente impiegata già dagli anni '50 del secolo scorso, e ciò grazie alla sua limitata concentrazione salina, che la rende idonea per usi agricoli e industriali. L'Ente Irrigazione ha realizzato una traversa sul fiume Tara e un canale di derivazione (figg. 4.25, 4.26), convogliando l'acqua sorgiva ad un impianto di sollevamento, e di qui a una vasca di arrivo donde si dipartono le tubazioni per la distribuzione finale. L'impianto, entrato in esercizio nel 1951 (BERGAMIN *et alii*, 1980), oggi fornisce acqua per scopi irrigui e industriali, per una portata complessiva massima dell'ordine di 2.000 l/s, anche se le portate si sono significativamente ridotte negli ultimi anni.

Questa imponente manifestazione sorgentizia (VIGNOLA, 1960) avrebbe meritato corrette indagini idrogeologiche, connesse al comportamento dell'acquifero calcareo-carsico profondo con particolare riferimento all'intrusione marina, e alle condizioni idrauliche dei vari punti di emergenza della estesa manifestazione sorgentizia, fino alla foce del fiume in mare. Sembra invece che le ramificazioni entro cui la sorgente è indotta a scorrere siano state realizzate via via nel tempo, solo con fini diretti ai vari usi cui la sorgente serve.

Inquadramento geologico e lineamenti morfostrutturali

Nell'area della sorgente Tara affiorano i calcari cretacei delle Murge, le formazioni appartenenti al ciclo marino calabriano della Fossa Bradanica, nonché formazioni pleistoceniche e recenti di varia natura e origine (BALDASSARRE *et alii*, 1983).

I calcari del Cretacico, che affiorano nella parte Nord-Orientale dell'area (fig. 4.25), sono costituiti da calcari micritici e calcari organogeni di colore biancastro o nocciola, ai quali si associano calcari dolomitici. Essi sono riferibili alla formazione del Calcarea di Altamura.

In trasgressione sul Calcarea di Altamura, con contatto caratterizzato da discordanza angolare e dalla presenza di un conglomerato costituito da ciottoli calcarei in matrice limoso-sabbiosa rossastra, si rinvengono biocalcareni di colore biancastro e giallastro, riferibili alla formazione della Calcarenite di Gravina del Calabriano. Essa affiora nella parte orientale dell'area in esame, e presenta

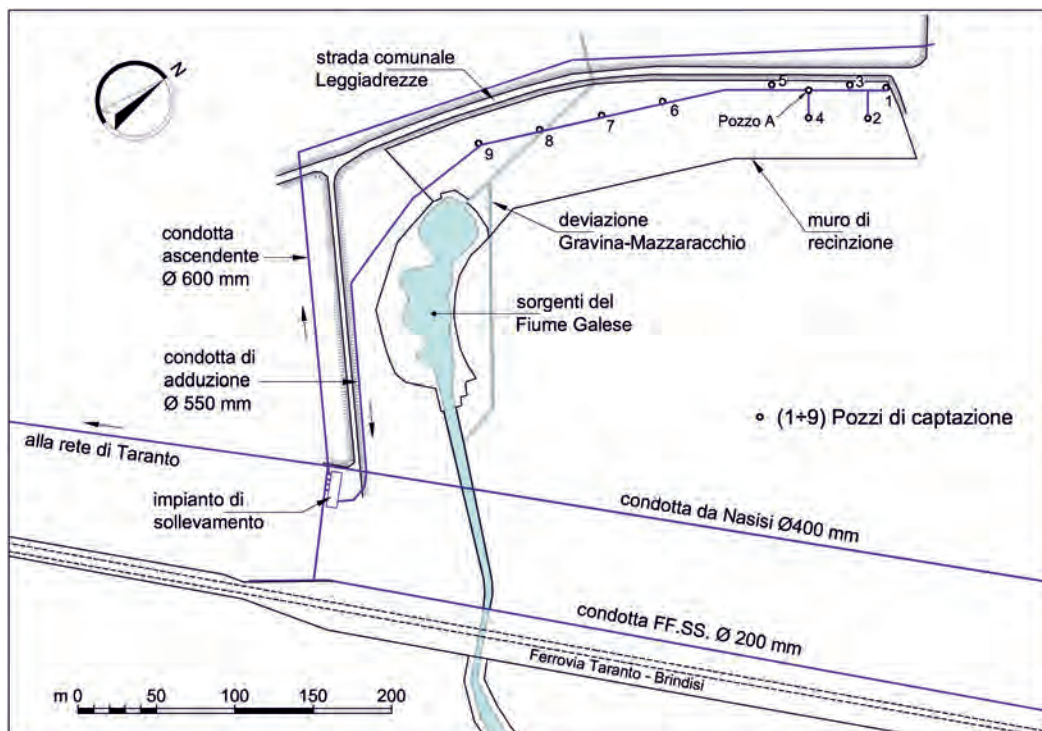


Fig. 4.23 - Sistema di captazione delle acque sotterranee della falda profonda a monte della sorgente Galese.
- Abstraction system of deep groundwater upstream of Galese spring.



Fig. 4.24 - Fiume Tara. In destra idraulica è possibile osservare i resti di una vecchia cartiera ormai abbandonata, segno di locale disponibilità idrica.
- Tara River. On the right bank, the ruins of an old paper mill, now abandoned, are evidence of local water availability.

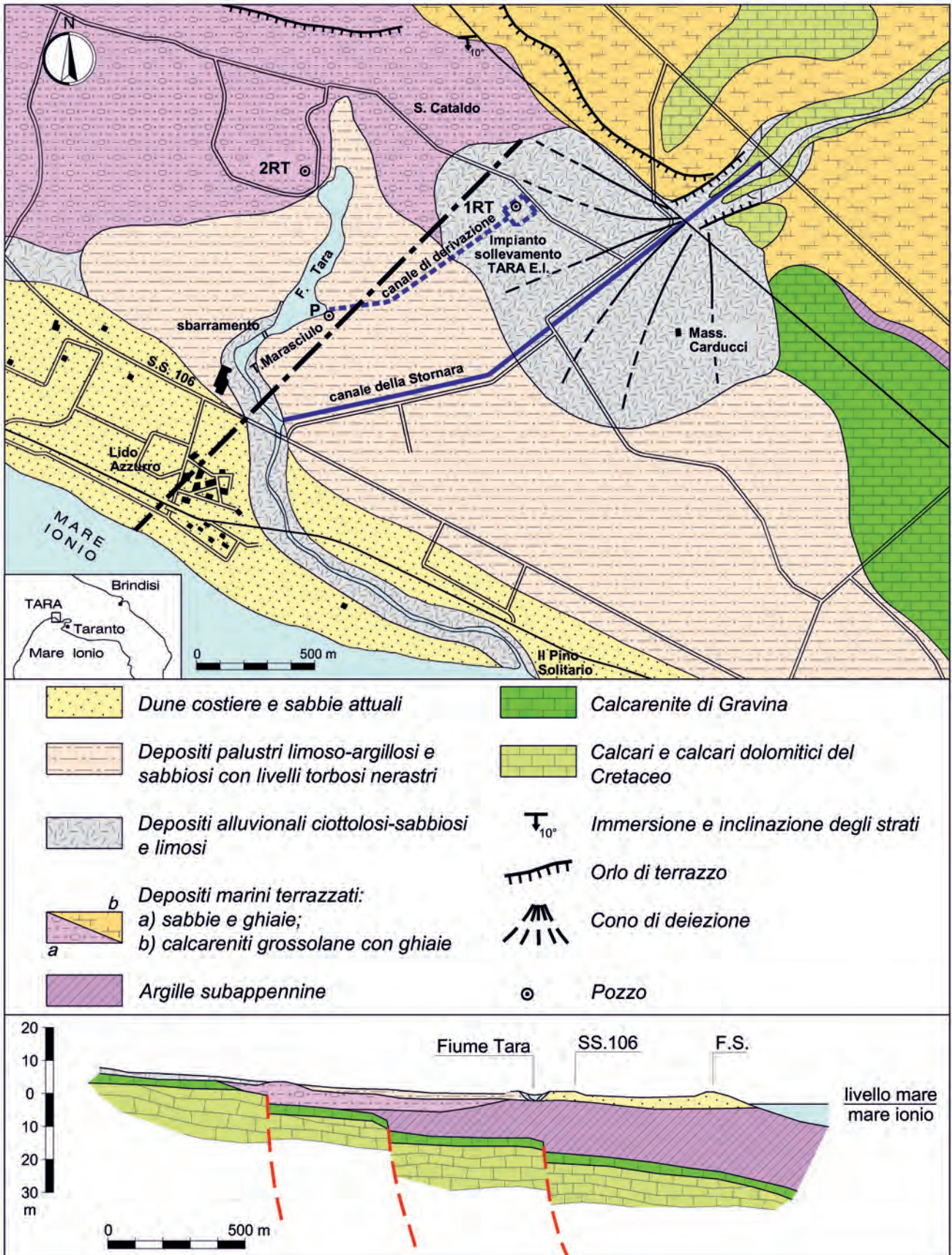


Fig. 4.25 - Carta geologica (mod., da BALDASSARRE *et alii*, 1983) e sezione geologico-strutturale (mod., da BERGAMIN *et alii*, 1980) dell'area interessata dalla sorgente Tara.
 - Geological map (modified, after BALDASSARRE *et alii*, 1983) and geological and structural section (modified, from BERGAMIN *et alii*, 1980) of the area around Tara spring.

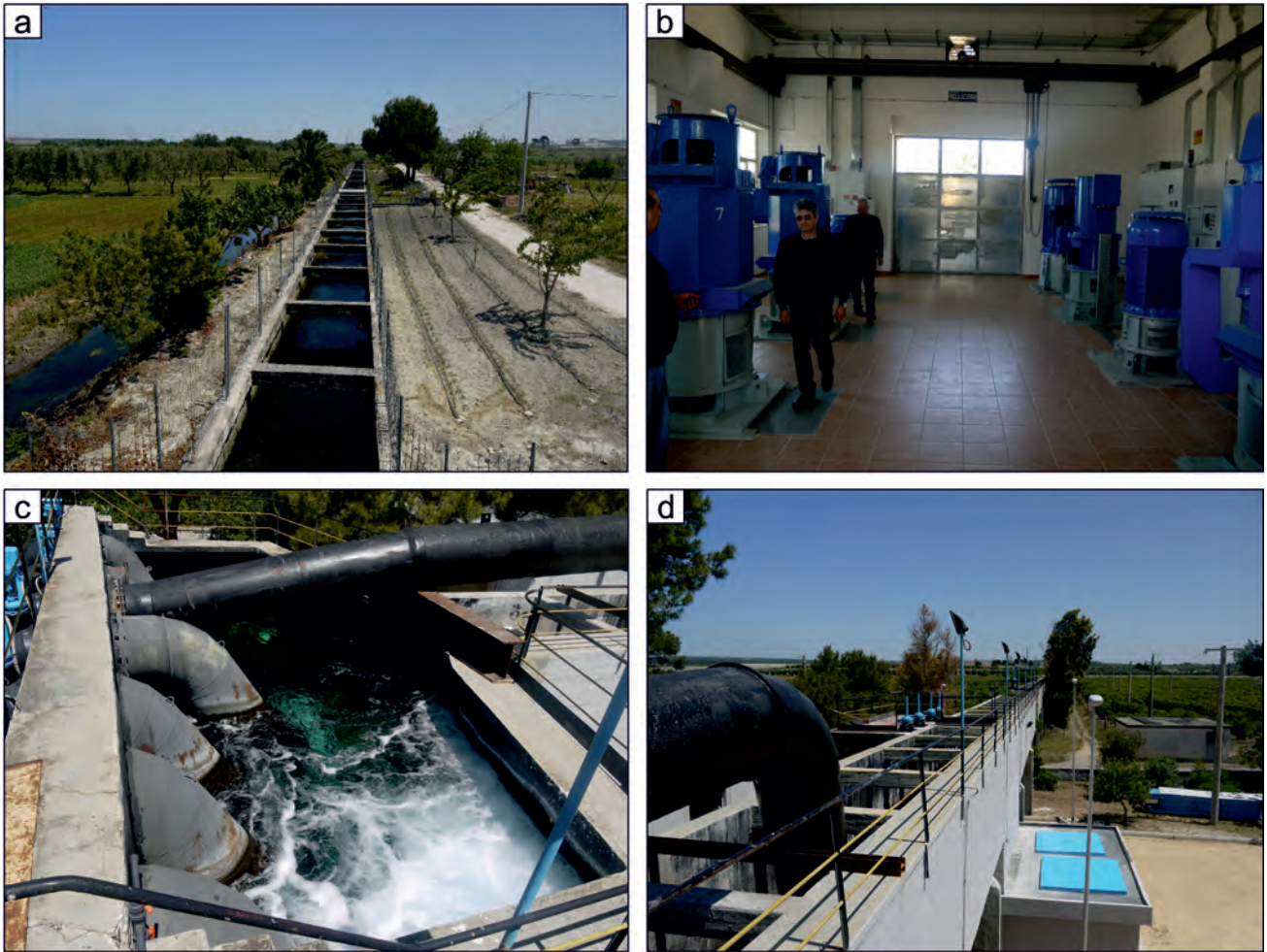


Fig. 4.26 - Sorgente Tara: a) canale di derivazione dell'Ente irrigazione; b) sala pompe dell'impianto di sollevamento; c) vasca di arrivo dell'acqua captata dall'impianto di sollevamento; d) ponte-canale dal quale si dipartono le tubazioni che distribuiscono la portata idrica captata.

- Tara spring: a) diversion canal of Ente irrigazione; b) pump room of the lifting plant; c) inlet tank of the water drawn by the lifting plant; d) flumed-bridge from where the pipes distributing the abstracted water lead off.

spessori molto variabili, comunque inferiori a 10 m.

In continuità stratigrafica sulla Calcarenite di Gravina si rinvencono marne argillose passanti a limi con sabbia, di colore grigio-azzurro o grigio verdastro, riferibili alla formazione delle Argille Subappennine del Calabriano. Essa, scarsamente rappresentata in superficie se non per un piccolo affioramento ad oriente dell'area in esame, ha uno spessore di 3÷4 m nella zona centrale e si ispessisce procedendo dall'interno verso la costa.

A copertura delle Calcareniti di Gravina e delle Argille Subappennine, ed a luoghi anche del Calcare di Altamura, si rinvencono terreni recenti costituiti da calcareniti di colore bianco-grigiastro, sabbie, ciottoli e sabbie ciottoloso-ghiaiose, riferibili ai Depositi marini terrazzati post-calabriani.

Infine, è possibile riscontrare la presenza di ter-

reni recenti, ed in particolare:

- Depositi palustri, costituiti da limi, limi argillosi e/o sabbiosi, di spessore molto variabile, inferiore a 10 m, che ricoprono le Argille Subappennine ed i Depositi marini terrazzati. L'affioramento di detti materiali è presente in prossimità della plaga sorgentizia, ed è allungato in direzione NO-SE.
- Depositi alluvionali, costituiti da sabbie limose con ghiaie e ciottoli di natura calcarea. Lo spessore massimo riscontrato è di 2 m. Essi affiorano lungo il corso del fiume Tara ed al centro dell'area in esame;
- Dune costiere e spiagge attuali, costituite da sabbie quarzoso-micacee e subordinatamente calcaree, di colore grigio o giallastro. Esse sono sovrapposte alle Argille subappennine ed orlano la fascia prospiciente alla linea di costa, con uno spessore di circa 10 m.

Il basamento carbonatico cretaceo è individuato da una struttura a blocchi (fig. 4.25), disposti a gradinata, che tende ad immergersi verso SSO (BERGAMIN *et alii*, 1980; BALDASSARRE *et alii*, 1983; TADOLINI & SPIZZICO, 1996). L'analisi di numerose schede tecniche di pozzi realizzati nell'area ed i risultati di indagini geofisiche condotte in prossimità della sorgente, ha consentito di ricostruire l'andamento del tetto della formazione carbonatica di base (fig. 4.27), il quale, approfondendosi verso la costa, va ricoprendosi di un crescente spessore di Argille Subappennine, a loro volta ricoperte dai terreni recenti prima descritti.

Dal punto di vista morfologico l'area corrisponde ad una superficie debolmente inclinata verso il Mar Ionio. Nelle zone più interne sono raggiunte quote topografiche dell'ordine di 70 m s.l.m.

che, attraverso una serie di ripiani debolmente mossi e raccordati da modeste scarpate ad andamento sinuoso grosso modo parallelo alla linea di costa, scendono a quote dell'ordine di 1÷5 m s.l.m. in prossimità della sorgente e della costa. Alcuni dei ripiani presenti nell'area sono incisi dalla Gravina Gennarini, la quale presenta decorso NE-SO. Essa ha origine a NO di Crispiano, ed è denominata nell'ultimo tratto "Canale della Stornara". Nella parte iniziale di detto canale è ben individuabile la conoide alluvionale della Gravina Gennarini.

La zona costiera è caratterizzata da una spiaggia sabbiosa, larga una decina di metri, cui segue verso l'interno una fascia di cordoni dunari (BALDASSARRE *et alii*, 1983). Alle dune segue una depressione occupata dal Deposito palustre, entrambi incisi dal fiume Tara.

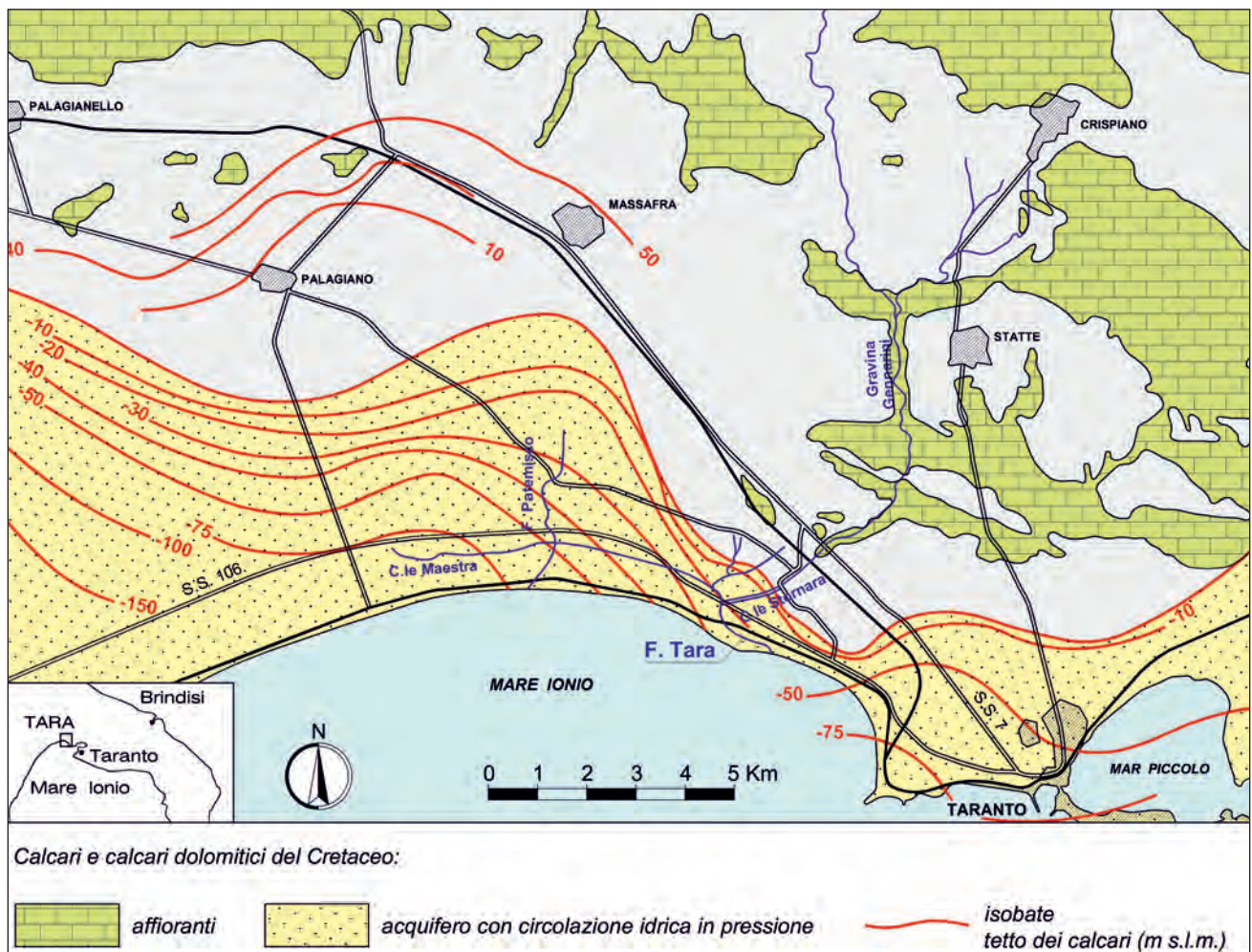


Fig. 4.27 - Andamento del tetto della formazione carbonatica cretacea in affioramento ed in profondità con indicazione della zona ove la circolazione idrica sotterranea avviene in pressione (da TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

-Top of the Cretaceous carbonate formation, at the outcrop and at depth, with indication of the zone where the pressurized groundwater flow takes place (from TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

Inquadramento idrogeologico

I rapporti di permeabilità esistenti tra le varie formazioni riconosciute nell'area ed i relativi lineamenti strutturali e morfologici determinano l'esistenza di questa imponente manifestazione sorgentizia.

I calcari del Cretacico sono sede della circolazione idrica sotterranea profonda che, alimentata alle quote più elevate dalle porzioni Sud-occidentali della Murgia, defluisce verso l'Arco Ionico Tarantino in corrispondenza del Mar Ionio e del Mar Piccolo di Taranto. I dati piezometrici disponibili indicano l'esistenza di uno spartiacque idrogeologico sotterraneo che differenzia chiaramente il bacino idrogeologico alimentante le sorgenti sottomarine del Mar Piccolo di Taranto da quello che invece alimenta l'acquifero cretacico a Nord-Ovest dell'Arco Ionico Tarantino, ossia nell'area della sorgente Tara (fig. 4.28; ZORZI & REINA, 1962; COTECCHIA *et alii*, 1990; TADOLINI & SPIZZICO, 1996). È possibile, inoltre, individuare uno spartiacque sotterraneo idrogeologico che delimita ad Ovest la porzione di acquifero alimentante il gruppo sorgentizio del Tara.

La falda profonda è in pressione nella zona del Tara, e ciò a causa dello sbarramento esercitato dalle Argille Subappennine, queste ultime da ritenere praticamente impermeabili (fig. 4.25). Abbiamo visto, infatti, che i calcari del Cretacico, nell'area della sorgente, si approfondiscono sotto il livello del mare e vanno ricoprendosi dei terreni argillosi calabriani, il cui spessore aumenta procedendo verso la costa. La zona della sorgente Tara è però caratterizzata da una morfologia depressa proprio dove la formazione delle Argille Subappennine presenta modesto spessore o è assente. La presenza dello sbarramento argilloso determina, quindi, livelli piezometrici della falda prossimi o superiori al piano campagna, per cui, ove detto sbarramento è assente o inefficace agli effetti della tenuta idraulica della falda profonda, le acque sotterranee emergono in superficie. La sorgente Tara, che viene a giorno in corrispondenza dei margini della coltre argillosa, si configura quindi quale sorgente di trabocco per sbarramento.

La venuta a giorno delle acque di falda avviene

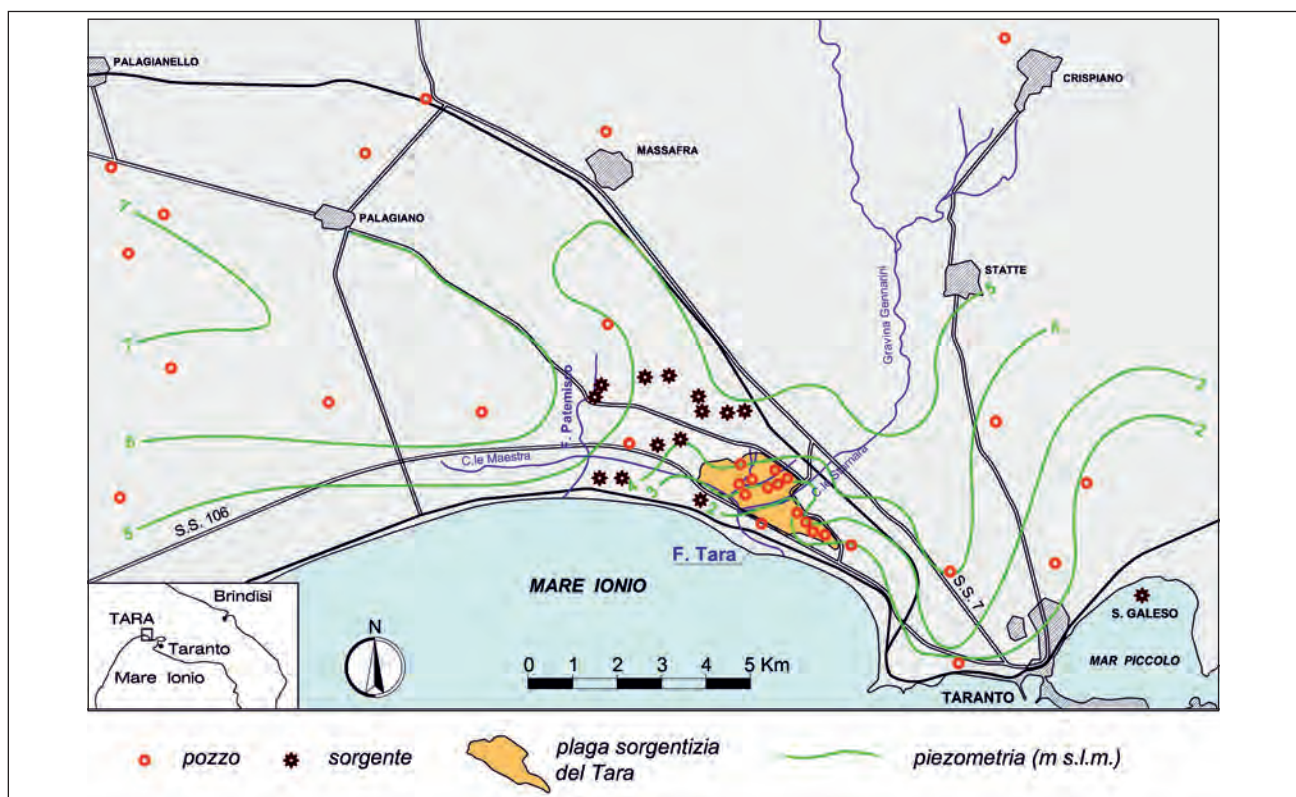


Fig. 4.28 - Andamento della superficie piezometrica della falda profonda a Nord-Ovest del Mar Piccolo di Taranto e delle manifestazioni sorgentizie confluenti nel fiume Tara e nel fiume Patemisco (da TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

- Deep groundwater piezometric surface north-west of Mar Piccolo of Taranto, with indication of the springs flowing into Tara and Patemisco rivers (from TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

attraverso numerose polle, in genere di quota variabile tra 3,5 m e 1,5 m s.l.m. (BALDASSARRE *et alii*, 1983). Possono essere distinte in due gruppi. Un primo gruppo di polle appartiene alla plaga sorgentizia, di estensione pari a circa 1 km² e corrispondente ad una profonda incisione che opera il maggior drenaggio della zona. Un secondo gruppo è presente, invece, nella zona Nord-occidentale dell'area (fig. 4.28). Le acque sorgentizie sgorganti da queste ultime confluiscono nel canale Patemisco, il quale sfocia nel Mar Ionio, ad una distanza di circa 5 km ad Ovest dalla foce del fiume Tara. Esso è caratterizzato da una portata variabile tra poche decine di litri per secondo a circa 250 l/s (TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

La zona è interessata da una fitta rete di canali di bonifica, che consente il drenaggio delle acque sotterranee in tutta l'area. La realizzazione di detti canali ha però provocato il richiamo localizzato di acqua di falda, attraverso delle polle che emergono sul fondo degli stessi. Detti canali convergono infine nel F. Tara.

Nel F. Tara, oltre a confluire le acque sotterranee che vengono a giorno dell'area della sorgente Tara, confluisce il canale della Stornara, che raccoglie, lungo il suo corso, scarse acque sorgentizie e antropiche. Detto canale, in prossimità della plaga sorgentizia, in destra idraulica del F. Tara, esercita anche un drenaggio della falda profonda (TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

Da quanto illustrato è evidente che la portata del fiume Tara è variabile sia in funzione delle condizioni idrologiche della falda profonda, sia delle maree. Queste ultime, in particolare, agiscono sia sulle quote piezometriche della falda sia sui livelli idrici del fiume, il quale è quindi da considerarsi a tutti gli effetti un canale a marea. Questi legami non sono mai stati quantificati né studiati approfonditamente.

Nell'area in esame è possibile riconoscere una modesta circolazione idrica sotterranea superficiale, sostenuta alla base dalla formazione Argille Subappennine, ed avente sede nelle sabbie dei Depositi marini terrazzati, nei Depositi alluvionali e nelle Dune costiere e spiagge attuali, tutti permeabili per porosità. Sono da ritenere impermeabili, invece, i Depositi palustri, le calcarenite dei Depo-

siti marini terrazzati e la Calcarenite di Gravina. Quest'ultima, tuttavia, può localmente presentarsi permeabile a causa dello strato di fratturazione e/o presenza di cavità carsiche.

L'acquifero Cretacico nell'area in esame è interessato dal fenomeno dell'intrusione marina nel continente. La falda di acqua dolce, che alimenta la sorgente Tara, galleggia quindi su acqua di mare di invasione continentale, la quale è responsabile della stratificazione salina della falda. I processi di mescolamento tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare sono quindi responsabili della significativa, benché accettabile, concentrazione salina delle acque sorgive. Le variazioni di salinità della sorgente sono quindi da relazionare alla variazione delle condizioni di equilibrio tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare, meritevoli di essere adeguatamente indagate e monitorate agli effetti idrogeologici.

Distribuzione delle quote piezometriche della falda profonda

La cadente piezometrica della falda profonda è variabile tra 0,02÷2‰ (TADOLINI & SPIZZICO, 1996; fig. 4.28). Tale variazione è imputabile alla presenza di emergenze sorgentizie che, operando un cospicuo drenaggio della falda profonda, determinano l'arretramento delle isopieziche in prossimità della plaga sorgentizia. Le isopieziche indicano, inoltre, il drenaggio operato sulla falda profonda dalle emergenze sorgentizie presenti a Nord-Ovest dell'area in esame e confluenti nel canale Patemisco.

Osservazioni piezometriche condotte su un numero elevato di pozzi presenti nell'area hanno evidenziato variazioni delle quote piezometriche nell'anno idrologico al massimo pari a circa 1 m (BERGAMIN *et alii*, 1980; TADOLINI & SPIZZICO, 1996). In particolare, le massime quote piezometriche sono state rilevate nella stagione invernale, e ciò è attribuibile alla ricarica generale della falda profonda. Le variazioni delle quote piezometriche indotte dalle variazioni del livello mare sono ritenute modeste a causa della presenza dello sbarramento argilloso. A tal riguardo è da sottolineare che mancano studi finalizzati. Sulla base degli studi condotti in prossimità della sorgente Chidro (par. 4.5) si è visto che anche in presenza di sbarramenti impermeabili lungo costa, la falda profonda può subire significative va-

riazioni dei caratteri qualitativi e quantitativi in ragione delle variazioni del livello mare.

In figura 4.29 sono riportate le isopieziche in prossimità della sorgente Tara. Oltre che evidenziare il drenaggio operato dalla plaga sorgentizia, queste indicano il drenaggio operato anche dal Canale della Stornara. È possibile inoltre rilevare il drenaggio operato da alcune polle sorgentizie, le cui acque defluiscono in canali di bonifica, posti tra il Canale della Stornara ed il canale di derivazione.

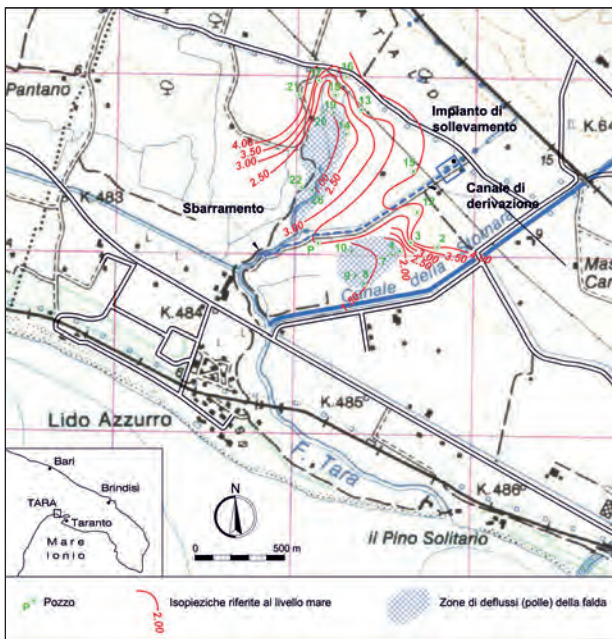


Fig. 4.29 - Isopieziche in prossimità della plaga sorgentizia del Fiume Tara e del canale di derivazione dell'Ente Irrigazione (mod., da BERGAMIN *et alii*, 1980).

- Isopiezic line in the proximity of the spring of Tara river, and the diversion canal of Ente Irrigazione (modified, from BERGAMIN *et alii*, 1980).

Livelli idrici del Fiume Tara

Il livello idrico dello specchio liquido della plaga sorgentizia è sempre inferiore a quello della falda profonda, di una quantità pari a circa 40÷60 cm (TADOLINI & SPIZZICO, 1996). Misure eseguite nel 1981 hanno rilevato un livello dello specchio liquido variabile all'incirca nell'intervallo 1,5÷2 m s.l.m. (BERGAMIN *et alii*, 1980). Misurazioni eseguite in un arco temporale pari a 11 anni hanno evidenziato una differenza tra il valore minimo e quello massimo pari a circa 80 cm (BERGAMIN *et alii*, 1980; SANTOVITO, 1981); dette variazioni sono da attribuire sia alle variazioni delle quote piezometriche della falda profonda sia alle variazioni del livello mare, le quali risalgono lungo il Fiume Tara.

Portata sorgentizia

I primi e unici monitoraggi quantitativi della sorgente Tara risalgono al periodo 1926÷1954, quando il Servizio Idrografico di Bari prima e l'Ente Irrigazione dopo, hanno eseguito misure di portata in prossimità della foce del fiume Tara (COTECCHIA *et alii*, 1957; ZORZI & REINA, 1962; BERGAMIN *et alii*, 1980; fig. 4.30). Esse hanno fornito una portata minima pari a circa 2.500 l/s ed una massima pari a circa 4.300 l/s. È da sottolineare che i valori minimi e massimi misurati non corrispondono, rispettivamente, al valore di magra e di punta della portata sorgentizia, e ciò in quanto, come già detto, il Fiume Tara è un canale a marea. Le variazioni di portata misurate alla foce del Fiume Tara non sono, infatti, sempre correlabili all'andamento delle precipitazioni (COTECCHIA *et alii*, 1957).

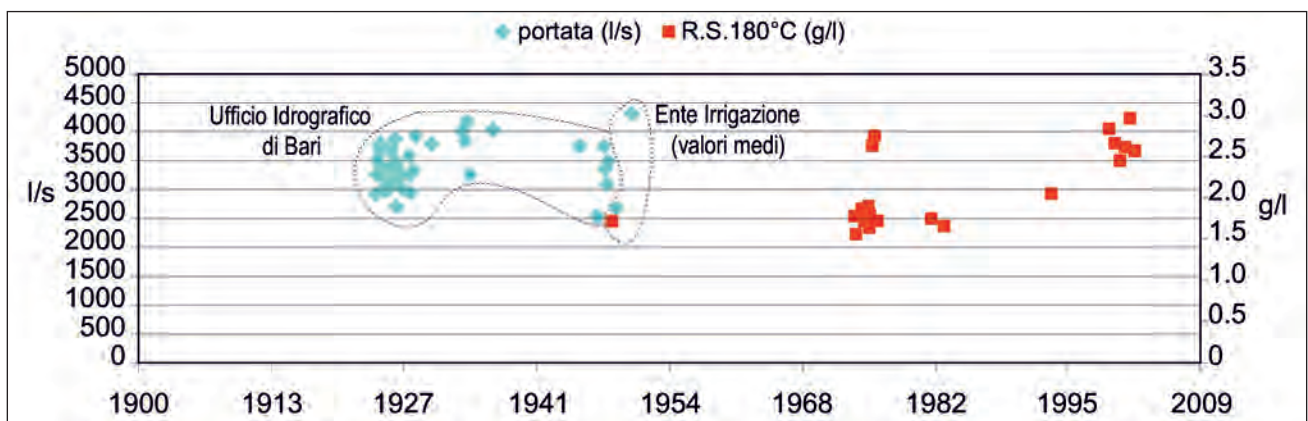


Fig. 4.30 - Sorgente Tara - diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.

- Tara spring - diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

L'estrema variabilità della portata sorgentizia avrebbe richiesto l'esecuzione di maggiori accertamenti finalizzati a quantificare sia gli effetti che le variazioni del livello mare esercitano sul fiume Tara, sia i rapporti esistenti, in prossimità della sorgente, tra le quote piezometriche della falda, il livello del mare e la posizione dell'interfaccia di separazione tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare.

Nell'interpretare i dati di portata della sorgente Tara è necessario, inoltre, considerare che dal 1951 è attivo, come già detto, l'impianto di sollevamento dell'Ente Irrigazione. Misure di portate eseguite lungo il canale di derivazione durante il funzionamento dell'impianto di sollevamento, hanno evidenziato una sostanziale differenza tra la portata estratta all'incile e quella invece attraversante il canale di derivazione, sino all'impianto di sollevamento (fig. 4.25). In particolare, fu osservata una differenza di circa $1.000 \div 1.400$ l/s tra la portata estratta dall'impianto di sollevamento e la portata effluente lungo il canale derivatore. Ciò indica quindi che l'acqua estratta dall'impianto di sollevamento proviene solo in parte dal fiume Tara e che quindi il canale derivatore raccoglie, lungo il suo corso, importanti con-

tributi idrici dalla falda profonda. In particolare, è stata constatata la presenza di una polta proprio in corrispondenza dell'impianto di sollevamento, la quale fornirebbe una portata d'acqua quantificabile in 1.000 l/s (BERGAMIN *et alii*, 1980).

Nell'ambito del Progetto Tiziano sono state eseguite 14 misure di portata in corrispondenza di una sezione trasversale del canale di derivazione dell'Ente Irrigazione. Dette misure hanno fornito un valor medio della portata pari a 776 l/s, ma non sono di utilità pratica, e ciò in quanto la portata d'acqua attraversante il canale di derivazione non fornisce informazioni sull'effettivo stato quantitativo della sorgente. Il sistema idraulico costituito dalla plaga sorgentizia, dal Fiume Tara, dal canale di derivazione, dalle polte sorgentizie da questo intercettate e dall'impianto di sollevamento, è molto complesso, tanto che il verso del flusso idrico nel canale di derivazione subisce delle inversioni in ragione della portata estratta dall'impianto di sollevamento.

Chimismo e temperatura della falda idrica profonda

In figura 4.31 è rappresentato l'andamento della concentrazione salina della falda profonda rilevato

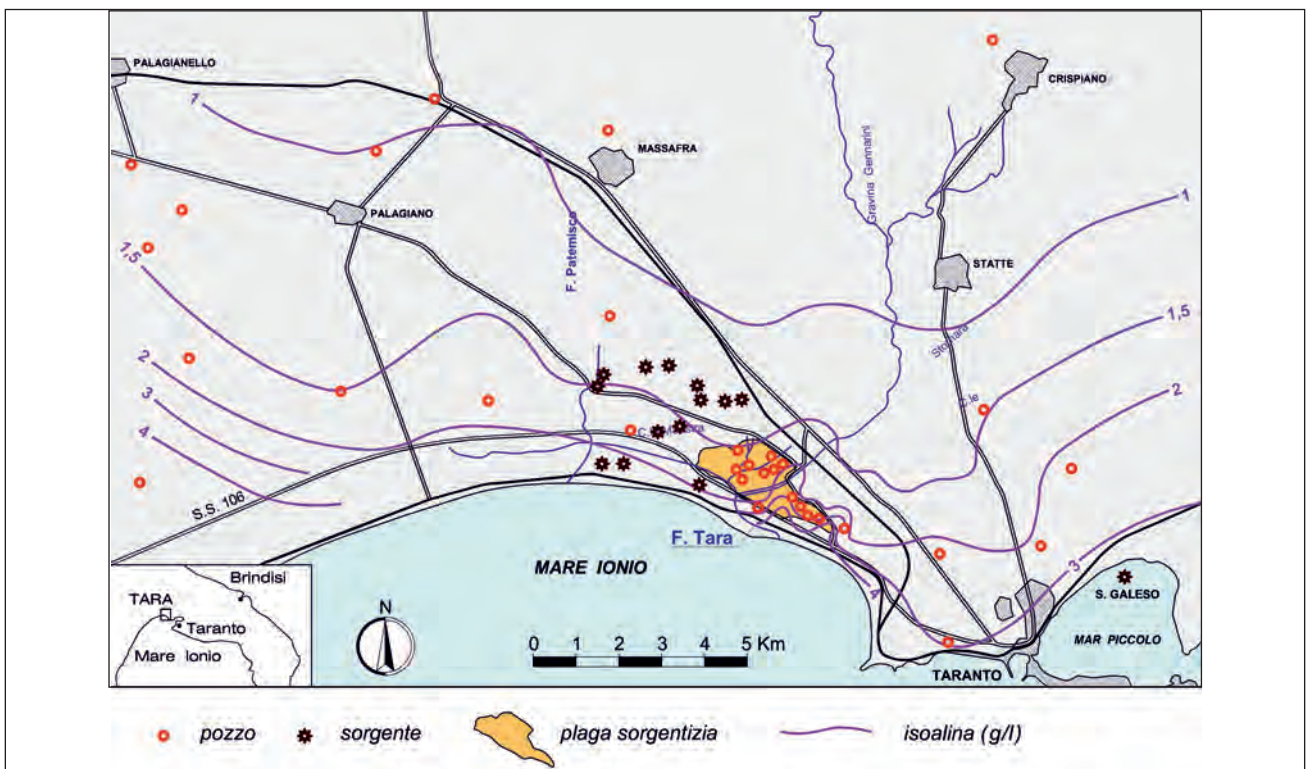


Fig. 4.31 - Distribuzione della concentrazione salina della falda profonda nell'area a Nord-Ovest del Mar Piccolo di Taranto (da TADOLINI & SPIZZICO, 1994).
- Salt concentration distribution of the deep-aquifer groundwater in the area north-west of Mar Piccolo of Taranto (from TADOLINI & SPIZZICO, 1994).

a Nord-Ovest del Mar Piccolo di Taranto (TADOLINI & SPIZZICO, 1996). Come si può osservare, le isoaline corrispondenti a 3, 2 e 1,5 g/l subiscono un arretramento in prossimità della plaga sorgentizia, e ciò a causa del maggior mescolamento tra le acque dolci di falda e l'acqua di mare intrusa nel continente determinato dal drenaggio operato sulla falda profonda dalla sorgente, coerente con la distribuzione delle altezze piezometriche rilevate (fig. 4.28). Le isoaline avanzano invece ove la formazione argillosa costituisce una barriera idrogeologica per la falda.

Analizzando in dettaglio le isoaline in prossimità della plaga sorgentizia (fig. 4.32), si evince che la maggior contaminazione salina è presente in prossimità dell'impianto di sollevamento dell'Ente Irrigazione, e ciò molto probabilmente a causa del drenaggio che questo opera sulla falda profonda. La concentrazione salina dell'acqua di falda aumenta, infatti, di alcuni decimi di grammo per litro procedendo dall'incile del canale derivatore (circa 1,7 g/l) sino all'impianto di sollevamento (circa 2 g/l).

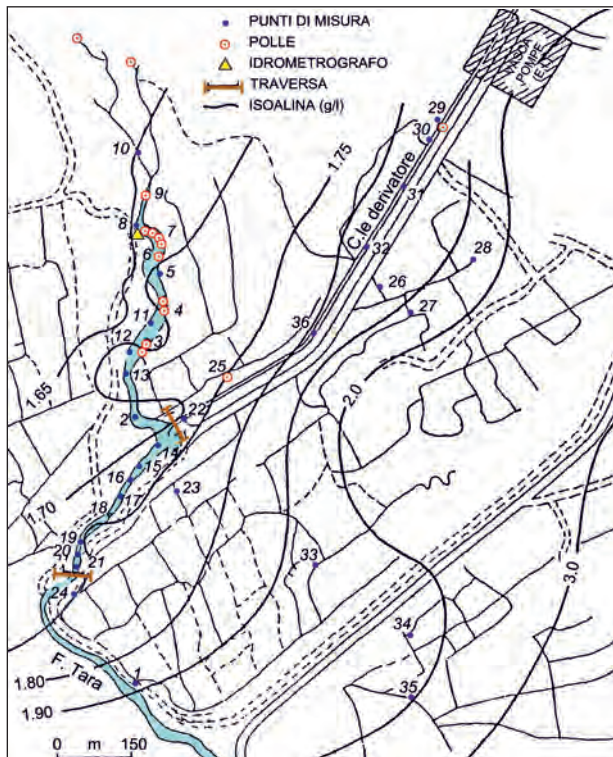


Fig. 4.32 - Distribuzione della concentrazione salina in prossimità della sorgente Tara, con indicazione delle maggiori manifestazioni idriche e dei punti di rilevamento (TADOLINI & SPIZZICO, 1994).

- Salt concentration distribution in the proximity of Tara spring, with indication of the major spring and survey points (from TADOLINI & SPIZZICO, 1994).

La temperatura dell'acqua di falda nell'area di interesse è compresa all'incirca nell'intervallo 18°C÷20°C. Trattasi di temperature piuttosto elevate, risultanti da circuiti profondi e lunghi che le acque sotterranee compiono tra le aree di alimentazione e la scaturigine (BERGAMIN *et alii*, 1980; TADOLINI & SPIZZICO, 1996), riscontrate anche in altri pozzi distanti dalla sorgente ma appartenenti sempre all'Arco Ionico Tarantino (COTECCHIA *et alii*, 1978). Ciò coadiuva l'ipotesi, avanzata sulla base dell'analisi delle quote piezometriche, che le acque sotterranee che alimentano la sorgente Tara provengono dagli alti murgiani.

Stratificazione salina della falda profonda e sua variazione nel tempo

Nell'area in esame sono presenti due pozzi spia che hanno consentito di analizzare la distribuzione della temperatura e della concentrazione salina della falda al variare della profondità, sino ad intercettare l'acqua di mare presente alla base.

In figura 4.33 è rappresentato il log termo-salinometrico eseguito nel 1975 nel pozzo 1RT, ubicato in prossimità dell'impianto di sollevamento dell'Ente Irrigazione (fig. 4.25). Detto log evidenzia una concentrazione salina dell'acqua di falda pari a circa 3 g/l sino a quote dell'ordine di -50 m s.l.m. A partire da detta profondità e sino a circa -120 m s.l.m., la concentrazione salina aumenta sino a circa 10 g/l. Il tetto dell'acqua di mare è stato rinvenuto a fondo pozzo, ossia a circa -170 m s.l.m.. La temperatura dell'acqua di falda misurata nel medesimo pozzo è crescente con la profondità, sebbene solo di alcuni decimi di grado centigrado. La falda di acqua dolce è quindi caratterizzata, come abbiamo già visto nel paragrafo precedente, da una temperatura piuttosto alta, prossima a quella della sottostante acqua di mare.

In figura 4.34 sono riportati alcuni log salinometrici eseguiti nel pozzo 2RT, prossimo alla plaga sorgentizia, nel periodo 1995÷2007, con indicazione delle quote piezometriche della falda osservate nel medesimo periodo di osservazione. Come si può osservare la zona di transizione all'acqua di mare subisce spostamenti e variazioni di spessore, giustificabili sulla base delle variazioni delle quote piezometriche. In particolare, dal 14/09/1995 al 26/06/2007 si assiste ad una progressiva e continua

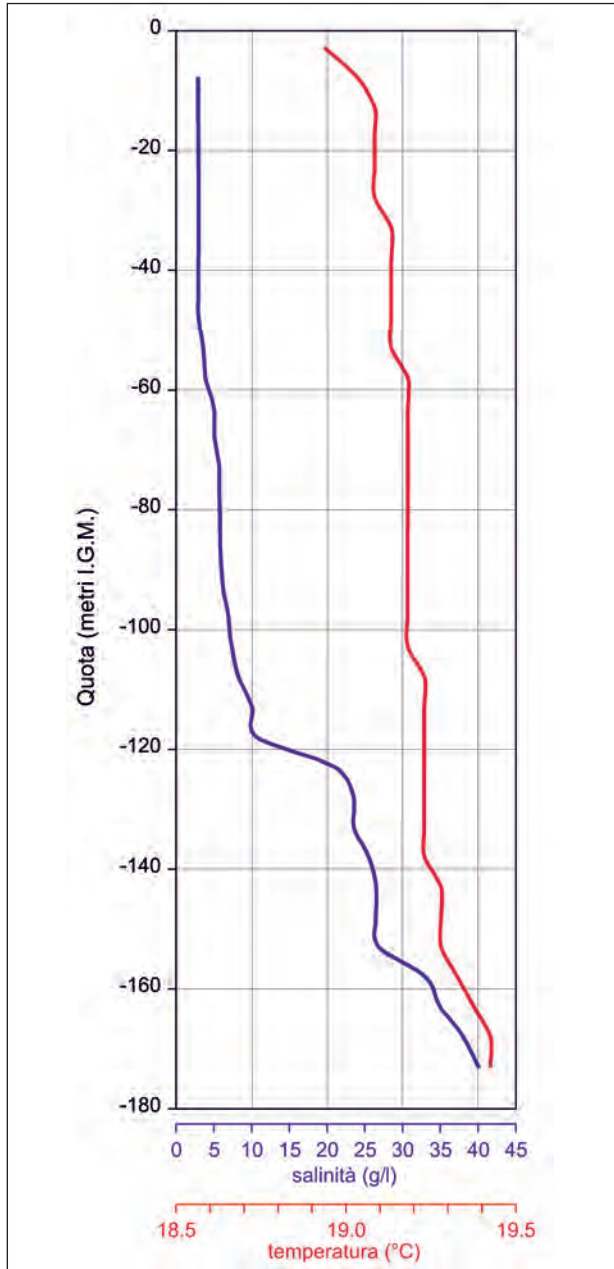


Fig. 4.33 - Log termo-salinometrico eseguito nel pozzo spia 1RT nel 1975, ubicato in prossimità dell'impianto di sollevamento Tara dell'Ente Irrigazione.

- Temperature and salinity log in the observation well 1RT in 1975, located in the proximity of the Tara lifting plant by Ente Irrigazione.

riduzione della quota piezometrica, cui consegue un sollevamento della zona di transizione di circa 10 m. Ciò sembra indicare l'esistenza di un depauperamento della falda profonda, di cui non è possibile verificare gli effetti sullo stato quantitativo della sorgente, stante la mancanza di misure di portata attuali. Va inoltre osservato che per il pozzo 2RT prima citato, non si dispone di log salinometrici pre-

cedenti al 1996, per cui non è possibile stabilire se la posizione della zona di transizione rilevata nel 1996 sia superiore a quella che la stessa aveva negli anni '20 del secolo scorso, epoca in cui si dispone delle prime misure di portata della sorgente ed erano assenti le estrazioni operate dall'opera di presa dell'Ente Irrigazione, il cui esercizio è cominciato nel

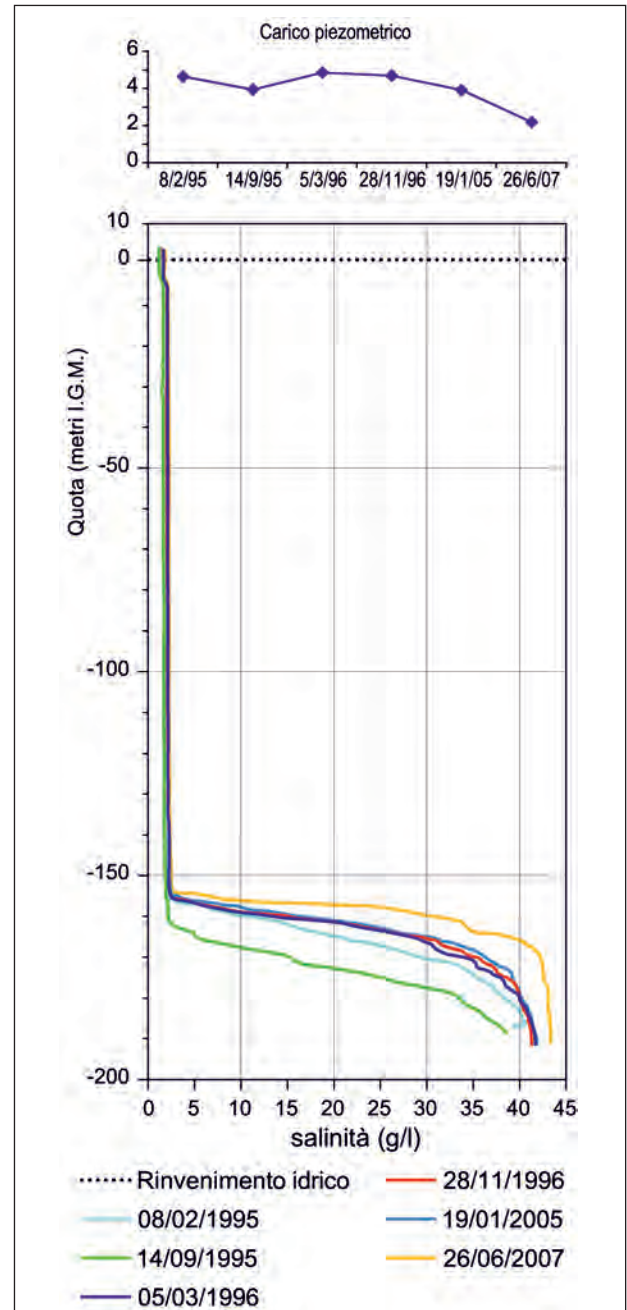


Fig. 4.34 - Log salinometrici eseguiti nel pozzo spia 2RT indicato in fig. 4.25, prossimo alla plaga sorgentizia, nel periodo 1995÷2007 ed andamento del carico piezometrico (Ente Irrigazione).

- Salinity logs performed in the observation well 2RT (for location see fig. 4.25), close to the spring, in the period 1995÷2007 and trend of the piezometric head (Ente Irrigazione).

1951, e dai pozzi privati, questi ultimi praticamente assenti all'inizio del secolo scorso.

Confrontando la figura 4.33 con la figura 4.34, si rileva inoltre che il pozzo 1RT presenta una stratificazione salina profondamente differente a quella rilevata nel pozzo 2RT. In particolare si osserva che, mentre nel pozzo 2RT la salinità si mantiene pressappoco costante in tutta la lente di acqua dolce, sino al tetto della zona di transizione rinvenuto a circa $-140 \div -150$ m s.l.m., nel pozzo 1RT la salinità aumenta in modo significativo già per quote dell'ordine di -50 m s.l.m.. Ciò può essere imputato alla presenza dell'impianto di sollevamento dell'Ente Irrigazione che, operando un notevole drenaggio sulla falda profonda, determina, in corrispondenza del pozzo 1RT, più prossimo ad esso rispetto al pozzo 2RT, un incremento di spessore della zona di transizione, attribuibile al *salt-water upconing*.

Chimismo delle acque della sorgente

I caratteri chimico-fisici dell'acqua sorgiva che scorre lungo il Fiume Tara rispecchiano quelli della falda profonda sin qui descritti. La concentrazione salina della sorgente Tara subisce, infatti, variazioni in genere comprese tra $1,5 \div 3$ g/l, da relazionare alle modifiche dell'equilibrio tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare determinata dalle variazioni delle quote piezometriche della falda profonda. Il diagramma di Schoeller (fig. 4.35) ed il residuo secco a 180°C (fig. 4.30) di campioni d'acqua prelevati alla sorgente a partire dal 1952 e sino al 2010, indicano un chimismo molto variabile e comunque di difficile interpretazione. La prima misura di residuo secco disponibile, risalente al 1952, ha fornito un valore pari $1,7$ g/l, mentre le ultime misure, condotte nel periodo 2007-2010, nell'ambito del Progetto Tiziano, hanno fornito valori più elevati, variabili tra $2,42 \div 2,95$ g/l. Non è possibile, tuttavia, stabilire se detto incremento di salinità sia imputabile ad un degrado qualitativo dell'acqua di sorgente, e ciò perchè il singolo dato del 1952 non può ritenersi rappresentativo del chimismo dell'acqua di sorgente in detto periodo. Misure di salinità condotte in corrispondenza del canale derivatore nel periodo 1968-1978 hanno fornito una significativa variabilità, nell'intervallo $1,7 \div 2,2$ g/l (TADOLINI & SPIZZICO, 1996), il che indica una dispersione di

detto parametro che non consente di eseguire, agevolmente, il confronto tra dati rilevati a lunga distanza di tempo. Va poi evidenziato che non è noto il punto ove sono stati prelevati i campioni d'acqua nell'ambito delle varie campagne di monitoraggio susseguitesesi tra il 1952 ed il 2010. Studi eseguiti in

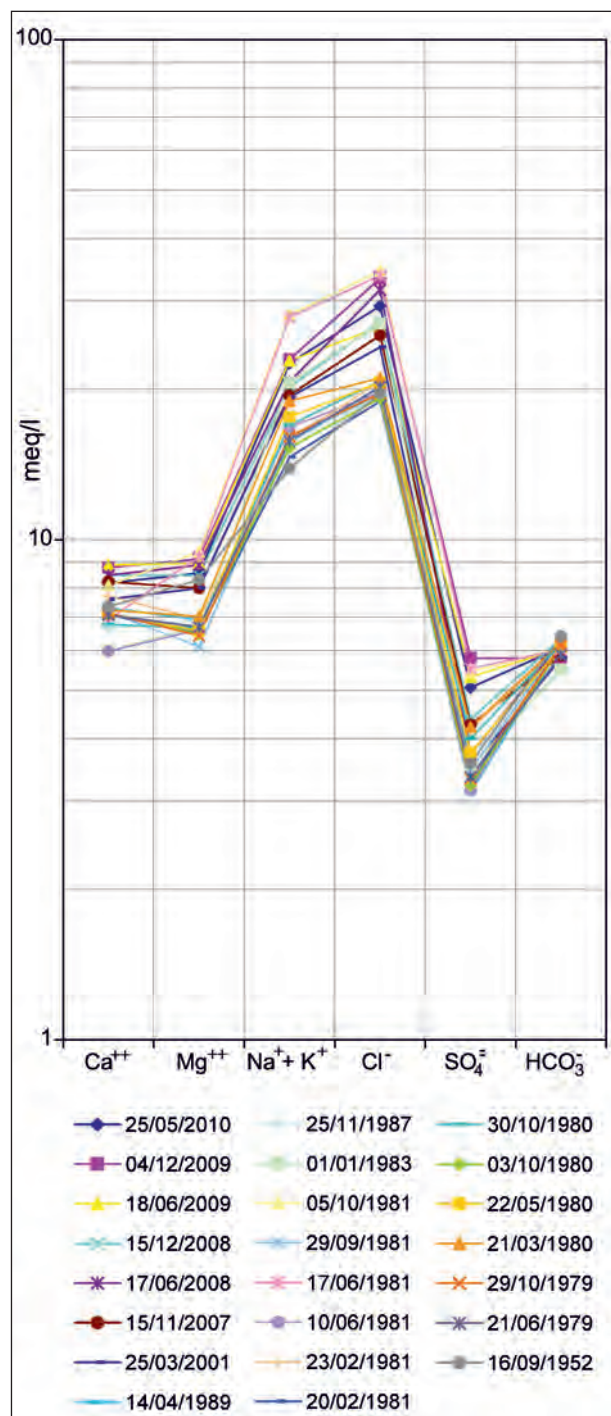


Fig. 4.35 - Sorgente Tara - diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.

- Tara spring - Schoeller diagram for the water samples taken.

passato hanno evidenziato, infatti, una variazione di salinità dell'acqua lungo il canale derivatore, attribuita al drenaggio che questo opera sulla falda (TADOLINI & SPIZZICO, 1996). Si ha quindi che, per uno stesso istante, la salinità può essere significativamente differente per campioni d'acqua prelevati da punti diversi del fiume Tara.

L'analisi dei dati disponibili sul chimismo della sorgente evidenzia incertezze interpretative analoghe a quelle descritte per le misure di portata, determinate dall'assenza di un coordinamento nelle indagini condotte, che non consente di relazionare i caratteri chimici dell'acqua di sorgente alla sua portata, alle maree ed alle condizioni quali-quantitative della falda profonda.

Quale futuro per la Sorgente Tara?

Da quanto illustrato è evidente che canali e vie idrauliche, fissate e realizzate sin dai primi interventi, seguivano le finalità cui l'acqua derivata serviva. Non si è mai evidenziato, dalle captazioni eseguite, un criterio derivante dalla disposizione idrogeologica delle scaturigini, il che ha creato dubbi notevoli sulla disposizione naturale di polle e scaturigini varie. Permangono pertanto difficoltà nell'interpretare i dati accumulatisi negli anni da monitoraggi svolti, dovute all'impossibilità pratica di quantificare i legami idrogeologici esistenti tra le scaturigini e l'acquifero cretaceo sottostante, e quindi tra le portate di efflusso della falda con le oscillazioni del livello mare e il chimismo caratterizzante i vari punti di efflusso della sorgente.

Pur non disponendo di misure di portata recenti eseguite in prossimità della sorgente e data la difficile interpretazione di quelle disponibili, risalenti al periodo 1926÷1954, è stato evidenziato un depauperamento dell'acquifero profondo, grazie al confronto tra log salinometrici e misure di quota piezometrica eseguiti in un pozzo spia, prossimo alla plaga sorgentizia, nel periodo 1995÷2007. I motivi alla base del depauperamento osservato per la falda profonda, sono da ricercare sia nell'importante estrazione d'acqua operata dall'Ente Irrigazione, sia nell'inspiegabile elevato numero di pozzi presenti nell'area a monte della sorgente (TADOLINI & SPIZZICO, 1996). Studi condotti nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (PTA, 2009), indicano, infatti,

che nell'area in esame sono presenti dai 10 ai 100 pozzi per km² denunciati agli Uffici del Genio Civile, di cui è impossibile determinare la portata d'acqua globalmente estratta (par. 2.7).

L'argomento non è di secondaria importanza, sia per le conseguenze ambientali derivanti dal sovrassfruttamento delle acque sotterranee nell'area in esame, sia per gli aspetti legati alla pianificazione idrica regionale. Abbiamo visto, infatti, che le acque derivate dal Fiume Tara e convogliate all'impianto di sollevamento dell'Ente Irrigazione vengono usate sia per scopi irrigui dalla Regione Puglia, sia industriali dall'Ilva di Taranto. Negli ultimi tempi, la progressiva riduzione dei processi industriali ha determinato una riduzione delle portate prelevate dall'Ilva da circa 1200 l/s a circa 500 l/s. Si è inoltre avuta una contestuale riduzione della portata richiesta per l'uso irriguo, da circa 700 l/s a circa 300 l/s, e ciò a causa della conversione degli impianti irrigui da canaletta a tubati, e la conseguente riduzione delle perdite idriche nella distribuzione. Ciò renderebbe disponibile una portata pari a circa 1000 l/s, destinata, dal Piano d'Ambito 2010÷2018 della Regione Puglia, alla dissalazione in un impianto da realizzare in prossimità della sorgente, per l'alimentazione idropotabile dell'agglomerato urbano di Taranto e per l'approvvigionamento idrico del Salento orientale (ATO, 2009). È evidente che le incertezze tuttora esistenti sull'evoluzione dello stato qualitativo e quantitativo della sorgente impongono di avviare maggiori accertamenti idraulici ed idrogeologici. Un eventuale degrado qualitativo e quantitativo della falda profonda, e quindi della sorgente Tara, potrebbe, infatti, vanificare l'investimento pubblico, impostato su previsioni non corrispondenti alle effettive potenzialità idriche future.

Nel 1951, il Presidente del Consiglio Alcide De Gasperi si recò personalmente alle sorgenti del Tara e diede l'avvio ai lavori per la realizzazione delle opere necessarie alla captazione e all'impiego della sorgente (fig. 4.36) nell'ottica dello sviluppo e della trasformazione del Mezzogiorno, da lui tenacemente auspicata e promossa. Oggi, dopo più di 60 anni, e alla luce delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche maturate, è opportuno riaprire una riflessione sul futuro della sorgente, da condizionare a rigorose indagini idrogeologiche.



Fig. 4.36 - Il Presidente del Consiglio Alcide De Gasperi dava l'avvio ai lavori mirati all'impiego della sorgente Tara nel 1951.

- *The Prime Minister Alcide De Gasperi starts the works for tapping Tara spring in 1951.*

4.4.2.3. – Sorgente Riso

La sorgente Riso (tab. 4.1g, fig. 4.4g) scaturisce ad oriente del Mar Piccolo, in prossimità della contrada Mulino, a circa 2.5 km dalla strada statale Taranto-San Giorgio Jonico. Le polle che alimentano la sorgente sono raggruppate in una vasca esagonale costiera di circa 1500 m², dalla quale si diparte un canale che sfocia nel Mar Piccolo (fig. 4.20). Parte delle acque della sorgente viene utilizzata da privati per l'irrigazione.

Le misure di portata condotte in varie epoche storiche (fig. 4.37) hanno evidenziato valori molto variabili e difficilmente confrontabili fra loro. Mentre le misure condotte negli anni '20 indicavano valori di portata compresi nell'intervallo 30÷100 l/s, le misure effettuate negli anni '30 fornivano valori superiori, compresi tra 100÷120 l/s. Le misure condotte a cavallo tra gli anni '40÷'50 hanno fornito valori comparabili a quelle degli anni '20.

Negli ultimi anni, invece, si sono riscontrati va-

lori di portata talora quasi nulli o al contrario pari a circa 130 l/s. Dette variazioni di portata risultano di difficile interpretazione, tenuto conto del fatto che la salinità delle acque sorgentizie, significativamente interessate da mescolamento con l'acqua di mare (fig. 4.38), sembra essersi incrementata negli ultimi 20 anni circa, ossia nello stesso periodo in cui sembrerebbero manifestarsi importanti incrementi di portata.

A valle delle informazioni qui riassunte, sembra evidente dedicare a breve un'indagine idrogeologica e idraulica della sorgente in parola, motivata dalla utilità che la sorgente potrebbe significare agli effetti dell'impiego promiscuo.

4.4.2.4. – Sorgente Battentieri

La sorgente Battentieri (tab. 4.1g, fig. 4.4g) scaturisce dalla fascia costiera orientale del Mar Piccolo, in un avvallamento del terreno situato a poche centinaia di metri dalla riva (fig. 4.20). Essa è costituita da numerose polle sparse su una vasta area. Le acque della sorgente non vengono attualmente utilizzate, a causa della salinità elevata derivante dall'influenza dell'ingressione marina nei deflussi diretti alla sorgente. La portata sorgentizia nota si riferisce quindi a misure storiche, indicanti valori molto variabili (figg. 4.39, 4.40).

La sorgente in parola merita il commento finale dedicato alla sorgente Riso. In ogni caso, le constatazioni storiche informano che la portata della sorgente in parola ha raggiunto valori talora superiori a 300 l/s. Stante la rilevanza della sorgente e la presumibile significativa estensione del suo bacino idrogeologico, conviene dare luogo ad un monitoraggio attento della scaturigine e all'approfondimento della situazione idrogeologica che determina la scaturigine stessa.

4.4.2.5. – Sorgente Chidro

Dopo la sorgente del Tara, quella del Chidro costituisce la più grossa manifestazione sorgentizia della regione pugliese. Essa sgorga a Sud-Est di Manduria (TA) in agro di San Pietro in Bevagna (tab. 4.1f, fig. 4.4f), con una portata media continua che al tempo delle indagini condotte dal Servizio Idrografico (1926÷1952) si attestava intorno ai

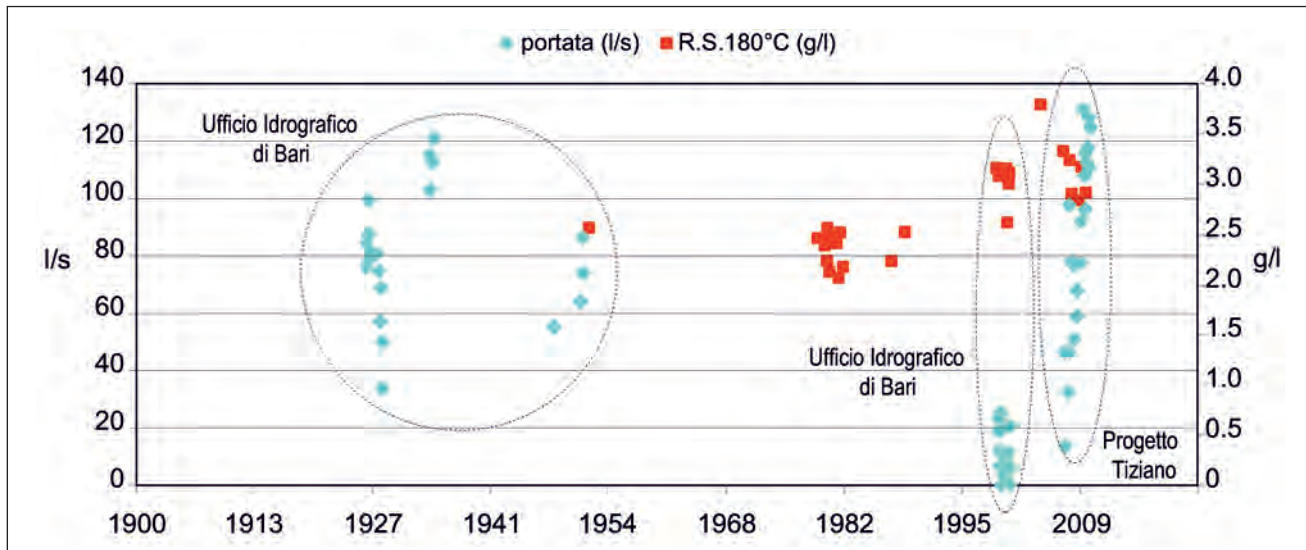


Fig. 4.37 - Sorgente Riso, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- Riso Spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

2600 l/s. L'Ente Irrigazione intraprendeva lo studio di questa sorgente fin dall'anno 1950, eseguendo talune trivellazioni nell'entroterra.

La prima nota scientifica riguardante la sorgente Chidro veniva da COTECCHIA (1963) data alle stampe sui "Quaderni di Geofisica Applicata", mentre il Consorzio dell'Arneo provvedeva per parte sua all'avviamento di un programma di possibile irrigazione dei fertili terreni presenti a monte della sorgente in parola. Venivano effettuati rilievi in situ, misure di portata, analisi chimiche delle acque derivate, sondaggi e monitoraggi idrogeologici, che più avanti vengono illustrati insieme ai risultati ottenuti da recenti indagini idrogeologiche (par. 4.5). Detta trattazione è significativamente importante perché, oltre che illustrare studi e monitoraggi idrogeologici aggiornati, è indicativa di quanto metodologicamente occorrerebbe attuare sulle sorgenti più significative di questa regione, oggi sgorganti liberamente a mare, con portate che vanno straordinariamente riducendosi nel tempo. In particolare, per la sorgente Chidro, è stata misurata una riduzione di portata da circa 2600 a circa 1000 l/s, da imputare al sovrasfruttamento della falda profonda.

4.4.2.6. – Sorgente Boraco

La Sorgente Boraco (tab. 4.1f, fig. 4.4f) emerge a circa 4 km di distanza dalla sorgente Chidro. Studi

specifici hanno consentito di verificare che detta sorgente presenta caratteristiche analoghe a quella del Chidro, sia per quanto attiene alle modalità di emergenza, sia per quanto attiene al regime idrologico, anche se le locali condizioni geologiche e geostutturali rendono dette sorgenti significativamente differenti dal punto di vista quantitativo ed in misura minore anche di quello qualitativo.

La Sorgente Boraco è costituita, in particolare, da due depressioni, distanti circa 100 metri l'una dall'altra, nelle quali si raccolgono le acque di numerose polle scaturenti dal fondo, convogliate in mare attraverso un canale (fig. 4.20). Le misure di portata eseguite nel tempo hanno evidenziato una forte dispersione dei dati (fig. 4.41), che però non ha evidenziato il crollo della portata riscontrata per la sorgente Chidro. In particolare, a fronte di un più che dimezzamento della portata del Chidro, si è invece registrato un incremento della portata della sorgente Boraco nel periodo 2007÷2010. La circostanza indica pertanto la necessità di procedere prioritariamente ad un inquadramento geologico ed idrogeologico della sorgente Boraco, che potrebbe dar ragione delle differenze di comportamento misurate fra Chidro e Boraco insieme. Le ultime indagini eseguite sembrano in ogni caso evidenziare un peggioramento qualitativo dell'acqua sorgentizia della sorgente Boraco (fig. 4.41).

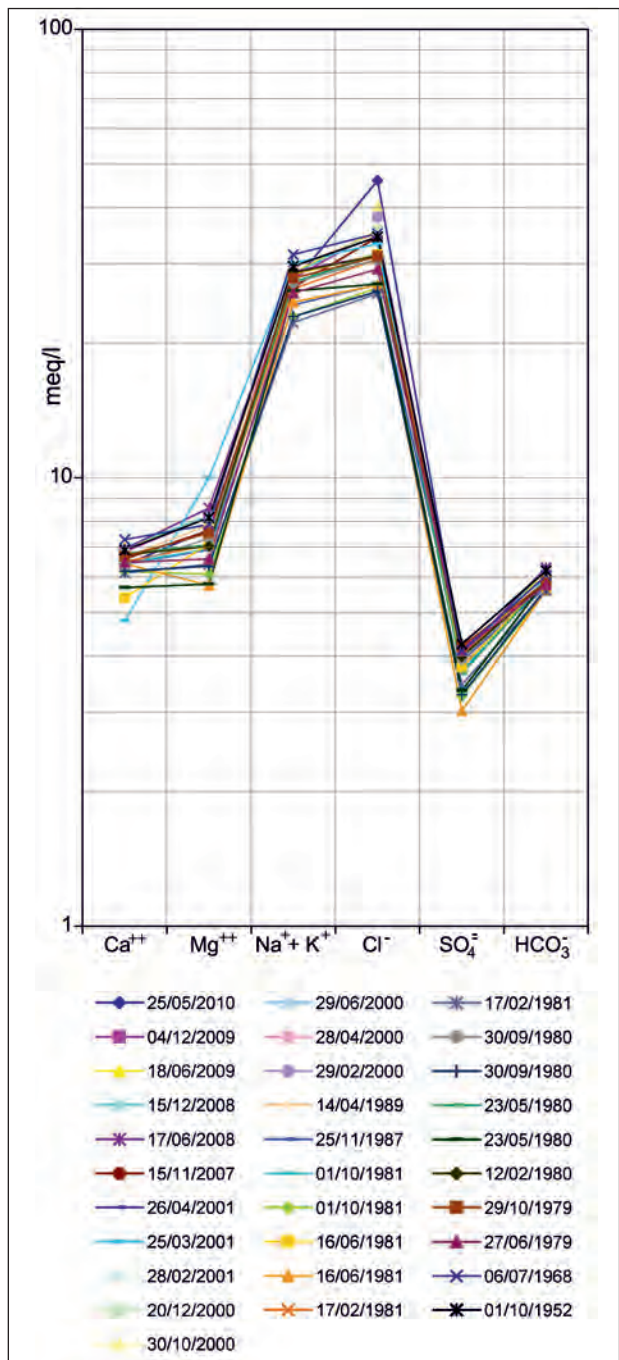


Fig. 4.38 - Sorgente Riso, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- Riso spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

4.4.2.7. - Sorgente sottomarina Galeso (Citra Galeso)

La sorgente subacquea Galeso (tab. 4.1g, fig. 4.4g) sgorgante nel Mar Piccolo di Taranto è localizzata a circa 250 m dalla riva e si evidenzia alla superficie per un'ampia chiazza ribollente di forma e dimensioni variabili, dando l'impressione di essere

formata da due o più colonne d'acqua ascendente e provenienti da una o più scaturigini vicine fra loro. La sorgente sommersa è costituita da un orifizio principale, dal quale fluisce una notevole portata e da altre bocche minori carsiche, distribuite sui fianchi e sul fondo di un'ampia depressione ad andamento imbutiforme, di diametro circa 18-20 metri.

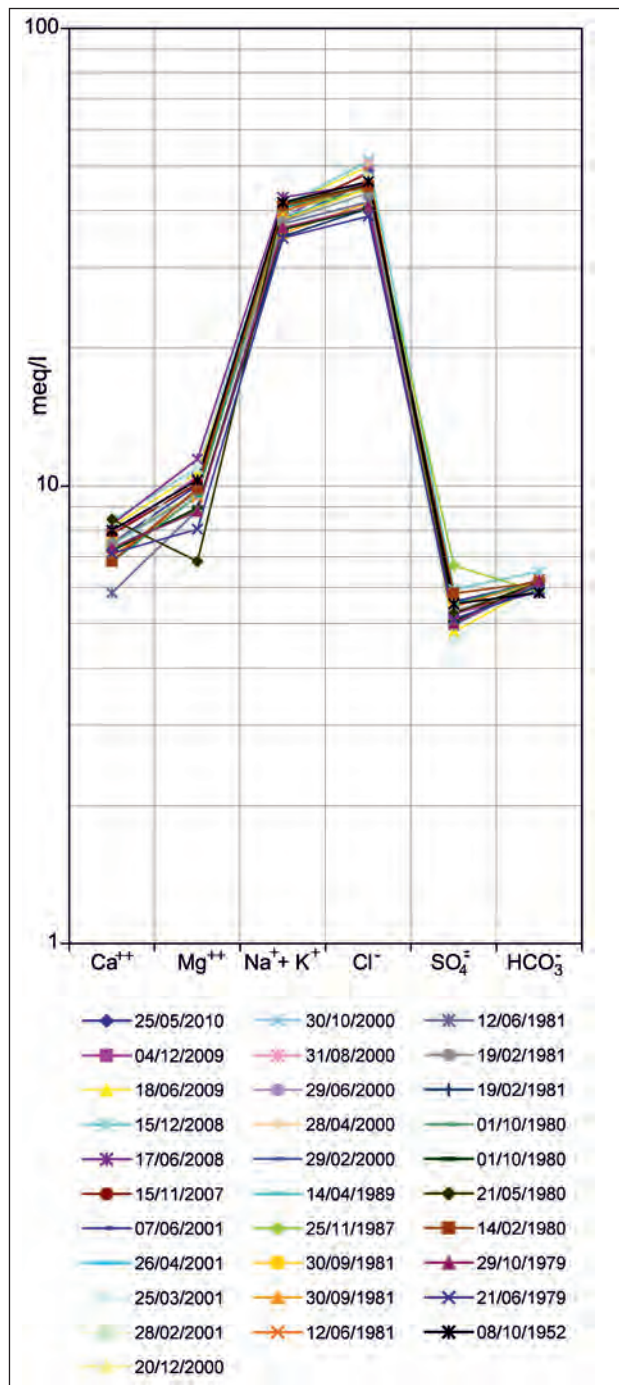


Fig. 4.39 - Sorgente Battentieri, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- Battentieri spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

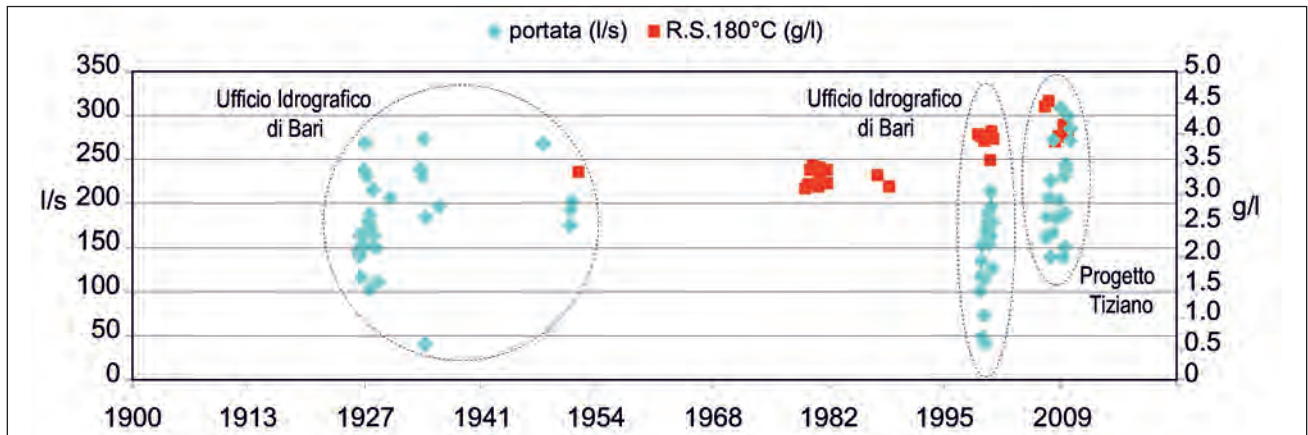


Fig. 4.40 - Sorgente Battentieri - diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- Battentieri spring - diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

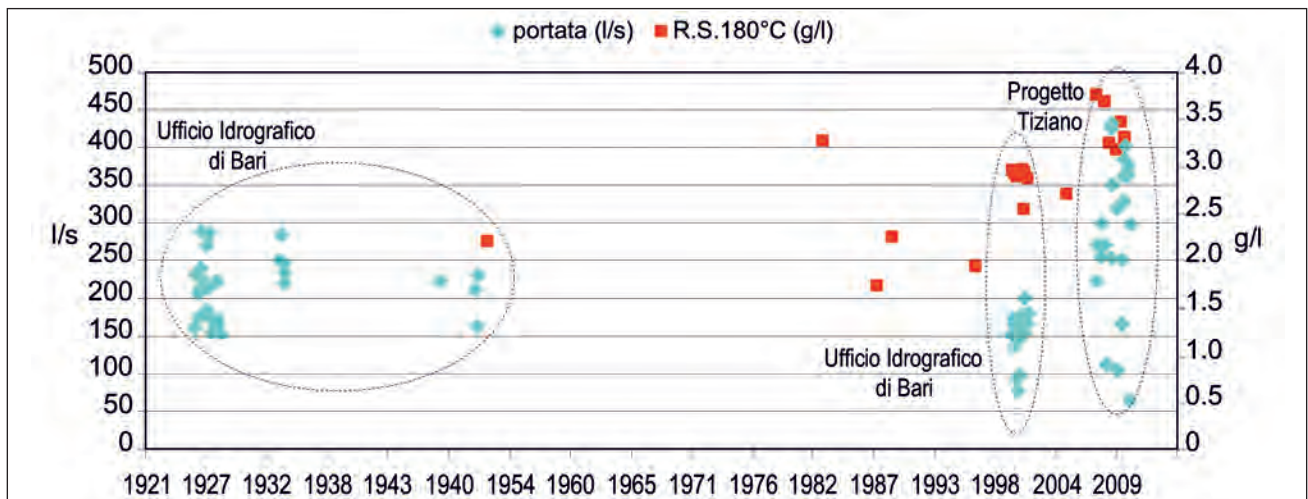


Fig. 4.41 - Sorgente Boraco, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- Boraco spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

Misure di velocità eseguite alla scaturigine principale hanno fornito valori oscillanti mediamente tra 0,85 e 0,95 m/s. La portata complessiva di questa sorgente raggiunge valori massimi stimati in circa 800 l/s. Essa rappresenta, dunque, una cospicua risorsa, ovviamente moderatamente salmastra, oggi inutilizzata, ma di sicuro potenziale, che eroga acque con una concentrazione salina dell'ordine di 4,0 g/l (COTECCHIA, 1991).

La sorgente è stata oggetto di un articolato progetto di ricerca, finalizzato allo studio delle modalità di deflusso e quindi alla formulazione di un modello idraulico che ha consentito di progettare una struttura di captazione, capace di sfruttare appieno le sue potenzialità idriche, rispettando al contempo il regime idraulico del sistema idrogeo-

logico in cui il citro si inserisce.

L'argomento è ricco di significato, in quanto questo citro, insieme ad altri simili presenti sul fondale del Mar Piccolo, ma di minore portata, è indice di una confluenza notevole di correnti idriche sotterranee provenienti dalla zona centrale dell'Area Idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino, sulla quale questa Monografia torna più ampiamente nel capitolo 17, laddove la detta area viene meglio illustrata e al tempo stesso viene produttivamente meglio esposto il valore idrogeologico del citro Galeso in parola. Nel DVD che accompagna il volume, è riportato il testo autentico della esauriente relazione con la quale si chiudeva il rapporto sulla eccellente ed esaustiva ricerca attuata nel 1991.

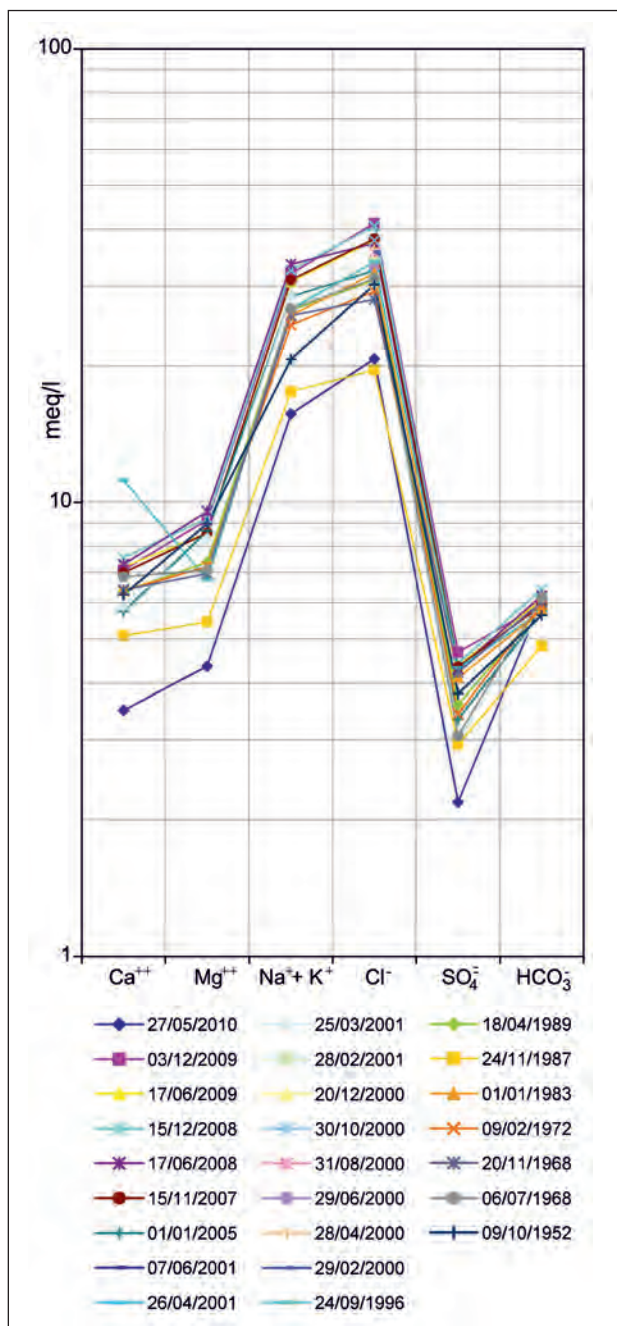


Fig. 4.42 - Sorgente Boraco - diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.

- Boraco spring - Schoeller diagram for the water samples taken.

4.4.3. – Sorgenti del litorale adriatico

Lungo il litorale adriatico murgiano e salentino la falda profonda emerge sia in corrispondenza di importanti sorgenti concentrate, sia in corrispondenza di sorgenti minori, a carattere principalmente diffuso. Il litorale adriatico è caratterizzato da ampie porzioni di territorio in cui i calcari ac-

quiferi risultano affioranti presso costa, spesso caratterizzati da un intenso e diffuso stato di fratturazione, che consente quindi condizioni di semplice emergenza della falda, in corrispondenza della linea di costa. Non mancano tuttavia situazioni in cui le particolari condizioni geostutturali presenti presso costa consentono la manifestazione di importanti sorgenti concentrate, note quando chiaramente visibili. Tuttavia molte devono essere le sorgenti sottomarine non note.

In questo paragrafo sono descritte le principali sorgenti note del litorale adriatico murgiano e salentino. Nel paragrafo 18.4 sarà riportata una descrizione più dettagliata degli efflussi costieri minori presenti nel tratto di costa compreso tra Frigule e Santa Maria di Leuca.

Prima di procedere alla descrizione delle principali sorgenti della falda profonda che scaturiscono lungo il litorale adriatico, pare interessante, per le particolari condizioni geoidrologiche che li caratterizzano, intrattenersi sui cosiddetti laghi Alimini, denominati spesso “Fontanelle”, proprio a causa dell’origine sorgiva di detto sistema lacustre (fig. 4.43), derivante da una falda superficiale. Essi risultano infatti dall’emergenza della falda freatica della zona, circolante nelle rocce calcarenitiche plio-pleistoceniche, separate dalla falda profonda da un banco di Pietra leccese. La formazione quaternaria, più o meno permeabile a seconda dell’azione di soluzione ed erosione subita da parte delle acque di falda, si presenta prevalentemente cariata e cavernosa a monte dei laghi, mentre sembra conservare le caratteristiche originarie lungo la fascia costiera tra i laghi ed il mare. L’origine sorgiva del sistema lacustre detto è stata messa in evidenza da specifiche indagini condotte negli anni ’50 da parte dell’Ente Irrigazione, nell’ambito dell’attuazione di un piano di bonifica e trasformazione fondiaria. Un primo pozzo veniva eseguito presso la Masseria Grande, tra i laghi ed il mare (“pozzo 1” di fig. 4.43), fino ad una profondità di m 160 m sotto il piano campagna. In esso si rinvenivano la formazione acquifera calcarenitica fino a 26 m sotto il piano campagna e oltre i 26 m la formazione miocenica. Altri due pozzi in sinistra Fontanelle (“pozzi 2 e 3” di fig. 4.43), spinti fino a profondità non superiore ai 20 m, rinvenivano la

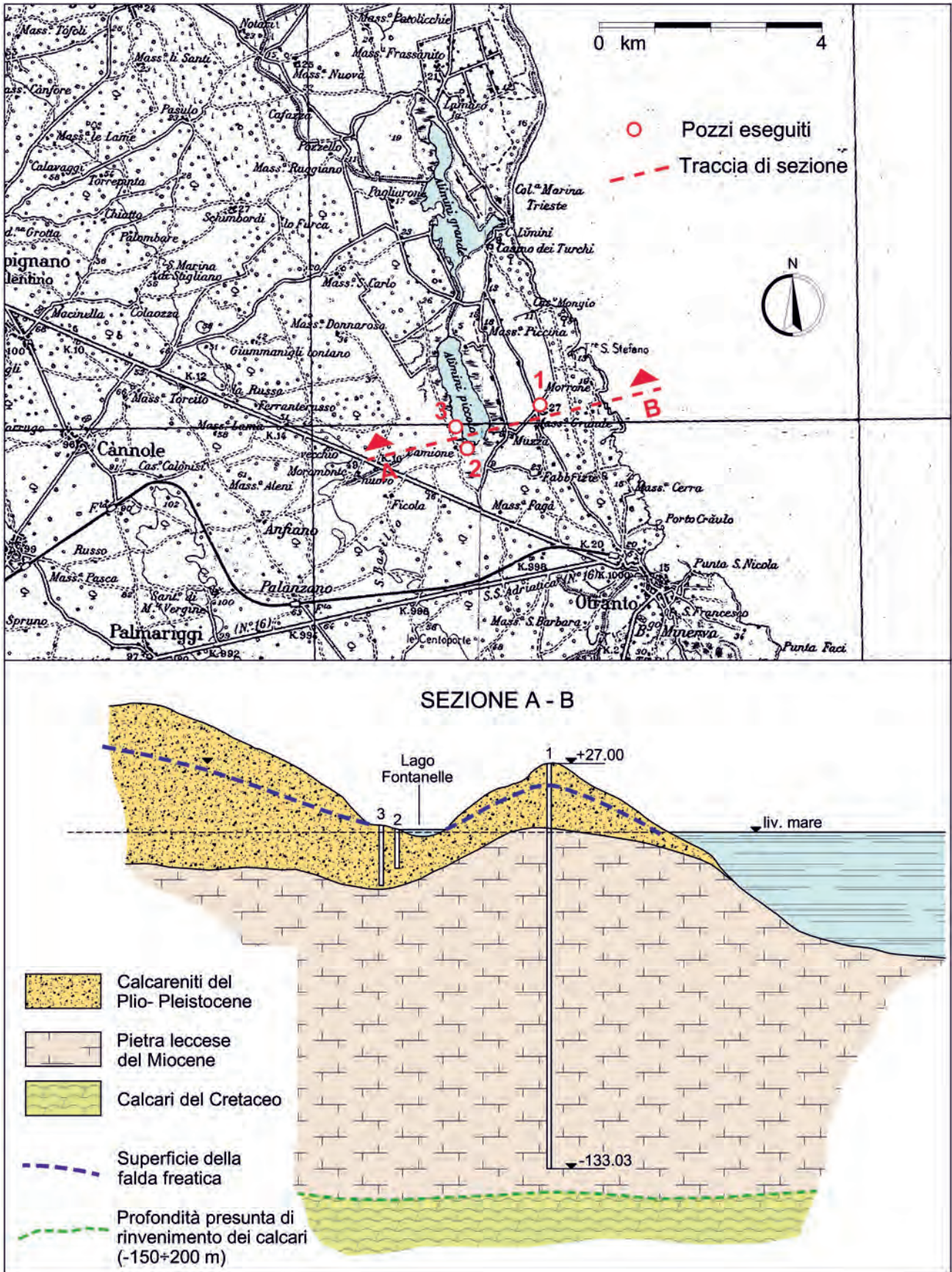


Fig. 4.43 - Planimetria dell'area del lago Fontanelle di Alimini e sezione idrogeologica schematica (mod., da COTECCHIA, 1957).
 - Map of the area of Fontanelle Lake of Alimini and schematic hydrogeological section (modified, from COTECCHIA, 1957).

formazione calcarenitica intensamente cariata, cavernosa, permeata da una falda acquifera cospicua. Con lievi depressioni del livello idrico era possibile infatti emungere portate dell'ordine di $50 \div 60$ l/s. La qualità delle acque risultava ottima per il bassissimo contenuto salino, dell'ordine di $0,3$ g/l. Da questa prima indagine risultava chiaro il determinarsi nella zona di una situazione geoidrologica di particolare interesse pratico. In effetti si notava un potente dislocamento in profondità del calcare cretaco, ricoperto, fino ad una ventina di metri sotto il piano campagna, da formazioni mioceniche praticamente impermeabili, al di sopra delle quali si estende uniformemente una formazione calcarenitica, più giovane, ora cariata e cavernosa, ora semplicemente porosa, diffusamente permeata da una falda acquifera superficiale. La scaturigine idrica che alimenta i laghi Alimini è stata tuttavia studiata troppo sommariamente nei tempi precorsi e mai sotto un profilo rigorosamente idrogeologico.

4.4.3.1. – Sorgenti del Collettore Destro e Collettore Sinistro di Trani

Le sorgenti Collettore Destro e Collettore Sinistro (tab. 4.1c, fig. 4.4c) della Bonifica di Trani emergono tra Barletta e Trani, nell'area compresa tra la S.S. 16 e il mare. Detta area era anticamente denominata “Le Paludi”, in quanto le acque affio-

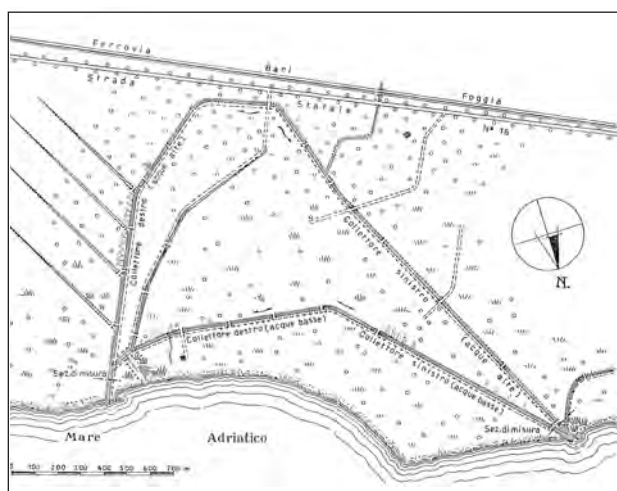


Fig. 4.44 - Planimetria con ubicazione del Collettore Sinistro e Collettore Destro della bonifica di Trani (da SERVIZIO IDROGRAFICO, MIN. LLPP., 1954). - Plan with the location of the Collettore Sinistro and Collettore Destro (left and right main drain) of the Trani reclamation area (from SERVIZIO IDROGRAFICO, MIN. LLPP., 1954).

ranti dalla ricca falda freatica, poco profonda e non disciplinate nel loro deflusso, si spandevano disordinatamente formando estese superfici paludose. Successivamente è stato realizzato un sistema di canali, seguendo le limitate pendenze naturali dei terreni nei due contigui versanti in cui si suddivide l'area e con diverse direzioni di scolo (fig. 4.44). Il versante sinistro ad Ovest è, in particolare, percorso da due collettori: l'uno convogliante le acque sorgive affioranti nella parte alta e perciò detto “collettore di sinistra delle acque alte”, mentre l'altro, detto “collettore sinistro delle acque basse” si immette nel primo quasi in prossimità dello sfocio a mare. Anche il versante destro ad Est è attraversato da due collettori, che raccolgono le acque alte e basse, riunendosi in un unico canale a circa 150 metri prima dello sfocio al mare.

Per la sorgente Collettore Destro, la più cospicua, sono disponibili misure di portata a partire da quelle degli anni '20 eseguite dal Servizio Idrografico di Bari (fig. 4.45). Esse evidenziano una portata di efflusso che nell'arco di circa 60 anni non ha subito sostanziali variazioni, attestandosi intorno a circa 500 l/s. Fanno eccezione le ultime indagini condotte nell'ambito del Progetto Tiziano che hanno evidenziato valori di portata molto differenti da quelli precedenti, raggiungendo punte massime superiori ai 2.000 l/s. È chiara quindi la perplessità che vige nella interpretazione di dette ultime determinazioni e la necessità di procedere ad ulteriori approfondimenti.

Le determinazioni chimiche, condotte su campioni d'acqua prelevati alla sorgente, disponibili a partire dal 1979, evidenziano contenuti salini dell'ordine $3 \div 5$ g/l e, quindi, una significativa influenza dell'ingressione marina (fig. 4.46), senza mostrare evidenti *trend* temporali, ad eccezione dell'incremento di concentrazione salina misurato nell'ultima campagna di indagini (2007÷2010). Detto incremento risulta, tuttavia, di difficile interpretazione, stante il contestuale incremento di portata misurato. Necessitano pertanto approfondimenti adeguati; il peggioramento qualitativo delle acque sorgive in parola potrebbe essere imputato ad errori di misura e/o di campionamento o a peculiari condizioni idrogeologiche della sorgente, ad oggi comunque non note.

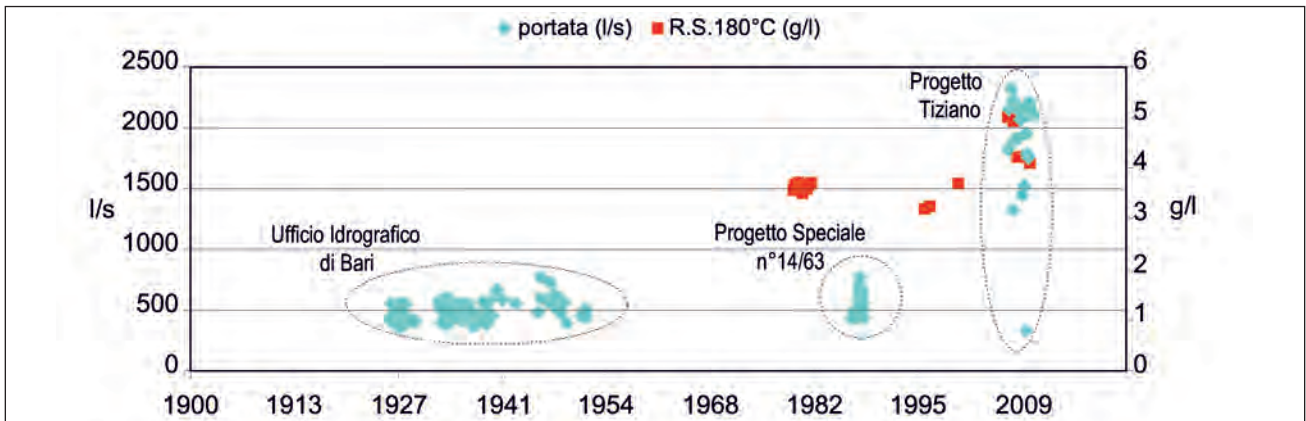


Fig. 4.45 - Sorgente Collettore Destro di Trani, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
- *Spring of Collettore Destro at Trani, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.*

4.4.3.2. – Sorgente Vasca di Trani

La sorgente Vasca di Trani (tab. 4.1c, fig. 4.4c) è originata dalle acque di numerose polle presenti in una vasta superficie depressa molto prossima al mare, contornata da un muretto in pietrame e ricoperta in parte da vegetazione palustre. Le acque delle predette polle, presenti in maggior numero al centro della vasca, defluiscono a guisa di rigagnoli attraverso il varco lasciato nel muretto di contorno, immettendosi in un canaletto naturale, che dopo un percorso di circa 150 m sfocia a mare (fig. 4.47).

Per detta sorgente non sono disponibili dati di portata recenti (fig. 4.48), non essendo stata oggetto di monitoraggio nel periodo 2000÷2001, né durante il Progetto Tiziano. Le misure storiche eseguite, (in ultimo nel 1987) hanno evidenziato valori di portata che in media si attestano nell'intervallo 150÷200 l/s, raggiungendo picchi massimi anche superiori a 300 l/s e valori minimi dell'ordine di 100 l/s. Le acque sorgentizie presentano valori di residuo secco a 180°C dell'ordine dei 4 g/l, con una significativa influenza marina (figg. 4.48 e 4.49), senza indicare evoluzioni temporali di interesse.

4.4.3.3. – Sorgenti Fiume Morello e Fiume Piccolo

Le sorgenti Fiume Morello e Fiume Piccolo (tab. 4.1d, fig. 4.4d) sono sorgenti di trabocco per sbarramento, creato da un cordone dunale fossile,

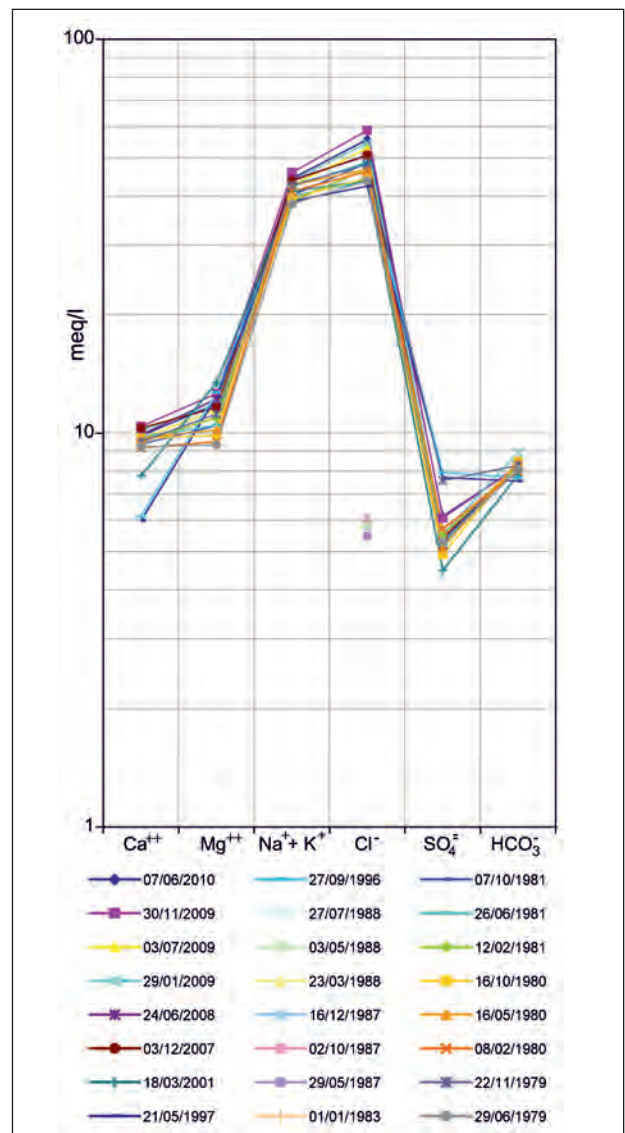


Fig. 4.46 - Sorgente Collettore Destro di Trani, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
- *Spring of Collettore Destro at Trani, Schoeller diagram for the water samples taken.*

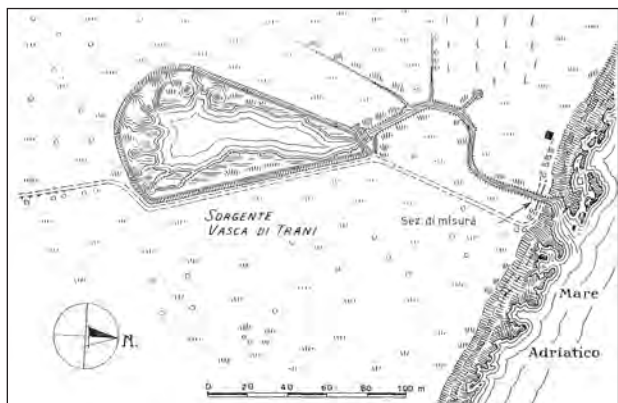


Fig. 4.47 - Planimetria con ubicazione della sorgente Vasca di Trani (da SERVIZIO IDROGRAFICO, MIN. LL.PP., 1954).

- Plan with location of the Vasca di Trani spring (from SERVIZIO IDROGRAFICO, MIN. LL.PP., 1954).

depositatosi sui calcari cretacei durante l'ultima trasgressione post-glaciale e parzialmente coperto dalle dune attuali (fig. 4.50). Detto cordone, ostacolando il naturale deflusso verso mare delle acque sotterranee, determina la loro venuta a giorno lungo un allineamento parallelo all'attuale linea di costa, che segue il decorso di una linea di costa di età tirreniana, posta a 3-4 m di quota sull'attuale livello marino (ZEZZA, 1974).

Le portate effluenti da dette sorgenti sono tra loro paragonabili, essendo mediamente pari a 300÷400 l/s, anche se le misure disponibili hanno fornito risultati molto dispersi (fig. 4.51). Per la sorgente Fiume Morello, della quale si conoscono dati

più recenti ricavati nell'ambito del Progetto Tiziano, si evidenzia una significativa riduzione della portata sorgentizia negli ultimi 25 anni; ma la già citata notevole dispersione dei dati non consente di darne certezza. Entrambe le sorgenti evidenziano comunque una elevatissima contaminazione salina, presentando valori di salinità perfino dell'ordine dei 20 g/l e rapporti caratteristici tipici di acque dolci mescolate con acqua marina di ingressione continentale (fig. 4.52).

4.4.3.4. – Sorgente Fiume Grande

La sorgente Fiume Grande (tab. 4.1d, fig. 4.4d), pur essendo ubicata a breve distanza dalle sorgenti Fiume Morello e Fiume Piccolo, presenta modalità di efflusso molto diverse da queste ultime. Lungo il tratto costiero antistante l'allineamento delle bocche sorgentizie si rinvencono lembi di calcari cretacei, coperti da paleo-suoli e depositi di spiaggia attuali. La zona sorgentizia consente una notevole concentrazione dei deflussi, in virtù dell'accentuata fratturazione dei calcari cretacei, che determina l'abbassamento della superficie piezometrica della falda acquifera al livello marino ancor prima di raggiungere la linea di costa. Le acque sorgentizie, dopo l'emersione, si dirigono verso il mare attraverso un canale oggi rivestito (fig. 4.50).

La portata sorgentizia è significativamente su-

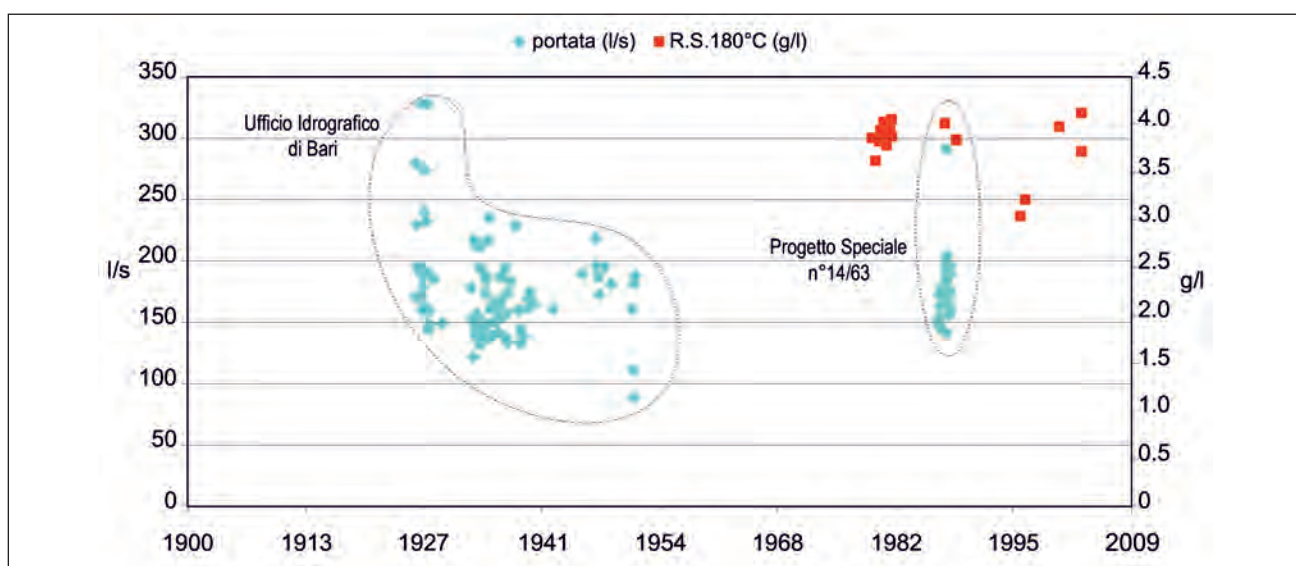


Fig. 4.48 - Sorgente Vasca di Trani, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.

- Vasca di Trani spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

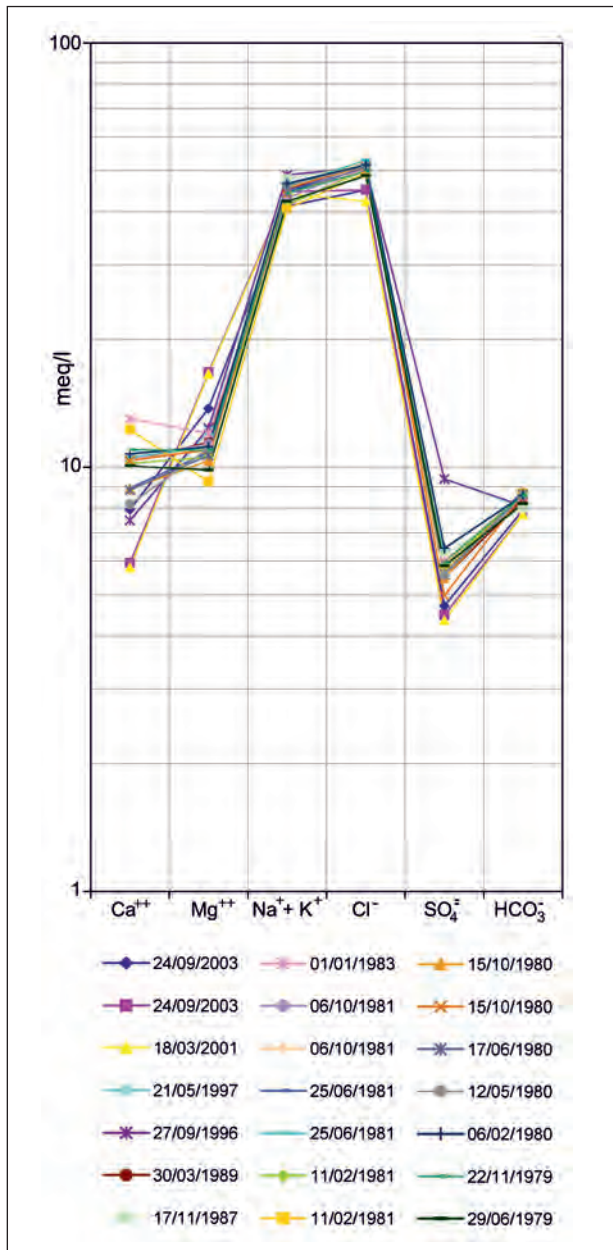


Fig. 4.49 - Sorgente Vasca di Trani - diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.

- Vasca di Trani spring - Schoeller diagram for the water samples taken.

periore a quella delle vicine sorgenti Fiume Piccolo e Fiume Morello, attestandosi mediamente intorno ai 600 l/s e raggiungendo picchi massimi poco inferiori a 1.200 l/s (fig. 4.53). Le caratteristiche chimiche delle acque sorgentizie sono però, anche per detta sorgente, fortemente influenzate dall'intrusione marina (fig. 4.54). Almeno da 30 anni a questa parte sembra persistere un progressivo peggioramento qualitativo del gruppo sorgentizio, poco noto sotto il profilo idrogeologico.

4.4.3.5. - Sorgenti Idume

La sorgente Idume (fig. 4.50), ubicata sul versante adriatico della Penisola Salentina a 12,5 km circa a Nord di Lecce (tab. 4.1f, fig. 4.4f), è costituita da una serie di numerose scaturigini, che in forma di polle riversano in mare circa 1000 l/s, con contenuto salino elevato, variabile in funzione delle oscillazioni del mare. Nell'area studiata sono presenti delle altre caratteristiche manifestazioni idriche dette "aisi"; si tratta di cavità naturali, apertesi alla superficie topografica per dissoluzione chimica e crollo delle rocce carbonatiche, in genere interessate dalle sorgenti (par. 1.4).

Le acque sorgentizie, per lungo tempo impegnanti inaccessibilmente una vasta superficie palustre, dopo adeguate operazioni di bonifica sono state raccolte nei canali Rauccio, Fetida e Gelsi (o Grande) confluenti in un unico tronco, lungo all'incirca 300 m, denominato propriamente Fiume Idume (fig. 4.55). Quest'ultimo sfocia in mare, dopo aver ricevuto l'apporto abbondante di acque presenti in uno stupendo laghetto a marea, disposto a ridosso delle dune (fig. 4.56).

Le campagne di monitoraggio quantitativo e chimico-fisico delle acque presenti nell'area Idume sono disperse nel tempo. Le prime misure, eseguite dall'Ufficio Idrografico di Bari negli anni Venti sul F. Idume subito a valle del relativo laghetto a marea indicavano una portata sorgentizia variabile all'incirca nell'intervallo 750÷1650 l/ (fig. 4.57). Valori di portata incerti e in ogni caso sensibilmente superiori venivano misurati nel periodo 1946÷1952 dall'Ufficio Idrografico di Bari e dall'Ente Irrigazione, con punta massima dell'ordine di oltre 2000 l/s. Le ultime misure di portata disponibili, condotte nell'ambito del Progetto di monitoraggio regionale detto Tiziano, indicano valori di portata decisamente inferiori, non superanti i 1200 l/s. Il residuo secco a 180°C risulta molto variabile. Le misure condotte negli anni '80 indicano valori tra 2,5 e 6 g/l circa. Valori di salinità notevolmente superiori (11-12 g/l) sono stati invece misurati di recente nell'ambito del Progetto Tiziano. I diagrammi di Schoeller indicano chiaramente l'influenza dell'intrusione marina, che determina per le acque della sorgente Idume una *facies* cloruro-alcalina (fig. 4.58).

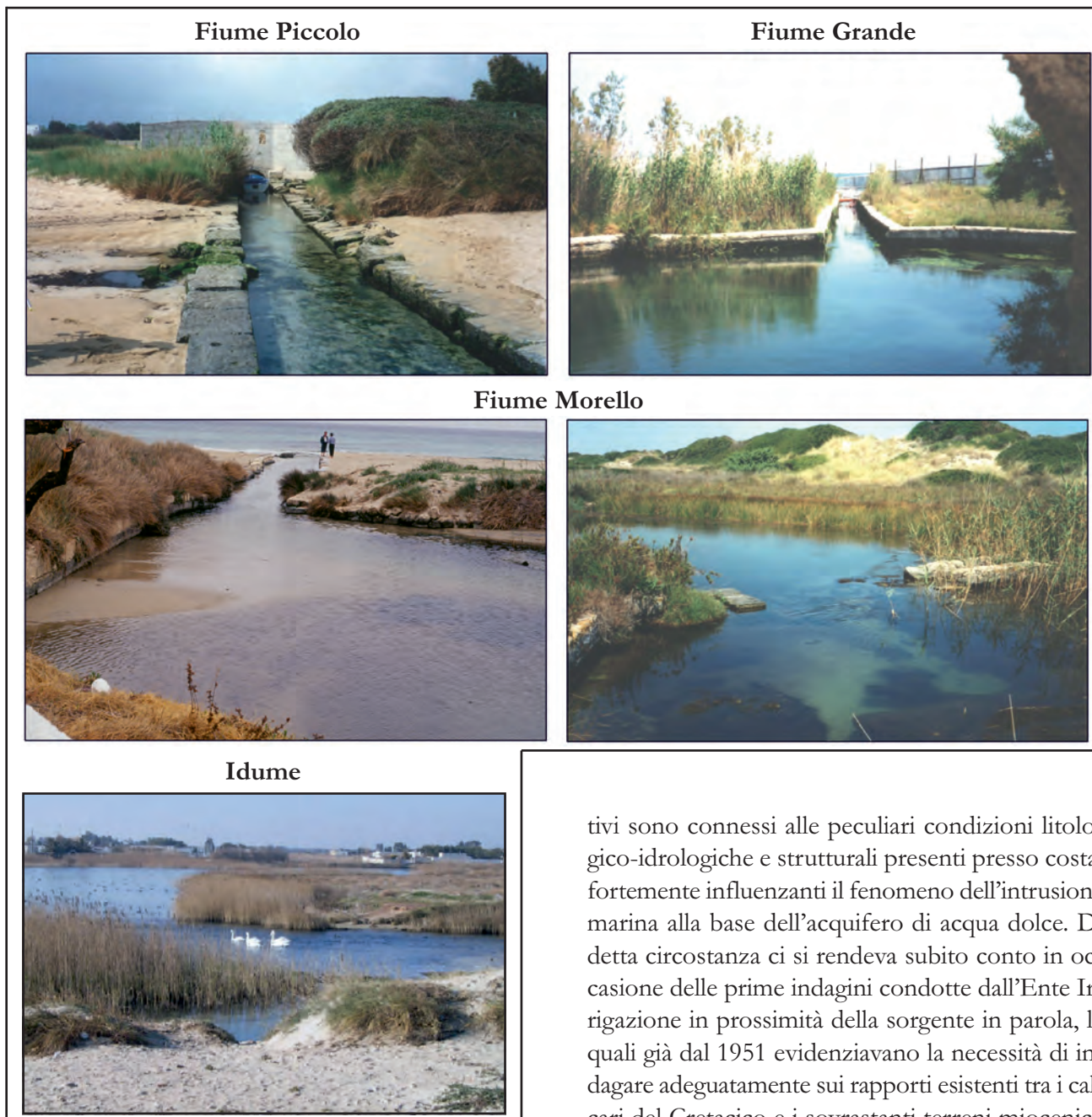


Fig. 4.50 - Foto di alcune sorgenti del litorale adriatico delle aree idrogeologiche della Murgia e del Salento.
 - Some springs of the Adriatic coast of the Murgia and Salento hydrogeological areas.

I valori di portata e salinità misurati alla sorgente Idume presentano dunque notevole variabilità e sono di complicata interpretazione, probabilmente a causa della scarsa attenzione rivolta durante le campagne di monitoraggio al fenomeno sorgentizio in parola, fino a qualche decennio fa ritenuto uno dei più cospicui della regione Puglia. Si tratta di una sorgente i cui caratteri qualitativi e quantita-

tivi sono connessi alle peculiari condizioni litologico-idrologiche e strutturali presenti presso costa, fortemente influenzanti il fenomeno dell'intrusione marina alla base dell'acquifero di acqua dolce. Di detta circostanza ci si rendeva subito conto in occasione delle prime indagini condotte dall'Ente Irrigazione in prossimità della sorgente in parola, le quali già dal 1951 evidenziavano la necessità di indagare adeguatamente sui rapporti esistenti tra i calcari del Cretaceo e i sovrastanti terreni miocenici, entrambi acquiferi. I primi pozzi eseguiti nell'area evidenziavano, infatti, una notevole variazione del contenuto salino delle acque estratte, il quale risultava variabile da pochi decimi di grammo per litro sino a circa 8 g/l.

Le conoscenze già in passato acquisite sull'idrogeologia della zona indicavano in ogni caso una complessa circolazione idrica sotterranea, dovuta alla presenza di due distinte falde: quella profonda contenuta nelle masse calcaree e calcareo-dolomitiche del Cretaceo, l'altra, denominata superficiale, contenuta nelle rocce permeabili post-cretacee. Le

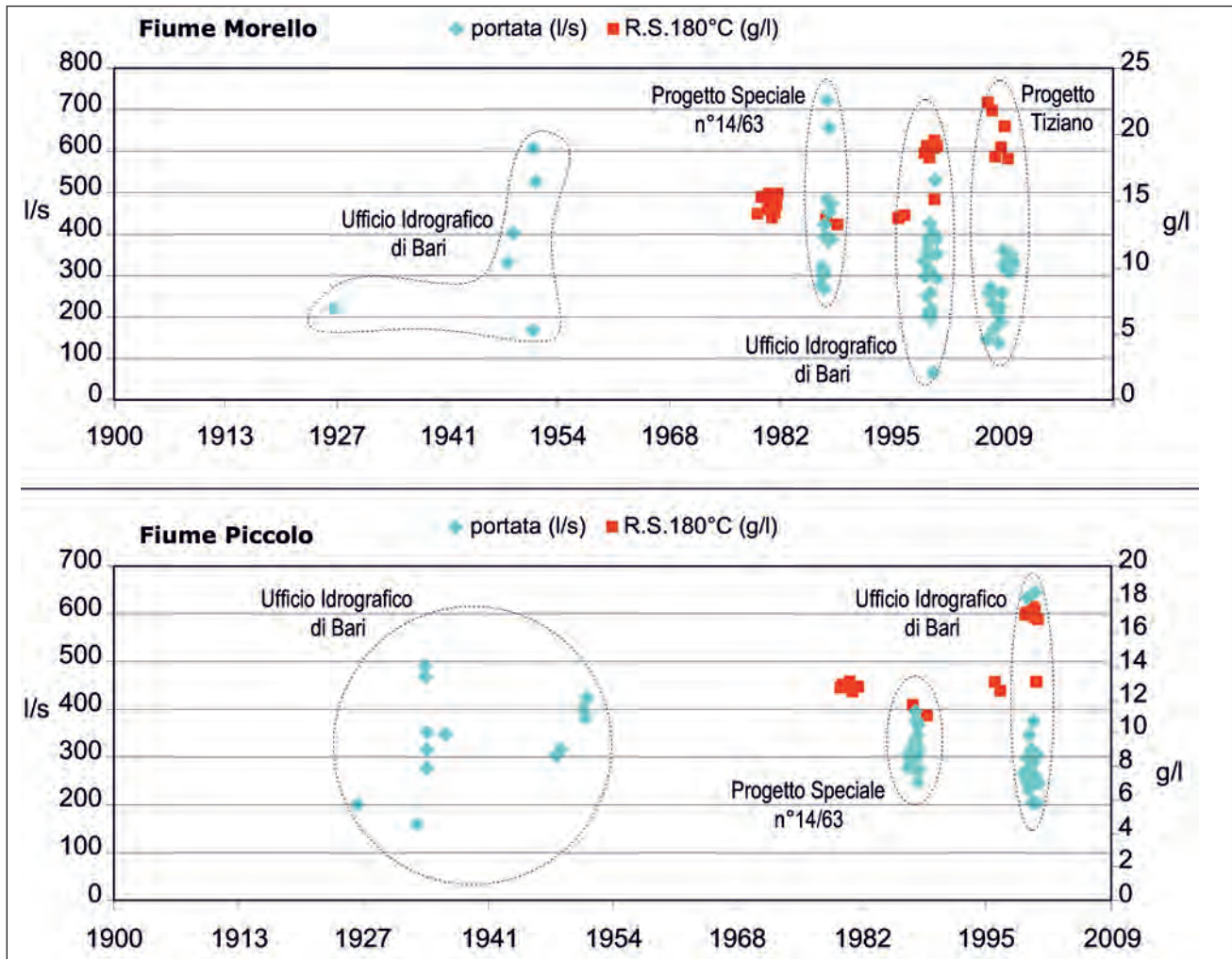


Fig. 4.51 - Sorgenti Fiume Morello e Fiume Piccolo, diagrammi delle portate e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
 - Fiume Morello and Fiume Piccolo springs, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

due falde sono separate tra loro da un potente livello calcarenitico marnoso miocenico, che in generale è da considerare praticamente impermeabile (fig. 4.55). Mentre la falda superficiale è sostenuta alla base dal predetto livello, la falda profonda galleggia sull'acqua di mare di invasione continentale (COTECCHIA, 1955-56; ZORZI & REINA, 1955).

Le sorgenti Idume drenano in apparenza acque appartenenti alla falda superficiale, ma l'elevata e variabile salinità, oltre che la notevole portata, portavano ad ipotizzare, sin dalle prime ricerche, un notevole contributo da parte della falda profonda alla falda superficiale.

Successivamente, nell'ambito del Progetto Finalizzato IRSA-CNR (Quaderno n. 20, COTECCHIA, 1977) furono chiariti i principali elementi geologico-strutturali ed idrogeologici, determinanti que-

sta interessante ed estesa manifestazione sorgentizia. Lo scopo delle ricerche fu pertanto quello di chiarire le modalità della complessa circolazione idrica sotterranea nell'ambito dei due acquiferi dianzi detti, nonché di accertare le possibili interazioni tra le due falde, al fine di acquisire gli elementi necessari per una razionale utilizzazione della risorsa idrica, all'epoca giustamente ritenuta una condizione necessaria per lo sviluppo agricolo-industriale della regione.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti dalle indagini condotte nel periodo 1968÷1969, per la cui dettagliata illustrazione si rimanda a COTECCHIA 1977, non essendo, allo stato attuale, disponibili ulteriori e più aggiornati elementi conoscitivi. Si tratta di indagini in ogni caso di grande rilevanza, che hanno consentito di indagare il bino-

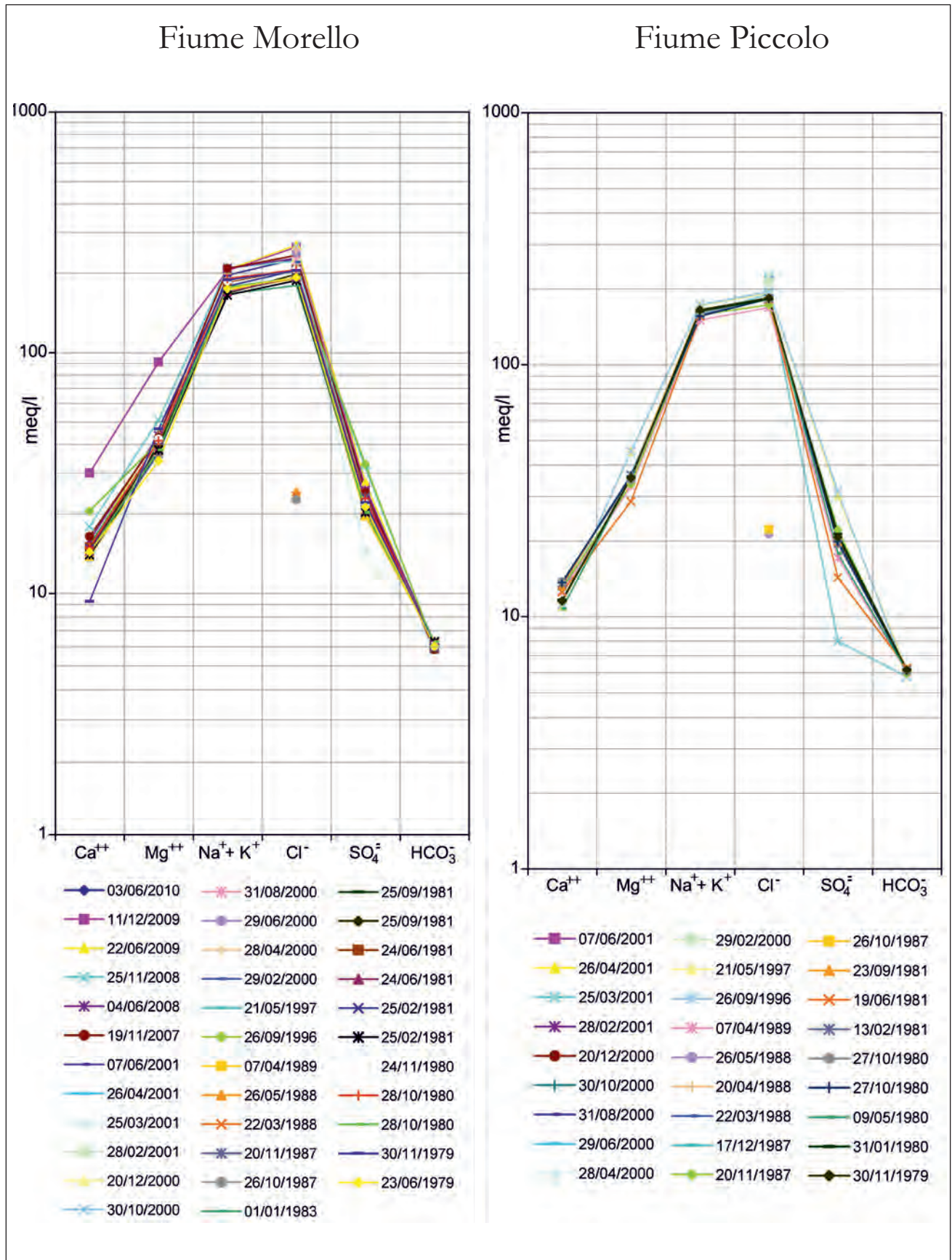


Fig. 4.52 - Sorgenti Fiume Morello e Fiume Piccolo, diagrammi di Schoeller relativi a campioni d'acqua prelevati.
 - Fiume Morello and Fiume Piccolo springs, Schoeller diagram for the water samples taken.

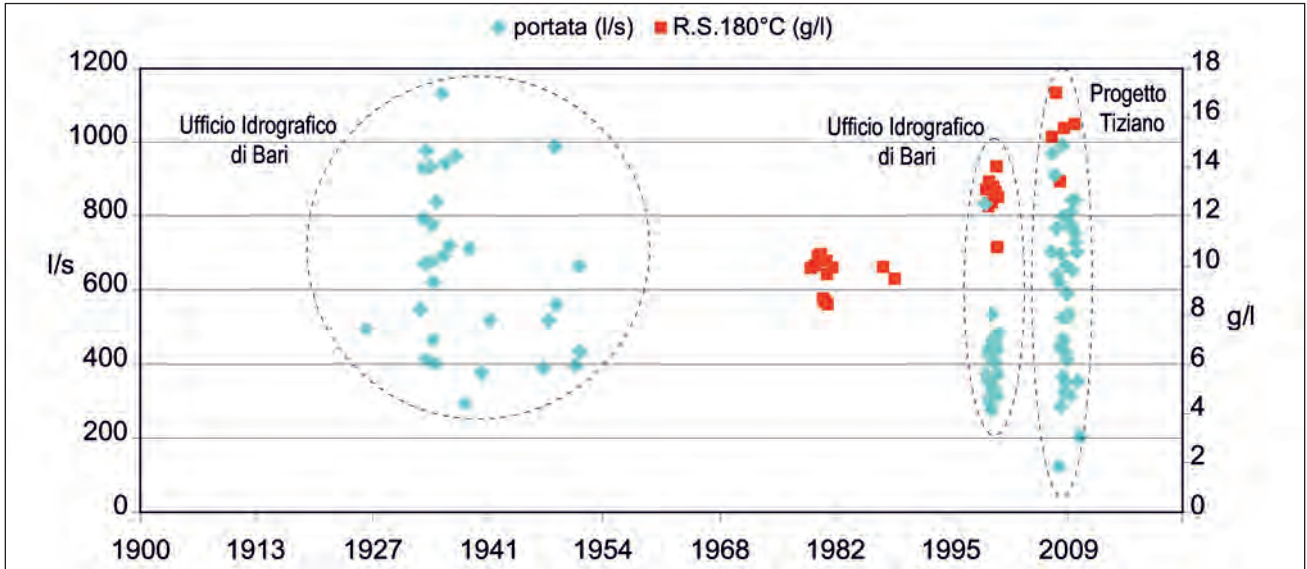


Fig. 4.53 - Sorgente Fiume Grande, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
 - Fiume Grande spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

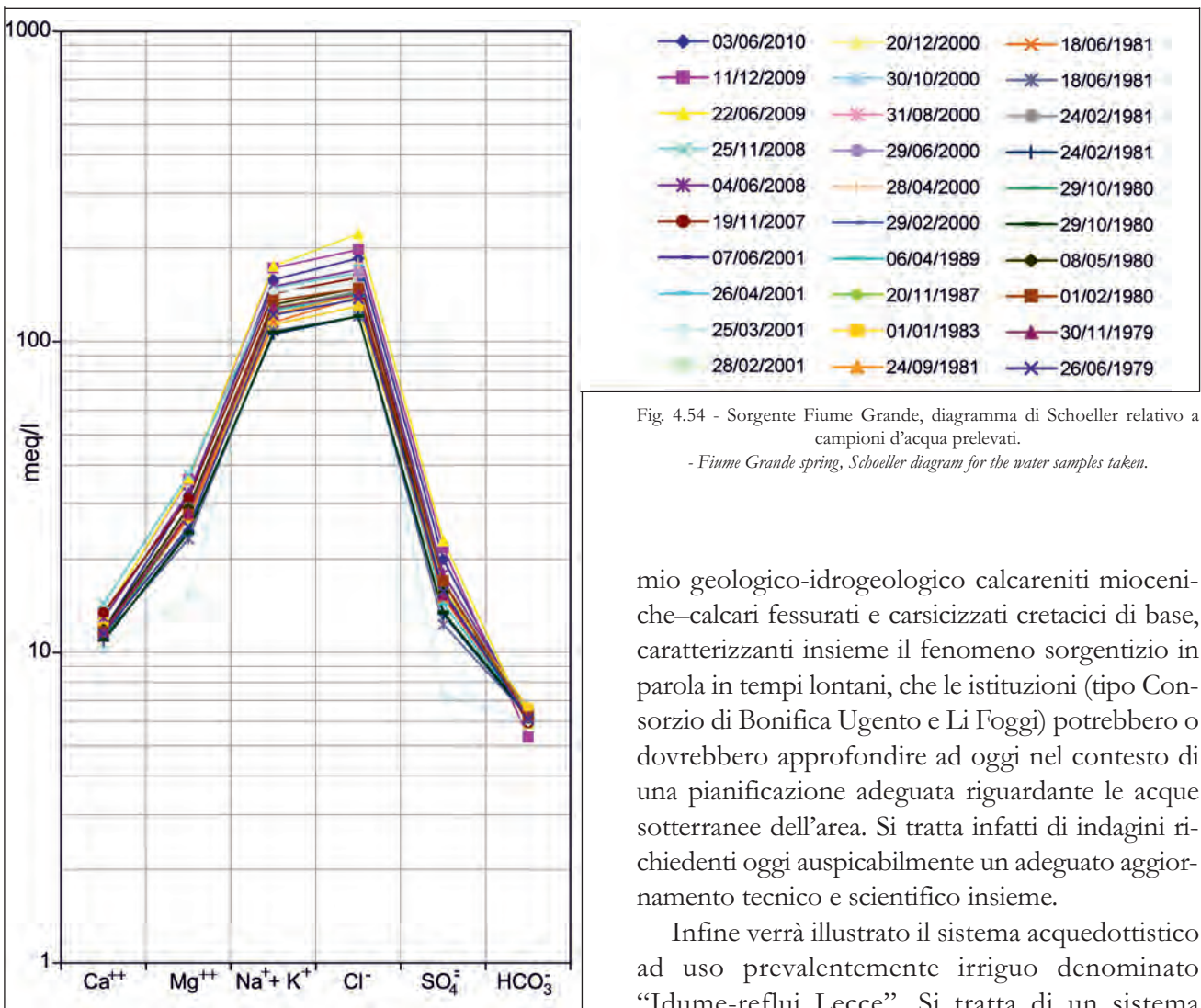


Fig. 4.54 - Sorgente Fiume Grande, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.
 - Fiume Grande spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

mio geologico-idrogeologico calcareniti mioceniche-calcarei fessurati e carsicizzati cretaci di base, caratterizzanti insieme il fenomeno sorgentizio in parola in tempi lontani, che le istituzioni (tipo Consorzio di Bonifica Ugento e Li Foggi) potrebbero o dovrebbero approfondire ad oggi nel contesto di una pianificazione adeguata riguardante le acque sotterranee dell'area. Si tratta infatti di indagini richiedenti oggi auspicabilmente un adeguato aggiornamento tecnico e scientifico insieme.

Infine verrà illustrato il sistema acquedottistico ad uso prevalentemente irriguo denominato "Idume-reflui Lecce". Si tratta di un sistema

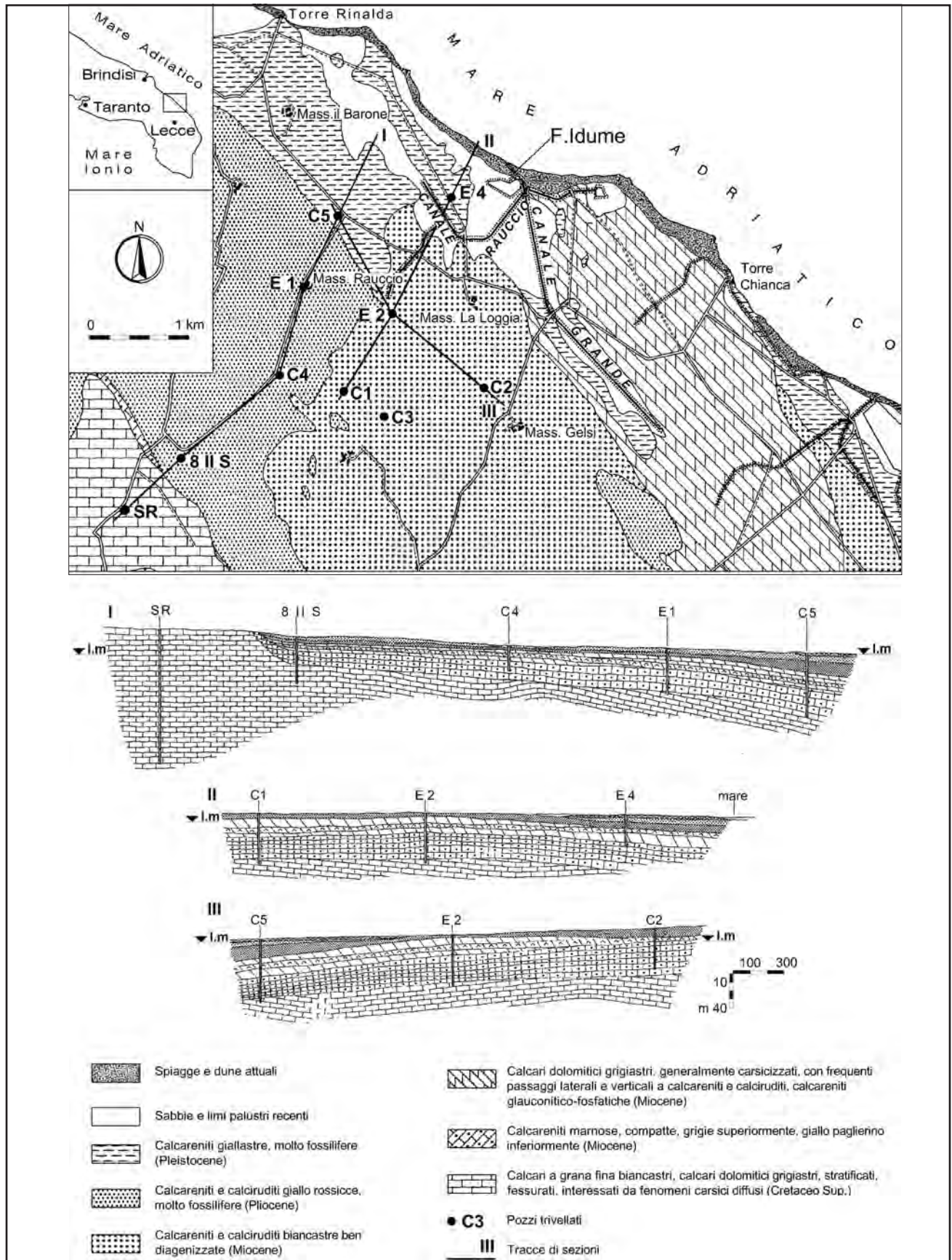


Fig. 4.55 - Carta geologica e sezioni della zona delle sorgenti Idume (da COTECCHIA, 1977).
 - Geological map and sections of the Idume springs area (from COTECCHIA, 1977).



Fig. 4.56 - Foto aerea della zona Sorgente Idume (da BingMaps.com).
 - Aerial photo of the Idume Springs area (from BingMaps.com).

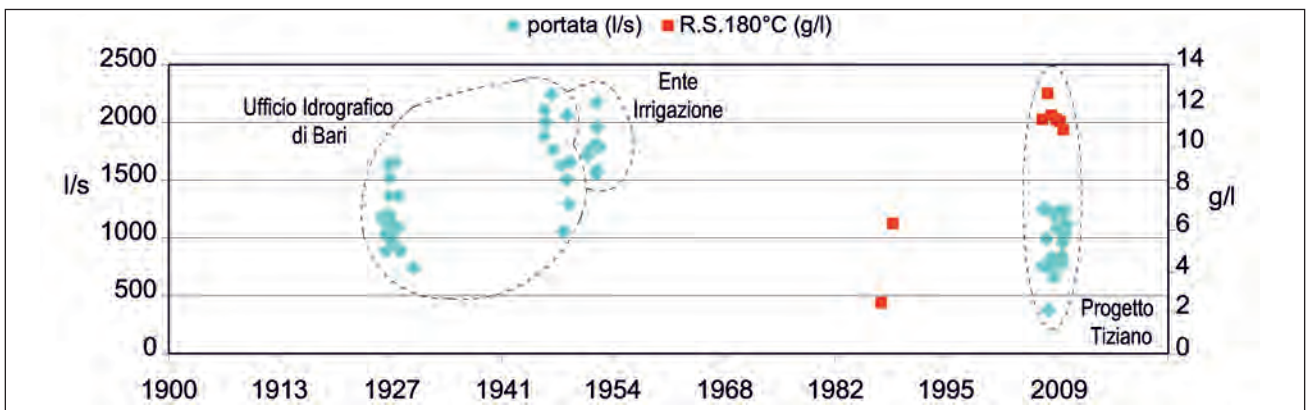


Fig. 4.57 - Sorgente Idume, diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti.
 - Idume spring, diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring.

idrico integrato promosso negli anni '80 dalle istituzioni che facevano all'epoca corretto riferimento alle indagini e ricerche eseguite. Il detto progetto, rispondente alle potenzialità idrogeologiche dell'area, è poi confluito in un insieme di opere incomplete.

Lineamenti geologici della zona e caratteri di permeabilità delle rocce

In affioramento nella parte Sud-occidentale dell'area sono presenti i Calcari e calcari-dolomitici del Cretaceo superiore (fig. 4.55), intensamente fratturati e interessati da fenomeni di dissoluzione

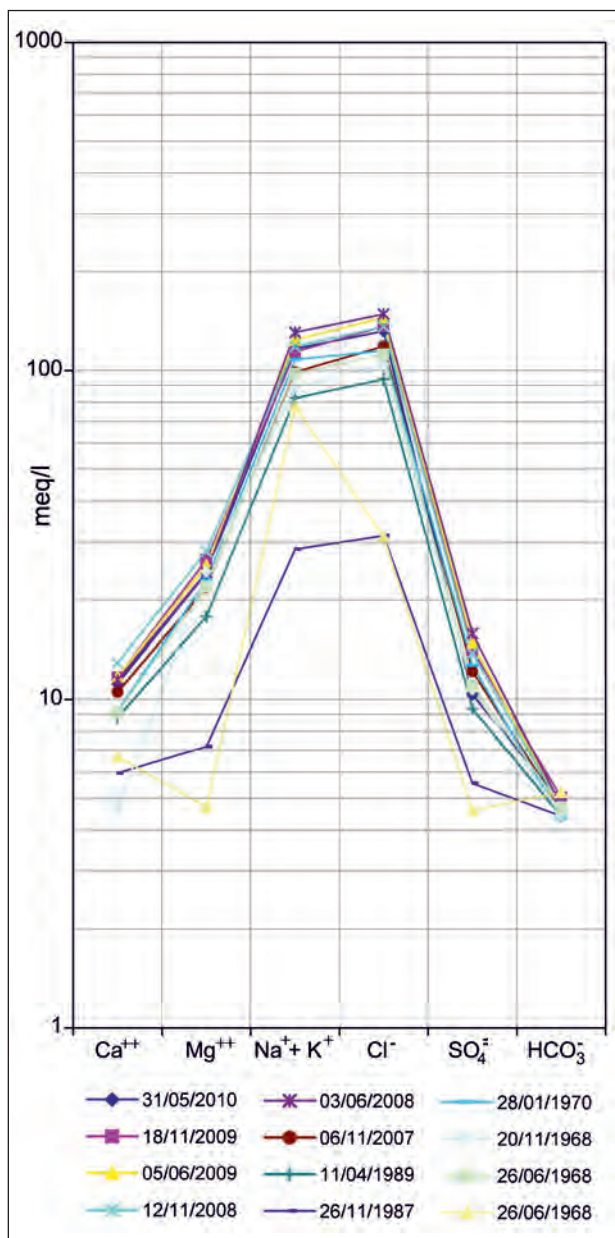


Fig. 4.58 - Sorgente Idume, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.

- Idume spring, Schoeller diagram for the water samples taken.

carsica, per cui agli effetti idrogeologici sono da considerare molto permeabili per fessurazione e carsismo. I sondaggi disponibili hanno consentito di ricostruire le isobate della formazione cretacea (fig. 4.59), le quali indicano un generale sprofondamento di questa verso mare; inoltre, nella parte Sud-orientale della zona, le isobate disegnano una gola sepolta allungata secondo un asse SO-NE.

Nell'area in esame sono presenti, altresì, Calcareniti marnose, calcareniti, calcari, calcari-dolomitici e calcareniti glauconitico-fosfatiche del Miocene. La

formazione è caratterizzata da una forte eterogeneità verticale e, nella parte alta, anche orizzontale. Nel rilevamento geologico essa è suddivisa in tre diversi livelli, ciascuno a sua volta ulteriormente distinguibile in più tipi litologici, secondo più particolari caratteristiche litologiche ed idrogeologiche.

A diretto contatto con le rocce carbonatiche di base si rinviene un primo livello di calcareniti mioceniche, di spessore massimo 40 m, generalmente compatte e solo localmente fratturate e carsicizzate. Tale livello si deve dunque considerare, in generale, praticamente impermeabile, mentre a livello locale può presentare una significativa permeabilità per fratturazione e carsismo.

Il livello intermedio della formazione miocenica è sua volta suddivisibile in tre tipi litologici. Il primo tipo, inferiore, è discretamente fratturato, privo di una netta stratificazione; queste rocce hanno intensamente subito il fenomeno della dissoluzione carsica; sono infatti interessate da una serie di piccole cavità (larghe sino a 5-6 cm) intercomunicanti, spesso tappezzate da cristallini di calcite spatica. Il secondo tipo, mediano, è costituito da calcareniti, spesso calciruditi, glauconitico-fosfatiche. Per la presenza di uranio in associazione ai fosfati, questa roccia presenta una radioattività elevata, per cui diventa possibile localizzarla con

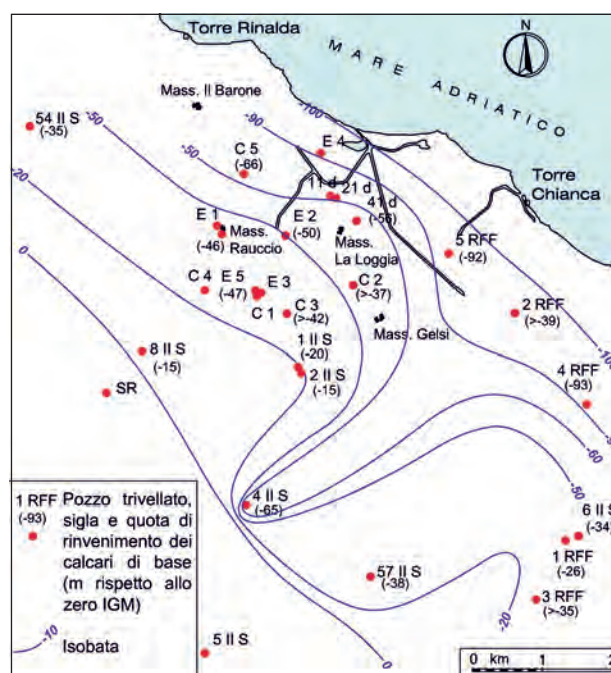


Fig. 4.59 - Isobate del tetto del substrato calcareo nell'area delle Sorgenti Idume.

- Depth to top of calcareous bedrock of the Idume Springs area.

precisione a mezzo di carotaggi gamma (fig. 4.60) anche nei sondaggi in cui non esistono stratigrafie. Il terzo tipo, ossia quello superiore, è costituito da calcare dolomitico e subordinatamente da calcare, con frequenti passaggi laterali a calcarenite ben diagenizzata. Tale roccia si presenta priva di una netta stratificazione, molto fratturata e carsicizzata.

L'insieme dei tre tipi litologici descritti, costituenti il livello intermedio della formazione miocenica e presentanti una potenza complessiva stimabile in 20 m circa, è da considerare molto permeabile per fessurazione e carsismo.

Il livello sovrastante, che chiude il ciclo trasgressivo miocenico, è litologicamente costituito da calcarenite, talvolta calcirudite, di colore biancastro, generalmente ben diagenizzata. Il suo spessore è di pochi metri. Tale roccia, che si presenta poco fratturata e priva di fenomeni carsici di un certo rilievo, è da considerare scarsamente permeabile per porosità.

Trasgressive sul Miocene e, localmente, nella parte Sud-occidentale dell'area in esame, direttamente sul Cretaceo, affiorano calcarenite e calciruditi plioceniche, presentanti una scarsa permeabilità per fessurazione e per porosità.

In prossimità del mare, invece, affiorano "Tufi" calcarei del Pleistocene e Sabbie e limi palustri recenti, mentre la linea di costa attuale è bordata da Spiagge e dune attuali.

Misure della portata dei canali drenanti le sorgenti

Nel 1968 sono stati eseguiti due cicli di misure di portata nei canali Rauccio e Grande (fig. 4.55), in sezioni distanti circa 250 m dalla costa, e nel canale di sfocio in una sezione a qualche decina di metri dal mare. Nel primo ciclo di misure (28 marzo 1968), caratterizzato da una marea di minima ampiezza (7,1 cm), il canale di sfocio forniva una portata massima, in condizioni di bassa marea, di 1.180 l/s; nello stesso periodo si registravano al canale Rauccio e al canale Grande rispettivamente portate di 1.068 e 127 l/s, la cui somma risultava dunque poco superiore a quella del canale di sfocio. In condizioni di alta marea le portate misurate erano di poco inferiori: 1.039 l/s al canale di sfocio, 1.008 l/s al canale Rauccio e 76 l/s al canale Grande.

Nel secondo ciclo di misure (23 settembre 1968), in concomitanza con maree di più elevata ampiezza

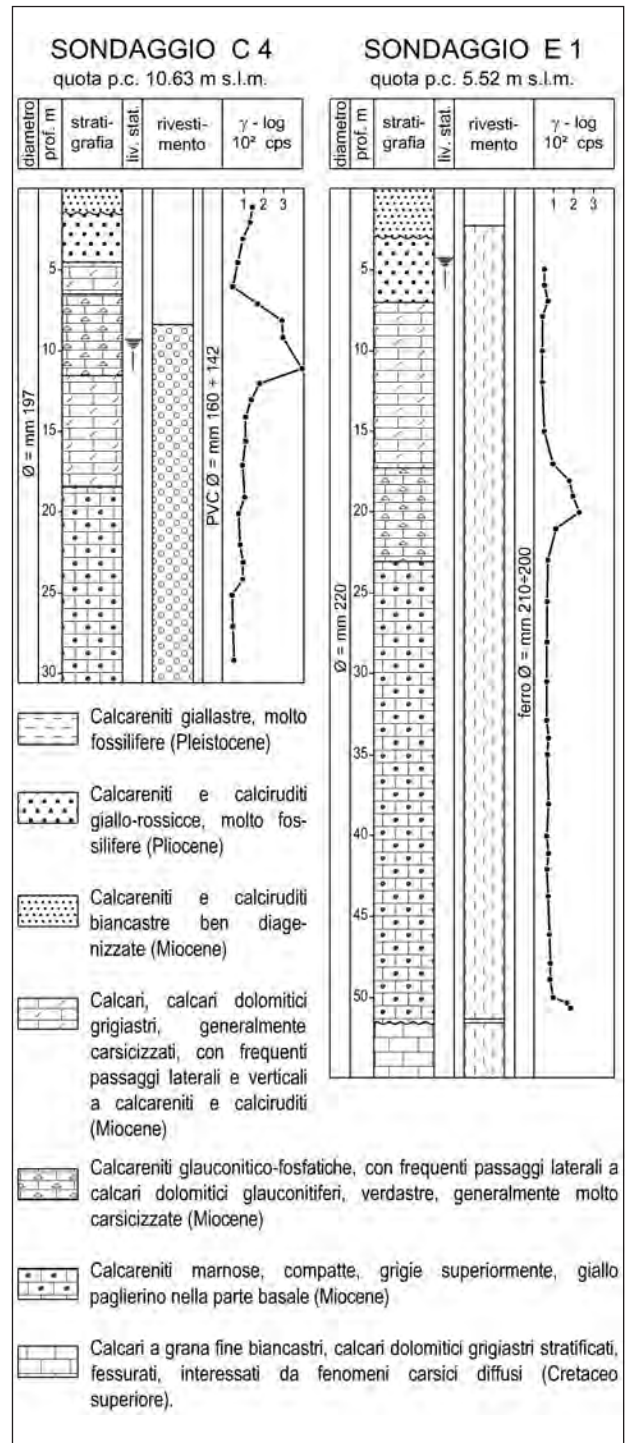


Fig. 4.60 - Stratigrafia schematica, carotaggio della radioattività naturale gamma e livello statico nei sondaggi C4 ed E1 ubicati in figura 4.55 (da COTECCHIA, 1977).

- Boreholes C4 and E1 located in figure 4.55: lithologic log, gamma log and static level (from COTECCHIA, 1977).

(21,7 cm), si riscontravano portate decisamente inferiori e fortemente variabili in funzione della marea. Si aveva, infatti, al canale di sfocio, una portata di 862 l/s in condizioni di bassa marea e di 437 l/s a

colonne idriche di alcuni sondaggi hanno rivelato una stratificazione salina anche per le acque della falda superficiale, le quali presentano una salinità variabile in genere nell'intervallo da 0,3 a 2 g/l. Solo nelle zone più vicine alla costa si rinviene nella falda superficiale la zona di transizione tra acque dolci di falda e l'acqua di mare ivi invadente l'acquifero superficiale. Si può stabilire che l'ingressione diretta di acque di mare nelle rocce permeabili post-cretacee si spinge sino ad una distanza massima dalla costa valutabile sui 500 m circa. Per quanto riguarda la falda profonda, dalle misure di salinità condotte nei sondaggi attestantisi nei calcari cretacei, si desume che lo spessore della falda, misurato dalla superficie freatica al tetto della zona di transizione (la quale presenta uno spessore dell'ordine di 30 m), diminuisce gradualmente da un massimo di circa 64 m (pozzo SR; figg. 4.55, 4.64), fino ad annullarsi ad una distanza dal mare di circa 1,5 km; a distanze inferiori l'acquifero cretaceo contiene solo acqua di mare.

Nel periodo marzo 1968÷ottobre 1969 sono

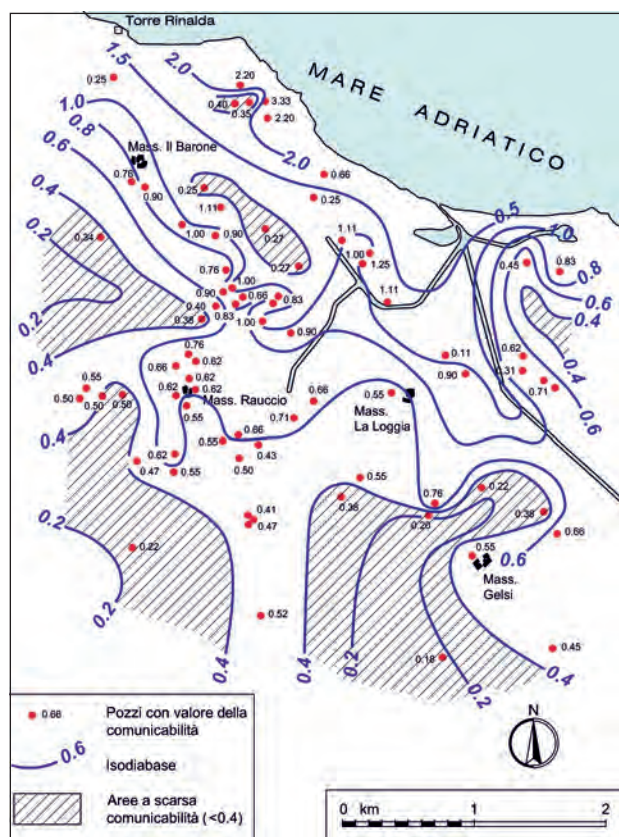


Fig. 4.62 - Curve isodiabasi (da COTECCHIA, 1977).
- Isohalines (from COTECCHIA, 1977).

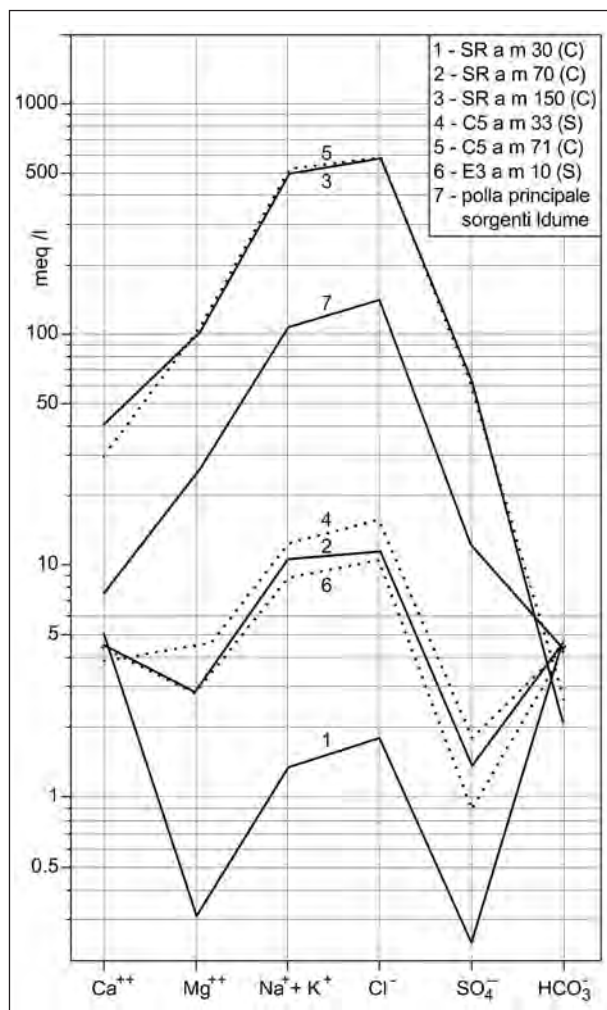


Fig. 4.63 - Chimismo delle acque sotterranee (da COTECCHIA, 1977). C = Acquifero profondo cretaceo; S = Acquifero superficiale nelle formazioni post cretacee.

- Chemical composition of groundwaters (from COTECCHIA, 1977). C = Cretaceous deep aquifer; S = Post-Cretaceous shallow aquifer.

state eseguite delle campagne di misura della concentrazione di ione cloruro delle acque della falda superficiale. In figura 4.65 sono riportate, in particolare, le curve isocloriche rilevate nell'aprile 1969. Esse presentano un'accentuata tortuosità, chiaro indice dell'anisotropia dell'acquifero superficiale. I massimi valori registrati per il cloro si hanno nelle zone ove la presenza di fenomeni carsici e di fratture rendono permeabile il livello calcarenitico marnoso miocenico che separa la falda profonda da quella superficiale.

Si osserva infatti che in aree situate ad uguale distanza dalla costa si hanno acque a diverse concentrazioni in cloro; le zone ove le isocloriche presentano la concavità rivolta verso mare sono in

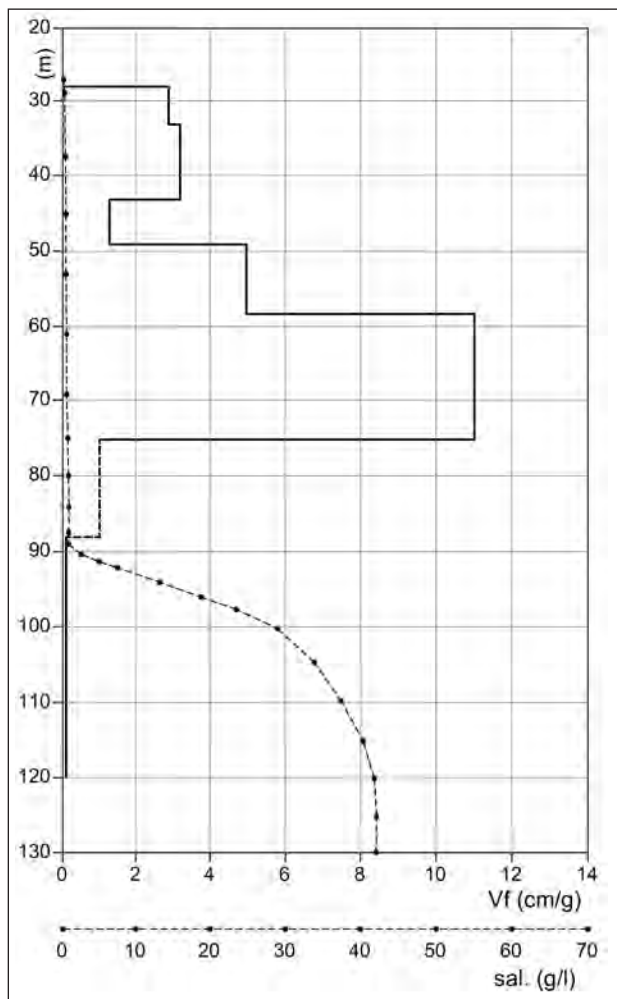


Fig. 4.64 - Andamento della velocità di filtrazione (in assenza di correnti verticali) e del contenuto salino nel pozzo SR perforato nei calcari dolomitici del Cretaceo a 5 km circa dal mare (da COTECCHIA, 1977).

- Groundwater flow velocity (in absence of vertical currents) and salinity in Well SR drilled in the Cretaceous limestones and dolomitic limestones some 5 km inland (from COTECCHIA, 1977).

linea di massima identificabili con quelle in cui le calcareniti marnose mioceniche permettono la risalita delle acque della falda profonda, quando questa ha un carico piezometrico prevalente rispetto alla falda superficiale. Al contrario, nelle aree in cui le isocloriche presentano le convessità verso mare, le acque della falda superficiale non sono miscelate con quelle dell'acquifero cretaceo; i loro contenuti in cloro risultano dunque più modesti.

La distribuzione del contenuto in cloro alla superficie freatica della falda superficiale è determinata, quindi, oltre che dal contenuto proprio delle acque appartenenti a quest'ultima, anche, ed in maniera spesso rilevante, dagli apporti di acque dell'acquifero cretaceo, specie in quella fascia costiera

ove detto acquifero contiene solo acqua di mare d'invasione continentale. Aisi e polle costituiscono intanto sbocchi naturali alla superficie topografica di vie preferenziali di deflusso sotterraneo, che quasi sempre corrispondono a zone ove le calcareniti marnose mioceniche separanti le due falde sono più o meno permeabili, tanto da permettere la risalita di acque salate dai calcari di base.

Contenuti in radon delle acque nei pozzi a scavo

L'acquifero superficiale, come già detto, è caratterizzato dalla presenza di un livello-guida costituito da calcarenite (interessata localmente da fenomeni di dolomitizzazione secondaria) glauconitico-fosfatica, molto permeabile per fessurazione e carsismo (fig. 4.55). Per la presenza di minerali radioattivi, questo livello, ben segnalabile ai carotaggi gamma, determina un arricchimento in radon delle acque che ivi filtrano. La zona delle sorgenti Idume ben si presta dunque all'impiego di tale elemento come tracciante naturalmente presente nelle acque.

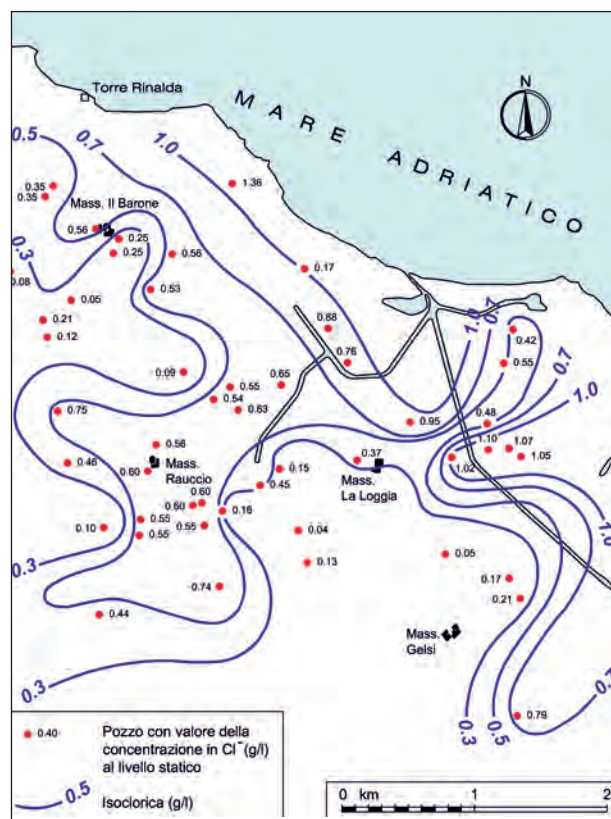


Fig. 4.65 - Distribuzione del contenuto in Cl delle acque della falda superficiale nel marzo 1968 (da COTECCHIA, 1977).

- Distribution of chloride ions in groundwater of shallow aquifer in March 1968 (from COTECCHIA, 1977).

In figura 4.66 è rappresentato l'andamento delle curve ad uguale contenuto in radon; è chiaramente visibile la distribuzione dei punti-acqua che intercettano acque circolanti nel livello glauconitico-fo-sfatico. Tra questi si segnala in particolare la polla principale delle sorgenti Idume, con un contenuto in Rn di 30×10^{-10} Ci/l.

Velocità di filtrazione e correnti verticali

Alla fine degli anni '60, nella zona della sorgente Idume, sono state eseguite misure di velocità di filtrazione con l'impiego di traccianti radioattivi (par. 9.3).

Nel settembre 1968 sono state eseguite una serie di misure della velocità di filtrazione al tetto della falda superficiale con l'impiego di iodio-131. I risultati ottenuti (fig. 4.67) hanno evidenziato che le maggiori velocità si riscontrano nell'area immediatamente circostante le sorgenti Idume, a conferma del forte drenaggio da queste operato sulla falda superficiale.

Ulteriori misure di velocità di filtrazione, eseguite impiegando traccianti radioattivi artificiali, sono state condotte in pozzi trivellati. In figura 4.64 è riportato l'andamento della velocità di filtrazione, in assenza di correnti verticali, misurato nel pozzo SR. Le maggiori velocità di filtrazione (circa 11 cm/g), sono state riscontrate nel tratto da 58 m a 75 m di profondità, ove è presente un livello interessato da fratture allargate dalla dissoluzione carsica. Al di sopra, dove la roccia è meno permeabile, la velocità di filtrazione scende a valori dell'ordine dei $2 \div 3$ cm/g. Le acque della zona di diffusione risultano praticamente immobili. Al pozzo C 5 (fig. 4.55), ove nei calcari di base è contenuta solo acqua di mare, questa presenta invece una discreta velocità di filtrazione: circa 67 cm/g. La direzione di deflusso è risultata verso le sorgenti.

Le misure della velocità di filtrazione effettuate nei pozzi perforati interessanti la falda superficiale mostrano, in accordo con le osservazioni geolitologiche, che l'acquifero in rocce post-cretacee è in realtà costituito da un insieme di livelli ad irregolare distribuzione della permeabilità in senso verticale e orizzontale. Infatti, i valori delle velocità di filtrazione misurate lungo tratti di colonna idrica dei pozzi, corrispondenti ai diversi livelli acquiferi, variano fortemente e bruscamente da pochi centime-

tri a numerosi metri al giorno.

Le maggiori velocità di filtrazione sono state riscontrate nel livello calcarenitico glauconitico-fo-sfatico, in accordo con le osservazioni stratigrafiche che indicano in questo livello presenza di vie preferenziali di deflusso, create dalla dissoluzione carsica. La misura della direzione del deflusso idrico dello stesso livello indica che l'acqua fluisce in direzione delle sorgenti.

La conseguenza più immediata della situazione idrogeologica esposta è che i vari livelli acquiferi presentano, nell'ambito della stessa falda superfi-

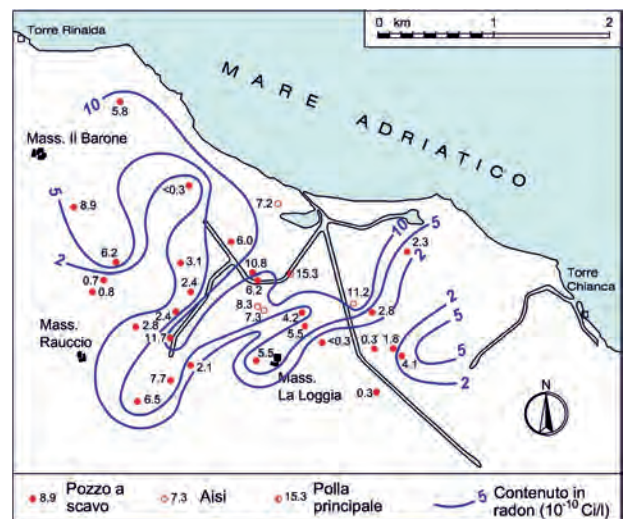


Fig. 4.66 - Distribuzione del contenuto in radon delle acque della falda superficiale (da COTECCHIA, 1977).

- Distribution of radon content of shallow aquifer groundwaters (from COTECCHIA, 1977).

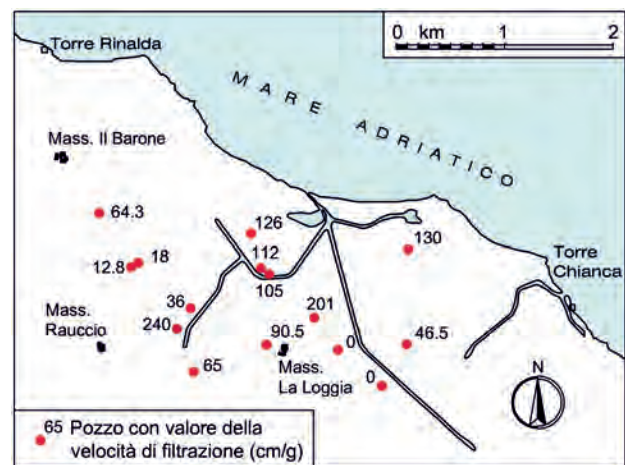


Fig. 4.67 - Valori della velocità di filtrazione (cm/g) misurati in pozzi a scavo alla superficie freatica della falda superficiale (da COTECCHIA, 1977).

- Groundwater flow velocity (cm/day) measured at water table in dug wells tapping shallow aquifer (from COTECCHIA, 1977).

ciale, dei carichi piezometrici diversi l'uno dall'altro; per tale ragione si determinano, lungo la colonna idrica dei sondaggi, correnti verticali che trasportano l'acqua da un livello all'altro.

La presenza di correnti verticali tra l'acquifero cretaceo profondo e quello miocenico superficiale è legata all'esistenza di differenze di carico piezometrico tra le rispettive falde. In linea di massima, si è constatato che la superficie piezometrica relativa alla falda profonda si discosta di poco dalla superficie freatica della falda superficiale ed i carichi piezometrici relativi alle due falde su vasta scala si equivalgono; localmente, però, possono prodursi delle differenze di carico tra l'una e l'altra falda, causate dalle frequenti variazioni di permeabilità dei rispettivi acquiferi, fortemente anisotropi. Ove esistono delle vie di comunicazione attraverso le calcareniti marnose (fig. 4.68), la falda superficiale cede acqua a quella profonda, se la quota della superficie freatica della prima è maggiore dell'altezza piezometrica al tetto dell'acquifero della seconda. Viceversa, la falda profonda cederà acqua a quella superficiale quando maggiore è la sua altezza piezometrica, e ciò determina, tra l'altro, la contaminazione salina della seconda.

È interessante evidenziare che in alcuni casi è stata misurata una inversione delle correnti verticali nei pozzi e ciò in concomitanza con le oscillazioni del livello mare.

Il sistema acquedottistico "Idume – Reflui Lecce"

Le indagini condotte alla fine degli anni '60, in corrispondenza delle numerose scaturigini dell'Idume, evidenziavano che le relative acque si prestano solo parzialmente a fini irrigui, data la loro elevata salinità.

Le oscillazioni dei contenuti salini si presentano tuttavia modeste; l'argomento è stato abbastanza correlato agli effetti del mare, stante gli effetti che quest'ultimo, intruso nel continente, esercita nei confronti dell'acquifero afferente alle sorgenti in argomento.

Sulla base dei dette considerazioni, negli anni '80, l'Ente Irrigazione e il Consorzio di Bonifica Ugento e Li Foggi studiavano la possibilità di progettare un sistema acquedottistico diretto all'irrigazione, che addolcisse il chimismo delle acque sotterranee dell'Idume, mediante il miscelamento con acque reflue trattate, provenienti dalla città di Lecce. Questo importante progetto veniva affidato dal Consorzio al Prof. V. Cotecchia e al Prof. A. Damiani. Era considerata a tal riguardo anche la

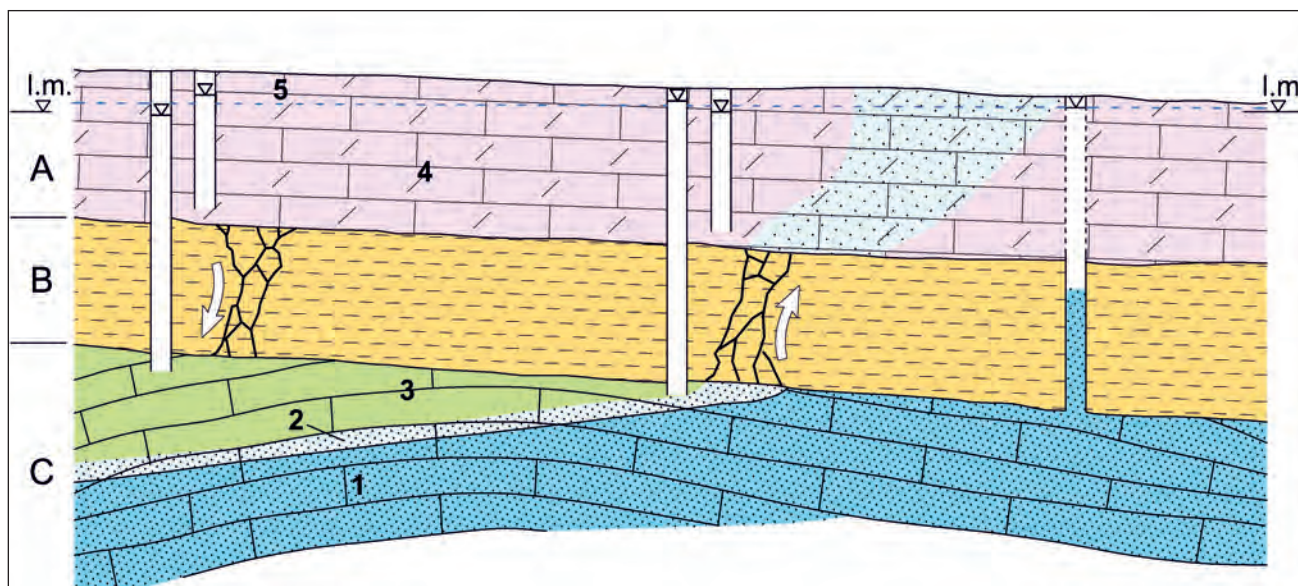


Fig. 4.68 - Sezione idrogeologica schematica relativa all'area compresa tra 1.4 km (pozzo C5) e 3 km (pozzo C1) dal mare; A: terreni calcarenitici sede della falda superficiale; B: livello calcarenitico-marnoso generalmente praticamente impermeabile; C: calcari e calcari dolomitici sede della falda profonda. Lo schizzo evidenzia i rapporti esistenti tra l'acqua di mare d'invasione continentale (1), l'acqua della falda profonda (3) e l'acqua della falda superficiale (4); 2: zona di diffusione; 5: superficie freatica. La scala delle altezze è 10 volte maggiore di quella delle lunghezze.

- Schematic hydrogeological section of the area lying between km 1.5 (C5) and km 3 (C1) inland. A: Calcarenites with shallow aquifer B: Marly Calcarenite level generally practically impermeable; C: limestones with deep aquifer. The sketch demonstrates the relationships between intruding seawater (1), deep-aquifer groundwaters (3) and shallow-aquifer groundwaters (4); 2: zone of diffusion; 5: water table. Vertical scale is ten times greater than horizontal scale.

possibilità che le sorgenti in argomento potessero prestarsi eventualmente a dissalazione, finalizzata ad un impiego potabile.

Il progetto prevedeva la realizzazione di due trincee drenanti, eseguite a pochi chilometri dalla costa adriatica leccese, per la intercettazione delle acque sotterranee alimentanti la sorgente Idume. Tali opere, indispensabili per intercettare le acque dolci della falda “superficiale” circolante nelle rocce calcarenitiche mioceniche, avrebbero fornito una portata dell'ordine di 650 l/s direttamente utilizzabile per l'irrigazione o disponibile per l'accumulo in un adeguato serbatoio di regolazione. La figura 4.69 mostra la trincea scavata in calcarenite (Pietra Leccese), profonda circa 7 m, drenante la falda che avrebbe dovuto contribuire al progetto di irrigazione integrato.

I risultati di indagini idrochimiche effettuate sulle acque intercettate a monte della Sorgente Idume avevano di già dimostrato che queste risultano accettabili (secondo i limiti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità) per l'irrigazione e per uso potabile di emergenza.

All'attualità si constata invece un ridottissimo uso dell'acqua emergente dalla sorgente Idume per fini irrigui. L'area irrigata con le acque sorgentizie dell'Idume si riduce a poche decine di ettari, con un impianto di sollevamento della falda che alimenta un grosso invaso superficiale di raccolta, costituente principalmente un motivo paesaggistico oggi gradevole (fig. 4.70).



Fig. 4.69 - Trincea attingente l'acqua sotterranea della sorgente Idume in uno scavo in pietra leccese eseguita nei primi lavori progettati per l'impiego delle acque sotterranee dell'Idume unite ad acque reflue trattate.

- A trench drawing water from the Idume spring. It was excavated in Lecce Stone during the early works designed for the combined use of Idume groundwater and treated waste water.



Fig. 4.70 - Vasca di raccolta delle acque, oggi pompate e stoccate dalla sorgente Idume.

- Collection tank of the waters, that are now pumped from the Idume spring and stored.

Considerati i risultati delle indagini idrogeologiche nelle pagine precedenti illustrate e l'adeguatezza delle stesse, al fine di configurare la migliore utilizzazione possibile delle acque provenienti dalle scaturigini dell'Idume fin qui descritte, conviene guardare a ritroso ad un uso più integrale delle stesse, perchè si possa qualitativamente rispondere al meglio ai fini irrigui in atto, relazionando l'approvvigionamento irriguo alle possibilità migliori di captare le acque sotterranee al top degli acquiferi, onde ridurne i contenuti salini derivanti dal mescolamento con le acque marine presenti negli strati più profondi.

4.4.3.6. – Sorgenti di Santa Cesarea Terme

Lungo la fascia costiera dell'abitato di Santa Cesarea Terme si assiste alla risalita di acque sulfuree in superficie, attraverso polle sommerse, all'interno di una serie di cavità carsiche, denominate da Nord verso Sud: Grotta Fetida, Grotta Solfurea, Grotta Gattulla e Grotta Sulfatara (tab. 4.1f, figg. 4.4f, 4.71, 4.72). Tali grotte sono dislocate su un fronte della lunghezza di 500 m; le stesse si aprono alla base di una ripida scogliera e sono in comunicazione con il mare mediante cunicoli di varia forma e dimensione. Le acque sulfuree che fluiscono da esse sono ben riconoscibili dal mare poiché formano pennacchi opalescenti, per la flocculazione dello zolfo colloidale che si forma per ossidazione dello ione solfuro (fig. 4.73).



Fig. 4.71 - Ubicazione delle grotte di Santa Cesarea Terme e del pozzo Palazzo (mod., da CALÒ *et alii*, 1983).

- Location of the Santa Cesarea Terme caves and of the Palazzo well (modified, from CALÒ *et alii*, 1983).

La presenza di acque solfuree riscontrata a Santa Cesarea Terme non costituisce di per sé una singolarità nel territorio salentino, essendo state individuate anche sul versante ionico, nei pressi di Torre Mozza di Ugento. Qui la perforazione di un pozzo profondo per la captazione di acque marine di intrusione continentale ha rivelato la presenza, al di sotto di uno spesso banco di argille riferibile al Pleistocene inferiore, di acque ipotermali solfuree. Contrariamente a quanto si verifica a Santa Cesarea Terme dette acque solfuree non hanno però la possibilità di emergere in superficie, in quanto intrappolate dal banco argilloso (CALO' & TINELLI, 2004).

Le sorgenti di Santa Cesarea Terme, note sin dal 1800 per le loro proprietà terapeutiche (DE GIORGI, 1882, 1901, 1922) ed utilizzate sin dagli anni '30 del 1900 per scopi termali (CORTI, 1992), assumono una particolare valenza per l'economia ed il turismo dell'intero territorio salentino. Attualmente è presente un centro termale, gestito dalla società Terme di Santa Cesarea S.p.A., che utilizza per i trattamenti le acque captate da un pozzo denominato "Palazzo", situato a monte delle emergenze (fig. 4.71).

Da un punto di vista idrogeologico, lo sviluppo delle cavità è condizionato dall'assetto strutturale, essendo impostate lungo il decorso di un sistema di faglie trasversali alla costa e dirette da NO a SE, nei calcari intensamente fratturati della formazione del Calcare di Altamura e dei Calcari di Castro (fig. 4.74). Tant'è che le singolari caratteristiche chimico-fisiche delle acque solfuree scaturenti dalle suddette emergenze costiere sono confinate ad una

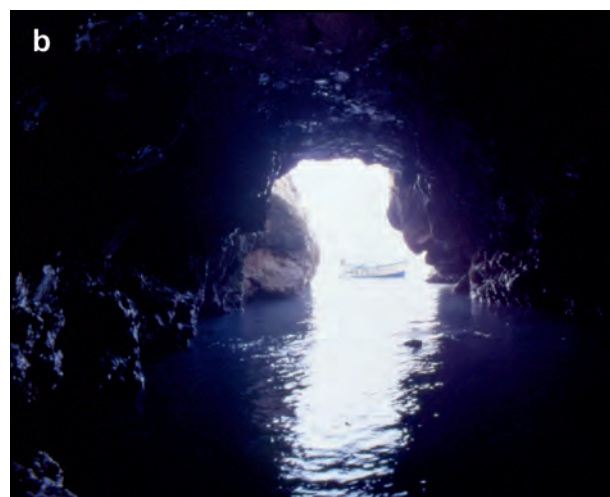


Fig. 4.72 - Veduta delle grotte di S. Cesarea Terme: a) Grotta Fetida; b) Grotta Solfurea; c) Grotta Gattulla.

- View of the S. Cesarea Terme caves: a) Grotta Fetida; b) Grotta Solfurea; c) Grotta Gattulla.



Fig. 4.73 - Pennacchio opalescente lungo la costa (a sinistra nella foto) denunciante flocculazione dello zolfo colloidale, contenuto nelle acque solfuree fluenti dalla Grotta Fetida.

- Opalescent plume along the coast (left side of the photo) indicating flocculation of colloidal sulphur present in the sulphurous waters flowing from Grotta Fetida.

ristretta fascia di territorio posta immediatamente a ridosso delle quattro grotte carsiche e contraddistinta da caratteri idrogeologici discordi da quelli tipici dell'acquifero carbonatico salentino: bassa permeabilità associata ad elevati carichi idraulici ed elevate cadenti piezometriche (0.5%) (CALÒ *et alii*, 1983; CALÒ & TINELLI, 1995).

Da un punto di vista idrochimico le acque sgorganti dalle sorgenti possono essere classificate come cloruro-alcaline. Da analisi chimiche eseguite su campioni d'acqua prelevati nelle stesse si evidenzia una prevalenza di ioni alcalini (sodio e potassio) su quelli alcalino terrosi (calcio e magnesio) e la preponderanza dei cloruri sui bicarbonati e solfati. Tra i costituenti secondari presentano concentrazioni elevate lo stronzio, il litio, lo idouro ed il bromuro (tabb. 4.3, 4.4).

Tab. 4.3 - *Sorgenti di S. Cesarea Terme: valori dei parametri chimico-fisici e delle concentrazioni di ione bicarbonato, silice, bisolfuro e anidride carbonica, espresse in mg/l (da ZEZZA, 1980).*
- S. Cesarea Terme springs: values of the chemical-physical parameters and concentrations of bicarbonate ion, silica, bisulfide and carbon dioxide expressed in mg/l (from ZEZZA, 1980).

Sorgente	T (°C)	pH	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	HS ⁻	CO ₂
Fetida	23.0	7.20	198.3	9.6	16.1	15.6
Sulfurea	19.7	7.30	274.9	5.8	9.3	11.6
Gattulla	23.0	7.03	273.4	3.5	9.7	17.5

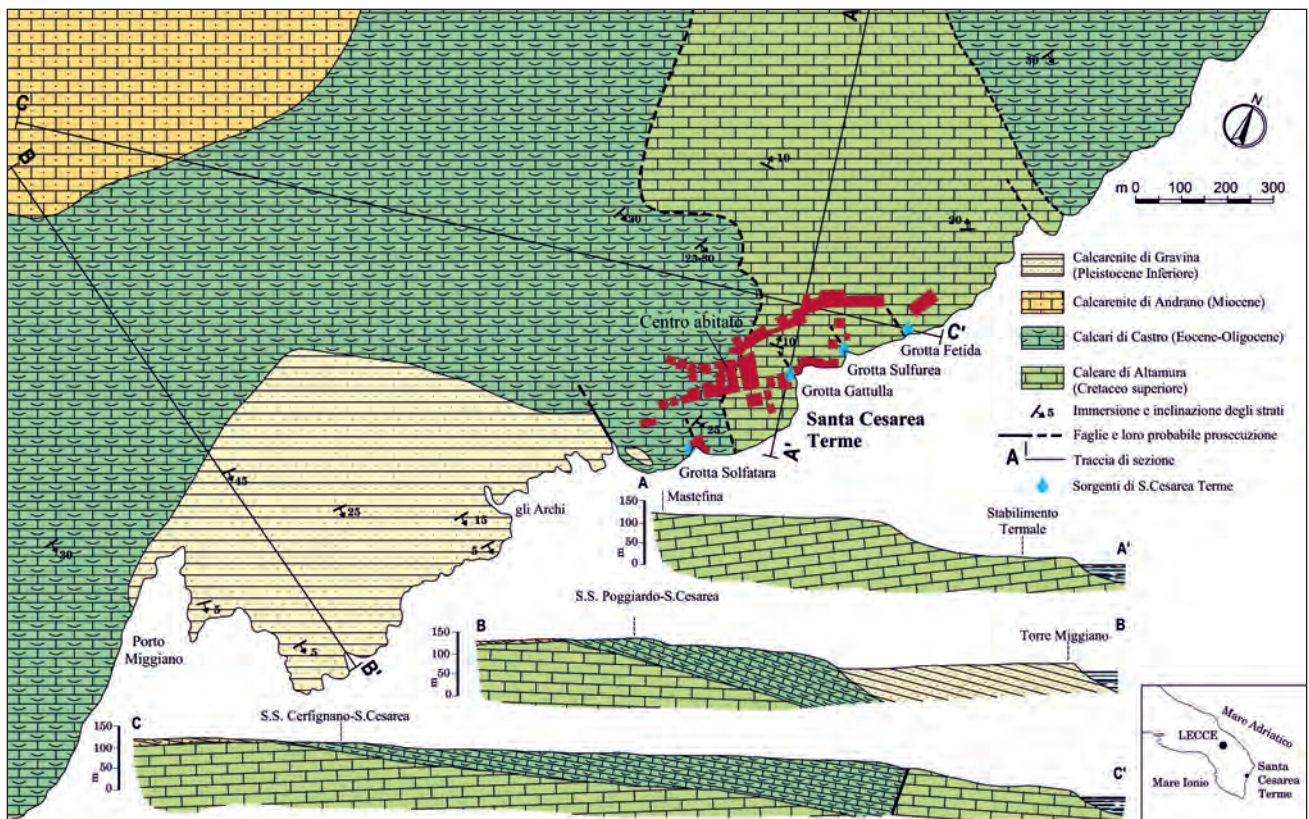


Fig. 4.74 - Geologia della zona di S. Cesarea Terme, con ubicazione delle sorgenti termali (mod., da ZEZZA, 1980).
- Geology of S. Cesarea Terme, with indication of the thermal springs (modified, from ZEZZA, 1980).

Tab. 4.4 - *Sorgenti di S. Cesarea Terme: valori delle concentrazioni, espresse in mg/l, dei cationi e degli anioni (da ZEZZA, 1990).*
 - S. Cesarea Terme springs: values of the concentrations of cations and anions, expressed in mg/l (from ZEZZA, 1990).

Sorgente	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	St ⁺⁺	I ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Fetida	-	8609.5	405.0	975.0	707.4	2.8	-	16062.5	198.3	2200.4	11.8
Sulfurea	0.80	1413.6	62.0	106.8	321.4	12.0	-	2672.5	274.9	400.0	13.0
Gattulla	0.14	1995.9	88.9	142.9	390.5	3.6	0.9	3805.0	273.4	520.2	13.4

Le acque del pozzo Palazzo che hanno caratteristiche idrochimiche confrontabili con quelle delle sorgenti, sono caratterizzate da una temperatura di circa 30°C e da un contenuto salino di circa 44 g/l, leggermente superiore a quello del Mar Adriatico (fig. 4.75) per la maggiore concentrazione di calcio giustificabile con l'ipotesi che queste acque, di origine marina e dunque per natura aggressive, una volta intruse nel continente siano rimaste intrappolate per lungo tempo in rocce-serbatoio a composizione calcarea nelle quali hanno inne-

scato un processo di dissoluzione in zona satura (COTECCHIA *et alii*, 1975). Inoltre, al maggiore contenuto di calcio si associa un maggiore contenuto di componenti minori quali iodio, bromo, fluoro, boro, stronzio e zolfo (tab. 4.5). Il carotaggio

Tab. 4.5 - *Caratterizzazione chimico-fisica dell'acqua captata dal pozzo Palazzo (analisi relative ad un campione prelevato dall'Università Di Napoli in data 25/11/2010).*

– Chemical-physical characterization of the water abstracted from the Palazzo well (analyses of a sample taken by the University of Naples on 25/11/2010).

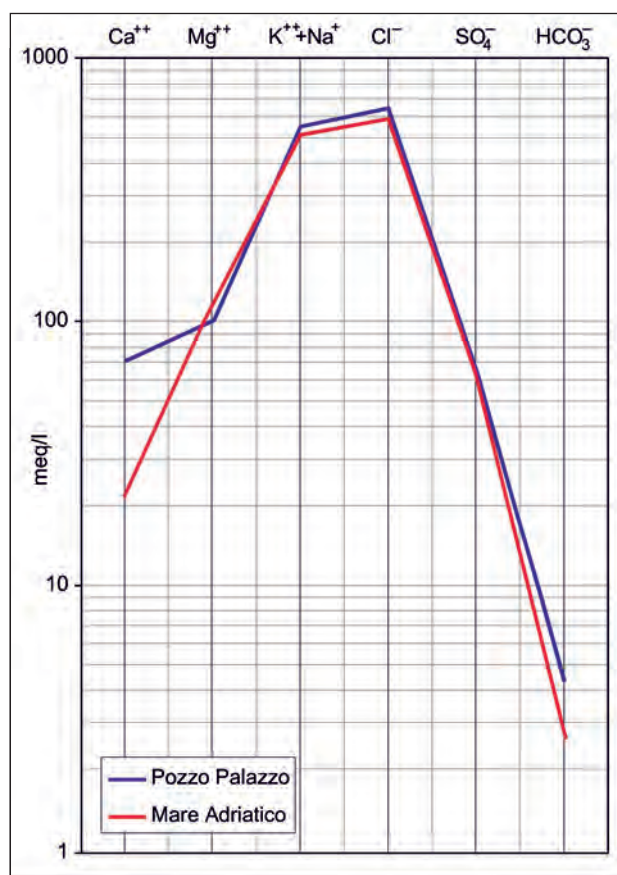


Fig. 4.75 - Sorgenti di S. Cesarea Terme: confronto tra il chimismo delle acque prelevate dal pozzo Palazzo e quello delle acque del Mar Adriatico attraverso i relativi diagrammi di Schoeller.

- S. Cesarea Terme springs: comparison between the chemical composition of water drawn from the Palazzo well and the Adriatic Sea water by the corresponding Schoeller diagrams.

Temperatura dell'acqua al prelievo	°C	30.2
Conducibilità elettrica specifica a 20°C	mS/cm	53.8
Residuo fisso a 180°C	g/l	44.4
Bicarbonati	mg/l	265
Cloruri	mg/l	22850
Solfati	mg/l	3075
Sodio	mg/l	12350
Potassio	mg/l	477
Calcio	mg/l	1415
Magnesio	mg/l	1225
Grado solfidrometrico	mg/l	11
Stronzio	mg/l	13.5
Litio	mg/l	0.39
Fluoruri	mg/l	2.5
Bromo	mg/l	98
Iodio	mg/l	0.9
Boro	mg/l	8.5

termo-salinometrico eseguito lungo la verticale del suddetto pozzo evidenzia la presenza di un'acqua di falda molto mineralizzata (con un contenuto salino minimo di 10 g/l) e discretamente termalizzata (con una temperatura minima di 24°C) solo nella parte superiore della colonna idrica, limitatamente ai periodi piovosi, passante rapidamente con la profondità ad acqua caratterizzata da un contenuto salino e da una temperatura rispettivamente di 38÷44 g/l e 28÷30°C (fig. 4.76).

Che l'area di Santa Cesarea Terme rivesta un interesse a dir poco nazionale è dimostrato dal fatto che la stessa è stata selezionata, insieme ad altri sette siti nell'Italia meridionale, per essere sottoposta a studi approfonditi nell'ambito del progetto Valutazione del potenziale Geotermico delle Regioni della convergenza (VIGOR, 2012), il cui fine ultimo è quello di individuare e realizzare interventi per ampliare il potenziale sfruttabile di energia geotermica sul territorio delle Regioni Campania, Calabria, Puglia e Sicilia. In tale ambito, per meglio chiarire le dinamiche idrogeologiche dell'area, fra le varie attività sono state eseguite, fra il 2011 e 2012, campagne di prelievi di acque sotterranee dolci, termali e di acqua di mare (POLEMIO *et alii*, 2012). Si può aggiungere, ad integrazione di quanto già detto sul chimismo delle acque presenti nel sottosuolo dell'area di Santa Cesarea, che le acque termali presentano una concentrazione di solidi totali disciolti anche di 58 g/l, temperature comprese fra 25°C a 33°C ed elevate concentrazioni di Litio, Stronzio, Ferro e Bromo, così come rilevato in passato (ZEZZA, 1980). La maggior parte delle concentrazioni degli elementi minori ed in traccia sono legate all'ambiente riducente delle acque termali (Redox variabile da -300mV a 30mV). I rapporti isotopici $\delta D - \delta^{18}O$ determinati su un campione di acqua dolce, su quelli termali (sorgivi e di pozzo) e di mare (fig. 4.77), indicano che il campione di acqua dolce che cade tra la *Global Meteoric Water Lines* (CRAIG, 1961) e la *Mediterranean Meteoric Water Lines* (GATT & CARMI, 1970), deriva da acque di infiltrazione di origine meteorica, mentre i campioni delle sorgenti, del pozzo termale (Palazzo) e del mare ricadono a destra delle due linee, indicando così un arricchimento in ^{18}O (POLEMIO *et alii*, 2012). Ciò potrebbe semplicemente essere giu-

stificato considerando l'interazione di ioni in soluzione con le molecole dell'acqua, in un sistema di fluido ad alta salinità, anche a basse temperature (GONFIANTINI, 1986).

Si può quindi affermare che il sistema termale di Santa Cesarea è il risultato di un miscelamento di tre tipi d'acqua o componenti: 1) acqua dolce sotterranea che deriva da infiltrazioni meteoriche

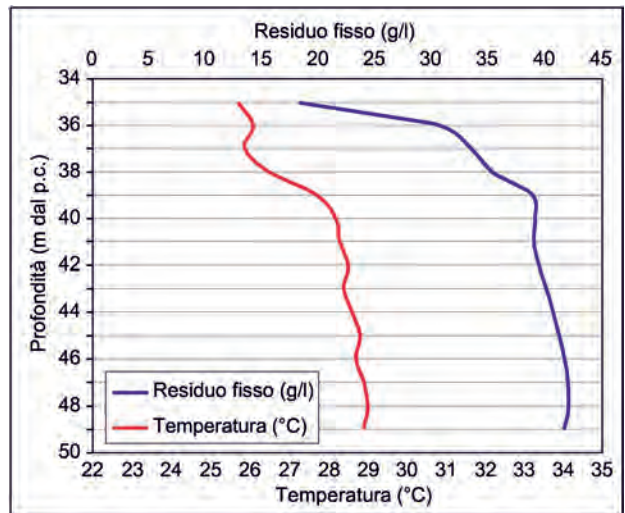


Fig. 4.76 - Sorgenti di S. Cesarea Terme: profili verticali di temperatura e residuo fisso relativi al pozzo Palazzo.

- S. Cesarea Terme springs: vertical profile of temperature and dry residue of the Palazzo well.

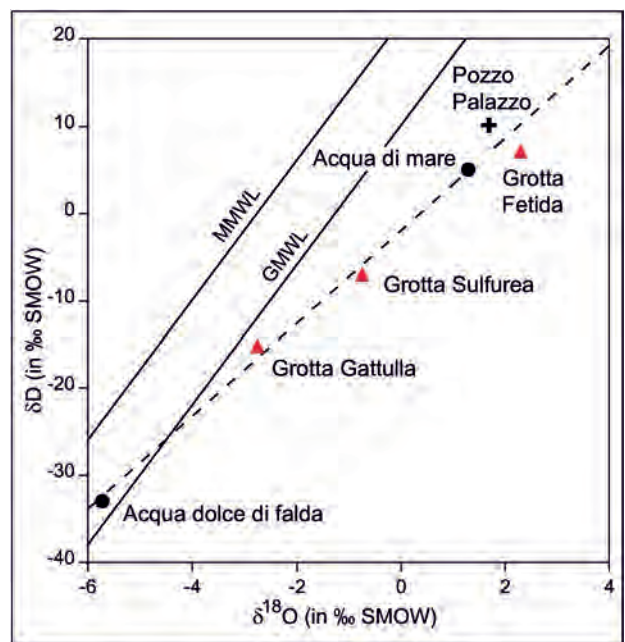


Fig. 4.77 - Rapporti isotopici $\delta D - \delta^{18}O$ per i campioni d'acqua prelevati a Santa Cesarea Terme (mod., da POLEMIO *et alii*, 2012).

- Isotopic ratios $\delta D - \delta^{18}O$ for the water samples taken at Santa Cesarea Terme (modified, from POLEMIO *et alii*, 2012).

negli affioramenti carbonatici; 2) acqua salina a causa di intrusione di acqua di mare; 3) un fluido termico salino ricco di zolfo di probabile origine marina (POLEMIO *et alii*, 2012).

Il complesso sorgentizio di Santa Cesarea Terme è stato oggetto di una costante attività di ricerca scientifica protesa a chiarire l'origine della solforazione e termalità delle acque. Già nel 1874 Cosimo De Giorgi formulò l'ipotesi che l'origine dell'idrogeno solforato delle acque sorgive fosse minerale, dovuta cioè alla scomposizione dei solfuri contenuti nella roccia calcarea in presenza dell'acqua termale proveniente da una profondità di 300÷400 m. Nel 1898 il Prof. Biginelli ipotizzò che l'origine dell'idrogeno solforato delle acque sorgive fosse invece batterica, dovuta cioè alla presenza nelle grotte di batteri responsabili della putrefazione e della fusione delle sostanze organiche, vegetali e animali, spinte nelle grotte dal moto ondoso del mare; detta ipotesi venne poi confermata dal Prof. Gorini sulla base dell'esame batteriologico svolto sulle acque sorgive.

A seguito di uno studio idrogeologico di dettaglio dell'area, nel 1980 il Prof. Zezza rigettò le conclusioni di De Giorgi e di Biginelli-Gorini e avanzò, a sua volta, l'ipotesi che la solforazione delle acque fosse dovuta alla riduzione dei solfati contenuti nelle acque di falda (a elevato contenuto salino) a contatto della sostanza organica contenuta nei depositi lignitici e calcarenitici del Miocene, delimitanti lateralmente gli alti strutturali del calcare su cui sorge il centro abitato di Santa Cesarea Terme; la riduzione dei solfati sarebbe responsabile anche del carattere termale delle acque sorgive, essendo esotermica (ZEZZA, 1980).

Dopo il 1980 sono stati condotti studi idrogeologici sistematici basati sul monitoraggio di una serie di pozzi profondi ubicati lungo la costa e nell'entroterra di Santa Cesarea Terme. Quanto riscontrato ha indotto a ritenere che le acque sulfuree termali provengono da livelli posti ad elevate profondità, ove si formano per riduzione dei solfati contenuti nelle acque di mare intruse nel continente a contatto della sostanza organica residente nei depositi calcarei, e che la loro emergenza avvenga in maniera concentrata attraverso un unico condotto carsico o un sistema di condotti molto vicini, in modo da indurre

sulle modalità di deflusso della falda e sulle sue caratteristiche termiche e saline effetti locali, variabili in funzione delle condizioni di marea (CALÒ *et alii*, 1983; CALÒ & TINELLI, 1995).

Più di recente MAGGIORE & PAGLIARULO (2004) hanno avanzato l'ipotesi che il carattere sulfureo e termale delle acque sorgive sia da imputare alla locale risalita, lungo direttrici preferenziali rappresentate da piani di faglia, di acque "connate", ovvero di acque marine fossili confinate in profondità nei calcari, soggiacenti al fondale del bacino del Mar Adriatico e dotate di elevate temperature in virtù di un normale gradiente geotermico.

4.5. – ACCERTAMENTI IDROGEOLOGICI AD OGGI SVOLTI ALLA SORGENTE CHIDRO: CRONACA DI UN DISASTRO ECOLOGICO IN ATTO

La sorgente Chidro (tab. 4.1f, fig. 4.4f) è costituita da un insieme di scaturigini, subaeree e subacquee ascensionali, che sgorgano lungo il litorale ionico a Sud-Est di Manduria, in agro dell'abitato di S. Pietro in Bevagna (TA). La figura 4.78 riporta una foto storica, degli anni '50, donde si evidenzia il fascino paesaggistico che al tempo la sorgente esprimeva quale geosito da proteggere. La figura 4.79 è invece l'immagine del territorio all'attualità, alla base della quale si notano la vasca e il canale principale della sorgente.

Le acque delle principali scaturigini affluiscono in una vasca naturale di forma imbutiforme, di estensione pari a circa 16.800 mq e profondità massima di circa 11 m (figg. 4.80, 4.81). Le pareti della suddetta vasca mostrano, nella parte superiore, depositi calcarenitici del Tirreniano e nella parte inferiore depositi argillosi del Calabriano. Al fondo affiorano le calcareniti del Calabriano e i sottostanti calcari del Cretaceo, nei quali si sviluppa la circolazione idrica sotterranea alimentante la sorgente in parola (COTECCHIA, 1956; COTECCHIA *et alii*, 1957; REINA, 1962; COTECCHIA, 1977). Dalla vasca le acque imboccano, verso Ovest, un canale largo circa 20 metri, il cui corso si sviluppa per circa 160 m parallelamente alla linea di costa, a tergo della specie di dune che divide la zona delle sorgenti dal mare. Lo sfocio delle acque avviene attraverso un ampio varco apertosi nelle dune.



Fig. 4.78 - Immagine aerea storica della sorgente Chidro (anno 1950).
- *Historical aerial image of the Chidro spring (year 1950).*



Fig. 4.79 - Foto aerea all'attualità del territorio che circonda la sorgente Chidro.
- *Up-to-date aerial photo of the area surrounding the Chidro spring.*

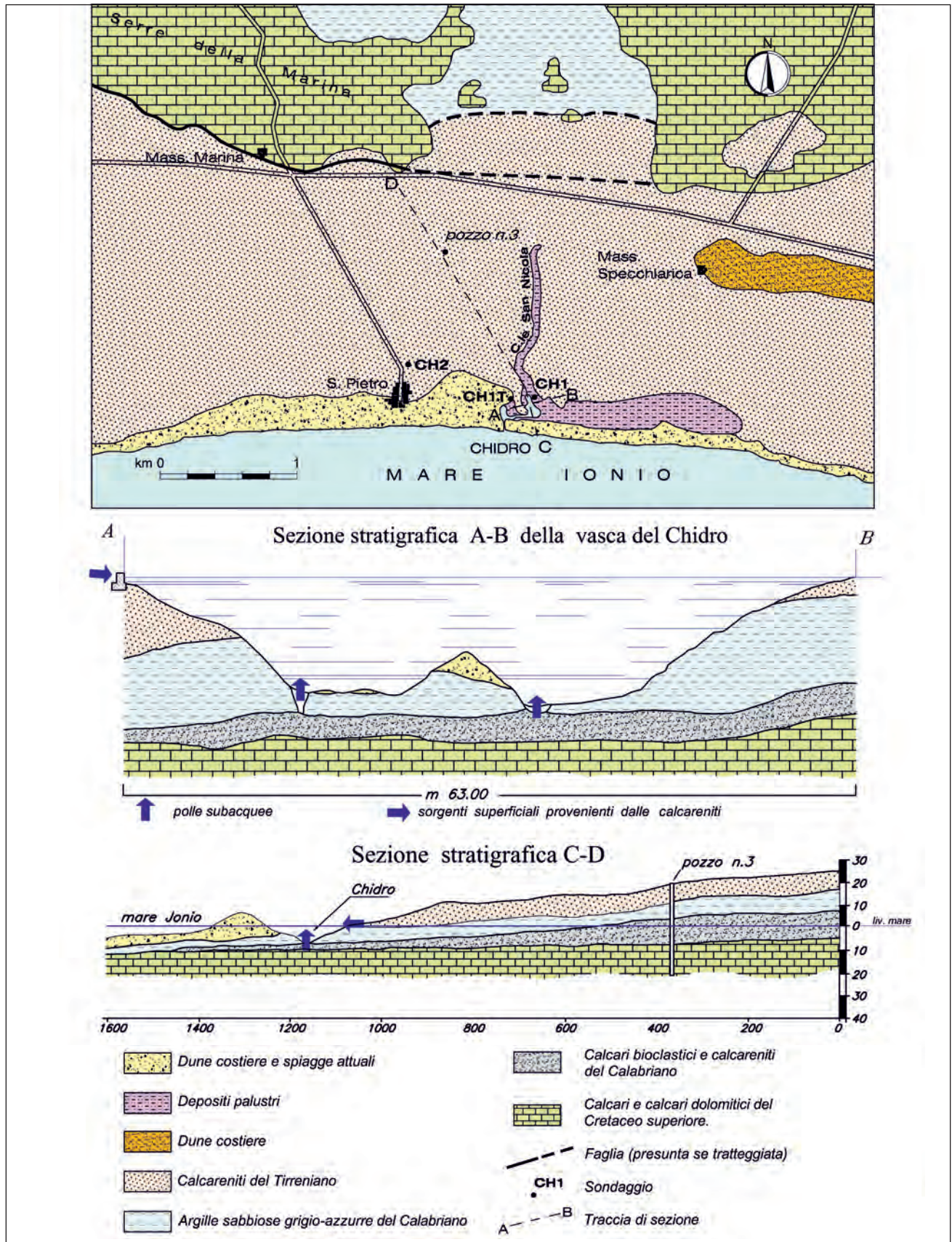


Fig. 4.80 - Carta geologica (da COTECCHIA, 1977) con ubicazione dei pozzi spia CH1, CH2 e CH1T e sezioni stratigrafiche (da COTECCHIA, 1956) della zona della sorgente Chidro.

- Geological map (after COTECCHIA, 1977) with location of the observation wells CH1, CH2 and CH1T, and stratigraphic sections (from COTECCHIA, 1956) of the Chidro spring area.

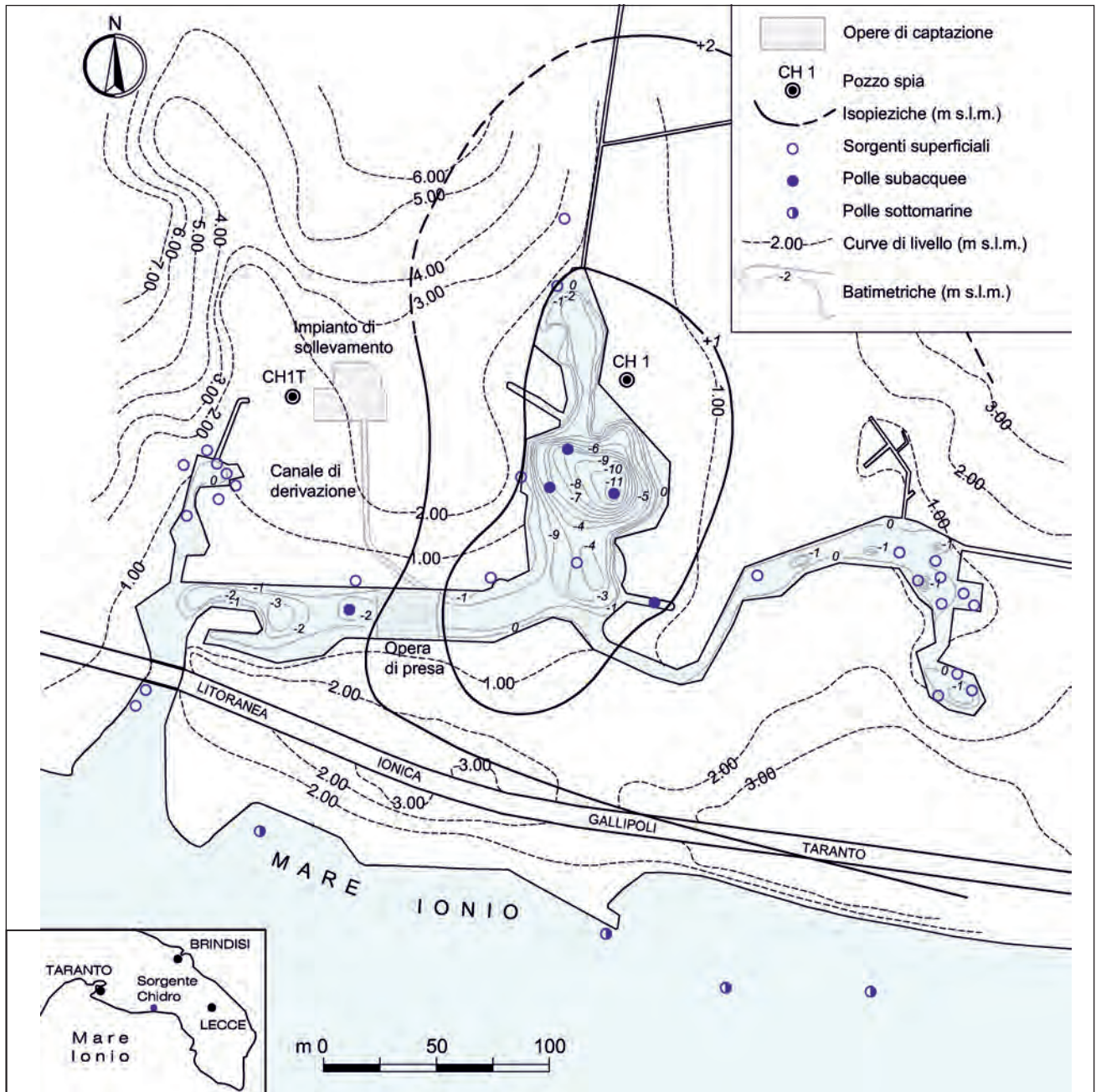


Fig. 4.81 - Planimetria della sorgente Chidro con l'ubicazione delle principali manifestazioni sorgentizie, indicazione della distribuzione delle quote piezometriche afferenti alle porzioni più superficiali della falda e ubicazione dei pozzi spia (da COTECCHIA *et alii*, 1975).

- Plan of Chidro spring, with location of the major springs, indication of the distribution of piezometric heads of the uppermost portions of groundwater and location of the observation wells (from COTECCHIA *et alii*, 1975).

Le polle subacquee ascensionali scaturiscono dal fondo della vasca, laddove l'esigua copertura argillosa è stata naturalmente perforata dalle acque in pressione della falda profonda circolante nella formazione calcarea. Esse rappresentano il principale apporto idrico sorgentizio, che si manifesta con un visibile ribollimento di sabbia, in uno scenario suggestivo sotto il profilo naturalistico.

Le sorgenti subaeree, disposte lungo un fronte

all'incirca parallelo alla costa, scaturiscono invece dalle calcareniti del Tirreniano ivi affioranti. L'estesa presenza di sorgenti subaeree e polle subacquee, aventi comportamenti idraulici differenti fra loro, rendono complessa l'articolazione planimetrica di questa imponente manifestazione sorgentizia, di rilevante interesse sia scientifico sia agli effetti dell'approvvigionamento idrico regionale.

Questi sono i motivi che inducono a soffermarsi

qui particolarmente sui risultati delle indagini condotte negli ultimi 50 anni in corrispondenza di detta sorgente. Particolare importanza viene data infatti all'interpretazione dei risultati ottenuti dagli accertamenti idrogeologici, condotti alla fine degli anni '60 in due pozzi spia (CH1 e CH2), realizzati con fondi CNR, e poi nel pozzo spia CH1T di recentissima esecuzione grazie al contributo del Progetto Tiziano.

4.5.1. – Lineamenti geoidrologici dell'area e ipotesi sulla genesi della sorgente

La formazione della scaturigine è dovuta all'erosione dei sedimenti tirreniani superficiali, contenenti

acque freatiche, le quali, intercettate dalla superficie topografica del terreno, vengono a giorno costituendo delle vere e proprie risorgive (COTECCHIA, 1956). Le acque freatiche contenute nei depositi superficiali provengono in ogni caso dalla falda profonda, che risale lungo discontinuità della formazione argillosa. L'erosione prodotta dalle acque di ruscellamento superficiale sulle argille sottostanti ha determinato il loro progressivo assottigliamento, tale da rendere in alcuni punti la formazione argillosa inefficace agli effetti del contenimento delle acque della falda profonda (fig. 4.82). Il fenomeno è stato poi accentuato dalla presenza di un dosso nel substrato calcareo cretaceo, posto proprio in corrispon-

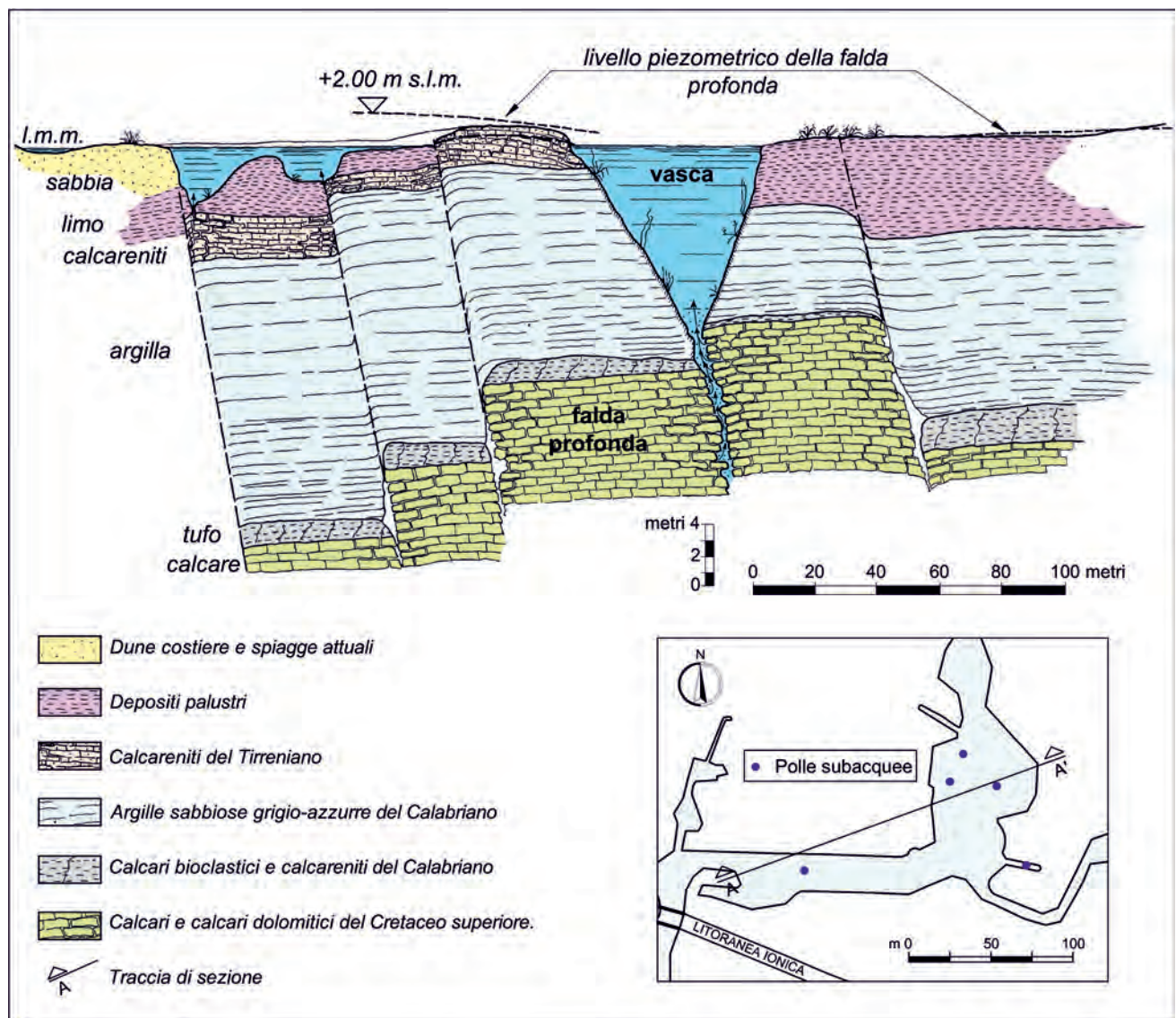


Fig. 4.82 - Sezione litostratigrafica in prossimità della vasca della sorgente Chidro.
– Lithostratigraphic section in the proximity of the tank of the Chidro spring.

denza dell'attuale vasca del Chidro. La successiva erosione prodotta dalle acque fluenti ha prodotto l'attuale vasca di raccolta, a forma grossolanamente imbutiforme, al cui fondo è ubicato il gruppo di polle che eroga circa l'85% della portata complessiva della sorgente. In corrispondenza della vasca è visibile in particolare il contatto tra le argille e le calcareniti, che

con esiguo spessore ricoprono i calcari del Cretaceo. Queste calcareniti presentano infatti i massimi spessori, dell'ordine di 10÷20 m, lontano dalla costa, per ridursi a modestissimi diaframmi in prossimità della costa. In figura 4.83 sono riassunte schematicamente le varie fasi che avrebbero determinato la genesi della sorgente (REINA, 1961).

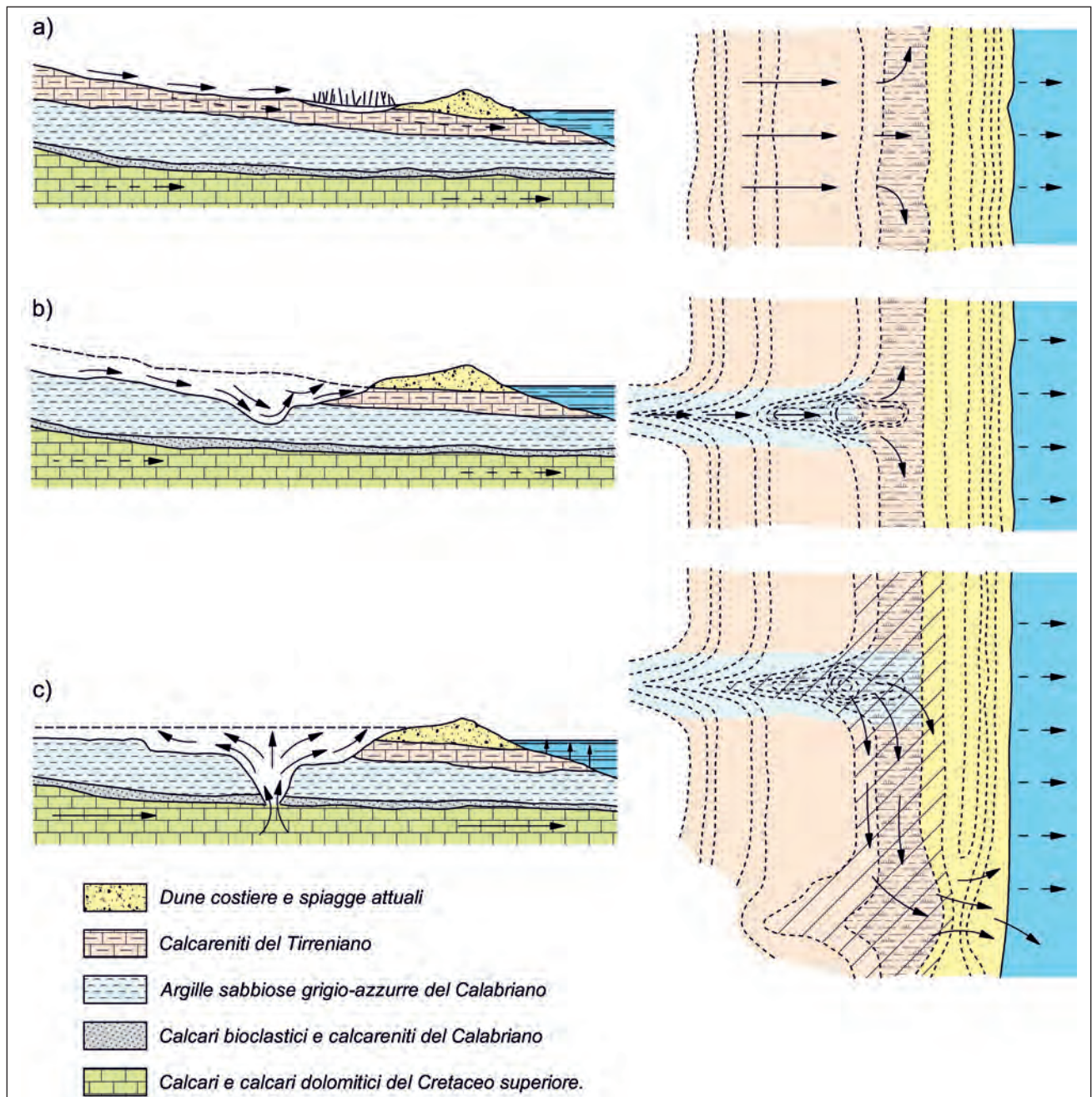


Fig. 4.83 - Genesi geomorfologica della sorgente Chidro (mod., da REINA, 1961): a) la falda profonda defluisce oltre la linea di costa a causa dello sbarramento operato dalla formazione argillosa; b) l'erosione produce il progressivo assottigliamento della formazione argillosa; c) lo spessore della formazione argillosa non è più sufficiente a contenere in pressione la falda profonda che viene a giorno determinando, per erosione, l'attuale vasca di raccolta.

- *Geomorphological genesis of the Chidro spring (modified from REINA, 1961): a) the deep groundwater flows beyond the coastline because of the clay barrier; b) the erosion causes the progressive thinning of the clay formation; c) the clay formation thickness is no longer sufficient to keep the groundwater in confined conditions, thus the latter comes at light and creates, by erosion, the current collection tank.*

Considerata la notevole portata defluente, che secondo i risultati dei monitoraggi condotti dal Servizio Idrografico già a partire dagli anni venti del secolo scorso era mediamente di 2600 l/s circa, la Sorgente Chidro è stata oggetto di ripetute indagini idrogeologiche a partire dagli anni cinquanta. Già dai primi studi condotti era possibile valutare la sostanziale costanza del chimismo delle acque sorgentizie, il cui contenuto salino si aggirava intorno ai 3,5 g/l (COTECCHIA, 1956; COTECCHIA *et alii*, 1957).

Le indagini eseguite dimostravano, inoltre, inequivocabilmente, l'influenza esercitata dal mare sia sullo stato quantitativo che qualitativo delle acque sorgentizie.

4.5.2. – Indagini condotte negli anni '70

Indagini più approfondite venivano condotte tra il 1966 e il 1972 dal CNR-IRSA nell'ambito del progetto finalizzato al rilevante problema della tutela delle acque sotterranee del Salento, per lo sviluppo dell'irrigazione e la ricerca di approvvigionamenti idrici per i comparti potabile e industriale. I risultati acquisiti da detti studi dovevano costituire una preziosa premessa agli effetti dell'attuazione del Progetto Speciale n. 14, che la Cassa per il Mezzogiorno aveva predisposto a favore dell'approvvigionamento idrico delle regioni Puglia e Lucania.

Gli studi allora condotti su alcune aree particolari, per le loro caratteristiche idrogeologiche, consentirono di ottenere nella zona della sorgente Chidro le prime informazioni riguardanti soprattutto la falda profonda (MAGRI & TAZIOLI, 1968; COTECCHIA *et alii*, 1973; COTECCHIA *et alii*, 1975; TADOLINI & ZANFRAMUNDO, 1975).

4.5.2.1. – Morfologia della superficie piezometrica e distribuzione della concentrazione salina dell'acqua di falda

Sulla base dei dati piezometrici raccolti in una serie di pozzi ubicati in prossimità della sorgente è stato possibile ricostruire la superficie piezometrica della falda (fig. 4.84). Nel caso in esame è necessario specificare, a causa di quanto si osserva più avanti

circa la variazione con la profondità dei carichi idraulici, che detta superficie piezometrica riguarda la porzione superiore della falda profonda regionale. È da evidenziare al riguardo che, mentre ad occidente della sorgente i carichi piezometrici assumono valori superiori a 3 m s.l.m., ad oriente essi assumono valori intorno a 2 m s.l.m. Detta circostanza è da imputare allo sbarramento esercitato dalle Argille del Calabriano sulla falda, che agisce in modo diverso nelle due aree, ossia in quella di Nord-Ovest e in quella di Nord-Est, in relazione alla quota rispetto al livello marino da esso raggiunta. Nella porzione occidentale si ha, infatti, che la formazione argillosa si protende con notevole profondità sotto al livello marino, determinando uno sbarramento per la falda e lo spostamento del luogo dei punti estremi dell'interfaccia (linea I, fig. 2.1) in mare, e quindi la presenza di notevoli carichi piezometrici nel continente. Nelle porzioni orientali si ha invece una significativa riduzione dello spessore della formazione argillosa, che comporta l'arretramento della linea I che si approssima grossomodo alla linea di costa, determinando quindi inferiori carichi piezometrici della falda nel continente. In prossimità della sorgente la superficie piezometrica subisce un significativo abbassamento, portandosi ad una quota dell'ordine di 1 m s.l.m. (fig. 4.84).

È stato altresì possibile ricostruire l'andamento delle isoaline riguardanti le porzioni più superficiali

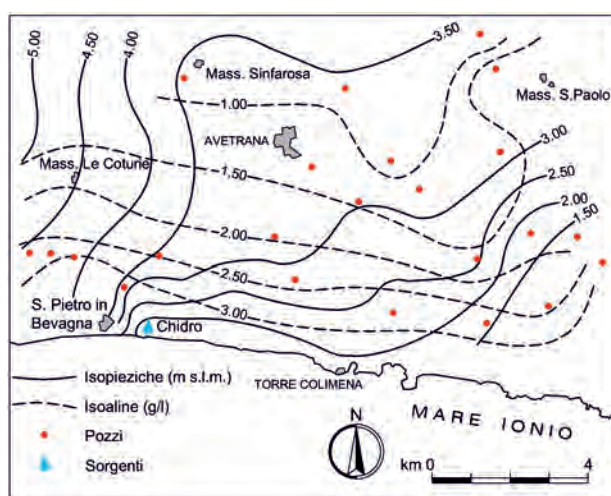


Fig. 4.84 - Superficie piezometrica e distribuzione delle isoaline rilevate (anni '70) al tetto della falda profonda in prossimità della sorgente Chidro (da COTECCHIA, 1977).

- Piezometric surface and distribution of isohalines observed in the 1970s at the top of the deep groundwater in the proximity of the Chidro spring (from COTECCHIA, 1977).

della falda profonda, che indica un significativo miglioramento della qualità delle acque di falda all'aumentare della distanza dalla costa. La concentrazione salina, che in prossimità della sorgente è dell'ordine di $3,5 \div 4$ g/l, si riduce a circa 2g/l ad una distanza di circa 2 km dalla linea di costa, a monte della sorgente.

4.5.2.2. – Variazione con la profondità dei carichi piezometrici riscontrati nell'esecuzione dei pozzi spia CH1 e CH2

Di particolare interesse sono i pozzi spia CH1 e CH2, realizzati in prossimità della sorgente nell'ambito delle ricerche effettuate con finanziamento del CNR-IRSA (fig. 4.80), essi sono penetranti nell'acquifero carbonatico di base sino a profondità tali da raggiungere l'acqua di mare intrusa nel continente, presente alla base della falda di acqua dolce alimentante la sorgente. La stratigrafia desunta dal sondaggio CH1 rilevava la presenza, in profondità, di diversi livelli di roccia carsificata, separati tra loro da livelli di roccia compatta di spessore talora considerevole, coincidenti con le quote ove la falda ha mantenuto stazionario il suo livello di base per un sufficiente intervallo di tempo. A tal riguardo è da sottolineare la presenza, nel sondaggio CH1, di un livello particolarmente carsificato ad una profondità compresa tra 100 e 120 m sotto il livello del mare, che coinciderebbe con lo stazionamento del livello del mare durante l'ultimo periodo glaciale, all'incirca $20 \div 22.000$ anni fa (COTECCHIA & MAGRI, 1967; VAI & CANTELLI, 2004).

Nel corso della perforazione del pozzo CH1 è stato rilevato un incremento del carico piezometrico della falda all'aumentare della profondità del pozzo. In particolare, si è rilevata una differenza di altezza piezometrica tra l'inizio della perforazione ed il completamento del pozzo pari a 2 m. Considerata la possibilità, successivamente verificata, che detta differenza di carico idraulico potesse determinare correnti verticali ascendenti e quindi un'alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque di falda nel pozzo, esso fu attrezzato con celle, ciascuna ispezionabile separatamente dalla superficie attraverso opportuni piezometri (fig. 4.85). Ciò ha consentito di ricostruire l'effettiva

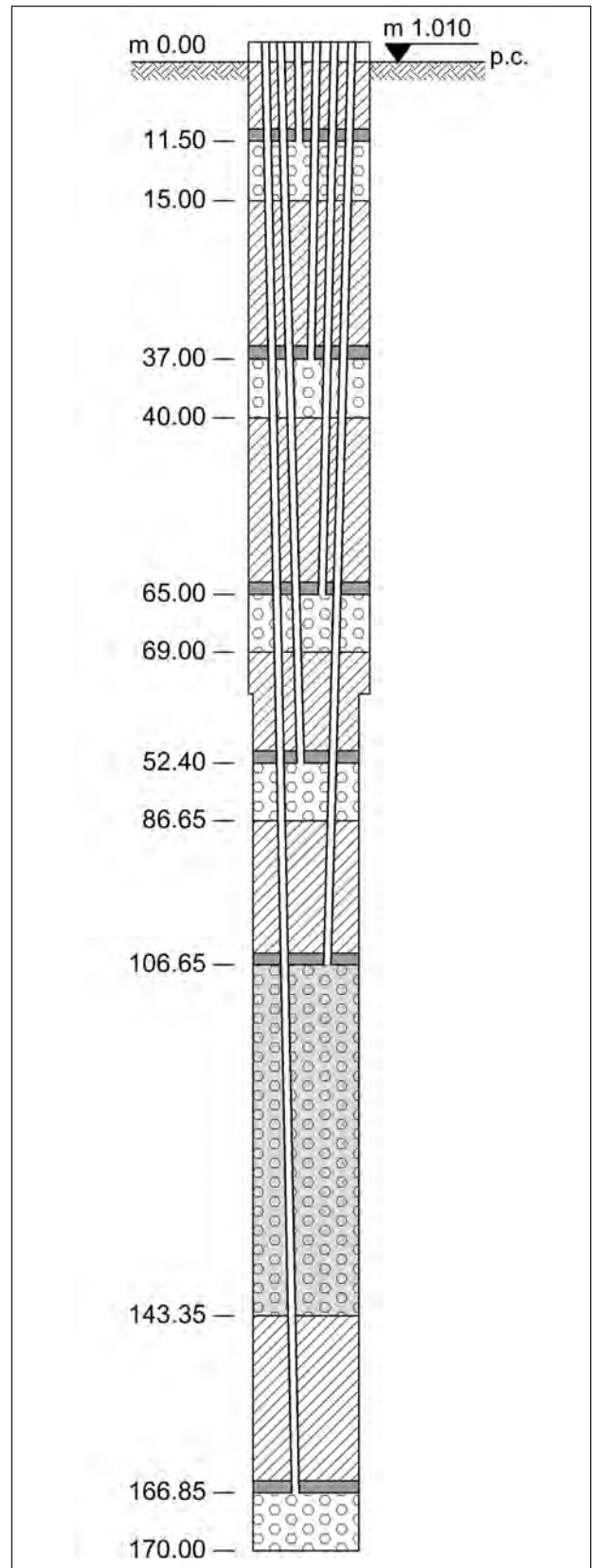


Fig. 4.85 - Disposizione a celle isolate da cementazioni nel pozzo spia CH1, perforato in prossimità della vasca del Chidro, a 250 m circa dal Mar Ionio (da COTECCHIA, 1977).

- Cells pattern, isolated by cementing in the CH1 observation well, drilled in the proximity of the Chidro tank, about 250 kilometres from the Ionian Sea (from COTECCHIA, 1977).

stratificazione salina della falda subito a monte della sorgente, oltre che determinare, con rigore, i carichi piezometrici afferenti ai diversi livelli idrici intercettati dal pozzo.

Un'ulteriore prova dell'esistenza, nell'area in esame, di livelli idrici aventi differenti carichi idraulici scaturiva anche dalla presenza di correnti verticali nel pozzo CH2. In particolare, fu osservata l'esistenza di correnti ascendenti, in linea con la crescita dei carichi idraulici osservata nel pozzo CH1. L'incremento dei carichi piezometrici con la profondità può trovare giustificazione sia in differenti condizioni di alimentazione per i diversi livelli idrici intercettati, che potrebbero non essere comunicanti tra loro, sia in condizioni di flusso tridimensionali, queste ultime imputabili alla forte azione drenante operata, in modo concentrato, dalla sorgente sulla falda profonda.

L'incremento dei carichi piezometrici con la profondità giustifica, in parte, la notevole profondità entro cui avviene il passaggio alla sottostante acqua di mare, molto maggiore di quella desumibile dalla semplice applicazione della relazione di Ghyben-Herzberg (par. 2.3).

4.5.2.3. – Variazione con la profondità del chimismo delle acque di falda rilevato nei pozzi spia CH1 e CH2

I carotaggi multiparametrici eseguiti nelle 6 celle in cui sono stati suddivisi il pozzo CH1 e il pozzo CH2 (figg. 4.86, 4.87) hanno indicato una sostanziale costanza del contenuto salino nei primi 120 m circa di falda. Il pozzo CH1 ha indicato valori di concentrazione salina pari a circa 3,5-4 g/l nelle celle n. 6, 5, 4, 3 e nella parte superiore della cella n. 2. Nell'ambito della cella n. 2, nello spessore di acquifero compreso tra le quote pari a circa -120 ÷ -133 m s.l.m., si è osservato il passaggio alla sottostante acqua di mare tramite una zona di transizione di spessore modesto. Analoga situazione è stata riscontrata nel pozzo CH2. I due pozzi hanno mostrato invece sostanziali differenze nella distribuzione con la profondità della temperatura e della velocità di filtrazione, e ciò a causa della presenza di correnti verticali. Va infine evidenziato, come già illustrato nel paragrafo 2.3, che misure di sali-

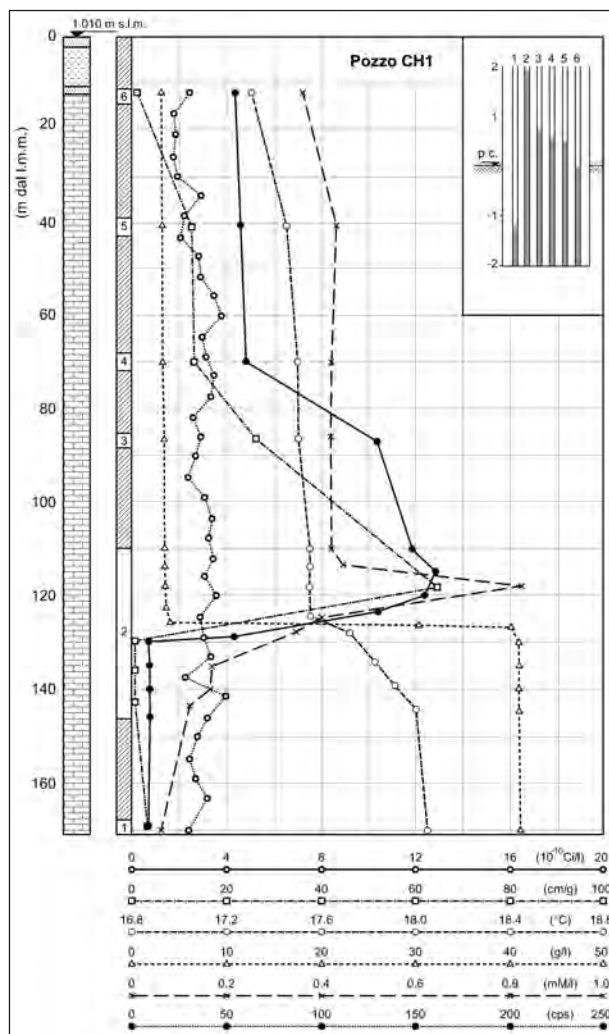


Fig. 4.86 - Valori del tenore in radon (Ci/l), della velocità di filtrazione (cm/g), della temperatura (°C); del contenuto salino (g/l), di anidride carbonica (mM/l), e della radioattività naturale dell'acquifero (cps), misurati nelle 6 celle del pozzo CH1. In alto i carichi piezometrici dei vari livelli acquiferi intercettati dalle celle, riferiti al piano campagna (da COTECCHIA, 1977).

- Values of radon content (Ci/l), flow velocity (cm/g), temperature (°C), salt content (g/l), carbon dioxide (mM/l), and natural radioactivity of the aquifer (cps), measured in the 6 cells of the well CH1. At the top, the figure shows the piezometric heads of the various aquifer levels intercepted by the cells, referred to the ground level (from COTECCHIA, 1977).

nità condotte in continuo per circa 2 anni nelle celle del pozzo CH1 hanno rilevato una certa stabilità delle caratteristiche qualitative dell'acqua di falda. La zona di transizione rilevata nel pozzo CH1, all'epoca in cui dette indagini furono condotte (1968÷1970), non subiva infatti significative variazioni di forma e posizione, se non uno spostamento di qualche metro del letto della zona di transizione come risposta a precipitazioni poco intense ma di lunga durata.

Determinazioni del contenuto in C¹⁴ evidenzia-

vano che i livelli idrici più profondi sono anche quelli più antichi, caratterizzati da una lunga permanenza nell'acquifero. Le misure di temperatura e di Radon condotte alla sorgente e nei pozzi CH1 e CH2 sembrano inoltre indicare che le acque di falda più profonde sono quelle che alimentano le polle subacquee del Chidro, mentre quelle più superficiali alimentano le manifestazioni sorgentizie provenienti dalle calcareniti del Tireniano (COTECCHIA, 1977; MAGRI & TAZIOLI, 1968).

4.5.2.4. – Regime della sorgente

Gli studi condotti tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '70 consentivano di verificare che la portata della sorgente è influenzata dalle variazioni del carico piezometrico provocato sulla vasca dalle oscillazioni del mare, quelle che si trasmettono impulsivamente lungo il canale di sfocio. È stato inoltre possibile verificare l'assenza di correlazione tra la portata nel canale di sfocio e la rispettiva altezza idrometrica, rendendo impossibile il tracciamento delle curve di portata relative alle sezioni di misura, e ciò a causa dell'azione esercitata dal mare. Le variazioni del livello mare agiscono, infatti, sia sul canale di sfocio sia sul carico piezometrico della falda alimentante la sorgente.

4.5.3 – Indagini condotte di recente nel periodo 2011÷2012

Nel periodo Settembre 2011÷Febbraio 2012, d'intesa con il RUP Ing. R. Polieri, nell'ambito del Sistema di Monitoraggio della Regione Puglia ("Progetto Tiziano"), sono state condotte alcune determinanti indagini idrogeologiche in corrispondenza della sorgente Chidro, con il fine di verificare ad oggi lo stato qualitativo e quantitativo della sorgente e, più in generale, della falda profonda carsica che l'alimenta, a distanza di circa 40 anni dalle indagini e ricerche effettuate dal CNR-IRSA (COTECCHIA, 1977). Le indagini hanno inoltre consentito di ottenere importanti informazioni utili alla comprensione delle dinamiche che caratterizzano l'affioramento della falda profonda carsica in prossimità della sorgente, anche in relazione alle oscillazioni del livello mare.

È stato realizzato a detti fini il "pozzo spia" CHIT, ad una distanza di circa 100 m dalla polta principale della sorgente e di circa 180 m dalla linea di costa, perforato con la tecnica della distruzione di nucleo sino alla profondità di 177,00 m dal p.c. (figg. 4.80, 4.88). La perforazione effettuata ha incontrato dal piano campagna sino alla profondità di 19,50 m dei depositi argillosi di colore grigio-azzurro, a tratti passanti a dei limi sabbiosi e/o sabbie di colore più chiaro. In detti depositi le associazioni

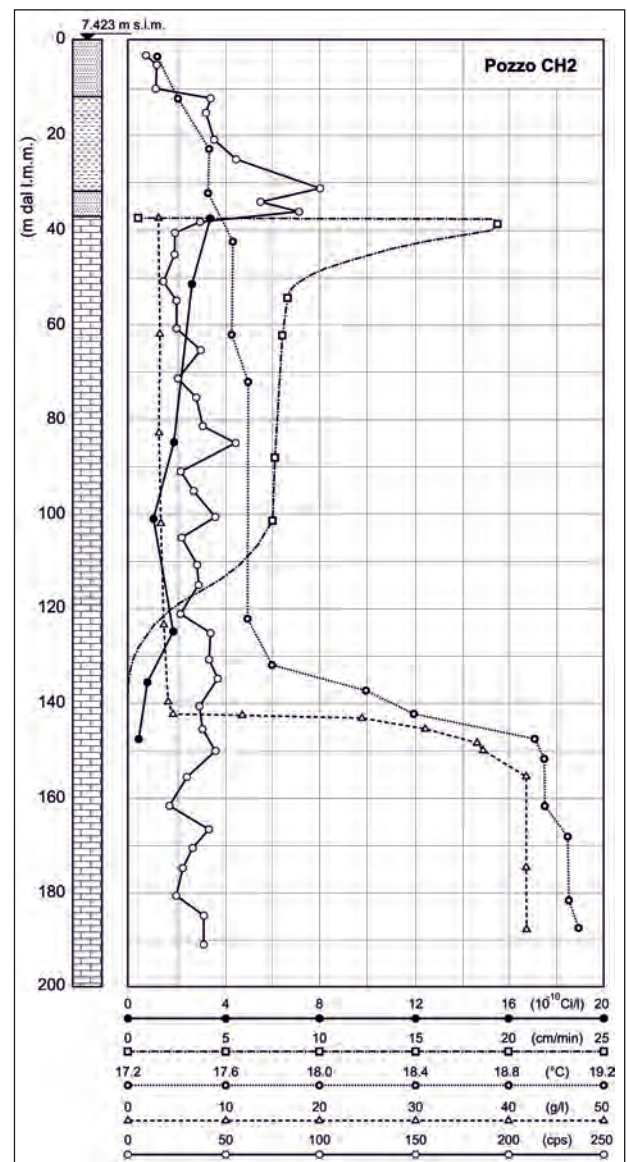


Fig. 4.87 - Valori del tenore in radon (Ci/l), della velocità della corrente verticale ascendente (cm/min), della temperatura (°C), del contenuto salino (g/l) e della radioattività naturale dell'acquifero (cps), misurati nel pozzo CH2 (da COTECCHIA, 1977).

- Values of radon content (Ci/l), velocity of upward vertical flow (cm/min), temperature (°C), salt content (g/l), and natural radioactivity of the aquifer (cps), measured in the well CH2 (from COTECCHIA, 1977).

Rinvenimento falda (m IGM)	Quote assolute (m IGM)	Quote da p.c. (m)	Spessore strati (m)	Stratigrafia POZZO CH1T	Descrizione del terreno
2.10	2.18	0.00			
	0.68	1.50	18.00		Materiale di riporto e terreno vegetale
-17.32	-17.32	19.50	18.50		Argilla limo-sabbiosa di colore grigio-azzurro con livelli sabbiosi di colore più chiaro
	-35.82	38.00	1.50		Calcare dolomitico grigiastro fratturato con intercalazioni di terra rossa
	-35.32	39.50	10.50		Terra rossa
	-47.82	50.00	10.00		Calcare dolomitico compatto
	-57.82	60.00	57.00		Calcare dolomitico grigiastro prevalentemente compatto
	-114.82	117.00	6.00		Calcare bianco
	-120.82	123.00	6.00		Calcare bianco con terra rossa
	-126.82	129.00	18.00		Calcare bianco
	-144.82	147.00	12.00		Calcare dolomitico grigiastro
	-156.82	159.00	18.00		Calcare bianco
	-174.82	177.00			

Fig. 4.88 - Stratigrafia del pozzo spia CH1T desunta dalla perforazione eseguita il 9 settembre 2011.

- *Litologic log of the observation well CH1T obtained from drilling performed on 9 September 2011.*

a nannofossili rinvenute sono indicative della parte alta del Calabriano (Pleistocene inferiore) e della parte inferiore dello Ioniano (Pleistocene medio) (COHEN & GIBBARD, 2011). In particolare, la presenza di *Gephyrocapsa omega* farebbe riferire i campioni ad un'età compresa tra 0.95 Ma e 0.58 Ma, *range* temporale tra la comparsa e la scomparsa di questa specie nel Bacino del Mediterraneo. Lo studio delle associazioni a foraminiferi ha indicato la presenza di *Hyalina baltica*, la quale darebbe un limite inferiore di età, cioè non più vecchio dell'Emiliano, e ciò in quanto la specie compare 1.492 Ma (LOURENS *et alii*, 1998).

Al di sotto della formazione argillosa è stata rilevata la presenza del basamento carbonatico mesozoico, costituito da una alternanza di calcari e dolomie ascrivibili alla formazione del Calcare di

Altamura. Nella suddetta formazione, ad una profondità di -17,32 m s.l.m. è stata rinvenuta la falda profonda carsica, circolante in pressione, per la presenza dei sovrastanti depositi impermeabili (argille grigio-azzurre). La quota piezometrica si stabilizza a circa 2,10 m s.l.m., cioè quasi in prossimità del piano campagna.

Nella formazione carbonatica rinvenuta, sia le dolomie microcristalline che i calcari micritici risultano essere essenzialmente compatti. Fanno eccezione alcuni tratti (fra 20 e 60 m dal p.c. e 117 e 129 m) caratterizzati da intensa fratturazione e da vuoti carsici di dimensioni variabili, occlusi talvolta da terre rosse. Si segnala, inoltre, analogamente a quanto osservato per il pozzo CH1, la presenza di terre rosse a circa 120 m sotto il livello del mare, che coincide con il livello di stazionamento del mare durante l'ultimo periodo glaciale, ossia 22.000 anni fa.

4.5.3.1. – Variazione con la profondità del chimismo della falda profonda rilevata nel pozzo spia CH1T

L'analisi della variazione con la profondità dei caratteri chimico-fisici delle acque di falda nel pozzo CH1T è stata possibile grazie all'esecuzione di tre log multiparametrici. Il primo log è stato eseguito il 15.09.2011 (fig. 4.89), mentre gli altri due il giorno 1/12/2011, ad alcune ore di distanza l'uno dall'altro in modo da porsi in diverse condizioni di marea (fig. 4.90). Le indagini eseguite hanno evidenziato che, a partire dalla quota di rinvenimento della formazione carbonatica cretacea, ossia dal tetto della falda, e sino a quote dell'ordine dei -45÷-50 IGM, la conducibilità elettrica specifica a 20° dell'acqua di falda misurata è in sostanza costante, pari a circa 5,7÷5,8 mS/cm, cui corrisponde una concentrazione salina pari a circa 4,2÷4,3 g/l. Alla stessa profondità la falda presenta una temperatura di poco inferiore a 18°C e valori di ossigeno disciolto compresi nell'intervallo 4÷5 mg/l. Procedendo verso il basso, è stato osservato un incremento della concentrazione salina dell'acqua di falda, che passa improvvisamente a valori notevolmente superiori, dell'ordine di 20 g/l, producendo nel log salinometrico un gradino in corrispondenza di una quota

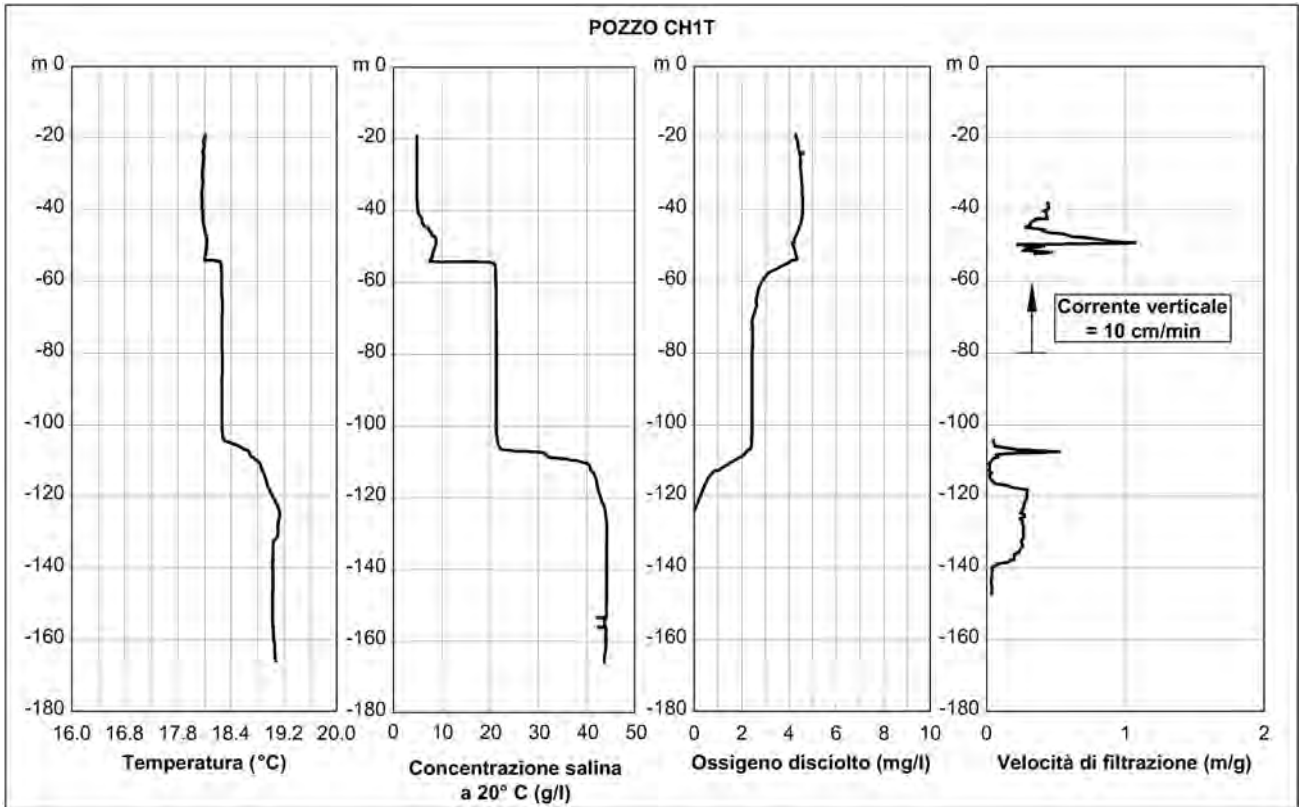


Fig. 4.89 - Log multiparametrico eseguito il giorno 15/9/2011 in corrispondenza del pozzo spia CH1T, con indicazione dei risultati ottenuti dalle misure di velocità di filtrazione e correnti verticali eseguite nel mese di febbraio 2012.

- Multi-parameter log performed on 15 September 2011 in the observation well CH1T, with indication of the results obtained from the flow velocity and vertical flows measurements performed in February 2012.

pari a circa -50 m IGM. Detto gradino è riscontrabile anche dai log della temperatura e dell'ossigeno disciolto, che indicano, in particolare, una riduzione dei caratteri di mobilità per le acque di falda all'aumentare della profondità. Nelle porzioni superiori della falda, ossia sino a quote dell'ordine dei -45÷-50 m IGM, sono stati, infatti, misurati i massimi valori d'ossigeno disciolto ed i minimi valori di temperatura, ad indicare una maggior mobilità delle acque sotterranee e minori tempi di residenza, proprio dove queste presentano una concentrazione salina inferiore. All'aumentare della profondità, procedendo quindi oltre il gradino di conducibilità elettrica riscontrato nel log, si rileva una riduzione dell'ossigeno disciolto ed un aumento della temperatura, indicanti una probabile riduzione della velocità di filtrazione della falda e comunque la sua possibile provenienza da circuiti lunghi e profondi. Ulteriori riduzioni di ossigeno disciolto e temperatura sono registrate nell'ambito della zona di transizione all'acqua di mare intrusa nel continente.

Il pozzo è stato oggetto di misure di velocità di filtrazione e di correnti verticali. Esse sono state eseguite marcando il pozzo con un tracciante a tre differenti quote, pari a circa -130 m, -80 m e -50 m IGM ed eseguendo, a prestabiliti intervalli, dei log atti a rilevare la variazione di concentrazione del tracciante stesso nel pozzo (par. 9.3). Queste hanno chiaramente indicato la presenza di una corrente verticale tra le profondità -80 e -50 m IGM dell'ordine di alcuni cm/min. Si è inoltre osservata la progressiva rapida scomparsa del tracciante immesso a -80 m IGM, che a circa -50 m IGM non era più riscontrabile nel pozzo.

I log eseguiti dopo il marcamento del pozzo a circa -50 m IGM hanno confermato l'esistenza di una significativa velocità di filtrazione, dell'ordine di 0,4-1 m/g ed una sostanziale assenza di correnti verticali. Proprio l'esistenza di detta notevole velocità di filtrazione può essere la causa della scomparsa del tracciante immesso a circa -80 m IGM. Le misure eseguite indicano quindi l'esistenza di

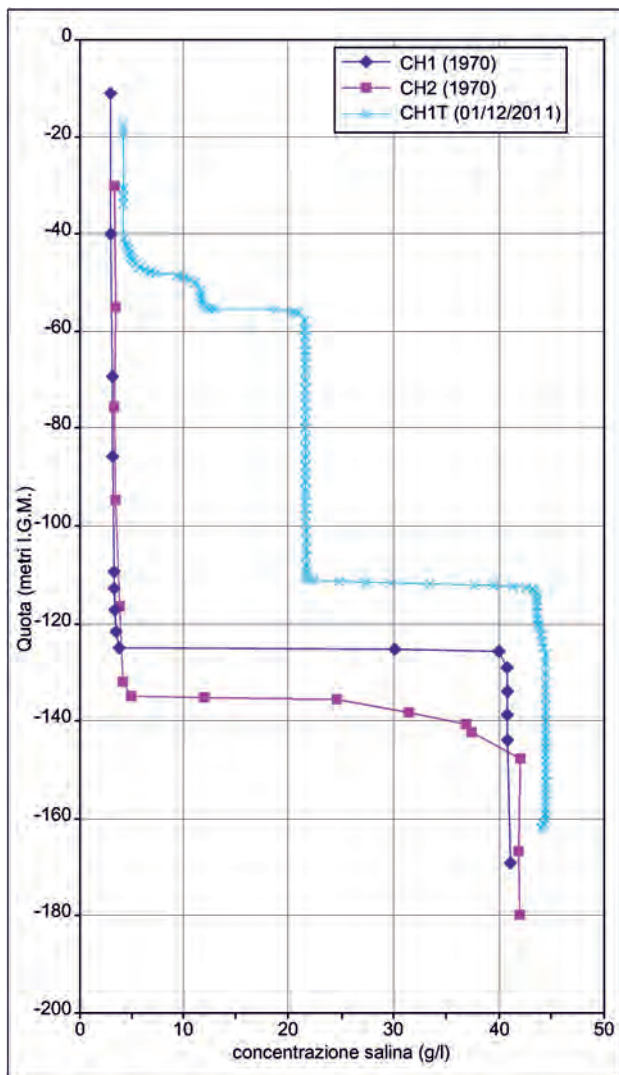


Fig. 4.90 - Confronto tra i log salinometrici determinati nel pozzo spia CH1T nel 2011 con quelli determinati nei pozzi spia CH1 e CH2 negli anni '70. I diagrammi evidenziano lo straordinario sollevamento dell'interfaccia acqua dolce-acqua di mare, verificatosi in soli 40 anni quasi certamente a seguito dei notevoli pompaggi operati dalla falda che alimenta la sorgente.

- Comparison between salinity logs in the observation well CH1T in 2011 and those in the observation wells CH1 and CH2 in the 1970s. The diagrams show the remarkable uplift of the fresh-seawater interface that has occurred in only 40 years, most likely because of excessive pumping from the groundwater that feeds the spring.

un livello di acquifero, disposto ad una quota pari a circa -50 m IGM, caratterizzato da una maggiore circolazione idrica sotterranea. Esso è disposto alla quota ove è stata rilevata una maggiore fratturazione (fig. 4.88). L'esistenza di correnti verticali ascendenti indicano, coerentemente a quanto misurato 40 anni fa nei pozzi CH1 e CH2, che i carichi piezometrici aumentano con la profondità.

Le misure di velocità di filtrazione condotte a -130 m IGM indicano l'esistenza di una modesta, ma non trascurabile, velocità di filtrazione che interessa

la falda, la zona di transizione e forse anche i primi metri dell'acqua di mare intrusa nel continente.

Confrontando i log salinometrici eseguiti circa 40 anni fa nei pozzi spia CH1 e CH2 con quelli eseguiti invece nel pozzo spia CH1T nel 2011, è possibile osservare una notevole variazione di salinità della falda. La zona di transizione all'acqua di mare di intrusione continentale ha, infatti, subito un sollevamento dai 20 ai 30 m (fig. 4.90). Le indagini eseguite indicano inoltre la presenza di un'ampia porzione di falda, compresa tra -60 e -110 m IGM circa, che 40 anni fa presentava una concentrazione salina dell'ordine di 3 g/l, e che oggi ha raggiunto invece una salinità di circa 20 g/l. Lo spessore della falda di acqua dolce si è quindi ridotto di circa 70 m. Infine è da evidenziare che anche le porzioni più superficiali della falda hanno subito un lieve incremento di concentrazione salina. Le fenomenologie rilevate indicano quindi un chiaro depauperamento della falda profonda nell'area in esame, che trova riscontro, così come si dirà più avanti, nella strabiliante riduzione di portata misurata alla sorgente Chidro.

4.5.3.2. - Andamento nel tempo del carico piezometrico della falda profonda rilevato nel pozzo spia CH1T

Nel pozzo spia CH1T è stata installata una sonda multiparametrica fissa ad una profondità pari a circa -45 m IGM, che ha registrato, con periodo d'acquisizione pari a 1 ora, il carico piezometrico, la conducibilità elettrica e la temperatura dell'acqua di falda. In figura 4.91 è riportato il confronto tra l'andamento del livello mare registrato al mareografo di Taranto e quello del livello di falda misurato nel pozzo. È possibile rilevare che le oscillazioni del livello mare si risentono fortemente smorzate sulla falda e con un ritardo di circa 8 ore. In ogni caso è evidente la presenza di comunicazione idraulica tra la falda ed il mare. Lo sbarramento esercitato dalle argille presenti oltre la sorgente Chidro (fig. 4.80) non ostacola quindi del tutto l'efflusso della falda a mare, testimoniato dalla presenza di polle sottomarine nel mar Ionio subito dopo la linea di costa (fig. 4.81). Il ritardo osservato tra le oscillazioni del livello mare, quelle del livello falda e il notevole smorza-

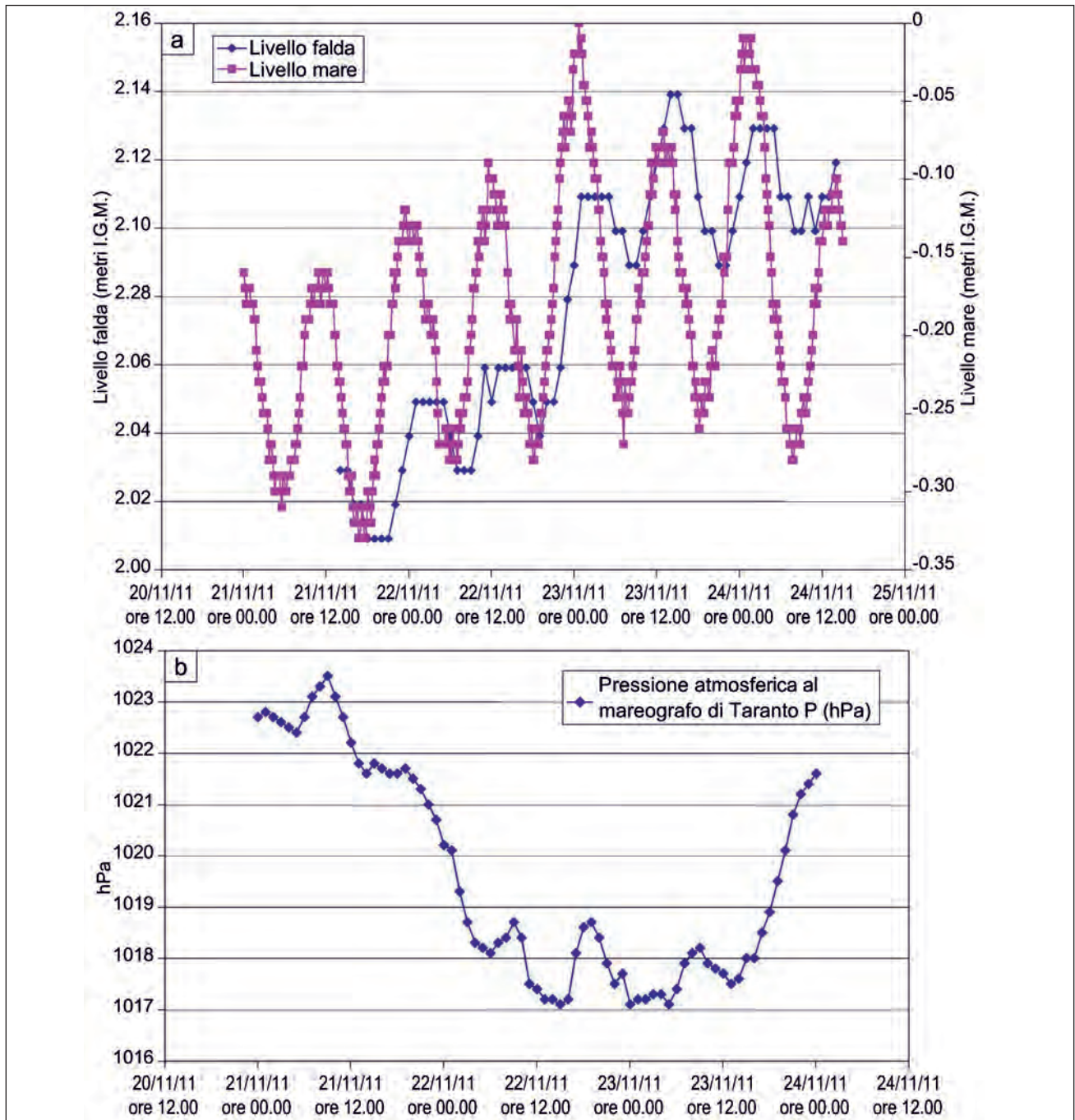


Fig. 4.91 - Pozzo spia CH1T (Sorgente Chidro): a) confronto tra l'andamento del livello mare misurato al mareografo di Taranto ed il livello di falda misurato nel periodo 21/11/2011 ÷ 24/11/2011 (per rendere più evidenti i legami tra dette grandezze sono state adottate per la loro rappresentazione due ordinate differenti); b) indicazione della variazione di pressione atmosferica, misurata nello stesso periodo al mareografo di Taranto.

- Observation well CH1T (Chidro spring): a) comparison between the sea level measured at the Taranto tide gauge and the groundwater level measured in the period 21/11/2011 ÷ 24/11/2011. To make the link between the two magnitudes clearer, two different ordinates were used; b) indication of the changes in atmospheric pressure, measured in the same period at the Taranto tide gauge.

mento confermano in ogni modo la presenza di detto sbarramento, che incrementa notevolmente l'attenuazione esercitata dalle porzioni d'acquifero comprese tra la linea di spiaggia e la sorgente. Lo smorzamento delle oscillazioni del livello falda fa sì che le variazioni del carico piezometrico della falda,

misurato rispetto al livello del mare in un generico istante, sono superiori alle variazioni assolute del carico piezometrico stesso.

Sempre in figura 4.91 è possibile osservare che il livello di falda ha subito, in media, un progressivo sollevamento, e ciò a partire dall'inizio delle misure

e fino al 23 Novembre 2011. Nell'ultimo giorno di misura esso si è poi, sempre in media, all'incirca stabilizzato. Detto comportamento è giustificabile sulla base delle oscillazioni misurate del livello mare e della pressione atmosferica. Quest'ultima, in particolare, si è progressivamente ridotta fino a circa 1017 hPa alle ore 12 del 22/11/2011, comportando, in media, un incremento sia del livello mare sia del carico piezometrico della falda.

4.5.3.3. – Andamento nel tempo della salinità della falda profonda rilevato nel pozzo CH1T

La concentrazione salina della falda, determinata a partire dalle misure di conducibilità elettrica eseguite con la sonda multiparametrica fissa installata a -45 m IGM nel pozzo CH1T, ha subito, nel periodo di misura, variazioni notevoli (fig. 4.92). Si passa, infatti, da un valore minimo di concentrazione salina pari a 3,7 g/l ad un valore massimo pari a 5,6 g/l. Nello stesso intervallo di misura, il livello statico della falda misurato rispetto all'IGM, ha presentato delle oscillazioni dell'ordine di pochi centi-

metri, troppo modeste per giustificare la notevole variazione di concentrazione salina osservata. Va tuttavia constatato che il carico piezometrico della falda misurato rispetto al livello del mare ha subito maggiori variazioni, dell'ordine di 10 cm circa, che possono invece giustificare le oscillazioni osservate nella concentrazione salina della falda.

Va tuttavia considerato che le oscillazioni di concentrazione salina presentano periodi variabili, paragonabili, ma non uguali, a quelli delle maree. Ciò implica che lo sfasamento tra le oscillazioni del livello di falda e quelle di concentrazione salina è variabile nel tempo. È chiara quindi la presenza di ulteriori variabili determinanti la variazione di concentrazione salina della falda, che sono da ricercare nelle condizioni di alimentazione e di uso della falda, che non è stato possibile investigare.

4.5.3.4. – Confronto tra il chimismo delle acque della falda profonda con quello della sorgente Chidro

Dal pozzo spia CH1T e dalla vasca principale della sorgente Chidro sono stati prelevati alcuni

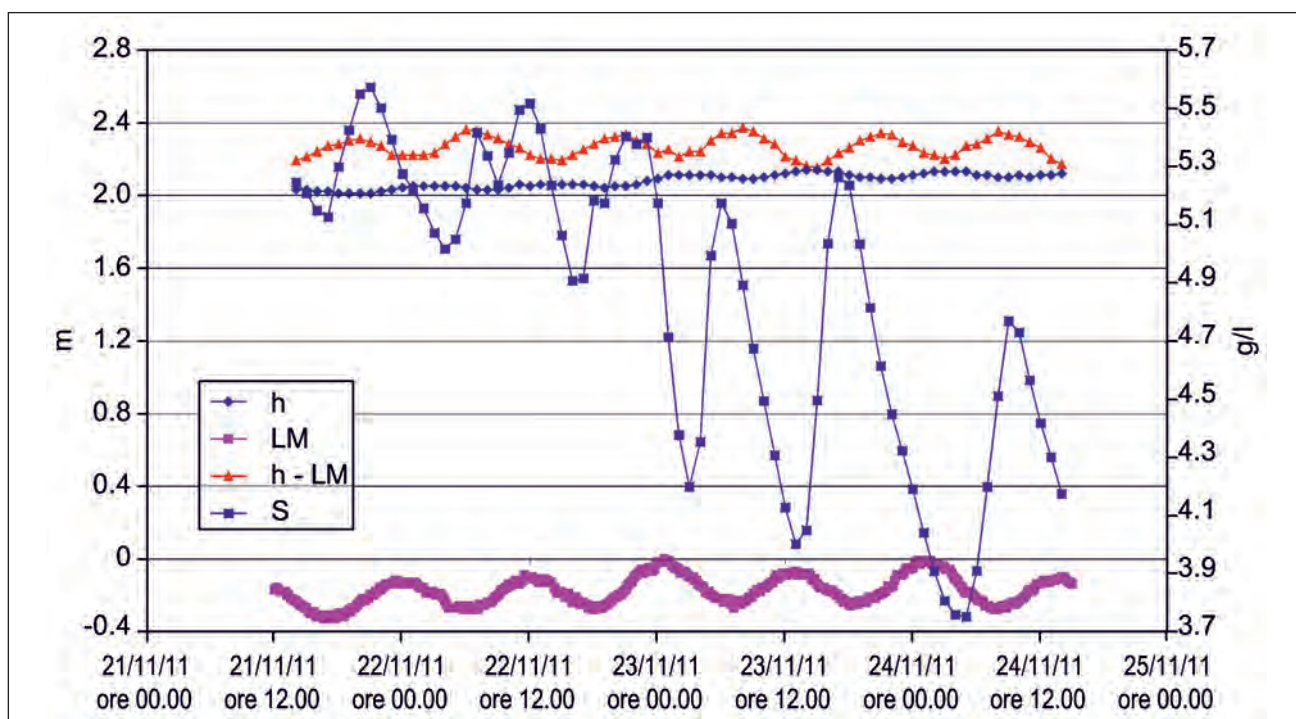


Fig. 4.92 - Sorgente Chidro: andamento nel tempo della concentrazione salina (S), dell'altezza piezometrica della falda (h), del livello mare (LM) rispetto allo zero IGM e del livello di falda misurato rispetto al livello mare (h - LM).

- Chidro spring: time changes in salt concentration (S), groundwater piezometric head (h), sea level (LM) with respect to zero of the Army Geographical Institute (IGM) and groundwater level measured at the sea level (h - LM).

campioni d'acqua, sottoposti a determinazioni chimiche di laboratorio. In figura 4.93 è riportato il confronto, nel diagramma di Schoeller, tra i caratteri chimici delle acque di falda prelevate a diverse profondità nel pozzo e quelle invece prelevate nella vasca principale della sorgente e nel Mar Ionio. Come si può osservare, all'aumentare della profondità le acque di falda presentano un incremento degli ioni marini (Mg^{++} , $Na^+ + k^+$, Cl^- , SO_4^{-}), anche se l'influenza marina è già evidente nelle porzioni più superficiali della falda. Si rileva inoltre che le acque di sorgente presentano caratteri chimici prossimi a quelli della falda a quota -40 m IGM. Essa, in particolare, presenta concentrazioni di ioni marini leggermente inferiori a quelle del campione d'acqua prelevato dal pozzo a -40 m IGM, e ciò molto probabilmente sia a causa dei contributi idrici provenienti dalle manifestazioni subaeree che scaturiscono dalle calcareniti del Tirreniano affioranti in superficie, sia a causa della minore salinità delle acque di falda contenute nelle porzioni superiori dei calcari cretatici, così come rinvenuto nei log salinometrici. La concentrazione salina tra i -20 m e i -40 m IGM subisce, infatti, un incremento di alcuni decimi di grammo per litro.

Il confronto tra i caratteri chimici delle acque di falda e quelli della sorgente, indica che quest'ultima è oggi alimentata maggiormente dalle porzioni più superficiali della falda. Alle stesse conclusioni si perviene osservando i risultati ottenuti dalle deter-

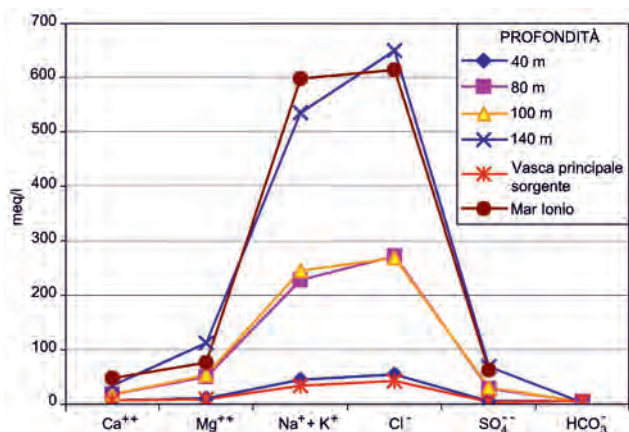


Fig. 4.93 - Sorgente Chidro: diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati a differenti profondità nel pozzo spia CH1T, in corrispondenza della vasca principale della sorgente e dal Mar Ionio in prossimità del litorale di Gallipoli.

- Chidro spring: Schoeller diagram for the water samples taken at different depths in the observation well CH1T, at the main tank of the spring and in the Ionian Sea in the proximity of the coast at Gallipoli.

minazioni della concentrazione dei nitrati eseguite in campioni prelevati sia nel pozzo, a diverse profondità, sia in corrispondenza della vasca della sorgente (fig. 4.94). Si osserva, in particolare, che la concentrazione dei nitrati rilevata alla sorgente è prossima a quella osservata per le porzioni più superficiali della falda.

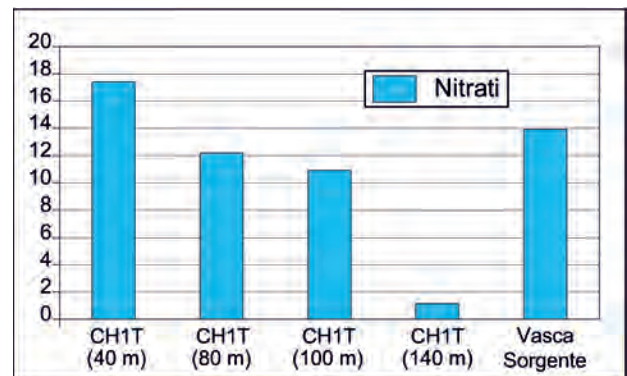


Fig. 4.94 - Sorgente Chidro: concentrazione dello ione nitrato determinata su campioni d'acqua prelevati a diverse profondità nel pozzo CH1T ed in corrispondenza della vasca principale della sorgente.

- Chidro spring: nitrate ion concentration measured in water samples taken at different depths in the well CH1T and at the main tank of the spring.

Sempre con riferimento al chimismo delle acque di falda, secondo quanto riportato in tabella 4.6, tutti i rapporti caratteristici indagati indicano chiaramente l'influenza esercitata dal mare sul chimismo delle acque di falda.

4.5.3.5. – Risultati delle misure di portata condotte in prossimità della sorgente Chidro

Il giorno 24/11/2011 sono state condotte 4 misure della portata sorgentizia con il mulinello idrometrico. Le misure sono state eseguite con intervallo pressoché orario, le prime tre in corrispondenza della sezione trasversale del fiume Chidro posta subito a valle dell'opera di presa, l'ultima in corrispondenza della sezione di sbocco del fiume, sotto il ponte della litoranea Gallipoli-Taranto (fig. 4.95).

La portata nel fiume Chidro è risultata pari a circa 1.000 l/s, con modeste variazioni dovute alle oscillazioni del mare, che si propagano lungo il canale di sfocio invero in tempi molto ridotti. Stante la fre-

Tab. 4.6 – Confronto tra i rapporti caratteristici delle acque di falda prelevate a varie profondità nel pozzo CH1T e quelle della sorgente Chidro.

– Comparison between the characteristic ratios of groundwater taken at different depths in the well CH1T and that at the Chidro spring.

	CHT1	CHT1	CHT1	CHT1	Sorgente	Valori tipici in acqua di mare	Valori tipici in acqua di falda
	40 m	80 m	100 m	140 m			
r_{Br}/r_{Cl}	1.90E-03	1.63E-0.3	1.80E-03	1.65E-03	1.75E-03	$3.00 \pm 3.36E-03$	$< 3.00 \pm 3.36E-03$
$r_{(Na+K)}/r_{(Ca+Mg)}$	2.46	3.32	3.41	3.63	2.06	3.93	<1
r_{Cl}/r_{SO_4}	9.20	9.48	8.67	9.41	9.25	9.65	<9.65
r_{Cl}/r_{Mg}	0.7243	0.3617	0.3411	0.3069	0.8090	0.5400	>1

quenza con cui sono state eseguite le misure, si può ritenere che la portata nel canale a marea risenta delle oscillazioni del livello del mare con un ritardo inferiore ad 1 ora. La variazione osservata tra il valore minimo e quello massimo è modesta, dell'ordine del 3% della portata sorgiva media. Va tuttavia osservato che durante il periodo in cui sono state condotte le misure di portata alla sorgente, il livello del mare ha subito

una escursione massima di appena 15 cm. Le oscillazioni del livello mare, in generale ben più ampie di detto valore, possono quindi produrre delle variazioni di portata della sorgente ben maggiori di quelle misurate il 24/11/2011. Ciò indica quindi l'importanza di monitorare il livello del mare durante le misure di portata della sorgente, perché possano eseguirsi confronti quantitativi tra misure condotte in date diverse.

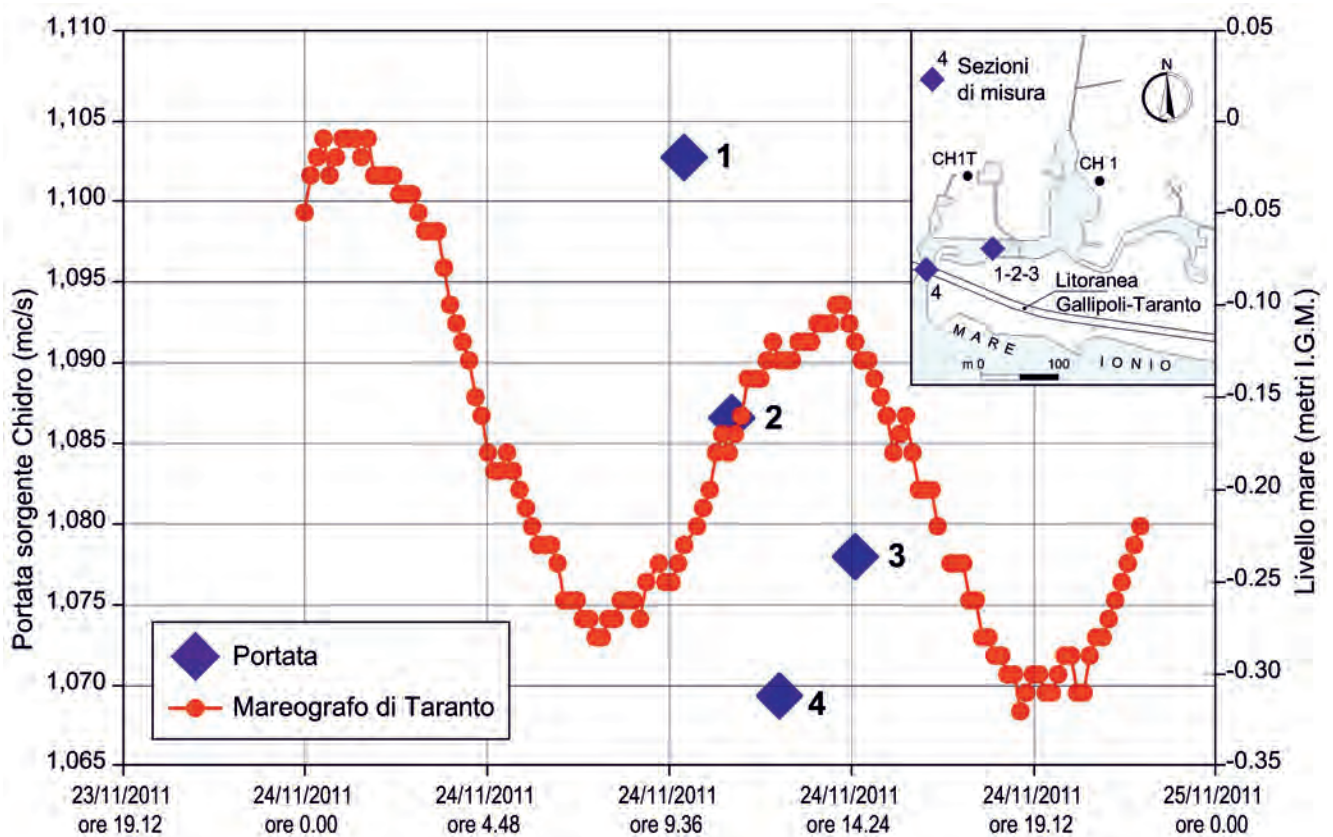


Fig. 4.95 - Confronto tra i risultati delle misure di portata eseguite nel fiume Chidro e l'andamento del livello mare registrato al mareografo di Taranto il 24/11/2011.

- Comparison between the results of flow rate measurements performed in the Chidro river and the sea level trend, as recorded at the Taranto tide gauge in the 24/11/2011.

4.5.4. – Il depauperamento della sorgente Chidro verificatosi negli ultimi decenni

Le prime misure di portata della sorgente Chidro, eseguite dal Servizio Idrografico, risalgono a circa 90 anni fa ed indicano una portata copiosa, mediamente pari a circa 2.600 l/s (fig. 4.96), poi confermata dalle misure condotte negli anni '50 del secolo scorso. A partire dagli anni '80 è stato possibile rilevare una progressiva riduzione della portata, sino a raggiungere i valori misurati nel 2011 dell'ordine dei 1.000 l/s. In sostanza la portata della sorgente si è ridotta del 60%.

Le notevoli variazioni osservate trovano giustificazione solo nel depauperamento della falda carsica che alimenta la sorgente e nella riduzione dello spessore della lente di acqua dolce (fig. 4.90). Le fenomenologie rilevate non possono essere attribuite a fenomeni climatici, in quanto l'andamento delle precipitazioni misurate nelle stazioni pluviometriche della zona non indica alcun effetto significativo ai fini della ricarica della falda profonda (cap. 7). Quanto constatato è invece da attribuire all'irragionevole e inconsulto uso che della falda si fa da qualche decennio nell'area di interesse. È superfluo a questo punto rimarcare la moltitudine di pozzi sorti negli ultimi due o tre decenni senza che

gli Organi preposti ne abbiano valutato l'impatto, e senza considerare il degrado qualitativo e quantitativo arrecato alla sorgente Chidro con ripercussioni sulla falda profonda. L'argomento sarà ripreso nel capitolo 18 in quanto facente parte del più ampio problema del depauperamento della falda profonda del Salento.

Le indagini eseguite hanno evidenziato che, mentre la portata sorgentizia si è più che dimezzata, la concentrazione salina della sorgente ha subito invece modeste variazioni (figg. 4.96, 4.97). A tal riguardo va evidenziato che gli studi recentemente condotti indicano che la sorgente Chidro è alimentata dalle porzioni più superficiali della falda, disposte all'incirca sopra la quota -50÷-40 m IGM, ove la concentrazione salina è dell'ordine di 3÷4 g/l. Qui la falda profonda cretacea non è, allo stato attuale, interessata da significativo peggioramento qualitativo. Delle acque sotterranee circolanti nelle porzioni più profonde dell'acquifero, è stato rilevato un notevole degrado qualitativo, laddove il chimismo ha raggiunto valori superiori a 20 g/l, che trovano, molto probabilmente, recapito in mare oltre la linea di costa, così come la presenza di polle sottomarine stanno a dimostrare. Nell'ipotesi, purtroppo verosimile, che il depauperamento della falda profonda proseguisse, l'isoalina corri-

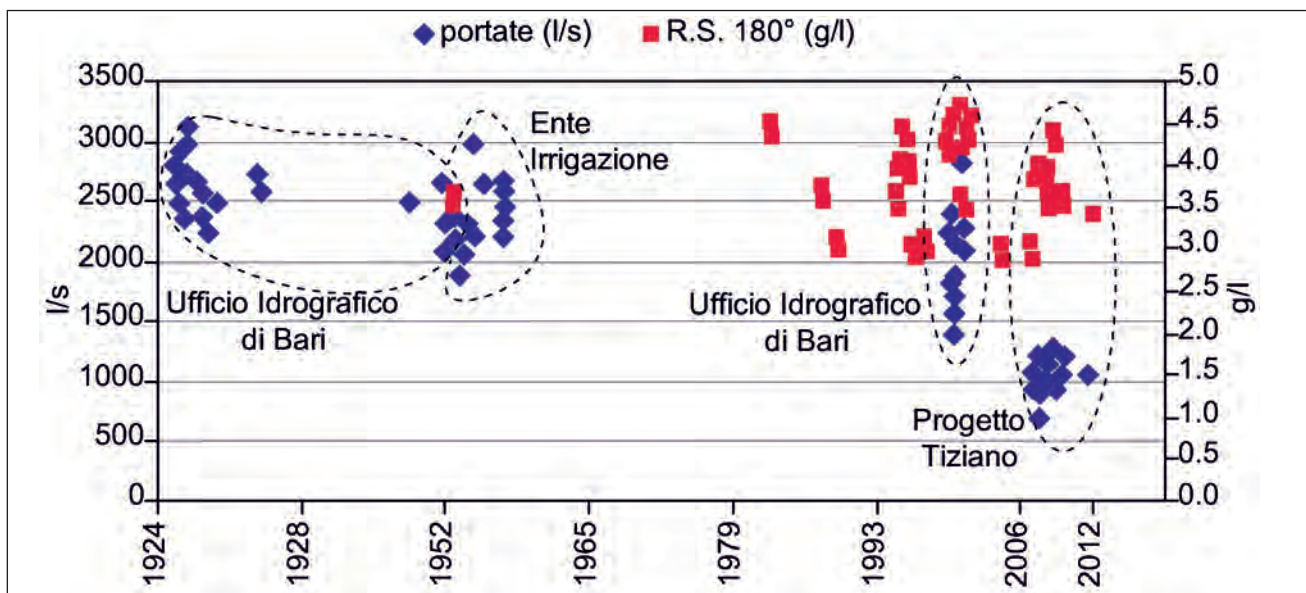


Fig. 4.96 - Sorgente Chidro - diagramma della portata e del residuo secco risultanti dai controlli acquisiti. Il diagramma evidenzia la straordinaria riduzione della portata della sorgente, da circa 2600 l/s a 1000 l/s, dal 1952 al 2012.

- Chidro spring - diagram of flow rate and dry residue resulting from monitoring. The diagram shows the tremendous reduction in the spring flow rate, from about 2600 l/s to 1000 l/s, from 1952 to 2012.

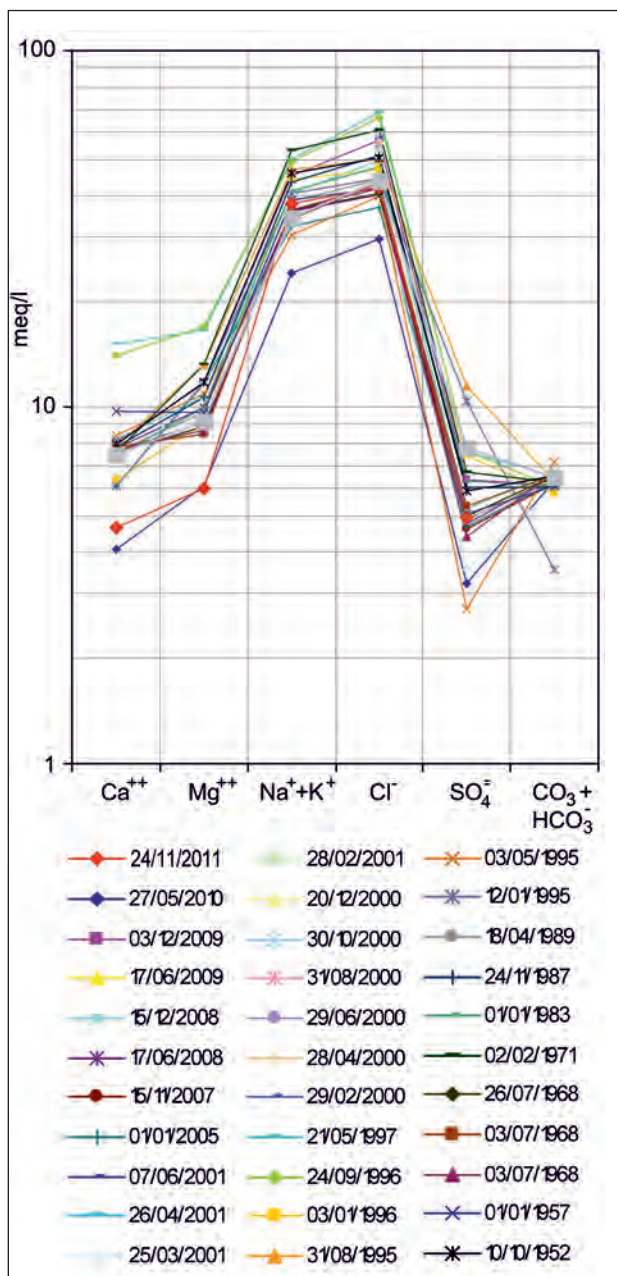


Fig. 4.97 - Sorgente Chidro, diagramma di Schoeller relativo a campioni d'acqua prelevati.

- Chidro spring, Schoeller diagram for the water samples.

spondente a 20 g/l continuerebbe a sollevarsi, sino ad interessare anche le porzioni più superficiali della falda alimentanti la sorgente. Questa circostanza determinerebbe la progressiva salsificazione della sorgente, con danni ambientali che è superfluo qui illustrare.

Va infine osservato che le indagini condotte in passato indicavano, contrariamente a quanto rilevato con le più recenti indagini, quale alimentazione delle polle subacquee del Chidro le acque più

profonde presenti nell'acquifero. Ciò sembra indicare che il più recente depauperamento della sorgente è determinato da una forte riduzione del carico piezometrico in profondità nell'acquifero, nel quale sarebbero quindi risalite le acque salmastre più profonde sino a determinare il gradino osservato nel log salinometrico delle figure 4.89 e 4.90. Dette porzioni di acquifero non contribuirebbero oggi all'alimentazione della sorgente, donde la stravolgente forte riduzione di portata di recente misurata. È necessario quindi verificare se il depauperamento della falda profonda abbia alterato la circolazione idrica sotterranea, tanto da determinare una modifica nella direzione del flusso, che nelle sue porzioni più profonde potrebbe aver perso la componente verticale che determinava la risalita delle acque profonde verso la sorgente rilevata 40 anni fa.

4.5.5. - Progetti di captazione della sorgente

Già le prime indagini eseguite in corrispondenza della sorgente Chidro nel periodo 1950-60 evidenziavano una certa costanza delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque di falda sovrastanti alla zona di transizione della falda profonda, condizione questa fondamentale per un'ipotesi di corretta captazione ed utilizzo delle acque sorgentizie in argomento. Le acque della sorgente Chidro, non hanno tuttavia mai trovato diretto e produttivo impiego nel passato nell'irrigazione come per altri fini. All'attualità istituzionalmente viene sovente presa in considerazione la possibilità che le acque salmastre del Chidro possano alimentare un impianto di dissalazione per fini potabili per l'approvvigionamento del Salento.

By-passando i vari tentativi e le ipotesi, qualche volta istituzionalmente trasmesse a Enti finanziatori, di una captazione a fini irrigui della sorgente in parola, si perviene quindi al progetto di realizzazione dell'Acquedotto irriguo Sinni-Salento, oggi solo parzialmente realizzato, così come verrà detto nel capitolo 29 in ordine alle opere "incompiute", facenti parte dell'importante contesto pianificatorio idrico riguardante l'irrigazione e l'approvvigionamento potabile del Salento.

L'Acquedotto Sinni-Salento rappresenta an-

cora oggi l'importante finalizzazione di un complesso di risorse idriche integrate, tradizionali e non, dirette all'irrigazione e ad altri usi del Salento, così come programmato lodevolmente dal Progetto Speciale n. 14 della Cassa per il Mezzogiorno che destinava all'alimentazione di detto acquedotto una portata di ben 80 milioni di mc/s provenienti dal lago di Monte Cotugno sul fiume Sinni. In sostanza, secondo programmazioni della Cassa per il Mezzogiorno, abortite politicamente e sottovalutate dai gestori della materia, l'Acquedotto Sinni-Salento sarebbe dovuto essere alimentato promiscuamente dalla sorgente Chidro, dai reflui trattati degli abitati di Manduria e del Salento, dalle acque dolci provenienti dall'invaso di

M. Cotugno ed infine da acque sotterranee di estrazione possibile lungo lo sviluppo dell'acquedotto detto.

L'acqua alimentante detto acquedotto avrebbe così consistentemente risolto un problema di approvvigionamento idrico del Salento, che oggi nella sostanza è ancora all'alba, pur essendosi di già realizzata una parte dell'Acquedotto.

Nell'ambito di detto progetto è stata completamente realizzata l'opera di captazione delle acque sorgentizie del Chidro (COTECCHIA *et alii*, 1975), ancora oggi visibile ed in totale stato di abbandono (fig. 4.98), tanto da deturpare, senza finalità alcuna, l'ambiente naturale, un tempo meritevole quantomeno di grande attenzione paesaggistica.



Fig. 4.98 - Foto delle opere di captazione già eseguite alla sorgente Chidro: a) paratoie di intercettazione delle acque sorgentizie; b) particolare della testa delle paratoie; c) canale di derivazione delle acque sorgentizie nei pressi della vasca di carico; d) vasca di carico; e) canale di scarico dell'impianto di sollevamento che si raccorda a valle con il fiume Chidro. Tutte opere oggi solo deturpanti il paesaggio.

- Photos of the tapping works already realized at the Chidro spring: a) sluice gates to tap the spring waters; b) a detail of the head of the sluice gates; c) diversion channel of spring waters close to the forebay; d) forebay; e) after-bay connected downstream with the Chidro river. All these works today greatly degrade the landscape.

L'idrogeologia ricostruita per la sorgente Chidro fornisce interessanti indicazioni circa le modalità ottimali di captazione delle acque, tale cioè da fornire un chimismo valevole per vari usi. Occorre infatti indagare a tal fine sul bacino idrogeologico che alimenta la sorgente, per riscontrare localmente la convenienza di intercettare le acque, possibilmente con un cunicolo orizzontale alla sommità della superficie freatica della falda diretta alla sorgente, cunicolo definito nel paragrafo 12.4 "pozzo orizzontale".

Concludiamo questo capitolo illustrando le possibilità corrette di captazione delle sorgenti costiere, per migliorarne il chimismo, derivante dalle condizioni che regolano, nell'area del bacino idrogeologico prossimo alla sorgente, il rapporto fra le acque di falda e la sottostante acqua di mare di invasione continentale.

4.6. – L'IMPRONTA DELLE CONSEGUENZE DELLE ATTIVITÀ ANTROPICHE DESUMIBILE DALL'ESAME DELLE ACQUE SOTTERRANEE PUGLIESI

Lo studio della qualità delle acque sgorganti a mare attraverso le sorgenti costiere può fornire importanti informazioni circa l'influenza delle attività antropiche sulla qualità delle acque sotterranee, derivanti dagli apporti che le falde direttamente danno alle sorgenti (COTECCHIA & TULIPANO, 1989; TULIPANO & FIDELIBUS 1993).

L'attenzione su tutte le forme di deflusso costiero, pur essendo aumentata nell'ultimo ventennio, soffre sovente di una mancata continuità nell'acquisizione progressiva di conoscenze di tipo idrogeologico. L'idrogeologia ravvisa infatti nel deflusso un'ampia potenzialità d'informazione, perchè espressione dei fenomeni che avvengono negli acquiferi costieri, donde le acque di sorgente provengono.

A partire dalla seconda metà del secolo scorso e sino al più recente monitoraggio delle acque sotterranee attuato dalla Regione Puglia (Progetto Tiziano), le acque delle principali sorgenti costiere regionali sono state più volte campionate al fine di valutarne lo stato qualitativo, senonché i protocolli adottati non sono stati convenientemente progettati tenendo conto delle peculiarità idrogeologiche delle singole sorgenti. Risulta quindi difficile, se non im-

possibile, rilevare informazioni utili a quantificare, comprendendo anche le modalità con cui si esplica, l'impatto sulla qualità delle acque sotterranee dovuto alla presenza di attività antropiche sul suolo. Spesso, infatti, non si dispone di dati relativi allo stato qualitativo e quantitativo determinati nel medesimo istante, cosicché le frequenze di campionamento ed i parametri monitorati risultano del tutto casuali.

Al fine di comprendere l'importanza di progettare e interpretare il monitoraggio qualitativo delle sorgenti alla luce delle complesse dinamiche che regolano il trasporto degli inquinanti negli acquiferi profondi regionali, può essere utile riferirsi ad alcuni casi singolari ed esemplari, che è stato possibile ricostruire sulla base dei dati disponibili. Il caso che meglio risponde a tal fine è quello della sorgente Chidro, analizzata nelle pagine precedenti. Per detta sorgente si dispone infatti di un numero ottimale di campionamenti, anche se riferiti a periodi diversi e con larghe discontinuità temporali.

In figura 4.99 si riportano gli andamenti delle concentrazioni dei nitrati, nitriti e dell'ammonio, ricostruiti sulla base dei dati storici, in rapporto alle precipitazioni registrate in alcune delle stazioni (fig. 4.100) ubicate nell'entroterra. Altri parametri indicatori dello stato qualitativo delle acque sorgentizie, quali ad esempio l'ossigeno disciolto, la carica batterica, i fosfati e i detergenti anionici, sono stati volutamente qui omessi in quanto monitorati solo occasionalmente.

La figura 4.99 evidenzia che gli andamenti dei parametri scelti sono fortemente variabili nel tempo. Ciò suggerisce che la "risposta globale" della sorgente sia determinata da più fattori che, a loro volta, non sono costanti nel tempo. Volendo ad esempio riferirsi allo ione nitrato, è possibile osservare che esso varia da valori quasi nulli sino a valori dell'ordine di 56 mg/l, così come rilevato nel 2001. Le precipitazioni poste a confronto rappresentano solo uno dei possibili fattori agenti. Solo occasionalmente è stato possibile, infatti, osservare un legame tra l'andamento dei totali mensili di pioggia e il trend dei parametri di qualità delle acque di sorgente. In particolare si è rilevato, ove la frequenza di campionamento lo ha consentito, un incremento della concentrazione dei parametri indagati dopo il verificarsi di periodi particolar-

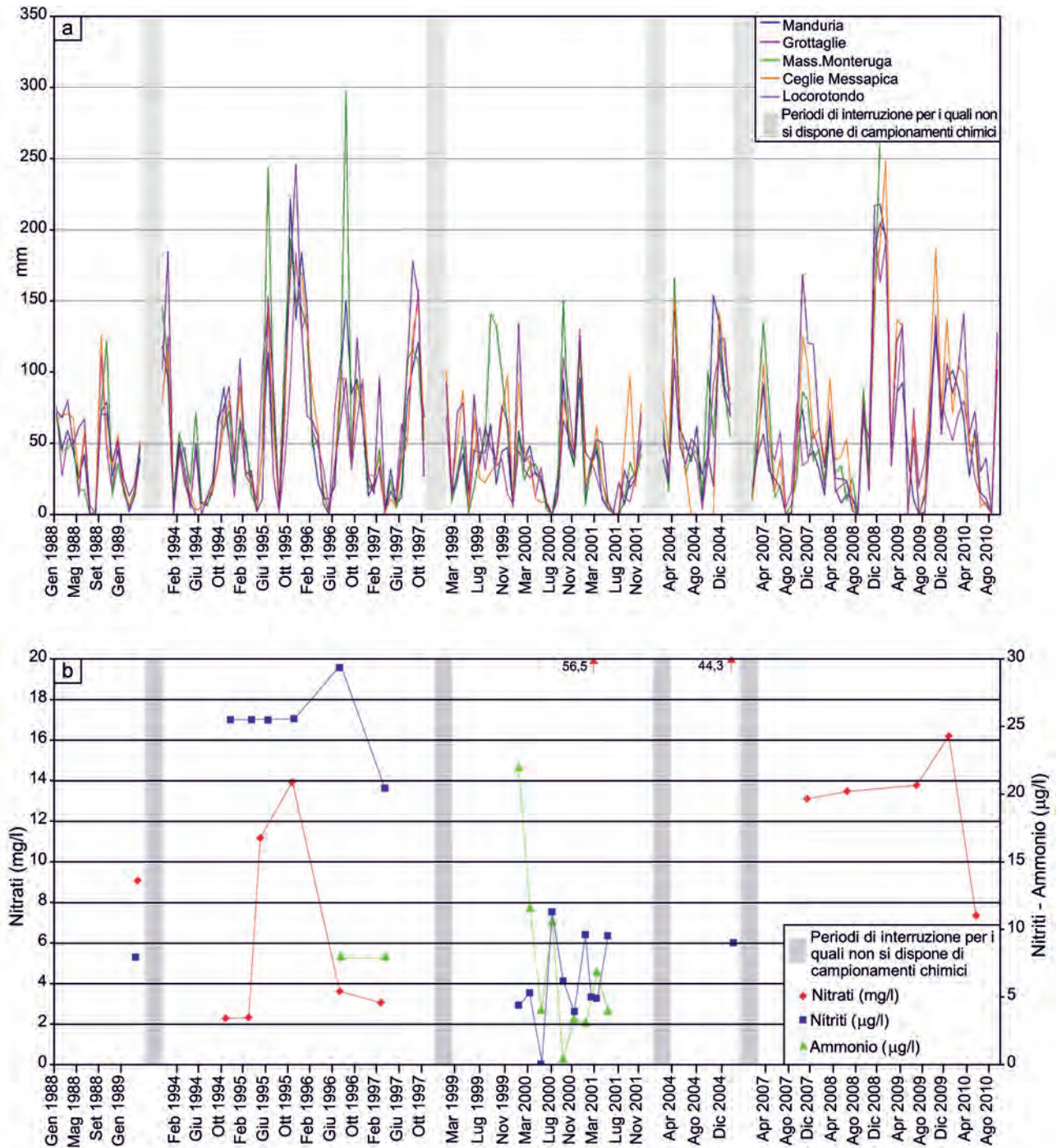


Fig. 4.99 - Evoluzione dello stato qualitativo della Sorgente Chidro: a) andamento delle precipitazioni (totali mensili) di alcune stazioni pluviometriche ubicate in prossimità della sorgente; b) evoluzione nel tempo della concentrazione degli ioni nitrato, nitrito ed ammonio misurati in corrispondenza della sorgente.
 - *Quality state pattern at the Chidro spring: a) total monthly rainfall values at some rain gauges located in the proximity of the spring; b) time changes of the concentration of nitrate, nitrite and ammonium ions measured at the spring.*

mente piovosi. Si desume quindi che, al fine di comprendere l'evoluzione dello stato qualitativo delle acque della sorgente, è necessario conoscere le dinamiche con cui si esplica il trasporto di massa.

Occorrerebbe, infatti, esaminare, oltre che le variazioni meteo-climatiche e le frequenze dei fe-

nomeni meteorologici estremi, anche le trasformazioni dell'uso del suolo (a loro volta motore del mutamento di dinamiche ambientali) e le dinamiche antropiche dello sfruttamento e dell'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, connesse alla "risposta globale" delle sorgenti.

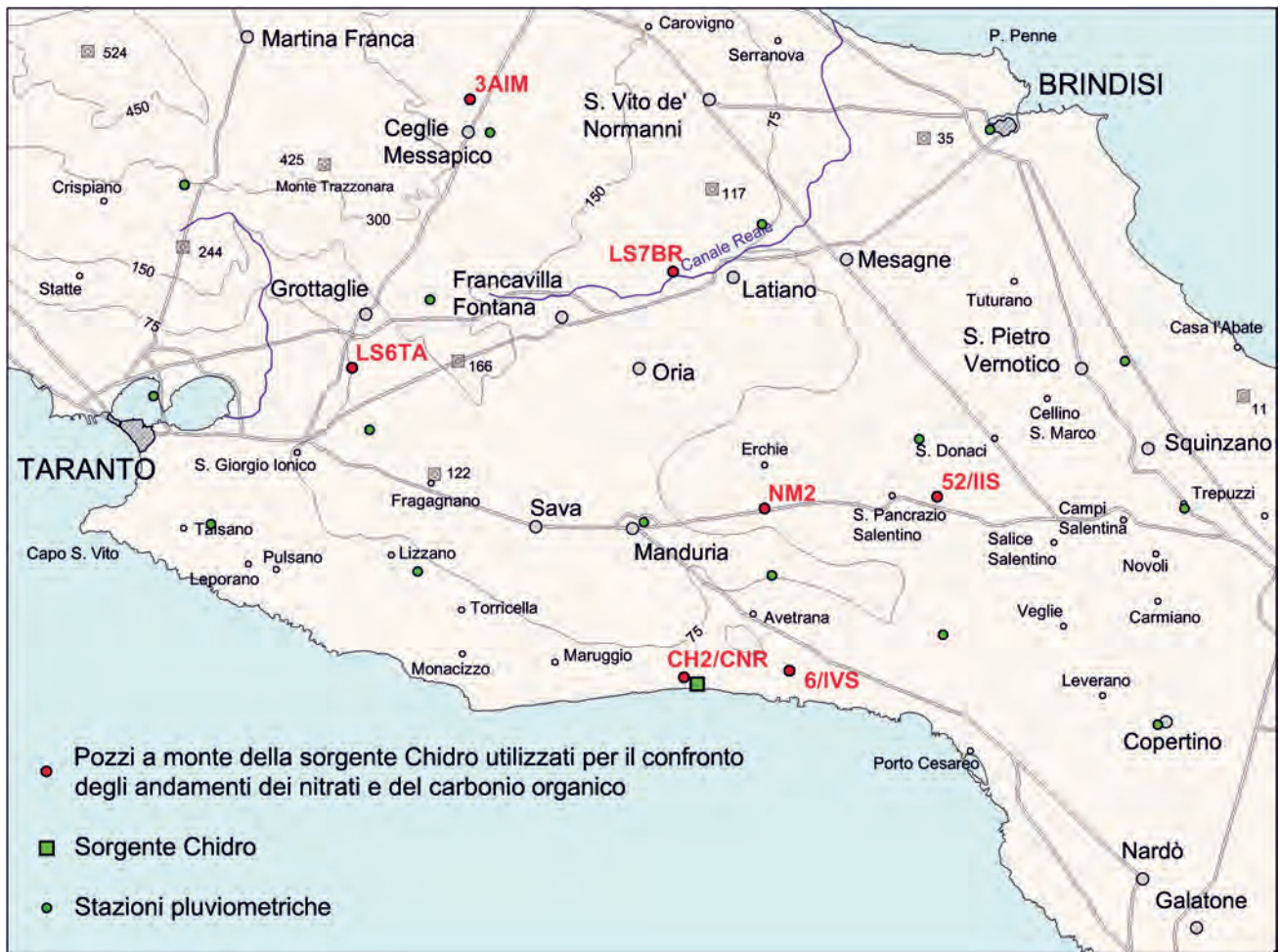


Fig. 4.100 - Ubicazione di alcune stazioni pluviometriche e di alcuni pozzi prossimi alla sorgente Chidro, per i quali sono disponibili le concentrazioni del carbonio organico e dei nitrati nel periodo 1995÷1997 (scala 1:500.000).

- Location of some rain gauges and wells in the proximity of the Chidro spring, for which the concentrations of organic carbon and nitrates are available for the period 1995÷1997 (scale 1:500,000).

Inoltre, ancor prima di esaminare la qualità delle acque sorgentizie, sarebbe necessario individuare la loro area di alimentazione, magari posta a notevole distanza dall'emergenza (ALAIMO *et alii*, 1988), e disporre di idrogrammi adeguati della manifestazione sorgentizia.

Sempre con riferimento alla sorgente Chidro, è possibile formulare ulteriori considerazioni analizzando i soli dati provenienti dai campionamenti e dalle analisi condotte sui pozzi della Rete di Monitoraggio Regionale delle acque sotterranee del periodo 1994÷1997 (cap. 27). Durante il periodo di funzionamento della Rete, ed in particolare nell'Agosto 1995, avveniva un evento di precipitazione "estremo", che interessava Murgia e Salento insieme. Nello stesso periodo, presso la rete di monitoraggio, cui appartenevano anche più sorgenti

costiere, si eseguivano campionamenti le cui date erano tali da precedere e seguire l'evento estremo. Si tratta di una circostanza fortuita, che ha consentito di rilevare interessanti informazioni sul trasporto di massa, dato che, sotto l'influenza di eventi di precipitazione importanti (intensi e/o di lunga durata), la rimozione degli inquinanti dai diversi sotto-sistemi di un sistema carsico avviene efficacemente sotto effetto pistone (FIDELIBUS, 2007). La rimozione è più evidente nelle acque di falda se l'evento è preceduto da un periodo secco (come nel caso in esame), durante il quale le sostanze inquinanti si accumulano all'interno dei sottosistemi, i quali posti sotto stress dall'evento estremo generalmente rilasciano, in tempi e con gradi di modificazione diversi ma evidenti, quanto accumulato. Gli studi condotti in corrispondenza

delle aree di alimentazione della Murgia evidenziavano che il trasferimento degli inquinanti, conservativi e non, dalla superficie del suolo alle falde, oltre che dipendere dalla dinamica delle precipitazioni (ed ovviamente anche dalla localizzazione, temporale e spaziale, e dall'entità dei carichi inquinanti derivanti dalle attività antropiche) era mediato dall'epicarso (FIDELIBUS, 2007, 2011).

Ponendo a confronto gli andamenti nel tempo delle concentrazioni dei nitrati e del Carbonio Organico relativi ad acque campionate in pozzi posti a monte della Sorgente Chidro con gli stessi andamenti rilevati presso la sorgente, è agevole riscontrare che questi ultimi rispecchiano quelli dell'acqua sotterranea a monte del flusso sorgentizio (fig. 4.101). La similarità degli andamenti dei nitrati e del Carbonio Organico su base trimestrale indica che, in un sistema carsico, sia per quanto riguarda le acque di falda, sia per le acque delle emergenze sorgentizie, indagini condotte in stagioni diverse possono fornire quadri dell'inquinamento differenti e diversamente preoccupanti. Nel caso in esame si rileva che, in conseguenza dell'evento meteorico intenso dell'Agosto 1995, si è avuto un incremento della concentrazione dello ione nitrato, sia nella falda sia in corrispondenza della sorgente Chidro. Sembra inoltre plausibile l'ipotesi che il ritardo con cui l'inquinante è rilevato con i valori di picco in corrispondenza della sorgente sia maggiore di quanto osservato nei pozzi. Quest'ultima è una circostanza che andrebbe tuttavia verificata sulla base di campionamenti eseguiti con maggior frequenza rispetto a quelli disponibili. L'andamento nel tempo del Carbonio Organico è in un certo qual modo duale rispetto a quello del nitrato. Infatti, mentre il nitrato può considerarsi nelle fenomenologie qui illustrate conservativo, la materia organica subisce un significativo abbattimento (FIDELIBUS, 2007).

Il verificarsi di un evento meteorico estremo dopo un lungo periodo caratterizzato dall'assenza di piogge significative comporta quindi l'aumento dei nitrati a causa del loro immagazzinamento nella zona non satura, avvenuto durante il periodo secco e il successivo dilavamento ad opera delle piogge. Il carbonio organico, invece, si riduce, e ciò in quanto la sua permanenza nella zona non satura ha avuto una durata sufficiente a determinare la

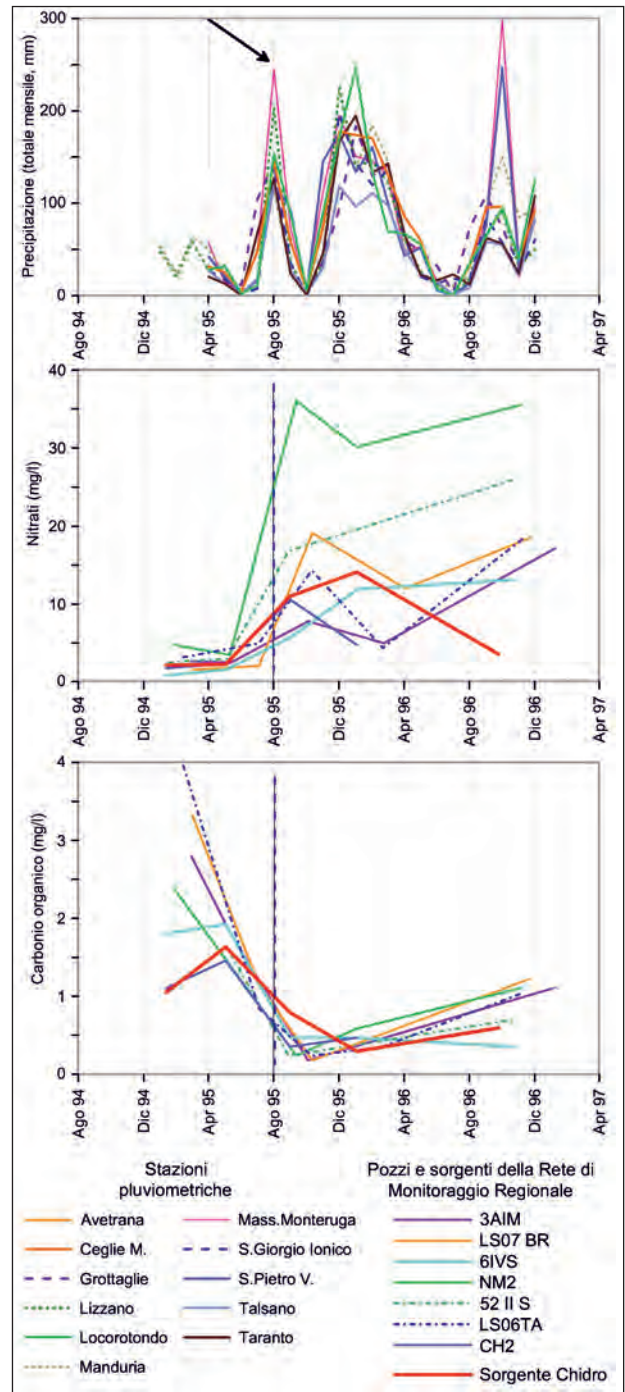


Fig. 4.101 - Confronto tra l'andamento nel tempo della concentrazione del carbonio organico e dei nitrati rilevati alla sorgente Chidro e in alcuni pozzi ad essa prossimi e delle precipitazioni registrate in alcune stazioni pluviometriche, così come ubicate in figura 4.100.

– Comparison between the time changes of organic carbon and of nitrates observed at the Chidro spring and in some nearby wells, and of the rainfall recorded in some rain gauges, as shown in figure 4.100.

sua degradazione. Ciò comprova che le variazioni dello stato d'inquinamento delle acque sorgentizie sono collegate alla dinamica evolutiva della falda che alimenta la sorgente e che il trasporto a mare

degli inquinanti è guidato complessivamente dalla struttura dell'acquifero. Nel caso esaminato, le variazioni sono sufficientemente chiare e significative, perché la frequenza del campionamento, in quella fase del monitoraggio, era abbastanza alta e posta a cavallo di un evento estremo, anche se essa probabilmente non è ancora adeguata a descrivere il sistema delle relazioni falda-emergenza nella sua reale complessità. Detto aspetto può essere esaminato nelle grandi linee osservando le figure 4.102÷4.104, che riportano, per gli orizzonti temporali disponibili, le concentrazioni singole o medie (quando disponibili più dati in uno stesso anno) dei nitrati per alcune sorgenti costiere pugliesi: Gargano, Murgia Adriatica, Murgia Ionica. È possibile ad esempio osservare che nel 2001 le acque sorgentizie mostravano evidenti segni di peggioramento nelle caratteristiche qualitative rispetto alla situazione fotografata nel 1989 e, detta circostanza, sembrava essere diffusa in tutta la regione. Le concentrazioni di alcuni parametri indicatori, quali nitrati, fosfati e detergenti anionici, hanno assunto nel 2001 valori notevolmente superiori ed, in alcuni casi, anche decuplicati, rispetto a quelli del 1989; mentre i coliformi totali e fecali, purtroppo senza riscontro con il passato, marcano con la loro pesante presenza praticamente tutte le acque sorgentizie esaminate (FIDELIBUS & TULIPANO, 2004). Il dato del 2001 sembrava indicare un generale peggioramento facente parte di un *trend* evolutivo dello stato qualitativo delle acque di falda; esso invece è risultato poi essere singolare, anche se successivamente ripetibile. Nell'ultimo monitoraggio (Progetto Tiziano) i valori sembrano più contenuti, ma comunque variabili. Che cosa sia cambiato dal 1989 o dal 1969 (per il Gargano) in poi forse non potrà mai essere totalmente chiarito poiché il quadro conoscitivo complessivo per ogni orizzonte temporale non potrà essere ricostruito per tutte le date, anche perché in fondo si tratta di "fotografie" che possono solo descrivere quello che era in atto in quel preciso momento storico.

Il modello concettuale di funzionamento dei sistemi carsici pugliesi è quindi molto difficile da ricostruire, se non attraverso un monitoraggio finalizzato. Negli acquiferi carsici le sorgenti dovrebbero infatti essere utilizzate come mezzo di

studio indiretto per ovviare alle difficoltà spesso presenti nello studio di sistemi così complessi, e ciò in quanto esse forniscono informazioni sulla "risposta globale" degli acquiferi, sia ai fattori naturali, sia antropici.

Idrogrammi e chemogrammi consentono nor-

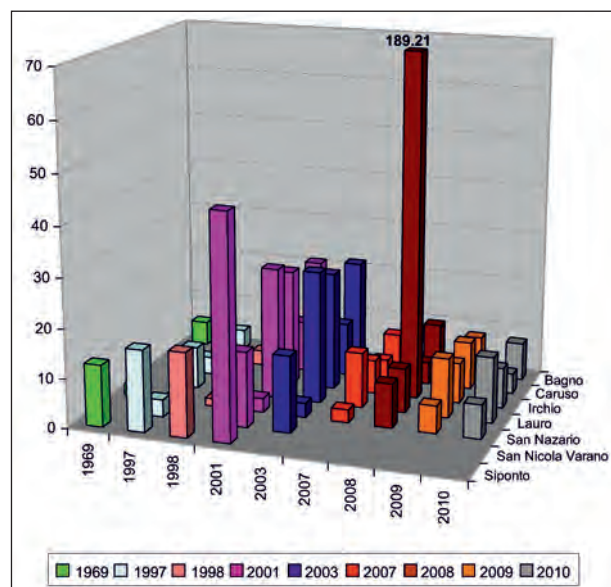


Fig. 4.102 - Confronto tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) misurate tra il 1969 e il 2010 in corrispondenza di alcune sorgenti del Gargano.
- Comparison between the nitrate concentrations (mg/l) measured between 1969 and 2010 at some springs in Gargano.

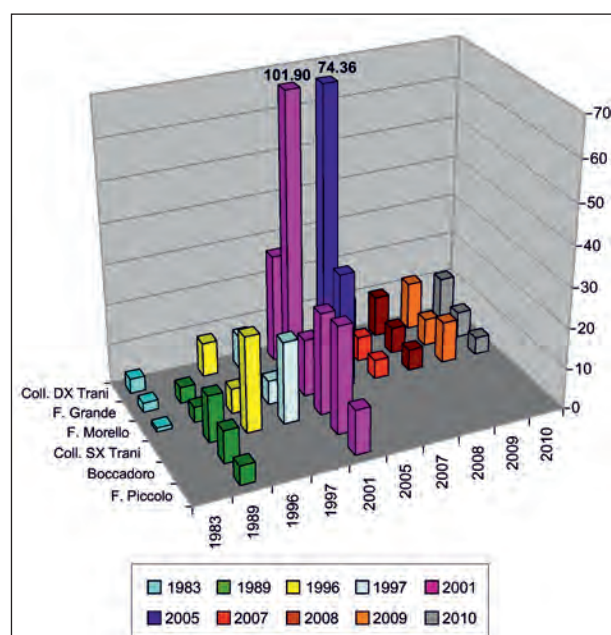


Fig. 4.103 - Confronto tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) misurate tra il 1983 e il 2010 in corrispondenza di alcune sorgenti della Murgia Adriatica.
- Comparison between the nitrate concentrations (mg/l) measured between 1983 and 2010 at some springs of the Adriatic Murgia.

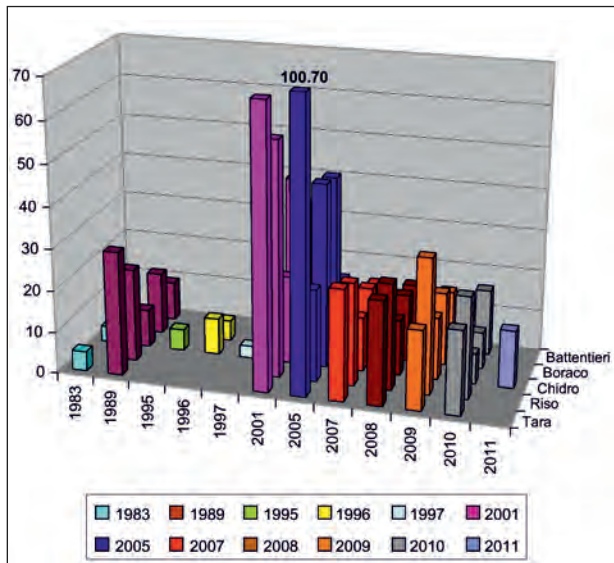


Fig. 4.104 - Confronto tra le concentrazioni dei nitrati (mg/l) misurate tra il 1983 e il 2011 in corrispondenza di alcune sorgenti della Murgia Ionica. - Comparison between the nitrate concentrations (mg/l) measured between 1983 and 2011 at some springs of the Ionian Murgia.

malmente di riconoscere il contributo delle acque provenienti dai diversi “serbatoi”, in rapporto alla loro composizione chimica e impronta isotopica. Se le sorgenti, come nel caso pugliese, sono costiere, peraltro spesso rispondenti a sottobacini idrogeologici di grande ampiezza, la complessità di lettura di quanto scritto nei dati idraulici e chimici aumenta notevolmente a causa dei fenomeni di miscelamento dell’acqua di falda con l’acqua di mare.

La potenzialità dell’informazione insita nelle sorgenti costiere pugliesi, come d’altronde di quelle carsiche più in generale, è in ogni caso limitata da altri due elementi: l’interconnessione e la dinamica dei sistemi ambientali. L’esistenza dell’interconnessione a tutte le scale tra sistemi superficiali e sotterranei (atmosfera, suolo, sottosuolo, acque di superficie, sotterranee, di transizione e marine) e la ricostruzione di modelli concettuali di funzionamento coerenti con questa interconnessione devono costituire il punto di partenza degli studi volti a comprendere il comportamento di ciascun singolo sistema. La visione dinamica dei sistemi ambientali implica che tutti i sistemi naturali e antropizzati non siano definibili nella loro compiutezza se non aggiungendo ai modelli concettuali il fattore tempo, vale a dire considerando l’evoluzione temporale dei sistemi stessi. In accordo con questi presupposti diventa centrale la definizione

delle scale temporali di osservazione dei fenomeni naturali, atte a cogliere le modalità evolutive dei sistemi, sulla base delle quali dovrebbero essere definiti i protocolli da seguire durante le campagne di monitoraggio.

Le misure presso le emergenze costiere dovrebbero essere quindi tanto frequenti quanto richieste dall’evoluzione degli idrogrammi, poiché la qualità dell’acqua presente può variare notevolmente in accordo con tale evoluzione. È sempre mancata purtroppo, negli anni, quella fase preliminare di valutazione del comportamento idraulico annuale o pluriennale delle sorgenti della Puglia, necessaria per individuare le frequenze più opportune da adottare nelle misure, per cogliere le variazioni del trasporto di massa. Oltre a ciò, occorre dire che i protocolli adottati durante i monitoraggi che nel tempo si sono susseguiti non sempre hanno previsto l’adozione di standard, che consentissero il confronto tra i dati qualitativi e quantitativi provenienti da momenti storici differenti, spesso omettendo il controllo dei parametri notoriamente più importanti.

Queste constatazioni indicano la grande opportunità di orientare nel prossimo futuro il monitoraggio delle sorgenti pugliesi più significative anche al controllo delle condizioni ed evoluzioni ambientali alla superficie degli ampi bacini idrogeologici delle stesse.

4.7. – POSSIBILITÀ DI CORRETTA CAPTAZIONE DELLE SORGENTI COSTIERE REGIONALI

Ad oggi per gran parte delle sorgenti regionali non si dispone di un quadro conoscitivo esauriente sotto il profilo geologico e idrogeologico che consenta di acquisire certezze sulle modalità effettive di emergenza delle acque sorgentizie e, di queste ultime, il bacino di alimentazione e le direttrici idrauliche effettive. Queste circostanze hanno sicuramente condizionato la corretta impostazione dei piani di monitoraggio idrogeologico, che di fatto si sono risolti in una sterile raccolta di dati privi di valenza scientifica. La scarsa importanza sino ad oggi accordata alle sorgenti regionali ha limitato fortemente lo sviluppo di progetti finalizzati al loro impiego, intese come risorse idriche di

base, captabili solo attraverso opere di presa mirate ai comparti agricolo, industriale e potabile.

Le sorgenti potrebbero pertanto rappresentare una interessante integrazione, sia nei periodi di emergenza idrica sia in condizioni di normale apporto d'acqua dalle regioni limitrofe alla Puglia, tenendo conto tuttavia dei vincoli fondamentali che ne limitano l'impiego, come la elevata salinità, la bassa quota di emergenza e la elevata vulnerabilità all'inquinamento. Si tratta in ogni caso di circostanze da valutare e studiare caso per caso, previ accertamenti idrogeologici ad hoc.

Le sorgenti costiere regionali presentano, infatti, una salinità generalmente elevata, in quanto influenzate dall'azione del mare presente alla base della falda che alimenta la sorgente. Eventuali sistemi di captazione devono quindi essere adeguatamente progettati sulla base di specifici accertamenti idrogeologici, per garantire la costanza nel tempo di determinati standard di qualità delle acque. A tale riguardo è da segnalare la possibilità di adottare modalità alternative di captazione delle sorgenti, attraverso la realizzazione dei cosiddetti "pozzi orizzontali", ovvero cunicoli alla sommità della falda all'interno del bacino idrogeologico delle sorgenti, da sottoporre preventivamente ad indagini idrogeologiche. Il loro scopo è intercettare l'acqua diretta alla scaturigine prima che subisca un eccessivo mescolamento con l'acqua marina intrusa nel continente. In tal modo la salinità dell'acqua captata è, in generale, più stabile nel tempo, allontanandosi dalla costa e riducendosi pertanto l'effetto delle maree sull'efflusso sorgentizio.

In assenza della dovuta attenzione idrogeologica, comunque, sono rare le sorgenti regionali utilizzate.

Il caso di impiego della sorgente Tara rappresenta una situazione fortunata, che consente la distribuzione delle opere sorgentizie a fini irrigui e industriali. Di converso, la sorgente Chidro e la sorgente dell'Idume rappresentano, come abbiamo visto, due casi di riprovevole trascuratezza ai fini del corretto impiego delle sorgenti.

L'introduzione dell'auspicata dissalazione di sorgenti salmastre facenti capo - sin dal 2005 - alla rimodulazione di Programma Quadro regionale, è argomento che tratteremo nel capitolo 29.

La scarsa attenzione prestata all'impiego delle sorgenti costiere regionali da parte degli organi preposti trova conferma nello stato di completo abbandono in cui la stragrande maggioranza di esse attualmente versa, nonostante i vincoli ambientali suggeriscano azioni dirette ad accertamenti idrogeologici puntuali. Occorre pertanto il rispetto di vincoli ambientali, diretti alla salvaguardia e all'impiego di queste risorse.

È insomma costantemente mancata un'attenzione culturale, scientifica e ambientale, rivolta al denso patrimonio di sorgenti che le coste pugliesi ospitano, a riprova di quanto la falda idrica regionale, prima di riversarsi e disperdersi a mare, possa essere produttivamente impiegata, facendo fronte alla carenza di disponibilità idriche che è indispensabile risolvere nell'ambito della pianificazione idrica della Regione.