RegioneEmilia-Romagna
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

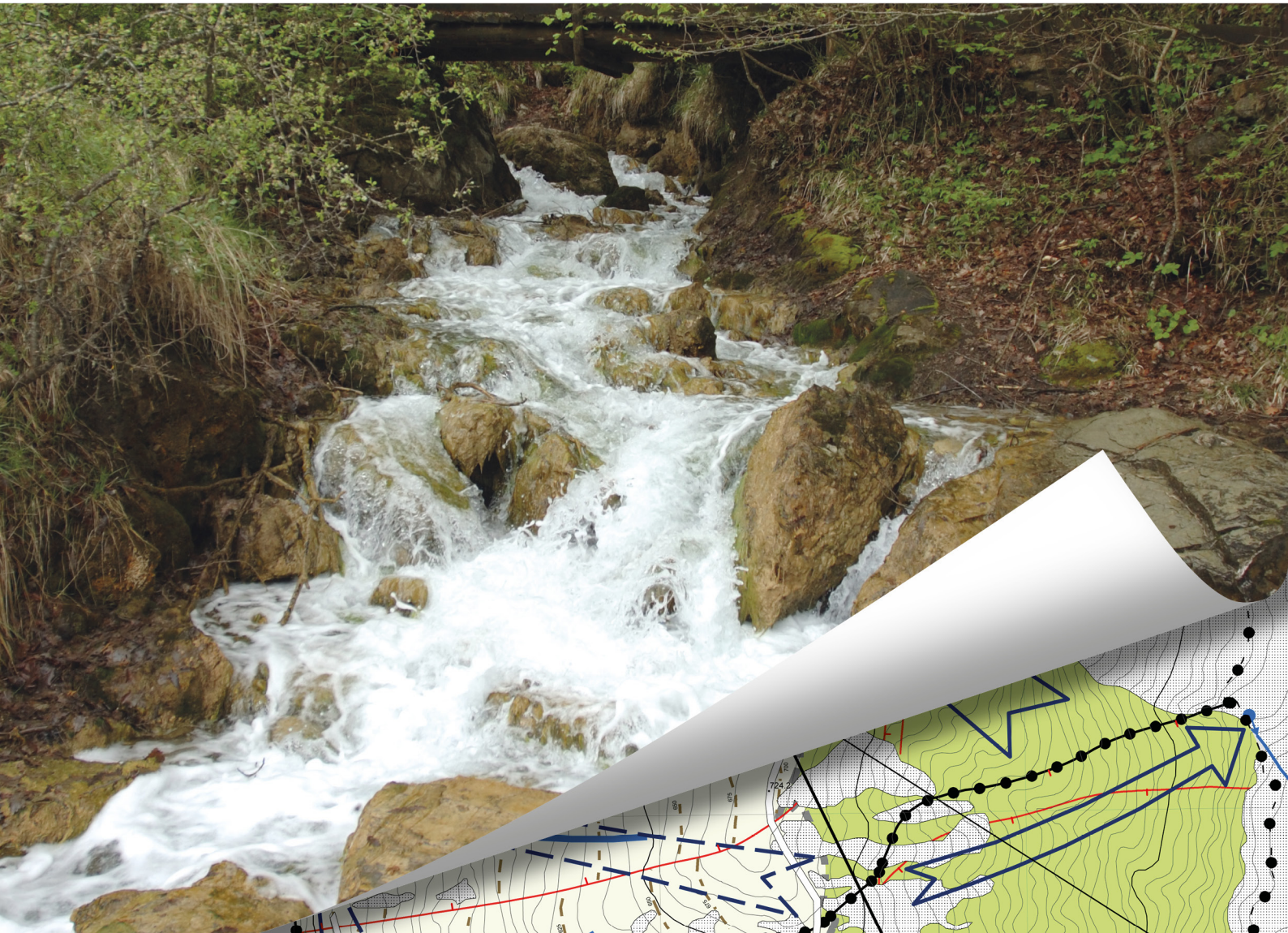






Acque dalle rocce, una ricchezza della montagna

Percorsi interdisciplinari nell'affascinante mondo delle sorgenti



Acque dalle rocce, una ricchezza della montagna

Percorsi interdisciplinari nell'affascinante mondo delle sorgenti

Regione Emilia-Romagna

Assessorato Difesa del Suolo e della Costa,
protezione civile e politiche ambientali e della montagna

Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

In collaborazione con:

Regione Emilia-Romagna
ibc istituto per i beni artistici culturali e naturali

MUSE

Da un'idea di:

Maria Teresa De Nardo, Stefano Segadelli
Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Contributi ai testi o ai casi di studio descritti:

Maria Teresa De Nardo, Stefano Segadelli, Daniele Bonaposta, Annalisa Parisi
Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Alessandro Alessandrini, Stefano Pezzoli
Regione Emilia-Romagna, Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali

Marco Cantonati, Nicola Angeli, Daniel Spitale
Museo delle Scienze (MUSE) di Trento – Sezione di Limnologia e Algologia

Francesco Lo Jacono
Regione Emilia-Romagna, Agenzia regionale di Protezione Civile
Attualmente: Servizio Area Reno e Po di Volano

Pietro Boggio Tomasaz
Provincia di Parma
Attualmente: ARPAE - Struttura Autorizzazioni e Concessioni di Parma

Andrea Pelosio
Provincia di Parma
Attualmente: Regione Emilia-Romagna, Servizio Coordinamento Interventi Urgenti e Messa in Sicurezza

Giorgio Barelli
Provincia di Modena
Attualmente: Comune di Modena, Settore Ambiente e Protezione Civile, Ufficio Attività Estrattive

Fulvio Celico, Paolo Vescovi, Alessandro Chelli, Lorenzo Toscani e Tiziano Boschetti
Università di Parma, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra "Macedonio Melloni"

Giampaolo Rossetti
Università di Parma, Dipartimento di Bioscienze

Elisa Bottazzi
Università di Parma, Dipartimento di Bioscienze
Attualmente: Libera professionista

Gino Naclerio e Antonio Bucci
Università del Molise, Dipartimento di Bioscienze e Territorio

Alessandro Gargini
Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali – BiGeA

Mauro Chiesi, Danilo De Maria, Paolo Forti e Piero Lucci
Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna, FSER

Lorenzo Negri, Matteo Righi, e Marco Vannucchi (GeoStudi S.r.l.)
Federico Madini, Massimiliano Trauzzi
Geologi, liberi professionisti

Responsabile del progetto:

Gabriele Bartolini
Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Coordinamento:

Maria Carla Centineo, Simonetta Scappini e Stefano Segadelli
Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Progetto, redazione grafica e cartografica:

ELIOFOTOTECNICABARBIERI Parma

La redazione del testo è stata completata nel marzo 2016

Presentazioni

Un nuovo Appennino: digitale, sostenibile e innovativo. Un Appennino che, da area a rischio marginalità, diventi fattore di crescita per tutto il territorio dell'Emilia-Romagna. Perché rafforzare la nostra montagna significa rafforzare l'intera regione.
Sono questi gli obiettivi del nuovo Programma regionale della Montagna, che mette a disposizione oltre 700 milioni di euro fino al 2020 da investire per creare opportunità, fare impresa e assicurare la qualità dell'ambiente e dei servizi in montagna, perché l'Appennino torni a crescere e la gente torni a viverci.

La Giunta dell'Emilia-Romagna ci crede. Crede nella possibilità di mettere il segno "più" davanti alla montagna. Per farlo, indispensabili sono le risorse economiche. Ma un ruolo altrettanto importante è quello della conoscenza.
Serve accrescere costantemente il patrimonio conoscitivo su questo territorio grazie al contributo fornito dalle Scienze della Terra: si tratta di un aspetto fondamentale perché presupposto di politiche pubbliche efficaci ed efficienti in aree che presentano tante ricchezze e potenzialità.

In proposito, è indiscutibile il ruolo delle risorse naturali come l'acqua, a cui è dedicata questa monografia: un bene dal grande valore, anche se spesso ce ne ricordiamo solo quando ce n'è poca, a causa della siccità, o quando ce n'è troppa, nel caso di piogge eccezionali. Basti pensare alle precipitazioni abbondanti e concentrate in brevi periodi che possono determinare effetti al suolo disastrosi e non interamente riconducibili a quelli più comuni del dissesto idrogeologico, avvicinando l'ambito appenninico a quello alpino, dove questi fenomeni geologici sono più comuni.

In un simile panorama, la presente pubblicazione – curata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli a cui va il mio ringraziamento per l'opera preziosa svolta – fa il punto sulle conoscenze disponibili in ambito regionale su sorgenti e acquiferi, presentando spunti per una trattazione interdisciplinare dell'argomento.
Per la prima volta, viene proposto un punto di vista originale e "di area vasta" sull'aspetto ecologico delle acque sorgive: il punto di vista che contraddistingue appunto il Servizio Geologico, nella sua funzione di struttura centrale della Regione, depositaria di dati e conoscenza, oltre che di capacità a collaborare con altre Istituzioni.

Augurando a tutti buona lettura, esprimo l'auspicio che questo volume possa rappresentare uno stimolo per ulteriori contributi e approfondimenti sulle risorse idriche dell'Appennino e, più in generale, sulle risorse naturali di cui è ricco il territorio di montagna.

Paola Gazzolo
Assessore a Sicurezza territoriale, Difesa del Suolo e della Costa,
Protezione Civile, Politiche ambientali e della Montagna

La pubblicazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli ha come titolo "Acque dalle Rocce", ad indicare l'interesse sulle risorse idriche ma anche il significato più generale delle risorse naturali dell'Appennino emiliano-romagnolo, uno dei valori della nostra montagna.

Nel presentarla, piace sottolineare due tra i motivi che la rendono originale: essere basata su casi di studio applicativi, derivanti dall'esperienza del Servizio o di Enti che con il Servizio hanno collaborato; fornire punti di vista diversi e interdisciplinari su un tema che vuole essere qui rappresentato nelle sue varie sfaccettature. Di acque sotterranee si può occupare l'idrogeologo, ma anche chi fa della pianificazione territoriale, urbanistica o delle attività estrattive, chi esplora e classifica le cavità ipogee, chi studia le comunità di organismi tipici delle acque sorgive, chi ha interesse per itinerari escursionistici "a tema".

A quest'ultimo proposito, la pubblicazione evidenzia, tra gli spunti per successivi sviluppi, le potenzialità offerte dalla disponibilità di conoscenza sulle sorgenti in relazione ai paesaggi e come componente dei beni naturali; questa nuova frontiera rilancia in chiave moderna ed applicativa il valore naturalistico del fenomeno della venuta a giorno delle acque sotterranee. Allo stesso tempo, si offre una panoramica su alcune delle conoscenze disponibili sulle acque sotterranee dell'Appennino emiliano-romagnolo, settore non più sconosciuto da questo punto di vista.

Tali risultati si inquadrano nei contenuti tecnici messi in campo dalla Direzione Generale di recente formazione, che pone in relazione la tutela del territorio (ad esempio, attraverso la pianificazione territorale) e quella dell'ambiente.

A tale scopo, il Servizio Geologico regionale si pone come struttura in grado di dialogare con altri specialisti, ove esista la necessità di raggiungere un obiettivo comune ed applicativo: questo per rispondere nell'immediato ma anche sforzandosi di prevedere delle istanze future, per non farsi cogliere impreparati. Conoscere per prevedere, oltre che per intervenire.

Ing. Paolo Ferrecchi
Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente

Ho il piacere di presentare una pubblicazione che ha, per molti versi, un carattere di novità. Innanzitutto, la veste editoriale. Diversa da quella dei tradizionali volumi pubblicati dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, trattandosi di un testo in formato digitale e "navigabile", stampabile dal lettore solo per le sezioni di interesse.

Quindi, il tema trattato. Per la prima volta viene dedicata una monografia al contributo che la Geologia dà alla conoscenza delle acque sotterranee nell' "area vasta" dell'Appennino emiliano-romagnolo, un tema che per molto tempo è stato considerato "di nicchia", dimenticando il valore di una risorsa naturale da cui dipende (tra le altre cose) la disponibilità della stessa nelle aree di pianura, ove da decenni è oggetto di studio e investimenti per la conoscenza.

Le caratteristiche che il clima ha acquistato nell'ultimo trentennio, tali da accelerare il ciclo dell'acqua, richiamano l'attenzione sullo stato quantitativo e qualitativo delle risorse idriche montane, in quanto maggiormente vulnerabili ai cambiamenti ambientali e sempre più precursori delle future evoluzioni.

Da qui la volontà di portare alla conoscenza dei Geologi, degli altri tecnici e dei soggetti pubblici e privati interessati, le esperienze di studio applicativo riguardanti le sorgenti e gli acquiferi montani, descritte nella pubblicazione e frutto di un decennio di lavoro svolto presso il Servizio Geologico regionale. Le elaborazioni e i casi di studio descritti sono il risultato di numerose collaborazioni con i Servizi regionali, le Province e le Università che, a vario titolo, hanno richiesto il nostro contributo in dati ed esperienza. In questo percorso è stata stabilita una collaborazione particolarmente intensa con l'Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione e con il Museo delle Scienze di Trento, che ci hanno accompagnato nel percorso di formazione dell'opera.

Nella pubblicazione sono trattati i temi dell'evoluzione delle cartografie sugli acquiferi montani, nei vari livelli di approssimazione, le acque termali, le acque associate alle cavità ipogee, gli aspetti ecologici delle sorgenti, gli studi di dettaglio su singoli acquiferi per la quantificazione delle risorse idriche locali.

Tra gli scopi della pubblicazione, contiamo che alla tradizionale suggestione del significato naturalistico e paesaggistico legato alle sorgenti, che pure costituisce un'ulteriore tema da sviluppare in chiave moderna (anche avvalendosi degli strumenti offerti dai sistemi informativi geografici) si affianchi la coscienza del valore applicativo delle esperienze presentate.

Un pensiero doveroso e riconoscente va a Raffaele Pignone, che ha contribuito in maniera determinante a sviluppare un quadro conoscitivo di eccellenza nel campo della Geologia e delle risorse naturali utili e di supporto alle competenze e attività delle strutture regionali e dei vari Enti.

Ing. Gabriele Bartolini
Responsabile del Servizio Geologico, Simico e dei Suoli

Ringraziamenti

Si ringraziano: il responsabile dei Servizio, Gabriele Bartolini, per avere dato fiducia a questa iniziativa e messo a disposizione le necessarie risorse; il titolare della ditta Eliofototecnicabarbieri, Renato Tegoni, per avere proposto una modalità di pubblicazione originale e per gli utili suggerimenti dispensati in corso d'opera.

Indice

1 Acque storiche 1

1.1 Generalità sulle sorgenti storiche 1

1.2 Riferimenti storico-documentali 2

2 Sorgenti e acquiferi dell'Appennino emiliano-romagnolo 7

2.1 La formazione del quadro conoscitivo regionale 7

2.1.1 Il punto di partenza 8

2.1.2 L'approfondimento in ambito provinciale 10

2.1.3 La cartografia per i Piani di Gestione di Distretto Idrografico 12

2.2 Un contributo alla descrizione dello stato qualitativo naturale delle acque sotterranee: il caso di studio delle analisi di potabilità 15

2.3 Le sorgenti captate, conoscenze quantitative di prima approssimazione 19

2.3.1 Premessa e criticità 19

2.3.2 Il quadro regionale 20

2.3.3 Classificazione dei Corpi Idrici Sotterranei montani 21

2.3.4 Le approssimazioni compiute 22

2.4 Le potenzialità geologiche dei dati storici ambientali: il caso delle sorgenti e dei fontanili in Emilia-Romagna 22

2.4.1 Materiali e metodi: sorgenti "storiche" 23

2.4.1.1 Digitalizzazione dei "punti d'acqua" 24

2.4.2 Materiali e metodi: risorgive 25

2.4.2.1 Basi cartografiche e digitalizzazione 26

2.4.3 Risultati e discussione – sorgenti "storiche" 27

2.4.4 Risorgive – aspetti generali 28

2.4.5 Risorgive e Siti di Importanza Comunitaria 30

2.4.6 Sorgenti storiche e risorgive- potenzialità per l'analisi geologica 31

2.4.7 Conclusioni 33

2.5 Le acque minerali e termali dell'Emilia-Romagna e il caso delle Terme di Brisighella, Appennino ravennate 33

2.5.1 Il quadro generale 33

2.5.2 Geologia ed acque termali: il caso di studio di Brisighella 35

2.5.3 La concessione "Colombarino" 36

2.5.4 Geologia e chimismo 37

2.5.5 Conclusioni, propedeutiche ad approfondimenti successivi 39

3 Le sorgenti carsiche dell'Emilia-Romagna 40

3.1 Le fonti di Poiano 42

3.2 Sistema carsico dell'Acquafredda 44

3.3 Il sistema carsico Rio Stella - Rio Basino 46

3.4 Sistema carsico di Onferno 48

3.5 Sorgente di S. Cristoforo di Labante 49

3.6 Conclusioni 49

4 Applicazioni 51
4.1 Il censimento delle sorgenti nella montagna parmense occidentale 51
4.1.1 Rilevamento di terreno e sintesi della documentazione tecnica prodotta 52
4.1.2 Ricadute sulla pianificazione di ambito comunale: l'esempio del Piano Strutturale del Comune di Bore 55
4.1.3 Il Progetto Spinner "Sorgenti Montane" 59
4.2 Applicazioni per la pianificazione delle attività estrattive nell'Appennino modenese e per la Protezione Civile regionale 61
4.2.1 Il Piano Infraregionale delle Attività Estrattive di Modena 61
4.2.2 Sperimentazione per un sistema informativo sulle sorgenti, per scopi di Protezione Civile 65
4.3 Funzionamento idrogeologico di acquiferi peridotitici: il caso del M. Prinzera (Appennino settentrionale, Italia) 66
4.3.1 Inquadramenti dell'area di studio 67
4.3.1.1 Inquadramento geografico 67
4.3.1.2 Inquadramento geologico-strutturale 67
4.3.1.3 Inquadramento Idrogeologico e geochimico 68
4.3.2 Materiali e metodi 68
4.3.3 Risultati 69
4.3.3.1 Assetto geologico-strutturale 69
4.3.3.2 Indagini multidisciplinari 72
4.3.3.2.1 Regime termico 73
4.3.3.2.2 Interrelazioni tra portate e conducibilità elettrica 74
4.3.3.3 Indagini isotopiche 76
4.3.3.4 Indagini geochimiche 77
4.3.4 Discussione 77
4.3.5 Conclusioni 79
4.4 Il piano di monitoraggio della cava di Monte Zirone (Comune di Terenzo, Provincia di Parma) 80
4.4.1 Punti e parametri oggetto di monitoraggio idrochimico 82
4.4.2 Livelli piezometrici 86
4.4.3 Monitoraggio idrochimico 87
4.4.4 Monitoraggio strumentale sorgenti 90
4.4.4.1 Sorgente Fontanarezza 90
4.4.4.2 Sorgente Fontenova 92
4.4.5 Possibili azioni progettuali 94

A1 Appendice I 97
A1.1 Verifica stato di fatto punti di monitoraggio 97
A1.2 Indagini videoispettive piezometri 97
A1.3 Campionamenti acque di sorgente e piezometri 99
A1.4 Proposta determinazione parametro permeabilità 100
A1.5 Caratteristiche tecniche piezometri 100
A1.6 Determinazione del Coefficiente di permeabilità 101
A1.7 Risultanze prove di permeabilità 103

5 Sorgenti e natura 106
5.1 L'esperienza della Provincia Autonoma di Trento: il Progetto CRENODAT (2004-2008) e il contributo alla piattaforma Internet "Springs of the Alps" (Alpenquellen) 106
5.2 Il Progetto EBERs 108
5.2.1 Materiali e metodi 108
5.2.1.1 Enti, persone e mezzi coinvolti 109
5.2.1.2 Criteri utilizzati per la scelta delle aree sorgentizie 109
5.2.1.3 Attività di campagna 110
5.2.1.4 Attività di laboratorio 111
5.2.2 Risultati e discussione 111

5.2.2.1 Campagna di campionamenti 2011 ... 111
5.2.2.2 Campagna di campionamenti 2012 ... 112
5.2.2.3 Idrogeologia (A.G., S.S. e M.T.D.N.) ... 113
5.2.2.4 Classificazione ecomorfologica delle sorgenti studiate ... 114
5.2.2.5 Analisi chimiche (ioni principali, nutrienti algali incluse le frazioni del fosforo, elementi in traccia e metalli; J.G.) ... 116
5.2.2.6 Diatomee (M.C., H.L.B., N.A.) ... 116
5.2.2.7 Alghe bentoniche diverse dalle diatomee inclusi i cianobatteri (M.C.) ... 119
5.2.2.8 Alghe di sorgenti petrificanti ... 122
5.2.2.9 Licheni acquatici (J.N.) ... 122
5.2.2.10 Vegetazione (D.S.) ... 123
5.2.2.11 Zoobenthos (R.G.) ... 124
5.2.3 Conclusioni e prospettive ... 126

5.3 Sorgenti caratterizzate dalla deposizione di carbonato di calcio (*Limestone Precipitating Springs*, L.P.S.) ... 128
5.3.1 L'attività di censimento delle sorgenti libere ... 128
5.3.2 Proposta di un Sistema Informativo Territoriale dedicato ai L.P.S. della regione Emilia-Romagna ... 131

A2 Appendice II - Schede descrittive delle principali sorgenti campionate e percorsi escursionistici ... 133

A2.1 Norme sulla sicurezza da sapere ... 133

A2.2 I massicci ofiolitici dell'Appennino emiliano occidentale: M. Penna [1] e il M. Nero [2] ... 134

A2.3 Esempi di sorgenti petrificanti note (S. Cristoforo di Labante [3], Appennino bolognese) e meno note (M. Carameto [4], Appennino emiliano occidentale) ... 142

A2.4 Acque sorgive eccezionalmente "dolci" *(very-low-alkalinity springs)*: Fontana del Vescovo [5] ... 148

A2.5 Glossario ... 151

Bibliografia citata e consultata ... 152

1 Acque storiche

Una pubblicazione dal titolo "Acqua dalle rocce", dedicata alle acque sotterranee dell'Appennino emiliano-romagnolo considerate dal punto di vista del Geologo, non poteva che iniziare con un riferimento storico. Lo studio di un argomento geologico (nel nostro caso, le acque sotterranee) risulta più completo quando venga considerato anche il suo aspetto evolutivo, grazie alle potenzialità offerte da una lettura "mirata" della documentazione storica disponibile.

È con questa convinzione che ci siamo rivolti all'esperto, autore del presente capitolo, che opera presso l'Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione; gli abbiamo chiesto di tracciare un quadro sul legame tra le manifestazioni di acque sotterranee e le evidenze storico-geografiche della Regione. Il risultato viene presentato nelle pagine seguenti, dove, nell'ambito dell'indispensabile sintesi, non mancano i motivi di approfondimento per ricerche successive. Le segnalazioni descritte nel testo, attraverso riferimenti numerici, vengono ubicate su base topografica.

1.1 Generalità sulle sorgenti storiche

Stefano Pezzoli Istituto Beni Artistici Culturali Naturali, Regione Emilia-Romagna

Come ha scritto acutamente l'etnologo Vito Teti introducendo un'opera collettanea a sua cura (*Storia dell'acqua: mondi materiali e universi simbolici*, Roma 2003) «l'acqua si presenta come il punto di intersezione forse più forte ed efficace tra storia della natura e storia degli uomini». L'acqua è definita come l'elemento – luogo «per ripassare i nessi tra biologia e cultura e tra natura e storia» e che quindi «ci ricorda che l'uomo è insieme materia, natura, storia e cultura». Sorgente indica l'acqua che sorge e sgorga dalla terra, e scorre perennemente consegnando di sé una immagine di forza vitale e di «eterna» continuità, trasmette l'idea di una cosa che è da sempre e che sempre sarà. L'acqua che scorre dalla sorgente esprime potenza, è elemento demiurgico: sorgiva dalla terra proviene da un mondo sotterraneo sconosciuto, e questo da sempre l'ha associata a molteplici valenze e significazioni, di carattere religioso e simbolico. Teti ci ricorda ancora come «la fondazione di città e di paesi è in prossimità dell'acqua; il luogo religioso e di culto è vicino all'acqua» e che «la ricerca dell'acqua ha ovunque qualcosa di religioso e di sacrale». Se pensiamo al capoluogo regionale, Bologna, vediamo come essa sia sorta in quella posizione per via di un piccolo corso d'acqua, l'Aposa, un rio ora quasi del tutto nascosto sotto le pietre ed il cemento della città. E restando per un momento in una dimensione urbana pensiamo alle fontane, artificiali sorgenti cittadine che derivano di fatto dalle antiche fontane dei paesi, che furono «luogo centrale nell'organizzazione e nella percezione dello spazio, luogo della memoria e dei ricordi». Nella nostra regione, oltre a Bologna con la fontana del Nettuno e la Fontana Vecchia, abbiamo esempi monumentali di valenza artistica a Faenza, Cesena e Rimini. Ma è importante tenere presente la dimensione storica, quella che oggi non si riscontra più, di luogo di sosta e quindi d'incontro e di conseguenza di scambio: una presenza dell'acqua che diventa indirettamente «apportatrice di notizie», e guardandola con un'ottica di genere la fontana per molti secoli è stata luogo di socializzazione femminile, quando l'attività di attingere e di lavare facilitava la comunicazione fra le donne.

L'autore citato sottolinea come le sorgenti d'acqua abbiano di fatto influenzato e condizionato «spostamenti di uomini, bestie, abitati» e che «molti luoghi furono addomesticati per la presenza di sorgenti». Ed ancora che «lungo le vie percorse dai pellegrini le acque dei fiumi e delle fonti che dissetano diventano elementi caratterizzanti del viaggio».

Le acque in genere, ma le sorgive in particolare, come i boschi, certe pietre, le grotte, costituirono «il paesaggio naturale e simbolico della devozione popolare»; fonti e corsi d'acqua furono per gli antichi dimore di divinità, e come annotato (nel testo precedentemente citato) dall'archeologo Pier Giovanni Guzzo, di «divinità più modeste degli dei dell'Olimpo, ma più presenti nella vita quotidiana di agricoltori e pastori, di boscaioli e viandanti».

Per il nostro ambito regionale la connessione fra la religiosità nei tempi antichi e lo scaturire delle acque trova sempre valide informazioni in due importanti contributi dell'illustre storico dell'antichità Giancarlo Susini (*Culti salutari e delle acque: materiali antichi nella Cispadana*, «Studi Romagnoli», XXIV, 1975; *I culti naturali e delle acque* in *Cultura popolare nell'Emilia Romagna. Medicina, erbe e magia*, Milano 1981). Nel primo l'autore produce una mappatura di casi che egli stesso considera perennemente integrabile per via di nuove scoperte e che comunque vuole tenere insieme culti salutari e culti delle acque per la forte attinenza che li connette. E sottolinea il fatto che, data l'indispensabilità dell'acqua per ogni insediamento umano, nella presenza idrica stava sempre immersa una divinità delle acque. La carta disegnata da Susini delinea aree di maggiore densità nelle pendici appenniniche fra Bidente e Marecchia, nelle vallate fra Savena, Reno e alto Panaro e nell'alta valle del Trebbia. Sono una settantina di siti, fra i quali una dozzina che possono definirsi «santuari».

1.2 Riferimenti storico-documentali

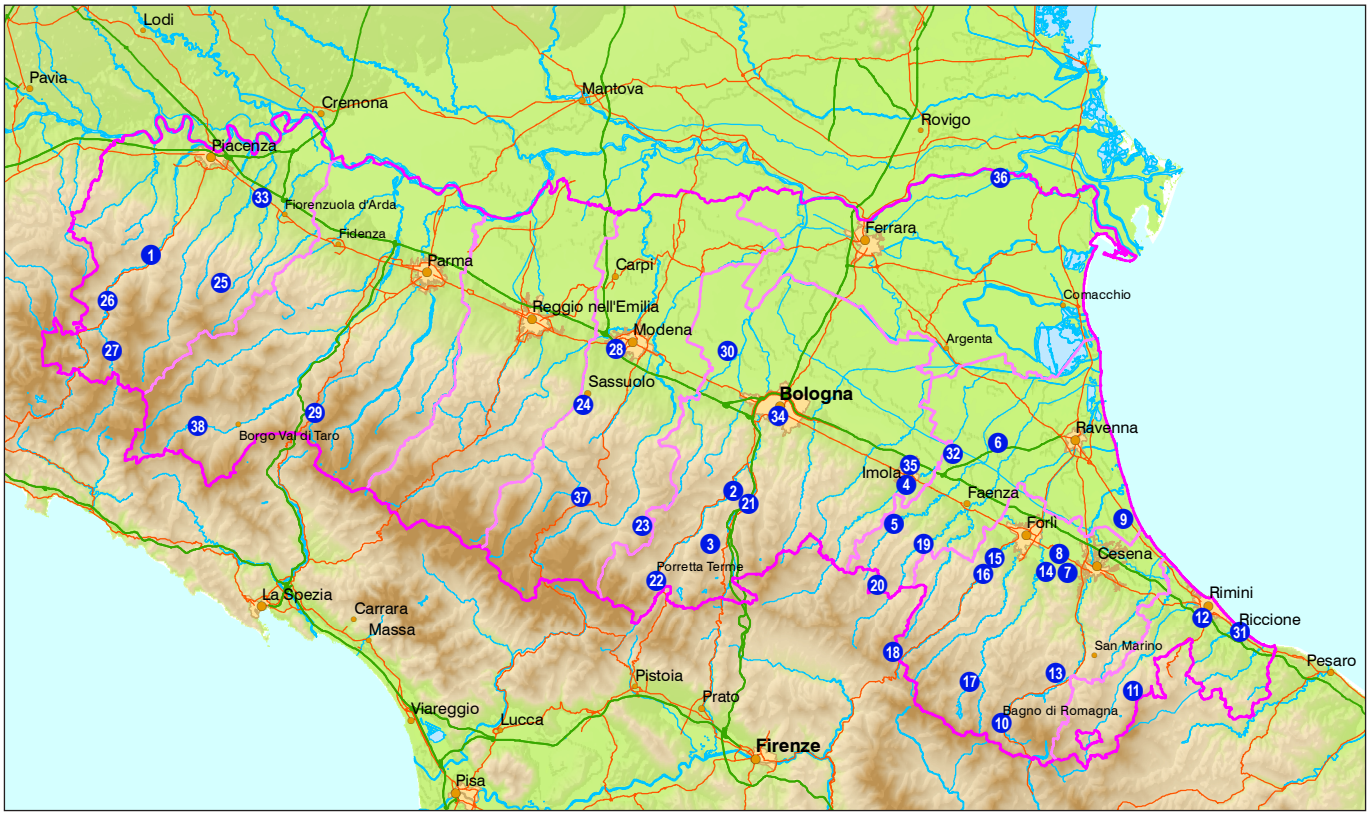
Stefano Pezzoli Istituto Beni Artistici Culturali Naturali, Regione Emilia-Romagna

Nelle pagine seguenti vengono riportate le indicazioni dei luoghi citati nella mappatura di Susini, accompagnati da altri riferimenti derivati dall'esperienza di chi scrive; la localizzazione complessiva dei siti viene schematizzata in figura 1.1, dove ciascun punto è indicato da un numero che trova la spiegazione nel testo.

Emerge fra questi Caverzago (1), località della media valle del Trebbia a sud di Travo, che una cospicua documentazione epigrafica vi situa il santuario terapeutico di *Minerva Medica Memor Cabardiacensis*, assiduamente frequentato fra I e III secolo, da fedeli provenienti da una vasta parte del nord Italia, che si giovavano di una fonte di cui si è persa l'ubicazione dopo l'esaurimento. Nella valle del Reno sono citati Marzabotto (2), con due individuazioni santuariali idriche, una extraurbana e l'altra presso l'acropoli (presenze che forse provocarono la fondazione della città etrusca); e Monteacuto Ragazza (3), sulla via di crinale tra Reno e Setta, sito di epoca preromana, ove furono rinvenute statuette etrusche di offerenti, databili al V secolo a. C.

A Imola, sotto il Monte Castellaccio (4), sede del primo abitato d'età del Bronzo, una fonte minerale fu frequentata in dimensione cultuale nel II secolo. Nella valle del Senio, presso Borgo Rivola, si apre la cavità detta Grotta del Re Tiberio (5), ma dove Re sta a significare rio, una scaturigine che fu causa di una lunghissima frequentazione e di un nutrito lascito di piccoli vasi votivi.

Nella bassa pianura, Bagnacavallo (6), fa pensare ad un acqua curativa per i quadrupedi e il ritrovamento di cippi, piedistalli ed altari portatili con dedicazioni a Giove e a divinità femminili della salute e della fecondità, segnala la presenza di un luogo di culto attivo già nel II e I secolo a. C. e Susini prospetta nella locale pieve di S. Pietro *in Sylvis*, risalente al VII secolo, un'eredità dell'antico santuario.



Nella fascia pedecollinare forlivese, a valle di Bertinoro, il parco termale di Panighina (7) nella valletta del Bevano, fu luogo frequentato per le sue acque magnesiache e clorosaline sin dall'età preromana, come testimonia il ritrovamento di bronzetti ed un accumulo di vasetti votivi. E poco ad ovest il settecentesco santuario della Madonna del Lago (8) venera un'icona mariana che la tradizione vuole rinvenuta (nell'VIII secolo) presso una cavità lacustre, segnando una continuità di culto legato all'elemento idrico. Un altro luogo che testimonia continuità cultuale fra epoca romana ed i secoli successivi è Cervia, l'antica Ficocle, dove un puteale dedicato a Diana richiama una manifestazione di religiosità collegata alle acque che più tardi si riprende nello stesso luogo per la Madonna della Neve o delle Saline, particolarmente venerata nella comunità dei salinari.

Ritornando alla montagna, nell'alta valle del Savio, c'è Bagno di Romagna (10), centro termale di antichissima frequentazione, detto in epoca romana *Oppidum Balnei* e nel Medioevo *Castrum Balnei*, cioè con la sua specificità sempre in evidenza; nelle terme, dette di S. Agnese (la tradizione vuole che abbiano guarito la santa sarsinate dalla scabbia), sottostanno strutture romane, con testimonianze (bronzetti, fra cui una raffinata effigie di Minerva, monete, un frammento d'iscrizione) sin dalla fine del III secolo a. C. Spostandoci più ad est, nella media valle del Marecchia, a San Leo (11), un'iscrizione del II secolo parla di un tempio afferente ad una fonte d'acqua. Infine a Covignano, località a monte di Rimini, sono distribuite più testimonianze della presenza di edifici sacri di età preromana e romana in un'area caratterizzata da numerose fonti. Qui già nell'età del ferro si erano costituiti insediamenti che con la colonizzazione romana vennero ad interessare le zone piane, alla foce del Marecchia, approdo della navigazione costiera. Ancora oggi a Covignano (12) si trovano le terme della Galvanina, le cui acque furono le prime ad essere imbottigliate in Emilia-Romagna, nel 1922.

Il Susini cita poi altre testimonianze ed indizi di culti salutari e delle acque, e se ne dà qui riscontro rivolgendoci ora verso ovest. Partendo dalla valle del Savio, a poco più di due chilometri a nord ovest di Sarsina la pieve di S. Salvatore in Summano (13) ci riporta al dio pagano della folgore notturna, Giove Summano, qui protettore di una grotta da cui scaturivano acque. Ad ovest di Bertinoro, sul Rio Salso, affluente di destra del Ronco, si

Figura 1.1

1. Caverzago
2. Marzabotto
3. Monteacuto Ragazza
4. Monte Castellaccio
5. Grotta Re Tiberio
6. Bagnacavallo
7. Panighina
8. Bertinoro, Madonna del Lago
9. Cervia
10. Bagno di Romagna
11. San Leo
12. Galvanina
13. San Salvatore in Summano
14. Terme della Fratta
15. Castrocaro
16. Pieve Salutare
17. Pozza della Scrofa
18. Cascate dell'Acquacheta
19. Pieve del Tho
20. Fontana Moneta
21. Rio Moneta
22. Terme di Porretta
23. Montese
24. Terme di Salvarola
25. Velleia
26. Terme di Bobbio
27. Salsominore
28. Cognento
29. Berceto
30. San Giovanni in Persiceto, Madonna del Poggio
31. Riccione
32. Bagnara di Romagna
33. Roveleto Landi
34. Bologna, Madonna della Pioggia
35. Imola, Madonna della Coraglia
36. Berra, Madonna della Galvana
37. Ponte d'Ercole
38. Isola di Compiano

trovano tuttora le terme di Fratta (14) e presso l'odierno stabilimento che sfrutta le sorgenti vennero alla luce elementi architettonici romani, rimandanti all'utilizzo termale antico. Presso Castrocaro (15), centro termale di antica tradizione, il ritrovamento di statuette di epoca preromana raffiguranti devoti, fa ipotizzare a Susini una persistenza plurisecolare dell'utilizzo delle sorgenti: del resto, poco a sud, lungo il Montone, si trova la chiesa di Pieve Salutare (16), di cui si hanno notizie dal X secolo, e la cui denominazione rimanda inequivocabilmente alla ricerca di una capacità di giovare alla salute.

Nell'alta valle del Bidente, una quindicina di chilometri a sud di Santa Sofia, ove ha origine il ramo detto di Ridracoli (17), si trova una sorgente d'acqua solforosa conosciuta come Pozza della Troia, all'interno di un'area intrisa di tracce di passaggi d'epoca preromana e romana; l'appellativo popolare rimanda ad un uso terapeutico di antichissime origini utilizzato anche da animali, in questo caso una scrofa che per la tradizione avrebbe istintivamente trovato la fonte medicamentosa. La cronaca del quotidiano *Il Giornale dell'Emilia* nel settembre del 1951 riferisce di «gitanti seminudi [che] si gettano nella gelida Pozza della Scrofa, in acque indicate per i dolori reumatici». Più a ponente, nell'alta valle del Montone, affluisce al corso principale il rio Acquacheta (18), menzionato da Dante – «rimbomba là sovra San Benedetto/ de l'Alpe per cadere ad una scesa» (*Inf.* XVI 100-101) – e Susini ipotizza che il toponimo possa risalire ad una fonte oracolare, «forse da un antichissimo culto salutare alla Quiete, interpretazione latina di una divinità indigena cui si impetrava la serenità dello spirito in un corpo sano».

Nella parallela valle del Lamone la Pieve di S. Giovanni in Ottavo (perché sorta forse nel IX-X secolo su resti romani all'ottavo miglio da Faenza) detta del Tho (19), che reca elementi di rimpiego romani e che anticamente ebbe l'appellativo *in Feroni*, va considerata perché vicinissima al luogo termale di Brisighella, e forse sostituzione «di un precedente santuario di Feronia». Nel limitrofo Appennino imolese, nell'alta valle del Sintria, il toponimo Fontana Moneta (20) riprende l'«appellativo di Giunone nelle sue potestà oracolari»; Moneta dal latino *monere*, ammonire; per cui è verosimile la presenza di un luogo cultuale. C'è anche un Rio Moneta nell'Appennino bolognese (21), che scende da Monte Sole ed affluisce nel Setta, poco a sud di Vado. Su questo medesimo versante, facente parte del sistema orografico del Monte Salvaro, rilievo che nel toponimo richiama pratiche salutari, si trova la sorgente solforosa della Puzzola, in un'area di strada pertinente al percorso fra Monteacuto Ragazza e Marzabotto, frequentato già in epoca preromana. Come probabilmente accadde per la Pozza della Troia con una scrofa, a Porretta Terme (22) fu un bue secondo la tradizione a fungere da «bestia-guida», cioè l'animale che nella ricerca istintiva di acque curative ne provoca la scoperta (una «garanzia di genuina espressione della natura», osserva Susini). Porretta ebbe sorgenti utilizzate in epoca etrusca e romana, come è riconosciuto da ritrovamenti avvenuti nel corso del XVIII secolo, di tubature e di tre ambienti termali. Le fonti furono riscoperte verso la metà del XIII secolo ed ebbero, a partire dal secolo successivo, una larga notorietà (nel 1474 vi si recò Lorenzo il Magnifico e nel 1816 Luigi Bonaparte, già re di Olanda); si ricorda anche l'uso del toponimo Bagni della Porretta, il solo praticato dal tardo medioevo al primo Novecento.

Nell'Appennino modenese, nei pressi di Montese (23), è ricordata la località detto Lago Bracciano. Dal sito internet del Museo Storico di Montese leggiamo che «il Lago Bracciano si formò a causa delle frane che, staccandosi dal Montello, andarono ad ostruire il corso del Rio Acqua salata, dando così origine ad un piccolo bacino lacustre, ridottosi progressivamente ad un pantano, e definitivamente bonificato alla metà degli anni Settanta. In questa località, intorno al VI sec. a. C., doveva esistere un luogo di culto, frequentato anche a scopi curativi a causa della presenza della sorgente di acqua salata. Nel deposito votivo (*stipe*) del Lago Bracciano prevalgono gli ex voto schematici, raffiguranti devoti, devote ed animali domestici, del tipo realizzato in serie tra la fine del VI e la metà del IV sec. a.C. nelle officine di Marzabotto e Bologna, e diffusi in molti dei santuari dell'Appennino modenese e bolognese».

Un chilometro e mezzo a sud di Sassuolo si trovano le terme di Salvarola (24), che la presenza in loco di strutture murarie romane, fa pensare conosciute anche anticamente. In epoca moderna le acque sulfuree e salsobromoiodiche di queste fonti vennero sfruttate dal 1764 e lo stabilimento venne inaugurato nel 1884 (da Antonio Veggiani, *Terme, miniere e petrolio* in *Il mondo della natura in Emilia Romagna. La Montagna*, Cinisello Balsamo 1989). A Veleia (25), che fu fiorente municipio romano, nell'Antiquarium, un clipeo marmoreo reca incisa la dedica di Lucio Granio Prisco, notabile del luogo, di una fonte alle ninfe e alle forze del sottoterra; ribadendo così la sensibilità degli antichi di fronte all'acqua sorgiva.

Nel bacino del Trebbia, poco a sud di Bobbio (26), vi è uno stabilimento termale che sfrutta acque solfureo – salse utilizzate in epoca romana, come fanno intuire ritrovamenti nell'area, e che furono usate sin dall'alto medioevo per ricavarvi il sale. Infine a Salsominore (27), nella valle dell'Aveto, antico sito di estrazione del sale, è testimoniato il popolamento romano ed una presenza che certamente utilizzava la locale sorgente salsoiodica.

Tramontata l'età romana ed affermatasi la religione cristiana rimane comunque una continuità nel legare l'acqua sorgiva ad una fenomenologia extraterrena, anche intrisa di paganesimo, al di là, evidentemente, dei simbolismi dell'acqua nell'iniziazione cristiana.

Una serie di casi nei quali la presenza dell'acqua s'intreccia con la religiosità popolare o comunque svolge una particolare funzione benefica li troviamo in un saggio di Sergio Venturi dedicato ai santuari della nostra regione (*Santuari in Emilia Romagna: corografia, antropologia e fabbrica* in AA.VV. *Arte e santuari in Emilia Romagna*, Cinisello Balsamo 1987). Fra gli esempi più remoti, nel IV secolo, viene ricordato quello di San Geminiano, patrono di Modena, che nei pressi della città, a Cognento (28), fece scaturire una fonte, la stessa che ora è racchiusa in un tempietto neogotico a lui dedicato. Nell'VII secolo Moderanno vescovo di Rennes, in pellegrinaggio a Roma lungo la via Francigena sostò a Berceto (29) ed una fonte è tuttora a lui dedicata, nel luogo ove si sarebbe verificato il miracolo dell'albero, che inchinandosi gli aveva restituito le reliquie di San Remigio (dimenticate da lui sulla pianta si erano innalzate con la crescita). Nelle cronache di Andrea Bernardi detto il Novacula si narra di tale Francesco di Mastro Gregorio Almerico affetto da lebbra che il 10 giugno del 1498 fece abluzioni in una risorgiva d'acqua ferruginosa presso il santuario della Madonna del Poggio di San Giovanni in Persiceto (30) ed ottenne la guarigione dal morbo: diffusasi la notizia nei giorni successivi vi sarebbero state ben 121 guarigioni di vario genere. A Riccione (31) è venerato il beato Alessio Monaldi, un contadino, morto a trent'anni nel 1503: per la tradizione popolare avrebbe fatto scaturire una sorgente per dissetare due pellegrini lungo la via Flaminia, ed essendosi ritrovato cent'anni dopo il suo corpo incorrotto, fu considerato beato per il popolo, pur senza il riconoscimento ecclesiastico. Verso il 1700 nei pressi di Bagnara di Romagna (32) su di una quercia era appesa l'effigie in terracotta della Beata Vergine del Soccorso ed accanto, da una pozza sgorgava un'acqua che si riteneva miracolosa per aver provocato numerose guarigioni d'infermi. Ora l'acqua non sgorga più, ma dal 1770 svetta l'elegante e slanciata architettura di Cosimo Morelli ad accogliere l'immagine venerata della Madonna. Lungo la via Emilia, a Roveleto Landi (33), il grande santuario bibienesco della Beata Vergine del Carmine è noto anche per una vicina fonte che avrebbe avuto effetti taumaturgici durante l'epidemia di colera del 1836.

Collegati all'acqua sono diversi casi dove l'immagine matrice del santuario sarebbe stata rinvenuta immersa od adagiata presso un corso od uno specchio d'acqua, così la Madonna dei Renacci di Pievepelago, su di un masso nello Scoltenna; la Madonna della Pioggia a Bologna, ritrovata nel Canale di Reno (34); la Madonna della Coraglia di Imola (35), in una canaletta di campagna; la Madonna della Galvana di Berra (36), comparsa dalle acque del Po; e la Madonna del Lago presso Bertinoro, precedentemente citata, apparsa prima a San Ruffillo, primo vescovo di Forlimpopoli e poi ritrovata nel lago. E continuano le supposte miracolose guarigioni di animali, come per una mandria di bovini che avrebbe trovato (siamo in pieno XV secolo) provvidenziale rimedio bevendo ad una fonte presso il Ponte d'Ercole (o del Diavolo), ovvero un grande monolite di roccia arenaria modellato dall'erosione

in forma di arco che si trova immerso nei boschi, in territorio di Brandola di Polinago (37). Ancora oggi, ci ricorda l'archeologo Michele Dall'Aglio (*I culti delle acque nell'Italia antica*, Imola 2009), a Isola di Compiano (38) nell'alta valle del Taro i fedeli che accompagnano al greto del fiume le statue della Vergine e di San Rocco, si bagnano nelle sue acque per purificarsi, in ricordo della cessazione della peste del 1630, favorita per tradizione da una esondazione di quel corso d'acqua.

Un altro sguardo che si può rivolgere alle «acque sorgenti» è quello della loro denominazione, cioè come sono state registrate nel rilevamento topografico, considerando quest'ultimo un mezzo strumentale per individuare gli affioramenti d'acque sul territorio, tenendo pur sempre conto che non tutte «le cose» che localmente hanno od hanno avuto un nome sono state fissate su di una mappa. Un lavoro della geografa Laura Cassi (*Acque e nomi di luogo* in *Atlante Tematico delle Acque d'Italia* a cura di Maria Gemma Grillotti Di Giacomo, Genova 2008) ci dice che «l'acqua costituisce una delle categorie più significative della toponomastica, sia perché gli idronimi sono i nomi più antichi del territorio, sia per i valori intrinseci e simbolici che si legano all'acqua». L'autrice riferisce di un conteggio effettuato nel 1959 da Roberto Almagià sulla Carta d'Italia del Touring Club Italiano realizzata in scala di 1 a 250.000 nei primi due decenni del Novecento e contenente circa 115.000 nomi geografici. Il geografo fiorentino aveva individuato oltre 500 nomi da *fonte* e derivati (*fontana, fontanella, Fontebuona*, ecc.), e 276 derivati da *acqua*, fra cui 25 *Acquaviva*, una ventina di *Acquasanta*, una quindicina di *Acquafredda*, una decina di *Acquabona*. La Cassi ripropone l'indagine sulle tavolette dell'IGM in scala 1 a 25.000, una fonte che raccoglie 720.000 toponimi. Fra questi i derivati da *fonte* sono oltre 9.000, mentre *sorgente* compare poco meno di 150 volte (129 appariva nella carta del Touring, a ben più piccola scala). I nomi che racchiudono il termine *acqua* sono più di 4.000 e la loro raffigurazione in una tavola (elaborazione di Valeria Santini) coglie un'intensità maggiore nell'Italia centro meridionale, massimamente in Campania, Basilicata e Calabria; mentre presenta maggiore rarefazione al nord, in particolare in Emilia-Romagna. Sulla scorta di queste indicazioni guardiamo le 286 tavolette dell'IGM che riguardano la nostra regione, dove i toponimi che segnalano una presenza d'acqua, escludendo fiumi, torrenti, rii, scoli e canali sono 463, e fra questi quelli che indicano esplicitamente una sorgente sono 38; quelli da *fonte*, *fontana*, con vari derivati sono 239 (fra cui tre capoluoghi comunali, Fontanellato, Fontevivo e Fontanelice), ma fra questi circa 50 antepongono la specifica di *casa*, predominando una funzione abitativa sulla derivazione sorgiva. Altri toponimi indicano *pozzo*, oppure *pozza*, *polla* o *piscina* e sono 53. Racchiudono il termine *acqua* una ventina di casi, tre volte *Acquafresca* ed *Acquaviva*, due volte *Acquanera* ed *Acquasanta*. E *Acqua Berbaia*, nell'alto Appennino parmense, che Susini collega ad acque salse, fangose e calde, localmente dette *barboj*, già conosciute nell'antichità. Il toponimo *bagno* e suoi derivati è presente 22 volte. L'idronimo *lago* presenta 93 casi, con maggiore intensità evidente nell'Appennino emiliano, cioè nella parte montana occidentale.

2 Sorgenti e acquiferi dell'Appennino emiliano-romagnolo

Individuare e conoscere le unità geologiche sede dei principali acquiferi nell'ambito collinare e montano dell'Appennino emiliano-romagnolo è uno degli obiettivi perseguiti dal Servizio Geologico nel corso degli ultimi dieci anni. Ci preme sottolineare che il risultato attuale è di disporre di un quadro conoscitivo regionale evoluto che vede superata l'affermazione che "nell'ambito dell'Appennino emiliano-romagnolo le acque sotterranee siano sconosciute o in conoscibili". L'attività perseguita ha prodotto informazioni generali di buon livello, ottenute sulla base delle conoscenze geologiche, utili elementi per impostare il punto di partenza del lavoro degli Idrogeologi e procedere ad approfondire situazioni locali per risolvere problemi applicativi. Nel settore montano infatti, l'ambito locale (sub-provinciale, comunale) è più spesso oggetto di studio, a ragione della peculiare natura degli acquiferi in ammassi rocciosi fratturati, le cui caratteristiche tendono a variare arealmente in modo assai più marcato rispetto a quanto si osserva nei complessi idrogeologici permeabili per porosità come i depositi alluvionali. Nell'affrontare questo tema di ricerca ci si è trovati a dovere fronteggiare idee preconcette, come già rilevato da alcuni Autori, con riferimento all'ambito emiliano-romagnolo (Piccinini, Gargini, Martelli, Vincenzi e De Nardo, 2012). L'idrogeologia del settore montano è sempre stata considerata "povera", se confrontata a quella delle aree di pianura, essendo i prelievi da acque sorgive stimati nell'ordine del 6% dei volumi di risorsa utilizzati (*ibid.,* dal Piano di Tutela delle Acque, Regione Emilia-Romagna, 2005). Tale dato quantitativo, peraltro sottostimato a causa della carenza di informazioni allora non completamente reperibili, ha penalizzato l'ambito montano, ma solo in apparenza, in quanto è compensato dall'indiscutibile maggiore pregio qualitativo della risorsa acqua.

Nel primo paragrafo sono descritti i contenuti del quadro conoscitivo regionale e del sistema informativo territoriale ad esso collegato. Seguono quattro paragrafi che approfondiscono alcune delle caratteristiche delle acque sorgive dell'Appennino emiliano-romagnolo, esaminate in ambito regionale: il chimismo (conduttività elettrica), le portate, il valore storico e testimoniale delle segnalazioni della venuta a giorno di acque sotterranee, le peculiarità chimico-fisiche delle acque classificate come minerali e termali.

I contenuti di queste analisi territoriali, tra le altre cose, hanno anche risposto ad esigenze applicative dei competenti Servizi regionali e provinciali. Si citano, in particolare: il Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti Fisici per le esperienze descritte nelle sezioni 2.1.1. e 2.1.3; il Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica per la cartografia relativa alle acque minerali e termali della sezione 2.5.1; i settori Ambiente e Pianificazione territoriale delle Province, per il paragrafo 2. 1. 2; l'Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali per il paragrafo 2.4. Le collaborazioni con altri Servizi regionali, Enti locali e Istituzioni sono di volta in volta indicate nel testo.

2.1 La formazione del quadro conoscitivo regionale

Maria Teresa De Nardo, Stefano Segadelli Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna - **Daniele Bonaposta** Laureato in Scienze Ambientali, libero professionista esperto in Cartografia e Sistemi Informativi Geografici - **Annalisa Parisi** Geologa, libera professionista

Per illustrare le caratteristiche generali, soprattutto geologiche, delle unità sede degli acquiferi montani, piuttosto che avventurarsi in un elenco di formazioni e di strutture tettoniche con vario grado di importanza, si articola la descrizione seguendo un ordine "evoluti-

vo" delle conoscenze, utile a dare un'idea anche del loro progressivo grado di affinamento.

Si porrà l'attenzione sulla scelta di alcuni casi di maggiore interesse: l'esperienza dello "Schema Direttore della Pericolosità Geoambientale" (Viel, De Nardo e Montaguti, 2003), 2003); il contributo di settore per il Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato dalla Regione nel 2005; l'elaborazione di cartografie per l'individuazione delle zone di protezione delle sorgenti nell'ambito provinciale, come contributo al Quadro Conoscitivo delle varianti ai Piani Territoriali di Coordinamento (PTC) in attuazione del PTA; l'individuazione dei Corpi Idrici Sotterranei come contributo tematico al Quadro Conoscitivo dei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici, in attuazione della Direttiva Quadro sulle Acque. Riguardo a questi ultimi, le considerazioni espresse in questo capitolo si riferiscono ai Piani di Gestione vigenti, approvati nel 2009, l'aggiornamento dei quali è in corso.

Come già detto, hanno contribuito a dare impulso alle fasi di affinamento delle conoscenze le istanze dei Servizi regionali e delle Province, secondo le rispettive competenze in merito alla pianificazione territoriale e nel settore delle risorse idriche.

2.1.1 Il punto di partenza

Il nucleo del quadro conoscitivo regionale risale ai primi anni duemila, quando venne pubblicato il Masterplan sperimentale dello "Schema Direttore della Pericolosità Geoambientale" (Viel, De Nardo e Montaguti, 2003), cartografie tematiche predisposte per la pianificazione territoriale di area vasta.

Le analisi territoriali svolte per lo "Schema Direttore" hanno prodotto la realizzazione di un primo inventario delle sorgenti, a causa della forte dispersione dei dati presso gli Enti pubblici (competenti per il rilascio di autorizzazioni) e le Società dei Gestori delle reti acquedottistiche, allora più numerose rispetto all'attuale.

Questi primi risultati non erano esaustivi del quadro conoscitivo sulle sorgenti captate, ma comunque sufficienti per procedere ad un confronto con la cartografia geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo, resa disponibile in versione informatizzata proprio in quel periodo. È emerso come le sorgenti si addensino in modo preferenziale nelle unità geologiche dotate di maggiore permeabiltà relativa, tale da individuare i principali acquiferi montani (informalmente indicati come "rocce-magazzino") in prima approssimazione e con un grado di dettaglio compatibile con la scala 1:250.000 dello "Schema Direttore" (figura 1.2).

Per quanto riguarda la geologia, approssimando la composizione di ciascun poligono o "roccia-magazzino" a quella delle unità in esso arealmente prevalenti, è stato possibile individuare otto accorpamenti, corrispondenti ad altrettante situazioni idrogeologiche, indicative di caratteristiche stratigrafico-strutturali peculiari che governano la filtrazione nel sottosuolo. Nel grafico di figura 2.2 viene rappresentata l'estensione (in ettari "ha", 100 ha = 1 kmq) delle otto situazioni idrogeologiche sopra descritte, distinte nell'ambito delle rocce-magazzino.

Con riferimento ai colori utilizzati in figura 1.2, le situazioni idrogeologiche a cui sono più comunemente riconducibili gli acquiferi montani emiliano-romagnoli, sono:
Rosso, Alternanze marne calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate. Corrispondono ai Flysch del Dominio Ligure e Subligure. *Verde chiaro, Alternanze areniti/peliti in rapporto variabile e coperture detritiche.* Corrispondono alla Formazione Marnoso-arenacea e alle coperture di versante ad essa associate.
Verde scuro, Alternanze areniti/peliti e depositi morenici. Corrispondono alle unità torbiditiche oligo-mioceniche del Dominio Toscano, localmente accompagnati da depositi morenici.
Blu, Areniti prevalenti. Corrispondono al Gruppo di Bismantova.

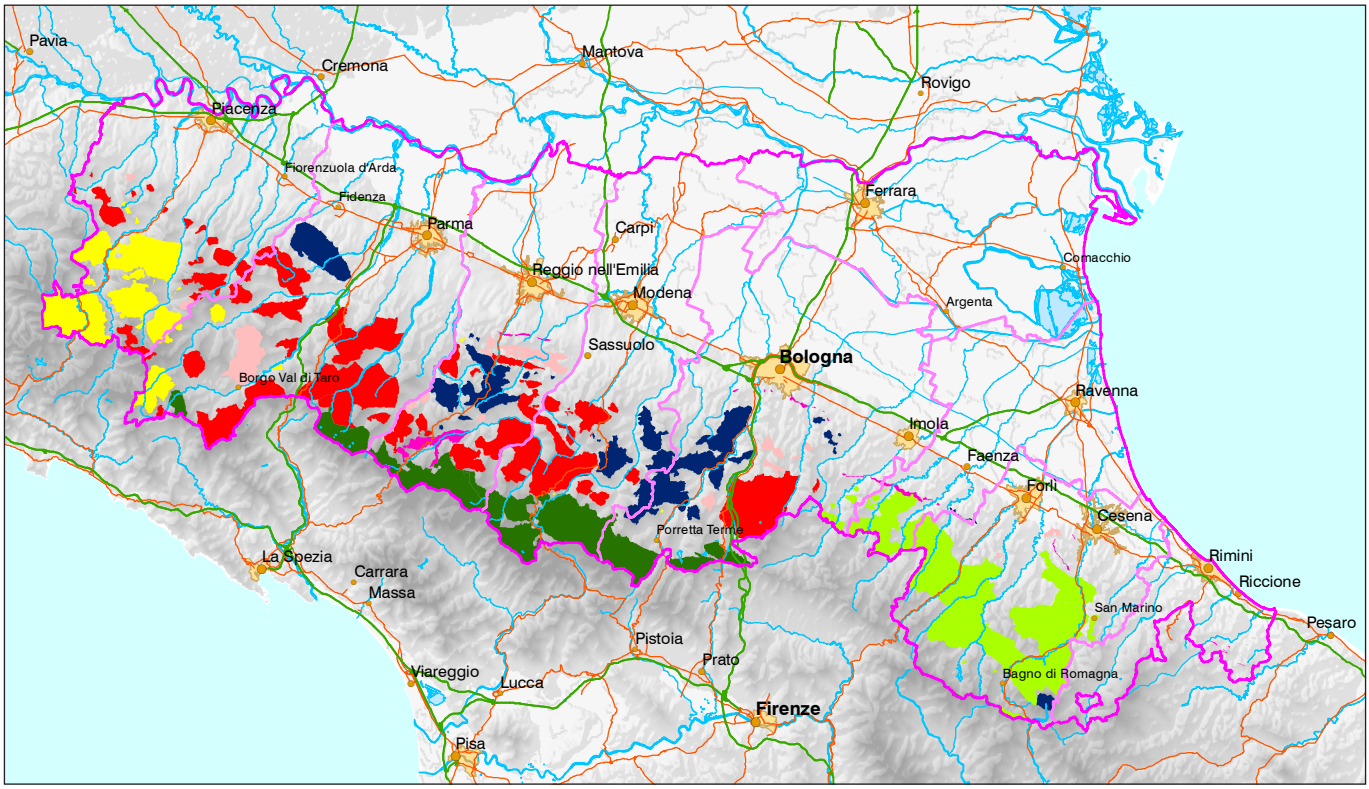


Figura 1.2
Carta delle "rocce-magazzino" ottenuta per lo "Schema Direttore della Pericolosità Geoambientale" (le elaborazioni si riferiscono ai confini regionali anteriori al 2009).

- Alt. arenarie/peliti, conglomerati e arenarie massivi
- Alt. marne-calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate
- Alt. marne-calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate; ofioliti
- Alt. arenarie/peliti, depositi morenici
- Alt.areniti/peliti in rapporto variabile, coperture detritiche
- Areniti prevalenti
- Evaporiti

Giallo, Alternanze marne calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate, associate a corpi ofiolitici. Corrispondono ai Flysch del Dominio Ligure e Subligure, associati ad unità argillitiche recanti corpi ofiolitici e/o unità arenacee di derivazione ofiolitica.
Rosa, Alternanze arenarie/peliti, conglomerati e arenarie massivi. Corrispondono alle facies più grossolane delle Formazioni di Ranzano, di Loiano, al membro di Anconella della Formazione di Antognola (Successione Epiligure) e ai corpi conglomeratico-areanacei intercalati entro le peliti plio-pleistoceniche. Queste ultime corrispondono alla categoria "Conglomerati, areniti" nel grafico di figura 2.2.

Contesti più rari e peculiari sono di seguito descritti:

- *Ofioliti,* per la loro esigua estensione, in figura 1.2 sono stati accorpati con le "*Alternanze marne calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate*".
- *Peliti, alternanze areniti/peliti,* corrispondono alle facies prevalentemente pelitiche della Formazione Marnoso-arenacea, a cui è stata accorpata in figura 1.2.
- *Evaporiti,* Gessi triassici e messiniani, interessati da circolazione accompagnata da dissoluzione, in figura 1.2 sono indicate in fucsia.
- *Alternanze peliti/arenarie, tettonizzate,* ospitano molto raramente e localmente, reti acquifere per volumi assai modesti, entro unità comunemente classificate come poco permeabili. In figura 1.2 non sono differenziate, a causa dell'esigua estensione non compatibile con la scala della carta.

Il concetto di "roccia-magazzino" ideato nello "Schema Direttore" ben si adatta a quello di "area di ricarica delle sorgenti", come componente principale delle più generali zone di protezione delle acque sotterranee nell'ambito collinare e montano, la cui definizione risale al decreto del Presidente della Repubblica 236/88 ed è concettualmente ripresa dalla normativa successiva del settore (Decreto legislativo 152/99, ora superato dal dlgs 152/2006 e successivi), figurando tra i contenuti delle analisi territoriali prescritte a corredo del Piano di Tutela delle Acque (di seguito PTA).

Di conseguenza, sulla base dei contenuti dello "Schema Direttore", è stato possibile fornire un contributo di settore al Quadro Conoscitivo del PTA, relativamente al tema dell'individuazione delle zone di protezione (o aree di ricarica *pars*) delle sorgenti. Secondo la meto-

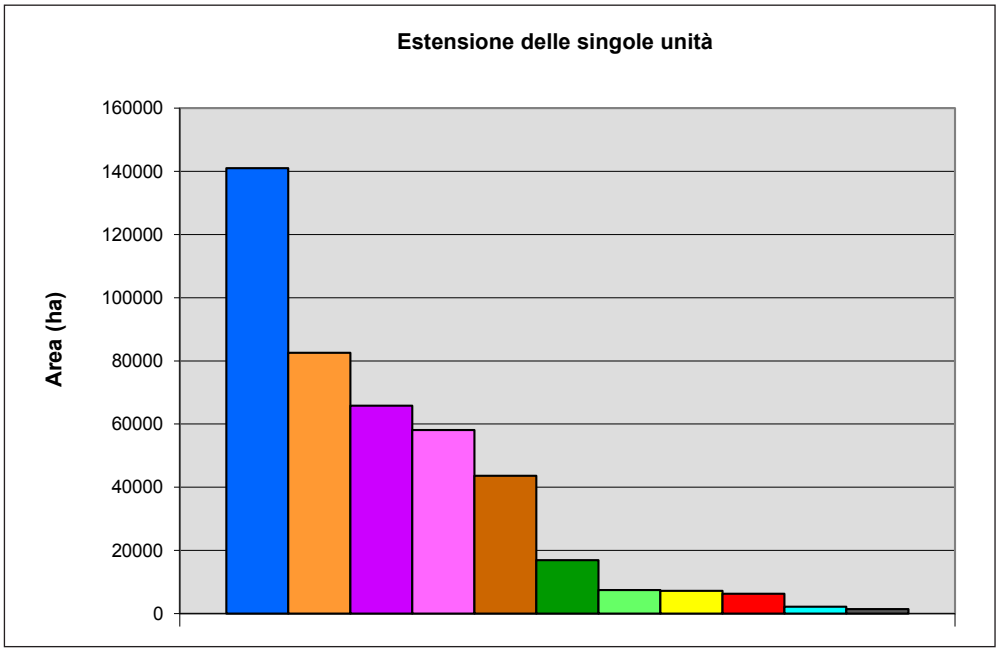


Figura 2.2
Grafico dell'estensione (in ettari "ha") delle otto situazioni idrogeologiche individuabili nelle "rocce-magazzino" dell'Appennino emiliano-romagnolo.

- Alt. marne-calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate
- Alt. areniti/peliti in rapporto variabile, coperture detritiche
- Alt. arenarie/peliti, depositi morenici
- Areniti prevalenti
- Alt. marne-calcaree/peliti, arenarie/peliti, tettonizzate; ofioliti
- Alt. arenarie/peliti, conglomerati e arenarie massivi
- Ofioliti s.l.
- Peliti, alt. areniti/peliti
- Evaporiti
- Conglomerati, areniti
- Alt. peliti/arenarie, tettonizzate

dologia messa a punto anche con il contributo di chi scrive, nella Relazione Generale del PTA si fa riferimento alla cartografia schematizzata in figura 2.2 per una prima individuazione delle unità geologiche sede degli acquiferi montani, demandando al Quadro Conoscitivo dei PTCP e loro varianti l'approfondimento cartografico sulle zone di protezione vere e proprie, in ciascun ambito montano provinciale.

Con questa finalità, molte Province hanno chiesto la collaborazione del Servizio Geologico regionale per l'elaborazione degli approfondimenti conoscitivi descritti nel paragrafo che segue, che hanno permesso di dettagliare ulteriormente le caratteristiche geologiche degli acquiferi montani.

2.1.2 L'approfondimento in ambito provinciale

Nel periodo compreso tra il 2006 e il 2008, la maggior parte delle Province ha adeguato i propri PTC al PTA: nelle Province di Piacenza, Reggio Emilia, Modena, Bologna e Ravenna la cartografia delle "rocce-magazzino" del PTA è stata dettagliata, giungendo all'individuazione di zone di protezione delle sorgenti, intese come le più estese tra le aree di salvaguardia delle risorse idriche sotterrane. Il risultato delle elaborazioni portate a termine tra il 2006 e il 2008 è illustrato in figura 3.2. Le cartografie sono state ottenute partendo dall'implementazione del censimento delle sorgenti in quanto, su richiesta delle Province è stato possibile ricevere nuovi dati dai locali Gestori del Servizio Idrico Integrato. È seguito il confronto tra i nuovi dati e la geologia, utilizzando la banca dati della Carta Geologica a scala 1:10.000, resa disponibile successivamente alla pubblicazione dello "Schema Direttore".

Nelle cartografie elaborate sono state differenziate le categorie di seguito descritte, aggiuntive rispetto alla metodologia indicata nel PTA, in quanto suggerite da necessità operative. Si hanno le *aree di ricarica*, differenziate in ammassi rocciosi permeabili per fatturazione e nelle sovrastanti coperture detritiche di versante che, localmente, possono trovarsi in connessione con il substrato per quanto riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo. Gli *ambiti di tutela naturalistico-ambientale*, sono equivalenti a zone di ricarica nelle unità evaporitiche, sede di sorgenti dal chimismo peculiare e non idoneo al consumo umano. Le *aree di approfondimento* sono date da unità geologiche litologicamente idonee ad ospitare acquiferi ma recanti un numero di segnalazioni di sorgenti anormalmente basso, da implementare in sede di formazione degli strumenti di pianificazione di ambito sub-provinciale. In base agli esiti degli approfondimenti, potranno essere classificate o meno come aree di

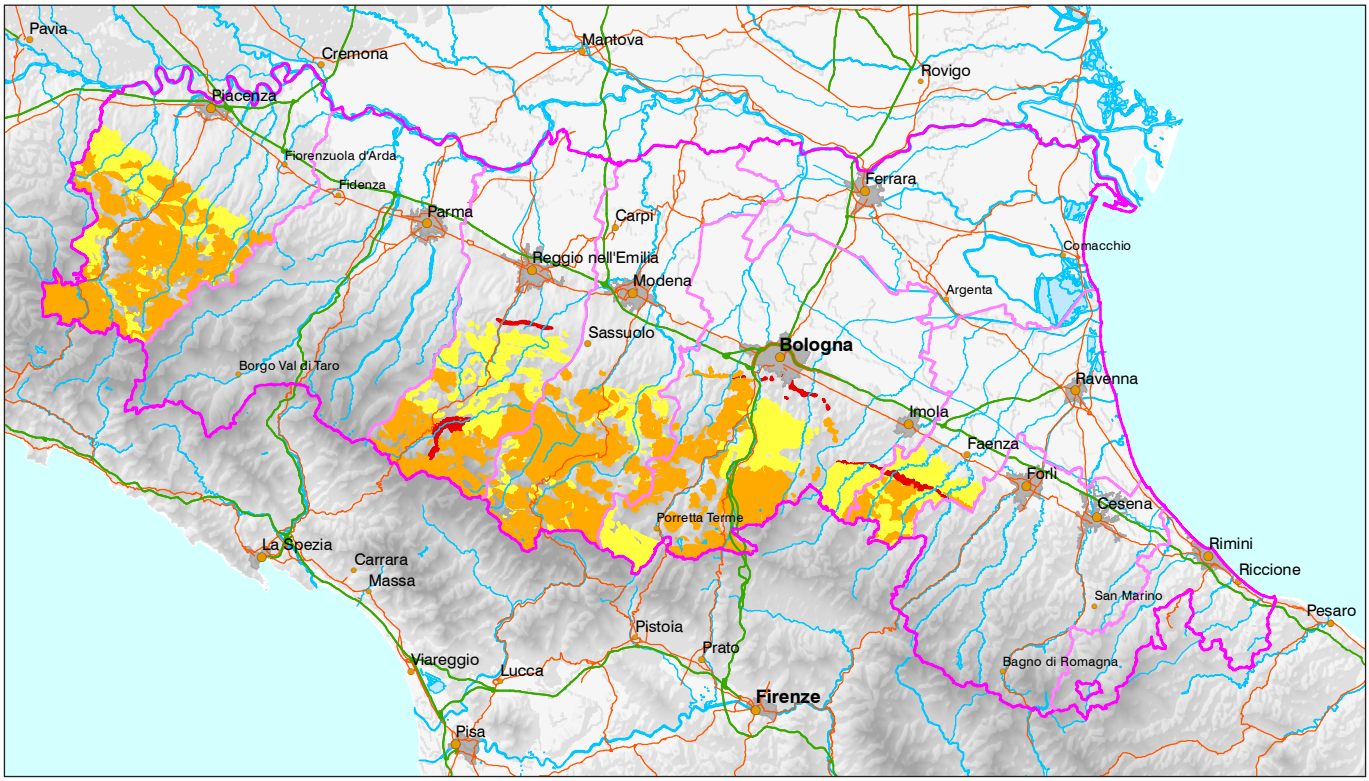


Figura 3.2

Sintesi delle carte delle zone di protezione delle sorgenti, elaborate per le varianti ai Piani Territoriali di Coordinamento delle Province di Piacenza, Reggio Emilia, Modena, Bologna e Ravenna, aggiornate al 2008. In arancio sono rappresentate le aree di ricarica delle sorgenti, nucleo delle zone di protezione la cui individuazione è prescritta dal PTA, in giallo sono cartografate le "aree di approfondimento" e in rosso gli "ambiti di tutela naturalistico-ambientale".

Nel periodo successivo al 2008, cartografie analoghe sono state elaborate per le province di Forlì-Cesena e Rimini. Quest'ultima ha promosso anche un censimento ex-novo delle sorgenti, relativamente al territorio dei Comuni della Valmarecchia, acquisiti nel 2009 dalla regione Marche.

Per la consultazione dei risultati del censimento e delle relative cartografie, recepite dal Quadro Conoscitivo del PTC, si rimanda al sito:

http://www.provincia.rimini.it/progetti/territorio/2005_ptcp/ptcp_2007_v_2012/05_qc.htm

Rocce magazzino

Aree di approfondimento

Aree di tutela naturalistico-ambientale

ricarica in un successivo ciclo della pianificazione provinciale.

Dai risultati delle analisi territoriali condotte a livello provinciale è emersa la ricorrenza, nell'ambito dell'Appennino emiliano-romagnolo, di situazioni idrogeologiche favorevoli all'immagazzinamento di acqua nel sottosuolo, alcune delle quali riconosciute in contesti geologici diversi. Gli approfondimenti, da condursi alla scala sovracomunale o comunale permetteranno di appurare il significato predittivo di tali "modelli", di seguito descritti. Per l'inquadramento geologico generale, la descrizione delle successioni e delle formazioni indicate nel testo si rimanda al sito del Servizio Geologico regionale. Nell'Appennino emiliano-romagnolo, alcune situazioni idrogeologiche favorevoli all'immagazzinamento di acqua nel sottosuolo sono le seguenti:

- Versanti in ammassi rocciosi, interessati da "grandi" frane da scivolamento in massa di lembi monoformazionali, la cui geometria è governata dalla presenza di faglie lungo cui si impostano fasce soggette a detensionamento. Esempi di queste situazioni idrogeologiche, caratterizzate da interessanti addensamenti di sorgenti anche copiose, si riscontrano in diversi contesti litologici: nelle unità ofiolitiche dell'alto Appennino parmense e piacentino, (De Nardo, Segadelli e Vescovi, 2007), come pure in alcune delle più estese "placche" di Flysch liguri ad Elmintoidi nella valli dei fiumi Taro e Ceno. Ad una prima analisi della cartografia geologica, situazioni con caratteristiche analoghe si possono rinvenire anche nell'Appennino reggiano, modenese e bolognese, ad esempio nelle unità

del Gruppo della Val di Sambro *Auctt.* (Flysch liguri cretaceo-terziari delle formazioni di Montevenere e Monghidoro), nonchè nel settore romagnolo ad esempio in Valmarecchia, sede anche di affioramenti di unità del Dominio Ligure. È da verificare l'incidenza di questo modello geologico nelle unità torbiditiche oligo-mioceniche del Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano.

- Rilievi costituiti da unità geologiche in ammassi rocciosi fratturati; queste formazioni sono geometricamente sovrapposte o (tettonicamente) giustapposte ad unità a minore permeabilità relativa e sono interessate da faglie intraformazionali a cui si associano fasce intensamente fratturate. In questi affioramenti si osservano condizioni di tettonizzazione che portano ad una suddivisione dell'ammasso roccioso in blocchi di dimensioni variabili, dati dall'intersezione di famiglie di fratture. Ciò crea condizioni assai favorevoli all'infiltrazione di acqua nel sottosuolo, testimoniate anche dalla quasi totale assenza di un reticolo di drenaggio superficiale, similmente a quanto è più comune riscontrare, ad esempio, nelle aree interessate da carsismo. Questa situazione idrogeologica è riscontrabile nell'Appennino bolognese e modenese, in presenza delle unità mioceniche inferiori e medie appartenenti alla Successione Epiligure.
- Associazione tra lembi formazionali a prevalente componente gessosa e unità arenaceo-pelitiche di origine torbiditica, accompagnate o meno dalla presenza di depositi di versante dati da detrito e blocchi litoidi, anche di origine morenica. Si riscontra nell'alto Appennino reggiano (valle del fiume Secchia), dove sono localizzate alcune tra le più copiose sorgenti della Regione; la presenza di gessi si accompagna a problemi di potabilità chimica.
- Il contesto della Formazione Marnoso-arenacea, estesamente affiorante ad est della valle del T. Sillaro. Situazioni favorevoli alla distribuzione preferenziale di sorgenti sono date dalla presenza di fasce di detensionamento governate dalla tettonica, in presenza di facies a dominante arenacea e/o dall'esistenza di grandi frane da scivolamento (anche con mobilizzazione di lembi monoformazionali). Le frane coalescenti interessano interi versanti dove la stratificazione, lateralmente persistente, ha assetto a franapoggio con inclinazione minore del pendio. Questa situazione ha la sua espressione più diffusa nell'Appennino ravennate, mentre l'incidenza dell'associazione tra i versanti recanti queste frane peculiari e la distribuzione preferenziale di sorgenti, si osserva solo localmente nell'Appennino forlivese e cesenate.

2.1.3 La cartografia per i Piani di Gestione di Distretto Idrografico

Le cartografie delle zone di protezione delle sorgenti predisposte per le varianti ai PTC provinciali sono state la base informativa utilizzata per ottenere le elaborazioni descritte di seguito.

I risultati di questi approfondimenti hanno permesso di comporre un nuovo quadro conoscitivo sugli acquiferi montani, una volta che la loro individuazione cartografica è stata resa necessaria nel 2009, nell'ambito dell'attuazione delle Direttive europee in materia di acque, prima tra tutte la 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque). Le attività conseguenti, per parte regionale, sono coordinate dal Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti Fisici.

Per il settore montano, la necessità conoscitiva dettata dall'attuazione di una norma comunitaria ha permesso di giungere nel 2009 ad una seconda approssimazione sulla cartografia degli acquiferi montani in ambito regionale. In figura 4.2 è schematizzata l'elaborazione relativa alla cartografia dei Corpi Idrici Sotterranei (di seguito CIS), come definiti dalla Direttiva Quadro sulle Acque, a cui sono stati ricondotti gli acquiferi dell'Appennino emiliano-romagnolo.

La definizione di Corpo Idrico Sotterraneo (CIS) che si rinviene nella Direttiva Quadro (e confermata dall'attuativo Decreto legislativo 30/2009), fa riferimento ad acquiferi da cui

è possibile prelevare in media più di 10 metri cubi/giorno (circa 0.1 l/s) o provvedere al fabbisogno idropotabile di 50 abitanti.

Tale definizione fa intuire la possibilità di raggiungere, in presenza di dati sufficienti, un grado di dettaglio anche elevato ma ingestibile dal punto di vista dei monitoraggi prescritti.

Ai fini della delimitazione dei CIS è stato quindi necessario praticare opportuni accorpamenti dei poligoni, applicando i seguenti criteri. L'individuazione, tra i confini geologici, di quelli aventi il significato di limiti di permeabilità principali o di "primo ordine"; se presi come riferimento essi permettono di ottenere raggruppamenti di complessi idrogeologici (maggiormente permeabili) aventi importanza regionale. La presenza, entro una stessa unità stratigrafico-strutturale, di formazioni con oggettive similitudini litologiche e/o appartenenti a strutture deformative contigue o dotate di apprezzabile continuità nello spazio, tali da condizionare la filtrazione nel sottosuolo e la distribuzione delle sorgenti. Le unità geologiche litologicamente peculiari quali i corpi ofiolitici e le evaporiti, caratterizzate da un chimismo altrettanto peculiare delle acque sorgive. In particolare, i CIS in evaporiti (dove i dati sulla conducibilità delle acque sorgive sono più abbondanti) sono stati opportunamente differenziati, essendo oltretutto sede di sorgenti non idonee all'utilizzo per l'approvvigionamento idropotabile.

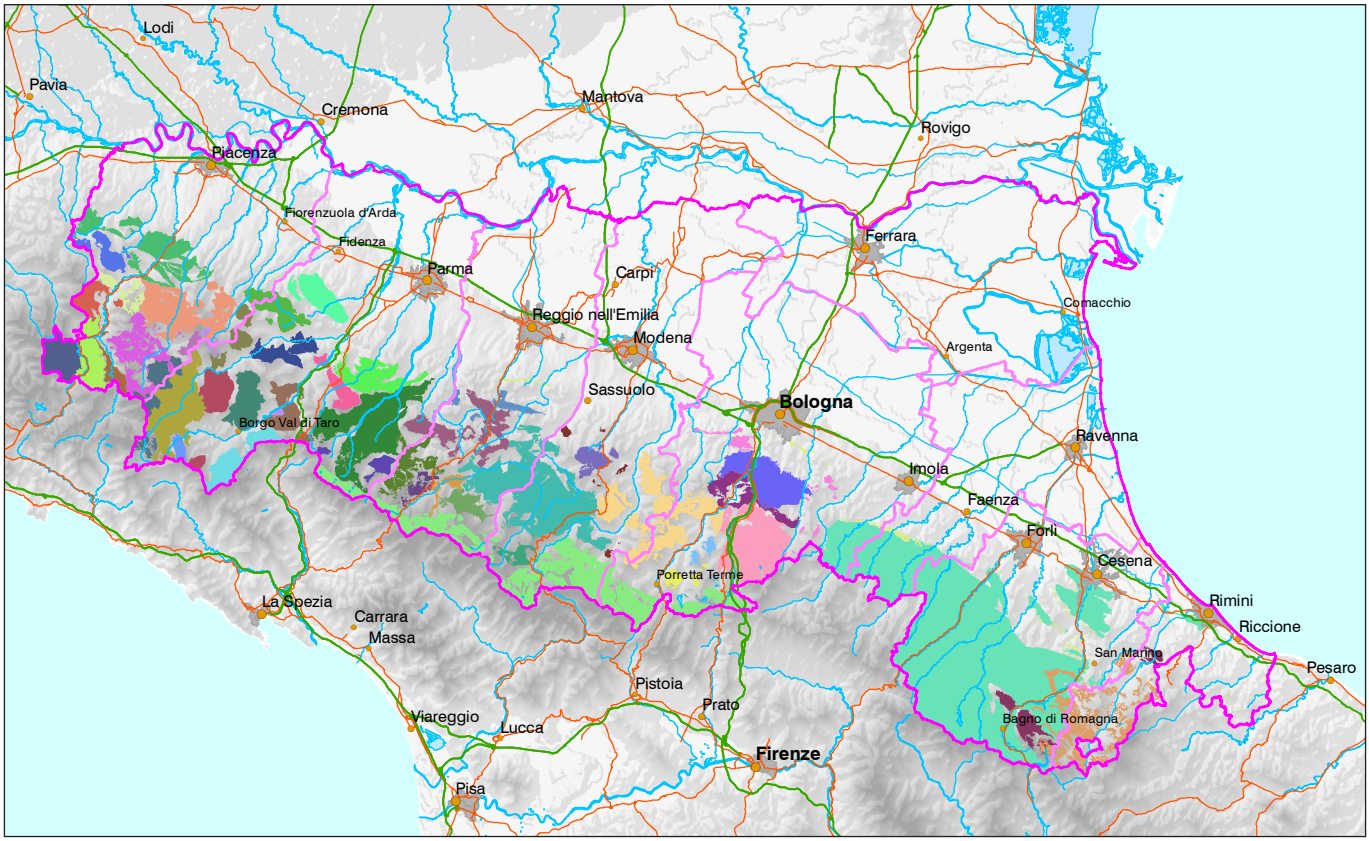


Figura 4.2
Rappresentazione schematica della cartografia predisposta per l'individuazione dei Corpi Idrici Sotterranei dell'Appennino emiliano-romagnolo (aggiornata al 2009).

Applicando i criteri sopra elencati, sono stati individuati quarantotto CIS, schematizzati in figura 4.2. Tale suddivise è la base di riferimento per la successiva analisi delle pressioni e degli impatti ai fini della caratterizzazione dello stato delle acque sotterranee, nonchè per la progettazione della rete di monitoraggio nell'ambito collinare e montano delle Regione.

Il risultato cartografico, basato su dati che hanno un dettaglio compatibile con quelli della Banca dati geologica a scala 1:10.000, è stato ideato anche nella prospettiva di una rappresentazione nell'ambito regionale compatibile, ad esempio, con una scala di restituzione 1:250.000. A tale scopo non sono state rappresentate in questa approssimazione le coper-

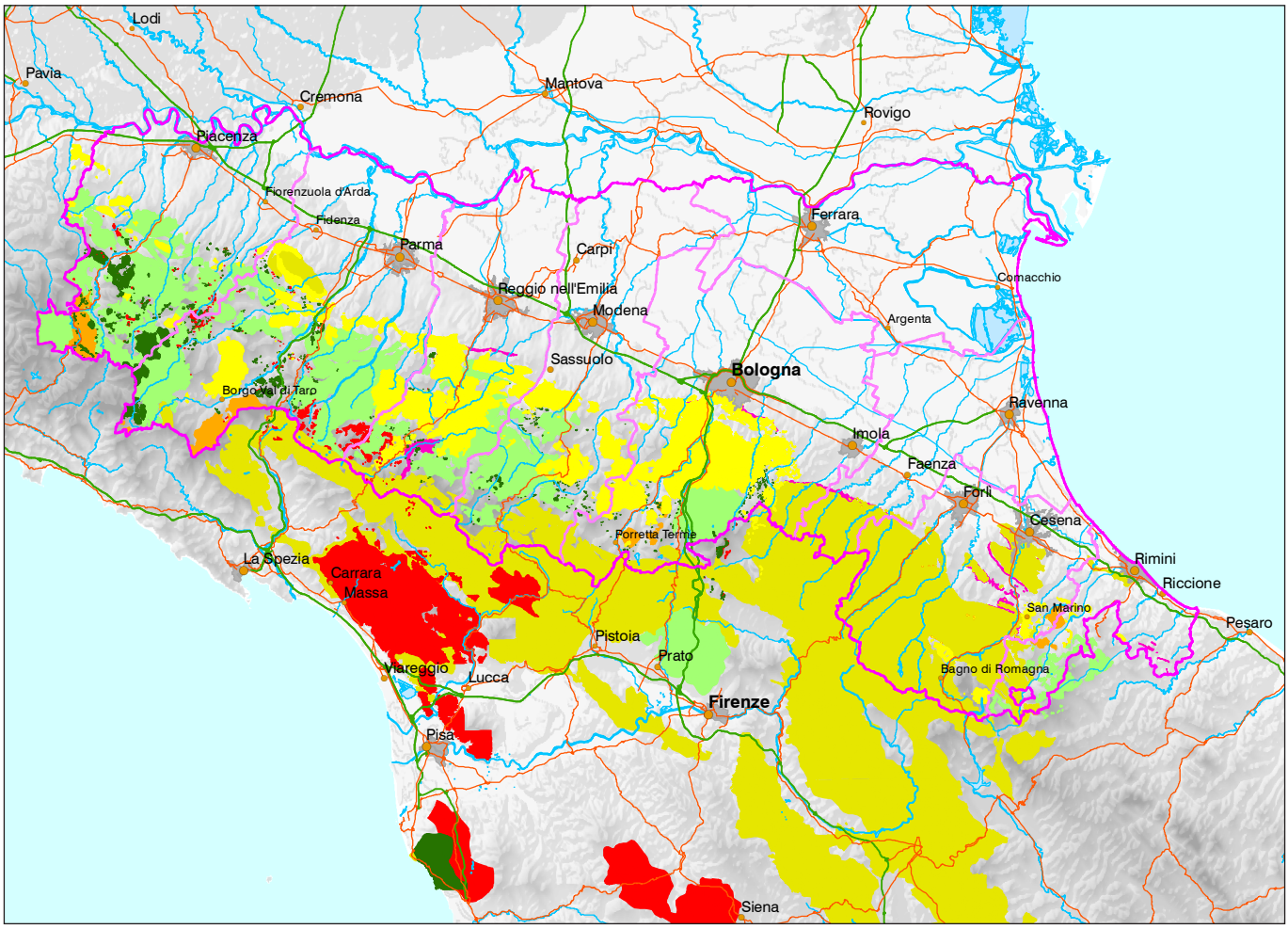


Figura 5.2
Classificazione dei CIS dell'Appennino tosco-emiliano-romagnolo.

Arenarie e conglomerati
- Arenarie e conglomerati
- Torbiditi arenacee e pelitiche
- Successioni silico-clastiche
- Flysch calcareo marnosi
- Ofioliti

Acquiferi carsici ed evaporitici
- Evaporiti triassiche e messiniane
- Calcari e calcari metamorfici

ture detritiche di versante associate agli ammassi rocciosi che compongono i CIS, analogamente al metodo seguito a suo tempo nelle elaborazioni dello "Schema Direttore" e a corredo del PTA.

I Piani di Gestione di Distretto Idrografico sono stati soggetti ad una fase di aggiornamento, dato che il 2015 ha segnato la chiusura del primo ciclo di pianificazione. Le attività hanno compreso, tra le altre cose, anche l'aggiornamento della cartografia del CIS montani, relativamente al settore di nuova acquisizione rappresentato dal territorio montano della Valmarecchia riminese. Per questa elaborazione, sono stati utilizzati i risultati delle analisi territoriali condotte da chi scrive in collaborazione con la Provincia di Rimini, per la variante al PTC del 2012 consultabile nel sito internet dedicato.

I CIS dell'Appennino settentrionale sono dati in larga parte da *Hard Rock Aquifers (HRA)*, secondariamente da complessi idrogeologici carsificabili. *HRA* sono gli acquiferi in ammassi rocciosi caratterizzati da una permeabilità complessivamente medio-bassa, soggetta (come gli altri parametri idrogeologici) ad una grande variabilità locale e che diviene alta in quei settori caratterizzati dalla presenza di fasce fratturate di origine tettonica e/o detensionate per effetto di fenomeni gravitativi profondi (Piccinini, Gargini, Martelli, Vincenzi e De Nardo, 2012).

Dalla cartografia elaborata nel 2009 e con l'aggiunta delle parti relative ai settori riminese e toscano, si ottiene la figura 5.2, dove i CIS dell'Appennino tosco-emiliano-romagnolo sono classificati in base alla definizione di *HRA*.

Negli *HRA* sono differenziate le arenarie "non carbonatiche", a composizione prevalentemente silicoclastica, per le conseguenze che questo comporta sul chimismo delle acque

sorgive. Le unità torbiditiche dei domini Ligure e Subligure, suddivise tra quelle ad arenarie prevalenti (*"Successioni silico-clastiche"*) e quelle marnoso calcaree (*"Flysch calcareo-marnosi"*), sono generalmente sovrapposte ad argilliti che si comportano come *aquicludes,* a formare delle "placche" (bordate da coperture detritiche) al cui limite inferiore si trovano le sorgenti, maggiormente addensate anche in corrispondenza di porzioni particolarmente deformate di tali placche, coincidenti anche con corpi di frana da scivolamento in massa. Le unità torbiditiche oligo-mioceniche dei domini Toscano e Umbro-Marchigiano-Romagnolo (*"Torbiditi arenacee e pelitiche"*), hanno sorgenti che si concentrano in prossimità delle facies a maggiore rapporto arenite/pelite e/o nei settori maggiormente tettonizzati, oppure lungo i versanti meno acclivi, sede di corpi di frana coalescenti dove la formazione ha stratificazione a franapoggio ad inclinazione minore o uguale al pendio. Altre possono essere accompagnate da depositi di origine morenica. Le facies più grossolane delle unità appartenenti alla Successione Epiligure, suddivise tra quelle ad arenarie prevalenti (*"Successioni silico-clastiche"*) e le arenitico-conglomeratiche (*"Arenarie e conglomerati"*), sono localmente interessate da faglie maggiormente pervasive e/o in contatto inferiore con unità meno permeabili. I corpi ofiolitici (*"Ofioliti"*), sono l'unico esempio di rocce non sedimentarie, che possono restituire acque con chimismo peculiare (es. magnesiache) e comunque francamente oligominerali.

I complessi idrogeologici carsificabili sono dati in Emilia-Romagna da evaporiti (*"Evaporiti triassiche e messiniane"*), in Toscana dalle unità carbonatiche (*"Calcari e calcari metamorfici"*) sono interessati da fenomeni di dissoluzione che generano cavità ipogee e sorgenti con portata media notevolmente elevata (es. dell'ordine di alcune centinaia di litri al secondo) rispetto agli *HRA;* le evaporiti restituiscono acque chimicamente non idonee all'utilizzo idropotabile.

2.2 Un contributo alla descrizione dello stato qualitativo naturale delle acque sotterranee: il caso di studio delle analisi di potabilità

M.T. De Nardo, D. Bonaposta

È noto come le acque sorgive abbiano "naturalmente" un elevato pregio qualitativo, ma è possibile quantificare (seppure in prima approssimazione) questo dato? È stata condotta una sperimentazione che ha permesso di classificare i Corpi Idrici Sotterranei (CIS) montani in base alla conduttività elettrica delle acque sorgive. I dati di partenza provengono dalle analisi eseguite a norma del Decreto legislativo 31/2001 per la valutazione della potabilità chimica e biologica delle acque utilizzate per il consumo umano, anche attraverso acquedotto.

Con tale finalità, attraverso la collaborazione con il Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti Fisici per il quadro conoscitivo del Piano di Gestione di Distretto Idrografico edizione 2009, è stato possibile acquisire i dati presenti presso le Sezioni Provinciali di ARPA (ora ARPAE) e riferiti alle analisi per la valutazione della potabilità chimica, effettuate nei laboratori di Parma, Reggio Emilia, Ravenna, Forlì e Rimini. È stato acquisito un database di 4786 analisi, riferite all'anno 2007, da cui sono state estratte quelle riferite ai soli comuni montani delle province di cui sopra. Sono analisi chimiche prescritte per la valutazione dell'idoneità al consumo umano delle acque prelevate e distribuite attraverso rete acquedottistica, prevalentemente riferite a punti di prelievo distribuiti lungo le reti e, secondariamente, a pozzi e sorgenti, e di acque classificate come minerali e termali, provenienti da alcune delle concessioni attive in Regione.

Sono state di conseguenza selezionate e georeferenziate ex-novo una parte delle analisi di potabilità e quelle riferite alle acque minerali e termali, queste ultime derivate da pregres-

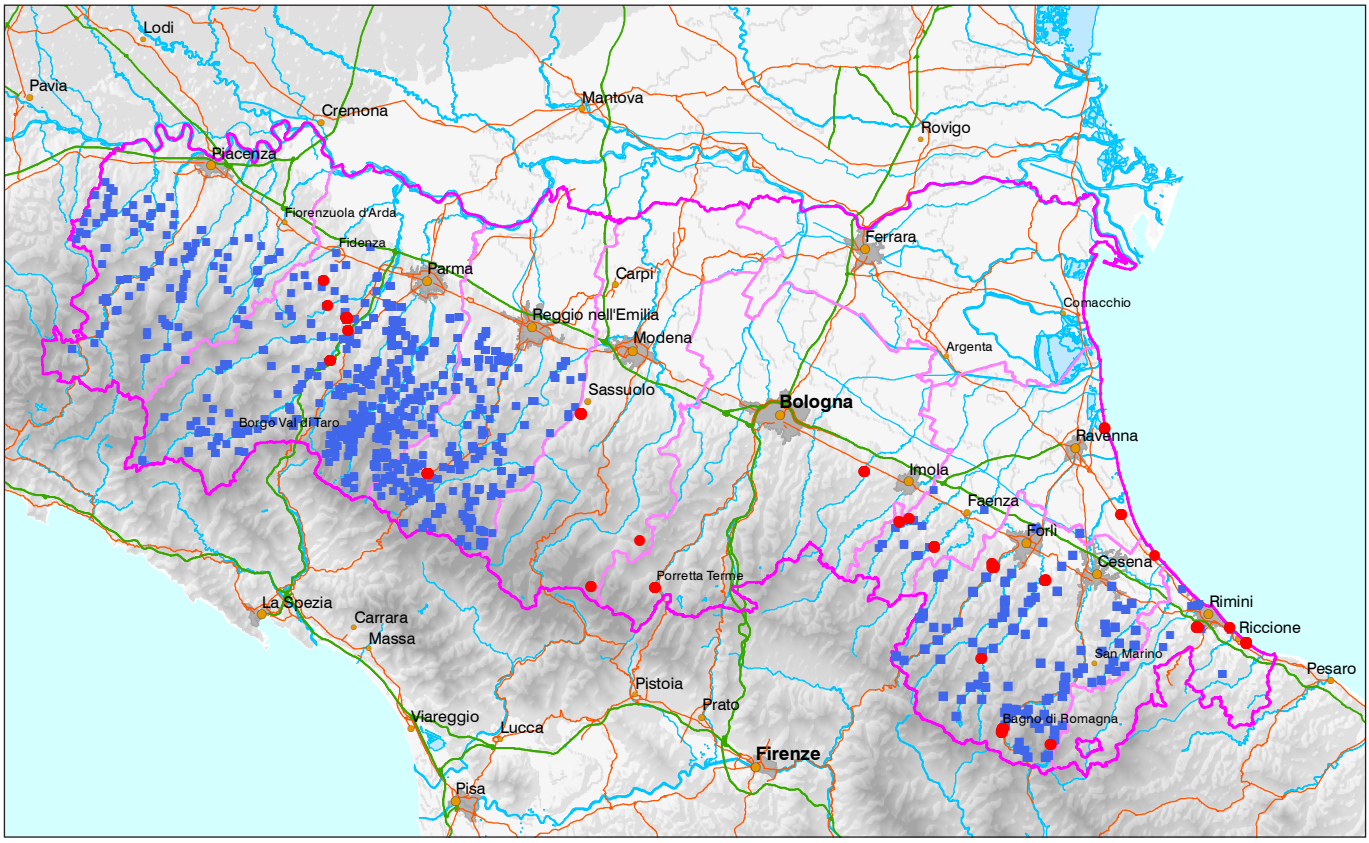


Figura 6.2
Distribuzione delle analisi chimiche di potabilità acquisite da ARPA.

- Punti di prelievo di tipo 1
- Punti di prelievo di tipo 2

se collaborazioni del Servizio Geologico con le Province e con il Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica.

Nella figura 6.2 è rappresentato il quadro complessivo della distribuzione delle analisi georeferenziate nell'area dell'Appennino emiliano-romagnolo; per le province di Modena e Bologna non esiste documentazione nella base dati acquisita da ARPA, e le considerazioni che seguono pertanto, valgono per i CIS localizzati nelle province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini.

Nella figura 6.2, in blu sono indicati i punti di prelievo di tipo 1 (acque sotterranee distribuite da acquedotto, potabili) e in rosso quelli di tipo 2 (acque sotterranee classificate come minerali e termali). In particolare, i dati analitici riferiti alle acque di tipo 2 (minerali e termali) sono stati utilizzati come complementari a quelli di tipo 1 e nel solo caso delle acque minerali per imbottigliamento: in base all'ubicazione delle concessioni, queste risultano idrogeologicamente assimilabili alle acque sorgive utilizzate localmente da acquedotto.

Tra i parametri documentati nelle analisi chimiche, è stata scelta la conduttività elettrica (EC, compensata a 20°C) come riferimento per questa prima approssimazione; si tratta di un parametro sempre rilevato, espressione del naturale contenuto in sali disciolti di un'acqua.

Sono state studiate le relazioni esistenti tra i quarantotto CIS (secondo la cartografia aggiornata al 2009) individuati nell'area dell'Appennino emiliano-romagnolo e i dati analitici sul parametro EC riferiti a campioni di acque sotterranee potabili, vale a dire quelli di tipo 1; per il motivo di cui sopra sono escluse in questa approssimazione le aree dell'Appennino modenese e bolognese.

Lo scopo è quello di selezionare, nella base dati derivante da quella generale fornita da ARPA, i punti di prelievo che **con minore errore** possono essere considerati effettivamente rappresentativi delle acque sotterranee campionabili nei CIS individuati, singolarmente presi. Le approssimazioni compiute hanno contribuito a definire i valori di EC documentati per i

campioni provenienti da captazioni di acque sorgive, ricondotti ove possibile, alle localizzazioni delle sorgenti censite. In presenza di tracciati acquedottistici particolarmente semplici, i valori di EC documentati per i campioni prelevati lungo punti della rete acquedottistica sono stati riposizionati entro il CIS sede delle sorgenti che alimentano l'acquedotto.

Attribuendo i dati a un totale di trentasette CIS localizzati nelle sole province considerate, per ciascuno di essi è documentabile un intervallo di valori di EC, compreso tra un minimo e un massimo.

Gli intervalli ottenuti sono stati confrontati con la classificazione proposta da Celico (1986) dove in base ad EC a 20°C, le acque sono definite come **oligominerali** se inferiore a 260 microSiemens/cm; **medio-minerali** se compresa tra 260 e 1320 microSiemens/cm; **minerali** se maggiore di 1320 microSiemens/cm.

Per le necessità di questo studio, la classificazione è stata opportunamente rivisitata (vedi anche Civita, 2005) distinguendo due sotto-classi entro le acque medio-minerali: la prima con EC compresa tra 260 e 600 microSiemens/cm (medio-minerali "deboli"), la seconda con conducibilità compresa tra 601 e 1320 microSiemens/cm (medio-minerali "forti").

È significativa la rappresentazione della distribuzione, ad esempio, dei valori massimi di EC riferiti a ciascun CIS, come rappresentato nelle schematizzazioni delle figure 7.2 e 8.2. Nelle due figure, il colore verde-azzurro rappresenta valori massimi di EC riconducibili ad acque oligominerali, il blu alle acque medio-minerali "deboli" (vedi sopra), l'arancio alle acque medio-minerali "forti", il rosso ad acque francamente minerali. In giallo chiaro sono rappresentati i CIS per i quali non esistono dati di EC, in questa approssimazione.

Si desume che i CIS sede di acque oligo-minerali, quindi di pregio particolare, sono ospitati in complessi idrogeologici dati da litotipi prevalentemente arenacei (silicoclastici) oppure

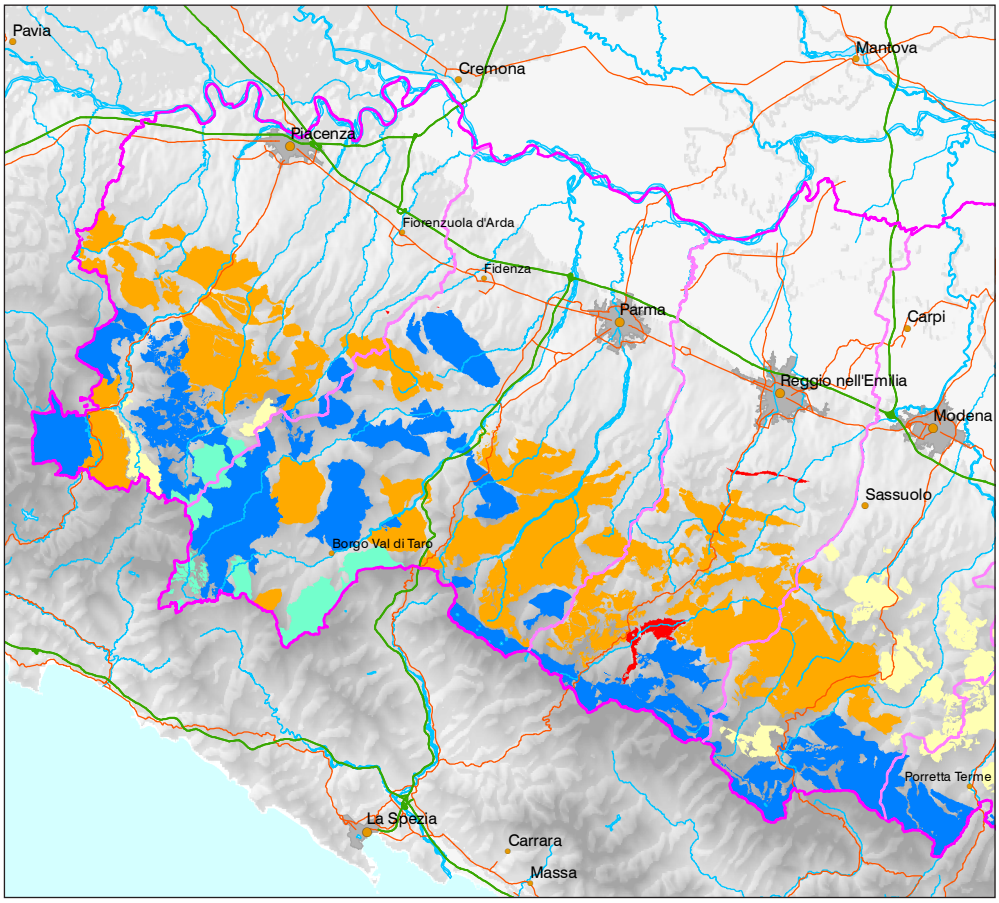


Figura 7.2
CIS nell'Appennino emiliano *pars*, classificati in base al limite superiore dei rispettivi intervalli di EC a 20°C delle acque sotterranee.

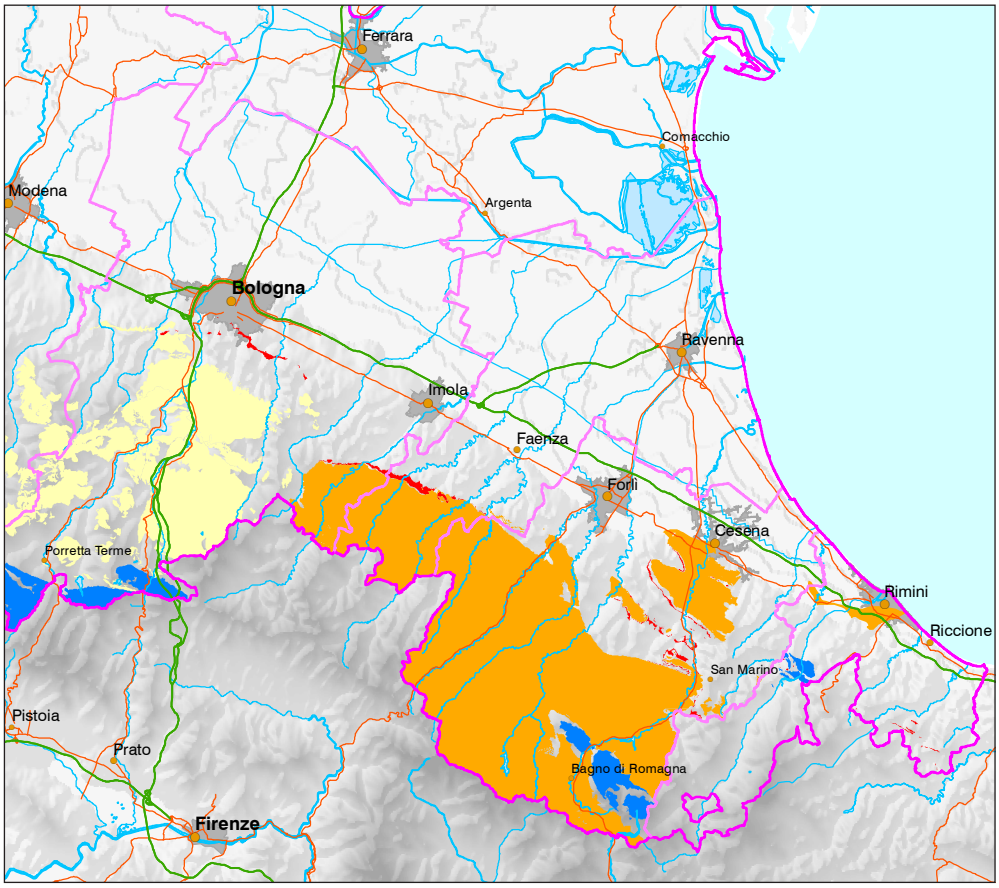


Figura 8.2
CIS nell'Appennino romagnolo, classificati in base al limite superiore dei rispettivi intervalli di EC a 20°C delle acque sotterranee.

- dati assenti
- 50 - 260
- 261 - 600
- 601 - 1320
- 1321 - 12000

da corpi ofiolitici, tutti localizzati nell'Appennino piacentino e parmense (poligoni verde-azzurro chiaro in figura 7.2).

I CIS del crinale appenninico sono sede di acque da oligo- a medio-minerali, localizzate per la quasi totalità nel settore emiliano (poligoni blu in figura 7.2). Nel settore romagnolo (figura 8.2) è interessante la differenza tra i CIS del Monte Fumaiolo e quello della Formazione Marnoso-arenacea, corrispondente ad unità geologiche completamente avulse da contesto di quelle torbiditi ("Unità della Valle del Savio" Auctt.) e recanti acque ad EC inferiore. I CIS recanti acque francamente medio-minerali o medio-minerali "forti" sono ubiquitari nell'Appennino emiliano e romagnolo (poligoni arancio in figura 7.2 e 8.2).

Gli unici CIS sede di acque molto mineralizzate, alimentate anche per infiltrazione dalla superficie, sono quelli corrispondenti alle formazioni in evaporiti di età triassica o messiniana. Trattandosi di acque non idonee al consumo umano, i dati sul chimismo ad essi relativi non provengono dai campioni dei laboratori ARPA provinciali, ma da altre fonti (De Nardo, Ercolessi e Parisi, 2007; Bonaposta, De Nardo e Martinelli, 2009).

È facile prevedere che nei CIS sede di acque oligominerali si possano verificare più facilmente situazioni di coesistenza, nel quadro del rilascio delle autorizzazioni, tra i prelievi di acque utilizzate a scopo idropotabile e quelle destinate ad imbottigliamento.

2.3 Le sorgenti captate, conoscenze quantitative di prima approssimazione

M.T. De Nardo, D. Bonaposta

2.3.1 Premessa e criticità

Tra le informazioni più difficilmente reperibili sulle sorgenti e meno omogeneamente disponibili in ambito regionale, vanno annoverate quelle quantitative, vale a dire i dati sulle portate.

Quando si dispone di questa informazione, a ciascuna sorgente viene associato un dato di portata o più valori che dovrebbero essere espressione della naturale variabilità del parametro.

Se facciamo riferimento ai dati disponibili (ove completi) nell'ambito regionale, la risposta a questa domanda è che si tratta della portata richiesta/concessa nelle domande per il prelievo di acque pubbliche, secondo le disposizioni del Regolamento Regionale 41/2001 che disciplina tale materia in Emilia-Romagna. Anche i dati occasionalmente recuperabili dai Gestori del Servizio Idrico Integrato rispecchiano questa impostazione.

Si sottolinea come per le acque sorgive manchi una codifica dei contenuti standard della relazione idrogeologica prevista a corredo delle richieste di prelievo (come invece avviene per i pozzi, ai sensi del citato Regolamento). Questo lascia il dubbio sui criteri attraverso i quali è determinato il valore della portata richiesta in concessione: un conto sono i fabbisogni che la captazione "deve" soddisfare per necessità d'uso, un conto è l'idrogramma della sorgente in questione, ottenuto da monitoraggi statisticamente rappresentativi delle portate naturali, con particolare riferimento a quelle minime registrate nei periodi di magra (che costituiscono la vera soglia ai prelievi).

Questo tema andrebbe senz'altro approfondito qualora si intendesse procedere ad un'integrazione della normativa regionale sulla materia, considerando anche il fatto che le sorgenti hanno un significato idrogeologico che si può associare alla sola categoria delle acque sotterranee.

In ogni caso, la documentazione reperibile sui dati quantitativi si riferisce ovviamente alla sole sorgenti captate.

Ciò premesso, e con la consapevolezza di quanto sia relativa l'affidabilità dei dati quantitativi reperibili "ufficialmente", nel 2011 è stata intrapresa una sperimentazione per ottenere un quadro di prima approssimazione sulle portate massime derivate dalle sorgenti dell'Appennino emiliano-romagnolo. I valori massimi sono stati scelti per descrivere le condizioni maggiormente gravose in termini di prelievo: nella modulistica prescritta per le concessioni di acque sorgive, in uso presso i Servizi Tecnici di Bacino regionali[1], sono richieste le portate massime e medie, oltre ai volumi/anno.

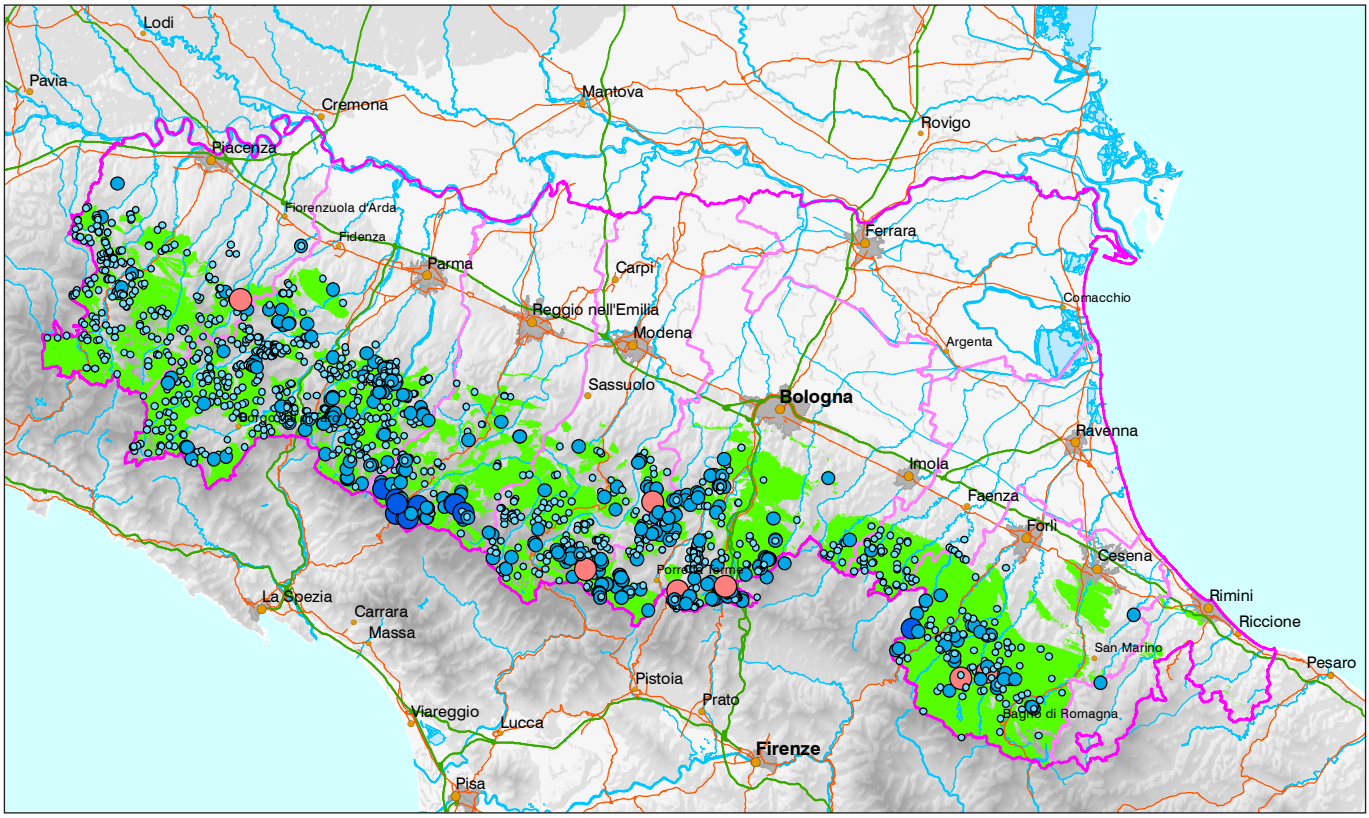
Come secondo passaggio, è stata quindi attribuita a ciascun Corpo Idrico Sotterraneo (CIS) una grandezza indicativa delle portate cumulative derivate; ogni CIS è stato classificato in base all'"importanza" relativa ai fini dei prelievi da acque sorgive, posto che questa fonte di approvvigionamento è in ogni caso strategica e localmente sostituibile (in modo temporaneo) solo in caso di emergenza da crisi idrica.

[1] In seguito alla riorganizzazione dell'Ente regionale, la competenza in materia di concessione di acque pubbliche è stata trasferita ad ARPAE, ovvero alla nuova ARPA

2.3.2 Il quadro regionale

Con tali avvertenze, per formare un quadro sulle portate dei punti di prelievo idrico nell'Appennino emiliano-romagnolo (e sulle sorgenti in particolare), sono state utilizzate principalmente tre basi dati. La prima di esse consiste in segnalazioni di sorgenti captate (tipo 1), da dati del Servizio Geologico regionale, individuate tra quelle provviste di indicazioni quantitative (portate derivate, volumi annui); si trovano nel settore montano delle province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Bologna, Ravenna.

La seconda base dati (tipo 2), si riferisce a segnalazioni estratte dal database informatizzato regionale "Sisteb", contenente le informazioni amministrative e (in misura essenziale) tecniche sulle concessioni di acque pubbliche. Da "Sisteb" sono stati estratti i dati delle pratiche relative ad acque sorgive (75 captate da acquedotto), localizzate principalmente nelle Province di Modena e Forlì-Cesena.



La terza è formata da segnalazioni, tratte dal database provvisorio elaborato nel 2009 da ARPA (ora ARPAE) con dati reperibili presso le ex-Agenzie d'Ambito (AATO) di Piacenza, Parma, Modena, Bologna e inviato al Servizio Geologico per integrazioni (tipo 3).

I punti di prelievo georeferenziati di tipo 1 sono esclusivamente sorgenti, quelli del tipo 2 e 3 possono avere natura mista: sorgenti, pozzi di subalveo e derivazioni da acque superficiali, quando comprese tra 50 e 100 l/s.

Il risultato è rappresentato in figura 9.2. Nell'Appennino emiliano-romagnolo, dalla maggior parte delle sorgenti si derivano portate fino a 2 l/s; questa "esiguità" è tipica degli "Hard Rock Aquifers" dell'Appennino Settentrionale, a cui quelli regionali non fanno eccezione. Nel settore montano di ogni provincia ci sono mediamente fino a una decina di sorgenti da cui è possibile derivare mediamente fino a 20 l/s. Le portate maggiori, tranne che in rari casi (es. la nota sorgente "Polle Gabellina" nell'alto Appennino reggiano, per cui si segnala una portata minima di 85 l/s), corrispondono a derivazioni da acque superficiali e/o da invasi che si concentrano nel settore del crinale.

Figura 9.2
Classificazione indicativa delle principali sorgenti e CIS.

Risorse documentate, uso acquedottistico
Portata massima (l\s)

- < 2
- ≥ 2 < 20
- ≥ 20 < 50
- ≥ 50

Corpi idrici sotteranei

Cap. 2

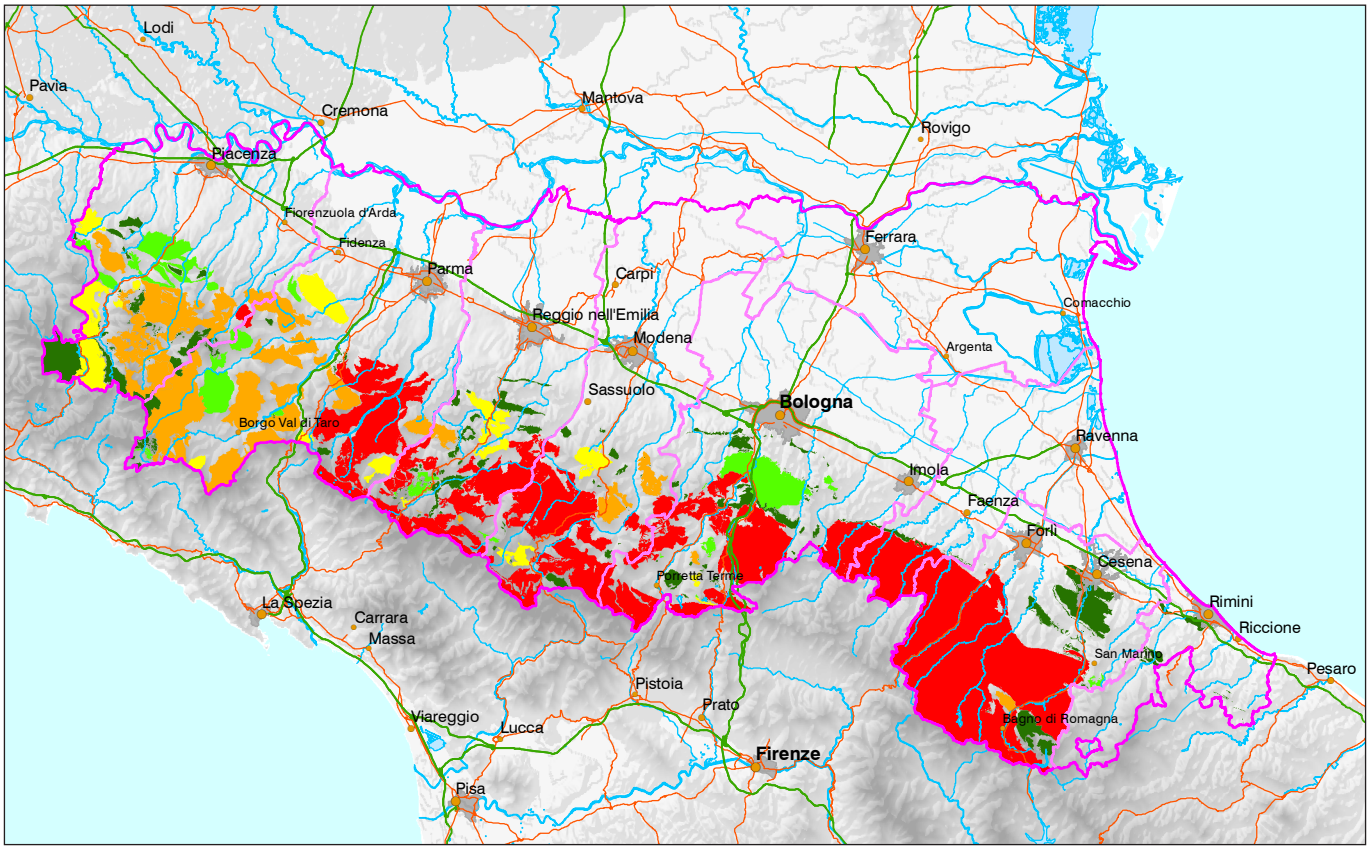


Figura 10.2
Acque sorgive: classificazione del CIS in base alle portate cumulative.

Classificazione dei CIS
Portata massima cumulativa (l\s)

- < 1
- ≥ 1 < 5
- ≥ 5 < 10
- ≥ 10 < 50
- ≥ 50

2.3.3 Classificazione dei Corpi Idrici Sotterranei montani

In figura 10.2 è schematizzato il risultato del calcolo della portata cumulativa delle risorse documentate e riferito alle unità geologiche sede di acquiferi, indicate come Corpi Idrici Sotterranei (CIS, vedi par. 2.1), individuate nell'ambito dell'Appennino emiliano-romagnolo per le cartografie del Quadro Conoscitivo dei Piani di Gestione, in attuazione delle Direttive europee in materia di acque. Ma ha più senso confrontare la portata cumulativa con la superficie di ciascun CIS, evidenziando le unità geologiche dotate del maggiore "rendimento" in termini di disponibilità di risorse idriche (in massima parte sotterranee) attualmente captate e utilizzabili attraverso gli acquedotti.

Si ottiene così una classificazione dei CIS in base alle portate cumulative derivate, per ettaro di superficie, il cui risultato è illustrato in figura 11.2. I CIS con valori bassi di "rendimento" (toni di verde) sono indicativi delle aree con maggiore vulnerabilità in caso di eventi che alterino le portate derivabili dalle fonti di approvvigionamento, in massima parte acque sotterranee. Sono quindi i CIS più vulnerabili alla siccità, anche solo stagionale. Al crescere del "rendimento" (colori giallo e arancione in figura 3.2) si ha a che fare con unità geologiche sede di acquiferi sempre meno vulnerabili nei confronti degli eventi siccitosi o comunque in grado di risentire solo delle siccità più severe, con tempi di ricorrenza pluriennali.

In sintesi, la figura 11.2 classifica le aree sede degli acquiferi montani in base alla naturale vulnerabilità delle risorse idriche captate (in massima parte, sotterranee) agli eventi siccitosi, a prescindere dalle crisi idriche dipendenti invece dallo stato delle reti acquedottistiche.

In ambito regionale e in termini di mitigazione del rischio siccità, le aree con rendimenti medio-bassi sono quelle su cui intervenire prioritariamente, ad esempio attraverso la ricerca di risorse idriche ad integrazione delle sorgenti attualmente in uso (pozzi di subalveo, recupero di sorgenti di antico uso) e un ammodernamento delle opere di captazione e delle reti di distribuzione.

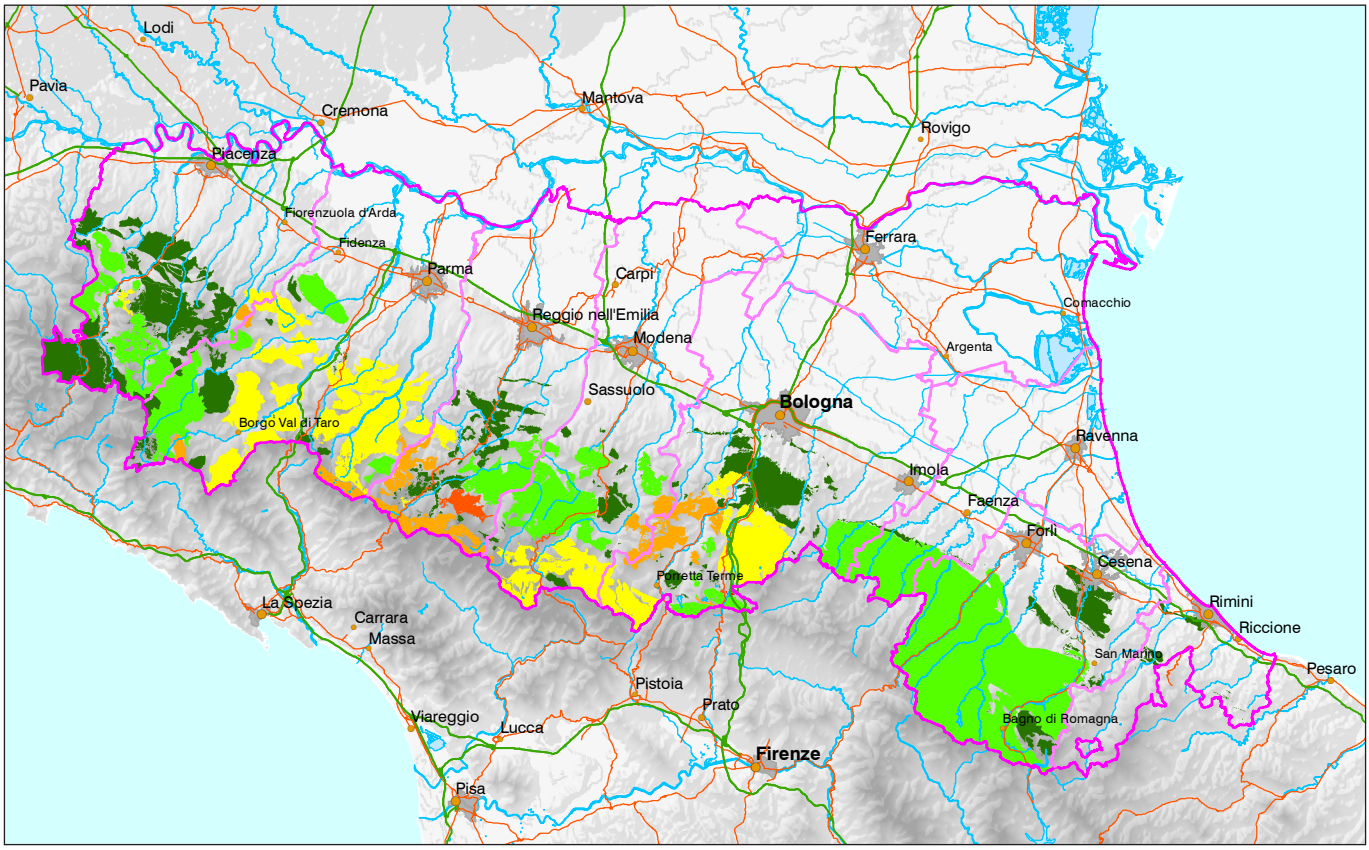


Figura 11.2
Acque sorgive: "rendimento" del CIS Min base alle portate utilizzate.

Classificazione dei CIS
per rendimento (Q/ha $*10^6$)

- < 0,1
- ≥ 0,1 < 0,3
- ≥ 0,3 < 1
- ≥ 1 < 2
- ≥ 2 < 7
- ≥ 7

2.3.4 Le approssimazioni compiute

Per ottenere le elaborazioni descritte è stato necessario compiere alcune approssimazioni, di seguito esplicitate. I dati quantitativi utilizzati nella sperimentazione hanno valore purtroppo relativo, per quanto detto in premessa. Essi non sempre riflettono anche la naturale disponibilità di risorse idriche sotterranee, ciò è soprattutto vero nell'alto Appennino emiliano occidentale (province di Piacenza e Parma). Sono state considerate nei conteggi anche le portate emunte da una decina di pozzi di subalveo, attribuendole "arbitrariamente" ai Corpi Idrici Sotterranei (CIS). I dati su queste captazioni andrebbero implementati e più correttamente attribuiti agli acquiferi dei depositi alluvionali di fondovalle, una volta individuati i CIS corrispondenti a questi ultimi.

2.4 Le potenzialità geologiche dei dati storici ambientali: il caso delle sorgenti e dei fontanili in Emilia-Romagna

A. Alessandrini, S. Pezzoli Servizio Beni Architettonici e Ambientali, Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali, Regione Emilia-Romagna - **D. Bonaposta, S. Segadelli, M.T. De Nardo** Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna

I dati territoriali di tipo storico sono una fonte di informazioni di grande fascino e valore anche nel campo della Geologia, purché siano resi utilizzabili secondo criteri moderni, che permettano di rendere il dato agevolmente confrontabile con le basi dati di uso comune: carte topografiche, geologiche, dell'uso del suolo attuale ecc., ormai solitamente gestite nella pratica professionale attraverso l'informatizzazione e l'uso di programmi GIS.
Ci soffermeremo principalmente su due esperienze applicative in cui dati territoriali storici sono stati acquisiti e resi utilizzabili secondo i principi di cui sopra; il tema sarà lo studio di una risorsa naturale come le acque sotterranee, con riferimento all'ambito dell'Appennino emiliano-romagnolo e dell'alta pianura.

Esperienze: formazione di una base dati informatizzata sulle sorgenti rappresentate nelle carte topografiche storiche, in particolare la seconda edizione (La prima edizione è rappresentata dalla Carta topografica del Regno d'Italia post-unitaria, pubblicata dall'IGMI alla fine dell"800, ad una scala 1:50.000, almeno per il settore dell'Appennino emiliano-romagnolo) della carta rilevata e edita dall'IGMI a scala 1:25.000 per il territorio nazionale, nel periodo compreso grossomodo tra gli anni '30 e '40 del secolo scorso; e formazione di una base dati informatizzata sulle risorgive o fontanili documentate nella cartografia topografica storica; confronto con la situazione attuale, caratterizzata dalla quasi totale scomparsa delle peculiari scaturigini, localizzate in una fascia dell'alta pianura "geologicamente" predisposta.

I casi di studio sono basati su due progetti che hanno visto la collaborazione tra l'Istituto dei Beni Artistici Culturali e Naturali (IBACN) e il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione. L'IBACN è depositario di numerosi esempi ed edizioni di cartografie storiche, risalenti all'epoca pre-unitaria come pure al Regno d'Italia. Uno dei risultati di tale collaborazione è stata anche l'acquisizione informatizzata di tali cartografie, attraverso operazioni di scansione e georeferenziazione che ha permesso di renderle idonee all'utilizzo come dati in formato raster per la creazione successiva di tematismi in forma di coperture vettoriali attraverso programmi GIS di ormai comune utilizzo.

Dalla pubblicazione dello "Schema Direttore della Pericolosità Geoambientale" (Viel, De Nardo e Montaguti, 2003), basato su innovative cartografie di sintesi per la pianificazione territoriale di "area vasta", era scaturita una prima intuizione sulle potenzialità date dal poter disporre, per l'area dell'Appennino emiliano-romagnolo, della base dati sulle sorgenti rappresentate nella carta topografica del Regno d'Italia rilevata dall'IGMI. In letteratura esistevano esempi di pubblicazioni (una tra tutte: Colombetti, in Piacentini et al., 1994) dove, per aree ristrette, veniva trattato il tema delle sorgenti documentate nella cartografia storica, ma mai questo argomento era stato trattato in modo organico, per così dire "a tappeto", in un'area vasta come quella regionale e mai applicando ad esso le potenzialità offerte dall'uso di programmi GIS.

Con queste premesse, la proposta di collaborazione avanzata dall'IBACN nel 2007, per il raggiungimento di questo stesso obiettivo applicato alle sorgenti storiche, è risultata di grande interesse per il Servizio Geologico regionale. Ne è derivato un progetto, articolato in diverse fasi descritte nei paragrafi seguenti e i cui risultati sono consultabili sul sito *http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/sorgenti-unita-geologiche-sede-acquiferi-appennino*

2.4.1 Materiali e metodi: sorgenti "storiche"

L'area oggetto di studio è compresa tra il confine sud della Regione Emilia-Romagna e la linea individuata dal limite tra le ghiaie delle conoidi e i sedimenti fini che ad esse si interdigitano, immediatamente a nord della via Emilia. La principale ed antica via di comunicazione della regione, oltretutto, ha un tracciato non casuale e la sua collocazione segue un limite morfologico, oltre che di significato idrogeologico. Nella figura 12.2 è raffigurato l'inquadramento geografico dell'area.

Le "tavolette" 1:25.000 IGMI che rientrano nell'area di studio precedentemente individuata sono in totale 207, derivate dagli originali cartacei depositati presso l'IBACN della Regione Emilia-Romagna. La maggior parte delle tavolette acquisite utilizza come ellissoide di riferimento quello di Hayford, mentre nel settore occidentale sono pubblicate utilizzando l'ellissoide di Bessel. Ciò ha comportato un diverso trattamento ai fini della loro successiva georeferenziazione.

Ogni tavoletta è stata georeferenziata utilizzando come riferimento una base cartografica

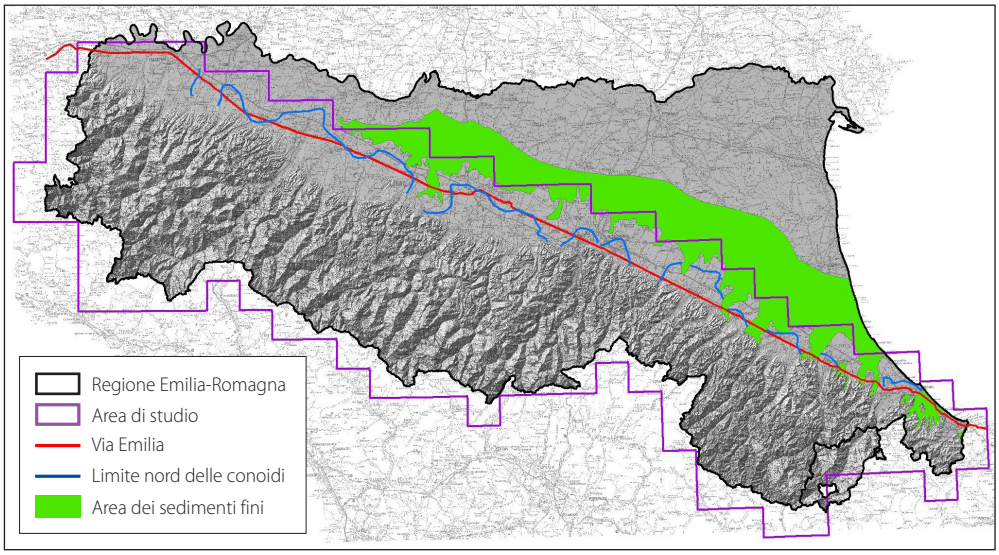


Figura 12.2
Inquadramento geografico dell'area di studio.

"mosaicata" della stessa serie IGMI, predisposta dalla Regione e gentilmente messa a disposizione dall'Archivio Cartografico della Regione Emilia-Romagna (di seguito chiamato AC). Per ogni tavoletta si è previsto in minimo di 8 punti per la georeferenziazione, distribuiti in modo omogeneo sui vertici del reticolato chilometrico. Il numero di punti necessari per una corretta georeferenziazione è cambiato di volta in volta in base alle condizioni dell'immagine. Nei casi in cui si sono riscontrate evidenti deformazioni (dovute al processo di scansione o intrinseche dell'originale cartaceo) il numero di punti è stato aumentato cercando comunque di mantenere una distribuzione il più possibile omogenea e bilanciata.

Nei casi in cui le tavolette fornite dall'AC non possiedono il reticolo chilometrico (ellissoide di Bessel), la georeferenziazione si è basata sui soli 4 punti di vertice del taglio della carta e non si è potuto procedere come sopra descritto. Si è quindi ricorso all'aiuto degli esperti dell'IGMI che gentilmente, hanno provveduto a convertire nel sistema di riferimento scelto le coordinate dei soli vertici dei fogli.

2.4.1.1 Digitalizzazione dei "punti d'acqua"

Disponendo delle basi topografiche in formato raster e correttamente georiferite, si è proceduto alla digitalizzazione dei simboli che, in base alla legenda standard delle tavolette IGMI avessero affinità con il tema delle acque sotterranee (in primis, la classica goccia, accompagnata o meno da altre indicazioni).

Si è studiata una prima struttura tabellare per prevedere tutti i possibili casi che si sarebbe reso necessario rappresentare. In corso d'opera la struttura dei campi è stata ampliata e completata, fino a giungere alla versione definitiva.

La copertura vettoriale scelta è di tipo puntuale dato che tutti i tematismi da rappresentare sono elementi puntuali e dispersi nello spazio, non estesi, non lineari.

Sono state contemporaneamente utilizzate sia la versione dell'AC che dell'IBACN, per due motivi. Principalmente, come già precedentemente esposto, le due versioni (AC e IBACN) pur appartenendo alla stessa serie cartografica non sono identiche per tutte le tavolette. In secondo luogo, la scansione effettuata ex-novo, con una maggior presenza di toni scuri, ha permesso, in fase di confronto, di trovare tutti quei punti che non sarebbe stato possibile identificare avvalendosi di una base cartografica soltanto. In questo modo le zone graficamente troppo scure (in grado di creare facili confusioni tra i simboli) e le zone troppo chiare o sbiadite (con evidente scarsità d'informazioni) sono state messe a confronto, compensate e interpretate nella maniera più corretta possibile.

2.4.2 Materiali e metodi: risorgive

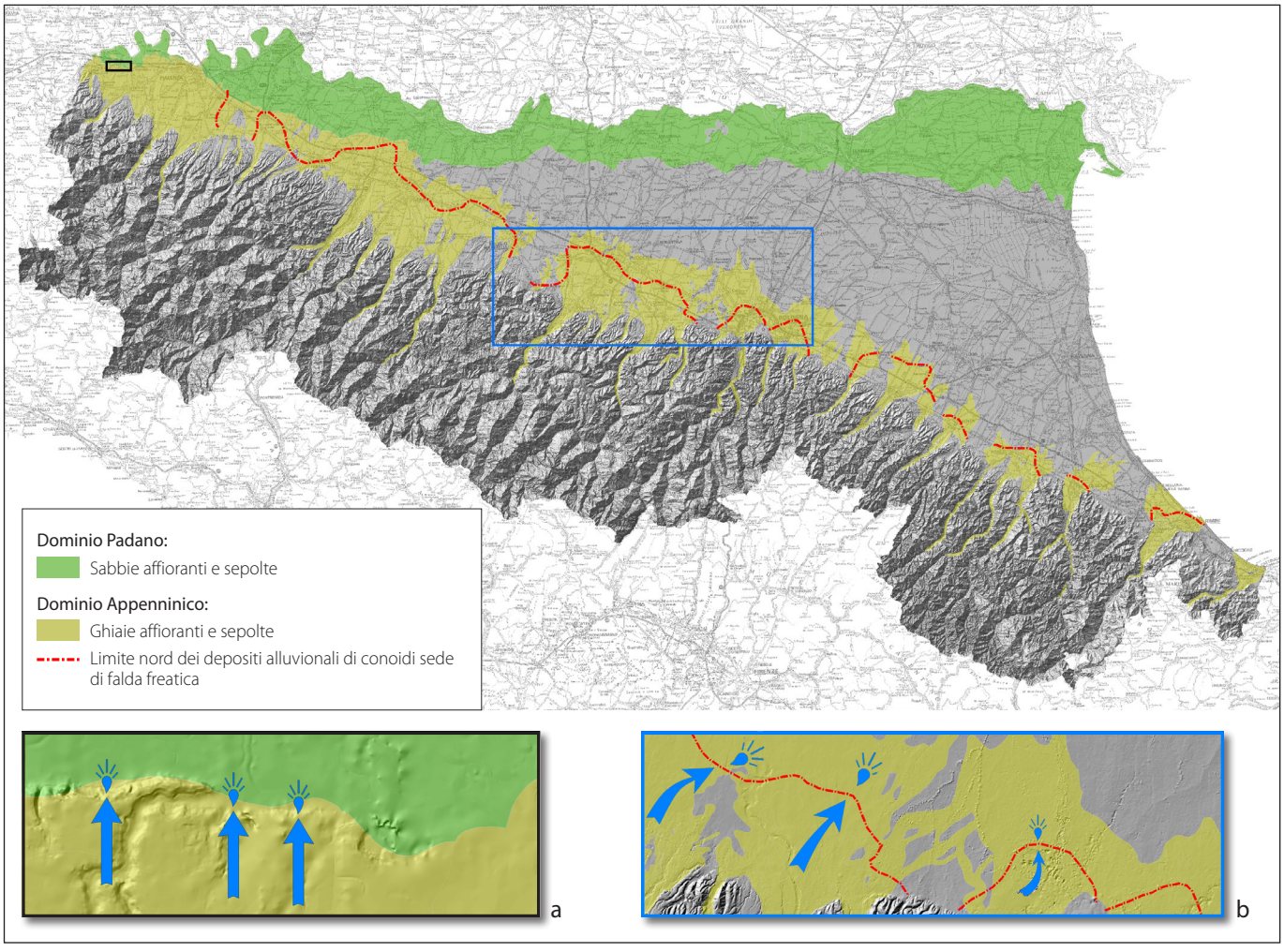
Come è noto, il fenomeno delle risorgive è legato alla presenza dei depositi ghiaiosi tipici dell'alta pianura alluvionale, assai permeabili e sede di una circolazione idrica sotterranea caratterizzata da falde freatiche con flusso verso le quote topografiche più basse o localmente governato dalle relazioni fiume-falda. Quando la tavola d'acqua interseca il piano campagna, oppure incontra un naturale sbarramento dato dal passaggio laterale verso sedimenti a granulometria più fine e a minore permeabilità, si ha la formazione di più scaturigini note come risorgive o fontanili.

Una schematizzazione è presentata in figura 13.2, dove in colore verde chiaro è indicata la fascia delle ghiaie (delimitata verso l'alto dal cosiddetto "tetto delle ghiaie") limitata a nord dai primi sedimenti fini (limi, argille, in grigio), che formano uno sbarramento naturale alla circolazione delle acque nel sottosuolo, le cui linee di flusso sono schematizzate dalle frecce blu (riquadro b, in basso a destra nella figura).

Il limite nord della porzione ghiaiosa affiorante delle conoidi (linea rossa tratteggiata) rappresenta l'area sede delle ricarica dell'acquifero con falda freatica, contenuto nelle ghiaie di conoide. I limiti (idrogeologico e litologico-morfologico) sono stati ricavati dai dati presenti presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale e materializzano i confini della fascia entro cui è possibile rinvenire punti di emersione delle falde, i fontanili o risorgive appunto.

La figura 13.2 mostra in basso a sinistra come, in presenza di una scarpata morfologica ol-

Figura 13.2
Elementi geologici e geomorfologici nell'alta pianura emiliano-romagnola, che determinano la venuta a giorno d'acqua (gocce); due sono le casistiche rilevabili nei settori indicati nei riquadri: la contemporanea presenza di una scarpata morfologica e di un cambiamento nella litologia dei sedimenti alluvionali (riquadro a, in basso a sinistra) e per effetto del passaggio da condizioni di falda freatica a semiconfinata e confinata (riquadro b, in basso a destra).



tre che a variazioni nella tessitura dei sedimenti alluvionali di superficie, il fenomeno delle risorgive sia ugualmente presente, come si riscontra ad esempio nel settore nord dell'alta pianura piacentina.

Più in generale, nella pianura emiliano-romagnola le condizioni sopra descritte e predisponenti alla presenza di risorgive si riscontrano tra le quote di 100 e 50 m s.l.m..

2.4.2.1 Basi cartografiche e digitalizzazione

Sulla base di quanto esposto precedentemente, l'area di studio in cui procedere alla ricerca di risorgive e/o fontanili (o elementi affini) documentati nelle carte topografiche storiche è stata individuata in una fascia con andamento NO-SE, delimitata a sud dalla linea di quota dei 100 m s.l.m. e a nord, nel Piacentino dalla quota 50 m s.l.m.; nel Parmense dal limite settentrionale conoide del fiume Taro; nel resto del territorio regionale, dai primi sedimenti sabbiosi e limoso-argillosi.

Gli ambienti delle risorgive e fontanili sono andati man mano riducendosi nel corso dei secoli, specialmente negli ultimi decenni, per cui si è reso necessario basare la ricerca su varie basi cartografiche, soprattutto storiche, pubblicate in periodi diversi. Scopo di questa ricerca è infatti la ricostruzione storico-evolutiva della distribuzione di tali scaturigini, basata sulle cartografie storiche messe a disposizione dall'Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali, fonti bibliografiche riferite ad esempi locali e sui diversi strati informativi presenti nei database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, anche provenienti da altri Servizi regionali.

Di seguito vengono illustrate le fonti cartografiche sulle quali è stata basata la ricerca:

Chiesa – Cartografia realizzata dal topografo Chiesa (tra gli altri) per i territori dello Stato Pontificio approssimativamente intorno all'anno 1740, messa a disposizione dall'Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali in formato vettoriale. Il territorio coperto riguarda le odierne province di Bologna e Modena *(pars)*;

Cartografia Storica pre-unitaria – Mosaico a scala 1:50.000 elaborato dalle carte degli Stati pre-Unitari, realizzate nella prima metà dell''800 e messo a disposizione dall'ex-Servizio Sistemi Informativi Geografici regionale. Copre tutto il territorio regionale;

Carandini – Carta realizzata dal topografo Carandini negli anni '50 dell''800 per i Domini Estensi e il Ducato di Parma, messa a disposizione dall'Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali in formato raster, georeferenziato alla scala di 1:10.000 nel sistema di riferimento UTM RER - ED50. Copre il territorio delle odierne province di Modena, Reggio Emilia e Parma;

Genio Militare dei Ducati – Carta realizzata nella seconda metà degli anni '800 messa a disposizione dall'Istituto dei Beni Artistici, Culturali e Naturali, scansionata, georeferenziata alla scala di 1:20.000 nel sistema di riferimento UTM RER - ED50. Copre il territorio delle odierne province di Piacenza e Parma;

Carta topografica del Regno d'Italia, detta "IGMI 2° impianto" – Carta pubblicata da parte dell'Istituto Geografico Militare (IGMI) negli anni '30 del secolo scorso, acquisita dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli e precedentemente georeferenziata per la Regione Emilia-Romagna nel sistema di riferimento UTM RER - ED50. Copre tutto il territorio regionale ed è la stessa utilizzata anche per la digitalizzazione delle sorgenti, descritta nel capitolo precedente;

CTR – Carta Tecnica Regionale pubblicata negli anni '70 del secolo scorso e successivi aggiornamenti. Cartografia a copertura regionale pubblicata dall'ex-Servizio Sistemi Informativi Geografici, presente nei database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Copre tutto il territorio regionale;

PTCP – Estratti dalle varie cartografie dei Piani Territoriali di Coordinamento delle Province, relative alla tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei, dove è rappresentato il tematismo dei fontanili, pubblicate tra gli anni 1997-2009;

OrtoFoto AGEA 2008[1] – Immagini satellitari ad alta risoluzione disponibili sia nell'infrarosso che nel visibile, riprese per AGEA nel 2008 e messe a disposizione dall'ex- Servizio Sistemi Informativi Geografici regionale. Coprono tutto il territorio regionale.

2.4.3 Risultati e discussione – sorgenti "storiche"

I file prodotti sono principalmente tre: la copertura vettoriale poligonale dei quadri d'unione delle tavolette IGM; una tabella si cui sono stati riportati i parametri di georeferenziazione delle tavolette; la copertura vettoriale puntuale delle sorgenti.

Dall'unione di questi file è stato possibile ottenere ulteriori informazioni. I dati relativi alla georeferenziazione sono stati riportati, tramite una operazione tra tabella denominata "join", sulla copertura vettoriale dei quadri d'unione, modo con cui è possibile visualizzare la distribuzione nello spazio dell'area di studio. Tramite un'altra operazione denominata "join spaziale" sono stati riportati dalla tavoletta tutti i punti che vi ricadono all'interno. Cosi facendo ogni punto riporta un parametro relativo alla precisione sulla localizzazione, basato sull'accuratezza con cui la tavoletta che lo contiene è stata georeferenziata.

Su un totale di 307 tavolette a scala 1:25.000 che coprono il territorio della Regione Emilia-Romagna, sono state acquisite e scansionate 200. La fase di georeferenziazione è stata eseguita per 170 tavolette su 200, le rimanenti 30 sono state realizzate con l'ellissoide di Bessell per cui è necessaria la conversione delle coordinate tramite conoscenze e software dell'IGMI.

Sul totale di 170 tavolette georeferenziate, per 5 non sono stati calcolati i parametri della georeferenziazione.

Le rimanenti 165 tavolette presentano un scarto quadratico medio che è stato valutato e gestito.

Prima di discutere i risultati della digitalizzazione è bene ricordare che non c'è uniformità nelle tavolette. I rilevatori di terreno che hanno a loro tempo lavorato per produrre le carte erano molti e diversi, così come i supporti su cui sono state stampate.

Su alcune tavolette, ad esempio, non è stata differenziata la sorgente perenne (goccia accompagnata dalla lettera "P") da quella non perenne: è il caso della provincia di Piacenza; in altre, la densità dei simboli relativi alle essenze vegetali è variabile, così come la possibilità di confonderli con i simboli relativi alla sorgenti.

Inoltre la qualità, stato di conservazione e tipo di supporti (carta, lucido, ecc.) non ha consentito di ottenere una qualità omogenea nella realizzazione delle corrispondenti copie digitali.

Le sorgenti rappresentano il 52% dei punti digitalizzati, in generale sono il tematismo più "sicuro", dato che è facilmente riconoscibile e diverso da altri simboli.

Pozzi e fontane sono il 39% dei punti. La difficoltà di individuazione per questo tipo di temi è maggiore, in quanto si confondono con i simboli delle essenze vegetali (simboli di boschi e coltivazioni), con particolare riferimento per le sorgenti non perenni. Questo tema non compare nel settore piacentino della regione.

[1] Questa base cartografica in realtà non è stata utilizzata per la digitalizzazione come le precedenti, ma piuttosto come base di confronto di tutti i punti rispetto alla situazione attuale.

Il tema delle sorgenti incerte è una tipologia prevista per quei casi in cui non è stato possibile discriminare tra sorgente (rappresentata da una goccia) e pozzo o fontana (rappresentati da un cerchio). Esistono anche dei casi in cui questo tema è stato assegnato a simboli molto confusi. Rappresentano in ogni caso quasi il 7% dei punti totali.

Il tema degli abbeveratoi (che è presente per lo 0,6% dei casi) è stato preso in considerazione quando il simbolo (di solito riservato alle costruzioni) è accompagnato dalla lettera "P". La interpretazione del tema "abbeveratoio temporaneo" è infatti del tutto soggettiva.

Il tema delle sorgenti o pozzi collegati alle cisterne è un tipo di simbolo costituito da una goccia accompagnata da un quadratino o un punto. L'interpretazione, anche in questo caso, ha un carattere di soggettività. In ogni caso rappresenta poco più del 1% del totale ed è concentrata nel settore piacentino. Quest'ultimo aspetto conferma quanto evidenziato in precedenza, non esiste uniformità tra le tavolette della Carta Topografica del Regno d'Italia dell'IGMI.

2.4.4 Risorgive – aspetti generali

Dalle otto basi cartografiche storiche e altre fonti bibliografiche sono stati digitalizzati i punti d'acqua nell'intera area di studio, parte di questi sono stati eliminati dopo un secondo più attento esame riducendoli. La maggioranza dei punti rimossi riguarda il tematismo "inizio tratto fluviale" digitalizzato dalle cartografie del Carandini e del Genio Militare. Questa operazione si è resa necessaria per rendere meno confuso il dato finale, ed inoltre per mantenere una certa coerenza concettuale, dato che tutti questi punti si trovano in corrispondenza dei sedimenti fini, questo rende difficile anche solo ipotizzare la potenziale presenza di una risorgiva in questo tipo di unità geologica.

Nel dettaglio, il totale dei punti digitalizzati si ripartisce come illustrato nelle figure 14.2a e 14.2b.

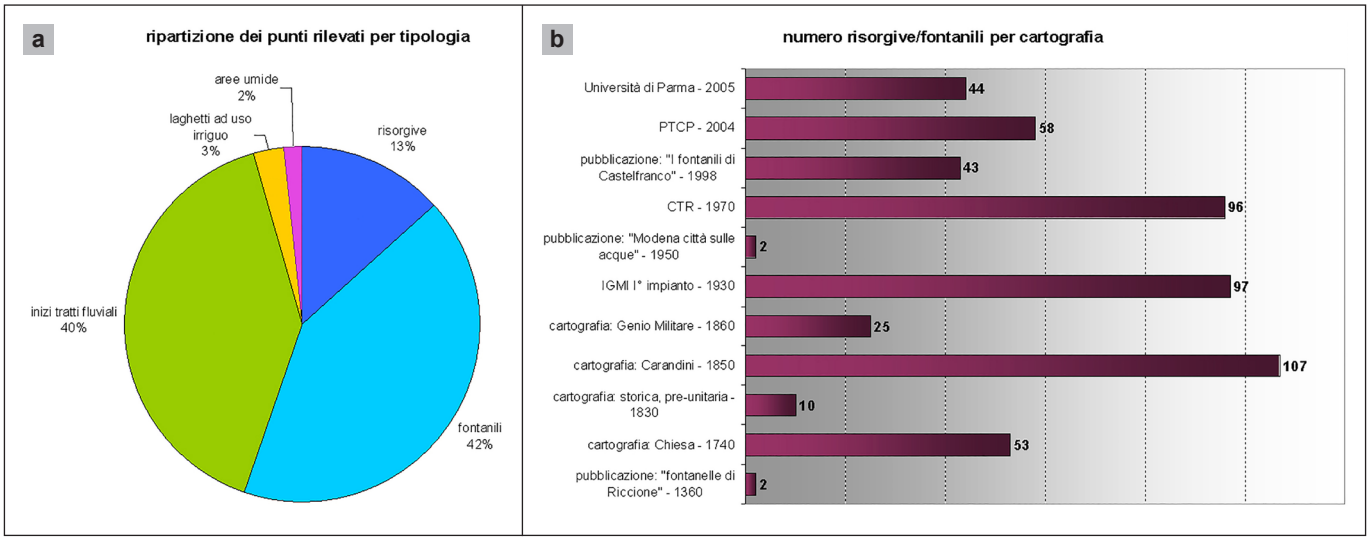


Figura 14.2a e 14.2b
Totali dei punti digitalizzati.

La figura 14.2a a torta mostra che le risorgive e fontanili rappresentano insieme il 55% degli elementi digitalizzati punti differenziati tra loro, il 13% rappresenta risorgive (allo stato naturale) e il 42% fontanili. Gli "inizi di tratto fluviale" sono il 40% del totale, i laghetti ad uso irriguo sono il 3% (non sono stati considerati i laghetti di dimensioni troppo ampie e sono stati digitalizzati solo sulle foto satellitari) e infine le "aree umide" rappresentano il 2% del totale.

Nella figura 14.2b a barre sono rappresentati solo i punti classificati come "risorgive" e "fon-

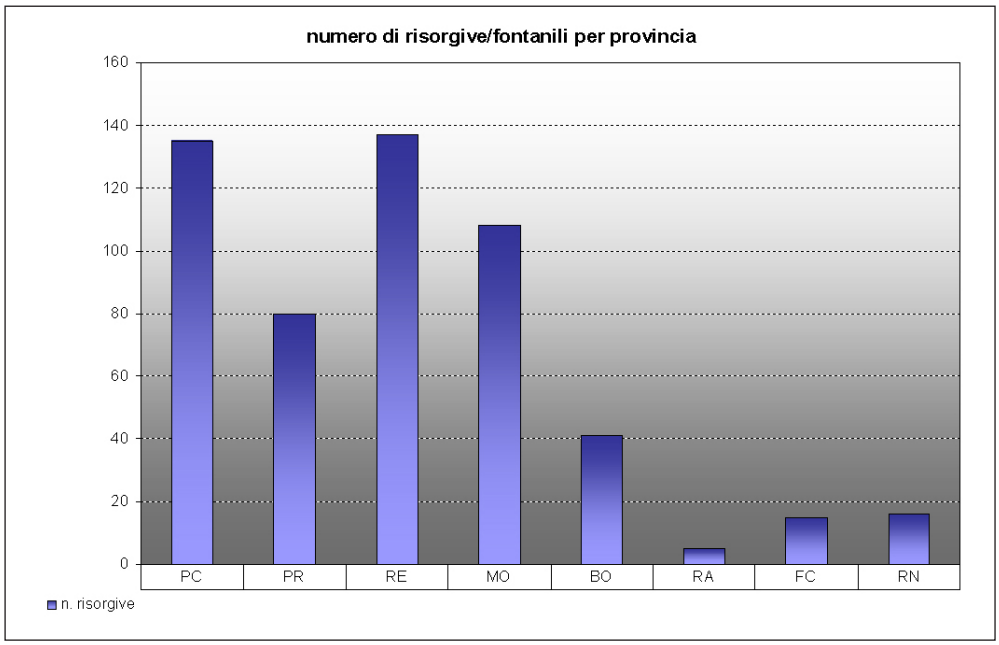
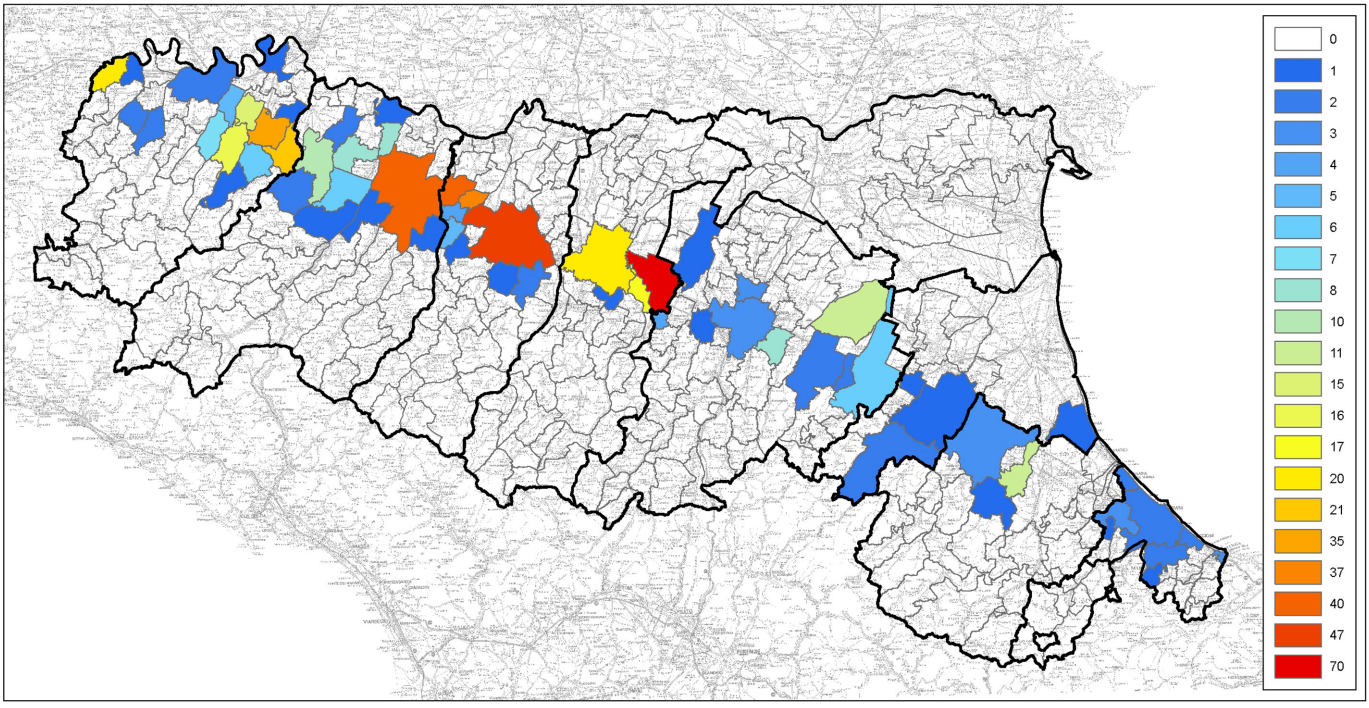


Figura 15.2
Risultati della digitalizzazione: elementi digitalizzati raggruppati per provincia.

tanili"; i punti rilevati sono stati suddivisi in base alle fonti cartografiche da cui sono stati digitalizzati.

Escluse le pubblicazioni che spesso si riferiscono a aree limitate e circoscritte, dalle altre fonti è stato possibile estrarre un buon numero d'informazioni. È interessante notare come le Carte Tecniche Regionali (CTR) realizzate negli anni '70 del '900 siano tra le più consistenti fonti di dati, questo permette di mettere in evidenza come fino a quegli anni l'ambiente di alta pianura conservasse ancora un buon livello di naturalità. Gli emungimenti legati alle attività economiche, i conseguenti abbassamenti della tavola d'acqua, la forte espansione delle aree urbanizzate e l'impermeabilizzazione del suolo hanno portato alla scomparsa di molti fontanili (come si vede dalla situazione successiva al 2000), una volta parte integrante del paesaggio della pianura emiliano-romagnola. Questa riflessione si rende possibile in quanto non si hanno grandi differenze tra le CTR e le cartografie seguenti; fini e modalità

Figura 16.2
Risultati della digitalizzazione: distribuzione delle risorgive/fontanili nei comuni.



di rappresentazione sono coerenti.

Per gli anni precedenti la pubblicazione delle cartografie CTR invece, non è possibile trarre questo tipo di conclusioni, le coperture dell'area di studio differiscono da carta a carta così come le finalità per cui una rappresentazione del territorio è stata realizzata. Cercare una correlazione risulta quindi impossibile se non per un'area molto ristretta.

A titolo di esempio e sempre con riferimento alle figure 14.2a e 14.2b non si può concludere che nel 1740 (Carandini) ci fossero 107 fontanili che poi si sono ridotti a 25 nel 1850 (Carta dei Ducati) e infine se ne siano riattivati tanti da tornare a 97 in base alle carte IGMI secondo impianto. È invece vero che segnalazioni degli stessi fontanili compaiono su due o più cartografie storiche; per tali elementi si può ipotizzare che si siano conservati per un lungo periodo di tempo; ma di questo aspetto si tratterà più dettagliatamente in seguito.

La figura 15.2 evidenzia la distribuzione dei soli temi risorgive e fontanili per ciascuna provincia. Come già esposto in precedenza le province dell'Emilia si caratterizzano per una maggiore incidenza delle segnalazioni rispetto alle province romagnole.

La figura 16.2 mostra la distribuzione delle risorgive/fontanili per Comune, come si vede le risorgive si ripartiscono lungo la fascia di alta pianura e le maggiori concentrazioni si hanno tra le province di Piacenza e Modena. I Comuni che presentano più risorgive/fontanili sono Castelfranco Emilia (70), Reggio Emilia (47), Parma e Gattatico (40), Campegine (37), Fiorenzuola d'Arda (35), Alseno (21), Castel San Giovanni e Modena (20) ed infine San Cesario sul Panaro (17).

2.4.5 Risorgive e Siti di Importanza Comunitaria

Le risorgive, grazie alle loro caratteristiche idrogeologiche, fisiche e chimiche sono di grande importanza ecologica perché costituiscono un habitat che ospita specie molto rare ed esigenti, sia come flora che come fauna. Non è un caso quindi se numerosi Siti di Importanza Comunitaria (SIC) della Rete Natura 2000 (la Rete Natura 2000, data dall'insieme di SIC e Zone di Protezione Speciale -ZPS sono istituiti in attuazione di specifiche Direttive Europee, per tutelare habitat e specie importanti, indicate in elenchi ufficiali -SIC o più specificatamente per la tutela di questi ultimi quando siano legati alla vita degli Uccelli) della pianura emiliano-romagnola, sono imperniati sulla presenza di questi elementi, anche se in forma purtroppo relitta.

Nell'ambito della Rete Natura 2000, limitatamente ai punti digitalizzati come "fontanili" o "risorgive", 62 ricadono in aree SIC o ZPS. Qualcuna di queste aree, hanno a che fare poco o nulla con il fenomeno delle naturale venuta a giorno di acque sotterranee, ma i punti vi ricadono comunque a causa delle ampie tolleranze sulle coordinate che hanno certe fonti cartografiche.

Di seguito l'elenco delle aree della Rete Natura 2000 e relativo ente provinciale gestore: torrente Stirone (Parma e Piacenza), aree delle risorgive di Viarolo, bacini di Torrile, fascia Golenale del Po (Parma), fontanili di Corte Valle Re (Reggio Emilia), rio Rodano e fontanili di Fogliano e Ariolo (Reggio Emilia), fontanili di Gattatico e fiume Enza (Reggio Emilia e Parma), Manzolino (Bologna e Modena), cassa di espansione del fiume Panaro (Modena), meandri del fiume Ronco (Forlì –Cesena).

La normativa sulle aree della Rete Natura 2000 indica nei Piani di Gestione uno degli strumenti per individuare e perseguire gli obiettivi di conservazione di habitat e specie; per la formazione del Quadro Conoscitivo di questi Piani sarebbe sicuramente opportuno il contributo, ovviamente applicativo, delle discipline delle Scienze della Terra, idrogeologia compresa. A tal fine, anche l'uso dei dati ambientali storici può essere strategico a supporto

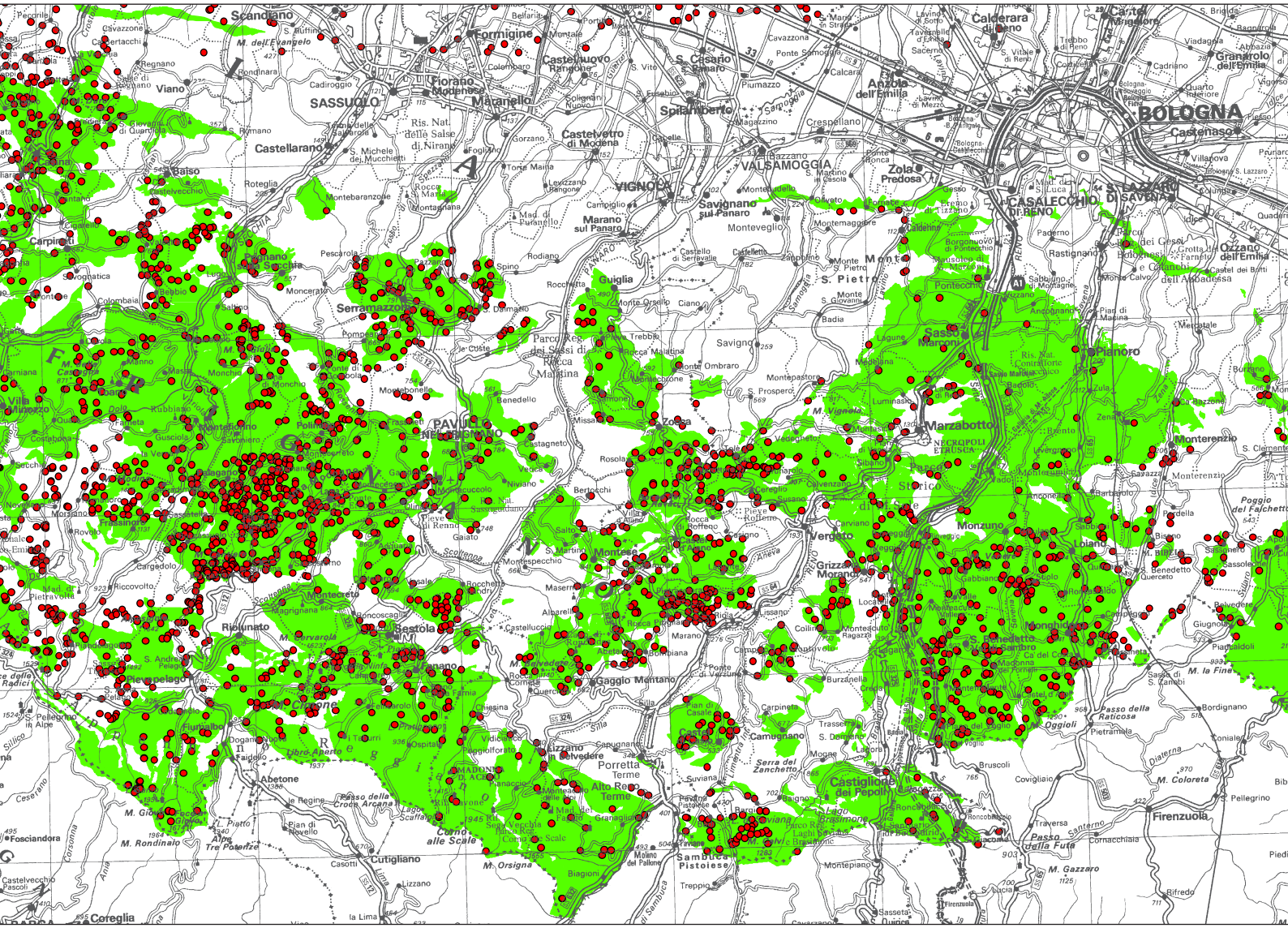


Figura 17.2
Confronto tra la cartografia dei Corpi Idrici Sotterranei montani (2009) e le sorgenti storiche perenni, dettaglio sull'Appennino modenese e bolognese.

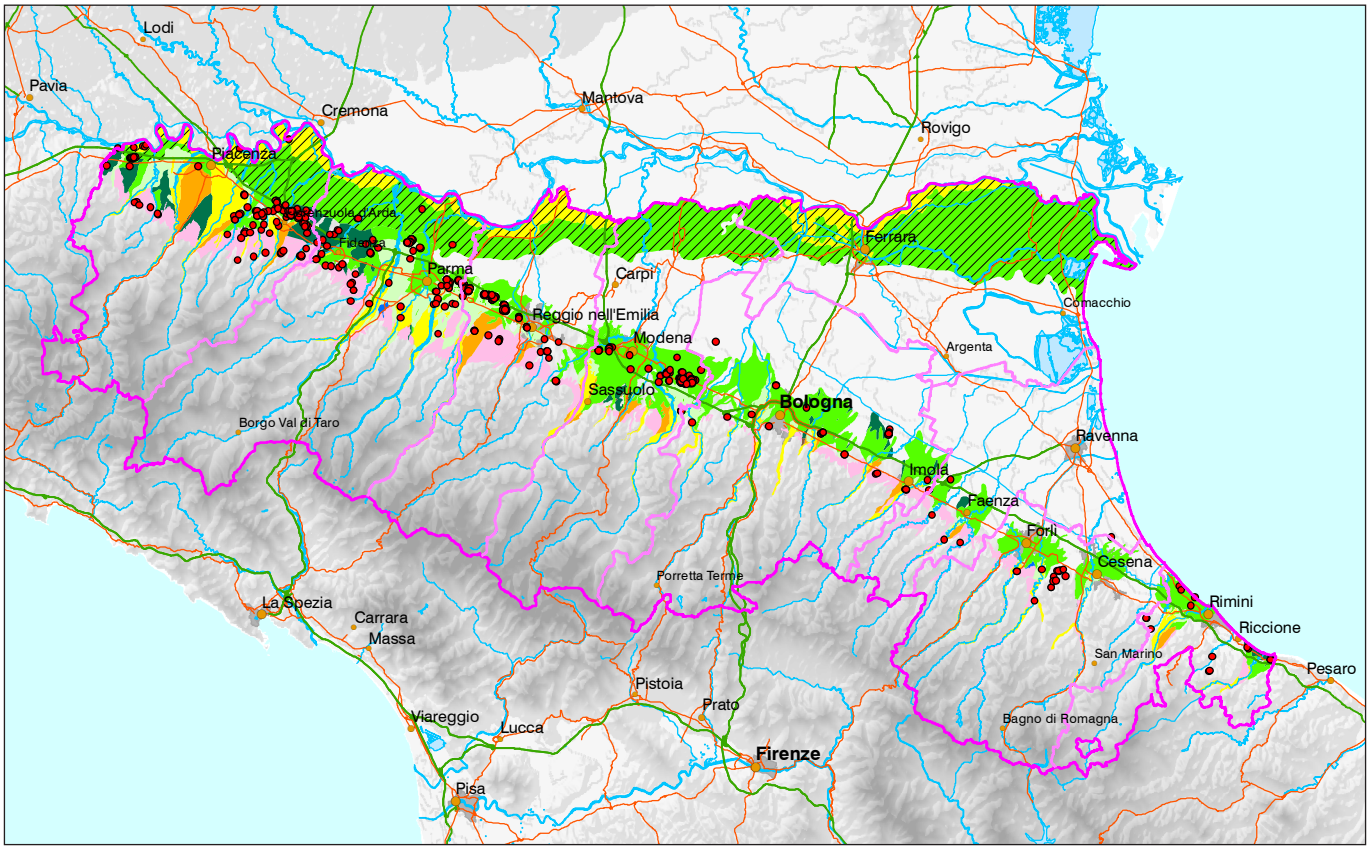
- Sorgente storica
- CIS

dello svolgimento delle analisi territoriali, per raffronto con la situazione attuale, finalizzate alla formulazione di misure di valorizzazione paesaggistica degli spazi naturali e habitat di particolare interesse ecologico, che non possono essere garantite senza perseguire anche la salvaguardia delle risorse idriche locali.

Nel caso dei siti interessati dalla presenza di risorgive, attive e non, il contributo professionale del geologo-idrogeologo porta all'individuazione es. dell'area di alimentazione delle scaturigini, alla stima della portata minima da garantire per la conservazione o la fattibilità di un ripristino degli habitat collegati, oltre che per il miglioramento dell'apporto idrico al fine di contenere fenomeni di regressione quantitativa e/o deterioramento qualitativo delle acque che vengono a giorno, causa della scomparsa o rarefazione di molte specie e habitat totalmente dipendenti dalle risorgive.

2.4.6 Sorgenti storiche e risorgive- potenzialità per l'analisi geologica

La disponibilità per l'intero Appennino emiliano-romagnolo del dato sulle sorgenti documentate nella Carta Topografica del Regno d'Italia, consente la realizzazione di una prima banca dati che rappresenta un importante punto di partenza per impostare ricerche e analisi territoriali con varie finalità. Alcune esperienze sono in fase di sviluppo presso il Servizio Geologico regionale, e si descrivono brevemente di seguito.



In ambito regionale o provinciale, pur con le cautele suggerite dalla constata disomogeneità del dato storico, è possibile effettuare un confronto tra la distribuzione di queste segnalazioni e le moderne cartografie delle unità geologiche sede degli acquiferi montani, ottenute comparando la banca dati geologica e l'ubicazione delle sorgenti attualmente captate ad uso acquedottistico. In figura 17.2 si riporta uno degli esempi più soddisfacenti di tale corrispondenza, relativo a settori dell'Appennino modenese e bolognese. In verde sono rappresentati i locali Corpi Idrici Sotterranei (CIS) tratti dalla cartografia elaborata nel 2009 presso il Servizio Geologico come contributo di settore alla formazione dei Piani di Gestione di Distretto Idrografico, in attuazione della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE e seguenti (attività coordinata in ambito regionale, dal Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti Fisici, si noti la parziale omonimia -Piani di Gestione- tra gli strumenti di pianificazione nel settore acque, prescritti dalla Direttiva Acque e quelli relativi ai siti della Rete Natura 2000). I punti rossi sono le sorgenti storiche IGMI di tipo perenne: essi in larga parte si distribuiscono entro i confini dei CIS, che sono per lo più interpretabili come limiti di permeabilità. Il dettaglio cartografico dei CIS, a parte il necessario "sacrificio" delle coperture detritiche di versante, è compatibile con una scala non superiore a 1:25.000, che poi è la stessa delle tavolette IGMI utilizzate.

In ambito locale, in studi idrogeologici per l'individuazione di aree idonee all'immagazzinamento preferenziale di risorse idriche sotterranee, le sorgenti storiche sono state utilizzate per disporre di prime indicazioni, da verificare successivamente in campagna, questo è particolarmente utile qualora si intenda affrontare anche il tema delle sorgenti non captate, altrimenti non o solo parzialmente documentate nelle banche dati regionali. Sempre nell'ambito locale, il confronto tra sorgenti storiche ed attuali sta dimostrando una tendenza alla riduzione in numero delle scaturigini e/o alla loro diminuzione di quota (Segadelli e Vescovi, dati inediti riferiti all'Appennino parmense). La verifica della diffusione in ambito regionale di questa tendenza sarà oggetto (tra le altre cose) di studi applicativi locali, attuati in collaborazione con i Dipartimenti di Scienze della Terra delle Università di Bologna e Parma.

Figura 18.2
Unità geologiche ghiaiose e sabbiose della pianura alluvionale emiliano-romagnola e risorgive storicamente documentate.

- Risorgiva

Ghiaie prevalenti sepolte
- Subsintema di Ravenna (AES8)
- Unità di Modena (AES8a)
- Subsintema di Ravenna - dominio Padano (AES8)
- Subsintema Villa Verrucchio (AES7), Unità di Vignola
- Subsintema Villa Verrucchio (AES7), Unità di Niviano
- Depositi antichi

Affioranti
- Subsintema di Ravenna - dominio Padano (AES8)
- Subsintema di Ravenna (AES8)
- Subsidenza Villa Verrucchio (AES7), Unità di Vignola
- Subsidenza Villa Verrucchio (AES7), Unità di Niviano

Terrazzate
- Depositi alluvionali di diverso rango gerarchico

Nella pianura emiliano-romagnola, è stata confrontata la distribuzione delle ubicazioni delle risorgive storicamente documentate con le cartografie della litologia di superficie, tratte dalle banche dati del Servizio Geologico regionale, con particolare attenzione alle ghiaie e sabbie, al tetto delle ghiaie delle unità denominate Subsintema di Ravenna (AES8) e Subsintema di Villa Verucchio (AES7); si ottengono gli elaborati della figura 18.2.

Dall'analisi delle precedenti figure si può notare come la maggioranza delle risorgive storicamente documentate si trovino in corrispondenza del passaggio laterale di facies, in superficie e nel primo sottosuolo, delle ghiaie appartenenti al Subsintema di Ravenna (AES8) alle corrispondenti sabbie o sedimenti più fini. In questo modo le ghiaie appartenenti al Subsintema Ravenna (AES8) rappresentano il principale serbatoio di alimentazione delle risorgive.

2.4.7 Conclusioni

Da questo lavoro emerge chiaramente come i dati territoriali di tipo storico, anche per il tema delle acque sotterranee, siano una fonte di informazioni di grande interesse, purché questi risultino agevolmente confrontabili con le basi dati territoriali di uso comune. Per questo motivo l'acquisizione del dato territoriale storico deve avvenire attraverso un sistema informativo computerizzato che ne permette la digitalizzazione, visualizzazione, conservazione ed analisi, oltre che l'opportuna restituzione delle informazioni stesse (georeferenziate) in modo da permettere il confronto con altri dati attraverso programmi GIS.

Più in generale, il dato di tipo storico può rappresentare, all'interno delle analisi ambientali, territoriali e storico-culturali, un importante strumento per la ricostruzione dell'evoluzione nel tempo di paesaggi e ambienti e quindi promuovere progetti di tutela e valorizzazione anche all'interno del quadro conoscitivo degli strumenti di pianificazione territoriale e di settore. In particolare, nel caso dei fontanili, trattandosi generalmente di analisi territoriali alla scala di aree circoscritte, lo strumento di pianificazione più adatto è dato dai PTC provinciali, ad implementazione di quanto già riscontrato nella pratica (individuazione e tutela delle risorgive ancora attive).

Da sviluppare, anche per le possibilità offerte alla professione del Geologo, il contributo che queste conoscenze sono in grado di dare alla formazione dei Piani di Gestione delle aree appartenenti alla Rete Natura 2000.

In ogni caso, il dato storico è uno degli strumenti per la programmazione e progettazione di interventi di recupero e valorizzazione di sistemi naturali che, nel tempo, hanno subito degrado ambientale, per effetto della pressione antropica, magari in un contesto di elevata vulnerabilità ambientale.

2.5 Le acque minerali e termali dell'Emilia-Romagna e il caso delle Terme di Brisighella, Appennino ravennate

M.T. De Nardo, A. Parisi

2.5.1 Il quadro generale

Le acque classificate come minerali e termali appartengono all'ambito delle acque sotterranee: per l'elevato valore economico e la loro localizzazione preferenziale, possono diventare una preziosa risorsa economica per l'Appennino emiliano-romagnolo.

Dal punto di vista normativo, queste acque sotterranee sono classificate come risorse minerarie e come tali regolamentate dallo storico Regio Decreto n. 1443 del 1927. In ambito

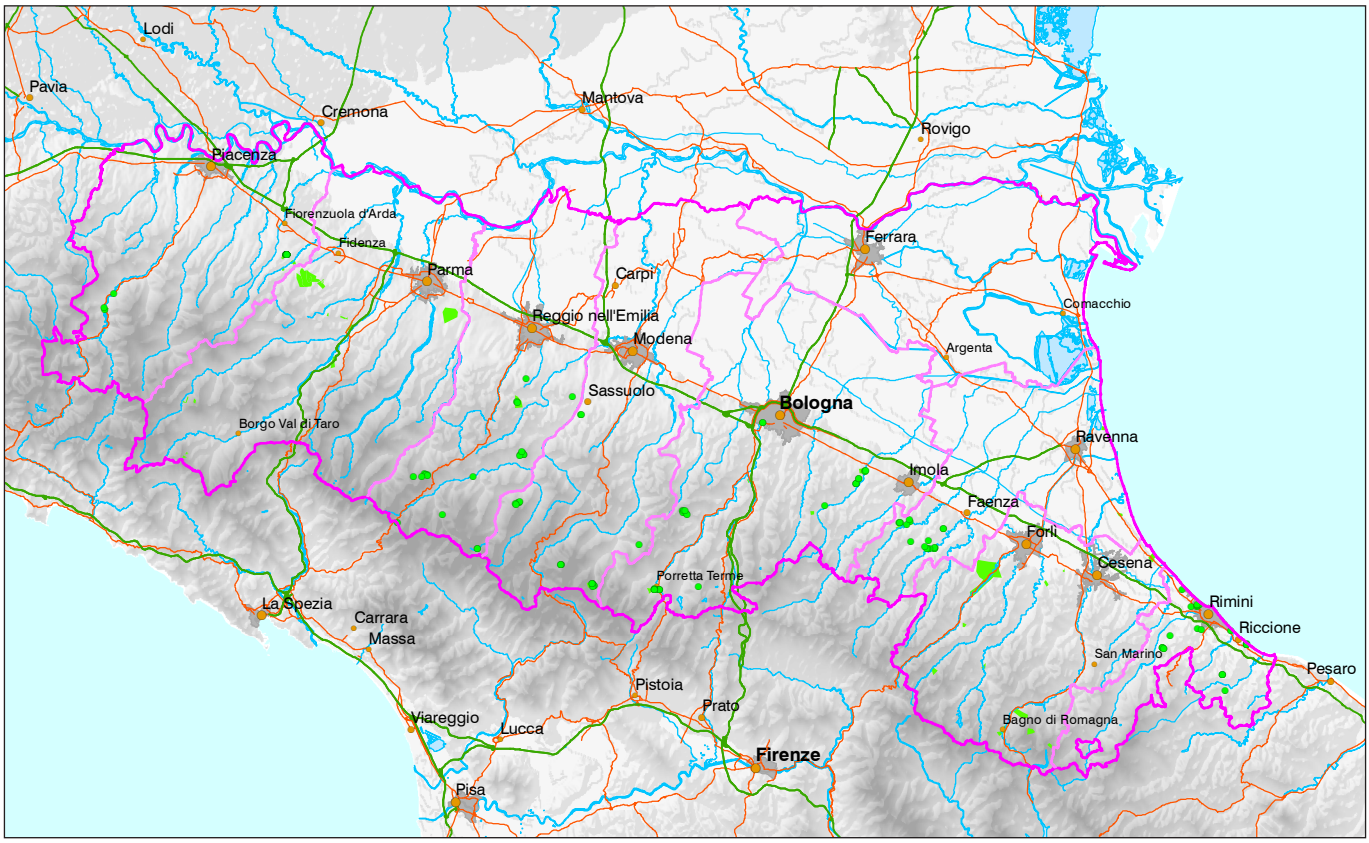


Figura 19.2
Distribuzione delle aree di concessione con le ubicazioni delle acque termali e minerali della Regione Emilia-Romagna (Anno 2010) localmente semplificate.

regionale la materia è trattata nella Legge regionale 32/88, che necessita ormai di un'indispensabile revisione. Tra gli aspetti da adeguare figurano la creazione di una banca dati regionale e l'adeguamento dei criteri di calcolo dei canoni di concessione a quelli adottati nella larga maggioranza delle Regioni.

Nel 2010, attraverso una collaborazione con il Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, competente in materia fino al 2015, è stato possibile formare un primo quadro conoscitivo sulla distribuzione delle concessioni delle acque classificate come minerali e termali nella Regione, sotto forma di sistema informativo territoriale (De Nardo et al., 2010).

Per reperire le informazioni è stato necessario rivolgersi prevalentemente alle Province, le effettive depositarie dei dati; sono state georeferenziate le aree dei permessi di ricerca/concessioni (attivi e non), essenziali informazioni di carattere amministrativo, aspetti chimico-fisici delle acque, temperatura, portata richiesta in concessione. In figura 19.2 sono schematicamente rappresentate le aree di concessione ed i punti di prelievo (pozzi) ove censiti.

Il prelievo di acque sotterranee avviene per lo più da pozzi, entro un'area per cui è stata richiesta la concessione (mineraria, rimane aperto il problema delle relazioni tra area di concessione e le zonizzazioni di significato idrogeologico: zone di protezione ed aree di ricarica); i permessi di ricerca hanno invece valore esplorativo. Le acque minerali sono "acque da tavola", imbottigliate, da oligo- a medio-minerali. Le acque termali della Regione, per lo più, non sono naturalmente "calde" (secondo la classificazione medica di Marotta e Sica) essendo la loro temperatura di norma inferiore a 20°C, sono le uniche ad essere invariabilmente "minerali", molto ricche in sali disciolti. Da qui risulta che la distinzione amministrativa tra acque "termali" e "minerali" ne riflette piuttosto l'uso: acque da tavola vs. per usi terapeutici. Sono rari i casi di una stessa concessione dove si estraggono, da acquiferi diversi, acque termali (minerali) e acque "minerali" per imbottigliamento: Terme di Cervarezza - S. Lucia (RE) e S. Andrea Bagni (PR).

Dalla banca dati, sono emerse 72 segnalazioni areali documentate, tra cui 48 concessioni

attive di acque minerali e termali (dal punto di vista solo amministrativo ce n'è qualcuna in più, trattandosi di vecchi ampliamenti di aree maggiori che sono considerati accorpati); 194 segnalazioni di pozzi, di cui 25 dismessi e 13 esplorativi per ricerca.

Il grafico in figura 20.2 rappresenta il conteggio di concessioni e permessi di ricerca, distinti come tipo e stato, per ciascuna provincia.

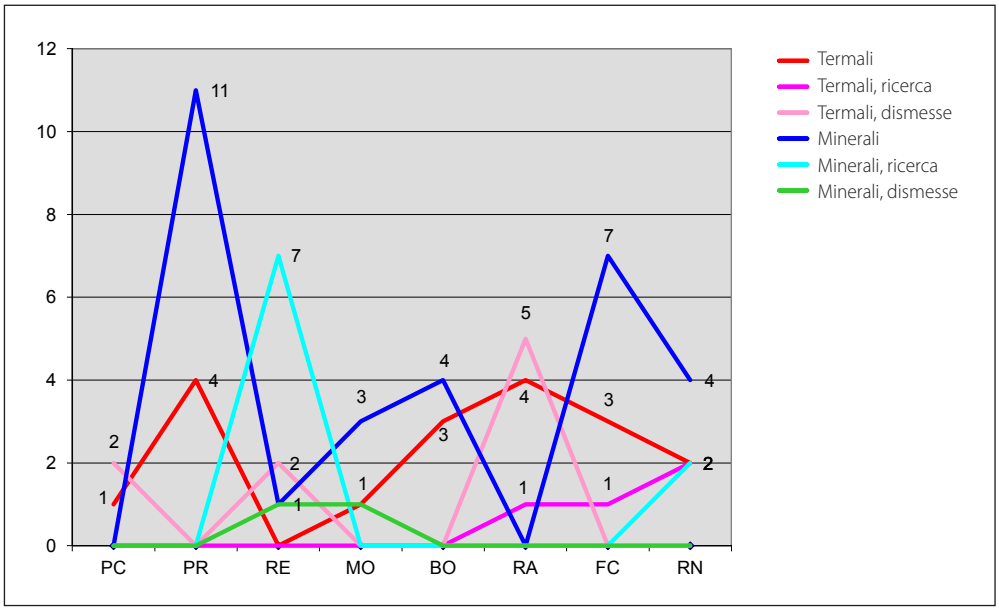


Figura 20.2
Conteggio di concessioni e permessi di ricerca.

La temperatura delle acque minerali imbottigliate è compresa tra 7° e 14° C; le temperature più basse, dell'ordine di 7°-8°C si riferiscono alle acque delle sorgenti situate alle quote più alte, corrispondenti al crinale appenninico. La temperatura della maggior parte delle acque classificate come termali varia tra 12° e 17°, essendo quindi la presenza e concentrazione di particolari elementi chimici (sodio, bromo, iodio, composti dello zolfo) a renderle curative. Queste mineralizzazioni sono indicative di tempi di permanenza elevati delle acque nelle formazioni geologiche che le hanno ospitate ("acque fossili"), come pure dell'esistenza di circuiti complessi attraverso cui vengono a giorno acque provenienti dal sottosuolo profondo, attraverso strutture tettoniche. Un altro aspetto che condiziona il chimismo di alcune acque termali è la presenza di rocce gessose, principalmente afferenti alla Formazione "Gessoso-solfifera" presente lungo il margine appenninico.

Poche sono in regione le acque termali propriamente dette, con temperature dell'ordine di o superiori a 20°C. Si rinvengono in catena o presso il margine appenninico, associate a strutture tettoniche. Sono segnalate a: Bobbio-S. Martino (19 °C, alto Appennino piacentino), salso-solfuree e salso-bromoiodiche; Porretta (alto Appennino bolognese) dove si hanno due gruppi di sorgenti, salso-bromodiche, con temperature variabili da 35° a 36°C e solfuree, con temperature comprese tra 23° e 26°C; Castel S. Pietro (pedeappennino bolognese), solfuree e salso-bromoiodiche, con temperature di 18°, 19° e 23°C; Bagno di Romagna, (alto Appennino forlivese), acque bicarbonato alcaline a 45°C; Miano (Appennino parmense), il dato si riferisce ad acque prelevate da un pozzo profondo 1040 metri dal piano campagna, con temperatura di 38,9°C.

2.5.2 Geologia ed acque termali: il caso di studio di Brisighella

Dal quadro conoscitivo di cui sopra è possibile procedere ad approfondimenti, dove le conoscenze geologiche sono utilizzate per la programmazione di successive analisi idrogeologiche e geofisiche; come esempio viene presentato il caso di studio sulle acque termali di Brisighella (RA).

Nel territorio del Comune di Brisighella si hanno numerose manifestazioni di acque sotterranee a peculiare mineralizzazione, note anche per le loro proprietà curative. Parte di esse sono utilizzate come acque termali nell'unica concessione rimasta attiva, la cosiddetta "Colombarino" sede delle Terme di Brisighella. Questa attività necessita di un rilancio, per le evidenti possibilità di sviluppo turistico che il contesto locale può offrire. Nel 2009 è stato svolto uno studio geologico relativo alla concessione "Colombarino", nato da un percorso condiviso tra l'Amministrazione Comunale e il Servizio Geologico regionale, per fornire un primo quadro conoscitivo sulle potenzialità termali e geotermiche locali.

2.5.3 La concessione "Colombarino"

Il podere Colombarino, che dà il nome alla concessione, si trova a circa 800 metri a sud-est dell'abitato di Brisighella, sulla sponda destra del fiume Lamone. Vi si rinvengono acque sulfuree, emunte da vari pozzi poco profondi (massimo una decina di metri), parte delle quali un tempo venivano a giorno naturalmente; acque salso-bromoiodiche sono emunte dall'unico pozzo profondo "Igea Val Lamone".

La temperatura delle acque è di circa 16°C, essendo ipotermali, come la maggior parte delle acque termali emiliano-romagnole. L'utilizzo a fini terapeutici è documentato in letteratura sin dalla seconda metà dell'Ottocento, mentre la concessione risale al 1929, quando il Comune di Brisighella la ottenne "in perpetuo", su un'area di 7,40 ettari; contestualmente, il Comune gestì allo stesso modo la concessione "Molino di Zano", ad ovest della Colombarino, dismessa solo nel 1978. A Molino di Zano si emungevano acque salso-bromoiodiche che venivano trasportate poi alle vicine Terme e utilizzate per i fanghi; le Terme divennero autosufficienti con la perforazione del pozzo "Igea Val Lamone", da cui la dismissione della concessione. La localizzazione delle concessioni attive e non, è rappresentata in figura 21.2.



Figura 21.2
L'area della concessione "Colombarino" (scala 1:7.000) e i pozzi documentabili: "Colombarino Vecchio" o dell'Antica Mescita (1), "Colombarino Nuovo" (2), "Pozzo Cortile" (3) e "Igea Val Lamone" (4); ad ovest è ubicata l'area della concessione "Molino di Zano", dismessa nel 1978.

Con una scelta destinata ad avere conseguenze nel tempo, nel 1962 il Comune di Brisighella trasferì la gestione della concessione Colombarino ad una Società privata, che iniziò la costruzione delle Terme attuali, portandole alla massima espansione nel 1976.

In figura 21.2 è rappresentata l'ubicazione dei pozzi esistenti, non tutti attivi; sono di seguito descritti in ordine di età delle opere.

Il "Colombarino Vecchio" di acqua sulfurea, scavato a bassa profondità (2,50 m circa). I prelievi erano 0,20 m^3/h (0,055 l/s) negli anni 1987 e 1988; era la più antica manifestazione di acque termali per bibita e alimentava una mescita ora in stato di totale abbandono (figura 22.2).

Il "Colombarino Cortile", detto anche "Colombarino 2", pozzo di acqua sulfurea scavato sempre a bassa profondità, la portata emunta era 0,30 m^3/h (0,084 l/s) nel 1987; attualmente è abbandonato.

L' "Igea Val Lamone", detto anche "Sorgente C", pozzo di acque salso-bromoiodiche, le acque mineralizzate si rinvengono in arenarie, da 131 a 137,4 m di profondità; nel 1987 era documentata una portata 0,20 m^3/h (0,055 l/s).

Il "Nuovo Colombarino" pozzo profondo 10,5 m, le acque sono chimicamente analoghe a quelle del "Pozzo Cortile".

Non è stato possibile ubicare un ultimo pozzo, detto "Igea della Val Lamone, sorgente A", profondo 21 m circa e probabilmente abbandonato.

Le acque sulfuree si rinvengono quindi a bassa profondità, dalle stratigrafie dei pozzi la mineralizzazione corrisponde al contatto tra le ghiaie dei depositi alluvionali terrazzati del Fiume Lamone e il substrato, dato dalla Formazione Marnoso-Arenacea (FMA); possono miscelarsi con le normali acque di falda superficiali. Le acque salso-bromoiodiche provengono da acquiferi profondi e risalgono attraverso i membri più arenacei della stessa formazione, come si dirà meglio in seguito.



Figura 22.2
L'antica mescita per le cure idropiniche, dove veniva servita l'acqua sulfurea attinta dal sottostante pozzo detto Colombarino Vecchio, cui si accedeva scendendo alcuni gradini rispetto al piano campagna. Attualmente in condizioni di abbandono, il chiosco avrebbe tutti i requisiti per essere riattivato anche come luogo di attrattiva turistica.

2.5.4 Geologia e chimismo

È stato svolto un rilevamento geologico di dettaglio, allo scopo di verificare ed arricchire i dati derivanti dalla cartografia a scala 1:25.000 della Nuova carta Geologica d'Italia (CARG) utilizzata per l'inquadramento generale.

L'area è dominata dalla Formazione Marnoso-Arenacea (di seguito FMA), che vi affiora con i membri più recenti in età (Serravalliano pars-Tortoniano), cui seguono la formazione dei "Ghioli di letto" (Auctt.) e le evaporiti messiniane della "Gessoso-solfifera".

L'assetto delle unità è interpretato nella sezione geologica di figura 23.2, che attraversa l'area della concessione. In particolare le Terme sorgono sul Membro di Castel del Rio (FMA12), che è uno dei più arenitici dell'intera FMA. Nella parte alta di questo membro è individuata la litofacies arenacea (FMA 13b), recante banchi di spessore plurimetrico di areniti di colore biancastro, a grana media, anche poco cementate, cui si intercalano pacchi di strati medi e sottili arenaceo-pelitici, sempre con areniti prevalenti. Questa è l'unità geologica impor-

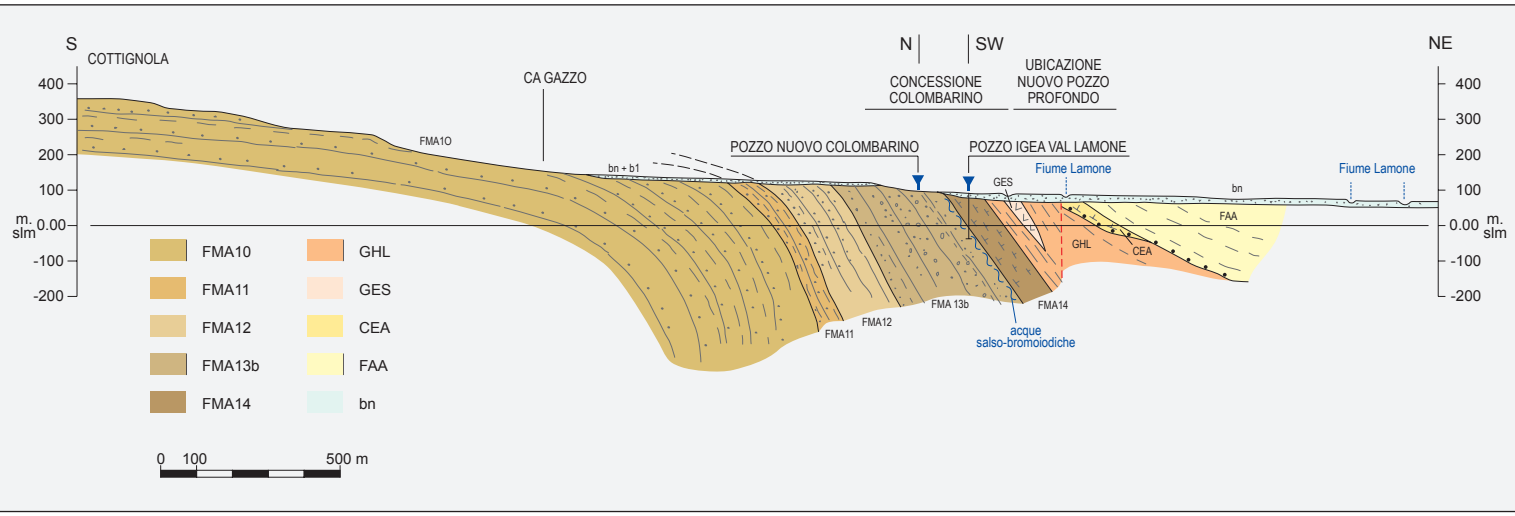


Figura 23.2
Sezione geologica interpretativa.

tante come sede delle acque mineralizzate. Dall'interpretazione della stratigrafia del pozzo Igea Val Lamone si deduce che FMA 13b passi superiormente e in modo graduale all'unità pelitica del membro di Borgo Tossignano (FMA 14), che non affiora negli immediati dintorni dello stabilimento in quanto coperto dai depositi alluvionali del F. Lamone. Nei pressi dello stabilimento e, in generale, in destra del Fiume Lamone, l'assetto della stratificazione si mantiene costantemente con immersione verso nord-est. Quello che varia è l'inclinazione degli strati rispetto all'orizzontale, che passa da pochi gradi fino alla settantina: questi strati assai inclinati affiorano proprio nei pressi dello stabilimento termale. Nella sezione di figura 23.2 è quindi rappresentata una deformazione di FMA riconducibile ad una piega con geometria di flessura, che non prosegue in sinistra del F. Lamone, verosimilmente per la presenza di una faglia con andamento NE-SW, subparallela alla valle.

Le altre unità geologiche rappresentate in sezione sono: le formazioni dei "Ghioli di letto" (GHL), "Gessoso-solfifera" (GES), "Argille azzurre" (FAA, Pliocene inf.-Pleistocene inf.) con il membro basale delle "Marne di Cella" (CEA).

Il pozzo Igea Val Lamone intercetta le acque salso-bromoiodiche al tetto dei membri più arenitici della "Marnoso-Arenacea" (FMA12-FMA13b) alla profondità di 131 metri. Il pozzo "Nuovo Colombarino", che emunge le acque sulfuree più superficiali, interessa le stesse unità.

Le acque della concessione Colombarino non attraversano in profondità le evaporiti messiniane GES, che quindi risultano estranee alla genesi della mineralizzazione delle acque sulfuree.

Nel grafico in figura 24.2 sono rappresentati i valori dei parametri di temperatura e conduttività elettrica (EC), quest'ultima espressione della quantità di sali naturalmente disciolti in un'acqua: più alto è il valore di EC, più l'acqua è mineralizzata. Tutte le acque brisighellesi si classificano come minerali, per conduttività maggiore della soglia di 1320 microS/cm a 20°C fissata in letteratura. Si chiarisce che, secondo la classificazione riportata in Celico (1987), le acque si definiscono oligominerali quando la conduttività è inferiore a 260 microSiemens/cm a 20°C, medio-minerali quando è compresa tra 260 e 1320, minerali quando è superiore a 1320.

Anche sulla base del parametro EC, si differenziano le acque solfuree dei vari pozzi "Colombarino" che hanno valori dell'ordine delle migliaia di microSiemens/cm da quelle salso-bromoiodiche del pozzo "Igea della Val Lamone, sorgente C", recante valori dell'ordine delle decine di migliaia di unità. È riconfermata l'attribuzione alle acque solfuree, di origine più superficiale, della captazione "Igea della Val Lamone, Sorgente A" segnalata ma non ubicabile.

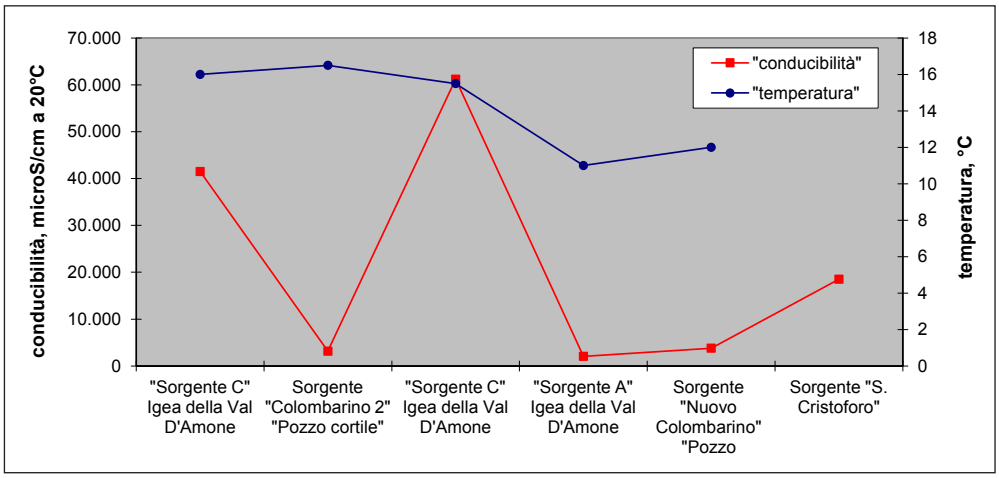


Figura 24.2
Valori di conducibilità (a 20°C) e temperatura delle acque di Brisighella e dintorni.

Per un confronto, è riportato il dato della sorgente S. Cristoforo (salso-bromoiodica) che si riferisce alle acque termali di una concessione abbandonata nel Comune di Faenza, in aree limitrofe a quelle di Brisighella.

2.5.5 Conclusioni, propedeutiche ad approfondimenti successivi

Lo studio geologico dell'area brisighellese permette di individuare un "modello" stratigrafico-strutturale locale, propedeutico ad approfondimenti idrogeologici e geochimici. Due sono le famiglie di acque mineralizzate, provenienti da reti acquifere localizzate a diversa profondità entro i membri più arenitici della Formazione Marnoso-arenacea (FMA12 e FMA13b). La presenza di Bromo e Iodio nelle acque a massimo grado di mineralizzazione, più profonde, è indicativa di una genesi fossile; un fattore di naturale protezione delle caratteristiche delle acque è dato dalla presenza di unità prevalentemente pelitiche, al tetto stratigrafico di FMA 13b.

Le acque sulfuree più superficiali risentono della miscelazione con acque a chimismo "normale" e, come ipotesi sulla loro genesi (da verificare) va considerata l'interazione tra sostanza organica ed acque fossili in risalita attraverso fratture che interessano una piega a flessura, collegate alla presenza di un sistema di faglie disgiuntive, orientato parallelamente la valle del Fiume Lamone.

3 Le sorgenti carsiche dell'Emilia-Romagna

Mauro Chiesi, Danilo De Maria, Paolo Forti, Piero Lucci Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna

A differenza dalla maggioranza delle altre Regioni italiane, le formazioni carsificate dell'Emilia-Romagna sono molto limitate, rappresentando appena l'1% degli affioramenti regionali (Lucci & Rossi, 2011).

Per la grande maggioranza (Fig. 1.3) sono rappresentate da gessi messiniani, che bordano, in maniera discontinua, il pedeappennino da Reggio Emilia fino al confine con le Marche e in subordine da gessi triassici mentre i calcari sono praticamente assenti, se si eccettuano quelli del Massiccio del Titano, nel territorio della Repubblica di San Marino (Forti & Gurnari, 1983).

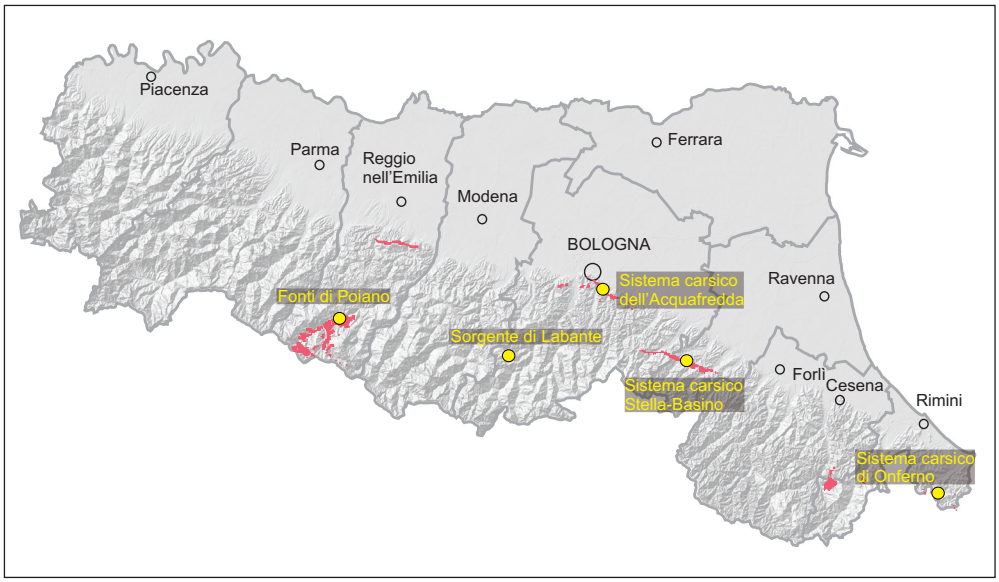


Figura 1.3
Carta degli affioramenti carsici dell' Emilia-Romagna con indicate le principali sorgenti carsiche trattate in questo articolo.

Nonostante questa situazione geologica, non certo favorevole, la Regione Emilia-Romagna ospita acquiferi carsici in grado di alimentare sorgenti e risorgenti la cui importanza scientifica, in alcuni casi, travalica ristretti confini regionali con emergenze che hanno sicuramente valenza nazionale e, almeno in due casi (Le Fonti di Poiano nel Reggiano e le Grotte di Labante nel Bolognese), internazionale (Chiesi & Forti, 2009; GSB & USB, 2006).

Naturalmente il maggior numero di sorgenti carsiche si trova al contatto tra le formazioni gessose messiniane e i depositi impermeabili (essenzialmente argillosi-limosi) che chiudono verso la pianura padana. Dal punto di vista idrogeologico quindi sono essenzialmente sorgenti di contatto, per soglia di permeabilità sovraimposta o sottoposta.

Le maggiori, e praticamente le uniche perenni, sono in realtà delle "risorgenti": costituiscono cioè la parte terminale di un traforo idrogeologico causato da un fiume esterno che, giunto in contatto con la roccia gessosa, vi è penetrato dando luogo a una grotta più o meno lunga fino a raggiungere l'estremità opposta dell'affioramento, ove, al contatto con le formazioni meno permeabili, ha dato luogo ad una scaturigine (la "risorgente" appunto). Classici esempi di questo tipo di sorgenti sono quelle alimentate dal sistema carsico Rio Stella-Rio Basino in Romagna (Forti & Lucci, 2010, Forti et al., 1989) e da quello della Spipola-Acquafredda nel Bolognese (Trebbi, 1926; Forti et al.,1985).

Molto più comuni comunque, sono le piccole sorgenti la cui alimentazione è garantita dall'infiltrazione delle acque meteoriche nelle porzioni elevate degli affioramenti gessosi, assorbimento che normalmente avviene all'interno di grandi doline, sotto cui si sviluppano più o meno estese cavità che drenano l'acqua fino alla sorgente: esempi classici sono le sorgenti alimentate dalla Grotta di Onferno nel Riminese (Grimandi, 2006; Grimandi et al., 2011), del Re Tiberio nel Ravennate (Ercolani et al., 2013) e della Tana della Mussina di Borzano nel Reggiano (Forti & Chiesi, 2000).

Nessuna delle sorgenti carsiche dei gessi messiniane è captata per usi idropotabili dato che l'elevato contenuto in solfati nelle acque le rende inutilizzabili per questi scopi.

Al di fuori dei gessi, il numero delle sorgenti carsiche regionali è logicamente estremamente basso; ciononostante è appunto nei litotipi non gessosi che si trovano alcune di quelle di maggior interesse scientifico, ambientale ed anche economico-sociale.

Sempre nei gessi, ma in questo caso quelli triassici dell'Alta Valle del Secchia, si trovano le Fonti di Poiano, che sono di gran lunga la più grande sorgente carsica di tutta l'Emilia-Romagna con oltre 400 l/s di media (Chiesi & Forti, 2009; Chiesi et al., 2010). La loro alimentazione è quasi totalmente fornita da perdite del fiume Lucola, mentre una porzione molto minore deriva da perdite del Rio Sologno, infine le sue acque sono moderatamente salate a seguito della progressiva risalita di un diapiro costituito dalla formazione di Burano. Le Fonti sono importantissime non solo dal punto di vista idrogeologico, ma anche, e forse soprattutto, per la presenza di un particolarissimo ecosistema che permette l'esistenza di specie botaniche e biologiche assolutamente uniche nel panorama regionale e nazionale (Chiesi & Forti, 2010).

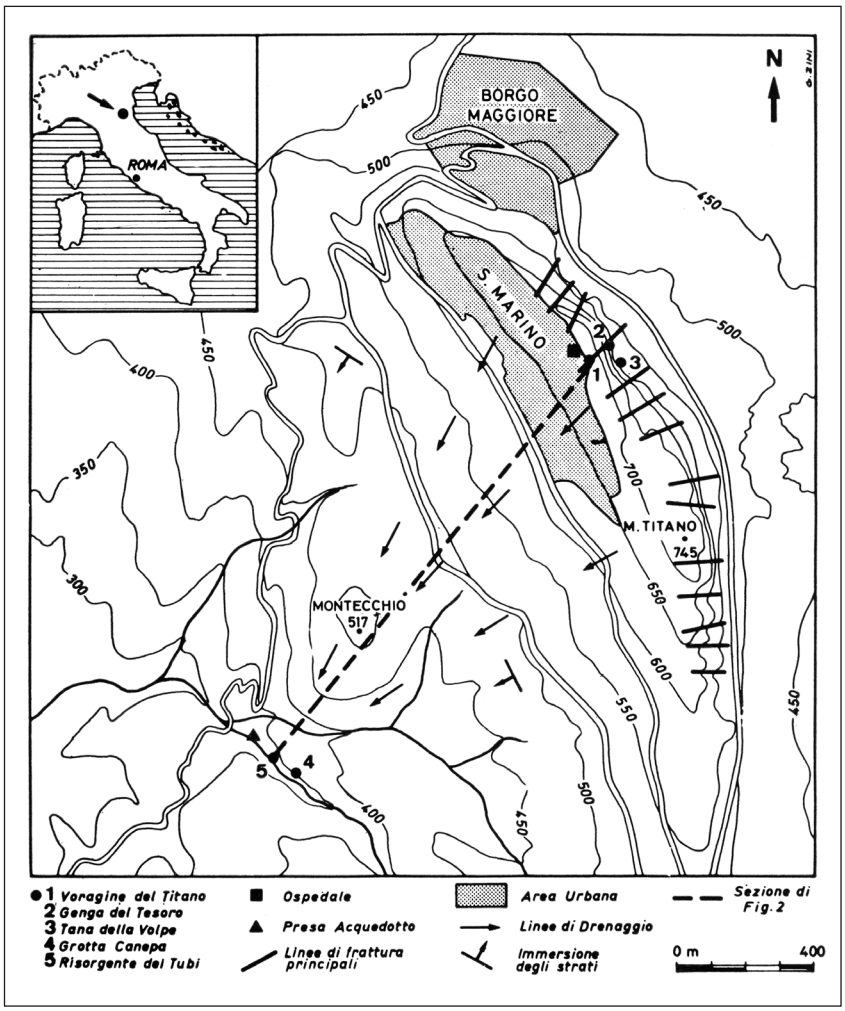


Figura 2.3
L'area carsica di San Marino con il percorso accertato delle acque dall'Abisso del Titano alla risorgente dei Tubi (da Forti, 1981).

Cap. 3

Come accennato precedentemente l'unico acquifero carsico regionale che alimenta una sorgente nei calcari si trova nella Repubblica di San Marino (Fig. 2.3): di questo acquifero fanno parte l'Abisso del Titano (la più profonda cavità di San Marino che si apre attualmente all'interno dell'Ospedale quasi alla sommità del monte Titano) e la Risorgente dei Tubi ai piedi dello stesso massiccio (Forti & Gurnari, 1983). La portata media di questa classica sorgente per soglia di permeabilità sottoposta è di qualche litro al secondo e un tempo alimentava l'acquedotto che riforniva Borgo Maggiore. Tale utilizzo si è bruscamente interrotto alla fine degli anni '60 del secolo scorso a seguito di un grave inquinamento causato dall'immissione nell'acquifero dei rifiuti speciali dell'Ospedale di San Marino (Forti, 1981).

Infine vi è la sorgente di Labante (BO) che in realtà è alimentata da un acquifero fessurato in rocce carbonatiche: questa sorgente è da considerarsi carsica per i suoi effetti "pietrificanti", che hanno permesso l'evoluzione di grotte primarie nei travertini tra le più importanti di tutta l'Europa (GSB USB, 2006; Lucci & Rossi, 2011). La portata di questa sorgente è di 13,5 l/s ed è stata da tempo captata per far fronte al forte aumento di richiesta di risorse idropotabili nell'area di Castel d'Aiano e di Vergato (Longhi, 2003). A causa dell'eccessivo prelievo, negli anni '90 del secolo scorso, la sorgente di Labante ha rischiato di rimanere del tutto secca con conseguenze molto gravi per i suoi travertini in generale e per le grotte in particolare. Già da vari anni, però, la gestione delle sue acque è stata tarata in modo da renderla compatibile con la sopravvivenza dei suoi travertini delle rocce di travertino che la caratterizzano.

Dal punto di vista idrodinamico ed idrochimico tutte le sorgenti carsiche presentano una notevole variabilità dei loro parametri, conseguenza diretta dell'alta disomogeneità degli acquiferi che le alimentano. Eccezione sono le due sorgenti che fanno capo rispettivamente al sistema carsico Abisso del Titano- Risorgente dei Tubi e alla Grotta di Labante che, grazie ai loro acquiferi poco carsificati, presentano invece una variabilità molto minore.

Molte delle sorgenti carsiche nei gessi sono state monitorate a partire dalla metà del 2010 nell'ambito del Progetto Life + 08NAT/IT/000369 "Gypsum" coordinato dal Parco regionale dei Gessi e dei Calanchi dell'Abbadessa (Bergianti et al., 2013).

Di seguito, vengono sinteticamente presentate le 5 sorgenti che, per le loro caratteristiche, meglio descrivono nel complesso la situazione idrogeologica carsica della Regione Emilia-Romagna.

3.1 Le fonti di Poiano

La fontana salsa di Poiano (Villa Minozzo, RE), questa la denominazione storica delle "Fonti di Poiano", è la sorgente carsica più copiosa dell'Appennino settentrionale, ma anche, probabilmente, il fiume salato più corto al mondo.

Curiosamente di questa grande sorgente non si ha alcuna notizia sino a quando un eclettico musicista, Cosimo Bottegari nel 1612, a seguito di un suo viaggio ispettivo ne redige una approfondita relazione al Duca Estense: …*andai a visitar quella maravigliosa fonte, et origine, di dove scaturisce, quell'acqua abbondantissima salata, che con si gran vehemenza fà macinar quel Molino; quale più volte gustai, e trovai tanto salata che mi parve un miracolo; oltre che restai anco, più capace, che mediante tal così grande e continua abbondanza, faria correr'un fiume, e miracolo anco, per ciascun luogo dove era bagnata la terra da tal'acqua, vi si scorreva una specie di siffatta candidezza, che appariva, come coperta stata fosse da un bianco velo: la qual bianchezza volsi similmente gustare e la trovai non altrim.ti, ch'un denso, e schietto sale.* …

Bottegari, che oltre a occuparsi di musica, si appassionava in vari altri *negozii* (affari), descri-

ve una condizione di evidente sovrasaturazione del sale nella sorgente, riportando che il suo accompagnatore (tale Enea Pazzan) … *con la quantità di lib. 700 di tal'acqua, che fanno pesi 28 ne cavò fra li nove, e dieci pesi di sale* … indicativo grossomodo alla massima solubilità di NaCl in acqua, 358 g/l a 10°C.

Di quel *negozio* il Duca estense non ne fece poi nulla. Avrebbe alterato, non poco, il monopolio commerciale in atto tra gli Stati a cavallo dell'Appennino, oppure la condizione di sovrasaturazione fu di fatto temporanea? Non lo sappiamo, purtroppo. Sta di fatto, però, che della *fontana salsa di Poiano* questa è, assai curiosamente, la prima descrizione in assoluto (Leandro Alberti, in *Descrittione di tutta l'Italia* e isole pertinenti ad essa, 1550, illustra le vicine sorgenti salse di Quara, a solo 9 Km di distanza da Poiano ma assolutamente inferiori come portata e visibilità complessiva). Altrettanto singolare è che nessuno dei grandi naturalisti e viaggiatori settecenteschi, in primis Antonio Vallisneri (1661-1730) ma neppure Lazzaro Spallanzani (1729-1799), visitino o quantomeno citino un così imponente fenomeno naturale, fosse solo per l'importanza economica che aveva, a quel tempo, il commercio del sale.

Devono passare oltre due secoli e mezzo, di fatto, perché qualche altro studioso torni a interessarsi a questa sorgente salata: Pietro Doderlein, autore della prima carta geologica del reggiano e modenese, compie a partire dal 1842 le prime approfondite analisi di carattere scientifico sul fenomeno di Poiano, indicando in 17 g/l di NaCl la salinità. Con l'inizio del '900, infine, si moltiplicano le analisi chimico-fisiche sulle acque di Poiano, da cui sembrò emergere un lento esaurimento della concentrazione di sale: Pellegrino Spallanzani (1906) 9,68 g/l, Mario Bertolani (1949) 4,08 g/l, Forti et al. (1988) 3,80 g/l . Le analisi successive, nei primi anni 2000, rilevarono concentrazioni attorno a 6 g/l, demolendo le ipotesi di esaurimento, ponendo prepotentemente l'attenzione sui meccanismi di ricarica del sale di Poiano.

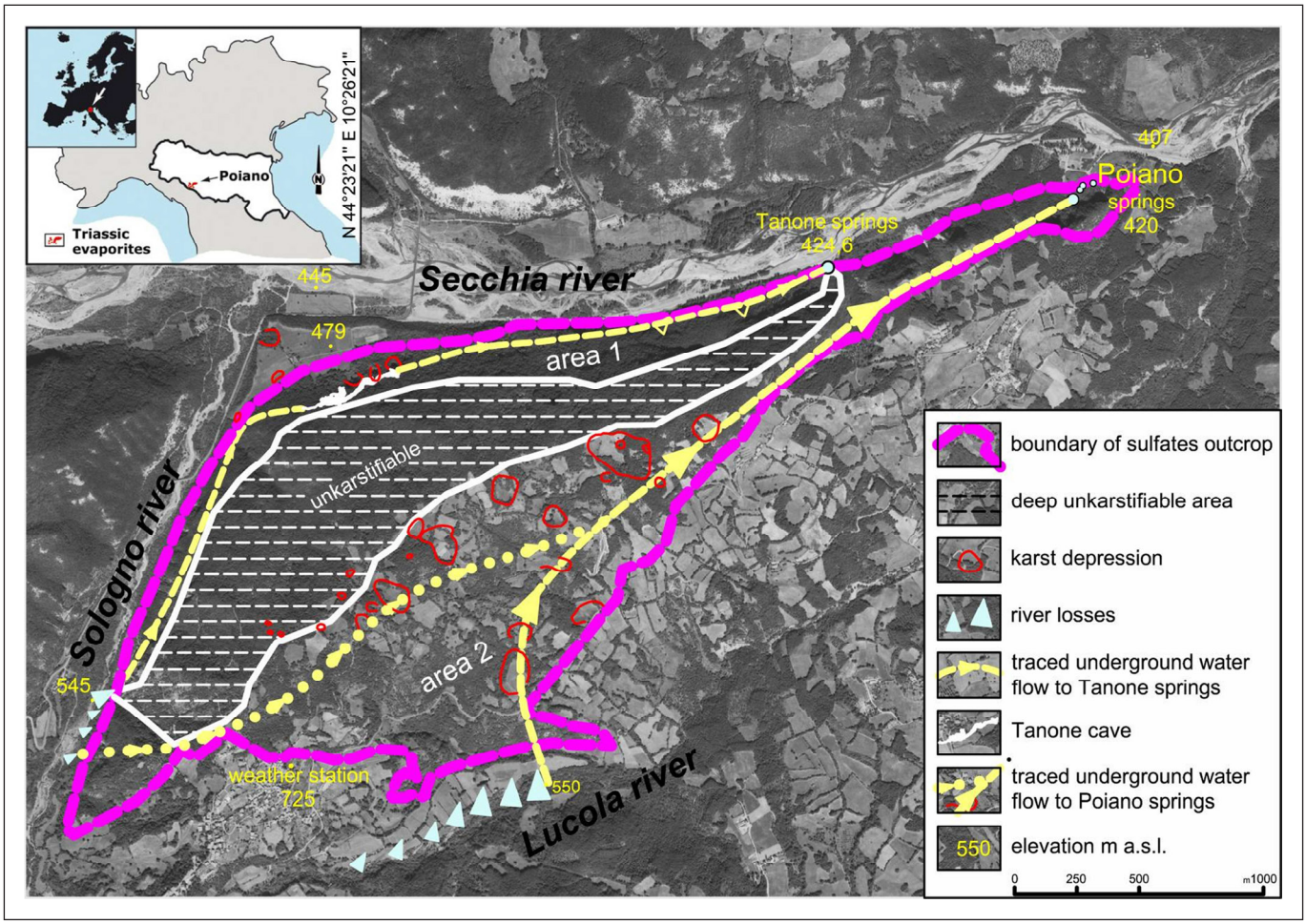


Figura 3.3
L'area carsica di Poiano con indicati i flussi idrici che la alimentano (da Chiesi et al., 2010 modificato).

Tramite un complesso programma di ricerca basato su misure in continuo di temperatura, conducibilità, piogge, portata e monitoraggio biologico (oltre 176.000 dati di analisi), coordinato per conto della Società Speleologica Italiana in collaborazione con il Parco Nazionale dell'Appennino tosco-emiliano, viene infine sviluppato il nuovo modello idrogeologico e di alimentazione del sale e della fontana salsa di Poiano (Fig. 3.3-4.3), che concorda con tutti i dati sperimentali pregressi (Chiesi et al., 2010).

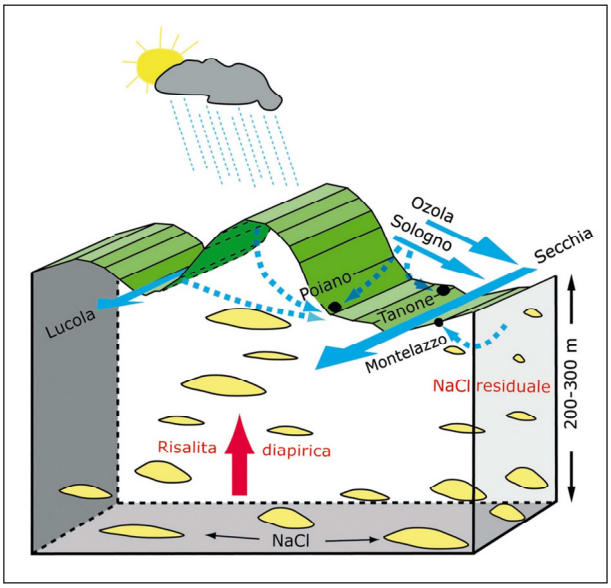


Figura 4.3
Schema degli apporti idrici per le Sorgenti di Poiano (da Chiesi et al., 2010 modificato).

La concentrazione di NaCl varia molto rapidamente nel breve periodo, e oscilla nel medio-lungo, per variazioni indotte sia da processi di pistonaggio causati da forti precipitazioni meteoriche, sia da processi indipendenti da queste ultime, correlati alla risalita diapirica di lenti di salgemma. Le acque clorurate non sono molto vecchie (10-20 anni) e non sono assolutamente sature (~ 60-80 g/l). Non esiste alcuna possibilità di carsificazione profonda dei gessi triassici, tranne nei pressi della superficie piezometrica e/o nelle zone di rilascio tensionale tettonico, a causa del fenomeno antitetico dell'idratazione dell'anidrite presente nella massa evaporitica.

Tutto il territorio di alimentazione delle Fonti di Poiano è attualmente compreso all'interno del Parco Nazionale dell'Appennino tosco-emiliano.

3.2 Sistema carsico dell'Acquafredda

Si tratta del più ampio sistema carsico della regione, situato all'interno dei gessi bolognesi, in località Croara. L'area di assorbimento delle acque meteoriche si suddivide fra tre valli cieche, collocate a meridione della linea dei gessi e sviluppate su terreni impermeabili della Formazione del Termina, per una superficie complessiva di 1.045.000 m^2, e le rocce evaporitiche affioranti fra il Monte Croara e il Torrente Savena, pari a 1.110.000 m^2.

L'area carsica in oggetto (Fig. 5.3) è interessata dalla presenza di 60 grotte, con uno sviluppo complessivo di 13,2 km di gallerie attualmente note e rilevate.

Il rio Acquafredda nasce sulle pendici settentrionali di Monte Calvo e, dopo aver solcato all'aperto il tratto sulle marne argillose del Termina, si inabissa appena giunto a contatto coi Gessi, iniziando il suo percorso sotterraneo con la prima grotta, l'Inghiottitoio dell'Acquafredda, a q. 170 m slm. Nel tragitto ipogeo, della lunghezza complessiva di 2.160 m, il torrente raccoglie gli apporti idrici provenienti dai numerosi punti di assorbimento ricordati sopra e percorre il livello inferiore di altre cavità, come la Grotta della Spipola e il Buco del Prete Santo, per terminare il suo percorso in località Siberia, alla Ponticella, dove sbocca la Risorgente dell'Acquafredda. I lavori di estrazione del gesso, condotti dalla cava ivi attiva nel corso degli anni '70, hanno causato l'intercettazione del torrente ipogeo, le cui acque si riversano oggi nei livelli inferiori delle gallerie di cava, allagandole.

La suddivisione quasi equa del bacino idrogeologico fra rocce impermeabili e carsiche è responsabile del particolare regime idrico a cui è soggetto il rio Acquafredda, in cui si som-

Risorgente Acquafredda		
Valori medi		
T	9,9	°C
pH	7,73	unità pH
Cond.	1742	µS/cm
Ca^{2+}	25,65	mEq/l
Mg^{2+}	8,73	mEq/l
HCO_{3}^{-}	4,75	mEq/l
Na^{+}	0,19	mEq/l
K^{+}	0,22	mEq/l
Cl^{-}	0,12	mEq/l
SO_{4}^{2-}	29,47	mEq/l

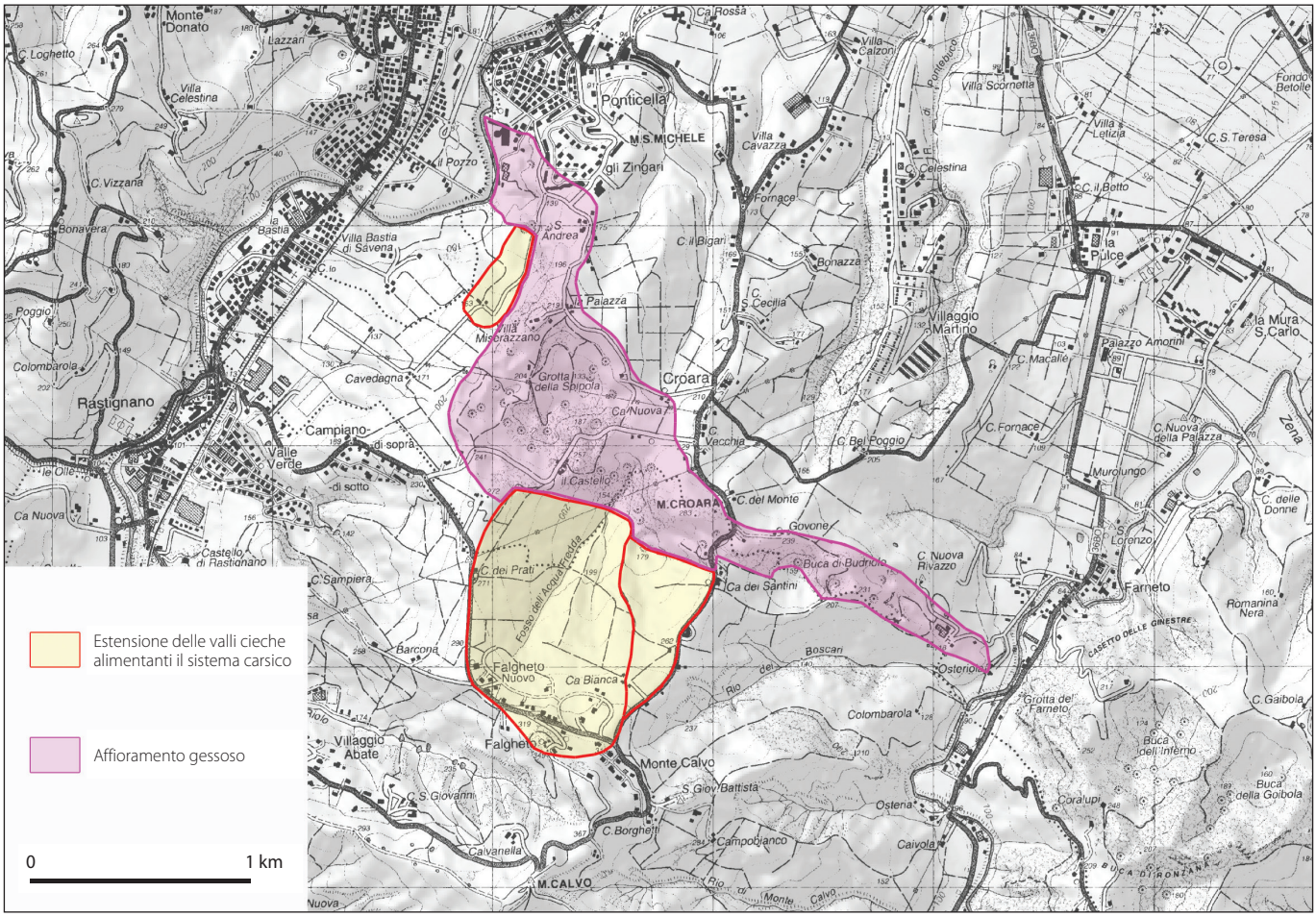


Figura 5.3
Il bacino idrogeologico del sistema carsico Spipola-Acquafredda.

mano i flussi idrici correlati al rapido drenaggio dalle superfici impermeabili a quelli, più lenti, dovuti alla circolazione delle acque all'interno delle fratture e dei vuoti del reticolo carsico.

La portata minima risulta essere di 4,7 l/s, dovuta quasi esclusivamente agli apporti legati alle acque circolanti all'interno dei gessi e al fenomeno della condensazione dell'umidità atmosferica a contatto con le pareti fredde delle grotte, particolarmente attivo nel periodo estivo. La portata massima misurata è di 600 l/s, in corrispondenza di eventi di piena: gli apporti di tali eventi sono da correlare con le acque raccolte nelle valli cieche, con tempi di corrivazione estremamente ridotti, e penetranti nel sottosuolo attraverso i principali inghiottitoi.

Il chimismo delle acque carsiche circolanti nei gessi è assolutamente peculiare e riflette l'estrema solubilità della roccia gessosa (fino a 2,5 g/l). La tabella di seguito riportata esprime i valori medi ricavati da analisi mensili condotte negli anni 1981-82 (Forti et al., 1985).

L'intera area carsica ricade all'interno del Parco Regionale dei Gessi Bolognesi, ed è pertanto soggetta alle norme di tutela da esso previste.

3.3 Il sistema carsico Rio Stella - Rio Basino

Risorgente del Rio Basino		
Valori medi		
T	10,3	°C
pH	8,06	unità pH
Cond.	2000	µS/cm
Ca^{2+}	557	ppm
Mg^{2+}	39	ppm
HCO_{3}^{-}	173	ppm
Na^{+}	13	ppm
K^{+}	4	ppm
Cl^{-}	17	ppm
SO_{4}^{2-}	1391	ppm

Il Sistema "Rio Stella-Rio Basino", che si estende in prevalenza all'interno di Monte Mauro, al confine tra i comuni di Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme (provincia di Ravenna), è un grande complesso ipogeo di alcuni chilometri di sviluppo. Si tratta, in assoluto, di uno dei più importanti trafori idrogeologici in formazioni gessose d'Italia.

Infatti questa grotta è percorribile, seppure con notevoli difficoltà, da monte a valle, cioè dal punto in cui il Rio Stella scompare sottoterra fino a dove il torrente stesso, che, a valle, prende il nome di Rio Basino, termina il percorso sotterraneo.

Per l'importanza e la varietà delle morfologie, per la vastità e la complessità degli ambienti ipogei, questo grande sistema carsico può essere preso a modello tra i tanti presenti nella Vena del Gesso.

Inizialmente, le acque del Rio Stella scorrono per alcune centinaia di metri su rocce non carsificabili, nel punto più basso della valle cieca, a quota 246 m s.l.m., il torrente viene a contatto con la formazione evaporitica da cui viene repentinamente inghiottito, in corrispondenza di una vasta frana di enormi blocchi di roccia gessosa. Questa valle cieca, ampia circa 1,5 km^2 è da considerare tra i fenomeni di modellamento morfologico naturale più importanti e significativi dell'intera regione.

Anche il tratto iniziale del percorso sotterraneo del Rio Stella avviene tra enormi massi di frana, e attraversa zone pericolose e caotiche. Gli ambienti di crollo sono più vasti nella zona centrale della grotta e si sono formati su diversi livelli nei quali sono numerosi i massi in precario equilibrio.

È probabile che i grandi ambienti ipogei, presenti nel tratto più a ovest di tutto questo sistema carsico, siano impostati su una delle faglie principali che hanno originato il graben di Ca' Faggia.

Più a valle, lungo il torrente sotterraneo, si percorrono ampi meandri dalle pareti sinuose, larghi fino a qualche metro ed alti, a volte, alcune decine di metri. Lungo uno di questi meandri, a circa trecento metri dalla risorgenza, il Rio Stella-Basino è intercettato, sulla sua destra idrografica, dalle acque provenienti da un'altra grotta: l'Abisso Luciano Bentini, una cavità costituita da numerosi tratti verticali e, attualmente, solo in parte esplorata. Si tratta di una grotta caratterizzata da fangose strettoie e pozzi, meandri e crepacci che precedono le grandi gallerie freatiche che si sviluppano a partire da meno 100 m circa e che sono percorse da un torrentello che confluisce nel Rio Basino. Si può ragionevolmente presumere che, almeno in parte, le acque drenate dalle doline poste in prossimità della linea di crinale, compresa tra la cima di Monte Mauro e la Sella di Ca' Faggia, arrivino a scorrere in questo abisso.

Un altro affluente proviene da un sifone posto sulla sinistra idrografica a circa 200 metri dalla risorgente stessa. Nonostante vari tentativi di esplorazione subacquea, nulla si conosce del suo percorso sotterraneo oltre i primi metri. In base al fatto che le acque fuoriescano in pressione anche nei mesi più siccitosi suggerisce l'esistenza di un vasto bacino di alimentazione il cui spartiacque potrebbe trovarsi poco ad Est della frazione Crivellari; tuttavia, a tutt'oggi, non è stata ancora individuata alcuna cavità assorbente che dia accesso a quello che potrebbe costituire un vasto ed importante sistema carsico ipogeo.

Dopo un percorso sotterraneo di 1500 metri, il Rio Stella torna a giorno col nome di Rio Basino (Fig. 6.3), a quota 162 m s.l.m.. Prima di superare l'affioramento gessoso percorre una stretta forra (Fig. 7.3) tra massi di crollo, meandri, piccoli canyon, brevi cascate nonché alcuni brevi tratti sotterranei. È quanto resta dell'antico percorso terminale della grotta risorgente. Il limitato spessore della volta gessosa ne ha causato il collasso favorendo un progressivo arretramento, verso monte, della posizione di risorgenza del corso d'acqua.





Figura 6.3
La risorgente del rio Basino.

Figura 7.3
La forra che si sviluppa a valle della Grotta sorgente del rio Basino.

Lungo tale forra il Rio Basino intercetta, sulla sua sinistra idrografica, un corso d'acqua proveniente da alcune grotte ubicate in prossimità di Ca' Roccale, mentre poco oltre, sulla destra idrografica, viene intercettato il corso d'acqua che fa capo alla Risorgente a Ovest di Ca' Poggiolo. La consistente e perenne portata di quest'ultimo acquifero fanno ipotizzare che il sistema a monte della risorgente dreni le acque di un bacino al quale, almeno in parte, appartengono le numerose e ampie doline vicine a Ca' Castellina, alcune centinaia di metri a nord ovest della cima di Monte Mauro. Al fondo di due di queste si aprono la Grotta della Colombaia e la Grotta del Pilastrino, uniche cavità di certo in collegamento idrologico con la risorgente in questione.

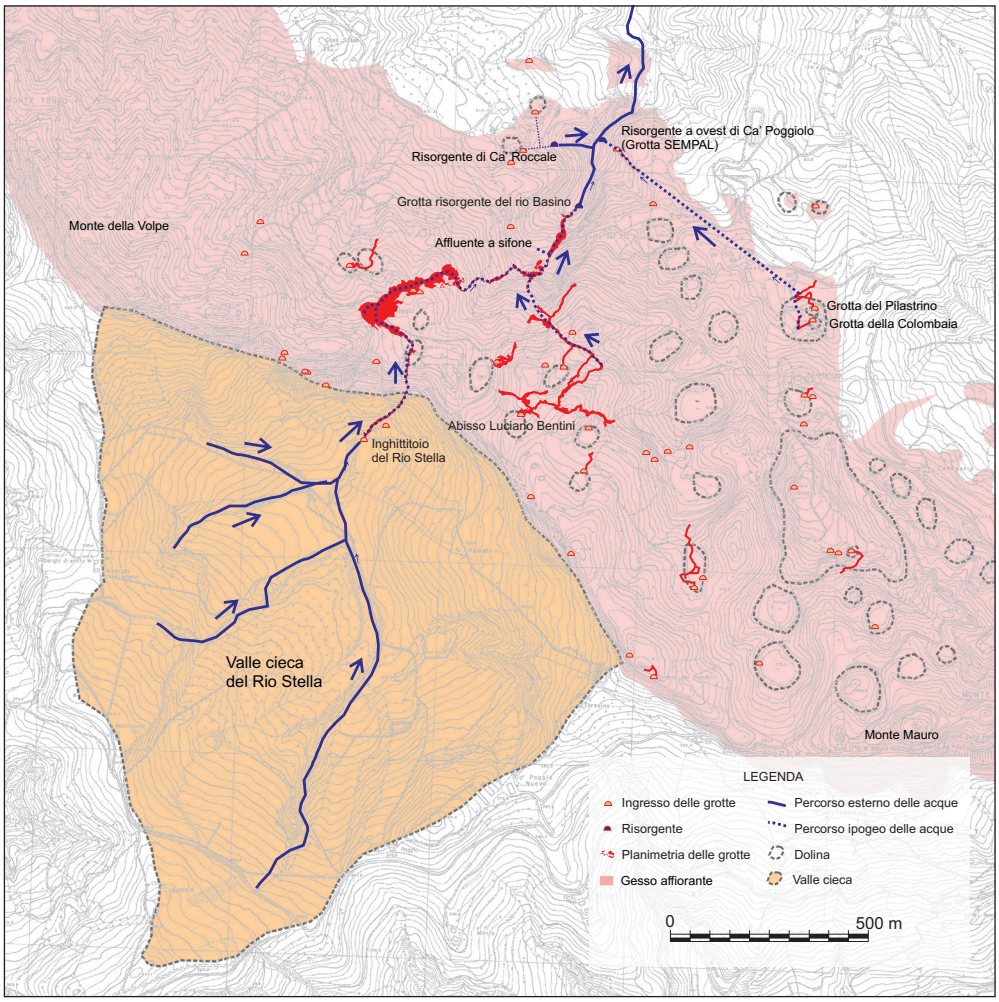


Figura 8.3
Il bacino idrogeologico che alimenta la Grotta sorgente del rio Basino.

Cap. 3

Infine il Rio Basino abbandona la formazione gessosa e, dopo un percorso di circa 2 chilometri su rocce argillose, confluisce nel Torrente Senio nei pressi della località Isola.

Quanto alla portata della risorgente questa risulta assai variabile e ovviamente in funzione delle precipitazioni. Si può stimare una portata massima di circa 500 litri/secondo e una portata minima di circa 4/5 litri/secondo. Mentre però i due principali affluenti (Abisso Luciano Bentini e affluente a sifone) risultano perenni, così non è per il corso d'acqua proveniente dalla valle cieca del Rio Stella che, particolarmente nei mesi estivi, risulta spesso completamente asciutto.

Tutto il bacino che alimenta il sistema carsico è attualmente parte del Parco Regionale della Vena del Gesso Romagnola (Fig. 8.3).

3.4 Sistema carsico di Onferno

Questo sistema carsico interessa l'intero piccolo omonimo affioramento gessoso, presso Gemmano (RN). Pur nella sua limitata estensione, quella di Onferno è l'emergenza evaporitica più significativa della Romagna orientale, tutelata dall'apposita Riserva Naturale Orientata.

Il bacino idrogeologico (Fig. 9.3) si compone di due valli cieche, impostate su argille del Pliocene, la principale estesa su 308.500 m^2, la secondaria per soli 16.000 m^2 (per un totale di 324.500 m^2), poste a meridione dell'abitato. Le acque da esse raccolte vengono assorbite al contatto coi Gessi (affioranti per 58.500 m^2), in corrispondenza di alcuni inghiottitoi, dando origine a un sistema carsico importante, che attraversa l'intero colle gessoso, con formazione di ampie gallerie lungo l'asta torrentizia sotterranea.

Risorgente di Onferno		
Valori medi		
T	9,2	°C
pH	8,37	unità pH
Cond.	2046	µS/cm
Ca^{2+}	536	ppm
Mg^{2+}	63	ppm
HCO_{3}^{-}	291	ppm
Na^{+}	53	ppm
K^{+}	27	ppm
Cl^{-}	60	ppm
SO_{4}^{2-}	1343	ppm

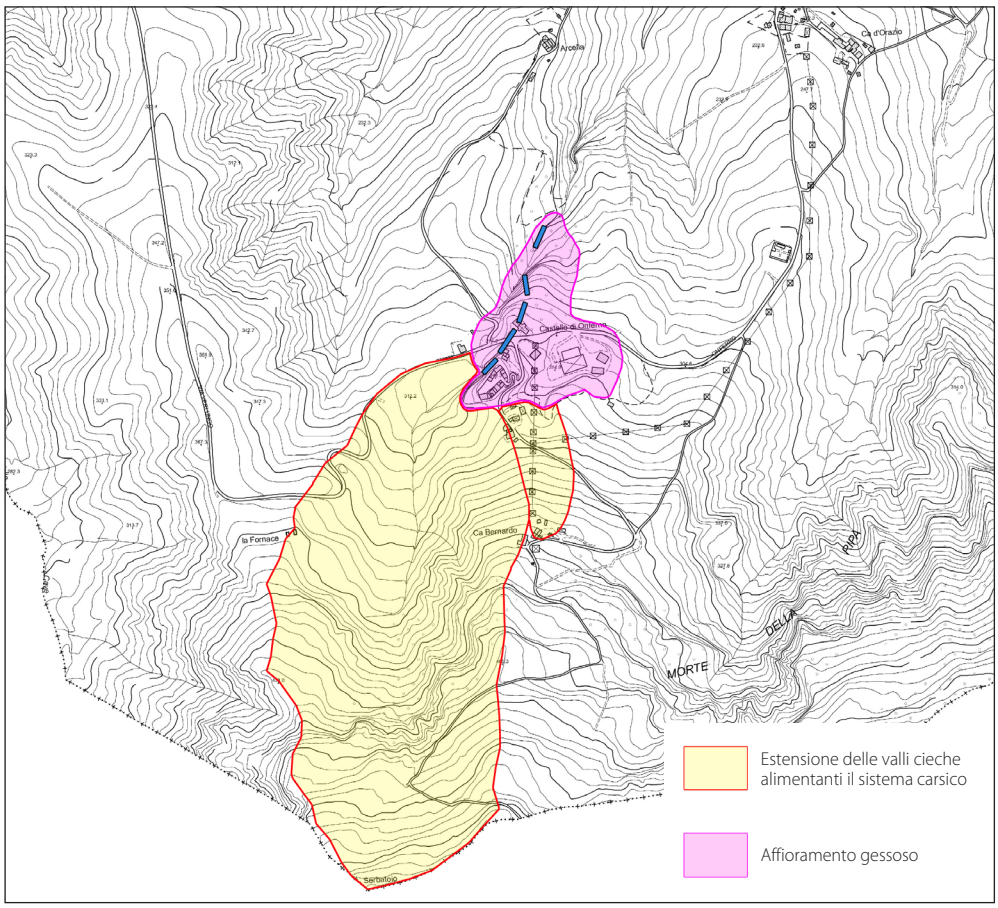


Figura 9.3
Il bacino idrogeologico che alimenta la Grotta di Onferno.

Cap. 3

Oltre alla Grotta di Onferno (sviluppo 900 m) si hanno alcune altre piccole cavità. Il percorso sotterraneo del torrente lungo la Grotta di Onferno è di circa 400 m: al suo sbocco a valle fa seguito un tratto a cielo aperto, ma inforrato all'interno dei Gessi, e poi un ulteriore breve tratto ipogeo.

Il drenaggio dell'ammasso gessoso, che avviene lungo fratture e il reticolo di vuoti carsici, fornisce una quantità abbastanza esigua di acqua, stante la limitata ampiezza del medesimo. Le valli cieche, sviluppate su argille, forniscono apporti solo in caso di precipitazioni atmosferiche. Per buona parte dell'anno la portata del rio ipogeo è decisamente ridotta (nell'ordine di pochi l/min) e dovuta, nei periodi meno piovosi, quasi esclusivamente allo stillicidio all'interno della grotta. In caso di precipitazioni piuttosto consistenti la notevole estensione delle valli cieche, caratterizzate da tempi di corrivazione assai ridotti, è in grado di convogliare rapidamente all'interno del complesso carsico flussi idrici assai elevati, come testimoniato dalla presenza di grossi ciottoli alloctoni e massi arrotondati lungo tutta l'asta torrentizia e come evidenziato dalle stesse dimensioni delle gallerie carsiche, che nel corso del tempo si evolvono allargandosi proprio in funzione dei massimi flussi.

3.5 Sorgente di S. Cristoforo di Labante

È collocata in comune di Castel d'Aiano (BO), sul versante meridionale del Monte della Castellana (1000,5 m), nella valle del torrente Aneva, a quota 625 m s.l.m.. L'acquifero è impostato all'interno delle calcareniti bioclastiche della Formazione di Pantano (Gruppo di Bismantova, Burdigaliano-Serravalliano) e si classifica ad elevata permeabilità per fratturazione e carsismo (Fig. 10.3). Le acque della sorgente, ricche allo sbocco in carbonato di calcio disciolto, ne depositano grandi quantità formando il maggiore ammasso di travertino della regione, che si estende a formare una placca lunga 400 m raggiungendo la riva sinistra dell'Aneva a quota 490 m. Sono altresì caratteristiche due cascate, alte circa 10-15 m, la prima delle quali è collocata nello sperone travertinoso su cui sorge la chiesa, la seconda più a valle, in località Spunghe. L'area è importante per la presenza di grotte primarie in travertino (di sviluppo modesto), ossia cavità che si formano contemporaneamente alla deposizione della roccia che le ospita, un fenomeno questo assai raro. Ne sono censite sette: le principali sono la Grotta di Labante (sviluppo 51 m) e quella dei Tedeschi (sviluppo 27 m), collocate nello sperone sotto la chiesa.

La portata media è di 13,5 l/s, la massima di 27,2 l/s e la minima di 5,5 l/s. Le riserve regolatrici sono stimate in 125.000 m^3 con tempi di rinnovamento totale calcolati fra 1,4 e 3,2 anni in funzione della maggiore o minore piovosità nell'area. I dati sono riferiti a misurazioni compiute nelle annate 2001-02.

L'area delle Grotte e Sorgenti pietrificanti di Labante è protetta tramite SIC (IT4050028).

Sorgente di S. Cristoforo di Labante		
Valori medi		
T	11,3	°C
pH	7,25	unità pH
Cond.	646	µS/cm
Res. fisso	346,5	mg/l
Ca^{2+}	102,43	mg/l
Mg^{2+}	25,25	mg/l
HCO_{3-}	403,96	mg/l
Na^{+}	4,68	mg/l
K^{+}	1,27	mg/l
Cl^{-}	9,47	mg/l
SO_4^{2-}	34,22	mg/l
NO_{3-}	5,37	mg/l

3.6 Conclusioni

Al termine di questa sintetica carrellata sulle principali sorgenti carsiche della regione Emilia-Romagna, non resta che sottolineare la notevolissima loro variabilità sia idrochimica che idrodinamica, che deriva dal fatto non solo di essere alimentate da bacini carsici ma anche, e probabilmente soprattutto, dall'avere il loro bacino in rocce molto differenti tra loro (gessi, gessi-anidriti, calcari etc.)

È poi giusto sottolineare il fatto che, grazie agli interventi messi in campo negli anni da parte dell'Amministrazione Regionale, praticamente tutte sono soggette a una buona protezione ambientale. A differenza quindi di quello che accade in altre regioni italiane,

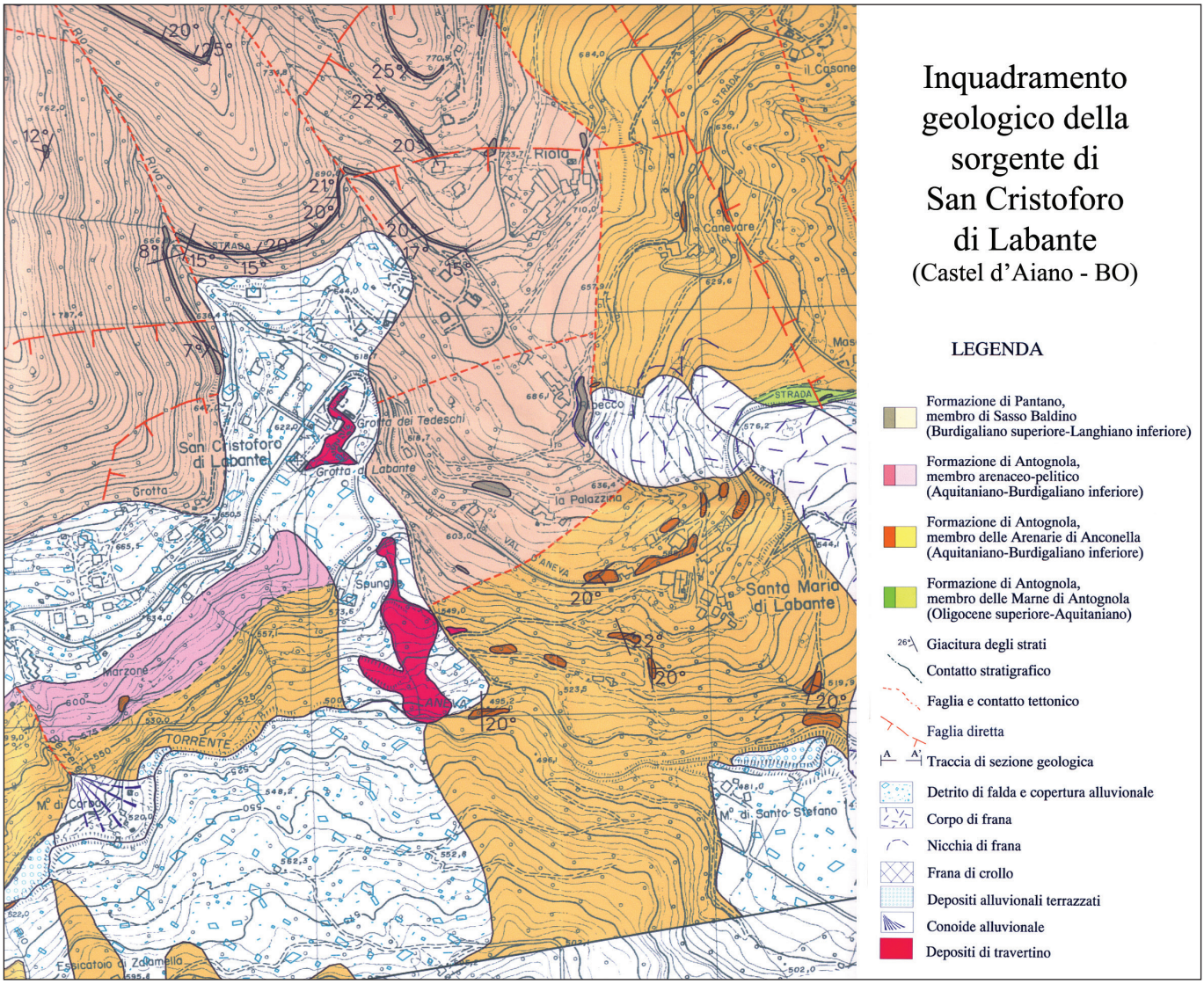


Figura 10.3
Il bacino idrogeologico che alimenta le sorgenti di Labante.

dove la situazione è praticamente opposta con quasi nessuna sorgente carsica soggetta a specifica protezione, possiamo affermare che la qualità delle acque carsiche della nostra regione è garantita.

Unica nota dissonante è rappresentata dalla risorgente dei Tubi, in territorio di San Marino, le cui acque, a causa dell'inquinamento subìto, circa mezzo secolo addietro (Forti, 1981), non potranno, per un lunghissimo tempo ancora, essere utilizzate per usi idropotabili.

4 Applicazioni

In questo capitolo vengono presentati alcuni esempi di studi di dettaglio, derivati dall'applicazione delle conoscenze geologiche allo studio delle acque sotterranee in ambito locale. Le varie esperienze descritte, alcune della quali frutto delle collaborazioni con Enti ed Istituzioni, sono accomunate dall'avere utilizzato, (come base di partenza) le conoscenze sulle acque sotterranee disponibili presso il Servizio Geologico regionale e descritte nel capitolo 2. Gli approfondimenti si riferiscono all'ambito provinciale, sovracomunale o a quello della singola unità geologica sede di acquiferi ed oggetto di uno studio idrogeologico di dettaglio.

Il primo paragrafo è dedicato all'esperienza di un censimento condotto nell'area dell'Appennino parmense occidentale, i cui risultati sono stati successivamente utilizzati per il Piano Strutturale Comunale di Bore (PR) e per un approfondimento svolto attraverso un progetto denominato "Spinner 2013" sulle sorgenti montane. Nel secondo paragrafo sono descritte le analisi territoriali svolte per la variante al Piano Infraregionale delle Attività Estrattiva (PIAE) della Provincia di Modena approvato nel 2009, relativamente ai poli estrattivi del settore montano e frutto di una collaborazione con il Servizio Geologico regionale. Segue la descrizione di un'esperienza di collaborazione tra il Servizio Geologico e l'Agenzia di Protezione Civile regionale, che ha portato ad una "rilettura" dei dati sulle sorgenti per gli scopi di prevenzione e protezione.

Il terzo paragrafo riguarda lo studio idrogeologico di dettaglio del Monte Prinzera un corpo idrico sotterraneo in ofioliti dell'Appennino parmense, nel comune di Fornovo Taro. Ad un'area limitrofa dell'Appennino parmense, quella del Monte Zirone, si riferisce il caso di studio descritto nel quarto paragrafo, sui monitoraggi delle acque sotterranee promossi dalla Provincia di Parma, in relazione alle locali attività estrattive e svolti nel periodo 2007-2008. Data la ricchezza e la novità dei dati rilevati in seguito a quest'ultima esperienza, ad essi è dedicata un'apposita sezione, aggiunta in coda al capitolo come Appendice I.

Alcuni dei temi di cui si parla nel capitolo (concessioni di acque pubbliche, attività estrattive) sono stati soggetti a vari cambiamenti nel corso degli anni, in termini di competenze nelle autorizzazioni e nella pianificazione del settore; tali materie sono tutt'ora in evoluzione, in seguito all'attuazione della L.R. 13/2015 sulla riforma del sistema di governo regionale. Gli Enti citati nei vari paragrafi fanno quindi riferimento al panorama delle competenze vigenti nel periodo in cui si sono svolte le analisi territoriali descritte.

4.1 Il censimento delle sorgenti nella montagna parmense occidentale

Massimiliano Trauzzi, Federico Madini Geologi, liberi professionisti **- Gian Paolo Rossetti, Elisa Bottazzi** Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Bioscienze **- Stefano Segadelli, Maria Teresa De Nardo** Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Dal 2008 al 2009, il settore occidentale dell'Appennino parmense, corrispondente ai Comuni del comprensorio delle Valli del Fiume Taro e del Torrente Ceno, è stato oggetto di un sistematico rilevamento delle sorgenti captate dai locali acquedotti, realizzato attraverso l'uso di strumentazione GPS. I dati rilevati in campagna hanno permesso l'elaborazione di cartografie tematiche, la schedatura delle captazioni e la formazione del nucleo di un sistema informativo dedicato.

Il progetto è stato attuato dal locale Gestore del Servizio Idrico Integrato, Montagna 2000 S.p.A., attraverso la collaborazione stabilita con due Servizi della Regione (l'allora Servizio Tecnico Bacini Trebbia e Taro, competente fino al 2015 per il rilascio delle concessioni di acque pubbliche, e il Servizio Geologico regionale) e l'allora Agenzia d'Ambito Territoriale Ottimale A.T.O. 2 Parma. La collaborazione tra un Gestore ed Enti a vario titolo competenti in materia di risorse idriche ha rappresentato un elemento di novità, costituendo un caso unico nell'ambito dell'Appennino parmense; la motivazione era data dalla necessità ed urgenza di formare un quadro conoscitivo locale, in un contesto caratterizzato da un'originaria carenza di informazione.

Come risultato, il progetto ha dato origine ad un'insostituibile base conoscitiva, funzionale alle esigenze del Gestore e degli Enti che si occupavano delle concessioni di acque pubbliche, secondo le rispettive competenze.

Da questo primo risultato sono derivate altre applicazioni dei dati di nuova acquisizione. Sono descritte nei capitoli dedicati ai casi di studio del Piano Strutturale del Comune di Bore dell'Appennino parmense, come esempio di utilizzo ai fini della pianificazione territoriale e del Progetto Spinner "Sorgenti Montane", come approfondimento del censimento stesso.

4.1.1 Rilevamento di terreno e sintesi della documentazione tecnica prodotta

Le attività svolte per il censimento sono consistite nell'acquisizione dei dati esistenti relativi alle conoscenze pregresse, da ricognizione presso i Servizi regionali. Tra le basi dati acquisite, vanno segnalati i risultati di un censimento pregresso, eseguito nel 2001-2002 dal Servizio Geologico regionale e (come unico dato ufficiale allora disponibile[1]) la "Base informativa sulle reti acquedottistiche della Regione Emilia-Romagna", pubblicata nel 2003 in edizione provvisoria dal Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti Fisici. A questa fase sono seguite ricognizioni presso gli Uffici Tecnici Comunali e il rilevamento sul campo. I risultati sono stati restituiti sotto forma di cartografie e schede monografiche.

In particolare, il rilevamento sul campo ha interessato il territorio dei comuni di Albareto, Bardi, Bedonia, Berceto, Bore, Borgo Val di Taro, Compiano, Fornovo di Taro, Pellegrino Parmense, Solignano, Terenzo, Tornolo, Valmozzola, Varano dè Melegari e Varsi, per un totale di 793 punti d'acqua censiti; di questi, 566 hanno riguardato sorgenti captate a collegate alle reti acquedottistiche comunali, 181 serbatoi di raccolta, 23 pozzi, 1 galleria filtrante e 22 sorgenti libere.

La strumentazione utilizzata per l'ubicazione delle opere censite, consiste in un palmare con ricevitore G.P.S., supportato da un software Gis Mobile. In questo modo sono stati rilevati le sorgenti (captate e libere), i serbatoi, i pozzi e altre opere minori (Figure da 2.4 a 5.4). Ciascun manufatto rilevato è stato corredato da una scheda tecnica descrittiva (Figura 1.4), contenente tutte le informazioni raccolte direttamente in campagna, con il supporto degli operatori di linea, nonché attraverso la consultazione degli studi pregressi sulle sorgenti, realizzati nell'area in esame.

Risulta opportuno segnalare che, i punti catalogati sono stati preliminarmente suddivisi per comune servito. Pertanto, anche le sorgenti localizzate all'interno del territorio di un determinato comune, ma che impinguano un acquedotto a servizio di centri abitati ricadenti nell'areale di un comune limitrofo, sono state ricondotte alle schede relative a quest'ultimo.

[1] Con la DGR 2087/2015 sono stati stabiliti i fondamenti (contenuti, struttura, utilizzo e competenze) di un sistema informativo regionale dedicato al servizio idrico integrato e in corso di formazione, del quale fanno parte anche i dati sulle reti acquedottistiche aggiornati al 2015 e trasmessi dai Gestori.

SCHEDA SORGENTI **ELABORATO BO.00** **COMUNE DI BORGO VAL DI TARO**

Progetto di rilevamento, eseguito mediante GPS, finalizzato al censimento e alla raccolta dati sulle sorgenti, ubicate nel comprensorio delle Valli del Taro e del Ceno, gestite dalla società Montagna 2000 S.p.a.

2.5. Sorgente Le Bratte (BO09) (Cfr. Tavv. BO.T4-BO.T5)

DATI RELATIVI ALLA SORGENTE

CODICE PROGRESSIVO SORGENTE: **BO09** DATA SOPRALLUOGO: **27/05/2008**

ORA: **11:30** PDOP: **(2,0)** LOCALITA': **C.se Vighèn**

CODICE CTR (1:10.000): **216100** QUOTA: **834,00 m s.l.m.**

BACINO IDROGRAFICO: **Fiume Taro** CORSO D'ACQUA PRINCIPALE: **Rio delle Bratte**

NUMERO SCATURIGINI: **1** SORGENTE CAPTATA: **si**

STATO: **in attività** REGIME: **perenne**

COORDINATE CHILOMETRICHE: **X=500.000,81 m; Y=900.000,34 m**



DESCRIZIONE DELL'OPERA DI PRESA: **trincea drenante con serbatoio in pietrame. L'area circostante alla presa non risulta recintata.**

NOTE: **la porta di accesso del serbatoio non si apre, pertanto occorrerà sostituirla. I parametri fisico-chimici della sorgente sono stati rilevati nel serbatoio di raccolta posto pochi metri più a valle.**

ANNO DI COSTRUZIONE: **anni '50**

PERCORSO E LOCALITA' SERVITE: **l'acqua della sorgente si unisce a quella delle sorgenti Potacchio I e III. Successivamente, l'acqua confluisce al serbatoio di Grifola, unendosi con quella delle sorgenti Acqualini I, II, III, IV, Vighini e Pian di Costa, impinguando l'acquedotto di Borgotaro capoluogo e Quartiere San Rocco.**

NUMERO ABITANTI SERVITI: **5.000** NUMERO ABITANTI FLUTTUANTI: **8.000**

PARAMETRI FISICO-CHIMICI DELLA SORGENTE

DATA: **27/05/2008** ORA: **11:30**

TEMPERATURA ARIA: **13,00 °C** TEMPERATURA ACQUA: **10,80 °C**

PORTATA MISURATA (Q): **0,30 l/s**

PH: **7,37** CONDUCIBILITA': **150,00 µS/cm**

MISURE PREGRESSE

DATA: ORA: PORTATA MISURATA (Q):

Figura 1.4
Esempio di modulo di campo compilato per il rilevamento delle sorgenti.

Allo scopo di favorire la praticità d'uso della documentazione, si è utilizzato l'acquedotto, quale unità di misura fondamentale nella compilazione delle schede. Infatti, la primaria classificazione interna a ciascun comune, ha previsto un accorpamento per acquedotto dei punti rilevati, partendo dalle reti più importanti (a servizio dei capoluoghi), via via verso linee di piccoli centri abitati e case sparse. Laddove si sono riscontrate significative diversificazioni di percorso all'interno di una stessa rete acquedottistica, sono state adottate ulteriori suddivisioni di linea, spesso contrassegnate con denominazioni locali.

Successivamente, ad ogni punto è stato assegnato un codice identificativo univoco, costituito da due lettere, che esemplificano il nome del comune in oggetto e da un numero progressivo crescente. Inoltre, a fianco della denominazione del punto censito è stato indicato il riferimento della planimetria con ubicazione sorgenti corrispondente, che riporta graficamente tale elemento. La scheda ottenuta, comprensiva di documentazione fotogra-

Cap. 4

fica e di stralcio cartografico è stata suddivisa in tre sezioni differenti:

1) **Dati relativi alla sorgente:** vengono elencate le informazioni territoriali della sorgente o serbatoio. Tra queste si segnala il PDOP che esprime il grado di precisione dell'ubicazione. La località, quando presente, coincide con il toponimo più vicino all'area in esame. Allo stesso modo, la denominazione del corso d'acqua principale è stata inserita, laddove la sorgente ricade all'interno del bacino di alimentazione. Un'ulteriore elemento di considerevole importanza, limitato alle sole sorgenti è rappresentato dallo stato attuale di captazione e il relativo utilizzo. L'identificazione geografica dei punti, ottenuta attraverso l'indicazione del codice della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 e tramite le coordinate chilometriche (espresse nel sistema di riferimento UTM 32*), consente di localizzare immediatamente l'area d'interesse. La porzione centrale della sezione, prevalentemente descrittiva, contiene ragguagli in merito alle specifiche costruttive dell'opera, mettendo in risalto, tra l'altro: i materiali utilizzati, la tipologia d'opera, lo stato di conservazione, il periodo di realizzazione, l'installazione di eventuali apparecchiature accessorie (cloratori, impianti di sollevamento ecc…) e la presenza o meno di recinzione. Nella finestra finale, viene riassunto il percorso di rete intrapreso dalle acque erogate, il collegamento con altre sorgenti e i centri abitati raggiunti, con indicazione sommaria del numero di utenti serviti, suddivisi in residenti e fluttuanti.

2) **Parametri fisico-chimici della sorgente:** sono evidenziate le grandezze fisico chimiche quali temperatura, pH e conducibilità elettrica compensata a 25 °C. Generalmente, le misure sono state effettuate nelle vasche di decantazione o, addirittura, in corrispondenza del tubo di scarico del primo serbatoio d'adduzione intercettato a valle della sorgente, indicando data e ora della rilevazione. In altri casi, i valori riportati, hanno riguardato miscele di acque provenienti da diverse captazioni.
   Per quanto riguarda lo studio del parametro conducibilità, un caso assai interessante nel panorama qualitativo delle acque sorgive dell'Appennino parmense occidentale è rappresentato dagli acquiferi del Monte Molinatico, da cui si alimentano alcune sorgenti a servizio del comune di Borgo Val di Taro. Geologicamente, è dato dalla formazione delle Arenarie di Monte Gottero, unità torbiditica arenaceo-pelitica del Dominio Ligure, litologicamente molto diversa dagli in parte coevi Flysch calcareo-marnosi "ad Elmin-





Figura 2.4 e 3.4





Figura 4.4 e 5.4

toidi". I valori di conducibilità elettrica sono grossomodo compresi tra 40 e 150 micro-Siemens/cm. Siamo in presenza di acque decisamente oligominerali anzi, tra le meno mineralizzate dell'area di studio. La differenza con le contigue aree è marcata e risulta giustificabile con il predominio dei litotipi arenacei con composizione marcatamente quarzoso-feldspatica.
I valori ottenuti esprimono una prima valutazione speditiva della qualità della risorsa che potrà essere approfondito attraverso specifiche e più complete analisi.

3) **Misure pregresse:** anche in questo caso le misure sono state opportunamente datate. Esse sono relative a vecchi lavori realizzati in corrispondenza delle medesime sorgenti. In particolare, si è fatto riferimento al censimento delle sorgenti cartografate alla scala 1:10.000, aggiornamento 2001-2002 del Servizio Geologico Regionale e dell'allora Servizio Tecnico Bacini Trebbia e Taro, nonché a studi condotti a scala comunale, dagli Uffici Tecnici locali.
È stato anche possibile confrontare i risultati del censimento con i dati della citata "Base Informativa sulle reti acquedottistiche della Regione Emilia-Romagna", come unico dato ufficiale allora disponibile per l'ambito regionale e risalente al 2003. Ciò ha messo in luce come nella montagna parmense occidentale il grado di affidabilità dei tracciati delle reti sia assai variabile, evidenziando le aree in cui saranno necessari eventuali futuri approfondimenti.

4.1.2 Ricadute sulla pianificazione di ambito comunale: l'esempio del Piano Strutturale del Comune di Bore

Funzionali alla ricognizione sullo stato delle concessioni per il prelievo delle acque sorgive, i risultati del censimento hanno trovato impiego come contributo alla documentazione geologica a corredo degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, come è stato il caso del Piano Strutturale (P.S.C.) del Comune di Bore, approvato con delibera di C.C. Del 23/10/2010.

Oltre a soddisfare le esigenze locali di conoscenza applicativa dei punti di captazione e accumulo della risorsa idrica, sino ad allora affidate alla memoria storica degli operatori (prima comunali, quindi appartenenti all'Ente Gestore Montagna 2000 S.p.a.), l'identificazione cartografica delle sorgenti ha permesso di ricostruire, una zona di rispetto che delimita un intorno significativo attorno a ciascuna sorgente, entro la quale sono introdotti alcuni divieti, tra cui gli insediamenti e le attività di cui all'art. 94 del D. Lgs. 152/2006.

La delimitazione di tale fascia, finalizzata alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, è stata tracciata, in assenza di studi idrogeologici specifici, adottando il metodo geometrico, che individua un'area di forma circolare avente raggio di 200 metri, a partire dal centro dell'opera di captazione, Figura 6.4.

Nel complesso del territorio comunale, sono stati rilevati 63 punti, dei quali 42 si riferiscono a sorgenti captate ad uso idropotabile, 17 a serbatoi di accumulo, 2 a pozzetti di adduzione e 2 sorgenti libere; la localizzazione di queste ultime potrebbe risultare importante nel caso si verificasse la necessità di un contributo aggiuntivo di risorsa.

È stata effettuata una sovrapposizione dei punti censiti in corrispondenza delle più importanti zone di sede di emergenze idriche, nella cartografia delle "rocce magazzino" (vedi capitolo 2), allo scopo di verificare la relazione esistente tra aree sorgentizie e unità geologiche sede di acquiferi, conseguentemente ad un determinato assetto idrogeologico.

Le "rocce-magazzino" individuano le aree a cui applicare, nell'ambito della pianificazione territoriale, opportuni indirizzi per la tutela delle risorse idriche sotterranee. In particolare, si assume che una "roccia-magazzino" (o una sua parte), contraddistinta dalla presenza di

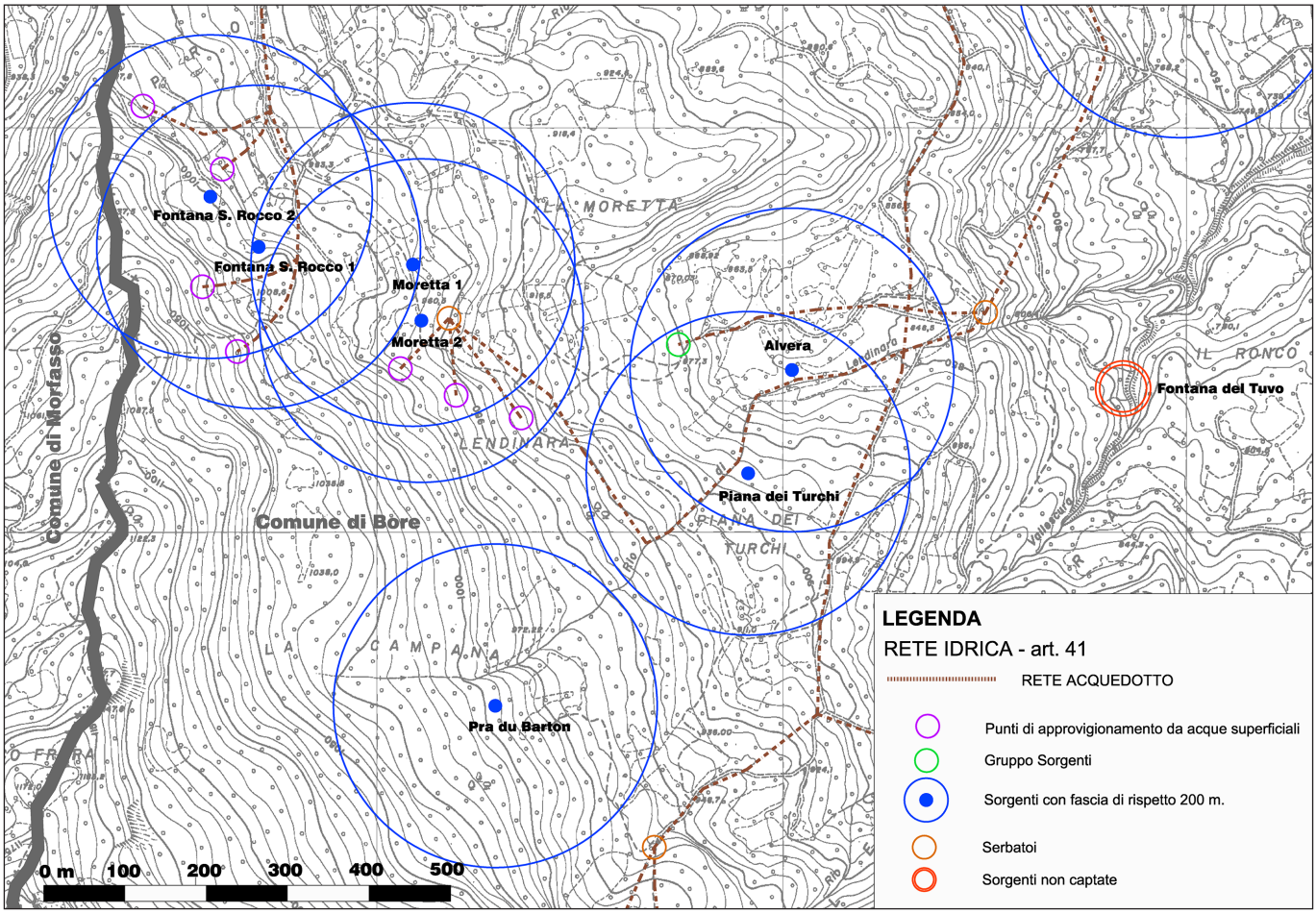


Figura 6.4
Stralcio della Tavola QC.6 allegata al Quadro Conoscitivo del P.S.C. del Comune di Bore (2010).

sorgenti che alimentano pubblici acquedotti, sia prioritario nell'applicazione di misure di carattere gestionale razionali, come pure nello svolgimento di analisi territoriali di locale approfondimento sugli aspetti idrogeologici.

Nel territorio del Comune di Bore, le principali aree sorgentizie sfruttate a scopo idropotabile, sono localizzate sui versanti sottesi dalla linea di crinale che collega il Monte Carameto al Monte Pratobello, contraddistinti da un substrato appartenente alla formazione del Flysch di Monte Cassio (Flysch ad Elmintoidi del Dominio Ligure).

Una prima area di emergenza, si sviluppa prevalentemente al di sopra di grandi corpi di frana, ove idrogeologicamente connessi al substrato in ammasso roccioso fratturato e specialmente se recanti "particolari" caratteristiche nella loro composizione e geometria; lo sviluppo in profondità delle reti acquifere risulta strettamente legato alle locali caratteristiche della fratturazione (apertura, spaziatura, interconnessione), quest'ultima associata alla presenza di contatti tettonici principali. Solo marginalmente si individuano sorgenti nelle porzioni basali delle formazioni costituite da successioni arenaceo-pelitiche e/o calcareo-marnose, in prossimità del contatto inferiore con unità argillitiche caotiche (per effetto della minore permeabilità relativa di queste ultime).

Le restanti sorgenti, disposte allo stesso modo su vasti accumuli detritici, risultano concentrate in un areale denominato "Lagacci", situato al di fuori del territorio comunale, particolarmente ricco di risorsa idrica, motivo per cui anche il limitrofo Comune di Bardi, vi ha realizzato numerose ed importanti captazioni.

Come detto nel paragrafo precedente, nel corso del rilevamento sono stati anche acquisiti dati su (portata) e fisico-chimici (temperatura, conducibilità elettrica e pH), condotte ove possibile, su ciascuna sorgente censita.

Per quanto concerne il parametro portata è stata impiegata una semplice strumentazione costituita da un secchio graduato per raccogliere l'acqua e un cronometro per conteggiare il tempo.

Le analisi chimico-fisiche di tipo "speditivo", realizzate in situ sui campioni d'acqua prelevati, hanno previsto l'impiego di elettrodi multiparametro installati su uno strumento tascabile idoneo al trasporto in campagna. Il misuratore è dotato di un elettrodo per la valutazione del pH, una sonda EC/TDS per la misura della conducibilità elettrica o residuo fisso e di un sensore di temperatura.

Più in generale, nell'esperienza del censimento delle sorgenti nell'Appennino parmense occidentale, per la prima volta vengono rilevati parametri quali conducibilità elettrica, temperatura e pH in modo sistematico, prediligendo una soluzione che permettesse di ottenere rapidamente il maggior numero di misure entro un'area vasta. Le stesse analisi chimico-fisiche prescritte per le acque destinate al consumo umano, del resto, si riferiscono a punti di prelievo non sempre rappresentativi (con criterio idrogeologico) delle singole captazioni ma piuttosto delle reti acquedottistiche in relazione ai nuclei abitati serviti.

Tutti i parametri misurati nel corso dell'esecuzione del rilevamento di campagna su ciascuna sorgente, per il territorio comunale, sono stati riassunti nella Tabella 1.4. All'interno della stessa tabella sono state inserite le misure di portata provenienti da studi pregressi realizzati nel 2002 ad opera del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna.

Innanzitutto, prendendo come riferimento i volumi d'acqua restituiti dalle sorgenti si può affermare che, il rilievo datato 2008, condotto interamente nei mesi di aprile-maggio e perciò convergenti ai massimi delle falde, ha mostrato, com'era logico attendersi, portate decisamente superiori a quelle determinate nel gennaio e nel giugno 2002, periodi generalmente contraddistinti da un forte calo di produttività degli acquiferi.

Passando alla conducibilità elettrica che rappresenta sicuramente il parametro chimico più interessante tra quelli rilevati in campagna, dato che esprime il grado di mineralizzazione di un'acqua, o meglio, della quantità di sali naturalmente disciolti in soluzione acquosa: indirettamente, contribuisce a fornire anche una valutazione sulla qualità della risorsa. Ad esempio, acque a bassa mineralizzazione o "oligominerali", con basso contenuto in sali disciolti e bassa conducibilità elettrica, hanno caratteristiche di pregio, in alcuni casi anche veramente peculiare.

Per eseguire delle valutazioni sui risultati ottenuti sono stati raccolti e diagrammati i valori di conducibilità elettrica rilevati in campagna, relativamente alle maggiori aree sorgentizie già trattate in precedenza.

In Figura 7.4, lungo l'asse delle ascisse sono rappresentate le sorgenti rilevate, disposte in ordine decrescente di quota (da sinistra verso destra); in ordinata, i valori della conducibilità elettrica sono idealmente congiunti da una linea che ne visualizza meglio la variabilità, funzione anche delle caratteristiche geologiche dell'area di studio. La retta che approssima la tendenza della distribuzione, evidenzia una generale omogeneità dei dati, in conseguenza della medesima "roccia magazzino" di appartenenza, con un leggero aumento dei valori al diminuire della quota delle scaturigini, inversamente a quanto si osserva nella distribuzione delle isoiete riferite alle precipitazioni medie annue e anche per ciò giustificabile.

La conducibilità elettrica media si aggira attorno ai 433 microSiemens/cm, passando da minimi di 400 microSiemens/cm a massimi di 485 microSiemens/cm, valori che conferiscono a queste acque al gruppo "mediominerali" (che comprende acque con conducibilità comprese tra 260 e 1320 microSiemens/cm, vedi capitolo 2). Questi valori risultano strettamente collegati alla natura composizionale, prevalentemente calcarea, del Flysch di Monte Cassio, che rappresenta la "roccia magazzino" fondamentale di quest'area. Inoltre, sempre

Denominazione	Data rilievo	Quota in m s.l.m.	T (°C)	pH	Conducibilità (µS/cm)	Q (l/s)	Q pregressa (l/s)	Data rilievo pregresso
Acquedotto di BORE								
Alvera	5/7/2008	857	10	7,37	428	1,8	1,2	6/20/2002
Piana dei Turchi	5/7/2008	892	9,2	7,37	436	1,9	0,6	6/20/2002
Moretta	5/7/2008	947	9,5	7,37	443	1,4	0,4	6/20/2002
Fontana San Rocco	5/7/2008	999	9,6	7,5	441	0,7	0,2	6/20/2002
Faieto	5/7/2008	917	10,6	7,19	507	1,2	0,5	6/20/2002
Lendinara	5/7/2008	993	9,3	7,37	448		0,1	6/20/2002
Acquedotto di BORE (Bugone)								
Bugone I	4/29/2008	1005	9,9	7,62	405	2,5	0,7	6/20/2002
Bugone II	4/29/2008	1011	7,9	7,41	452	5	0,55	6/20/2002
Bugone III	4/29/2008	1023	11,3	7,16	620	1		
Acquedotto di BORE (Lagacci)								
Lagacci I	5/13/2008	947	6,9	7,3	485	0,7	0,3	6/27/2002
Lagacci II	5/13/2008	946	10	7,47	404	0,5	0,2	6/27/2002
Lagacci III	5/13/2008	1002	10	7,47	400	1,2	0,75	6/27/2002
Lagacci IV	5/13/2008	931	11,3	7,65	402			
Acquedotto di BORE (Lubbia delle Siepi)								
Lubbia delle Siepi I	4/29/2008	848	9,8	7,51	485	0,1		
Lubbia delle Siepi II	4/29/2008	853	8,8	7,56	465	4		
Lubbia delle Siepi III	4/29/2008	846	8,8	7,53	460	2		
Acquedotto di BORE (Vallescura)								
Vallescura I	4/30/2008	1013	8,7	7,5	464	0,2	1,5	6/20/2002
Vallescura II	4/30/2008	1013	9,7	7,73	463	0,2	1,5	6/20/2002
Vallescura III	4/30/2008	1038	7,9	7,65	380	5	1,5	6/20/2002
Acquedotto dei FERRARI								
Mornasco I	5/7/2008	843	12,4	7,25	545	0,1	0,4	6/27/2002
Acquedotto dei SALVI								
Ronchetti I	5/8/2008	707	14	7,29	527	2		
Ronchetti II	5/8/2008	705	13,5	7,2	532	1		
Acquedotto dei FIORI								
Negrèr	4/30/2008	850	11,7	7,58	435	0,1	0,05	6/16/2002
Lagas I	4/30/2008	820	10,8	7,69	508	0,5	0,45	6/26/2002
Lagas II	4/30/2008	818	10,9	7,63	431	0,5	0,45	6/26/2002
Lagas III	4/30/2008	821	10,8	7,69	508	0,5	0,45	6/26/2002
Lagas IV	4/30/2008	817	10,8	7,69	508	0,5	0,45	6/26/2002
Acquedotto di POZZOLO								
Moia I	4/30/2008	805	11,3	7,16	620	1	0,1	1/17/2002
Moia II	4/30/2008	807	11,1	7,12	590	0,9	0,1	1/17/2002
Acquedotto di POZZOLO (Monte Ralli)								
Tornato I	5/8/2008	810	11,9	6,99	550	0,6		
Tornato II	5/8/2008	787	11,7	7,3	569	0,5		
Tornato III	5/8/2008	807	10,9	7,06	551	0,5		
Acquedotto dei RALLI								
Castagnacava	5/13/2008	697	12,4	7,48	547	0,3	0,3	1/17/2002
Acquedotto CASEIFICIO								
Caseificio I	4/30/2008	846	10,3	7,25	564	0,6		
Acquedotto di METTI								
Lubbiassa	4/30/2008	725	10,9	7,45	570	9	1	6/20/2002
Acquedotto degli ZANI								
Garguia I	4/29/2008	902	8,7	7,24	509	2	0,4	6/20/2002
Garguia II	4/29/2008	883	9	7,24	499	0,5	0,4	6/20/2002
Acquedotto di ROVINA								
Fontana del Faggio	4/29/2008	675	9,7	7,27	560	3	2	6/20/2002
Case Prelle	4/29/2008	732	9,2	7,67	430	3	0,5	6/20/2002
Acquedotto degli ZERMANI								
I Pianelli	5/7/2008	744	10,7	7,2	600	1,2	0,5	6/20/2002
SORGENTI LIBERE								
Piano Massini	4/30/2008	857	8	7,61	476	5		
Tuvo	5/7/2008	807	10,3	7,29	542			

Tabella 1.4
Tabella riassuntiva dei valori di portata e dei parametri fisico-chimici delle sorgenti del Comune di Bore.

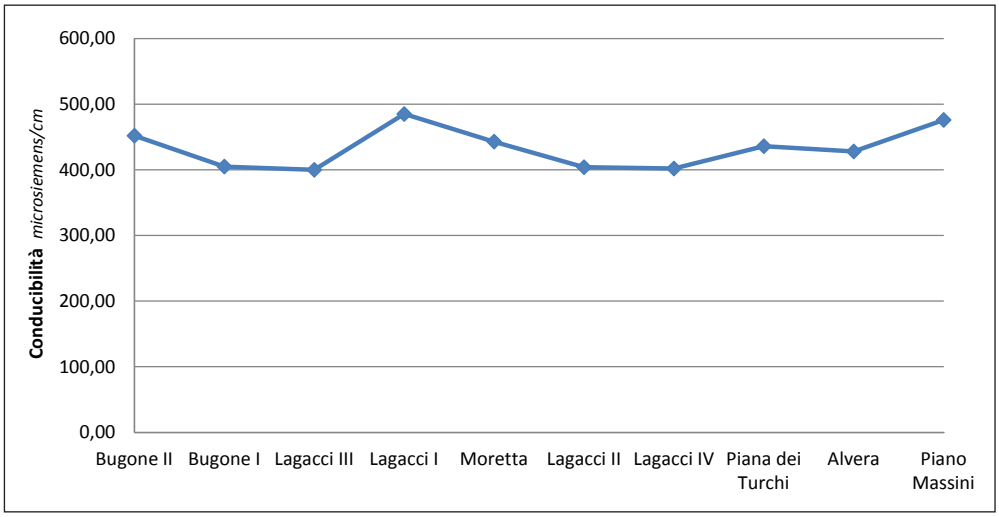


Figura 7.4
Relazione tra conducibilità e quota altimetrica delle sorgenti nell'area delle principali aree sorgentizie del Comune di Bore.

in riferimento al periodo di massimo di produttività delle falde, a cui può essere associato il rilievo, si ritiene quanto mai ragionevole attendersi ulteriori aumenti della conducibilità durante le stagioni più asciutte, per effetto di una maggiore concentrazione dei sali disciolti in acqua.

È importante sottolineare che i risultati ottenuti non devono essere considerati come un punto di arrivo, ma bensì di partenza, sul quale sviluppare futuri approfondimenti che consentano una maggior salvaguardia e razionalizzazione della risorsa, senza dimenticare l'individuazione di nuove fonti di approvvigionamento idropotabile.

Per far ciò, si deve disporre di una base dati aggiornata sulle reti acquedottistiche; ciò permetterà lo svolgimento di interventi di sistemazione mirati ai tratti maggiormente critici, ad esempio, in relazione alle perdite in rete. Allo stesso modo, la localizzazione e successiva captazione di eventuali sorgenti libere di interesse idropotabile o il recupero di sorgenti di antico uso, concorrerà alla mitigazione delle crisi idriche stagionali e legate ai periodi siccitosi, specialmente quando alla naturale diminuzione delle portate si accompagna anche l'aumento di richiesta derivante dall'afflusso di turisti che caratterizza anche questo Comune.

Un ulteriore approfondimento potrà riguardare la realizzazione di una campagna di acquisizione dati su portata e parametri fisico-chimici (temperatura, conducibilità elettrica e pH), concentrata in un periodo di minimo di produttività delle sorgenti (settembre-ottobre), in modo tale da poter sviluppare considerazioni sulle variazioni di conducibilità nelle differenti stagioni, nonché sui rapporti esistenti tra chimismo delle acque e "roccia magazzino" di riferimento.

Infine, ma non per ordine d'importanza, si segnala la necessità di estendere il censimento alle fontane che si ritrovano nei centri abitati storici e su alcune aree a lato di strade e/o sentieri, un tempo sfruttate per uso domestico, per il pascolo e l'agricoltura. Proprio queste ultime tipologie potrebbero essere inserite nelle carte escursionistiche per arricchirne i contenuti ed evidenziare un elemento caratterizzante del paesaggio montano.

4.1.3 Il Progetto Spinner "Sorgenti Montane"

Un secondo esempio che ha previsto l'utilizzo dei risultati conseguiti nel corso dell'opera di rilevamento finalizzata al censimento e alla raccolta dati sulle sorgenti della Provincia di Parma-Montagna Ovest, ha riguardato il Progetto Spinner 2013 "Sorgenti Montane" frutto di un percorso di collaborazione tra il Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, il Dipartimento di Scienze Ambientali (ora Bioscienze) dell'Università di Parma e Montagna 2000, la società che gestisce il servizio idrico integrato nelle valli del Taro e del Ceno.

Il progetto Spinner 2013 è il programma della Regione Emilia-Romagna dedicato a laureati ad alta qualificazione per lo sviluppo di idee e progetti innovativi. Questa iniziativa, proposta da Elisa Bottazzi (Bottazzi, 2011), nell'ambito della sua attività presso il Dipartimento di Scienze Ambientali di Parma, aveva come obiettivo lo sviluppo di un Database Integrato per il censimento e la raccolta di informazioni sulle sorgenti montane, propedeutico all'elaborazione ed applicazione di un Indice di Valutazione delle sorgenti gestite da Montagna 2000. L'Indice consente l'individuazione delle sorgenti maggiormente idonee allo sfruttamento idrico. Questo strumento è perciò potenzialmente in grado di fornire utili indicazioni al Gestore per la programmazione delle attività di competenza.

In generale, lo svolgimento del presente progetto ha consentito la creazione di due importanti strumenti operativi e decisionali, auspicabilmente in grado di migliorare e rendere più sostenibile lo sfruttamento delle sorgenti montane, sia dal punto di vista economico che da quello ambientale. Questi strumenti sono rappresentati, nel dettaglio, da:

a) Database Integrato (DI)
Il primo obiettivo di lavoro conseguito è consistito nell'integrazione del sistema informativo sulle sorgenti attualmente in uso da parte del Consorzio mediante l'ampliamento con ulteriori parametri descrittivi (idrochimici, geomorfologici, biologici) al fine di impostare il framework per la realizzazione di una banca dati (Database Integrato, DI) completa, informatizzata e referenziata geograficamente, quale supporto qualificato e aggiornato per la gestione della risorsa idropotabile. Ciascuna delle sorgenti è inserita all'interno di un database sotto forma di una scheda descrittiva.

b) Indice di Valutazione delle Sorgenti (IVS)
Sulla base del nuovo sistema di raccolta ed immagazzinamento dei dati è stato formulato un Indice di Valutazione della propensione delle sorgenti alla captazione. L'indice così elaborato permette l'individuazione mirata degli ambienti che, per le loro caratteristiche, sono maggiormente idonei ad uno sfruttamento stabile nel tempo, e che al contempo siano in grado di fornire all'utenza la miglior risorsa idrica in termini di qualità e potabilità. L'indice è stato formulato sull'attribuzione di punteggi a ciascuna delle caratteristiche (idrochimiche, geomorfologiche, biologiche) prese in considerazione dal protocollo di caratterizzazione. Le sorgenti indagate sono state pertanto ordinate sulla base della somma dei punteggi attribuiti alle diverse voci, ottenendo una "classifica" che vede collocate ai primi posti le migliori opzioni di sfruttamento futuro della risorsa.

Gli strumenti gestionali elaborati, ovvero il Database Integrato (DI) e l'Indice di Valutazione delle Sorgenti (IVS), costituiscono un potenziale supporto alla pianificazione efficiente e sostenibile dello sfruttamento idrico attuato da Montagna 2000. Quest'ultimo strumento può essere infatti applicato allo scopo di individuare le sorgenti che, per le loro caratteristiche peculiari, risultano essere più propense allo sfruttamento; allacciandole alla rete acquedottistica già presente, il Gestore garantirà il soddisfacimento dei fabbisogni.

Nel corso dello svolgimento del progetto, le principali attività sono consistite in: una fase conoscitiva (predisposizione dei criteri di scelta delle sorgenti da campionare e creazione del Database Integrato), una fase di attività sul campo e in laboratorio (compilazione del protocollo di caratterizzazione delle sorgenti, campionamento della fauna ad invertebrati, prelievo di campioni di acqua da destinarsi a successive analisi, analisi di laboratorio ed elaborazione, con compilazione delle schede del Database Integrato (DI)); un fase di analisi dei dati e formulazione dell'indice di valutazione.

È importante sottolineare che questo strumento decisionale-operativo ha anche le potenzialità per sviluppare futuri approfondimenti al fine di verificare, attraverso studi idrogeologici specifici, la relazione esistente tra aree sorgentizie e unità geologiche sede di acquiferi.



↑ **Figura 8.4**
Sorgente Aveio, SIC M. Nero, M. Maggiorasca, La Ciapa Liscia.



Figura 9.4
Sorgente località Pietra Scaglia, SIC M. Nero, M. Maggiorasca, La Ciapa Liscia.



Figura 10.4
Sorgente "Nove Fontane", SIC M. Nero, M. Maggiorasca, La Ciapa Liscia.

4.2 Applicazioni per la pianificazione delle attività estrattive nell'Appennino modenese e per la Protezione Civile regionale

Giorgio Barelli Provincia di Modena. *Attualmente:* Comune di Modena, Settore Ambiente, Protezione Civile, Ufficio Attività Estrattive **- Maria Teresa De Nardo, Stefano Segadelli** Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli **- Daniele Bonaposta** Laureato in Scienze Ambientali, libero professionista **- Francesco Lo Jacono** Regione Emilia-Romagna, Agenzia regionale di Protezione Civile. *Attualmente:* Servizio Area Reno e Po di Volano **- Annalisa Parisi** Geologa, libera professionista

Le due esperienza descritte nel paragrafo sono accomunate dalla loro originalità, trattandosi di applicazioni dei dati presenti presso il Servizio Geologico regionale a materie per la prima volta sperimentate. In particolare, l'approfondimento relativo alle attività estrattive nell'ambito dell'Appennino modenese ha contribuito ad ispirare studi successivi, svolti nel 2014-2015 nell'ambito provinciale parmense e riguardanti il legame tra acque sotterranee e pianificazione delle attività estrattive nel settore montano.

4.2.1 Il Piano Infraregionale delle Attività Estrattive di Modena

Il primo caso illustrato in questo paragrafo si riferisce alle analisi territoriali svolte nell'Appennino modenese, in seguito alla collaborazione tra Servizio Geologico regionale e Provincia di Modena[2].

Nel 2009 la Provincia di Modena approvava il Piano Infraregionale delle Attività Estrattive (PIAE), il cui Quadro Conoscitivo è fondato sui risultati di analisi territoriali innovative. Tra queste vanno annoverati gli approfondimenti geologici relativi alle previsioni estrattive nel settore montano della provincia, frutto dell'applicazione di una metodologia ideata attraverso la collaborazione tra l'allora Servizio Risorse del Territorio e Impatto Ambientale della Provincia e il Servizio Geologico regionale.

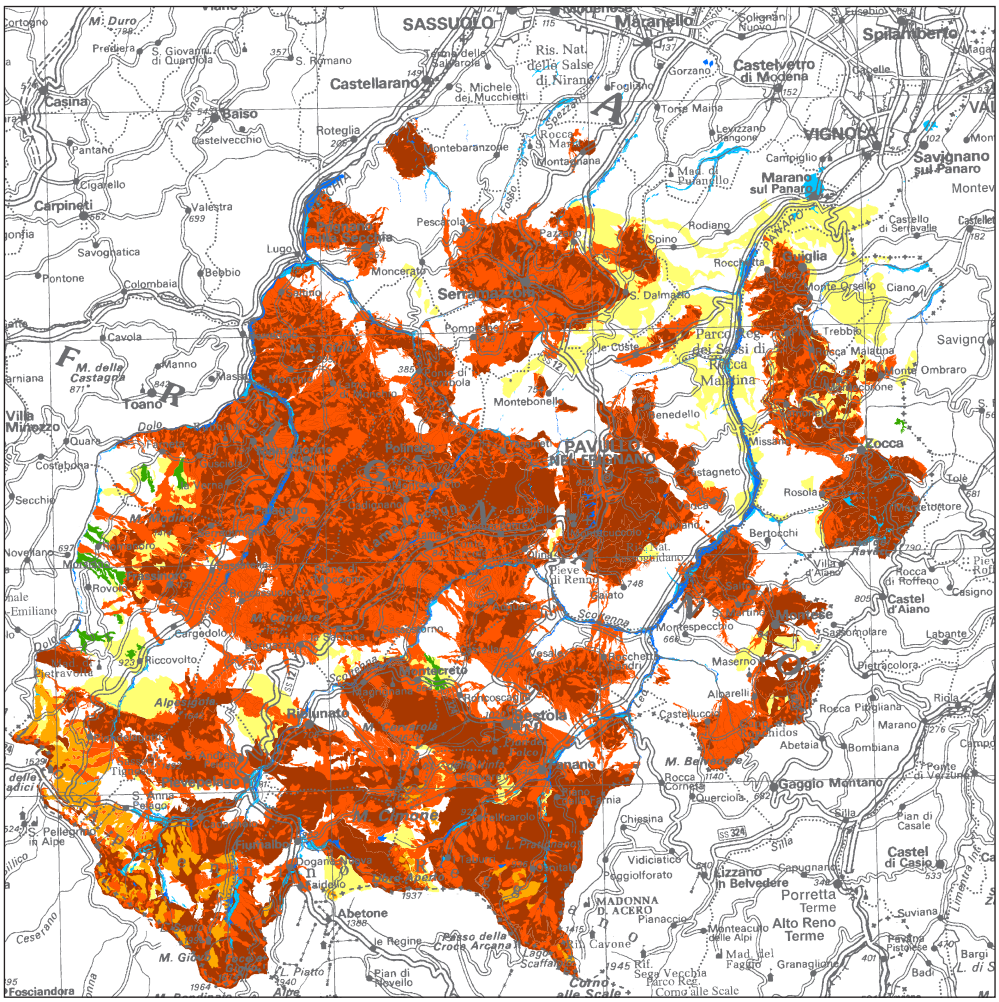
[2] Per la Provincia di Modena, lo studio è stato promosso dal dirigente ing. Alberto Pedrazzi e da Giorgio Barelli, responsabile dell' U.O. per le attività estrattive nel 2009 e attualmente dipendente del Comune di Modena.

Nell'area dell'Appennino modenese, il livello di conoscenza sulle sorgenti captate per pubblico acquedotto è buono, anche grazie al rilevamento con strumentazione GPS effettuato nel 2006 dall'Ente allora competente (l'ex-Agenzia d'Ambito Territoriale Ottimale di Modena). Pressochè contemporaneamente, presso il Servizio Geologico regionale si è proceduto ad individuare le unità geologiche sede di acquiferi nell'Appennino modenese.

I risultati di queste analisi territoriali dovevano essere propedeutici all'aggiornamento del Quadro Conoscitivo del PTCP di Modena, in adeguamento al Piano di Tutela delle Acque (PTA); in figura 11.4 è riportato un esempio della cartografia elaborata, consegnata al competente Servizio della Provincia per tale scopo. Per il metodo che ha ispirato questa cartografia si fa riferimento al capitolo 2.

Da una prima ricognizione, è risultato che alcuni dei poli estrattivi oggetto delle previsioni del PIAE nell'Appennino modenese ricadevano proprio nelle unità geologiche sede di acquiferi. Da questa constatazione è sorta la necessità di studiare più approfonditamente le aree oggetto di ampliamenti di "cave di monte" già esistenti o (più raramente) proposte per l'apertura di nuove cave. Oltre alle caratteristiche delle geologia del substrato e delle coperture detritiche di versante, analisi territoriali d'obbligo per la pianificazione delle attività estrattive in contesto collinare e montano, sono stati considerati gli aspetti idrogeologico e idromorfologico, secondo la metodologia descritta nelle pagine seguenti.

Per ciascun sito del PIAE localizzato nell'Appennino modenese e ricadente in unità geologiche riconducibili a zone di protezione delle acque sotterranee, è stato svolto un rilevamento di campagna, avente lo scopo di cartografare a scala di dettaglio (1.5.000-1.10.000) gli aspetti descritti nella tabella 2.4. Nel corso del rilevamento è stata utilizzata una stru-



Ambiti dei depositi alluvionali
- Conoidi torrentizie
- Depositi alluvionali

Ammassi rocciosi
- Ammassi rocciosi
- Coperture detritiche prevalentemente associate ad ammassi rocciosi
- Coperture detritiche isolate
- Depositi morenici

Aree problematiche
- Aree di approfondimento

Figura 11.4
Individuazione delle unità geologiche sede di sorgenti e relativi acquiferi nell'area dell'Appennino modenese, differenziate in substrato e coperture detritiche di versante; schematizzazione tratta dall'originale.

mentazione GPS, come si dirà meglio in seguito. Va precisato che il rilevamento è stato condotto su un'area più vasta rispetto a quella del sito di piano, in quanto è stata scelta con criterio morfologico, utilizzando spartiacque e impluvi, giungendo ove possibile a comprendere una significativa porzione del versante interessato.

Idrografia superficiale	– corso d'acqua (rio) a regime permanente – corso d'acqua (rio) a regime effimero o temporaneo – "lago" in area di cava – "lago" naturale – "lago" effimero – area con depositi palustri e/o vegetazione idrofila
Acque sotterranee	– sorgenti libere – sorgenti captate (fontane, captazioni per acquedotto) – area con scaturigini diffuse – sorgenti con mineralizzazioni (es. sulfuree)

Tabella 2.4
Legenda utilizzata nel corso del rilevamento di campagna, svolto nei settori dell'Appennino modenese interessati dalla variante al PIAE.

Il tipo di regime dei corsi d'acqua si deduce dalla presenza d'acqua (in relazione alla data del rilevamento), dalle caratteristiche della vegetazione, dalla presenza di depositi alluvionali in evoluzione; quando possibile, si e stimata in via speditiva la portata, riferita alla data del rilevamento. Le osservazioni di campagna sono state messe in relazione con i dati sulle precipitazioni dei giorni precedenti il rilevamento, secondo i dati ricavabili dall'apposita sezione sul web del Servizio Meteorologico dell'ARPA. I corsi d'acqua oggetto del rilevamento sono sia quelli rappresentati sulla Carta Tecnica Regionale che quelli non cartografati; questi ultimi sono stati rilevati con la funzionalità *track-log* della strumentazione GPS utilizzata.

Quando possibile, sono state misurate le portate delle sorgenti, con un secchio graduato e cronometrando il tempo necessario a riempirlo; sono state effettuate analisi chimiche "in situ" su campioni d'acqua prelevati durante il rilevamento, avvalendosi di uno strumento tascabile con sonda multiparametro ed elettrodo in grado di misurare temperatura, pH, conduttività elettrica (EC) con compensazione automatica del valore alla temperatura di riferimento di 25 °C.

Alla legenda descritta nella tabella 2.4, sono state aggiunte altre osservazioni, in base alle peculiarità localmente riscontrate, siano esse naturali che di origine antropica. Ad esempio, sono state cartografate le cavità ipogee e le piccole discariche abusive, oltre a quant'altro utile ad una valutazione delle caratteristiche geologico-ambientali dei siti.

Il rilevamento è stato svolto utilizzando un computer palmare con ricevitore GPS integrato, a 12 canali; la precisione ottenibile con questo tipo di strumento è dell'ordine di 5 metri, valore considerato accettabile per lo scopo di questa applicazione. Va comunque considerato che, specie nei territori montani, esistono in ogni caso fonti di errore che possono diminuire ulteriormente la precisione della posizione GPS di alcuni metri. Tali fonti di errore sono: ritardi del segnale dovuti all'interferenza della ionosfera, errori dovuti alle posizioni relative dei satelliti e del ricevitore, fenomeni di multipath, riflessioni del segnale da parte di ostacoli e copertura vegetale. Il parametro che da una misura della bontà della precisione del rilievo è il GDOP (geometric dilution of precision, diluizione della precisione geometrica), di norma questo valore deve essere il più basso possibile e in ogni caso inferiore a 8; nel corso del rilevamento in questione il GDOP è rimasto costantemente intorno a 2, valore considerato ottimale e riportato nei dati tabellari associati agli shapefile prodotti per ciascun tematismo sopra descritto.

I risultati delle elaborazioni sono riportati sul sito della Provincia di Modena, nell'ambito dei documenti del PIAE consultabili all'indirizzo:
http://www.provincia.modena.it/page.asp?IDCategoria=7&IDSezione=4153&ID=74213

In figura 12.4 è illustrato un esempio delle cartografie elaborate, relativo al polo estrattivo di Varana, localizzato circa un chilometro a nord-ovest del capoluogo comunale di Serramazzoni, L'attività estrattiva riguarda una locale e peculiare facies della formazione del Flysch di Monte Cassio (MCS, Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.), torbiditi in strati da spessi a molto spessi, con base costituita da areniti a grana fine, passanti a marne grigio-biancastre; a questa facies si alternano pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi.

In figura 12.4 si può apprezzare il criterio di scelta dell'area oggetto di rilevamento, che comprende il perimetro della previsione del PIAE, governato dalla morfologia come pure

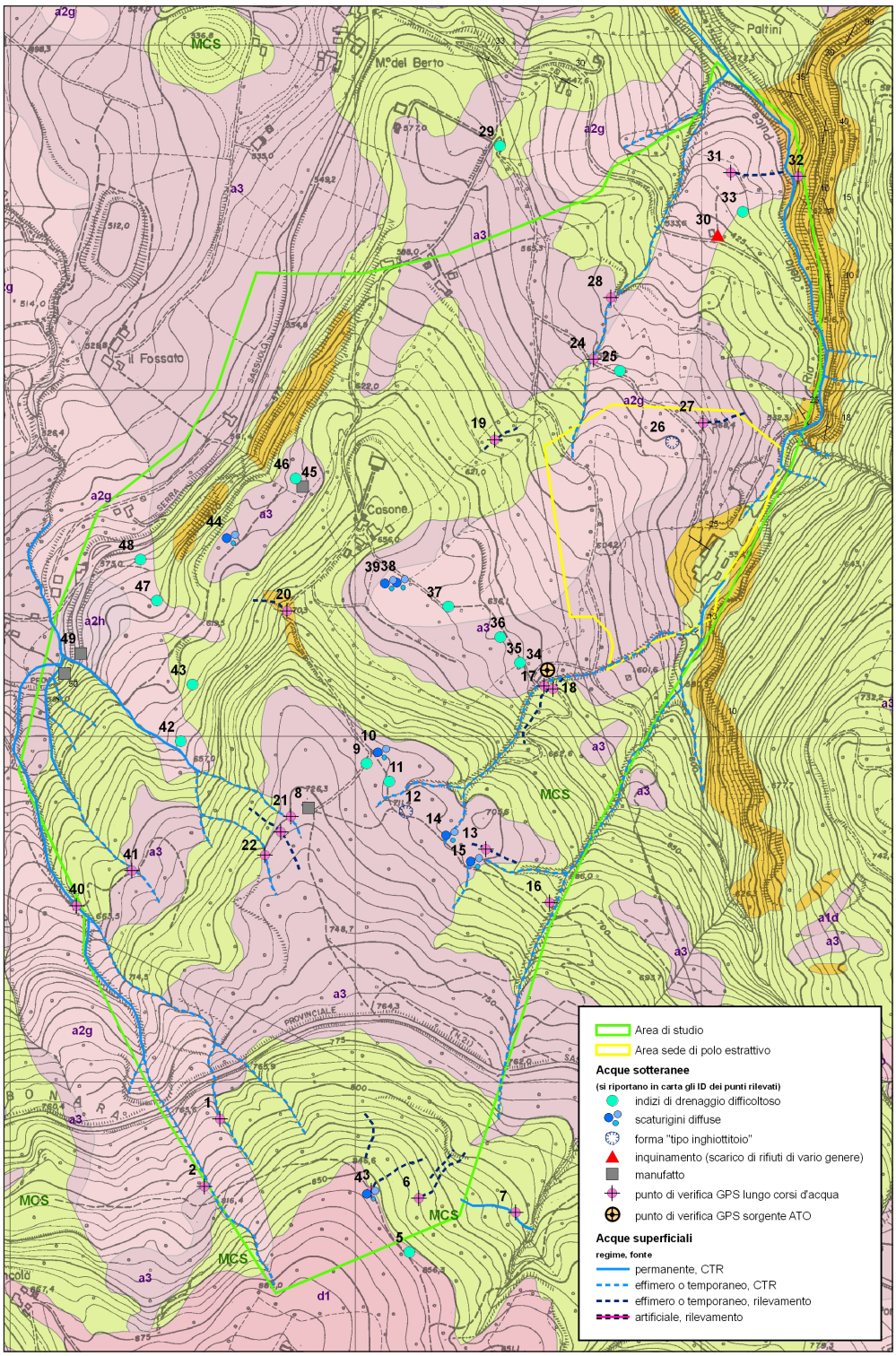


Figura 12.4
Carta tematica elaborata per il polo estrattivo di Varana, nel comune di Serramazzoni, Appennino modenese.

dalla presenza di accumuli di frana (colore rosa). In verde è rappresentato MCS che costituisce il substrato, i dati sulla geologia sono tratti dalla banca dati del Servizio Geologico regionale; a questi si sovrappongono gli oggetti del rilevamento idromorfologico e idrogeologico. Emerge il legame tra coperture detritiche di versante e circolazione idrica nel sottosuolo, essendo le sorgenti rilevate concentrate in questo tipo di unità geologiche. Nell'attuazione in ambito comunale, le previsioni del PIAE comporteranno l'approfondimento dello stato di attività dell'accumulo di frana a monte del sito, l'adozione di modalità di interventi preventivi di regimazione e allontanamento delle acque superficiali, di drenaggio di quelle sotterranee con restituzione alla circolazione idrica superficiale in settori non problematici per la stabilità dei versanti.

4.2.2 Sperimentazione per un sistema informativo sulle sorgenti, per scopi di Protezione Civile.

L' esperienza di studio descritta in questo paragrafo deriva da una collaborazione, stabilita nel 2010 tra il Servizio Geologico regionale e l'Agenzia di Protezione Civile regionale[3].

L'Agenzia di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna si avvale di un sistema informativo territoriale ideato per la rappresentazione geografica dei dati che, a vario titolo, possono essere di utilità per predisporre gli interventi in caso di situazioni emergenziali, quando queste rientrino nelle competenze della struttura regionale. È emerso che anche i dati relativi alle acque sotterranee montane erano di interesse per l'implementazione di questo sistema informativo. Ad esempio, nel caso di siccità che interessino aree consistenti del territorio montano o, più in generale, di interruzioni nell'approvvigionamento idropotabile, è importante disporre di un quadro conoscitivo sulle sorgenti e sulle reti acquedottistiche, opportunamente rielaborato per la pianificazione degli interventi in situazioni emergenziali, per scopi di protezione civile.

Attraverso una sperimentazione è stato possibile individuare un metodo che permettesse di ottenere tale implementazione, partendo dalle basi dati allora disponibili in ambito regionale (si veda a tale proposito la nota a piè di pagina 52): localizzazione delle sorgenti; tracciati "di massima" delle reti acquedottistiche (tratti dalla già citata base informativa regionale, con l'approssimazione connaturata all'edizione provvisoria del 2003); dati dal censimento ISTAT 2001, relativi ai nuclei abitati e alla popolazione residente.

Elaborando questi dati attraverso programmi GIS è stato possibile ottenere un sistema informativo geografico di prima approssimazione che, alla geometria delle reti acquedottistiche, associa geograficamente le sorgenti che lo approvvigionano, i nuclei abitati serviti, con il relativo numero di abitanti residenti e il numero dei punti di approvvigionamento idropotabile da cui questi ultimi dipendono. È stato corredato da informazioni sulla presenza di sorgenti, per le quali verificare le potenzialità relativamente ad eventuali integrazioni dei prelievi, facendo riferimento a quelle storicamente documentate, es. dalla Carta Topografica d'Italia IGMI 1:25.000, situate a monte dei nuclei abitati. Vengono indicati anche gli accumuli di frana in grado di interferire potenzialmente con le reti acquedottistiche; i corpi di frana sono stati selezionati in base alle informazioni contenute nella banca dati sul dissesto (scala 1:10.000) del Servizio Geologico regionale, quando si verificava anche una sola di questa condizioni: frane classificate come attive, appartenenti alle tipologie più pericolose (crolli, colate rapide), oppure quiescenti ma soggette a frequenti riattivazioni da dati storici.

Dato lo stato di alcune delle basi dati necessariamente utilizzate per realizzare questa sperimentazione (essendo le sole ufficialmente disponibili), è stato necessario compiere alcune approssimazioni. Ad esempio, la base dati regionale sulle reti acquedottistiche (da-

[3] Per l'Agenzia di Protezione Civile, il referente dello studio è stato Francesco Lo Jacono, ora in servizio presso il Servizio Area Reno e Po di Volano.

tata al 2003) è stata utilizzata solo per la parte geometrica, con le approssimazioni dovute al diverso grado di completezza per la varie province. Nel 2010, data delle elaborazioni, non erano ancora disponibili i dati più aggiornati del censimento ISTAT 2011; non erano documentabili gli utenti fluttuanti (tra cui quelli delle "seconde case" per intenderci), che in alcuni Comuni montani portano gli abitanti serviti a raddoppiare, se non a triplicare, stagionalmente.

Sulla base di questo metodo di lavoro, ispirato all'integrazione e alla messa in relazione di dati territoriali di diversa natura, sarà possibile procedere ad un aggiornamento dei contenuti della base informativa descritta, seguendo il progredire delle conoscenze a cui si è fatto riferimento.

4.3 Funzionamento idrogeologico di acquiferi peridotitici: il caso del M. Prinzera (Appennino settentrionale, Italia)

Stefano Segadelli Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - **Paolo Vescovi, Alessandro Chelli, Lorenzo Toscani, Tiziano Boschetti, Fulvio Celico** Università di Parma, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra "Macedonio Melloni" - **Antonio Bucci, Gino Naclerio** Università del Molise, Dipartimento di Bioscienze e Territorio - **Alessandro Gargini** Università di Bologna, Dipartimento di Biologia, Geologia e Scienze Ambientali - BiGeA

Gli affioramenti ofiolitici sono per lo più composti da basalti, gabbri, peridotiti e sono abbondantemente diffusi sulla superficie terrestre: da Cuba, alle isole Papua - Nuova Guinea, dalla nuova Caledonia, a Terranova, negli Appalachi, dalle Alpi all'Himalaya attraverso Cipro, Siria, Oman, ecc (Abbate et al., 1986; Dilek, & Furnes, 2011; Dilek, & Furnes, 2014). Queste rocce hanno trovato origine in condizioni sottomarine di dorsali medio-oceaniche e per questo presentano una specifica evoluzione tettonica ed una estesa alterazione idrotermale, successivamente sono state implicate in processi orogenetici.

Dal punto di vista idrogeologico sono stati diffusamente studiati gli acquiferi granitici (e.g., Dewandel et al., 2005; Dewandel et al., 2006; Lachassagne et al., 2001; Lachassagne et al., 2009) ed i basalti (e.g., Cruz & Silva, 2001; Josnin, 2002; Walker et al., 2013), con particolare riferimento alle lave basaltiche solidificate in ambiente subaereo. Non si può dire la stessa cosa per gli affioramenti peridotitici e serpentinitici, per i quali esistono pochi articoli (Dewandel et al., 2005; Boronina et al., 2003; Boronina et al., 2005) che entrano nel merito della caratterizzazione del mezzo e si spinge fino alla messa a punto di un modello concettuale di funzionamento, su base sperimentale.
L'obiettivo principale di questo studio è stato quello di (a) analizzare e comprendere il comportamento idrogeologico di un'idrostruttura peridotitica serpentinizzata, appartenente alle Unità liguridi esterne dell'Appennino settentrionale e, sulla base di quanto emerso, (b) mettere a punto un nuovo modello idrogeologico concettuale.

Per ottenere questo risultato è stata identificata un'area campione (il massiccio ultramafico del M. Prinzera), nella quale è stato messo a punto e sviluppato un iter sperimentale a forte connotazione interdisciplinare. L'idrostruttura del M. Prinzera è stata scelta per i seguenti motivi principali:

- esistono numerosi punti sorgivi utili allo sviluppo delle attività di monitoraggio;
- sono disponibili estesi affioramenti utili allo sviluppo dei rilievi geologico-strutturali e geomorfologici;
- l'area studio è facilmente accessibile;
- esiste una discreta mole di informazioni sulla geochimica delle acque, in lavori editi (Boschetti & Toscani, 2008; Boschetti et al., 2013) e inediti;
- l'area consente lo studio dell'ammasso peridotitico in assenza di disturbi antropici sui naturali equilibri idrogeologici.

4.3.1 Inquadramenti dell'area di studio

4.3.1.1 Inquadramento geografico

Il M. Prinzera (Lat. 44°38'30"N, Long. 10°5'E) è situato in vicinanza della confluenza del fiume Taro e del torrente Sporzana in provincia di Parma e ricade nei territori comunali di Terenzo e Fornovo di Taro. Il paesaggio nell'area di studio è dominato dalle sommità del M. Prinzera (736m s.l.m.) e del M. Prinzerotto (582m s.l.m.) che emergono sul territorio collinare circostante. L'area di studio si estende per circa 1 km^2.

4.3.1.2 Inquadramento geologico-strutturale

L'area di studio è stata descritta da numerosi studi di carattere geologico-petrografico. Di questi verranno descritti solo quei contributi ritenuti utili ai fini del presente studio.

Giammetti (1964) descrive uno studio geopetrografico sul M. Prinzera evidenziando la distribuzione delle serpentine all'interno del complesso ofiolitico e dei loro caratteri mineralogici e chimici, proponendo una carta geopetrografica. Zanzucchi (1980) descrive i principali lineamenti geologici dell'Appennino parmense e propone uno schema degli eventi stratigrafici e tettonici osservati e dedotti sulla base delle unità tettoniche riconosciute. Nella carta delle unità tettoniche proposta, il settore orientale dell'area del M. Prinzera ricade all'interno dell'Unità del M. Caio, mentre il settore occidentale ricade nell'unità di M. Cassio. Recenti studi collocano l'area in esame all'interno di un'unità caotica sedimentaria la cui età di messa in posto è stata attribuita al Messiniano (Artoni et al., 2004).

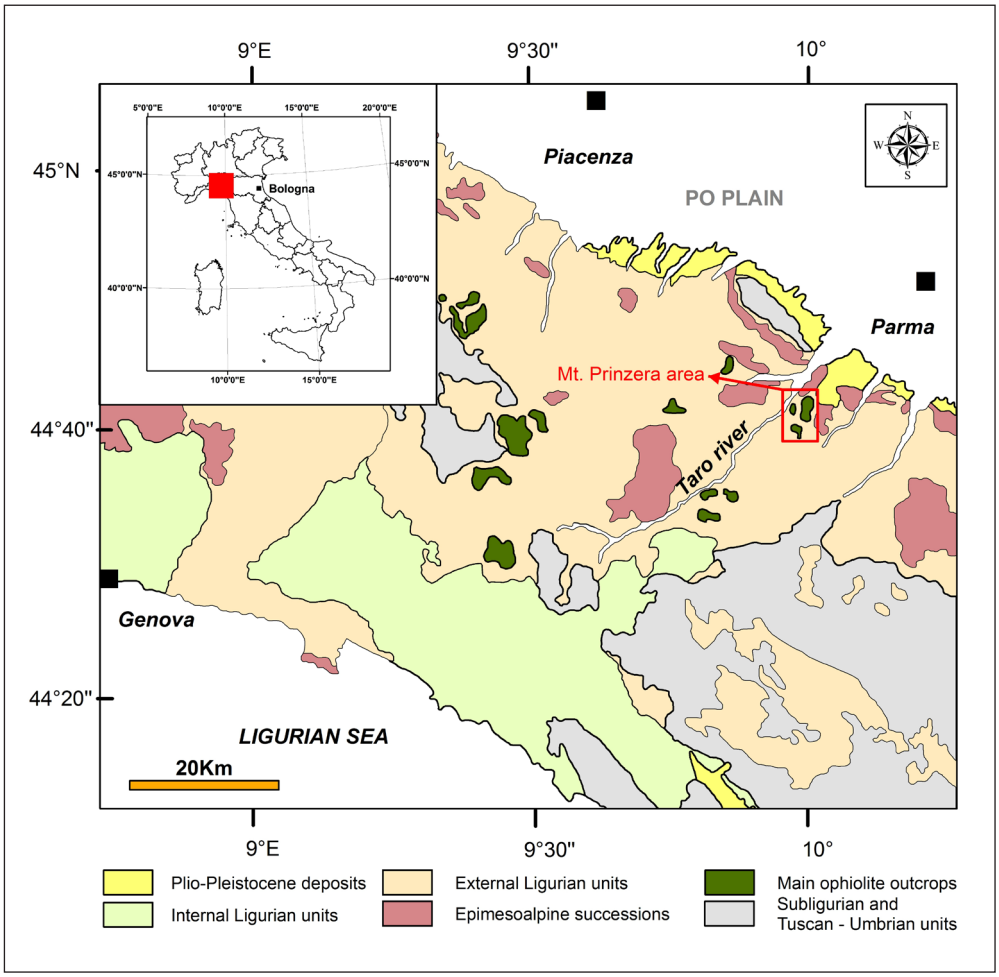


Figura 13.4
Inquadramento geologico-strutturale dell'area di studio. Modificato da Marroni et al., 2010.

Cap. 4

Da un punto di vista della cartografia geologica il M. Prinzera ricade in numerose pubblicazioni che ricoprono un arco temporale ampio che va dagli anni '60 del secolo scorso fino alla recente pubblicazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 199 Parma sud-ovest (Boccaletti & Coli, 1982; Cerrina Feroni et al., 2002; Dalla Casa & Ghelardoni, 1967; Istituto di Geologia dell'Università di Parma, 1966; Servizio Geologico D'Italia, 1968; Servizio Geologico Nazionale, 2005). Rispetto agli obiettivi del presente studio si evidenzia quanto segue:

- l'affioramento del M. Prinzera ricade all'interno di un complesso caotico la cui età di attribuzione cambia a seconda degli Autori e rappresenta un elemento ultramafico incluso in litotipi a prevalente composizione argillosa. Questo consente di identificare il M. Prinzera come un'idrostruttura ben delimitata;
- da un punto di vista strutturale, la zona del M. Prinzera costituisce un elemento piuttosto anomalo nel quadro deformativo del fronte appenninico liguride, caratterizzato da direzioni assiali delle principali strutture che assumono trend Nord-Sud; dal punto di vista del timing, questa deformazione può essere considerata miocenica perché coinvolge la placca di successione epiligure presente in val Sporzana, fino alla Formazione di Antognola, ed è ricoperta in *unconformity* dal messiniano continentale.

4.3.1.3 Inquadramento Idrogeologico e geochimico

Non esistono in letteratura studi specifici di natura idrogeologica per l'area del M. Prinzera, né per idrostrutture ad essa assimilabili. Diversi sono invece i lavori che prendono in considerazione e descrivono dati chimico-fisici ed isotopici su alcune sorgenti presenti all'interno della Riserva Naturale di M. Prinzera.

Venturelli et al., (1977) studiano da un punto di vista geochimico e mineralogico gli effetti del "weathering" sulle rocce ultramafiche del M. Prinzera, proponendo un diverso grado di mobilità a seconda degli elementi considerati. Gli Autori evidenziano come l'elevato tenore in Cr, Mg e Ca di alcune sorgenti stagionali e perenni del M. Prinzera sia da mettere in relazione alla mobilità di questi elementi per effetto del "*weathering*".

Marchiani & Venturelli (2006) studiano gli ambienti acquatici della Riserva del M. Prinzera dal punto di vista idrobiologico, al fine di valutarne il loro stato ecologico.

A scala regionale, Boschetti & Toscani (2008) forniscono una interpretazione dei dati chimico-fisici ed isotopici di alcune sorgenti provenienti da affioramenti ofiolitici appartenenti alle Liguridi esterne nelle valli del Taro e del Ceno (Provincia di Parma). Per queste sorgenti gli autori propongono una composizione chimica che deriva dall'interazione a bassa temperatura tra le acque meteoriche e le rocce basaltiche e ultramafiche. Nel dettaglio, le acque che emergono da rocce basaltiche hanno una composizione Ca-HCO_3 mentre la composizione chimica delle acque che provengono dalle rocce ultramafiche può variare di composizione da Ca-HCO_3 o Mg-HCO_3 a Na-OH o Na-SO_4 con valori di pH che oscillano da 7.3 - 8.8 a oltre 11 rispettivamente.

Da un punto di vista isotopico tutte le acque delle sorgenti analizzate sono di origine meteorica Marchiani & Venturelli (2006) e Boschetti & Toscani (2008).

4.3.2 Materiali e metodi

L'attività sperimentale è stata condotta con una forte impronta interdisciplinare. Più in dettaglio, sono state eseguite le seguenti indagini:

- Rilievi geologico-strutturali;
- Studio geomorfologico;
- Monitoraggio delle portate sorgive;

- Monitoraggio di caratteri chimico-fisici ed isotopici delle acque sorgive e delle precipitazioni;
- Caratterizzazione microbiologica delle acque sorgive, mediante approcci biomolecolari.

Per quanto concerne le attività di monitoraggio multiparametrico, si è proceduto come di seguito sintetizzato. Sono state oggetto monitoraggio n. 14 sorgenti (tra le n. 24 identificate), in parte perenni e in parte stagionali, scelte in modo tale da esaminare numerosi punti d'acqua all'interno dell'idrostruttura in esame. Il monitoraggio è stato complessivamente effettuato da maggio 2012 a luglio 2013, al fine di esaminare le fenomenologie di interesse in un lasso di tempo più ampio di un intero anno idrologico.

Le attività di monitoraggio sono state effettuate con cadenze da giornaliera a semestrale, a seconda degli obiettivi specifici da indagare; più in dettaglio:

- monitoraggio giornaliero o settimanale della conducibilità elettrica, della temperatura e della portata di tutte le 14 sorgenti di cui si è detto in precedenza, da maggio 2012 a luglio 2013;
- analisi isotopiche ($\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$) con cadenza giornaliera o settimanale di acque sorgive (per n. 7 sorgenti ritenute di maggiore interesse) e di acque di precipitazione (raccolte in n. 3 campionatori di pioggia dislocati a differente altitudine);
- analisi isotopiche ($\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$) con cadenza mensile delle acque di tutte le 14 sorgenti oggetto di studio;
- analisi chimiche complete (ioni maggiori e minori) con cadenza semestrale delle acque di tutte le 14 sorgenti oggetto di studio;
- campagna di analisi isotopiche (Trizio) delle acque di n. 5 sorgenti ritenute particolarmente significative;
- campagna di analisi e di caratterizzazione delle comunità di *Archaea* in campioni d'acqua prelevati dalle medesime 5 sorgenti di cui al punto precedente.

Le misure di portata sono state effettuate con metodo volumetrico, in un numero di repliche mai inferiore a 5. Le condizioni di affioramento delle sorgenti esaminate, dato il contesto naturale e la portata ridotta, non hanno infatti consentito l'utilizzo di mulinello o micromulinello idraulico.

4.3.3 Risultati

4.3.3.1 Assetto geologico-strutturale

Il rilevamento geologico dell'area di studio ha portato alla stesura di una carta geologica originale in scala 1:2.500, corredata da una maglia di quattro sezioni geologiche di dettaglio (Figg. 14.4 e 15.4). I corpi litologici individuati e cartografati nell'area di studio sono descritti (dalle quote topografiche più basse a quelle più elevate) in Fig. 17.4. Tale rilevamento è stato eseguito a fini idrogeologici ed ha pertanto contemplato solo le attività ritenute di maggiore interesse in termini di ricaduta sul comportamento idrogeologico dell'idrostruttura del M. Prinzera. Alle distinzioni effettuate all'interno del complesso ultramafico non può essere attribuito un valore stratigrafico, in quanto si riferiscono a un corpo fisicamente circoscritto. Le suddette distinzioni descrivono corpi litologici con caratteristiche omogenee, tettonicamente sovrapposti.

Il rilevamento mesostrutturale ha permesso di riconoscere un assetto strutturale molto complesso, caratterizzato da diversi sistemi di faglie ad alto angolo, nonché da una diffusa foliazione a basso angolo (Fig. 16.4), sempre accompagnata da abbondante sviluppo di serpentino, sia nelle masse peridotitiche ancora integre, sia nei corpi di breccia monogenica.

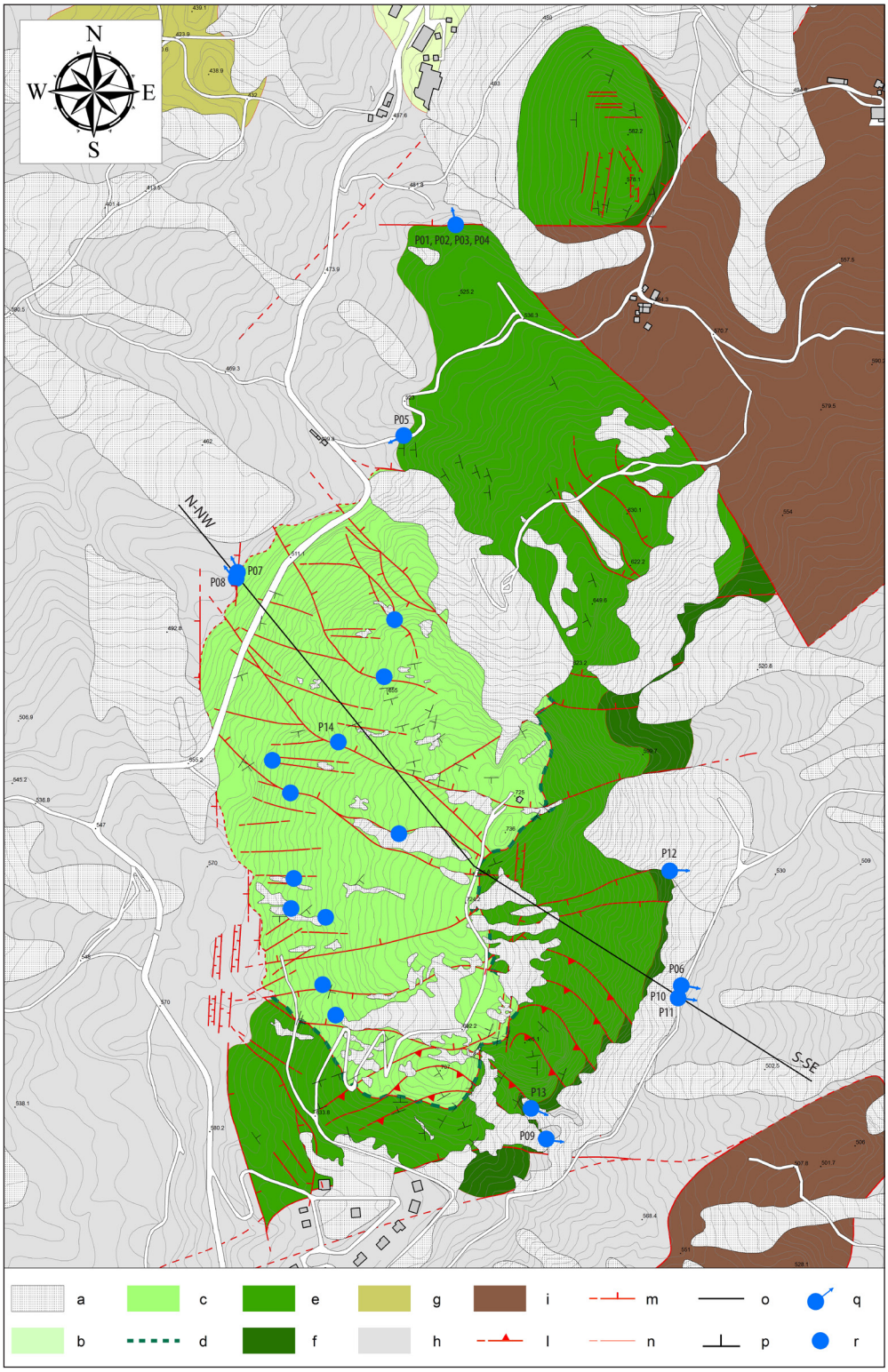


Figura 14.4
Carta geologica dell'area di studio.

a: coperture detritiche e corpi di frana
b: unità 5
c: unità 4
d: unità 3
e: unità 2
f: unità 1
g: peridotite indistinta
h: complesso delle brecce a matrice argillosa
i: flysch a elmintoidi
l: thrust
m: faglia (i trattini quando presenti indicano il lato ribassato)
n: contatto tettonico
o: traccia sezione geologica
p: giacitura della folizione
q: sorgenti basali a regime perenne
r: sorgenti a regime stagionale

Per quanto riguarda i sistemi di faglie ad alto angolo localmente riconosciuti, è stato possibile ricostruire un'evoluzione deformativa fragile, sintetizzabile in quattro fasi principali (Fig. 18.4):

1) una prima fase compressiva con direzione Est-Ovest, in regime trascorrente, che ha prodotto un sistema di faglie sub-verticali coniugate di direzione NW-SE (sinistre) e NE-SW (destre); questa fase è in accordo con quanto riportato in Boccaletti & Coli (1982) e Zanzucchi (1980);

2) una seconda fase, a prevalente compressione Nord-Sud, riutilizza le trascorrenze di prima generazione, invertendone il senso del movimento e sviluppando thrusting nel

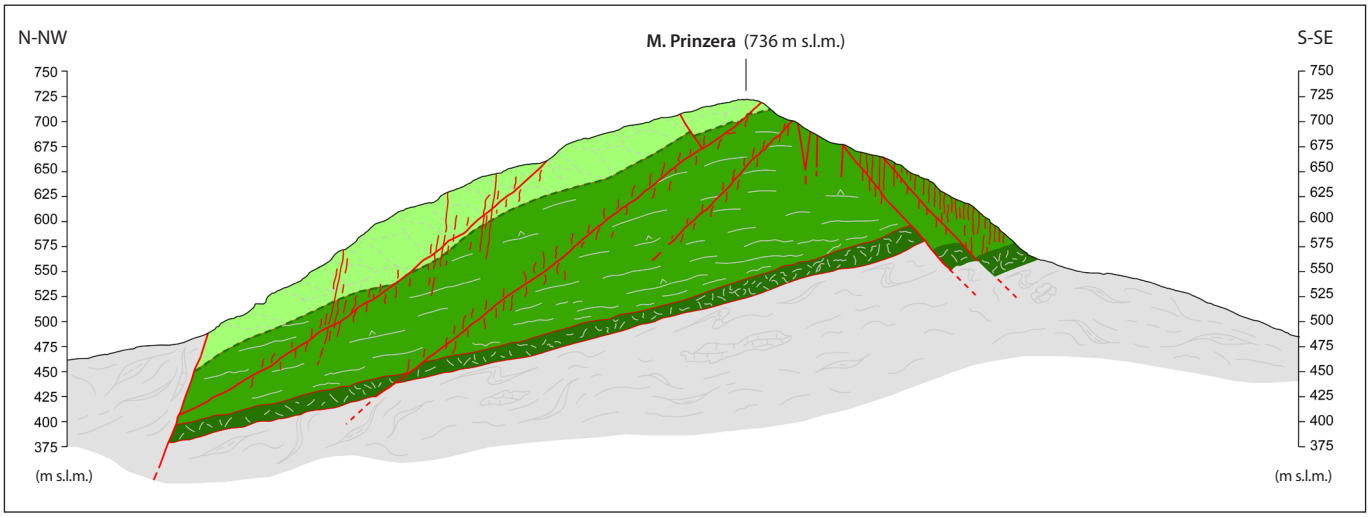


Figura 15.4
Sezione geologica 2 (la traccia è riportata in Fig. 14.4)

settore a Sud della placca peridotitica, e faglie inverse ad alto angolo nel settore a Nord della stessa; l'individuazione di questo campo di sforzi compressivo a direzione Nord-Sud è documentata da Bernini & Clerici (1983) in alcuni affioramenti del Pleistocene continentale del margine appenninico lungo l'incisione del torrente Scodogna;

3) una terza fase è caratterizzata da una generalizzata distensione che sfrutta e riattiva quasi tutte le faglie che si sono formate nella prima e seconda fase, sviluppando rigetti in genere limitati; questa fase distensiva può essere connessa al sollevamento più recente del margine appenninico durante il Pleistocene-Olocene (Di Dio et al., 2005);

4) infine si riscontra un generalizzato detensionamento della fratturazione, soprattutto quella orientata sulla direzione Nord-Sud, che può essere stato indotto dalla intensa attività erosiva del fiume Taro e del torrente Sporzana che ha favorito lo sviluppo di fenomeni gravitativi sui versanti.

In questa evoluzione deformativa sono state riconosciute due tipi di deformazione fragile, una che sfrutta e concentra il serpentino lungo le superfici di scorrimento con rigetti significativi (fasi 1 e 2 dell'elenco precedente), la seconda che si articola con rigetti minori e indipendentemente dalle concentrazioni di serpentino (fasi 3 e 4 dell'elenco precedente). Gli effetti delle fasi 3 e 4 sono facilmente riconoscibili perché hanno lasciato nell'ammasso ultramafico le tracce più evidenti da un punto di vista morfologico (Chelli et al. 2015).

Questa fase dell'attività di campagna ha evidenziato che esistono delle discontinuità tettoniche localizzate nel settore Sud dell'ammasso ultramafico, con orientazione prevalente SSO-NNE, che hanno rigetti dell'ordine di alcune decine di metri. Questi rigetti hanno indotto una dislocazione del substrato impermeabile di entità tale da giocare un ruolo idrogeologico significativo.



Figura 16.4
Esempio di foliazione di tipo phacoidale.

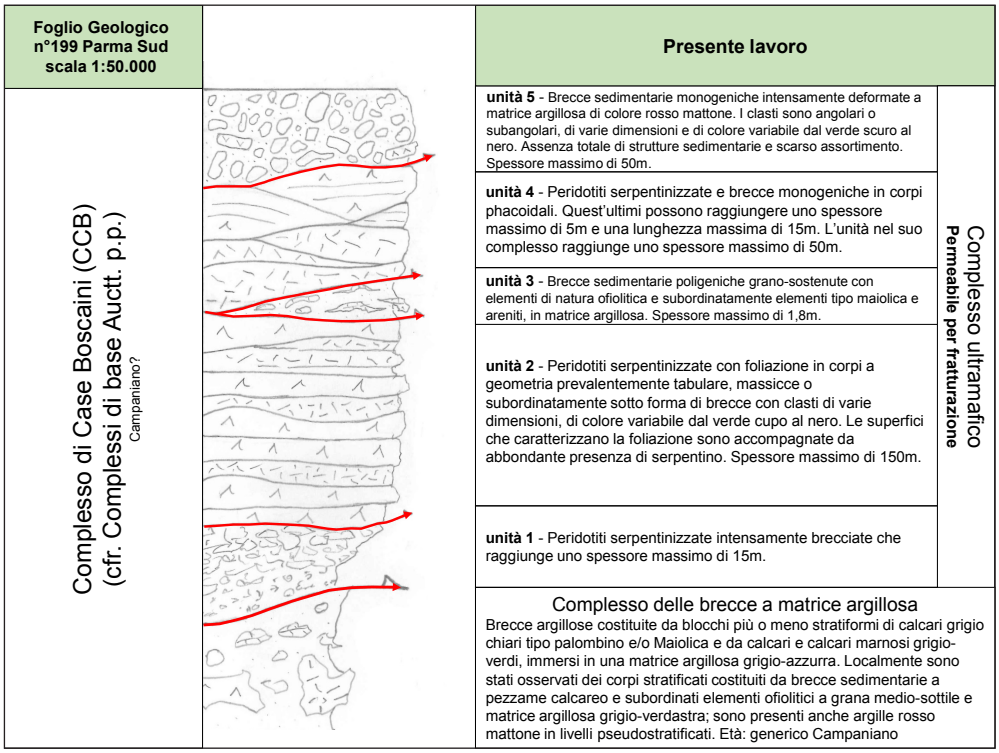


Figura 17.4
Rappresentazione schematica in verticale dei diversi corpi litologici tettonicamente sovrapposti individuati nell'area di studio. Il tratto rosso evidenzia superfici tettoniche che separano unità con caratteristiche litologiche omogenee.

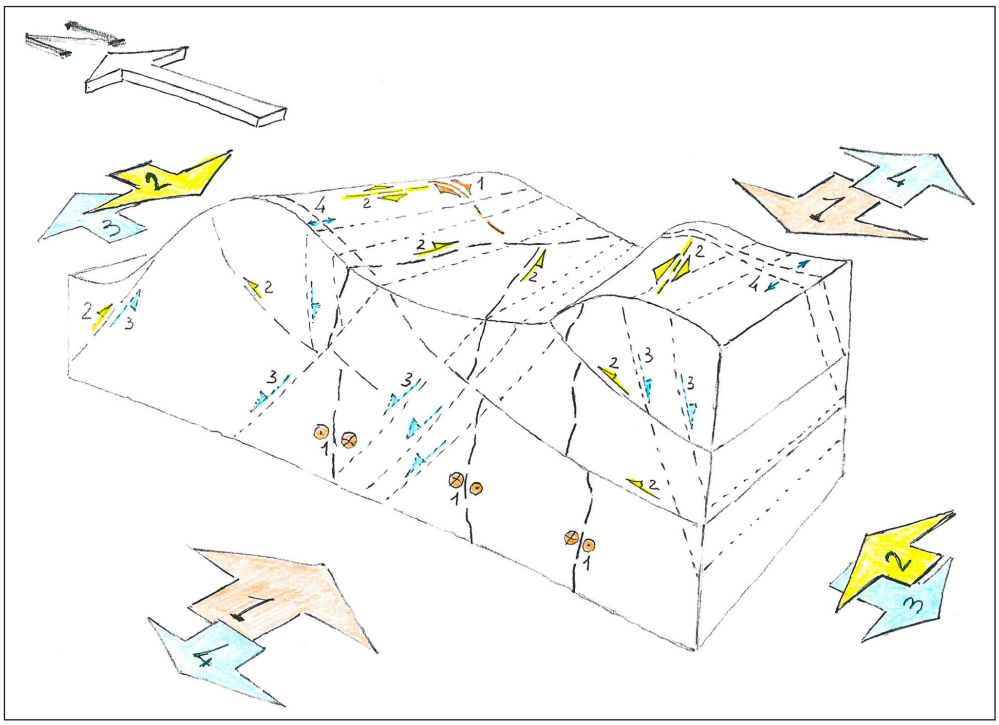


Figura 18.4
Block diagram che mostra le varie fasi deformative riconosciute nel M. Prinzera (disegno non in scala).

4.3.3.2 Indagini multidisciplinari

Si procede qui di seguito ad una sintesi degli aspetti principali che hanno consentito di comprendere il funzionamento idrogeologico del sistema acquifero. In particolare si metteranno a confronto una sorgente tipo di alta quota e una sorgente tipo di basale in funzione dei diversi parametri indagati.

4.3.3.2.1 Regime termico

Le sorgenti d'alta quota, stagionali, hanno mostrato fluttuazioni termiche di entità prossima a quella registrata in atmosfera, con un regime perfettamente sincrono (Fig. 19.4); le sorgenti basali, perenni, hanno mostrato fluttuazioni termiche meno accentuate, con un regime chiaramente condizionato da quello atmosferico, ma traslato in avanti (Fig. 20.4).

Il comportamento delle sorgenti d'alta quota è associabile ad emergenze alimentate, in toto o in gran parte, da corpi idrici sotterranei che defluiscono in zona di eterotermia anche giornaliera, quindi a profondità relativamente ridotta dal piano campagna. Il comportamento delle sorgenti basali è associabile ad emergenze alimentate, in parte, da acque sotterranee che defluiscono in zona di eterotermia (più stagionale che giornaliera) ed, in parte, da acque sotterranee che defluiscono in zona di omotermia (nel complesso, acque che defluiscono a profondità relativamente elevate dal piano campagna).

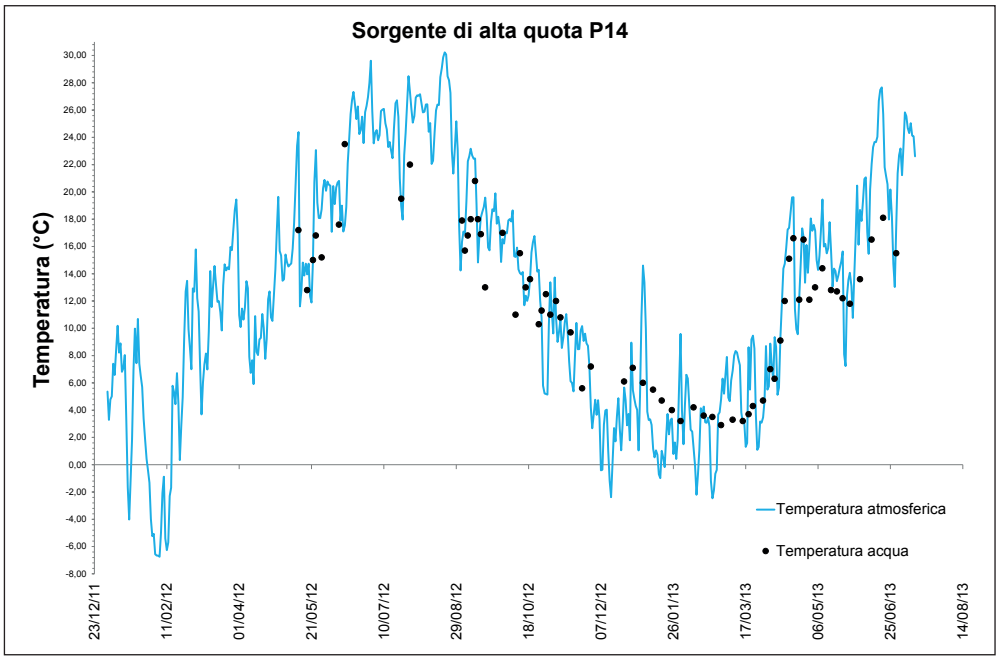


Figura 19.4
Variazioni nel tempo della temperatura di una sorgente (P14) d'alta quota, stagionale, e fluttuazioni termiche in atmosfera.

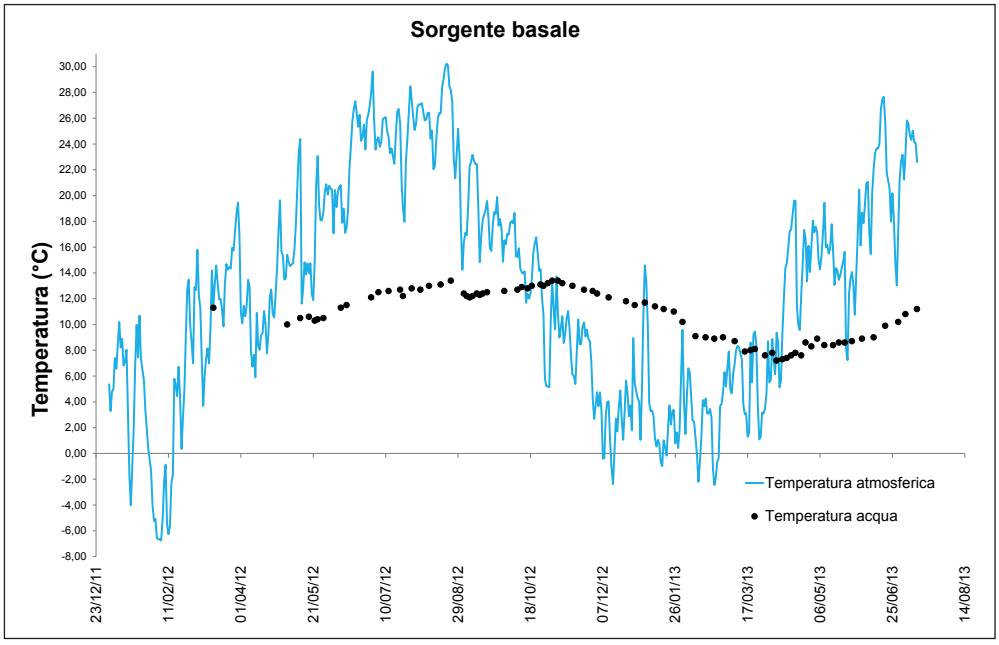


Figura 20.4
Variazioni nel tempo della temperatura di una sorgente basale (P8) e fluttuazioni termiche in atmosfera.

4.3.3.2.2 Interrelazioni tra portate e conducibilità elettrica

I risultati ottenuti dal monitoraggio della conducibilità elettrica delle acque sorgive vengono di seguito sintetizzati in funzione delle contestuali fluttuazioni di portata delle medesime sorgenti (Figg. da 21.4 a 24.4).

Tutte le sorgenti monitorate (sia basali, sia d'alta quota) hanno mostrato una fluttuazione temporale della portata, con idrogrammi annuali quasi sempre multipicco; la configurazione multipicco dell'idrogramma di portata mette in evidenza l'esistenza di dinamiche relativamente rapide, anche se concettualmente riferibili a due differenti meccanismi principali (a) arrivo rapido al recapito sorgivo di acque di neoinfiltrazione e (b) arrivo rapido di acque di neoinfiltrazione sulla superficie piezometrica, con conseguente incremento del carico idraulico e, quindi, della portata sorgiva.

A quanto sopra detto, si osserva anche un sostanziale sincronismo tra gli idrogrammi multipicco delle sorgenti basali e quelli delle sorgenti d'alta quota. Tuttavia, a dispetto del sincronismo, è stato osservato un rapporto tra fluttuazioni di portata e variazioni di conducibilità elettrica nelle acque sorgive che delinea due scenari distinti:

- le sorgenti d'alta quota mostrano un rapporto inverso tra portata e conducibilità elettrica, con incrementi di portata a cui sono associati sincroni decrementi di conducibilità;
- le sorgenti basali mostrano un rapporto diretto tra portata e conducibilità elettrica, con incrementi di portata a cui sono associati sincroni incrementi di conducibilità.

Quanto detto indica che le sorgenti d'alta quota sono alimentate da circuiti rapidi e, tenendo conto anche di quanto accertato dal regime termico, sub-corticali; le sorgenti basali sono alimentate da circuiti almeno in parte più prolungati e, tenendo conto anche di quanto accertato dal regime termico, relativamente profondi. Come conseguenza, gli incrementi di portata delle sorgenti d'alta quota sono legati, non solo all'arrivo in falda delle acque di neo-infiltrazione (incremento del carico idraulico), ma anche all'arrivo rapido, delle medesime acque (a bassa conducibilità elettrica), al recapito sorgivo. Gli incrementi di portata delle sorgenti basali sono legati prevalentemente all'arrivo in falda delle acque di neo-infiltrazione e, quindi, al conseguente incremento del carico idraulico. Tale incremento del carico, tra le altre cose, favorisce la mobilizzazione di maggiori volumi di acque a circuito più profondo e maggiormente mineralizzate, ed il relativo incremento del contributo di queste ultime ai recapiti sorgivi.

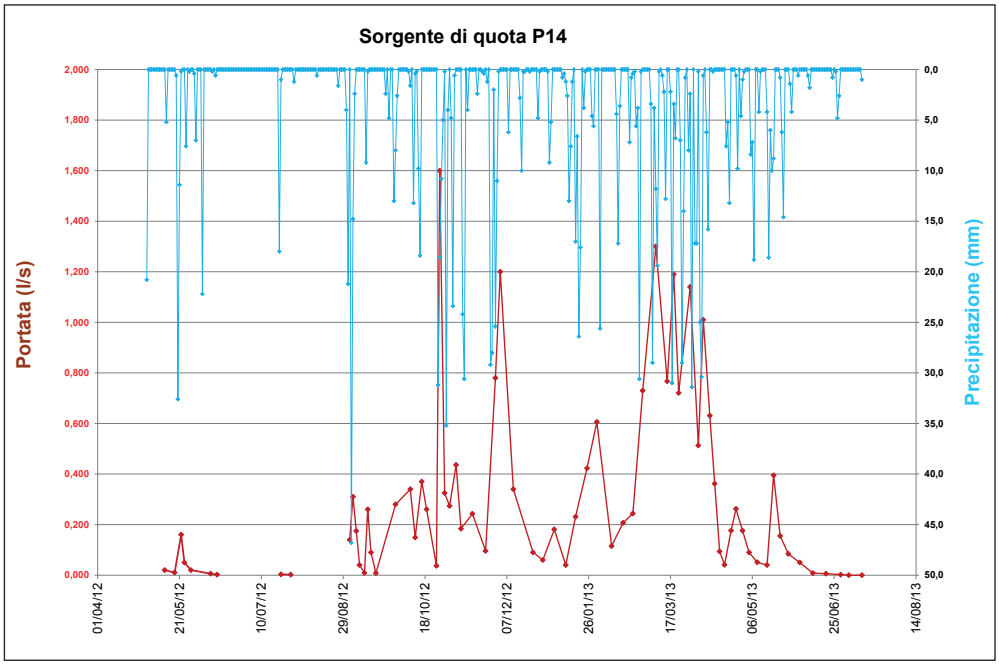


Figura 21.4
Idrogramma di portata (linea rossa) di una sorgente d'alta quota vs. regime pluviometrico (istogramma).

Cap. 4

Le differenti modalità di alimentazione dominante delle sorgenti d'alta quota e di quelle basali sono confermate anche dai coefficienti di esaurimento calcolati applicando l'equazione di Maillet (1905), dai quali emergono valori (dell'ordine di $1x10^{-1}$ giorni^{-1}) per le emergenze d'alta quota molto più alti di quelli (dell'ordine di $1x10^{-3}$ giorni^{-1}) relativi alle emergenze basali; nello specifico:

- i valori più elevati, di cui sopra, caratterizzano la fase di esaurimento in un mezzo relativamente permeabile e/o in un acquifero di alimentazione di limitata estensione;
- i valori più bassi, di cui sopra, caratterizzano la fase di esaurimento in un mezzo relativamente poco permeabile e/o in un acquifero di alimentazione di estensione relativamente ampia.

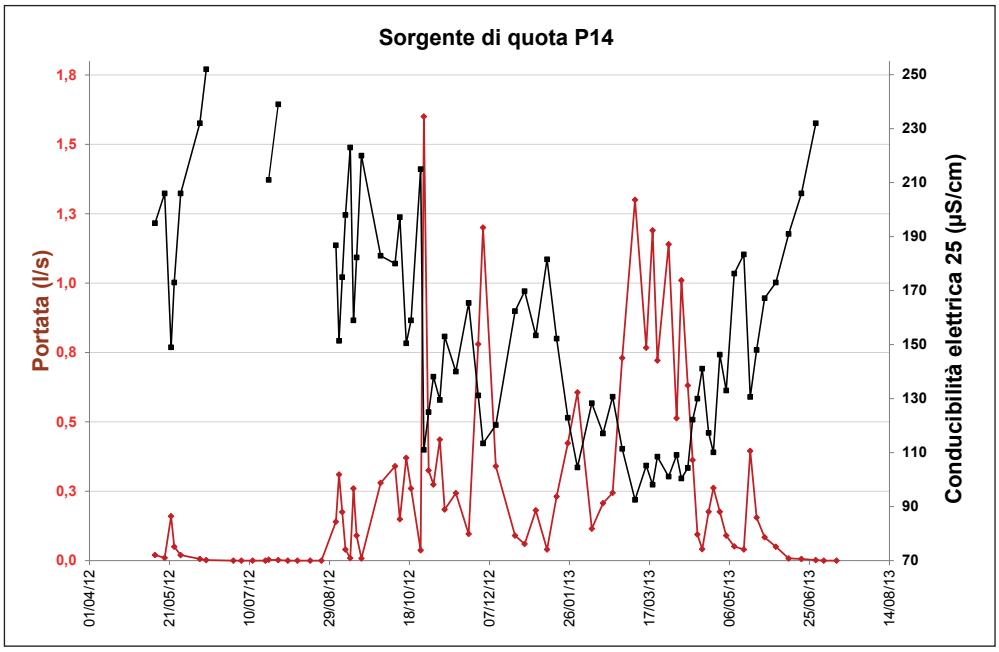


Figura 22.4
Idrogramma di portata (linea rossa) di una sorgente d'alta quota vs. variazioni temporali della conducibilità elettrica (linea nera).

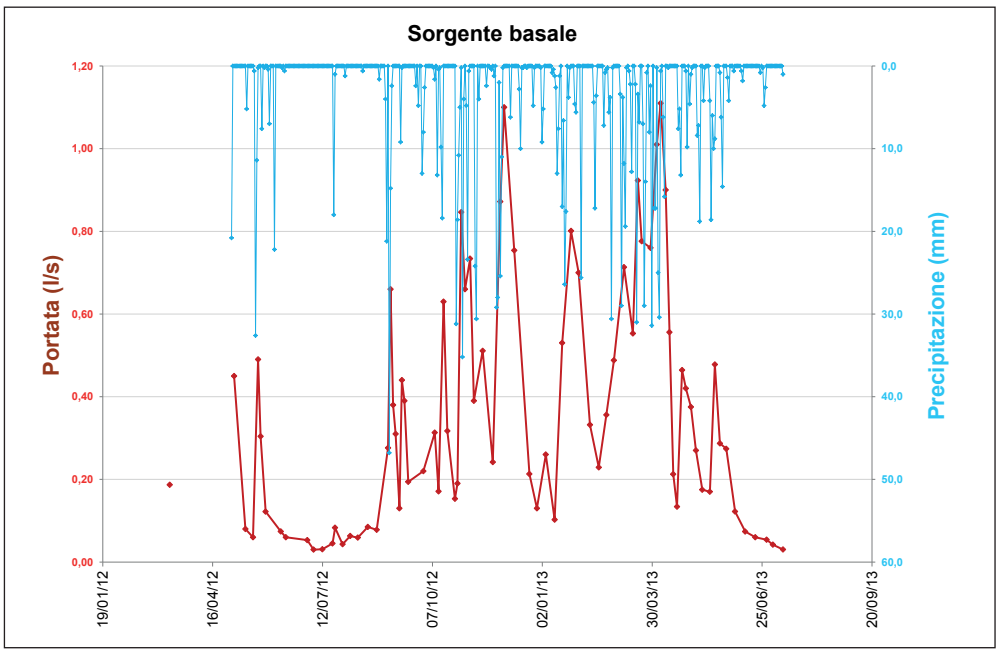


Figura 23.4
Idrogramma di portata (linea rossa) di una sorgente basale (P08) vs. regime pluviometrico (linea azzurra).

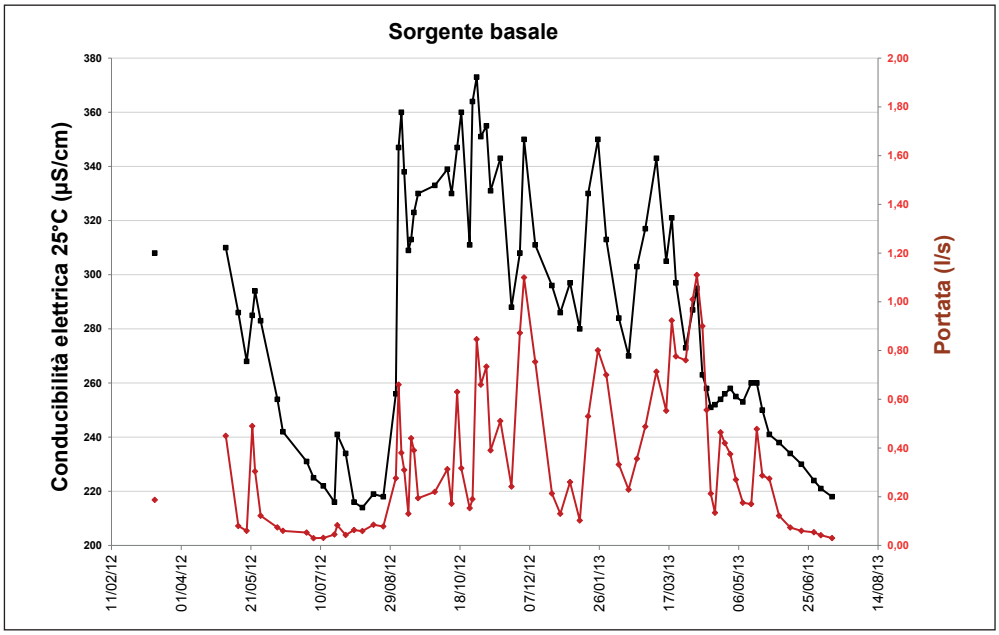


Figura 24.4
Idrogramma di portata (linea rossa) di una sorgente basale vs. variazioni temporali della conducibilità elettrica (linea nera).

4.3.3.3 Indagini isotopiche

Vengono riportati alcuni elementi particolarmente efficaci nel completare il quadro conoscitivo desumibile dall'analisi degli idrogrammi di portata, nonché delle fluttuazioni temporali di temperatura e di conducibilità elettrica. In modo particolare ci si sofferma sulla differenza di comportamento osservato tra sorgenti d'alta quota e sorgenti basali, in termini di variazione nel tempo del contenuto isotopico ($\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$), alla luce di quanto contestualmente accertato nelle precipitazioni locali. Schematizzando (Fig. 25.4):

- le precipitazioni hanno mostrato significative variazioni di contenuto isotopico;
- al fluttuare del contenuto isotopico nelle precipitazioni è corrisposto un fluttuare pressoché sincrono e concorde del contenuto isotopico nelle acque delle sorgenti d'alta quota;
- contemporaneamente, le sorgenti basali hanno mostrato fluttuazioni molto meno marcate di quelle registrate nelle sorgenti d'alta quota ed anche più modulate.

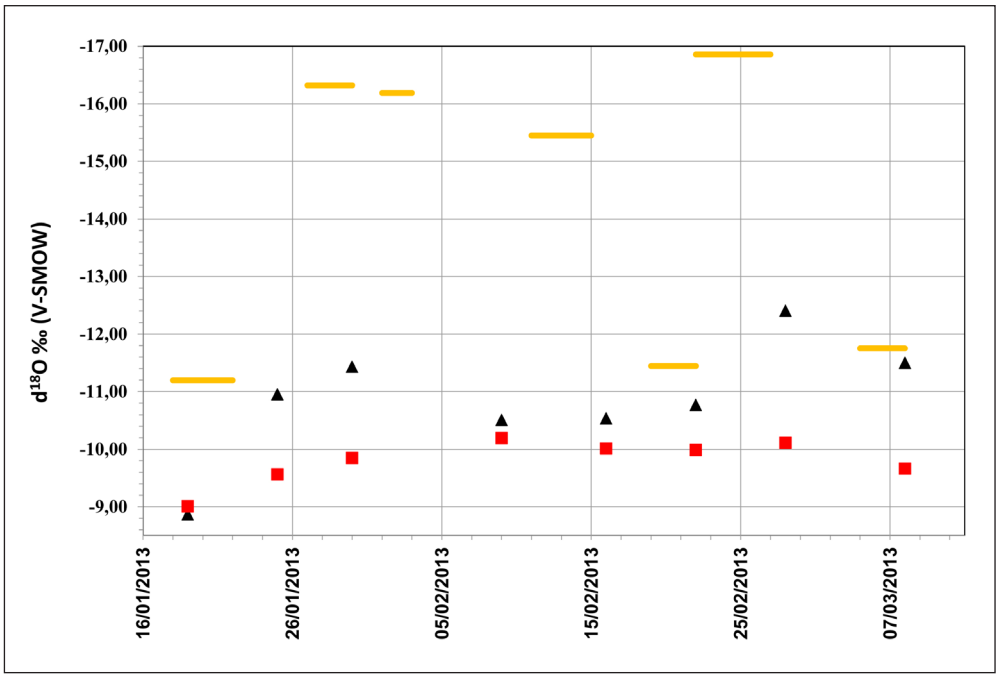


Figura 25.4
Variazioni temporali del contenuto isotopico nelle precipitazioni (tratto arancione), nelle acque di una sorgente d'alta quota (triangolo nero) ed in quelle di una sorgente basale (quadrato rosso).

Quanto sopra sintetizzato dimostra ancora una volta che le sorgenti d'alta quota sono alimentate da circuiti molto rapidi e/o superficiali, mentre le sorgenti basali sono alimentate, in toto o in parte (a seconda dei punti d'acqua esaminati), da acque a circuito più prolungato e/o profondo.

Per quanto concerne il trizio, i risultati ottenuti consentono di affermare che le acque delle emergenze d'alta quota hanno un contenuto isotopico in linea con quello delle precipitazioni (8,1 U.T. in P14), a testimonianza ulteriore di brevi tempi di residenza di queste risorse idriche all'interno del mezzo insaturo e saturo. Le acque della sorgente basale iperalcalina (P07) hanno un contenuto isotopico estremamente elevato (91,0 U.T.), molto più elevato di quello delle precipitazioni attuali. Tale elemento consente di ricondurre in toto o in gran parte queste acque sorgive alle fasi storiche in cui sono avvenute le esplosioni nucleari che hanno indotto precipitazioni arricchite in questo isotopo radioattivo dell'idrogeno; di conseguenza, tale valore dimostra inconfutabilmente l'esistenza di circuiti molto prolungati all'interno del mezzo.

4.3.3.4 Indagini geochimiche

Le acque sorgive del M. Prinzera possono essere classificate da un punto di vista chimico come bicarbonato magnesiache Mg-HCO_3 e, in minima parte (sorgente P07), come iperalcaline (pH >10). Al di là della classificazione, le diverse sorgenti risultano caratterizzate anche da uno spettro composizionale relativamente diversificato, compatibile con la coesistenza, nel medesimo sistema acquifero, di circuiti più e meno rapidi e/o più e meno profondi.

4.3.4 Discussione

Gli elementi acquisiti nel corso della ricerca consentono di delineare uno scenario idrogeologico piuttosto articolato. Circoscrivendo la presente discussione agli aspetti che ruotano soprattutto intorno al modello idrogeologico concettuale, si è scelto di evidenziarne per punti le caratteristiche salienti (Figg. 26.4 e 27.4):

- l'idrostruttura ofiolitica è caratterizzata da significativa eterogeneità verticale e orizzontale, dal punto di vista idraulico;
- lungo il piano orizzontale, si sottolinea soprattutto l'esistenza di discontinuità tettoniche che hanno quanto meno indotto una dislocazione tale del sottostante substrato impermeabile, da far sì che le zone in cui si registrano i maggiori rigetti fungano da spartiacque sotterranei;
- ciò induce una compartimentazione idraulica del sistema acquifero, con riferimento alla zona satura basale, con conseguente frammentazione delle emergenze sorgive basali, che vanno a disporsi in diverse porzioni del contatto tra il massiccio ofiolitico e l'impermeabile di bordo;
- lungo il piano verticale, la presenza di un orizzonte a forte componente argillosa (unità 3) interposto tra le peridotiti con foliazione di tipo tabulare (in basso) e quelle con foliazione di tipo phacoidale (in alto), induce un contrasto di permeabilità tale da consentire la formazione di una falda sospesa, sia pure solo nel corso delle fasi di maggior infiltrazione efficace;
- la discontinuità areale del suddetto orizzonte a matrice argillosa fa sì che esso, alla scala del presente studio, si comporti come un elemento semi-permeabile che consente, al contempo, l'immagazzinamento ed il deflusso temporaneo di un corpo idrico sotterraneo sub-corticale (falda sospesa) e la percolazione verso una più profonda falda basale;
- nel complesso, quanto meno laddove sussiste la presenza del suddetto orizzonte a bassa permeabilità, coesistono due circuiti idrici sotterranei, di cui uno rapido e sub-corticale e l'altro più lento e prolungato, nonché profondo;

- vista la natura (dislocazione altimetrica del substrato impermeabile) dello spartiacque sotterraneo in falda basale, i versi di flusso della falda più profonda e di quella sospesa possono anche essere discordanti;
- la compartimentazione della falda basale rende conto ulteriormente delle seguenti differenze riscontrate tra le sorgenti della cintura basale:
  - presso le sorgenti analizzate lungo il settore occidentale si rinviene:
    - metano di firma biotica, come avvalorato anche dalla caratterizzazione degli Archaea su base biomolecolare;
    - pH anche molto elevato, con punte di 11,41;
    - potenziale redox anche fortemente negativo;
    - elevato contenuto in cloruri (fino a 21 mg/l), sintomatico di una prolungata interazione acqua-roccia;
    - acque bicarbonato-magnesiache ed iperalcaline;
  - diversamente, presso le sorgenti analizzate lungo il settore orientale si rinviene:
    - assenza di metano;
    - pH sempre inferiore a 8,5;
    - potenziale redox sempre positivo;
    - cloruri in concentrazione inferiore al limite di rilevabilità;
    - acque esclusivamente bicarbonato-magnesiache;
- in prossimità delle sorgenti basali collocate nella porzione di idrostruttura in cui sussiste anche falda sospesa, si viene a creare una zona di saturazione all'interno di un mezzo eterogeneo "stratificato";
- all'interno di questa porzione satura dell'idrostruttura, si assiste perciò ad una variazione del carico idraulico lungo la verticale, nonché a fenomeni di rifrazione delle linee di flusso lungo le superfici di contatto tra le componenti più e meno permeabili del mezzo;
- il fenomeno della rifrazione è più significativo a monte idrogeologico dei recapiti sorgivi, minimizzandosi nella porzione terminale dell'idrostruttura, in cui il carico idraulico tende a diminuire estesamente dal basso verso l'alto, per consentire il complessivo recapito della falda verso il punto a potenziale imposto (sorgente);
- nel complesso, si nota un gradiente idraulico molto più elevato nel mezzo saturo subcorticale e molto più basso in quello basale;
- in merito al mezzo saturo profondo, misure piezometriche effettuate in una limitrofa idrostruttura ofiolitica (M. Zirone), oggetto di perforazione di n. 2 piezometri, hanno con-

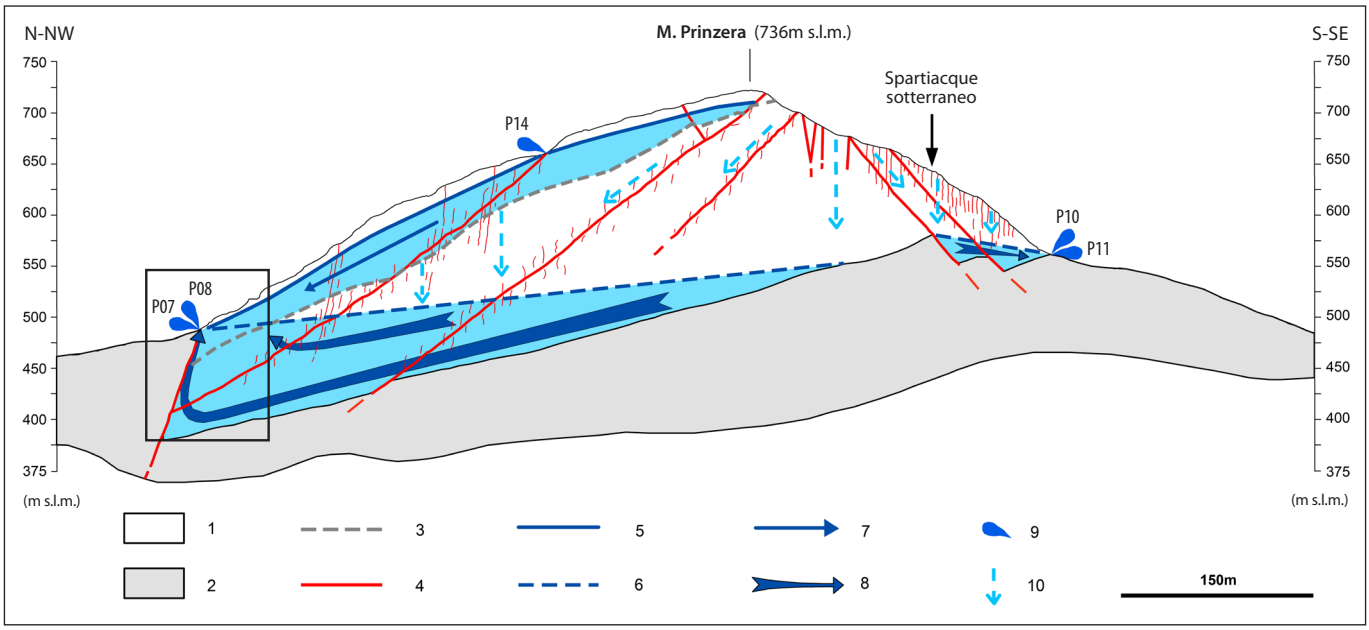


Figura 26.4
Sezione idrogeologica.
1: complessi idrogeologici ultramafici
2: complesso idrogeologico delle brecce a matrice argillosa (impermeabile relativo)
3: semi-permeabile discontinuo
4: faglia
5: superficie freatica della falda sospesa
6: superficie piezometrica della falda basale
7: linea di flusso della falda sospesa
8: linea di flusso della falda basale
9: sorgenti e relativa sigla
10: percolazione nel mezzo insaturo

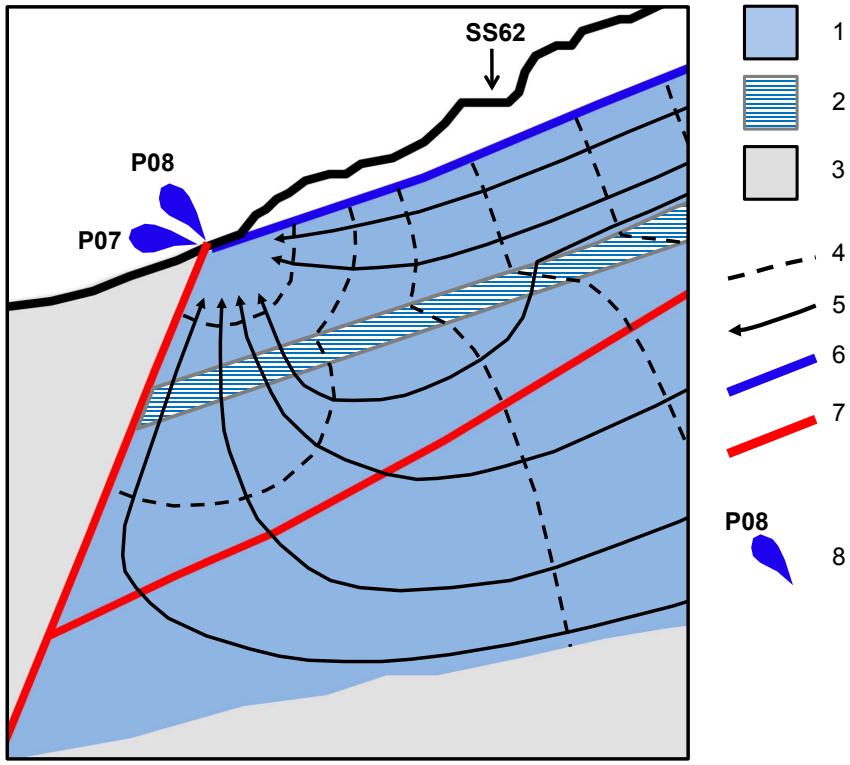


Figura 27.4
Reticolo di flusso concettuale nella porzione satura posta a ridosso delle sorgenti basali.
1: complessi idrogeologici ultramafici
2: orizzonte semi-permeabile
3: complesso idrogeologico delle brecce a matrice argillosa (impermeabile relativo)
4: linee equipotenziali
5: linee di flusso
6: livello freatico
7: faglia
8: sorgenti e relativa sigla

sentito di accertare un gradiente idraulico pari a circa il 2-3%, perfettamente in linea con il modello concettuale sopra esposto;

- questo modello di funzionamento è in grado di spiegare il sincronismo nelle fluttuazioni di portata di sorgenti basali e d'alta quota (laddove coesistenti), nonché la possibilità di miscela (in diverse proporzioni) tra acque a circuito più e meno rapido.

4.3.5 Conclusioni

I risultati ottenuti hanno consentito di espandere ed affinare considerevolmente lo spettro di conoscenze idrogeologiche relative al funzionamento di idrostrutture ofiolitiche.

Il rilevamento geologico-strutturale effettuato ha evidenziato che il mezzo ultramafico può essere composto (nei casi simili al M. Prinzera) da unità litologiche distinte e tettonicamente sovrapposte; sovrapposizione che, unita alla presenza di unità semi-permeabili, può generare la sovrapposizione di una falda sospesa stagionale, a deflusso sub-corticale, su una falda basale, a deflusso più prolungato e profondo.

Dal un punto di vista idrogeologico la placca ofiolitica del M. Prinzera si comporta come un sistema eterogeneo a multifalda, che localmente si può comportare come un sistema eterogeneo monofalda quando i due circuiti di circolazione sotterranea vengono a contatto tra loro. Il dato geologico-strutturale rappresenta una importante novità perché l'analisi della cartografia geologica disponibile dell'area di studio e più in generale in ambito appenninico, ha evidenziato come corpi ofiolitici tipo "M. Prinzera" sono spesso considerati come masse peridotitiche litologicamente indistinte.

È stato possibile accertare la grande importanza della deformazione fragile più recente. In particolare, nei casi in cui le peridotiti sono geometricamente sovrapposte a corpi geologici a bassa permeabilità, la presenza di discontinuità tettoniche ad alto angolo e dal rigetto

significativo, può influenzare significativamente l'idrodinamica sotterranea basale, inducendo una compartimentazione dell'idrostruttura. Questa compartimentazione, unita agli elementi di eterogeneità verticale, induce la frammentazione dei recapiti sorgivi, nonché una notevole diversificazione dei caratteri idrochimici delle stesse emergenze.

In questo modo sono state cartograficamente individuate situazioni idrogeologiche ben caratterizzabili sia dal punto di vista geologico che dei locali acquiferi. Questo risultato ha delle sicure ricadute dal punto di vista applicativo in termini sia di tutela che di utilizzo delle risorse idriche sotterranee.

Il modello idrogeologico concettuale individuato per il M. Prinzera su basi sperimentali ha permesso di mettere appunto un approccio metodologico multidisciplinare al fine di riconoscere gli elementi di analisi propedeutici alla caratterizzazione degli acquiferi peridotitici serpentinizzati. Questo potrà essere molto utile anche per chiarire situazioni simili che si riscontrano nell'ambito di altre unità ofiolitiche appenniniche appartenenti alle Liguridi esterne.

4.4 Il piano di monitoraggio della cava di Monte Zirone (Comune di Terenzo, Provincia di Parma)

Andrea Pelosio Provincia di Parma. *Attualmente:* Regione Emilia-Romagna, Servizio Coordinamento Interventi Urgenti e Messa in Sicurezza **- Pietro Boggio Tomasaz** Provincia di Parma. *Attualmente:* ARPAE - Struttura Autorizzazioni e Concessioni di Parma **- Lorenzo Negri, Marco Vannucchi, Matteo Righi** Geologi, liberi professionisti, Geostudi Srl

Nell'ambito della gestione delle problematiche connesse alle attività estrattive, la normativa del vigente[4] Piano Infraregionale delle Attività Estrattive della Provincia di Parma (PIAE, Variante Generale del 2008) prevede espressamente che le cave di pianura siano dotate di sistemi di controllo quali-quantitativo delle acque falde sotterranee (piezometri e pozzi di controllo) ed inoltre detta specifiche limitazioni alle attività estrattive in zone ad alta sensibilità idrogeologica.

In particolare, l'art. 14 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA: Particolari indirizzi e prescrizioni per le attività estrattive comunali), richiamando la normativa regionale (Piano di Tutela delle Acque) e provinciale (PTCP - Variante di approfondimento in materia di tutela delle acque) vigenti in materia di salvaguardia delle acque sotterranee di pianura, vieta e/o disciplina in maniera assai cautelativa le attività di cava in aree di ricarica diretta degli acquiferi A-B-C-D, localizzate sia in ambito fluviale che extrafluviale.

Inoltre, il successivo art. 31 (Tutela degli acquiferi sotterranei), predispone tutta una serie di misure preventive (da adottarsi in fase progettuale) ed operative (da perseguire durante la fase di estrazione e di sistemazione finale) mirate a garantire l'assenza di interferenze tra la cava e le acque ad essa soggiacenti. Tra le misure più significative, si citano l'obbligo di realizzare almeno due piezometri per il controllo della falda sotterranea, di estendere il monitoraggio anche all'eventuale bacino idrico di cava e di vietare il ritombamento del vuoto di cava quando viene intercettata una falda idrogeologicamente significativa.

Queste azioni di monitoraggio costituiscono obblighi, che vengono meglio definiti nell'ambito delle procedure di impatto ambientale (cui sono necessariamente sottoposte tutte le cave) e quindi codificati nell'autorizzazione estrattiva.

Le misure e gli obblighi di tutela e monitoraggio sopra illustrati sono di fatto finalizzati a garantire l'assenza di interferenze negative dell'attività estrattiva nei confronti della quali-

[4] Si fa riferimento agli strumenti di pianificazione vigenti nel 2008 e alle competenze delle Province in materia di atti-vità estrattive, nel contesto anteriore alla soppressione di questi Enti.

tà delle acque di falda e rappresentano pertanto tutele di tipo statico, sia perché preventive (studiate a tavolino) sia perché non intervengono sugli aspetti quantitativi della falda.

Per meglio sviluppare le attività di controllo delle cave di pianura, è da diversi anni attiva una convenzione tra la Provincia di Parma e l'ARPA (ora ARPAE), che porta quest'ultima ad acquisire le periodiche relazioni idrogeologiche (trimestrali o semestrali) che le ditte esercenti debbono (per le normative sopra richiamate) trasmettere all'autorità di vigilanza, al fine di dimostrare sia l'esecuzione delle indagini previste che l'assenza di pregiudizi per le falde sotterranee.

Le norme di tutela e le attività di controllo pubbliche sopra esplicitate, vengono come detto di norma eseguite per le cave di pianura, nelle quali è certo l'instaurarsi di interferenze tra l'attività estrattiva e la falda sotterranea.

Per le cave localizzate in media collina o in zone montane, questo obbligo di cautela non è generalmente vigente, sia per la difficoltà (ed onerosità) di realizzare sistemi di monitoraggio idrogeologico in tali areali, sia perché la maggior parte di queste cave non interferiscono con i sistemi idrogeologici locali, date le loro modalità estrattive (ridotte superfici e modeste profondità di scavo) e/o le caratteristiche litotecniche dei materiali estratti (argilliti, marne, arenarie massive). È tuttavia previsto il divieto di effettuare attività estrattive a distanza minore di 50 metri da sorgenti, acquedotti e relativi serbatoi (art. 22 delle NTA), ovvero in prossimità di opere per l'estrazione di acque destinate al consumo umano (art. 24).

Sulla scorta di tali disposizioni, è compito del proponente dell'attività estrattiva di dimostrare, in sede di espletamento delle procedure di VIA, il rispetto dei divieti sopra elencati, nonché più in generale l'assenza di interferenze tra la futura cava ed il sistema idrogeologico locale.

Quanto sopra è stato applicato alla grande cava (500.000 mc di potenzialità estrattiva) di ofioliti di Monte Zirone, localizzata in media Val Taro in Comune di Terenzo, nella quale è stato evidenziato, durante l'espletamento delle procedure di impatto ambientale, che l'attività estrattiva poteva interferire con il sistema idrogeologico sotterraneo, importante in quanto correlato con alcune sorgenti utilizzate a scopo umano ad uso acquedottistico e idro-minerario.

La cava di Monte Zirone, attiva fin dalla metà degli anni '90 del secolo scorso, ha attuato modalità di estrazione via via sempre più profonde, intaccando quindi rilevanti spessori del serbatoio idrico rappresentato dal rilievo ofiolitico omonimo. Per verificare la sostenibilità di tale approfondimento e consentire quindi la prosecuzione della cava, nell'ambito dell'ultima richiesta di rinnovo dell'autorizzazione estrattiva (presentata anno 2006) la Conferenza dei servizi istituita ai sensi della L.R. 9/99 in materia di VIA, di cui facevano parte il Comune di Terenzo, la Provincia di Parma, l'ARPA e l'Azienda USL, ha richiesto l'elaborazione di una serie di approfondimenti sulle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del rilievo di Monte Zirone e zone circostanti, comprendenti opportune indagini geofisiche finalizzate ad accertare il reale spessore del blocco ofiolitico e dei suoi detriti di base (entro cui sono localizzate le sorgenti captate ad uso umano), nonché l'elaborazione di un piano di monitoraggio idrogeologico sistematico del sistema idrogeologico locale.

Il piano di monitoraggio, che prevedeva la realizzazione di due piezometri di controllo della falda sotterranea (l'uno a monte e l'altro a valle della cava) ed il sistematico controllo quali-quantitativo delle due sorgenti pubbliche ubicate al piede del rilievo ofiolitico, è stato quindi approvato dalla Conferenza dei servizi e realizzato come misura prescrittiva, ai sensi delle normative di PIAE vigenti.

4.4.1 Punti e parametri oggetto di monitoraggio idrochimico

La qualità della falda idrica potenzialmente interessata dall'attività estrattiva (ora non più attiva) è stata monitorata mediante due piezometri (Pz 1 e Pz 2) e due sorgenti captate (sorgente Fontenova e sorgente Fontanarezza), la cui ubicazione è riportata in Fig. 28.4.

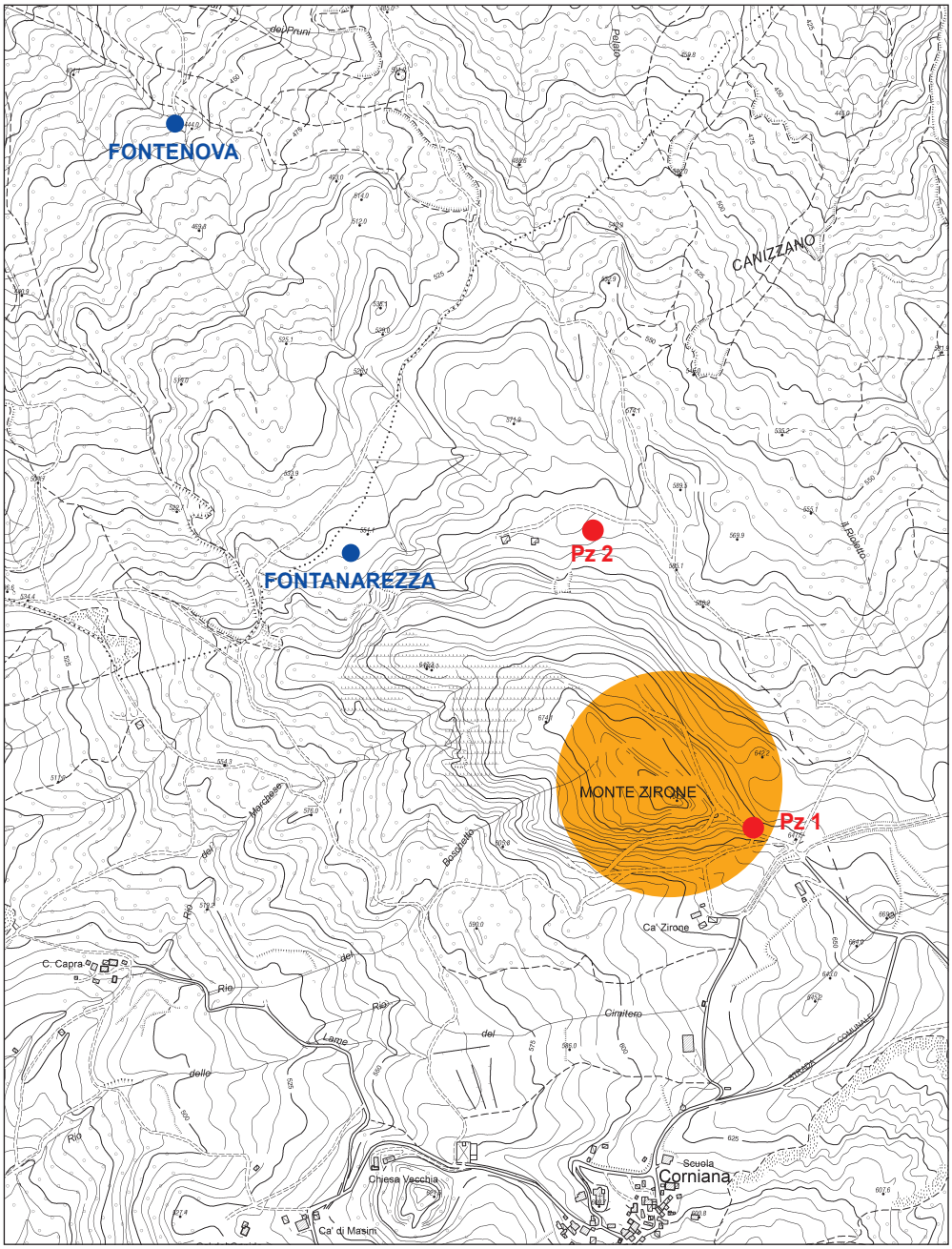


Figura 28.4
Ubicazione punti di monitoraggio.

I dati di monitoraggi riportati di seguito sono stati raccolti ed elaborati dalla ditta Geostudi S.r.l.

I piezometri installati, aventi un diametro adeguato all'introduzione di pompe idonee alle fasi di spurgo e campionamento secondo le norme contenute nel Documento EPA/540/S-95/504 – Aprile 1996 (adottata nei controlli effettuati da ARPA), sono costituiti da PVC atossico e conforme alle prescrizioni igienico sanitarie del Ministero della Salute (Decreto 174 del 06 Aprile 2004); lo sviluppo effettivo dei filtri al momento della realizzazione, al netto del franco del filetto, risultava essere di 18.00 m per il piezometro 1 (da 4.50 m a 22.50 m da p.c.) e di 24.00 m per il piezometro 2 (da 13 m a 37 m da p.c.). Entrambi i piezometri hanno raggiunto il complesso di base (Complesso di Case Boscaini).

La falda acquifera captata dal Pz1 è quella appartenente al Complesso idrogeologico serpentinitico (complesso altamente permeabile per fratturazione) mentre quella captata dal PZ2 è appartenente al medesimo Complesso idrogeologico ma filtrata dal corpo detritico grossolano (vedi stratigrafie originali di Figg. 29.4 e 30.4).

Figura 29.4
Stratigrafia Pz1.

GeoStudi
Geologia Territorio Ambiente

STRATIGRAFIA - Pz 1

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Riferimento: C.I.P.E.	Sondaggio: Pz 1
Località: M. Zirone - Terenzo (PR)	Quota: p,c,
Impresa esecutrice: Geostudi s.r.l.	Data: Febbraio 2007
Coordinate:	Redattore: Dott.Geol. M. Righi
Perforazione: Rotazione con distruzione di nucleo ad aria - ODEX	

ø mm	metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	Pozzo	L.R. m	L.P. m	DATI TECNICI
	1–22		Ammasso serpentinitico intensamente fratturato caratterizzato da detrito alternato a rari strati più competenti		4,5	3,0	Miscela cemento e bentonite
						1,0	Tappo bentonitico
				4,5			Dreno siliceo
					18,0	21,5	
	23–25		Strato calcareo compatto ascrivibile al Complesso di Case Boscaini	22,5	3,0		
213				25,5			

Cap. 4

GeoStudi
Geologia Territorio Ambiente

STRATIGRAFIA - Pz 2

SCALA 1 : 200 Pagina 1/1

Riferimento: C.I.P.E.	Sondaggio: Pz 2
Località: M. Zirone - Terenzo (PR)	Quota: p,c,
Impresa esecutrice: Geostudi s.r.l.	Data: Febbraio 2007
Coordinate:	Redattore: Dott.Geol. M. Righi
Perforazione: Rotazione con distruzione di nucleo ad aria - ODEX	

ø mm	metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	Pozzo	L.R. m	L.P. m	DATI TECNICI
	1–11		Accumulo detritico ofiolitico di versante ad abbondante matrice argillosa		13,0	11,5	Miscela cemento e bentonite
	12					1,0	Tappo bentonitico
	13–37		Detrito ofiolitico grossolano intercalato da rari trovanti di dimensioni decimetriche	13,0	24,0	27,5	Dreno siliceo
	38–40		Argille e calcari a palombini ascrivibili al Complesso di Case Boscaini	37,0	3,0		
213				40,0			

Figura 30.4
Stratigrafia Pz2.

La Sorgente Fontanarezza, di proprietà dell'Acquedotto comunale di Fornovo, scaturisce a ca. 550 m s.l.m. e le sue acque servono l'abitato di Citerna Taro.

La sorgente Fontenova, di proprietà della Sorgenti Blu s.r.l. e ricompresa nella concessione mineraria "CITERNA", scaturisce in località Pian dei Pruni a quota 442 m s.l.m. a SSW di località Case Castagnole.

Le falde acquifere captate dalle sorgenti Fontenova e Fontanarezza sono appartenenti al Complesso idrogeologico serpentinitico e filtrate dal corpo detritico grossolano precedentemente descritto.

Inquadrando i punti di monitoraggio idrochimico dal punto di vista altimetrico e considerando il meccanismo di alimentazione delle sorgenti Fontenova e Fontanarezza (sorgenti di origine mista, ossia di trabocco e versamento detritico), si è ipotizzato il Pz1 come punto di monitoraggio di monte con funzioni di controllo idrochimico delle acque direttamente immagazzinate dall'ammasso serpentinitico e il Pz2 e le sorgenti come punti di monitoraggi di valle per il controllo idrochimico delle acque traboccanti filtrate dal detrito ofiolitico.

Le prescrizioni inerenti il monitoraggio idrochimico prevedevano la determinazione dei parametri riportati nelle Tabb. 3.4 e 4.4 seguenti (a cui si è aggiunto il parametro potassio nelle analisi integrative del marzo e giugno 2008 a seguito di specifica prescrizione Conferenza dei Servizi del 10/12/2007).

Parametri chimici		
pH	O2 Kubel	Ferro
Conducibilità	Ammoniaca	Calcio
Alcalinità	Solfati	Magnesio
Residuo fisso	Cloruri	Arsenico
Torbidità	Cromo tot	Sodio
Nitriti	Cromo VI	Potassio (solo analisi 2008)
Nitrati	Nichel	Oli minerali

Tabella 3.4
Tabella parametri chimici.

Parametri microbiologici
Carica microbica a 22 °C
Carica microbica a 36 °C
Coliformi totali
Escherichia Coli
Enterococchi

Tabella 4.4
Tabella parametri microbiologici.

Il monitoraggio idrochimico prevedeva anche la determinazione delle caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti stesse tramite misure di portata e curve di esaurimento correlate con l'andamento delle precipitazioni meteoriche come prescritto nel punto 2) della Conferenza dei Servizi del 10/12/2007; i dati sono stati acquisiti mediante la seguente strumentazione installata presso la Sorgente Fontanarezza:

- misuratore di portata costituito da uno stramazzo tarato ed un trasduttore di pressione 0-0.1 bar in corrispondenza della vasca di sedimentazione intermedia;
- n°1 cella di conducibilità, in corrispondenza della tubazione in uscita dalle vasche di sedimentazione;
- n°1 trasmettitore/regolatore digitale a microprocessore da campo per la misura ed il controllo di conducibilità e temperatura;
- misuratore temperatura aria (sulla parete nord del manufatto costituente l'opera di presa;
- n°1 datalogger per acquisizione dati di temperatura e conducibilità;

I dati riguardanti la sorgente Fontenova (sorgente di acque minerali) sono stati forniti dalla ditta concessionaria.

I dati relativi alle precipitazioni, riportati in alcuni grafici nei paragrafi successivi inerenti l'analisi dei dati di monitoraggio, sono stati interpolati mediante il metodo dell'analisi statistica eseguendo una regressione lineare fra pioggia e quota di alcune stazioni della vicina Val Baganza e prendendo come riferimento la stazione pluviometrica di Cassio Parmense ragguagliando in percentuale la pioggia totale annua ricavata per Monte Zirone (vedi Fig. 31.4).

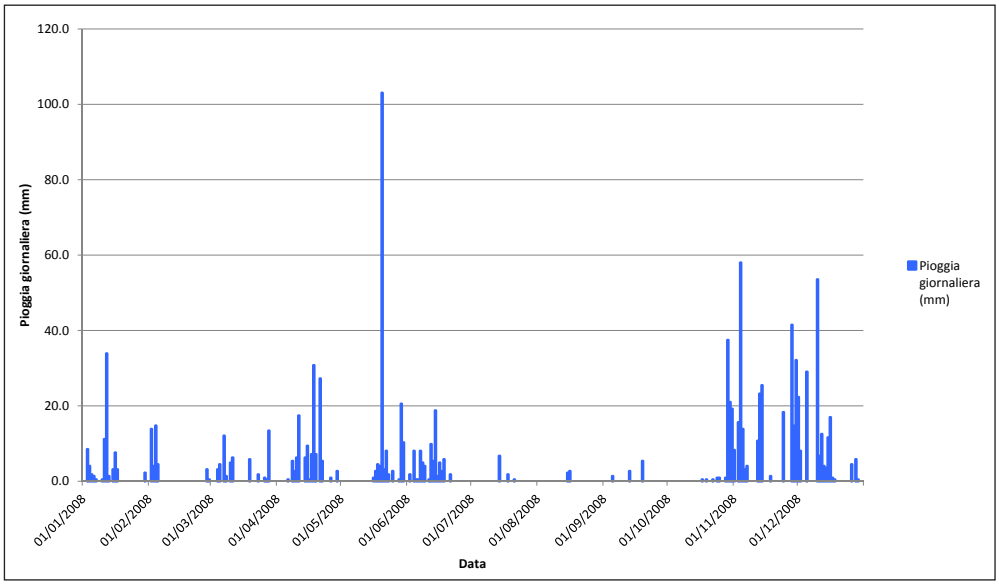


Figura 31.4
Pioggia giornaliera Monte Zirone ragguagliata alla stazione di Monte Cassio (dati 2008).

L'analisi dei dati dell'anno idrologico 2008 indica un regime pluviometrico di tipo sub-litoraneo (sottotipo appenninico) caratterizzato da due periodi di forti piogge e due di piogge scarse (con massimo autunnale più accentuato di quello primaverile e minimo estivo più accentuato di quello invernale).

Nelle pagine seguenti vengono descritti i monitoraggi eseguiti nel 2007-2008 ed i risultati ottenuti in quella campagna; nel 2013 è stata eseguita una campagna supplementare che completa il quadro conoscitivo descritto nel paragrafo. Per la qualità dei dati raccolti e le conseguenti elaborazioni, le attività del monitoraggio 2013 sono descritte in un'appendice al capitolo (A1, Appendice I).

4.4.2 Livelli piezometrici

I livelli piezometrici rilevati fino al Giugno 2008 (data dell'ultimo controllo idrochimico ufficiale) sono illustrati nel grafico di Fig. 32.4.

L'analisi dei livelli idrometrici relativa al periodo di monitoraggio analizzato, effettuata a cadenza mensile in concomitanza con le operazioni di prelievo acqua sotterranea, evidenzia come i piezometri presentino *trend* d'innalzamento ed abbassamento della falda correla-

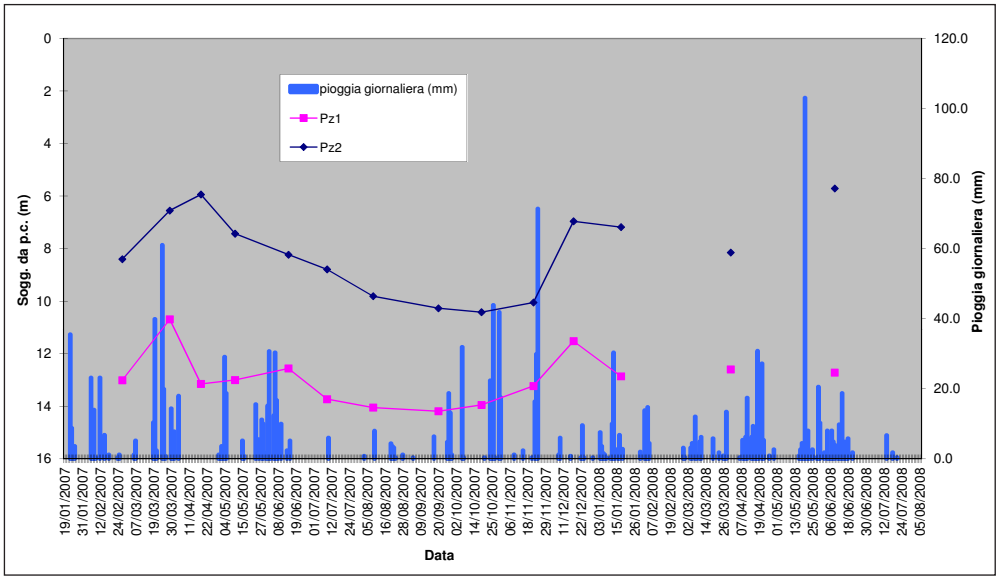


Figura 32.4
Correlazione pioggia giornaliera-soggiacenza da p.c. piezometri (dati 2007-2008).

bili fra loro e tipici di questi climi ovvero poco influenzati dalle piogge estive in quanto, essendo prevalenti le perdite per evapotraspirazione, esse tendono a colmare il deficit di acqua di ritenzione prima di dare inizio al movimento di percolazione verso la zona di saturazione; la ricarica dei livelli di falda si risente in modo sempre più marcato a partire dal periodo autunnale. I *delta* massimi dei valori di soggiacenza da p.c. sono di circa 3.50 m per il Pz1 e di circa 4.50 m per il Pz2.

4.4.3 Monitoraggio idrochimico

Le valutazioni sullo stato qualitativo delle acque monitorate hanno evidenziato, in particolare per i parametri chimici di Tab. 3.4, la conformità di tutti i punti monitorati ai limiti di legge previsti dal Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano".

Per quanto riguarda le analisi batteriologiche (vedi parametri di Tab. 4.4) si focalizza l'attenzione in particolare alle acque di sorgente che hanno registrato il superamento dei limiti solo per la Sorgente Fontanarezza (Coliformi totali pari a 2 Num/100 ml nell'Agosto 2007), le cui acque subiscono, comunque, un processo di clorazione prima della distribuzione alle utenze civili.

La composizione chimica delle acque analizzate, influenzata ovviamente dalle litologie serpentinitiche costituenti il serbatoio e le aree di alimentazione degli acquiferi monitorati, mostra una sostanziale costanza per tutta la serie storica analizzata.

L'analisi della serie storica ha evidenziato valori di residuo fisso alquanto basso (≤ 200 mg/l per le sorgenti e circa 300 mg/l nei piezometri) in quanto assenti o comunque sporadiche le rocce carbonatiche, valori di pH riconducibili ad una soluzione leggermente basica (costanti attorno a 7.5 per la Sorgente Fontenova e più variabili fra 8 e 9 per i restanti punti di monitoraggio) e valori di conducibilità elettrica specifica pressoché costanti al di sotto di 400 µS/cm per i piezometri e 300 µS/cm per le sorgenti (Temperatura di riferimento conduttimetro: 20 °C).

Le oscillazioni dei valori di pH, più accentuate per i due piezometri e per la Sorgente Fontanarezza, messe in correlazione con le precipitazioni giornaliere, hanno evidenziato un trend in abbassamento in corrispondenza del minimo di piovosità estivo (periodo di esaurimento per le portate) e valori più alti nei periodi maggiore piovosità primaverile e tardo autunnale (periodi di ricarica); gli innalzamenti primaverili e tardo-autunnali sono da im-

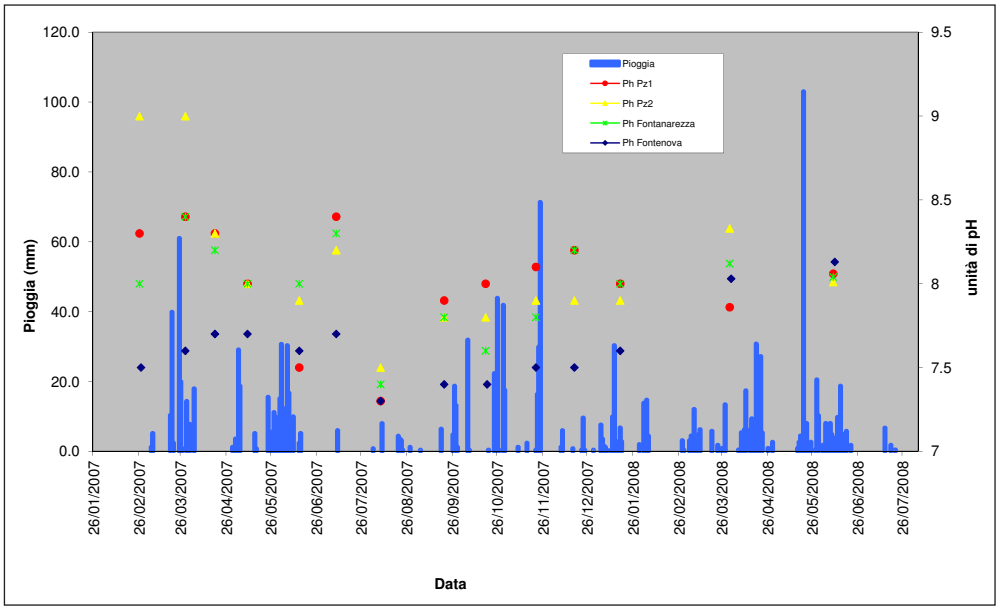


Figura 33.4
Correlazione pioggia giornaliera-pH acque sotterranee (dati 2007-2008).

Cap. 4

putare ad una mobilizzazione degli elementi delle rocce ultrabasiche costituenti il bacino di alimentazione da parte delle abbondanti precipitazioni meteoriche (Fig. 33.4).

In generale ultramafiti e serpentiniti, rocce costituenti il bacino di alimentazione delle acque analizzate, hanno composizione piuttosto costante e di norma risultano molto ricche di cromo; la presenza di quantità di Cr oscillanti attorno a 30 µg/l riscontrate nelle acque analizzate (comunque ampiamente al di sotto al limite del D.L. 31/01 pari a 50 µg/l) si ritiene presumibilmente imputabile ad una lieve mobilizzazione dell'elemento stesso a causa delle acque circolanti in queste rocce.

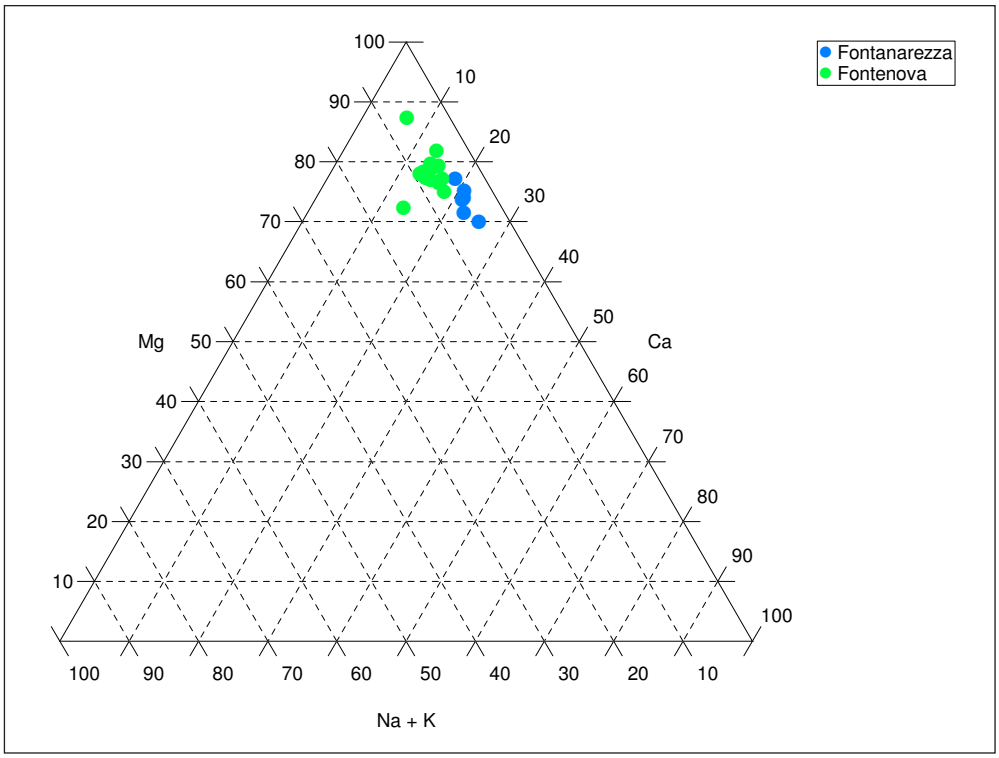


Figura 34.4
Diagramma triangolare cationico.

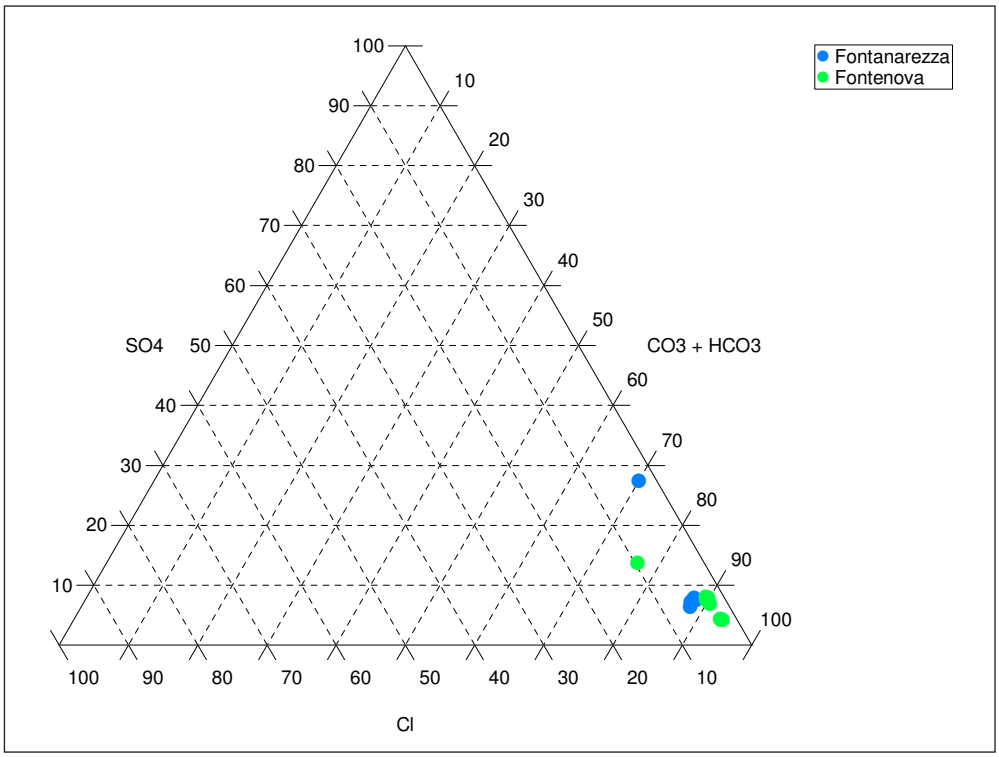


Figura 35.4
Diagramma triangolare anionico.

Cap. 4

Le analisi disponibili relative alle acque di sorgente monitorate sono state rappresentate su diagrammi triangolari anionici e cationici per dare una classificazione speditiva delle stesse attraverso alcune delle loro caratteristiche salienti: le due acque di sorgente sono risultate, come visibile dai diagrammi sotto riportati (Figg. 34.4 e 35.4), di tipo bicarbonate-magnesiache.

Le acque delle due sorgenti captate sono state confrontate attraverso il diagramma di Schoeller-Berkaloff (vedi Fig. 36.4 Sorgente Fontenova e Fig. 10 Sorgente Fontanarezza) utilizzando i dati di monitoraggio estivi ed invernali 2007 e 2008 oltreché alcune analisi idrochimiche di annate precedenti.

Le diverse linee spezzate, ad unione dei diversi punti rappresentanti la concentrazione di anioni o cationi in meq/l, sono relative ad analisi effettuate in periodi diversi ed hanno evidenziato pendenze strettamente confrontabili indici di una sostanziale costanza del chimismo di ciascuna sorgente (fanno eccezione piccole oscillazioni del parametro cloruri nella Fontenova); il confronto delle curve fra le due sorgenti, aventi parametri e andamenti molto simili, sembrano inoltre confermare l'appartenenza ad una medesima famiglia di acque.

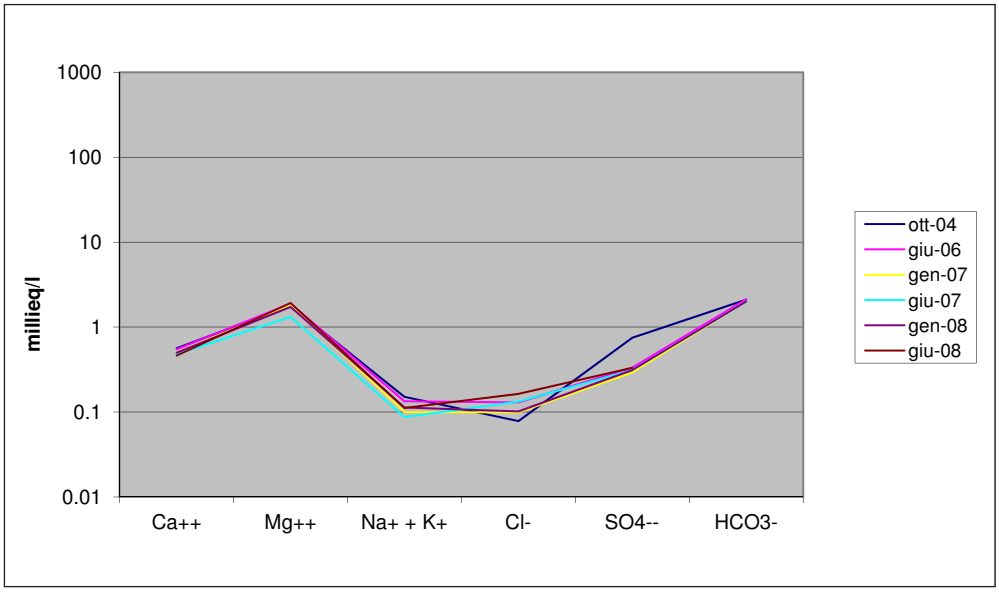


Figura 36.4
Diagramma di Schoeller-Berkaloff Sorgente Fontenova.

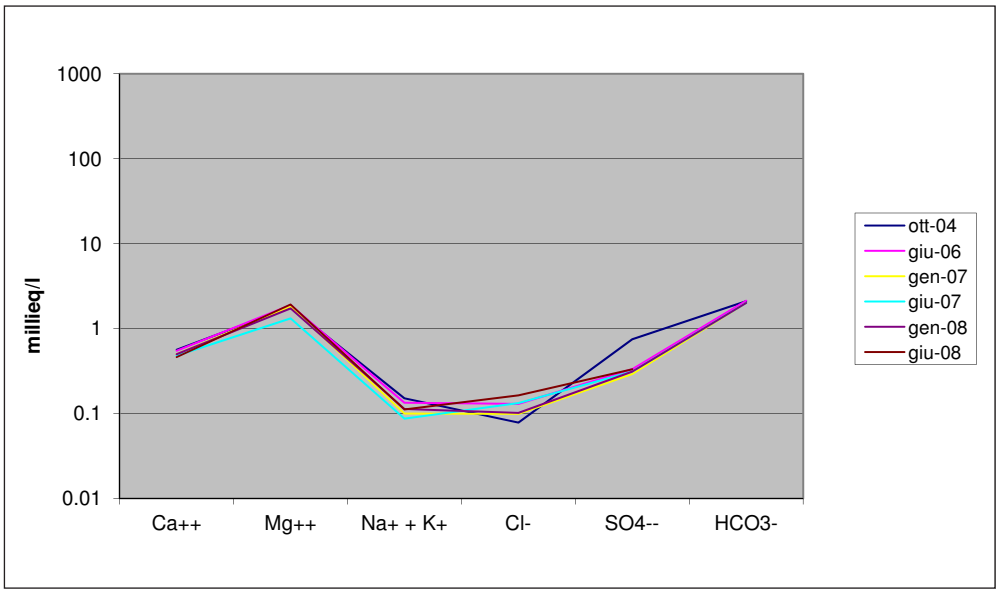


Figura 37.4
Diagramma di Schoeller-Berkaloff Sorgente Fontanarezza.

Cap. 4

4.4.4 Monitoraggio strumentale sorgenti

4.4.4.1 Sorgente Fontanarezza

La temperatura dell'acqua è compresa tra 12,0 °C e 12.7 °C nel periodo da aprile ad ottobre e fra 11 °C e 12 °C nei restanti periodi, seguendo, sebbene con oscillazioni molto lievi e contenute entro 0,5 °C, la temperatura dell'aria; alla luce di questi dati l'acqua in esame è classificabile come fredda poiché rientrano in tale categoria tutte quelle acque che presentano temperatura inferiori a 20 °C. (Fig. 37.4).

Le misure di temperatura dell'aria, registrate a partire da giugno 2007, variano fra un massimo estivo a luglio (32,3 °C) ed un minimo invernale a dicembre (-4,6 °C) evidenziando un'escursione media fra misure diurne e notturne di 4-5 °C (Fig. 38.4).

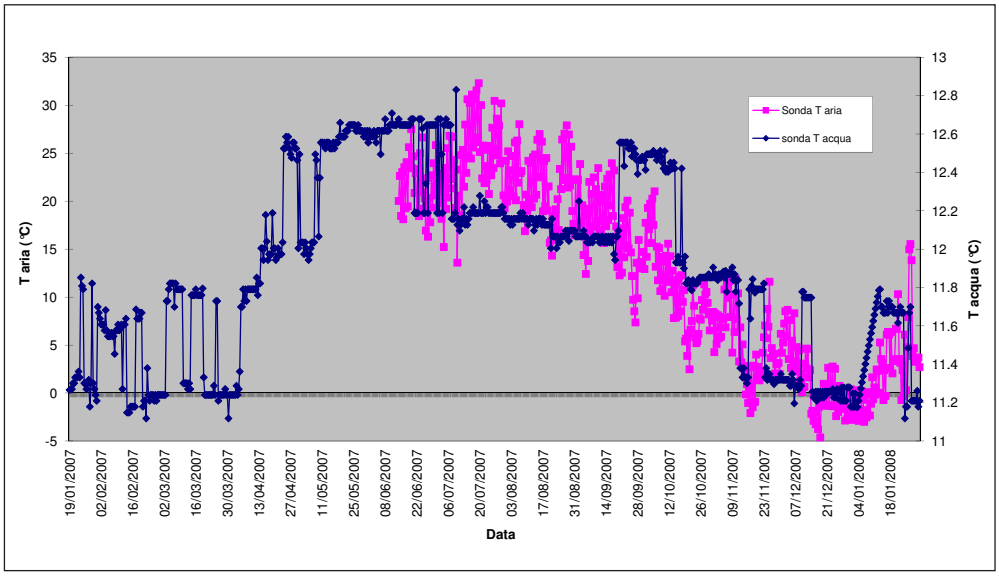


Figura 38.4
Correlazione temperatura (T) aria-acqua (°C) Sorgente Fontanarezza

Le misurazioni bigiornaliere di conducibilità elettrica hanno confermato una costanza del parametro con valori oscillanti attorno a 200 µS/cm e delta massimi pari a circa 40 µS/cm imputabili all'influenza delle precipitazioni giornaliere (Fig. 39.4).

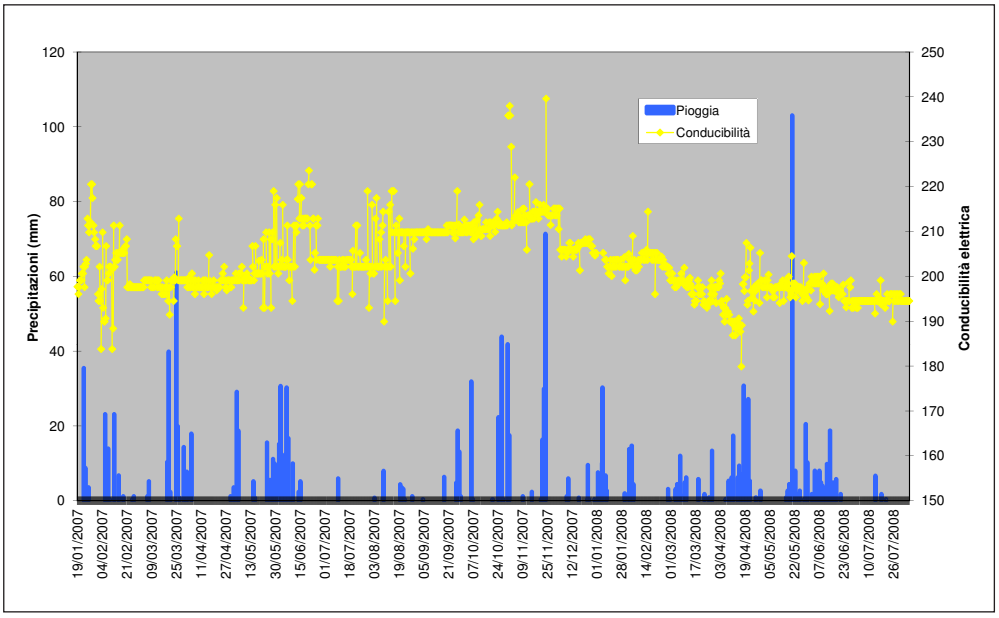


Figura 39.4
Correlazione Conducibilità elettrica (µS/cm) – Precipitazioni (mm) Sorgente Fontanarezza.

Sebbene le misure di portata di una sorgente assumano significato idrogeologico se rilevate per periodi di 10-15 anni (calcolo delle portate medie mensili e successiva ricostruzione dell'anno medio), sono state elaborate alcune valutazioni di massima in merito al regime della sorgente.

Le portate misurate, che si attestano tra 4 e 1 l/sec (se si esclude un picco di circa 6 l/sec registrato nel periodo di ricarica ed esauritosi in due giorni dal 25/11/2007 al 27/11/2007), consentono di classificare la sorgente come di classe Quinta (0.631÷6.31 l/sec) secondo O.E. Meinzer (1927).

L'analisi del diagramma Portate orarie - Precipitazioni giornaliere (Fig. 39.4) evidenzia un idrogramma influenzato più dalle precipitazioni tardo-autunnali ed invernali (periodo di ricarica e regime influenzato) rispetto al periodo maggio-novembre durante il quale gli apporti dovuti alle piogge sono praticamente ininfluenti sulle portate sorgive, ad esclusione di brevi piene parassite riassorbite in tempi modesti (periodo di esaurimento e regime non influenzato).

Il rapporto portate-tempo definisce la *"curva teorica di esaurimento della portata di una falda libera"*; ben rappresentata dall'equazione esponenziale $Qt = Q_0 e^{-\alpha t}$ conosciuta come Formula di Maillet (1911); il termine t è il tempo trascorso dall'inizio del periodo di esaurimento, Q0 la portata della falda (in m^3/s) al tempo t_0, Qt la portata della falda (in m^3/s) al tempo t e α il coefficiente di esaurimento.

Scegliendo con accuratezza l'inizio e la fine del periodo di esaurimento si può calcolare il coefficiente di esaurimento $\boldsymbol{\alpha = (\log_e Q_0 - \log_e Q)/t}$.

Il punto finale della curva è stato individuato il 24/10/2007 con portata pari a 0,97 l/s mentre, pur non disponendo delle portate antecedenti il 10/05/2007, per analogia con l'andamento della Sorgente Fontenova che presenta l'inizio del periodo di esaurimento il 07/05/2007, si assume come punto iniziale il primo dato della serie ovvero una portata di 3,99 l/s il 10/05/2007; questi punti sono evidenziati con un triangolo giallo sul diagramma Portate orarie - Precipitazioni giornaliere (Fig. 40.4) e racchiudono un periodo di esaurimento pari a 167 gg.

Il coefficiente di esaurimento **α** risulta pari a 0,0085.

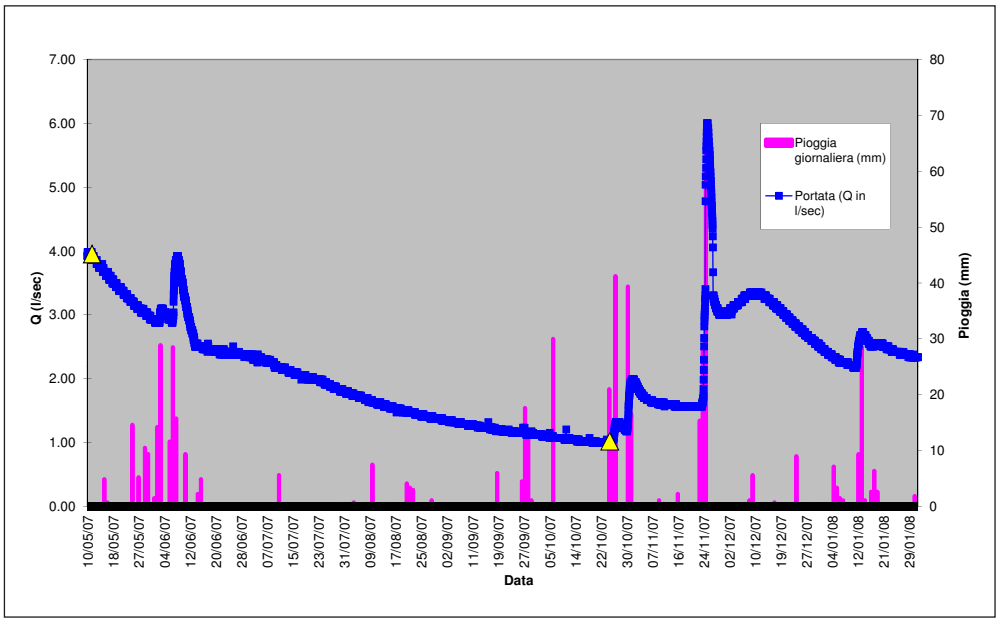


Figura 40.4
Correlazione portata (Q) Font anarezza (l/sec) – Precipitazioni (mm).

Cap. 4

Il grafico successivo mostra il rapporto fra conducibilità elettrica specifica e portata della sorgente Fontanarezza: le due curve sembrano non evidenziare una modifica sostanziale del parametro conducibilità (piuttosto costante nel tempo) al variare della portata (Fig. 41.4).

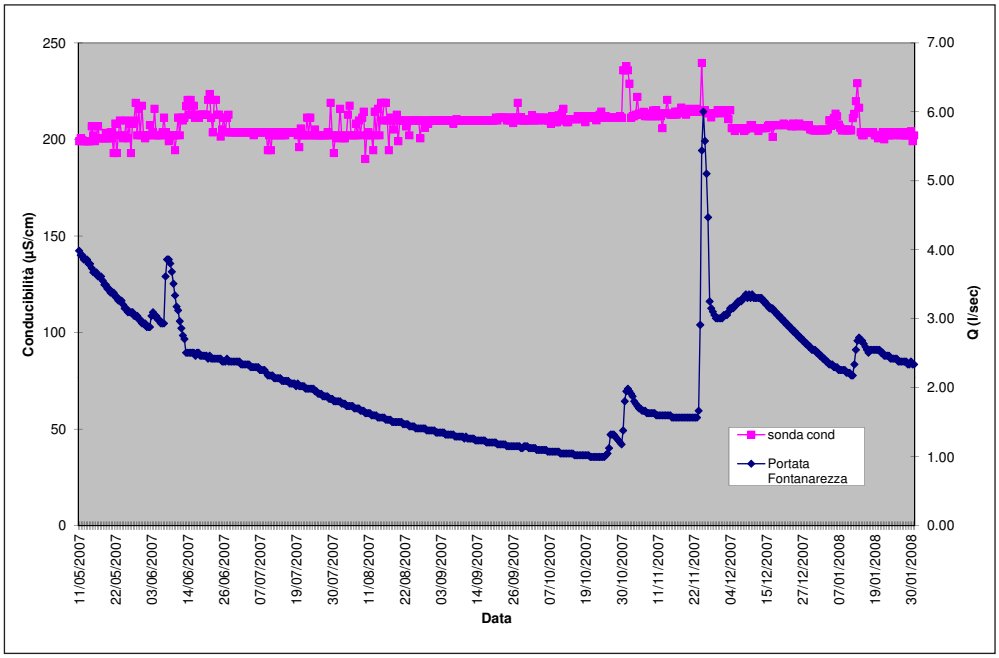


Figura 41.4
Correlazione portata (Q) Fontanarezza (l/sec) – Conducibilità (µS/cm).

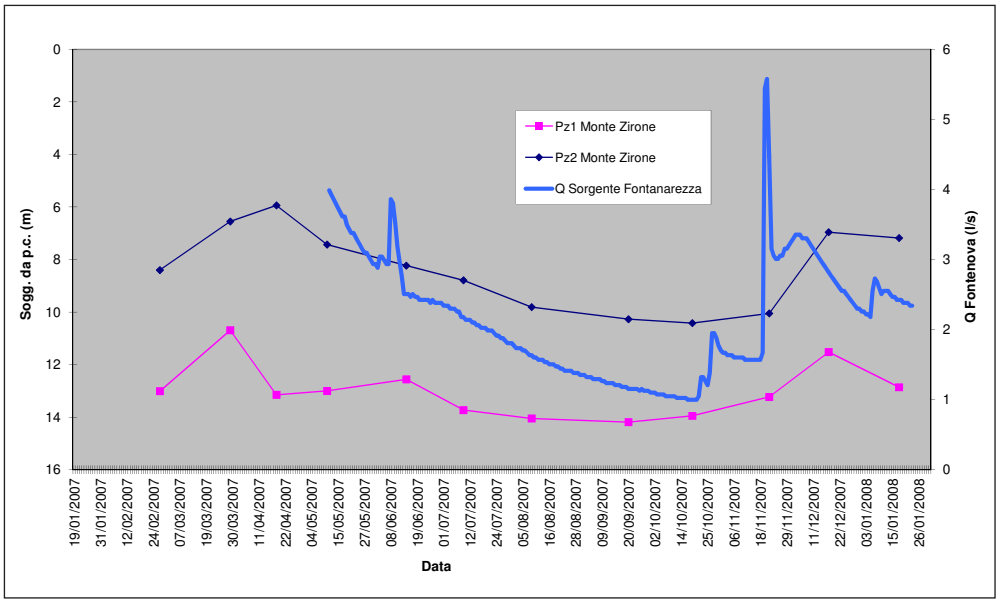


Figura 42.4
Correlazione tra portata (Q) Fontanarezza (l/sec) e la soggiacenza nei due piezometri (Pz1 e Pz2).

In Fig. 42.4 è rappresentata la relazione fra le soggiacenze rilevate nei piezometri ubicati c/o Monte Zirone e la portata della Sorgente Fontanarezza: nonostante la differente frequenza di acquisizione delle due serie di dati e la minor durata temporale della serie relativa alla sorgente, si individua una correlazione fra la ricarica della falda monitorata c/o Monte Zirone e la portata della sorgente Fontenova, posta alle base delle pendici del monte stesso.

4.4.4.2 Sorgente Fontenova

I dati riguardanti la sorgente Fontenova (sorgente di acque minerali) sono stati forniti dalla ditta concessionaria.

La temperatura dell'acqua varia dai 10 °C di gennaio (2007 e 2008) ai 18 °C circa di fine luglio classificando l'acqua in esame come fredda poiché rientrano in tale categoria tutte quelle acque che presentano temperatura inferiori a 20 °C (Fig. 43.4); si sottolinea che le temperature sono rilevate in corrispondenza dello stabilimento e, di conseguenza, possono essere influenzate nel tratto di percorso della tubazione che parte dalla sorgente (sebbene per la maggior parte interrato).

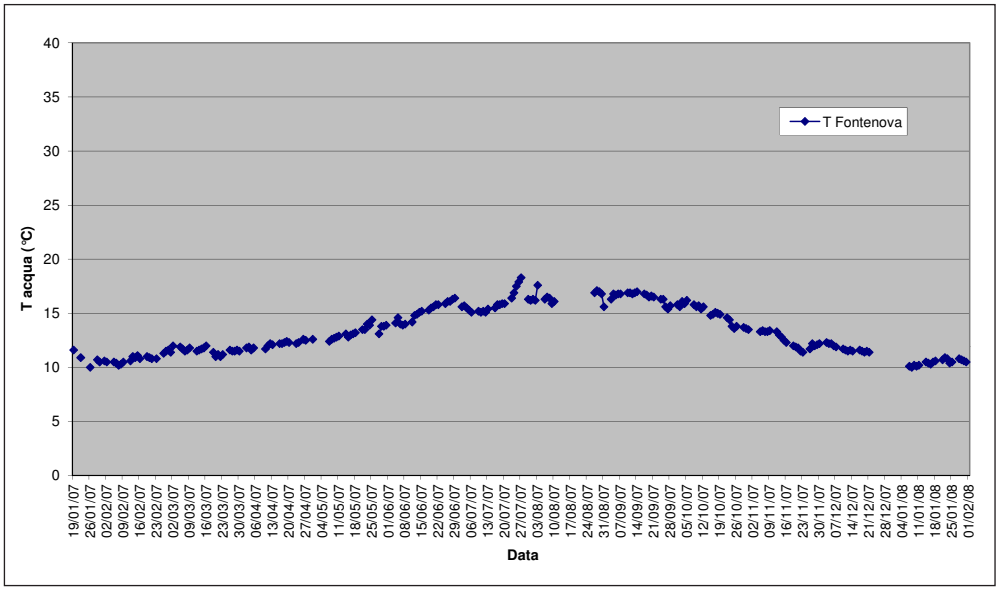


Figura 43.4
Temperatura (T) acqua Sorgente Fontenova (°C).

Le misure di portata hanno cadenza giornaliera e sono acquisite solitamente durante le giornate lavorative; il periodo analizzato (gennaio 2007-gennaio 2008) evidenzia una massimo primaverile con portate attorno a 2.50 l/sec ed un minimo assoluto tardo autunnale di circa 0.5 1 l/sec; la sorgente è,quindi, classificata come di classe Quinta (0.631÷ 6.31 l/sec) secondo O.E. Meinzer (1927).

Pur con le limitazioni di una serie di misure circoscritte al periodo gennaio-2007-gennaio 2008 è possibile, anche per la Sorgente Fontenova ricostruire il periodo di esaurimento della sorgente.

Sul diagramma Portate orarie - Precipitazioni giornaliere (Fig. 44.4) sono stati individuati il punto iniziale (07/05/2008 con portata pari a 2,44 l/s) ed il punto finale (22/10/2008 con

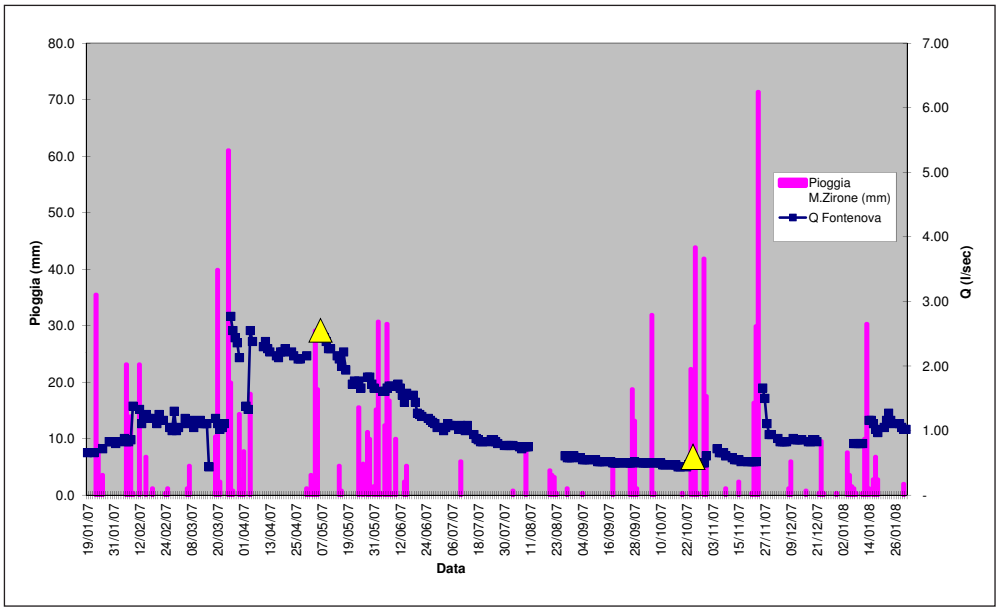


Figura 44.4
Correlazione portata (Q) Fontenova (l/sec) – Precipitazioni (mm).

portata pari a 0,44 l/s) della curva racchiudenti un periodo di esaurimento pari a 168 gg.; questi punti sono evidenziati con un triangolo giallo sul diagramma (Fig. 44.4).

Il coefficiente di esaurimento **α** risulta pari a 0,0102.

Non disponibili dati continuativi di conducibilità elettrica specifica per un eventuale rapporto con le variazioni di portata.

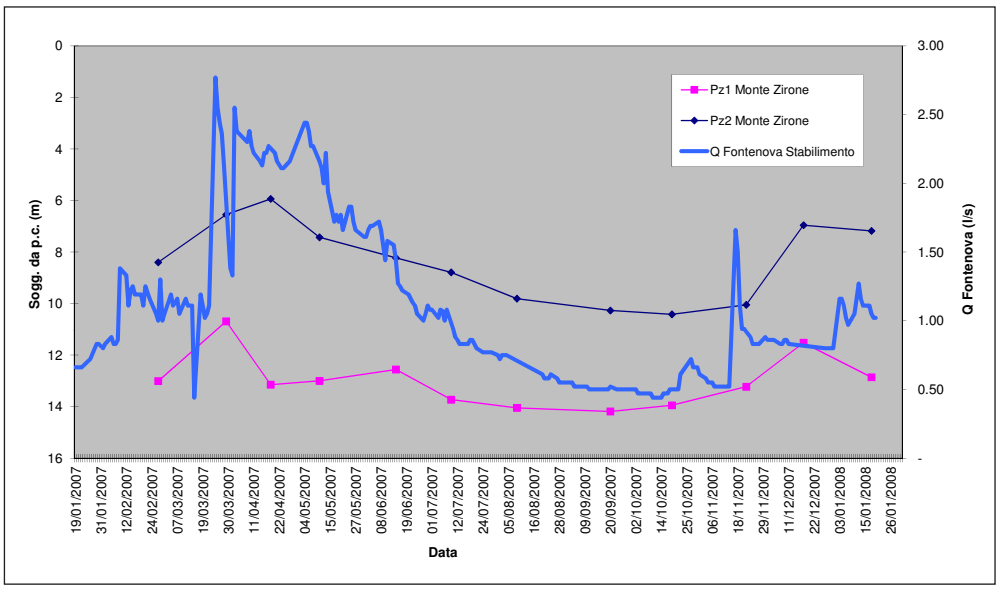


Figura 45.4
Correlazione portata (Q) Fontenova (l/sec) – Soggiacenza piezometri Monte Zirone.

In Fig. 45.4 è rappresentata la relazione fra le soggiacenze rilevate nei piezometri ubicati c/o Monte Zirone e la portata della Sorgente Fontenova: nonostante la differente frequenza di acquisizione delle due serie di dati, si può individuare una correlazione fra la ricarica della falda monitorata c/o Monte Zirone e la portata della sorgente Fontenova.

4.4.5 Possibili azioni progettuali

Il presente capitolo ha avuto lo scopo di illustrare l'importanza ed un esempio dei contenuti che debbono presentare gli studi idrogeologici nei contesti di alta collina e/o montani, specie quando sono sviluppati nell'ambito applicativo come misure di controllo e prevenzione degli effetti arrecati da attività antropiche potenzialmente in grado di arrecare rilevanti impatti ambientali al territorio.

Le attività estrattive che si sono succedute negli anni e che hanno interessato l'intera area del Monte Zirone, hanno comportato una profonda modificazione dei luoghi sotto il profilo paesaggistico, geomorfologico, ambientale e, come evidenziato nei precedenti paragrafi, sotto l'aspetto idrogeologico.

Dal punto di vista amministrativo, attualmente, non esiste alcun titolo autorizzativo finalizzato all'attività di cava di materiale inerte (pietrisco ofiolitico), in quanto il Comune di Terenzo, a causa della cessazione dell'attività da parte della ditta esercente, ha decretato la decadenza dell'autorizzazione.

Di fatto, dal 2012, risultano sospese tutte le attività di lavorazione all'interno del perimetro di cava.

Pertanto il piano di coltivazione non risulta ultimato sia per quanto riguarda i quantitativi di materiale estraibile, sia (ed a maggior ragione) per quanto concerne il ripristino finale dei luoghi.

Al momento attuale, lo stato di fatto dei luoghi presenta notevoli criticità causate dal non raggiungimento degli obbiettivi previsti nella progettualità di recupero, strettamente connessa con lo sviluppo effettivo delle attività pianificate di scavo del materiale inerte.

Come noto, la natura litologica e geomorfologica dei "luoghi ofiolitici", conferisce una notevole peculiarità paesaggistica ed ambientale di tali aree, per le quali le azioni mirate al recupero a seguito di un'attività estrattiva, risultano oltremodo complesse e di difficile realizzazione.

La forte acclività delle scarpate dei fronti di scavo, la conseguente instabilità dovuta alle lavorazioni di cava ed al detensionamento superficiale degli ammassi rocciosi, rappresenta uno dei principali fattori su quali è necessario intervenire al fine di poter predisporre un intervento sistematico di recupero dell'area.

Le scarpate a forte acclività, oltre a rappresentare un fattore di rischio notevole a causa dei continui crolli di masse rocciose, rappresenta anche un fattore estremamente negativo in termini di ripresa della componente vegetale endemica e la ricostituzione di suoli asportati dalle attività di escavazione pregresse.

Fermo restando il fatto che non si può pensare ad un recupero di una attività estrattiva di monte con il ripristino della morfologia originale, anche nel caso della cava di Monte Zirone, si dovrà prospettare una progettualità che tenga conto delle considerazioni fin qui effettuate.

Partendo quindi dal presupposto che i volumi di roccia asportati non possono essere ricollocati ma che, allo stesso tempo, non si possono mantenere le scarpate come si presentano oggi, il tema prioritario del recupero, dovrà passare assolutamente attraverso la rimodellazione morfologica dell'intero ambito estrattivo.

Tuttavia, riprendendo quanto espresso in precedenza, nello specifico la rimodellazione morfologica/paesaggistica dovrà tenere conto degli aspetti naturalistico/ambientali, ma anche di un aspetto che troppo spesso nelle cave viene trascurato: il ripristino dell'assetto idrogeologico.

Si è visto infatti, che l'asportazione di materiale roccioso ha di fatto eliminato quello che era un sistema acquifero superficiale, direttamente collegato con l'infiltrazione efficace di superficie. Inoltre, i piani di coltivazione che si sono succeduti nel passato, non hanno tenuto conto delle caratteristiche idrogeologiche dell'intera area, dando priorità ad un assetto di cava che privilegiasse agli aspetti legati ad uno sviluppo ottimale in termini di sfruttamento minerario produttivo.

A seguito degli studi effettuati, anche in relazione alla presenza di emergenze naturali della falda, captate e sfruttate per scopi acquedottistici e di produzione di acque da imbottigliamento, si può affermare che l'intero ammasso ofiolitico presenta zone più o meno importanti in termini di ricarica e/o salvaguardia del sistema delle falde acquifere sotterranee.

In sintesi, si ritiene che i lineamenti progettuali finalizzati ad un recupero ottimale, sotto il profilo idrogeologico della cava, debbano seguire il seguente percorso metodologico:

- Ottenimento di una nuova autorizzazione estrattiva finalizzata al recupero definitivo finale della cava, nel rispetto delle Linee di indirizzo regionali della DGR 1696/2012. Tale provvedimento autorizzativo si rende necessario al fine di compensare i costi di recupero attraverso l'attività economica estrattiva di una ditta interessata alla produzione di inerti naturali;
- Ridefinizione e riprogettazione, all'interno dell'ambito estrattivo esistente, delle aree suscettibili di escavazione. Si tratta, in sintesi, di andare a costruire un piano, su base

idrogeologica delle aree di maggior vulnerabilità per gli acquiferi sotterranei, nelle quali inibire qualsiasi forma di escavazione o alterazione dell'assetto geomorfologico, andando altresì a concentrare le operazioni minerarie in zone dove si sarà verificata l'assenza di impatti significativi con il sistema di circolazione delle acque sotterranee;

- Riprofilazione delle scarpate esistenti finalizzata al raggiungimento di un opportuno angolo di riposo, funzionale al raggiungimento di una stabilità ottimale dei fronti di scavo, attualmente soggetti a fenomeni di distacco e crollo di massi. La riprofilazione potrà essere realizzata per mezzo di materiali inerti risultanti dagli scarti della nuova attività estrattiva e di quelle pregresse e dovrà mantenere una elevata capacità di infiltrazione delle acque superficiali ed un'elevata trasmissività idraulica, tale da favorire la ricarica dei sistemi acquiferi sotterranei;
- Ripristino del reticolato idraulico superficiale funzionale al convogliamento delle acque nelle aree di maggiore infiltrazione verso la falda sotterranea;
- Progettazione di interventi ed opere necessarie al recupero naturalistico ed ambientale che favoriscano la ricostituzione dei suoli tipici delle ofioliti e la ripresa della vegetazione endemica. Tali operazioni, oltre al recupero paesaggistico ed ambientale dei luoghi, possono favorire la formazione di suoli e cotici vegetati con funzione di attenuazione dei fenomeni di ruscellamento\erosione superficiale e diminuzione della vulnerablità degli acquiferi sotterranei.

A1 Appendice I

A1.1 Verifica stato di fatto punti di monitoraggio

A marzo del 2013, rispondendo ad una specifica richiesta del Comune di Terenzo di avere certezza sull'assenza di problematiche idrogeologiche connesse all'attività dell'ex cava di Monte Zirone, anche nell'ambito delle attività di monitoraggio svolte da Provincia di Parma e ARPA (ora ARPAE), si è tenuta una riunione, presso la sede del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma[1], per la definizione del programma di monitoraggio della cava Monte Zirone, già esercitata dalla ditta C.I.P.E. e attualmente sospesa causa decadenza dell'autorizzazione estrattiva.

Durante l'incontro, è stato convenuto di proseguire, per quanto consentito delle scarse disponibilità finanziarie attuali degli enti coinvolti ma comunque nell'ottica di dare le necessarie garanzie al Comune di Terenzo, l'attività di monitoraggio dei due piezometri e delle tre sorgenti captate di Monte Zirone.

Su queste basi durante il periodo estivo-autunnale del 2013 è stata condotta una campagna di controllo sulle sorgenti che ha evidenziato come la strumentazione di monitoraggio in continuo installata presso la sorgente Fontanarezza abbia necessità di manutenzione per una nuova messa in funzione mentre le indagini videoispettive sui due piezometri hanno evidenziato un parziale interrimento del Pz2 mentre il Pz1 presenta un buono stato manutentivo.

A1.2 Indagini videoispettive piezometri

Il piezometro 1, protetto da un colonnotto in ferro fuori terra, presenta l'imboccatura 0,80 m sopra al p.c. (Figg 1.a1 e 2.a1).
Dalla videoispezione risulta che, dopo un breve tratto di tubo cieco, il tratto filtrato inizia a circa 4,50 m da p.c. (Fig 3.a1) mentre il livello di falda in condizioni statiche è stato rilevato a – 12,87 m da p.c. (Fig 4.a1).

[1] Si fa riferimento alle competenze e all'ordinamento delle Province (e di quella di Parma in particolare), anteriore alla soppressione di questi Enti.



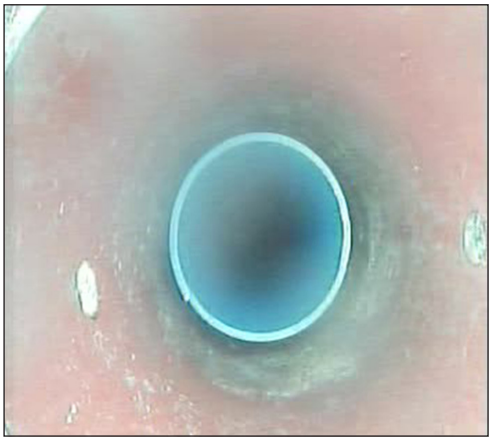
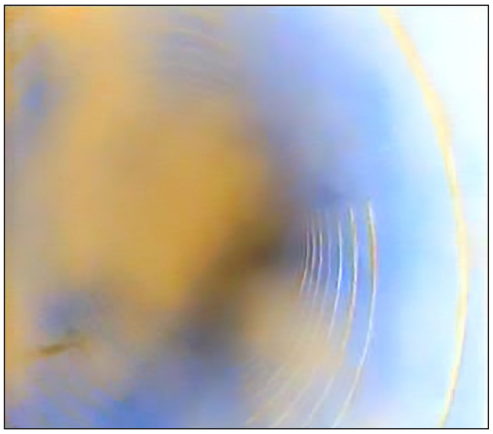


Figura 1.a1 e 2.a1

Il tratto filtrante al di sotto del livello di falda, è risultato sostanzialmente pulito con leggere incrostazioni in corrispondenza del tratto filtrante (Fig 5.a1) e termina a circa -22,50 m da p.c.; il fondo foro, caratterizzato da materiale fine di sedimentazione, risulta posizionato a circa -24,90 m da p.c. (Fig 6.a1) risultando di poco inferiore alla profondità originaria di -25,50 m da p.c.



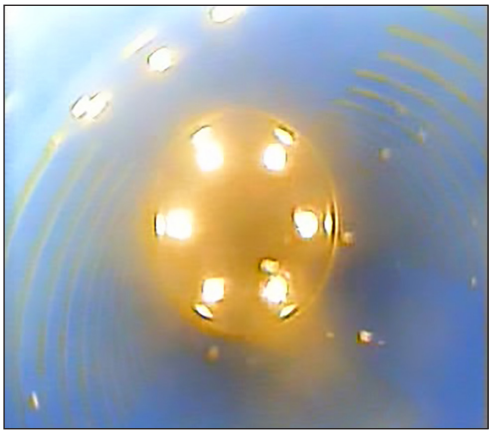
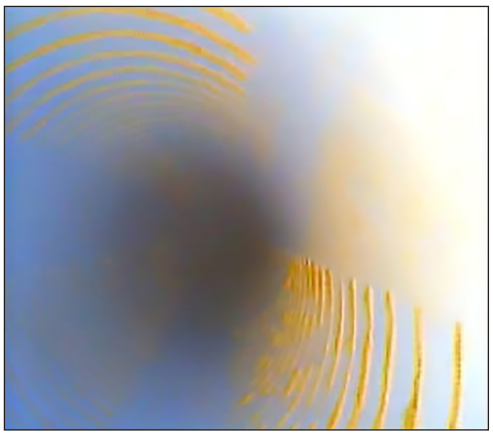


Figura 3.a1 e 4.a1



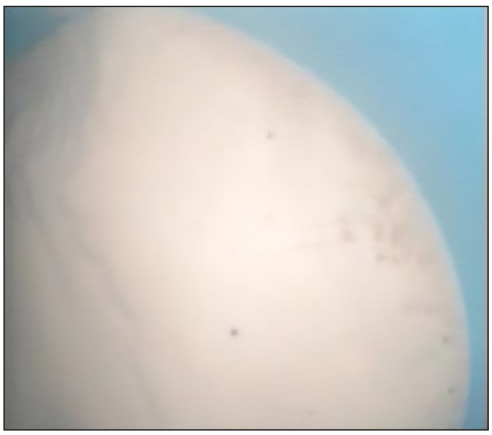


Figura 5.a1 e 6.a1

Il piezometro 2, protetto anch'esso da un colonnotto in ferro fuori terra, presenta l'imboccatura 0,95 m sopra al p.c. (figg 7.a1 e 8.a1).
Dalla videoispezione risulta un livello di falda in condizioni statiche pari a -6,83 m da p.c. (Fig 9.a1), con il tratto di tubo cieco al di sotto della stessa sostanzialmente pulito (Fig 10.a1).
Il tratto filtrante avente inizio a circa -13,0 m da p.c. (Fig 11.a1), presenta leggere incrostazioni in corrispondenza del tratto filtrante che aumentano leggermente in corrispondenza del fondo foro riscontrato a circa -25,0 m da p.c. (Fig 12.a1); il piezometro risulta quindi interrito per una lunghezza di circa 15,0 m, in considerazione di una profondità originaria di circa -40,0 m da p.c.



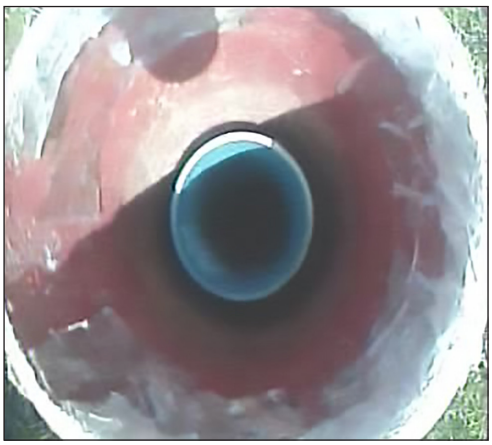


Figura 7.a1 e 8.a1

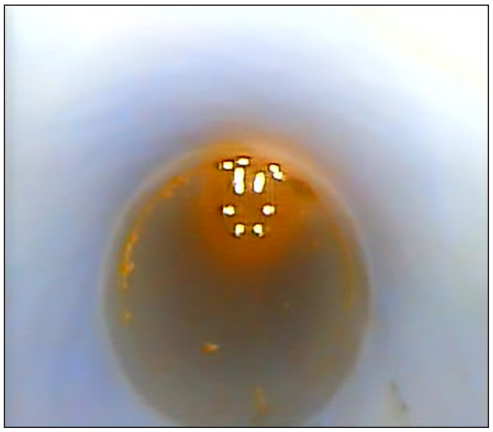
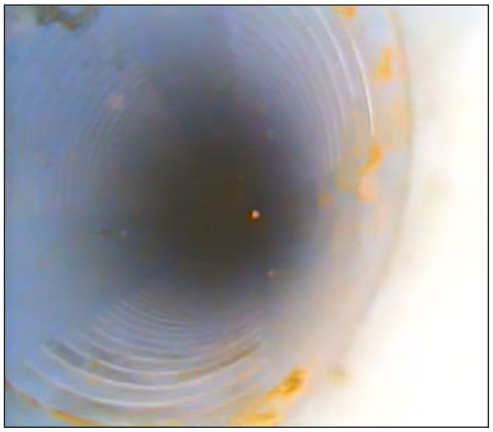




Figura 9.a1 e 10.a1



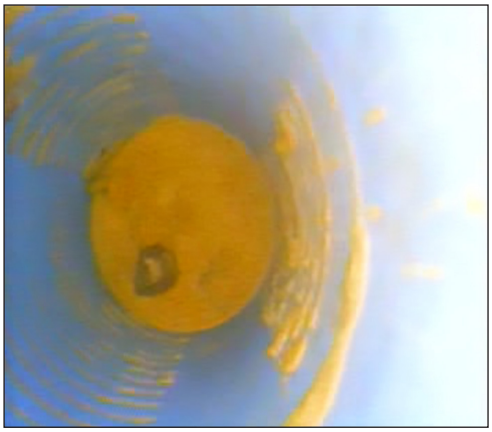


Figura 11.a1 e 12.a1

A1.3 Campionamenti acque di sorgente e piezometri

Le operazioni di prelievo condotte sulle sorgenti (n° 3 punti di campionamento per ciascuna sorgente) sono state effettuate attenendosi alle prescrizioni APAT CNR IRSA 1030 Man 29 2003.

I valori di temperatura dell'acqua di entrambe le sorgenti (fra 11 e 12 °C le acque della Fontanarezza, di poco superiore a 11°C quelle della Fontenova) sono risultati strettamente paragonabili ai dati del monitoraggio 2007-2008 (grafici di Fig. 11 e Fig. 16) così come i dati di pH (attorno ad 8, come i dati storici di Fig. 6) e quelli di conducibilità della Sorgente Fontanarezza (220÷260 µS/cm) per i quali è disponibile un raffronto con i dati di Fig. 12. Il potenziale redox è risultato sempre positivo in tutte le sorgenti con valori superiori a 200 mV.

Relativamente ai piezometri, una volta terminate le indagini videoispettive, svolte in precedenza per evitare la movimentazione di materiale fine in sospensione con conseguente scarsa qualità delle immagini, sono state condotte operazioni di spurgo mediante pompaggio diretto con pompa sommersa da 2" per un tempo non inferiore al ricambio di tre - cinque volumi di acqua presenti all'interno del punto di controllo, metodica comunemente in uso per operazioni di spurgo prevista dal Manuale APAT-IRSA 43/2006 e dall'ex D. M. 471/99 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni." - Allegato 2 - Procedure di riferimento per il prelievo e l'analisi dei campioni.

Tale operazione ha preceduto il campionamento ed ha consentito l'eliminazione dell'acqua ristagnante presente all'interno del piezometro inattivo da tempo.

Nel contempo sono stati monitorati alcuni indicatori idrochimici quali la temperatura, il pH, la conducibilità elettrica specifica ed il potenziale di ossido-riduzione mediante apposita strumentazione da campo certificata SIT.

I valori dei parametri idrochimici si sono confermati coerenti con quelli nel corso del monitoraggio 2007-2008 con Temperatura fra 11 e 13 °C, pH leggermente basici (7,44 e 8,36), Conducibilità elettrica di circa 300 - 400 µS/cm e potenziale redox sempre positivo (attorno a 200 mV).

I livelli piezometrici statici, attestati a 12,87 m da p.c. il Pz1 e 6,83 m da p.c. il Pz2, risultano perfettamente in linea, sia in termini di valori assoluti che di delta reciproco, con i dati storici 2007-2008 riportati nel grafico di Fig. 5.

A1.4 Proposta determinazione parametro permeabilità

La presente prova sperimentale si prefigge lo scopo di effettuare una taratura dello studio mirato alla determinazione del parametro "Permeabilità" relativo all'ammasso detritico ofiolitico di Monte Zirone mediante prove di permeabilità in situ, utilizzando i piezometri Pz1 e Pz2 della rete di monitoraggio (ubicazione in Fig. 1, stratigrafie in Figg. 2 e 3, stato manutentivo paragrafo 10.a.8), già aventi funzione di controllo idrochimico delle acque di falda.

Le prove effettuate sono da considerarsi puramente sperimentali e sono state attuate allo scopo di verificare la possibilità di fornire un dato di permeabilità di massima dell'ammasso ofiolitico (vista l'assenza di ricerche e dati specifici in letteratura), considerandolo come costituito prevalentemente da detrito ofiolitico anche fine, ovvero similare ad un terreno a bassa permeabilità, visti i valori di abbassamento registrati in occasioni di precedenti prelievi.

In merito al grado di approssimazione delle prove svolte è necessario sottolineare una serie di incognite intrinseche all'indagine, legate all'esecuzione della prova all'interno di un piezometro e non di un foro di sondaggio, al suo condizionamento e ad altre incognite qui di seguito riassunte quali:

- scelta del coefficiente di forma a causa della presenza del tappo di fondo nel piezometro;
- tratto di prova finestrato con superficie drenante effettiva pari al 10% della lunghezza del filtro (ciò condiziona il rapporto tra la lunghezza del tratto di prova L e il diametro del foro D, condizione necessaria per la scelta del coefficiente di forma Cf e per le condizioni che assicurano una buona riuscita della prova);
- spessore del dreno, circostante il tubo piezometrico, ignoto;
- percentuale di filtri intasati ignota.

I risultati delle prove condotte sono riportati in Figg. 13.a1 e 14.a1.

A1.5 Caratteristiche tecniche piezometri

Le prove di pompaggio sono state condotte nei piezometri Pz 1, profondità pari a circa 25,5 m da p.c.- ubicazione filtri da 4.5 a 22.5 m da p.c. in Ammasso serpentinitico intensamente fratturato caratterizzato da detrito alternato a rari strati più competenti, e Pz 2 (profondità pari a circa 40 m da p.c.- ubicazione filtri approssimati da 13,0 a 25.0 m da p.c., causa l'interrimento della parte terminale del piezometro, in detrito ofiolitico grossolano intercalato da rari trovanti di dimensioni decimetriche), al fine di definire le modalità esecutive più corrette.

I piezometri in questione sono del tipo a tubo aperto di diametro esterno = 114 mm, in PVC azzurrato; la parte filtrante è caratterizzata da luci di spessore 1.5 mm (vd. Relazione finale installazione piezometri ai sensi del Reg. Reg. 41/01 – Geostudi S.r.l., Febbraio 2007) e percentuale di superficie fessurata approssimativamente pari al 10%.

Si specifica inoltre come la parte terminale del Pz1 sia caratterizzato da tappo di fondo mentre il Pz2, in quanto caratterizzato da interrimento, risulterebbe come sprovvisto di tappo; questi particolari risultano di primaria importanza nella valutazione del Coefficiente di Forma (vedi capitolo successivo).

A1.6 Determinazione del Coefficiente di permeabilità

Le prove effettuate sono da considerarsi puramente sperimentali e sono state attuate allo scopo di verificare la possibilità di fornire un dato di permeabilità di massima dell'ammasso ofiolitico, considerandolo come costituito prevalentemente da detrito ofiolitico anche fine, ovvero similare ad un terreno a bassa permeabilità, visti i valori di abbassamento registrati in occasioni di precedenti prelievi.

La determinazione del coefficiente di permeabilità in situ (K) calcolato con le approssimazioni citate in premessa, si ribadisce come sia da ritenersi puramente sperimentale; son da considerarsi, inoltre, alcune incertezze causate sia dalla necessità di porre come condizioni iniziali l'omogeneità, l'isotropia e la continuità del tratto di terreno investigato (requisiti difficilmente riscontrabili in natura), sia dagli errori sistematici e casuali provocati dall'esecuzione della prova (soprattutto in termini di mantenimento del regime di flusso laminare, come stabilisce la legge di Darcy) e dalle misurazioni effettuate.

Premesso ciò, per la determinazione della permeabilità in situ è stata adottata la prova Lefranc a carico variabile, consigliata per terreni a granulometria fine e con coefficienti di permeabilità < a 10-5 cm/sec ("Il Manuale del Geologo", M. Casadio, C. Elmi; Pitagora Editrice Bologna; 1995, pg.156).

PROVA A CARICO VARIABILE

In questo tipo di prova si misura la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo modificato tramite emungimento, misurando le piezometrie dinamiche nel tempo.

Condizione necessaria per la realizzazione di tale prova ad immissione è che il tratto investigato venga preventivamente saturato (Vd. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" - Associazione Geotecnica Italiana - giugno 1977) o addirittura sia situato totalmente in falda come nel nostro caso (Vd. "Prove geotecniche in sito"- I Edizione a cura di Cestari Ferruccio; Ed. GEO-GRAPH s.n.c., 1990; pgg.367-371) e, al fine di una buona riuscita, questi ultimi autori, consigliano una lunghezza del tratto di prova L pari ad almeno 5 volte il diametro del foro D.

La formula risolutiva del coefficiente di permeabilità K è la seguente:

$$K = [A/Cf * (T_2-T_1)] * I_n (h_1/h_2)$$

in cui:

K (ms^{-1}) coefficiente di permeabilità

A (m^2) $(D/2)^2 * \pi$ Area di base del foro

h_1 e h_2 (m) abbassamenti registrati in risalita rispetto all'abbassamento totale registrato nella prova agli istanti T_1 (¾ abbassamento totale) e T_2 (¼ abbassamento totale)

T_1 e T_2 (s) tempi ai quali si misurano h_1 e h_2

Cf (m) coefficiente di forma in funzione della geometria del foro

COEFFICIENTE DI FORMA

Una nota di rilievo la merita il Cf presente nelle formule e dipendente dalla geometria del foro. Alcuni autori (F. Cestari, 1990) suggeriscono diverse tipologie di calcolo del Cf a seconda delle condizioni geometriche del foro e del contesto in cui si trova il tratto di prova. Altri autori (Associazione Geotecnica Italiana, 1977) si basano unicamente sul rapporto dimensionale fra L e D o addirittura stabiliscono un valore costante.

Nel nostro caso, a causa delle approssimazioni menzionate in premessa, si ritiene opportuno tenere in considerazione un range di valori di permeabilità, anziché un valore singolo, calcolati con le diverse possibilità di Cf proposte, con lo scopo di poter far fronte alle oggettive incertezze determinate dalle caratteristiche tecniche dei piezometri.

Le formule per il calcolo del Cf adottate con sensibile approssimazione sono:

- Per foro cilindrico in terreno uniforme

  $\mathbf{Cf = 3\pi L / l_n[1.5L/D + (1+(1.5L/D)^2)^{½}]}$ (F. Cestari, 1990)

- Per L >> D

  $\mathbf{Cf = L}$ (Associazione Geotecnica Italiana, 1977)

Nella prima formula l'approssimazione si traduce nel fatto che il nostro tratto di prova non è perfettamente cilindrico avendo la base inferiore, nel caso del Pz1, "cieca" a causa della presenza del tappo di fondo.

Alla luce di tutto ciò e tenendo presente le incognite elencate in premessa, verranno di seguito proposte diverse soluzioni di calcolo.

ESECUZIONE PROVA DI PERMEABILITÀ

In data 07/08/13 sono state eseguite le prove in situ di cui sopra mediante prova a carico variabile sui piezometri Pz1 e Pz2.

Le prove di permeabilità si sono svolte nei seguenti modi:

Pz1

per la prova Lefranc a carico variabile è stata effettuata tramite emungimento mediante pompa sommersa da 2", per un tempo pari a circa 35 minuti. Interrotto l'emungimento, mediante trasduttore di pressione dotato di datalogger, sono stati registrati tempi e livelli dinamici di risalita della falda.
Per tale prova i parametri utilizzati sono i seguenti:

- spessore di acquifero investigato = 8,10 m. (da 14,41 m da p.c., livello statico della falda, a 22,50 m. da p.c. base dei filtri)
- L (lunghezza effettiva del tratto di prova) = 0.81 m. (pari al 10% del tratto finestrato)
- D (diametro Pz) = 0.114 m. (considerando il diametro esterno)
- Livello statico falda = 14,41 m. da p.c.
- Massimo abbassamento (registrato a fine emungimento dopo circa 35 minuti) = 6,7369 m
- Cf = 2,492 per K1 e 0.81 per K2

Pz2
per la prova Lefranc a carico variabile è stata effettuata tramite emungimento mediante pompa sommersa da 2", per un tempo pari a circa 20 minuti. Interrotto l'emungimento, mediante freatimetro e cronometro, sono stati registrati tempi e livelli dinamici di risalita della falda.
Per tale prova i parametri utilizzati sono i seguenti:

- spessore di acquifero investigato = 14,43 m. (da 10,57 m da p.c., livello statico della falda, a 25,00 m. da p.c. base dei filtri)
- L (lunghezza effettiva del tratto di prova) = 1.443 m. (pari al 10% del tratto finestrato)
- D (diametro Pz) = 0.114 m. (considerando il diametro esterno)
- Livello statico falda = 10,57 m. da p.c.
- Massimo abbassamento (registrato a fine emungimento dopo circa 20 minuti) = 0,52 m
- Cf = 3.737 per K1 e 1.443 per K2

A1.7 Risultanze prove di permeabilità

Come si evince dai dati riportati in tabella negli allegati a seguire, si possono ottenere diversi risultati relativamente al parametro permeabilità, in funzione della soluzione di calcolo che s'intende adottare.

Pertanto, viste le condizioni tecniche dei piezometri con le conseguenti approssimazioni precedentemente descritte e preso atto del fatto che i diversi Autori suggeriscono criteri tra loro differenti, si ritiene opportuno esprimere un range di valori di K che possa così rispecchiare la variabilità di tale parametro e fornire i limiti entro i quali stabilire un criterio per dimensionare, in modo ponderato, la determinazione di K alle attuali condizioni di fatto.

Per quanto riguarda le prove a carico variabile eseguite nei Pz1 e Pz2 e relative all'acquifero intercettato, si può supporre come i valori di K siano i seguenti:

K Pz1: $6{,}47*10^{-7}$ m/sec
$1{,}99*10^{-6}$ m/sec

K Pz2: $2{,}19*10^{-6}$ m/sec
$5{,}69*10^{-6}$ m/sec

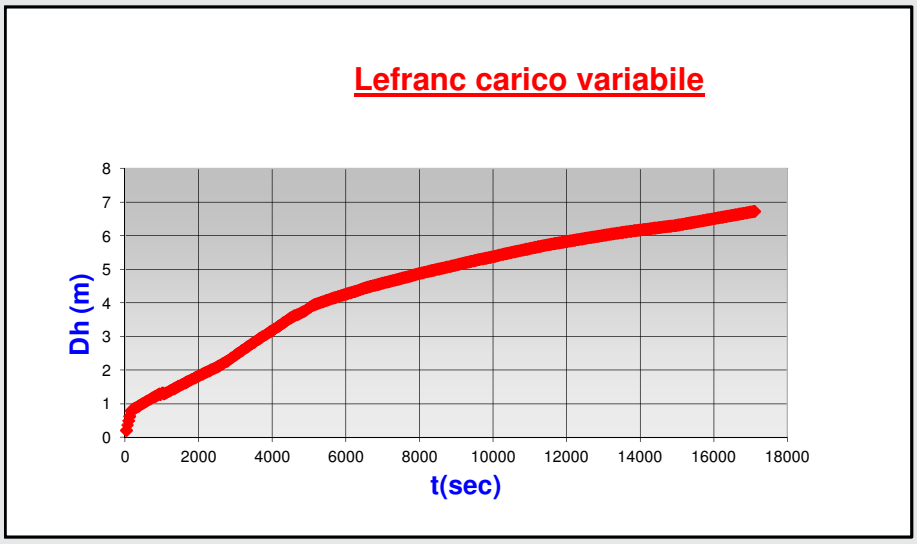
Tenendo in considerazione le approssimazioni della metodica utilizzata, esposte approfonditamente nei paragrafi precedenti, le differenze riscontrabili fra i due range proposti potrebbero essere in parte ascrivibili alle differenti litologie intercettate dai due piezometri (vd. Figg. 2.a1 e 3.a1): ammasso ofiolitico fratturato per il Pz1 e detrito ofiolitico per il Pz2.

Pz N° 1

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE: Provincia di Parma - R.E.R.
LOCALITA': Monte Zirone, Comune di Terenzo
CANTIERE: Cava Monte Zirone
DATA: 07/08/2013

PIEZOMETRO: Pz 1
PROF. FILTRI: **da m** 4.50 **a m** 22.50 **da p.c.**
Liv. St. Falda: 14.4046 **m da p.c.**
Abbassamento tot.: 6.7369 **m**
Spessore di acquifero investigato 8.10 **m**
t_2-t_1 : 6930 **sec**
Δh : 3.3687 **m**



Spessore di terreno interessato alla prova	L = (m)	0.81	ovvero lunghezza filtri interessati dalla falda * 0,1 (superficie filtrante tubo filtro)
Diametro del foro	D = (m)	0.114	
Livello falda 1/4 abb. Tot. rispetto al livello statico	h_1 = (m)	5.06	
Livello falda 3/4 abb. Tot. rispetto al livello statico	h_2 = (m)	1.69	
Tempo di prova fra 3/4 e 1/4 abb. Tot.	t = (sec)	6930	

$$K1 = \frac{A}{Cf1\ (t2-t1)} \ln(h1/h2) = 6.474E-07\ m/sec \qquad \text{con } CF1 = \frac{3*3,14*L}{\ln\left((1,5L/D)+(1+(1,5L/D)^2)^{1/2}\right)} = 2.492$$ (da Prove Geot. in situ)

$$K2 = \frac{A}{Cf2\ (t2-t1)} \ln(h1/h2) = 1.992E-06\ m/sec \qquad \text{con } CF2 = L = 0.81$$ (da A.G.I.)

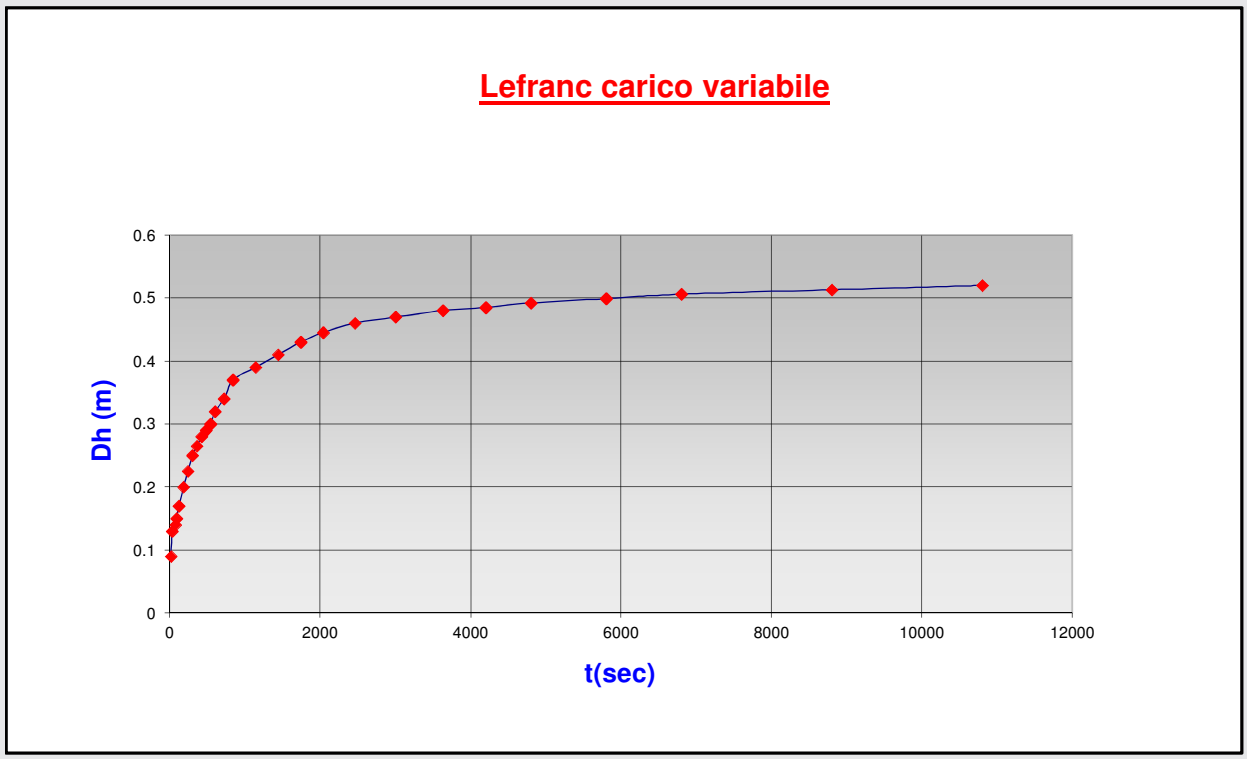
Figura 13.a1
Prova Lefranc a carico variabile Pz1.

Pz N° 2

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE: Provincia di Parma - R.E.R.
LOCALITA': Monte Zirone, Comune di Terenzo
CANTIERE: Cava Monte Zirone
DATA: 07/08/2013

PIEZOMETRO: Pz 2
PROF. FILTRI: **da m** 13.00 **a m** 25.00 **da p.c.**
Liv. St. Falda: 10.57 **m da p.c.**
Abbassamento tot.: 0.52 **m**
Spessore di acquifero investigato 14.43 **m**
t_2-t_1 : 1365 **sec**
Δh : 0.26 **m**



Spessore di terreno interessato alla prova	L = (m)	1.443	ovvero lunghezza filtri interessati dalla falda * 0,1 (superficie filtrante tubo filtro)
Diametro del foro	D = (m)	0.114	
Livello falda 1/4 abb. Tot. rispetto al livello statico	h_1 = (m)	0.39	
Livello falda 3/4 abb. Tot. rispetto al livello statico	h_2 = (m)	0.13	
Tempo di prova fra 3/4 e 1/4 abb. Tot.	t = (sec)	1365	

$$K1 = \frac{A}{Cf1\ (t2-t1)} \ln(h1/h2) = 2.197E-06\ m/sec \qquad \text{con } CF1 = \frac{3*3,14*L}{\ln((1,5L/D)+(1+(1,5L/D)^2)^{1/2})} = 3.737$$

(da Prove Geot. in situ)

$$K2 = \frac{A}{Cf2\ (t2-t1)} \ln(h1/h2) = 5.690E-06\ m/sec \qquad \text{con } CF2 = \frac{L}{} = 1.443$$

(da A.G.I.)

Figura 14.a1
Prova Lefranc a carico variabile Pz2.

5 Sorgenti e natura

In questo capitolo vengono presentati casi di studio relativi a quelle che, in modo intuitivo, si possono definire "sorgenti di pregio naturalistico e ambientale", secondo una dicitura utilizzata nel vigente Piano di Tutela delle Acque (PTA) che regolamenta anche le caratteristiche delle aree a cui si applicano norme per la loro tutela. Mancando, tuttavia, una definizione del termine, nelle fasi di attuazione del PTA attraverso la pianificazione di ambito provinciale, le sorgenti di pregio naturalistico-ambientale sono state indicate solo in casi sporadici, risultando meno frequenti di quanto potrebbero essere.

L'intento di approfondire questo tema, per quanto riguarda gli aspetti ecologici in relazione alla geologia, è stata uno dei motivi che hanno stimolato la collaborazione del Servizio Geologico regionale con la Sezione di Limnologia del Museo di Scienze Naturali di Trento (MUSE) che, in ambito nazionale e alpino in particolare, ha avuto un ruolo di capofila nello studio degli aspetti ecologici collegati alle acque sorgive. Il progetto "Crenodat" del MUSE è stata la prima esperienza di studio su questo tema e i suoi contenuti vengono decritti nel primo paragrafo di questo capitolo. Il secondo paragrafo illustra il progetto "Exploring Biodiversity in Emilia-Romagna springs" (EBERs), frutto della collaborazione di cui sopra, che ha studiato sedici sorgenti nell'ambito dell'Appennino emiliano-romagnolo, scelte tra le più importanti per il contesto di naturalità o le peculiarità chimico-fisiche da cui sono caratterizzate. Una categoria a sé stante in quast'ambito è rappresentata dalle sorgenti caratterizzate dalla deposizione di carbonato di calcio (*Limestone Precipitating Springs*, L.P.S., Cantonati et al. 2016 e descritte nel capitolo 5.3). Queste particolari tipologie di sorgenti risultano molto diffuse nella Regione Emilia-Romagna e solo una parte (generalmente chiamate "sorgenti petrificanti") è oggetto di tutele specifiche sulla base della normativa europea e tra i motivi per l'individuazione di aree classificabili come Siti di Importanza Comunitaria (SIC), oggetto di misure di tutela e dei relativi finanziamenti per la loro attuazione. Il terzo paragrafo è dedicato alle osservazioni di campagna relative ad alcune di tali sorgenti veramente peculiari, che vanno dall'esempio spettacolare della sorgente di San Cristoforo di Labante (Appennino bolognese), tutelato da area SIC, a casi locali molto interessanti dal punto di vista idrogeologico e da cui derivano criteri predittivi per la localizzazione di sorgenti con caratteristiche analoghe. Al capitolo 5 seguirà l'appendice II, dedicata alla descrizione di alcuni dei siti oggetto di studio da parte del Progetto EBERs, in forma di itinerari.

5.1 L'esperienza della Provincia Autonoma di Trento: il Progetto CRENODAT (2004-2008) e il contributo alla piattaforma Internet "Springs of the Alps" (Alpenquellen)

Marco Cantonati Museo delle Scienze (MUSE) di Trento – Sezione di Limnologia e Algologia

Progetti multidisciplinari sulle sorgenti sono assai rari. Le sorgenti costituiscono tuttavia, assieme ai torrenti e ai fiumi, una delle tre maggiori tipologie delle acque correnti, e ospitano *taxa* rari o significativi dal punto di vista biogeografico. La loro integrità può essere minacciata da impatti antropici diretti (in particolare le captazioni) e indiretti.

Lo scopo di CRENODAT è stato quello di dare un contributo significativo al chiarimento della struttura del biota, ottenere un quadro idrochimico completo, iniziare lo studio del me-

tabolismo bioorganico di organismi tipici, utilizzare le sorgenti per ricerche ecofisiologiche e come siti ideali per indagini a lungo termine, individuare indicatori di integrità / naturalità delle sorgenti (struttura delle cenosi e individuazione di *taxa* caratterizzanti) e di qualità ambientale (organismi o composti da essi prodotti) in relazione a specifici problemi / parametri, e favorire la tutela con iniziative pilota di divulgazione.

Il progetto, della durata di 36 mesi (2004 - 2006), è stato coordinato dalla sezione del Museo Tridentino di Scienze Naturali di Trento (ora Museo delle Scienze - MUSE) Limnologia e Algologia, ed è stato strutturato in sei moduli operativi:

I - Valutazione delle caratteristiche geomorfologiche, idrochimiche e della biodiversità
Questo modulo è stato dedicato a un insieme rappresentativo delle sorgenti trentine tuttora in condizioni pressoché naturali. Per un centinaio di sorgenti proporzionalmente distribuite sui principali substrati litologici e prevalentemente ricadenti in aree di elevato pregio naturalistico, sono state studiate la morfologia, l'idrogeologia, le caratteristiche chimiche (elementi in traccia compresi) ed il biota (alghe, con particolare attenzione alle diatomee, cianobatteri, protisti, idracari, microcrostacei, gasteropodi crenobionti e crenofili, e gli altri gruppi dello zoobenthos, muschi e piante superiori).
L'obiettivo è stato quello di produrre un quadro reale della biodiversità e la sua distribuzione in questi habitat dall'analisi dei diversi gruppi di organismi e delle variabili chimico-fisici (Cantonati et al., 2012b, c).

II - Sorgenti con caratteristiche fisiche e chimiche particolari
Questo modulo ha rivolto la propria attenzione a una trentina di sorgenti termali e/o con caratteristiche specifiche di mineralizzazione (es. sorgenti ferruginose) o con contenuti particolarmente elevati di metalli pesanti. Questo per avere un quadro dei biota di categorie specifiche di sorgenti e verificare la possibilità di individuare indicatori di tratti fisici o chimici specifici. Nello studio è stato incluso un certo numero di sorgenti solforose.

III - Le sorgenti come "laboratori naturali" (ecofisiologia e metabolismo bioorganico)
Si è cercato di sfruttare le caratteristiche di stabilità dei parametri fisici e chimici di questi ambienti come una sorta di laboratorio naturale. Con questo approccio si è potuto studiare: (i) l'ecofisiologia e lo spettro dei metaboliti secondari di organismi presenti, con grandi quantitativi, in alcuni habitat sorgentizi; (ii) di fare chiarezza sui fattori ambientali che regolano lo sviluppo di alghe particolarmente comuni in acque correnti montane (*H. foetidus*); (iii) l'identificazione di metaboliti secondari per applicazioni tassonomiche o ecologiche. È stata valutata anche la possibilità, di utilizzare la presenza / assenza di idracari crenobionti come indice di stabilità / instabilità idrologica.

IV - Ricerche a lungo termine, *global change* e aspetti stagionali
È stata implementata una ricerca intrapresa all'inizio degli anni novanta in cinque sorgenti del Parco Naturale Adamello-Brenta con lo scopo di utilizzare le variazioni a medio termine (fisicochimiche + biota) per descrivere il cambiamento ambientale. Per alcune sorgenti è stato fatto anche un primo tentativo di applicare tecniche paleolimnologiche. Analisi esplorative sono state eseguite sulle concrezioni carbonatiche di alcune tipologie di sorgente per sondare le loro potenzialità come archivi ambientali.

V - Sviluppo di criteri evoluti per la valutazione della naturalità / integrità delle sorgenti
I dati raccolti sono stati rielaborati nell'ottica di fornire criteri e strumenti innovativi per la valutazione dell'integrità / naturalità di questi ambienti. Si è cercato così di regionalizzazione, in ambito alpino, indici sviluppati a questo scopo in Germania (Fischer 1996), e basati sul legame più o meno robusto dei *taxa* dello zoobenthos con l'ambiente sorgentizio, e alla verifica dell'eventuale necessità di adattamento alla specifica categoria ambientale delle sorgenti, di indici che utilizzano le microalghe diatomee per la valutazione del livello di trofismo (Coring et al. 1999, Rott et al. 1999, Dell'Uomo 1996), acidificazione (Coring 1993) e saprobicità (Rott et al. 1997) delle acque correnti.

VI - Divulgazione a favore della conservazione
Questo modulo ha riguardato la formulazione di strategie per la divulgazione delle informazioni acquisite nella consapevolezza che solo l'aumentata conoscenza da parte dell'opinione pubblica di questi ambienti potrà favorirne la salvaguardia. Partner per questo scopo è stato il Parco Naturale Adamello-Brenta, che dai primi anni novanta ha promosso iniziative scientifiche e didattiche su questi ambienti, e il dott. R. Hotzy (Società per la Protezione della Natura della Baviera) che ha realizzato un portale informatico (*http://www.alpenquellen.com/italia*) con contenuti prevalentemente divulgativi, espressamente dedicato alle sorgenti alpine. Il sito è disponibile in cinque lingue: inglese, tedesco, italiano, francese, slovena e comprende elementi interattivi come per esempio la possibilità di inviare dati di interesse tramite un forum.

5.2 Il Progetto EBERs

Marco Cantonati Museo delle Scienze (MUSE) di Trento – Sezione di Limnologia e Algologia

Nel 2011, il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna ha instaurato una collaborazione triennale con la Sezione di Limnologia e Algologia del Museo delle Scienze - MUSE di Trento, per lo svolgimento di un approfondito studio esplorativo sulla biodiversità delle sorgenti dell'Emilia Romagna. Il progetto "**E**xploring the **B**iodiversity of **E**milia **R**omagna **s**prings" (**EBERs**) è coordinato per il MUSE da Marco Cantonati, in qualità di referente dell'esperienza di CRENODAT descritta nel precedente paragrafo ed in continuità scientifica con quest'ultima.

L'obiettivo principale dell'iniziativa, la prima del suo genere nell'ambito dell'Emilia-Romagna, è fornire un supporto per l'approfondimento multidisciplinare delle conoscenze relative alle sorgenti (captate e non captate), visto il ruolo di risorsa strategica delle acque sotterranee in ambito montano, a ragione dell'elevato pregio qualitativo e del legame con la biodiversità. L'interesse mostrato dal Servizio Geologico verso questo argomento è rivolto in particolare alla comprensione del modello idrogeologico che governa il manifestarsi delle sorgenti, analizzato in chiave moderna.

Le nuove conoscenze che si otterranno, anche attraverso l'approfondimento del tema ecologico s.l., dagli approfondimenti multidisciplinari su aree sorgentizie selezionate, possono essere utilizzate principalmente per:

1) fornire un contributo di settore ai competenti Servizi regionali, per l'aggiornamento del quadro conoscitivo del Piano di Tutela delle Acque (PTA) e del quadro conoscitivo sulla biodiversità, utile alla costituzione di un Osservatorio regionale e per monitorare lo stato di attuazione delle Direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE;
2) fornire un contributo metodologico per definire ed individuare le "sorgenti di pregio naturalistico ambientale" a cui fa riferimento il PTA della Regione Emilia-Romagna, a supporto e completamento della pianificazione del settore nell'ambitolo provinciale, data la mancanza di tale informazione ove non fossero disponibili dati pregressi.

Queste analisi territoriali contengono elementi per successive collaborazioni del Servizio Geologico con i Servizi regionali competenti nelle materie citate, hanno una chiara finalità applicativa e contribuiscono, fornendo un supporto informativo, all'attuazione delle politiche regionali.

5.2.1 Materiali e metodi

L'area di studio è, in prevalenza, l'Appennino emiliano-romagnolo con alcune "estensioni" a comprendere l'alta pianura, per lo studio di alcuni tra gli ultimi fontanili conservatisi. La figura 1 indica la localizzazione (triangolo blu) delle 16 aree sorgentizie campionate.

5.2.1.1 Enti, persone e mezzi coinvolti

Il progetto EBERs è stato promosso dall'allora responsabile del Servizio Geologico, Raffaele Pignone.
Le attività hanno impegnato il coordinatore Marco Cantonati (M.C.), Nicola Angeli (N.A.) e Daniel Spitale (D.S.) per il MUSE; Stefano Segadelli (S.S.) con il contributo di Maria Teresa De Nardo (M.T.D.N.) per il Servizio Geologico.
Le sigle che contraddistinguono i partecipanti verranno specificate di volta in volta nelle sezioni che descrivono sinteticamente contenuti e risultati.

Per tematiche specifiche (o per specifici gruppi di organismi) sono inoltre stati coinvolti gli specialisti elencati in Tabella 1.5.

Tabella 1.5

Tematica / Gruppo di organismi	Nome (sigla)	Ente di appartenenza
Idrogeologia	Prof. Alessandro Gargini (A.G.)	Univ. Bologna, Dip. Sc. Terra
Idrochimica	Dr. Jacopo Gabrieli (J.G.)	I.D.P.A.-C.N.R., Univ. Venezia Dip. Sc. Amb.
Diatomee	Prof. Horst Lange-Bertalot (H.L.B.)	University of Frankfurt, Germany
Alghe petrificanti	Prof. Eugen Rott (E.R.)	University of Innsbruck, Austria
Alghe Verdi	Prof. Elliot Shubert (E.S.)	The Natural History Museum, London (UK)
Carofite	Dr. Dietmar Jäger (D.J.)	Hohenems, Austria
Licheni acquatici	Juri Nascimbene (J.N.)	Università di Trieste
Zoobenthos	Reinhard Gerecke (R.G.)	University of Tübingen, Germany
Idracari	Reinhard Gerecke (R.G.)	University of Tübingen, Germany
Copepodi, Nifargidi	Fabio Stoch (F.S.)	Università dell'Aquila
Ostracodi	Giampaolo Rossetti (G.R.)	Università di Parma
Molluschi	Fabio Decet (F.D.)	Belluno

5.2.1.2 Criteri utilizzati per la scelta delle aree sorgentizie

- Preferenza a sorgenti situate in aree protette;
- Presenza di versanti interessati da deformazioni gravitative profonde;
- Numero di sorgenti rappresentativo di una distribuzione in ambito regionale;
- Sorgenti rappresentative delle tipologie presenti sul territorio: reocrene (scaturigine con acqua corrente), limnocrene (la polla è una pozza o laghetto), elocrene (emergenza diffusa con formazione di zona umida), igropetriche (scaturigine costituita da velo d'acqua che scorre sulla superficie rocciosa) e con particolari caratteristiche fisico-chimiche (per esempio petrificanti, ferruginose, sulfuree ecc.);
- Preferenza a sorgenti per le quali sono disponibili dati fisico-chimici (temperature, portate, nutrienti algali, elementi in tracce e metalli pesanti);
- Preferenza a sorgenti da acquiferi impostati nei principali tipi geo-litologici dell'Appennino emiliano-romagnolo;
- Sorgenti rappresentative delle diverse fasce altitudinali e con regime idraulico permanente;
- Preferenza a sorgenti in condizioni naturali o semi-naturali (con alcune eccezioni, es. sito di S. Cristoforo di Labante studiato come vero e proprio "laboratorio" per eventuali interventi di rinaturalizzazione).

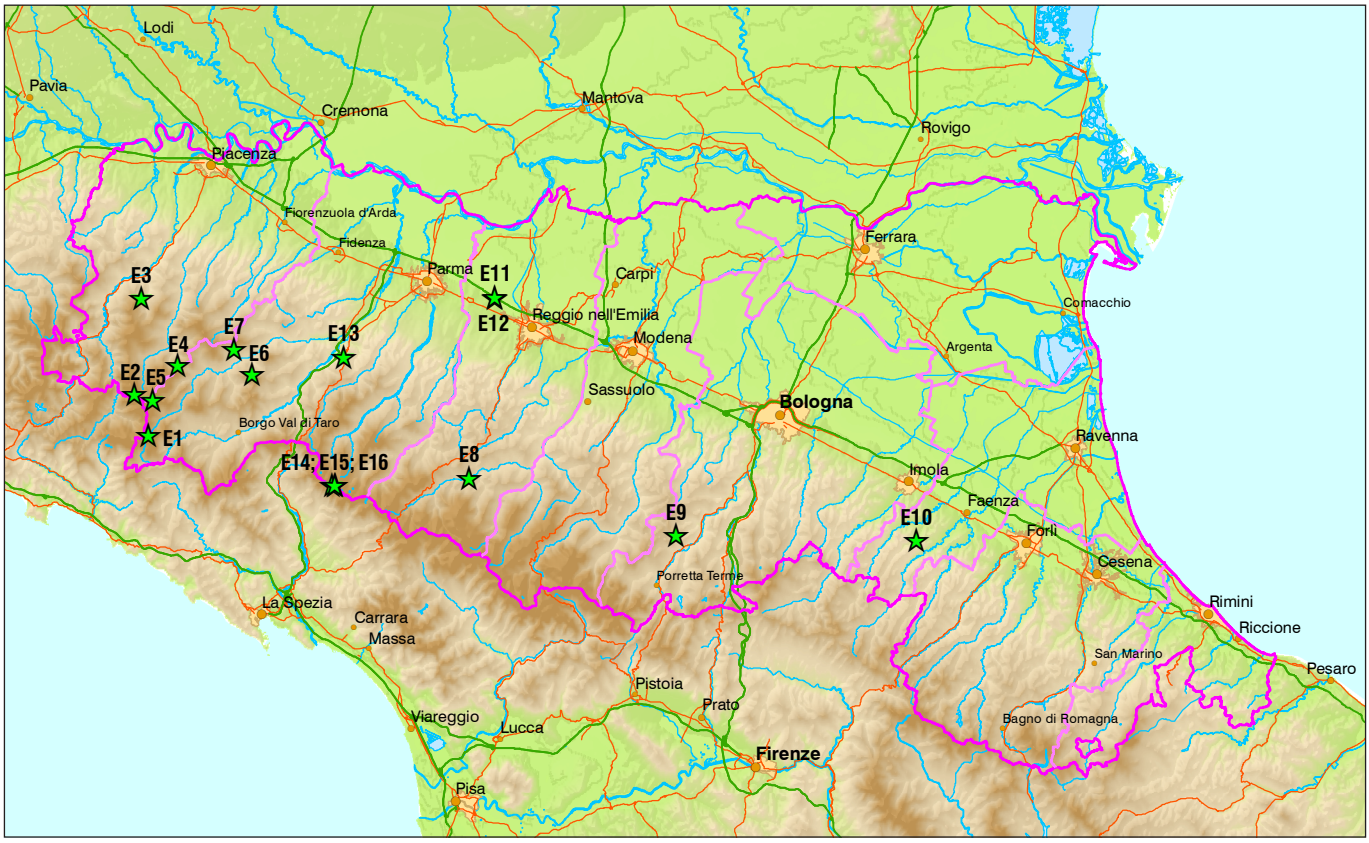


Figura 1.5
Distribuzione delle sorgenti campionate per il progetto EBERs e relativo codice identificativo.

★ Sorgente campionata e relativo codice identificativo

5.2.1.3 Attività di campagna

Si è proceduto alla verifica sul terreno dei dati sulla localizzazione di sorgenti, da caratterizzare e rilevamento con l'utilizzo di strumentazione GPS. Sono state svolte interviste ai locali, con ricognizioni presso gli Uffici Tecnici Comunali e i dipartimenti scolastici, utili ad acquisire conoscenze su sorgenti di antico uso.

È seguita la caratterizzazione degli habitat sorgentizi (localizzazione, morfologia, portate) mediante apposito protocollo, a cui hanno contribuito le seguenti fasi:

- Misurazione di parametri chimico-fisici sul campo con sonde multiparametriche (temperatura, conducibilità, pH, ossigeno disciolto, potenziale redox) e portate istantanee; nel caso delle "sorgenti petrificanti", titolazioni di alcalinità sul posto per cercare di caratterizzare il gradiente di CO_2 dalla polla verso valle;
- Prelievo di campioni per analisi fisiche e chimiche delle acque;
- Rilevamento (coperture) della componente fotoautotrofa e campionamento dettagliato delle alghe bentoniche (inclusi i cianobatteri) e delle briofite, mantenendo separati i vari microhabitat;
- Campionamento della fauna a invertebrati mediante diverse metodologie (retino con maglia da 100 µm, lavaggio di briofite);
- Campagne di campionamento per lo studio di aspetti idrologici, idrochimici ed idrobiologici in gruppi di sorgenti di particolare interesse risultanti dalle attività precedentemente descritte e situate in aree con diverse caratteristiche geo-litologiche;
- Preparazioni, identificazione, valutazioni semiquantitative dei seguenti gruppi di organismi: microalghe diatomee; alghe e cianobatteri che partecipano alla precipitazione di carbonati nelle sorgenti petrificanti; alghe bentoniche e cianobatteri che formano aggregati macroscopici; briofite; idracari; ostracodi; copepodi;

- Individuazione delle "caratteristiche geologiche" da mettere in relazione con le peculiarità biologi-che, vegetazionali, chimiche ed idrogeologiche delle scaturigini, a completamento dell'individuazione di ambiti di pertinenza delle sorgenti.

5.2.1.4 Attività di laboratorio

Le informazioni raccolte sono state inserite in un apposito database, fondato sulla georeferenziazione delle sorgenti e utile anche per successive elaborazioni cartografiche.
Sono state svolte analisi chimico-fisiche per la determinazione delle principali variabili (es. alcalinità totale, solidi sospesi, nutrienti inorganici disciolti, e, se possibile, metalli pesanti ed elementi in tracce), seguite da:

- Preparazione dei campioni di microalghe diatomee (realizzazione di preparati permanenti in resina Naphrax), e predisposizione per la conservazione di campioni di altre alghe bentoniche e cianobatteri (campioni in liquido fissati con formaldeide o glutaraldeide, exsiccata ecc.);
- Identificazione delle diatomee al microscopio ottico e studio di *taxa* di particolare interesse al microscopio elettronico a scansione. Valutazioni quantitative al microscopio ottico (1000x) dei vetrini di diatomee (conteggio di 450 valve) e delle altre alghe bentoniche. Per tutti i gruppi di fotoautotrofi (e per le diatomee in particolare) verrà utilizzata la letteratura tassonomica più aggiornata e in grado di consentire il maggior dettaglio possibile nell'identificazione;
- Identificazione delle briofite;
- Conservazione dei campioni nelle collezioni del Museo delle Scienze (Sezione di Limnologia e Algologia) e loro catalogazione su supporto informatico;
- Smistamento dei campioni di invertebrati ed identificazione tassonomica dettagliata di idracari, ostracodi e copepodi;
- Elaborazione dei dati ed analisi statistiche (le più attuali in relazione agli obiettivi e al numero di dati disponibili).

5.2.2 Risultati e discussione

5.2.2.1 Campagna di campionamenti 2011

Nel 2011 sono state campionate le seguenti sedici sorgenti:

CODSOR	Nome ufficiale	Abbrev. Standard	Data	Ora	Altitudine m s.l.m.	T °C	O_2 % sat.	Cond µS cm^{-1}	pH	pH sonda Radiometer	Redox milliVolt	Tipo sonda	Portata L s^{-1}
E1	Monte Penna	Mt_Penn	25/07/2011	19:00	1324	5.3	86	63	6,6	sì	233	H20	3.5
E2	Ciapa liscia	Ciap_Li	26/07/2011	10:30	1381	5.4	91	95	7.3	sì	113	H20	1.0
E3	Mangiapane	Man_Pan	26/07/2011	14:30	736	11.1	81	290	7.7	sì	209	H20	0.9
E4	Lagacci	Lagacci	26/07/2011	19:30	926	7.7	80	137	7.5		213	H20	3.5
E5	Monte Nero	Mt_Nero	27/07/2011	10:00	1509	5.8	nr	118	7.6	sì	nr	H20	1.2
E6	Barigazzo	Barigaz	27/07/2011	15:30	880	7.9	47	317	7.5		261	H20	0.4
E7	Carameto	Caramet	28707/2011	10:00	758	12.8	77	454	7.7	sì	176	H20	0.07
E8	Poiano	PoianoS	28/07/2011	18:30	430	9.6	80	13110	7.4	sì	196	H20	50
E9	Labante	Labante	29/07/2011	10:30	603	15.4	86	470	8.2	sì	134	H20	7-10; 20-25
E10	Gessi Riolo	Ges_Rio	29/07/2011	18:30	167	11.9	89	2320	7.8	sì	164	H20	2.5

CODSOR	Nome ufficiale	Abbrev. Standard	Data	Ora	Altitudine m s.l.m.	T °C	O_2 % sat.	Cond µS cm^{-1}	pH	pH sonda Radiometer	Redox milliVolt	Tipo sonda	Portata L s^{-1}
E11	Fontanile Valle del Re (polla in ombra)	F_VR_Sh	30/07/2011	11:00	32	13.2	24	850	7.2	sì	162	H20	nr
E12	Fontanile Valle del Re (polla al sole)	F_VR_Su	30/07/2011	13:00	31	15.0	76	841	7.1	sì	135	H20	nr
E13	Monte Prinzera	Prinzer	30/07/2011	18:00	492	14.0	22	260	11.2	sì	143	H20	0.03
E14	Fontana del vescovo	Font_Ve	31/07/2011	12:01	1613	4.7	72	56	7.3	sì	124	H20	1
E15	Elocrena Lago Scuro	Elo_L_S	31/07/2011	14:00	1534	9.8	54	39	7.3	sì	134	H20	0.07
E16	Capanne Lago Scuro	Cap_L_S	31/07/2011	16:30	1547	8.7	84	25	6.4	sì	200	H20	0.8

Tabella 2.5
Le sorgenti investigate nell'ambito del progetto EBERs nel 2011 e alcuni parametri rilevati sul campo con sonda multiparametrica.

L'attività di campo ha visto la raccolta di dati riguardanti l'idrochimica tramite una sonda multiparametrica che ha permesso di caratterizzare in tempo reale parametri come pH, conducibilità, temperatura, potenziale redox, ossigeno disciolto nell'acqua (vedi Tabella 2.5). Campioni di acqua per le analisi chimiche (nutrienti, elementi in traccia) sono stati spediti al laboratorio di analisi del CNR di Venezia – Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (referente Dr. Jacopo Gabrieli).

5.2.2.2 Campagna di campionamenti 2012

Nel 2012 sono state campionate le seguenti undici sorgenti (più il ruscelletto generato dal troppo pieno di una sorgente captata non considerata nel 2011, E13bis, vedi Tabella 3.5):

CODSOR	Data	Ora	Portata L s^{-1}	T °C	Cond 25 °C µS cm^{-1}	pH	O_2 % sat
E1	25/07/2012	19:15	5.0	5.1	77	7.6	99
E7	24/07/2012	18:37	0.1	11.0	537	8.0	81
E7bis	24/07/2012	19:30		14.3	447	8.5	88
E8	24/07/2012	11:00	65.0	9.7	12870	7.5	84
E9	23/07/2012	15:00	2.0	13.5	491	8.5	89
E11	24/07/2012	15:08	0.0	14.0	981	7.1	24
E12	24/07/2012	15:50	0.0	16.1	980	7.1	58
E13	26/07/2012	10:05	0.03	12.8	104	11.4	17
E13bis	26/07/2012	09:06	0.25	11.8	405	7.7	89
E14	25/07/2012	14:00	0.22	4.9	79	7.8	94
E15	25/07/2012	11:27	0.006	17.2	26	6.5	59
E16	25/07/2012	12.30	0.0	12.5	45	6.8	77

Tabella 3.5
Le sorgenti investigate nell'ambito del progetto EBERs nel 2012 e alcuni parametri rilevati sul campo con sonda multiparametrica.

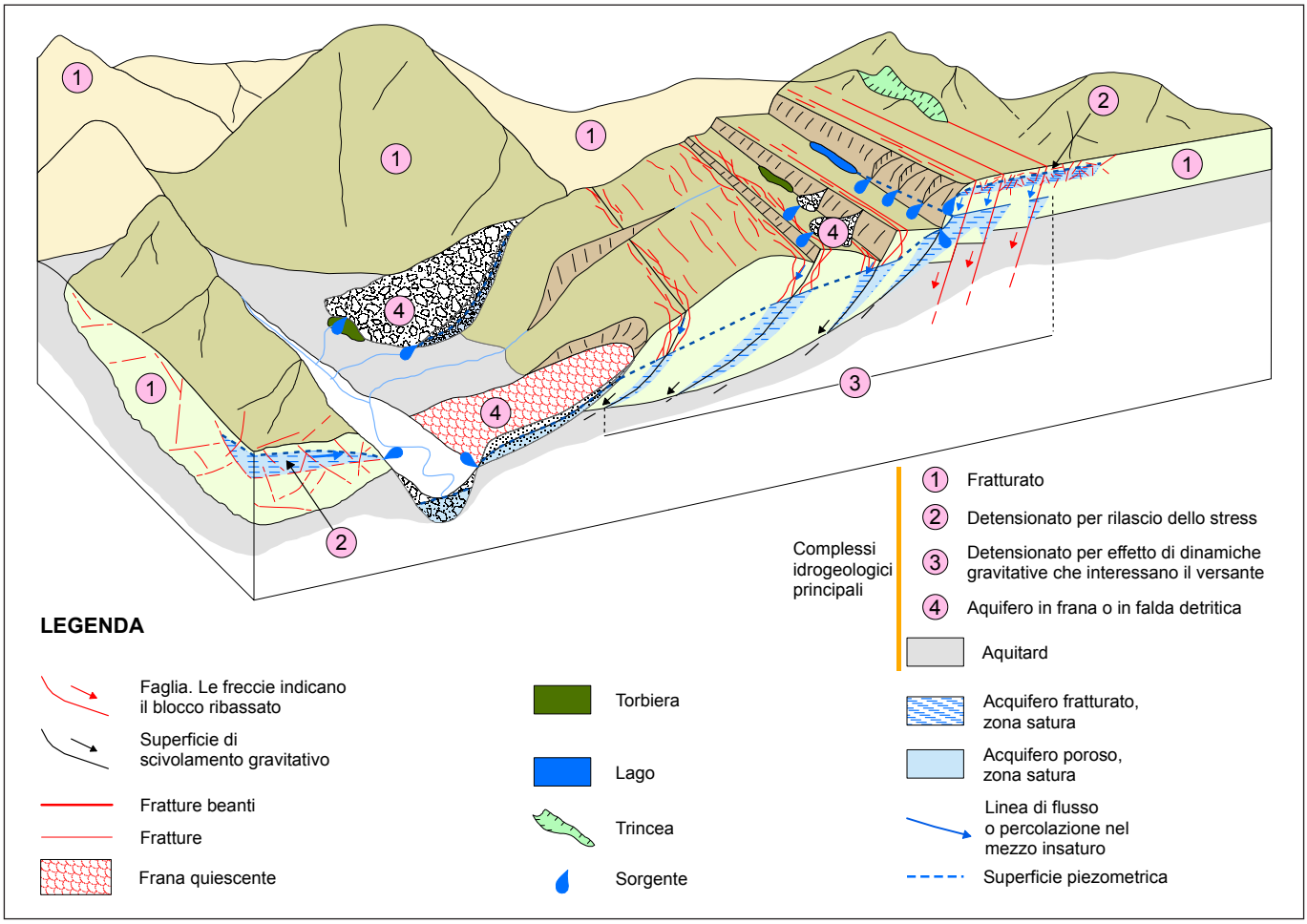


Figura 2.5
Ricostruzione dei principali sistemi di flusso sotterraneo in complessi idrogeologici interessati da dinamiche di versante di tipo gravitativo. Disegno non in scala.

5.2.2.3 Idrogeologia (A.G., S.S. e M.T.D.N.)

Il contributo del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e dell'Università di Bologna è consistito nel definire localmente l'idrostruttura geologica delle sorgenti e nella classificazione dei sistemi di flusso delle acque sotterranee che emergono nell'area della scaturigine. Per questa finalità è stato utilizzato un metodo basato sull'esaurimento idrologico delle sorgenti (Gargini et al., 2008), per identificarne il bacino idrogeologico. La conoscenza del bacino di alimentazione delle sorgenti è importante per l'applicazione di misure di tutela e di conservazione della risorsa.

In presenza di evidenze geologiche, alcune delle 16 sorgenti studiate sono state attribuite alle tipologie idrogeologiche identificate nella schematizzazione di figura 2.5.
La figura riassume e semplifica un impianto concettuale che permette di prevedere le localizzazioni e tipologie di sorgenti associate con le varie componenti legate agli effetti da dinamiche di versante di tipo gravitativo e con il detrito di falda, che costituiscono le principali unità in grado di fungere da acquiferi nell'area di studio.

Più in generale, nella figura 3.5 vengono rappresentate le sorgenti campionate, contraddistinte da lettere, messe in relazione con i Corpi Idrici Sotterranei (CIS) descritti nel capitolo 2, a cui si rimanda per la spiegazione della classificazione adottata.

Solamente un approccio integrato idrogeologico-ecologico consente di gettare le fondamenta per appropriate azioni di conservazione e per il monitoraggio delle sorgenti, intese non solo come semplici punti di rilascio del sistema acquifero ma come complessi ecosistemi dipendenti dagli apporti di acque sotterranee (*GDE, groundwater dependent ecosystem*, Bertrand et al., 2012).

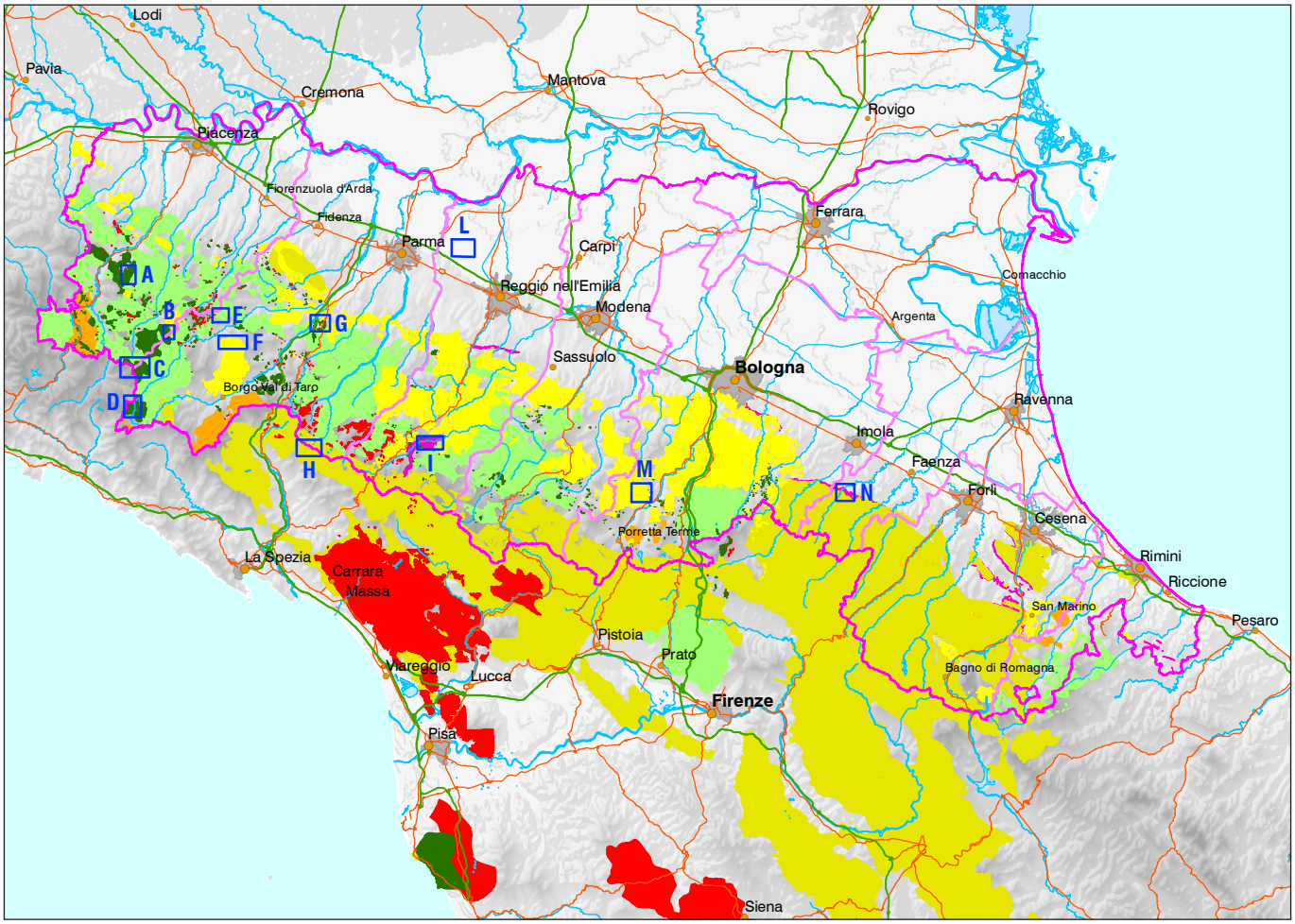


Figura 3.5
Distribuzione dei principali complessi idrogeologici dell'Appennino settentrionale, classificati come Hard Rock Aquifers (vedi capitolo 2). Il riquadro indica l'area sorgentizia campionata.

- Area sorgentizia campionata
- A M. Mangiapane (E3)
- B Lagacci (E4)
- C Ciapa Liscia (E2) - M. Nero (E5)
- D M. Penna (E1)
- E M. Carameto (E7)
- F M. Barigazzo (E6)
- G M. Prinzera (E13)
- H Alta Val Parma (E14, E15, E16)
- I Fonti di Poiano (E8)
- L Fontanili di Corte Valle del Re (E11, E12; depositi alluvionali)
- M Labante (E9)
- N Riolo Terme (E10)

Arenarie e conglomerati
- Arenarie e conglomerati
- Torbiditi arenacee e pelitiche
- Successioni silico-clastiche
- Flysch calcareo marnosi
- Ofioliti

Acquiferi carsici ed evaporitici
- Evaporiti triassiche e messiniane
- Calcari e calcari metamorfici

5.2.2.4 Classificazione ecomorfologica delle sorgenti studiate

Le sorgenti studiate sono state attribuite alle seguenti tipologie che pongono particolare attenzione alle potenzialità di colonizzazione da parte degli organismi (in particolare fotoautotrofi):

- Elocrena con bassa conducibilità
- Sorgenti reocreniche con bassa conducibilità
- Sorgente igropetrica
- Sorgenti reocreniche ombreggiate con:
  - *Hildenbrandia* (alga rossa)
  - pH elevato
  - conducibilità media
- Sorgenti petrificanti:
  - piccole e in condizioni di elevata naturalità
  - grandi e captate
- Sorgenti limnocreniche:
  - molto ombreggiate
  - esposte al sole
- Sorgenti minerali:
  - sodio e cloruri
  - solfati



Elocrena con bassa conducibilità:
E15



Reocrena con bassa conducibilità:
E14, E16



Sorgente igropetrica:
E2



Reocrena ombreggiata con *Hildenbrandia*:
E1, E3, E4, E5



Reocrena ombreggiata con elevato pH:
E13



Reocrena ombreggiata con conducibilità media: E6



Sorgente petrificante piccola, naturale:
E7



Limnocrea esposta al sole:
E12



Sorgenti minerali sodio, cloruri:
E8



Sorgente petrificante grande, sfruttata:
E9



Limnocrea ombreggiata:
E11



Sorgenti minerali solfati:
E10

Figura 4.5 e 5.5
Descrizione ecomorfologica delle sorgenti campionate e relativo codice identificativo.

Cap. 5

5.2.2.5 Analisi chimiche (ioni principali, nutrienti algali incluse le frazioni del fosforo, elementi in traccia e metalli; J.G.)

Nel 2011 sono state svolte analisi idrochimiche complete per tutte e 16 le sorgenti considerate. Queste sono state ripetute per le undici sorgenti campionate nel 2012 (Tabella 3.5).

Il gradiente di conducibilità delle sorgenti studiate (13-11560 µS cm^{-1}) si estende su tre ordini di grandezza. Nonostante il valore notevolmente elevato del pH (11.2), la sorgente Monte Prinzera (E13) appare essere arricchita solo di sodio e cloruri. Le due sorgenti minerali (Poiano E8 e Riolo E10) sono caratterizzate da quantitativi elevati di sodio, cloruro e solfato. Presentano anche valori elevati di fosforo totale.

L'arricchimento in fosforo totale è raro nelle altre sorgenti, persino nei fontanili situati nella pianura agricola che sono invece contaminati da nitrati e cloruri. Le sorgenti del Monte Nero (E5) e Ciapa Liscia (E2), ambedue emergenti su rocce ofiolitiche, sono arricchite in sodio, magnesio, cromo, nickel, arsenico, uranio, molibdeno, cadmio, antimonio e titanio.

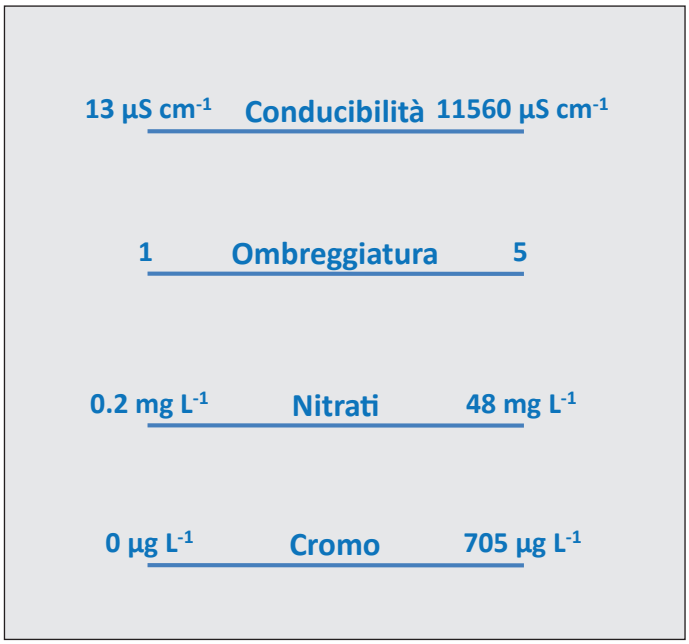


Figura 6.5
Alcuni gradienti di importanti variabili chimiche con indicazione del minimo e del massimo della variabile considerata.

5.2.2.6 Diatomee (M.C., H.L.B., N.A.)

Questo gruppo di microalgae dotato di incredibile diversità può fornire una quantità di utili informazioni sulla qualità dell'acqua e degli ambienti (Cantonati et al., 2012b).

Tutti i materiali campionati nel 2011 sono stati preparati e sono stati realizzati vetrini permanenti depositati nelle collezioni MUSE – Sezione di Limnologia ed Algologia. I *taxa* sono stati identificati e sono stati eseguiti i conteggi per determinare le loro abbondanze relative. Sono in corso di completamento le analisi relative alle specie potenzialmente nuove per la scienza. Per queste ultime, i campionamenti del 2012 hanno consentito il campionamento di materiale fresco che è stato usato per studiare i contenuti protoplasmatici, in particolare disposizione e struttura dei cromoplasti che sono stati fotografati con luce trasmessa e utilizzando l'autofluorescenza della clorofilla. Allo stato attuale delle conoscenze cinque specie sono sicuramente nuove per la scienza. Esse appartengono ai generi: *Amphora*, *Delicata*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Navicula*. Altre quattro specie, dei generi *Achnanthidum*, *Halamphora*, *Planothidium*, sono potenzialmente nuove per la scienza. I risultati sono documentati nelle foto della pagina seguente.



Figura 7.5
Eunotia crassiminor Lange-Bertalot et Cantonati sp. nov. (esemplare a Dx): visione valvare e confronto con la specie *Eunotia minor* (a Sx) [campione: Elocrena Lago Scuro, E15 – Briofite].



Figura 8.5
Eunotia crassiminor sp. nov.: visione ventrale [campione: Monte Penna, E1 – Briofite 2011].



Figura 9.5
Eunotia crassiminor sp. nov.: cellula iniziale (dimensioni prossime a quelle massime possibili per la specie) [campione: Monte Penna, E1 – Briofite 2011].



Figura 10.5
Eunotia crassiminor sp. nov.: cromoplasti (campo chiaro, visione dorsale) [campione: Monte Penna, E1 – Briofite 2012].

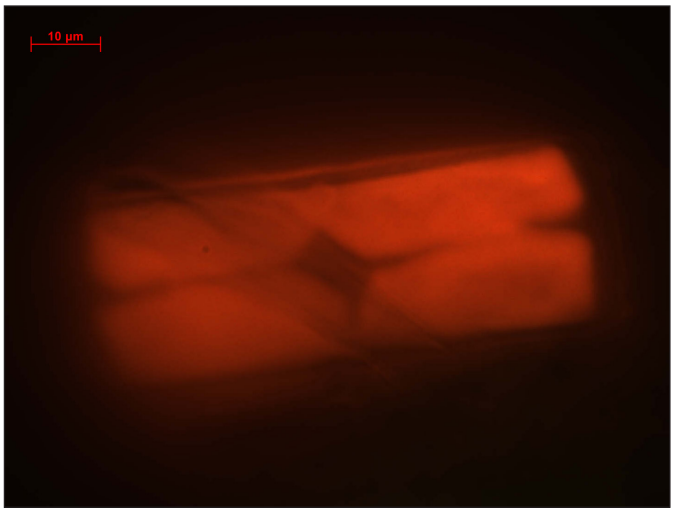


Figura 11.5
Eunotia crassiminor sp. nov.: cromoplasti (autofluorescenza della clorofilla, visione dorsale) [campione: Monte Penna, E1 – Briofite 2012].

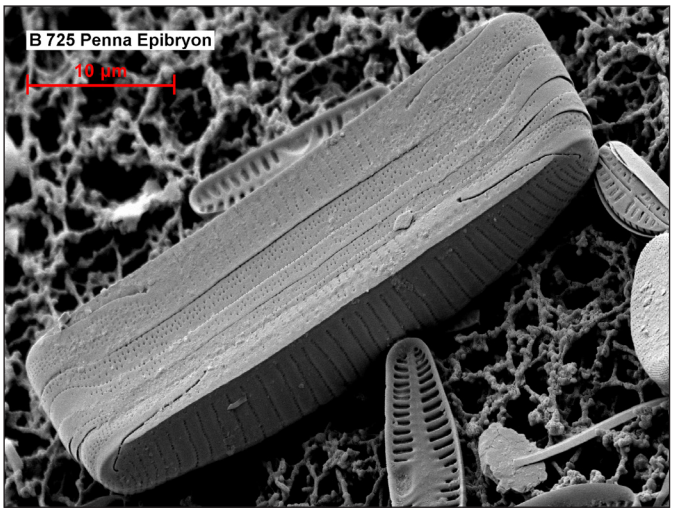


Figura 12.5
Eunotia crassiminor sp. nov.: microscopio elettronico a scansione (SEM) [campione: Monte Penna, E1 – Briofite 2011].

Biodiversità: Sono complessivamente stati identificati più di trecento (301) *taxa* appartenenti a 60 generi. L'indice di diversità di Shannon-Wiener per l'epibryon (diatomee campionate dalle briofite) è correlato in maniera significativa con la conducibilità (associazione negativa: r = - 0.74, p = 0.001, r^2 = 0.55) e con l'altitudine (associazione positiva: r = 0.54, p = 0.03, r^2 = 0.30). I dati del Progetto EBERs confermano che le elocrene sono la tipologia di sorgenti più ricca di specie (60 *taxa* rinvenuti nella piccola Elocrena di Lago Scuro, E15). La composizione delle comunità di diatomee appare essere fortemente determinata da variabili geogeniche, quali il pH e l'alcalinità, con le sorgenti con basse alcalinità che ospitano un elevato numero di *taxa* perlopiù acidofili mentre le sorgenti minerali (Poiano, E8) sono colonizzate da un numero ridotto di specie di acque salmastre. Anche l'effetto dei nutrienti (in particolare quello dei nitrati) è evidente, con il Fontanile Valle del Re (polla esposta al sole, E12) che ospita un ridotto numero di *taxa* che in parte coincidono con quelli presenti nella sorgente salina di Poiano.

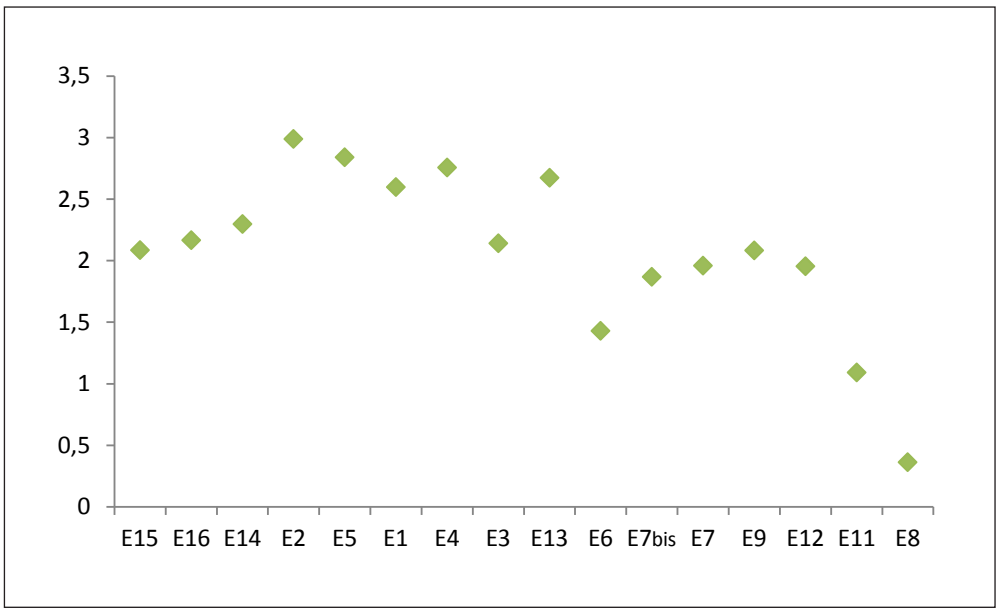


Figura 13.5
Grafico relativo ai valori dell'indice Shannon-Wiener per l'epibryon, spiegazioni nel testo.

Risultati di un'analisi multivariata (NMDS) che mostrano come nelle 16 sorgenti, posizionate nello spazio multidimensionale in base alla composizione delle comunità di diatomee, siano riconoscibili gruppi che corrispondono alle principali tipologie. Si noti anche la rilevanza del fattore illuminazione nel separare i due fontanili.

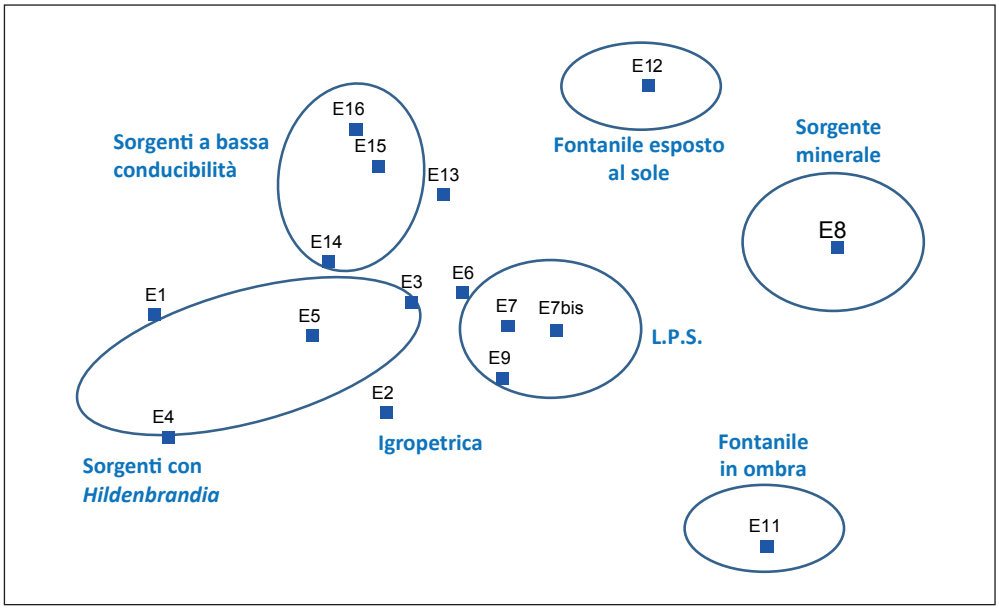


Figura 14.5
Gruppi di sorgenti, esemplificati dai codici, riconoscibili in base alla composizione delle comunità di diatomee.

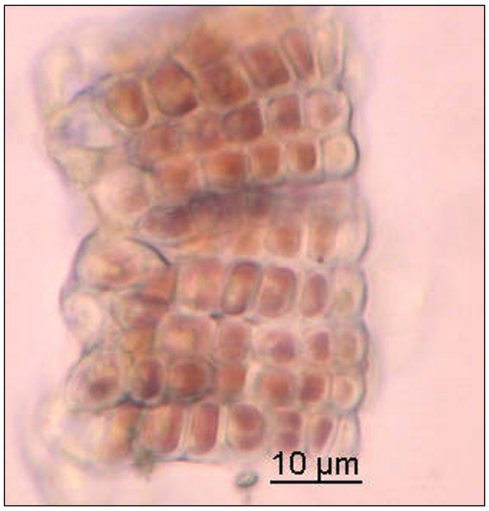
5.2.2.7 Alghe bentoniche diverse dalle diatomee inclusi i cianobatteri (M.C.)

Colorazioni e strutture e talli macroscopici dovuti ad alghe e cianobatteri sono stati rinvenuti nella maggior parte delle sorgenti. I gruppi algali maggiormente rappresentati sono i cianobatteri, le alghe verdi (Chlorophyta), e le alghe rosse (Rhodophyta). Le analisi svolte hanno riguardato prevalentemente alcune alghe macroscopiche (vedi paragrafi seguenti per alghe verdi e carofite). Le forme di seguito citate sono illustrate nelle figure da 15.5 a 17.5 (a e b).

Nelle sorgenti EBERs l'alga rossa *Hildenbrandia rivularis* è stata rinvenuta in quattro sorgenti (Penna E1, Nero E5, Lagacci E4, Mangiapane E3). *Hildenbrandia rivularis* è stata recentemente dimostrata essere una specie caratteristica della tipologia 'Sorgenti reocreniche di modeste altitudini, perlopiù ombreggiate, talora con leggero arricchimento in azoto inorganico e con chimismo carbonatico' nelle Alpi sud-orientali (Cantonati et al., 2012c).

Nel Fontanile di Valle del Re (polla in ombra E11) è stata rinvenuta una ricca popolazione epifitica del ciano batterio *Chamaesiphon confervicola* (la specie generitipica del genere *Chamaesiphon*). Avendo ricevuto una richiesta specifica per materiali contenenti questa specie dal Prof. Eugen Rott & Doz. Dr. Reiner Kurmayer (Università di Innsbruck) si è provveduto, nell'estate 2012 a campionare materiale fresco che, dopo rapida verifica, è stato spedito con corriere al Prof. Rott (stesso procedimento per materiale con la stessa specie preso nella sorgente di Fontana del Vescovo E14). La specie è stata isolata con successo e messa in coltura presso l'Istituto di Botanica dell'Università di Innsbruck e sarà sequenziata.

Campioni di una specie macroscopica del cianobatterio *Rivularia*, formante grandi colonie nella sorgente salina di Poiano (E8), sono stati inviati alla Prof. Marina Aboal (Università di Murcia, Spagna), per analisi filogenetiche.



↑ **Figura 15.5**
Hildenbrandia rivularis.



Figura 16.5
Rivularia sp.

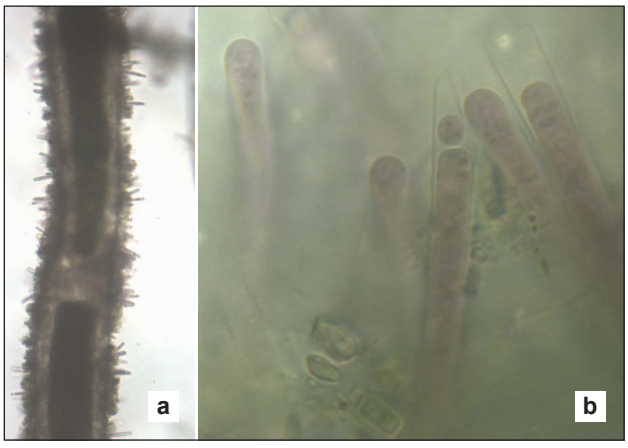
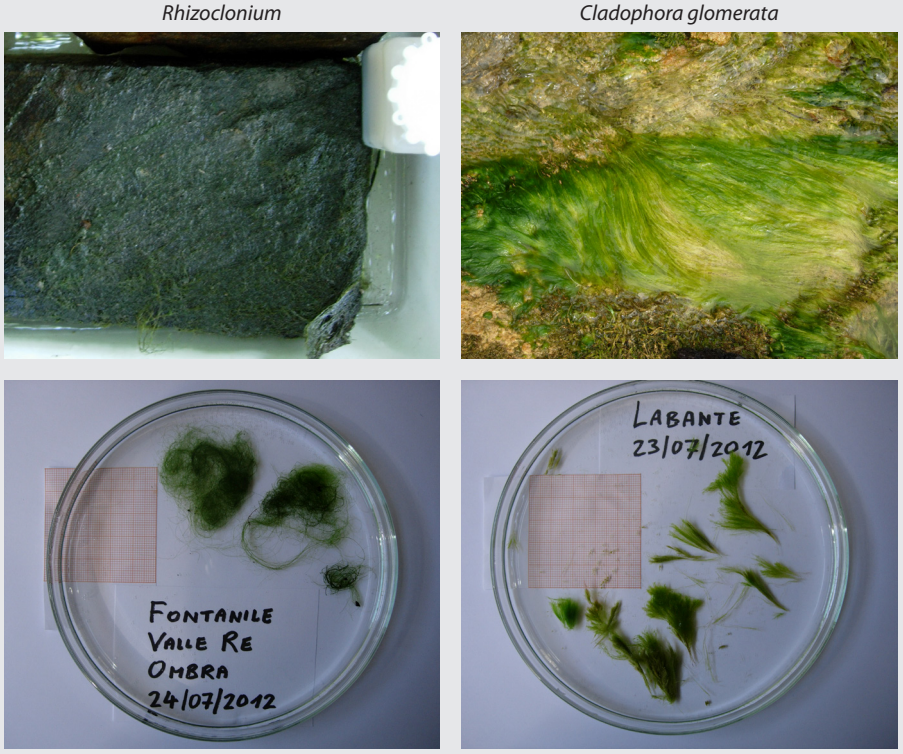


Figura 17.5a e 17.5b
Chamaesiphon confervicola.

Cap. 5

Alghe verdi (E.S.)

Le alghe verdi macroscopiche (Labante E9, Poiano E8, Lagacci E4, Fontanili di Valle del Re - polla al sole E12 e polla in ombra E11) campionate nel 2011 (fissate in formalina concentrazione finale 2-3%) sono state consegnate al Prof. Elliot Shubert, del *Natural History Museum* di Londra, noto esperto di questo gruppo tassonomico. Nel 2012 sono stati campionati materiali freschi relativi alle stesse sorgenti e alle stesse specie che sono immediatamente stati spediti con corriere a E.S. Su richiesta di E.S., ulteriore materiale fresco, campionato a Labante e Valle del Re (polla al sole) grazie alla cortese collaborazione della Dott. ssa Melissa Rosati (Università di Parma), è stato inviato a Londra a metà settembre 2013. Nonostante un aspetto molto differente e le caratteristiche ecologiche degli ambienti profondamente diverse, le alghe verdi filamentose determinate sul campo come *Cladophora* sp. e campionate a Labante e a Poiano sono risultate appartenere tutte alla specie *Cladophora glomerata* secondo la più aggiornata sistematica corrente. E.S. ha inoltre identificato le seguenti alghe verdi: *Microspora* (Lagacci); *Mougeotia*, *Zygnema* e *Cosmarium* (Carameto E7); *Characium* (epifita su *Rhizoclonium*); *Chlorella* e *Desmodesmus* (Labante); *Mougeotia*, *Zygnema*, *Oedogonium*, *Characium* (epifita), *Epipyxis* (epifita su *Oedogonium* e *Zygnema*) (Fontanile Valle del Re - polla al sole). E.S. ha infine confermato altre identificazioni effettuate da M.C.: *Mougeotia* (Poiano), *Tribonema* (alga verde gialla, Lagacci), *Spirogyra* (stagno sul fianco della formazione travertinosa, in particolare sulla pianta vascolare *Callitriche*), *Rhizoclonium* (Fontanile Valle del Re polla in ombra). In particolare le alghe verdi epifite e la loro distribuzione molto localizzata sono interessanti e su questo aspetto sono in corso ulteriori osservazioni.



Alghe verdi di interesse: *Characium* - *Epipyxis*

Figura 18.5
Esempio di alcune alghe verdi.

Carofite (D.J.)

Un tempo incluse nelle alghe verdi, alle quali sono accomunate dalla presenza degli stessi pigmenti (clorofilla *a* e *b*) e sostanze di riserva (amido), le alghe a candelabro o carofite vengono oggi considerate un gruppo indipendente, in particolare per le peculiarità strutturali del tallo e delle strutture riproduttive.

Sono macroalghe e vengono spesso confuse dai non specialisti con piante acquatiche superiori. Hanno l'aspetto di piantine lunghe anche diverse decine di centimetri, con talli

Cap. 5

pluricellulari formati da cellule internodali allungate e cellule nodali più corte, attorno alle quali vi sono rametti disposti in verticilli, che a loro volta portano altri verticilli di rametti più piccoli.

Le uniche tre sorgenti EBERs in cui erano presenti carofite sono le polle in ombra e al sole dei Fontanili Valle del Re (E11 ed E12) e la sorgente di Poiano (E8). Ambedue le polle dei Fontanili Valle del Re vengono colonizzate dalla stessa specie: *Nitella mucronata* (A. Braun) Miquel 1840. Per avere la certezza assoluta della determinazione D.J. ha provveduto a conservare in coltura le piantine che avevamo provveduto a spedirgli con corriere nel 2012. Le piantine hanno sviluppato oospore mature e si è potuta confermare la determinazione con assoluta certezza.

Nel caso di Poiano, carofite sono state raccolte da E.R. non nella testa della sorgente considerata per EBERs ma nello stagno a valle alimentato dalle acque saline delle scaturigini. Anche queste sono state spedite subito a D.J. e sono risultate essere:

- *Chara canescens* Desvaux et Loiseleur ex Loiseleur-Deslongchamps 1810 specie di acque salmastre;
- *Tolypella glomerata* (Desvaux ex Loiseleur-Deslongchamps) Leonhardi 1863 può colonizzare anche le acque salmastre;
- *Chara vulgaris* Linne 1753 dotata di una certa tolleranza alle acque salmastre.

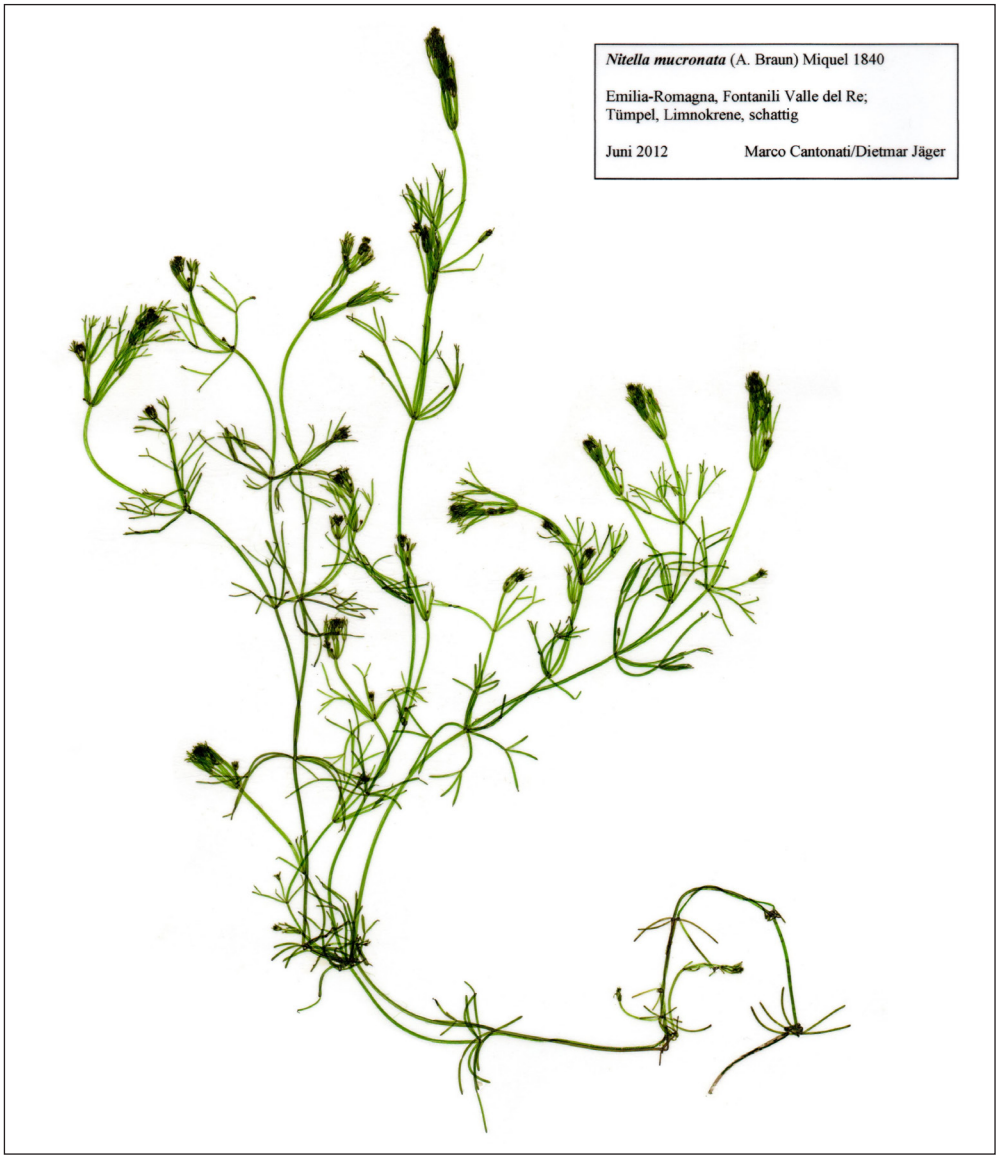


Figura 19.5
Esemplare di *Nitella mucronata* (A. Braun) Miquel 1840.

5.2.2.8 Alghe di sorgenti petrificanti

Le sorgenti petrificanti sono una delle due tipologie di sorgente indicate come habitat prioritari dalla Direttiva Europea 92/43/CEE (cosiddetta 'Direttiva Habitat'). In ambedue le sorgenti petrificanti considerate per EBERs è stata trovata CO_2 libera che causava abbassamenti variabili del pH ed esemplari viventi della rara alga verde desmidiacea *Oocardium stratum*, responsabile di bio-calcificazioni (Rott et al., 2012). Nella piccola sorgente petrificante del Carameto (E7)sono state rinvenute minute calcificazioni dovute a *Oocardium*. Calcificazioni decisamente più sviluppate ed estese dovute alla stessa alga sono state trovate nei tratti ombreggiati di tutto il corso del ruscello sorgivo nel quale confluisce l'acqua della piccola sorgente petrificante citata. Con una certa sorpresa, sono state trovate cellule vive di *Oocardium* anche a Labante (E9): le cellule erano molto piccole ed è stato necessario confermare l'identificazione in laboratorio. Le calcite a *Oocardium* rinvenute nelle sorgenti di Carameto e Labante differiscono profondamente nel tipo di calcificazione, come rivelato dalle osservazioni al SEM. Mentre a Labante e nella sorgentina al Monte Carameto sono state perlopiù rinvenute calcificazioni iniziali consistenti di piccole cristalliti micritiche che ornano i margini dei resti dei cordoni mucillaginosi di *Oocardium*, nei raschi ombreggiati del torrente al Carameto sono stati trovati cristalli gemelli di calciti romboedriche più grandi ad accrescimento più lento.

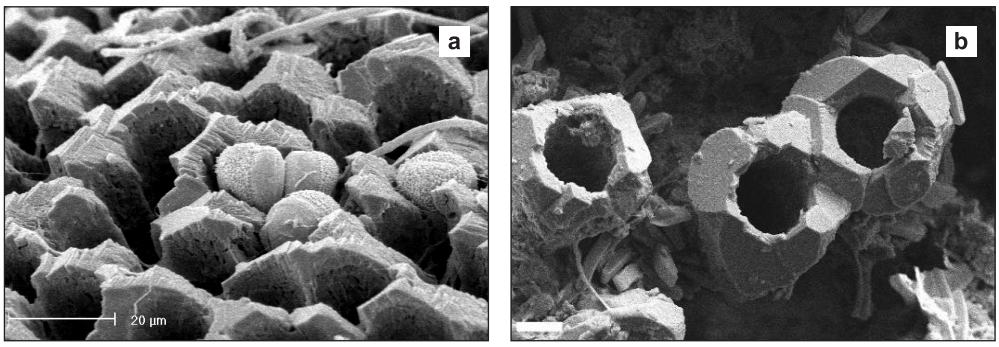


Figura 20.5a e 20.5b
Calciti a *Oocardium* microcristalline (Labante, a Sx) e romboedriche (torrente al Carameto, a Dx).

Nelle due sorgenti petrificanti non sono state identificate altre alghe petrificanti in senso stretto oltre a Oocardium, ma interessanti specie associate (per lo più cianobatteri dei generi *Rivularia, Scytonema, Dichothrix* ecc.).

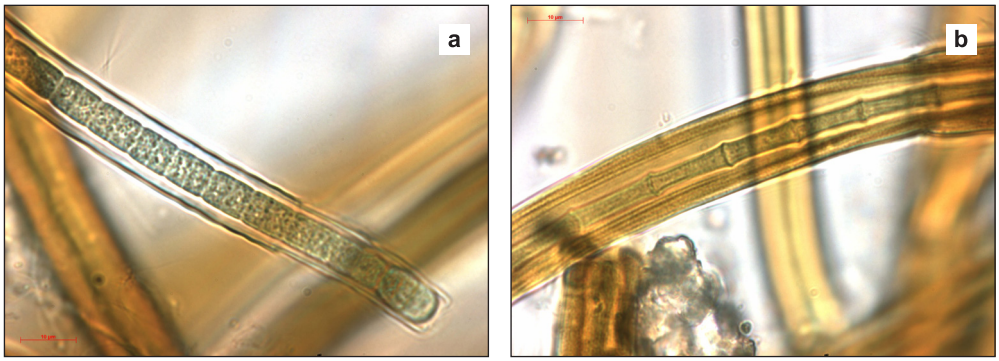


Figura 21.5a e 21.5b
Scytonema myochrous (Labante).

5.2.2.9 Licheni acquatici (J.N.)

I licheni colonizzano per lo più gli ambienti terrestri. Tuttavia vi sono alcune specie adattate alla vita anfibia o sommersa. Questi licheni acquatici costituiscono un elemento tipico della vegetazione delle sorgenti, dei ruscelli limpidi, degli argini dei fiumi e delle rive rocciose dei laghi e sono ben individuabili come patine scure ricoprenti il materiale lapideo. La presenza delle varie specie negli ambienti acquatici è influenzata da alcuni importanti fattori ecologici come ad esempio la durata del periodo di sommersione, il chimismo e

la stabilità del substrato, l'intensità luminosa, la presenza di sedimento, l'eutrofizzazione e la presenza di inquinanti in genere. Su queste basi è ipotizzabile un utilizzo dei licheni acquatici in attività di biomonitoraggio nel quadro delineato dalla direttiva europea 2000/60/CE. Tuttavia, è necessario incrementare le conoscenze ecologiche e tassonomiche al fine di chiarire ulteriormente il ruolo di questi organismi negli ambienti acquatici, di standardizzare le tecniche di campionamento e di rendere più accessibile l'identificazione delle specie.

Nelle sorgenti afferenti al progetto EBERs sono state rinvenute 5 specie, di cui ben due non erano mai state segnalate in Italia e altre due sono nuove per la regione Emilia-Romagna.

Le prime due sono *Hydropunctaria scabra*, rinvenuta nella sorgente Capanne Lago Scuro (E16), e *Verrucaria madida*, rinvenuta a Penna (E1), entrambe anfibie in siti frequentemente inondati su roccia silicea, spesso in associazione con altri licheni e briofite acquatiche.

Le seconde due sono *Verrucaria elaeomelaena*, rinvenuta alla Fontana del Vescovo (E14), e *Verrucaria aquatilis*, rinvenuta sia a Penna che a Nero (E5).
La prima, in particolare, è tipica di ambienti sorgentizi su roccia calcarea in condizioni di perenne/frequente sommersione. *V. aquatilis* è comune sia in sorgenti sia lungo i corsi d'acqua, anch'essa in condizioni di perenne/frequente sommersione.

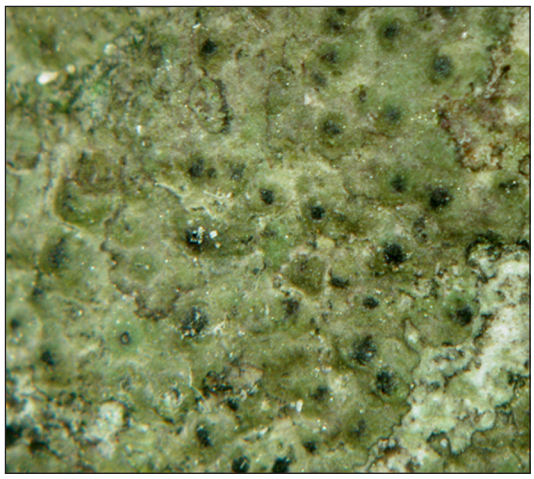


Figura 22.5
Verrucaria elaeomelaena.

5.2.2.10 Vegetazione (D.S.)

La vegetazione delle sorgenti è molto diversificata ed è tradizionalmente utilizzata come bioindicatore delle caratteristiche ambientali. Dal punto di vista funzionale un ruolo di spicco lo hanno le briofite, che spesso nelle sorgenti raggiungono coperture notevoli. I tappeti di briofite costituiscono habitat preferenziale per molti gruppi di specie che colonizzano le sorgenti grazie alla loro particolare conformazione che offre supporto e modulazione della velocità di corrente.

Il rilievo della vegetazione è stato eseguito entro una superficie standard avendo cura di erborizzare tutte le specie presenti. I campioni di erbario sono stati inventariati e conservati presso il Museo delle Scienze di Trento. In una seconda fase si è proceduto con l'identificazione del materiale utilizzando la letteratura più aggiornata e idonee strumentazioni ottiche. Nel complesso, sono state riconosciute 93 specie (43 briofite e 49 piante vascolari) con una ricchezza media per sorgente di 10 specie. All'elevata diversità ecomorfologica delle sorgenti selezionate per il progetto EBERs ha corrisposto una articolata e interessante composizione floristica che ben rispecchia le diverse situazioni ecologiche. Così per esempio sono state trovate specie che identificano e contribuiscono a formare le sorgenti petrificanti (*Palustriella commutata, Hymenostylium recurvirostre, Eucladium verticillatum*) con elementi interessanti piuttosto rari (come *Southbya tophacea* che non era più stata trovata in regione dopo il 1950). La tipologia di sorgente in assoluto più ricca in specie è stata l'elocrena Lago Scuro (E15), dove sono state identificate 28 specie, di cui 13 briofite. Nella tipologia di sorgente reocrena, Capanne Lago Scuro (E16) ospita un raro genere di muschio considerato molto vulnerabile per via delle diffuse captazioni: si tratta del genere *Hygrohypnum*. In particolare, *Hygrohypnum eugyrium* è un rinvenimento di assoluto interesse in quanto rappresenta la seconda segnalazione italiana.

Per quanto riguarda la distribuzione della ricchezza in specie lungo i gradienti principali, è stato notata una correlazione negativa con la conducibilità. Questa relazione, verificata anche nelle sorgenti della Provincia di Trento, è probabilmente indotta da un equilibrio chimico sfavorevole (Spitale et al., 2009). Nelle acque calcaree il carbonio inorganico esiste principalmente sottoforma di bicarbonati (che non sono disponibili per la fotosintesi delle briofite acquatiche), mentre nelle acque leggere è presente CO_2 libera, che invece viene direttamente utilizzata. Potrebbe essere questo uno dei processo coinvolti nel determinare una maggior ricchezza di specie nelle sorgenti con acque leggere.



Figura 23.5
Southbya tophacea.

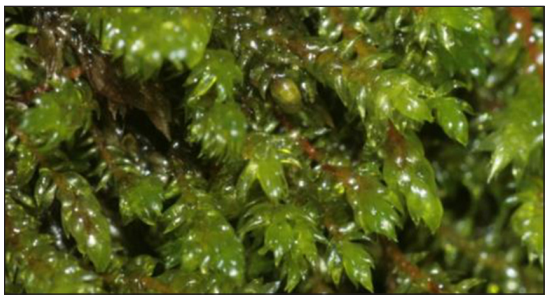


Figura 24.5
Hygrohypnum eugyrium.

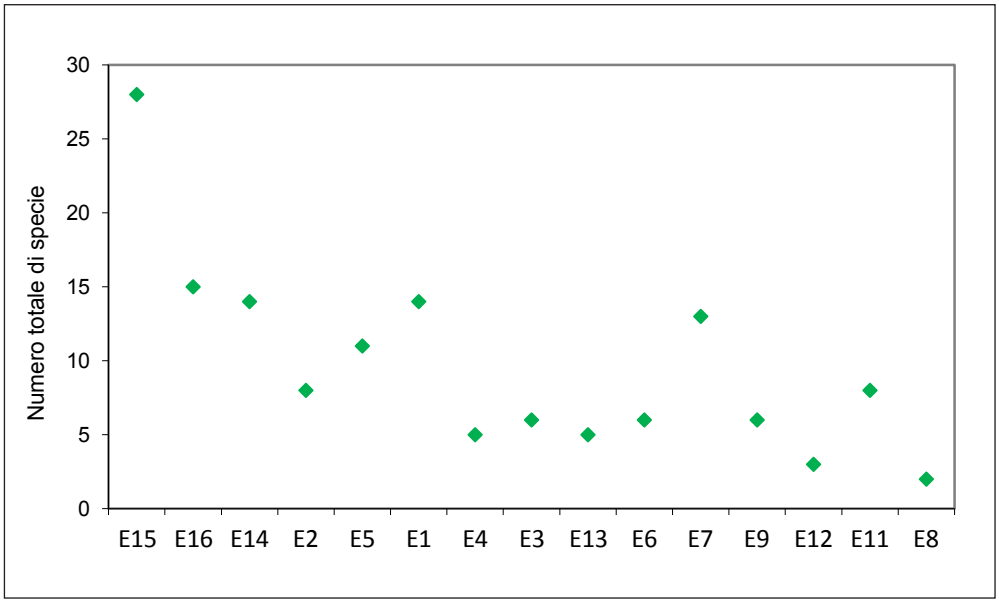


Figura 25.5
Numero totale di specie (ricchezza, S) rinvenuto in ciascuna delle 16 sorgenti. È evidente una correlazione negativa tra ricchezza in specie e conducibilità (E15, 39 µS\cm; E8, 13.110 µS\cm).

5.2.2.11 Zoobenthos (R.G.)

I campioni di zoobenthos raccolti nel 2011 (fissati in etanolo) sono stati tutti smistati e sono state eseguite le valutazioni quantitative (conteggi). Considerando le abbondanze numeriche, si trovano al primo posto, come spesso accade negli ambienti di sorgente, I chironomidi, seguiti da ostracodi, acari e plecotteri. Il numero totale di esemplari campionati nel corso dello studio supera le 10.000 unità.

TURBELLARIA 473	NEMATODA 124	GASTROPODA 241	BIVALVIA 70	OLIGOCHAETA 393	HIRUDINEA 7	ACARI 827	COPEPODA 331
OSTRACODA 2356	CLADOCERA 58	ISOPODA 76	AMPHIPODA 385	EPHEMEROPTERA 150	PLECOPTERA 805	TRICHOPTERA 286	URODELA 1
COLEOPTERA 41	Dytiscidae 5	Elmidae 250	Haliplidae 3	Hydraenidae 12	Hydrophilidae 7	Psephenidae 1	Scirtidae 20
DIPTERA 4	Athericidae 14	Ceratopogonidae 124	Chironomidae 2780	Culicidae 1	Dixidae 9	Empididae 61	Limoniidae 24
	Psychodidae 94	Ptychopteridae 6	Stratiomyidae 19	Tabanidae 1			

Decresce l'abbondanza →

Figura 26.5
Distribuzione del Zoobenthos nelle sorgenti campionate.

Cap. 5

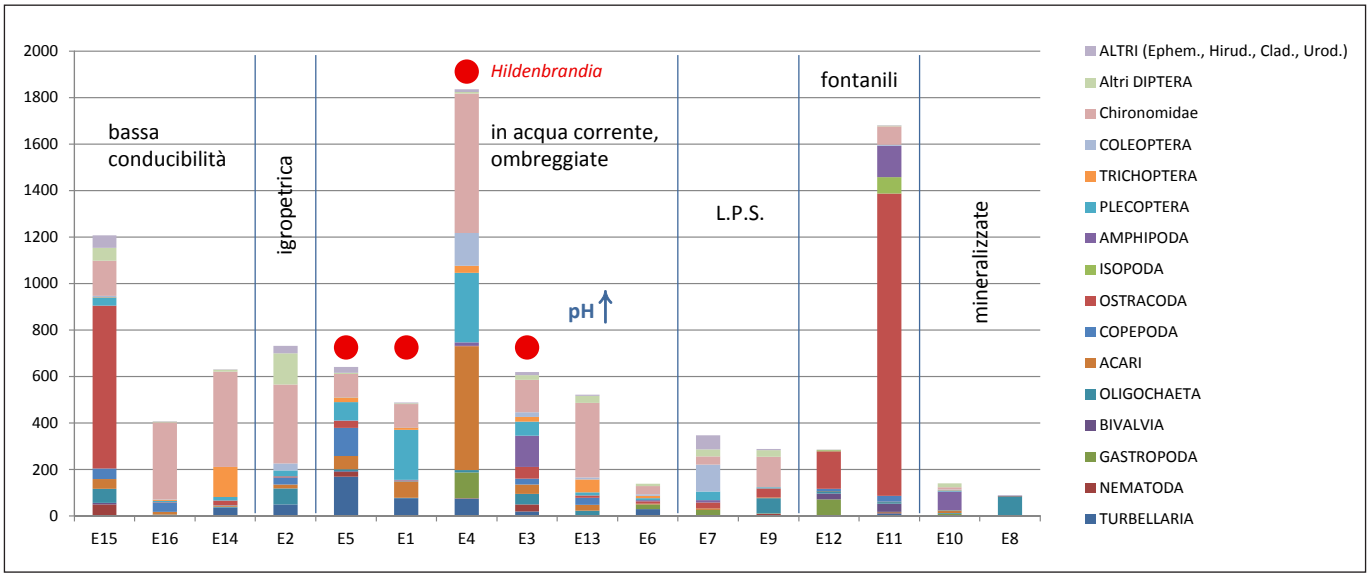


Figura 27.5
Abbondanza dei principali gruppi tassonomici presenti nelle sorgenti campionate.

Sono stati svolti (o sono tuttora in corso) approfondimenti sui gruppi di invertebrati di particolare rilevanza nell'habitat sorgivo, descritti nelle pagine seguenti con riferimento alla biodiversità rilevata.

Idracari (R.G.)

Questo è il gruppo di organismi che include il più alto numero di specie esclusive delle sorgenti (le cosiddette specie crenobionti).

Biodiversità: È stato rinvenuto un numero relativamente elevato di specie (circa venticinque). Il materiale ha consentito di documentare due nuove segnalazioni per l'Italia e di individuare una specie descritta solo molto recentemente (*Hygrobates psammocrenicus* Gerecke & Di Sabatino). Il risultato più significativo è tuttavia la scoperta di una specie nuova per la scienza che ha un nome che richiama il fatto che è stata scoperta sull'Appennino emiliano: *Pseudofeltria aemiliana* Gerecke sp. nov. Tutte le specie del genere cui appartiene la nuova specie vivono in sorgenti elocrene e il *locus typicus* della nuova specie sarà la sorgente eleocrenica Lago Scuro in alta Val Parma (E15).

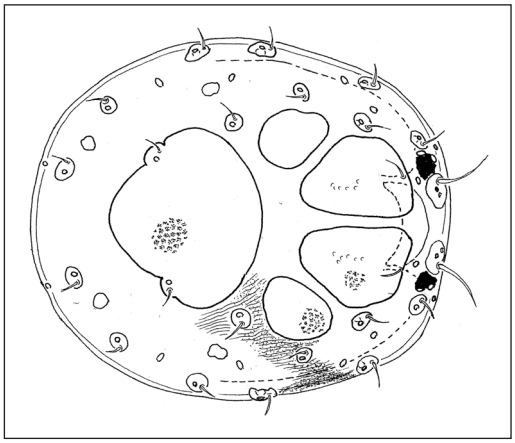


Figura 28.5
Pseudofeltria aemiliana sp. nov.: questa specie, contrariamente a quanto di solito si verifica con gli idracari, si riconosce in maniera più evidente con esemplari femminili che presentano cinque placche dorsali.

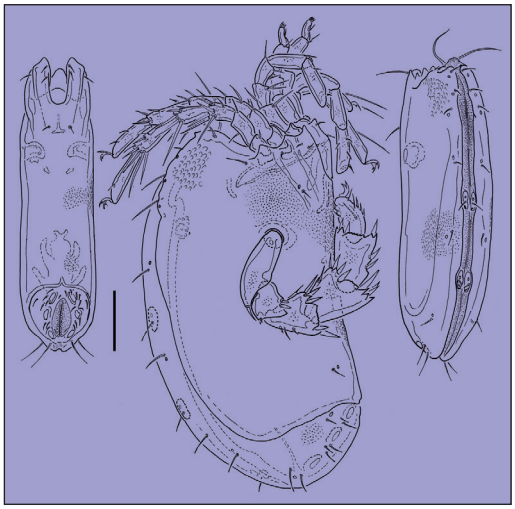


Figura 29.5
Frontipodopsis reticulatifrons.

Con riferimento alle specie stigobiontiche, il risultato più interessante è stato il rinvenimento di un numero significativo di individui dell'idracaro *Frontipodopsis reticulatifrons*: si tratta di una tipica specie interstiziale con morfologia compressa lateralmente. Poiché è strettamente legata alle acque interstiziali, questa specie generalmente non si rinviene nello polle sorgive.

Copepodi, Gammaridi e Nifargidi (F.S.)
Biodiversità: 23 *taxa* rinvenuti, parecchi di particolare interesse.
Specie di copepodi bioindicatrici, tipiche di sorgenti delle Alpi di quote medio-alte (come per esempio *Attheyella –Attheyella- wierzejskii, Bryocamptus -Rheocamptus- zschokkei, Bryocamptus –Arcticocamptus- cuspidatus e Moraria –Moraria- alpina*), rivelano un'inattesa, e finora non dimostrata, somiglianza ecologica tra le sorgenti di montagna dell'Emilia-Romagna e quelle Alpine. Queste comunità di microcrostacei dovrebbero quindi essere considerate dei relitti glaciali nell'Appennino emiliano.
Uno dei rinvenimenti più significativi è relativo al genere *Niphargus*, che si suddivide finemente in una serie di specie endemiche (tutte nuove per la scienza). Ciascuna di queste specie caratterizza un bacino idrografico, come per esempio *Niphargus poianoi*, una specie stigobiontica la cui distribuzione è ristretta alle acque saline gessose dell'alta Val Secchia. Il gammaride *Echinogammarus veneris*, una specie di acque salmastre, è stata trovata nella sorgente che emerge dai gessi di Riolo (E10).



Figura 30.5
Niphargus poianoi.

Ostracodi (G.R.)
Biodiversità: numero relativamente elevato di specie rinvenute (circa venti), con cinque nuove segnalazioni per l'Appennino settentrionale (la più rilevante è *Cyclocypris helocrenica*, una specie che, come suggerisce il nome, è tipica delle elocrene).
Molte delle specie rinvenute sono crenobiontiche ma solo alcune sono stigofile.

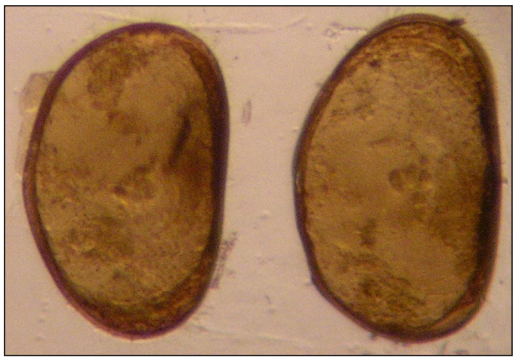


Figura 31.5
Cyclocypris helocrenica.

Molluschi (F.D.)
Biodiversità: 18 specie identificate, 8 acquatiche e 10 subaeree, come ci si poteva aspettare considerando la natura francamente ecotonale (acqua-terra) degli habitat sorgivi. *Bythinella schmidtii* è stata la specie più comunemente rinvenuta. *Vertigo angustior* è una specie inclusa nell'Appendice della Direttiva Habitat dell'Unione Europea (EU-HD 1992).



Figura 31.5
Bythinella schmidtii.

5.2.3 Conclusioni e prospettive

- Il Progetto EBERs conferma che le sorgenti sono habitat di particolare rilevanza per la conservazione della natura. Sono ricche di specie; vi si rinvengono tuttora specie nuove per la scienza; ospitano quantitativi rilevanti di specie altamente specializzate, rare, e incluse in categorie a rischio indicate nelle cosiddette "Liste Rosse di Specie Minacciate" di riferimento interazionale. Inoltre, le sorgenti possono fungere da rifugi per i *taxa* più sensibili agli impatti ambientali, in particolare in aree densamente popolate e sfruttate.
- Le sorgenti sono fondamentali risorse d'acqua e pesantemente sfruttate come tali. Tuttavia, sono poco o nulla conosciute come *hotspot* di biodiversità e come complessi eco-

sistemi dipendenti dall'apporto di acque sotterranee (*GDE, groundwater-dependent ecosystems*).

- I *pool* regionali di organismi di sorgente tendono a essere molto ricchi di specie mentre le singole sorgenti possono talora ospitare anche solo pochi *taxa*. Per questo motivo, le sorgenti possono essere forzieri naturali di biodiversità solo se vengono protetti, a livello regionale, interi raggruppamenti di sorgenti selezionate in modo da includere i diversi tipi idrogeologici, ecomorfologici, litologici ecc.
- Le elocrene e le reocrene igropetriche sono le tipologie di sorgente sulle quali dovrebbero concentrarsi gli sforzi per la conservazione, a causa della loro vulnerabilità e della loro rilevanza per parecchi gruppi tassonomici.
- La distribuzione dei *taxa* maggiormente specializzati e caratteristici è determinata principalmente dalla mineralizzazione, granulometria del substrato (determinata a sua volta dalla velocità di corrente), ombreggiatura, nutrienti (in particolare i nitrati).
- La biodiversità rinvenuta in un numero di sorgenti relativamente piccolo nel corso del Progetto EBERs è notevole sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Questo risultato è probabilmente da imputarsi al fatto che le sorgenti studiate sono state attentamente selezionate per essere rappresentative delle varie situazioni geologiche e idrogeologiche della Regione Emilia-Romagna, nonché delle varie tipologie morfologiche e sono così risultate essere estremamente eterogenee. Inoltre, gli habitat sorgivi in Emilia-Romagna erano habitat relativamente inesplorati dal punto di vista biologico ed ecologico, poiché le indagini pregresse avevano riguardato solo alcune componenti del biota (ostracodi, copepodi) studiate in ben specifiche aree geografiche (per esempio la Val Parma) e tipologie morfologiche (per esempio le reocrene di montagna). Si auspica fin d'ora che i risultati del Progetto EBERs possano favorire la considerazione data agli habitat sorgivi in generale, per scopi di conservazione della natura e nella pianificazione territoriale e di settore (attualmente la legislazione tutela solo le sorgenti petrificanti);
- Solo un approccio integrato ecologico-idrogeologico consentirà di gettare le fondamenta per azioni di conservazione e monitoraggio delle sorgenti, intese non solo come semplici punti di scarico di sistemi di acquiferi ma come complessi *GDE* (Bertrand et al., 2012).

Tabella 4.5
Caratteristiche riassuntive selezionate dei gruppi di organismi studiati nelle sorgenti EBERs.

Gruppo di organismi	Diatomee	Alghe verdi	Caracee	Licheni	Briofite	Piante vascolari	Acari acquatici	Copepodi, Isopodi, Amfipodi	Ostracodi	Molluschi
Tot. S (Ricchezza in specie)	301	-	4	5	43	49	25	23	15 (19 *taxa*)	18
N. Tot. Generi	60	11	3	2	32	37	16	12	10	15
Specie nuove per la scienza	5+(4)	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Crenobionti (N.)	0	-	0	0		0			1	
Crenofili (N.)	50	1							7	
Stigobionti (N.)	-	-					2		0	
Taxa xerotolleranti (N.)	85	-							-	10
N. *taxa* cat. a rischio Liste Rosse	140	-							0	
Specie nella Direttiva EU-HD 1992	-	-							0	1
Endemismi Italia settentrionale	-	-					1	5	0	
Nuove segnalazioni per l'Italia	-	-		2					0	
2ª segnalazione per l'Italia	-	-			1				0	
Nuove segnalazioni per l'Appennino sett.	-	-							5	
Nuova segnalazione per l'Emilia-Romagna	-	-		2					0	
Non rinvenuto in E.R. dal 1950 (N.)	-	-			2				-	
H (Shannon-Wiener, base 2)	0.4-3.0	-							-	
N. di sorgenti con Oocardium	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-

5.3 Sorgenti caratterizzate dalla deposizione di carbonato di calcio (*Limestone Precipitating Springs*, L.P.S.)

Stefano Segadelli Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna

5.3.1 L'attività di censimento delle sorgenti libere

L'attività di censimento delle sorgenti non captate a uso acquedottistico effettuato dal Servizio Geologico ha evidenziato l'esistenza di 179 scaturigini caratterizzate dalla precipitazione di carbonato di calcio a temperatura ambiente. Nella letteratura scientifica i carbonati continentali originatisi da acque termali sono classificati come travertini, mentre per quelli derivati da acque di origine sia fluvio-palustre sia di sorgente a temperatura ambiente, viene utilizzato il termine *Calcareous tufa* (Capezzuoli & Gandin, 2004; Ford & Pedley, 1996; Pedley,1990). Recentemente è stato introdotto (Cantonati et al., 2016) per le sorgenti associate alla deposizione di carbonato di calcio a temperatura ambiente, la seguente dicitura: *Limestone Precipitating Springs* (L.P.S.).

La precipitazione a temperatura ambiente e conseguente formazione d'incrostazioni carbonatiche avviene perché acque sorgive ricche in ioni calcio e bicarbonato una volta venute a giorno, tendono a depositare cristalli di carbonato di calcio ($CaCO_3$) che va a rivestire tutto ciò con cui viene a contatto. La precipitazione a temperatura ambiente avviene in due modi principali e procede fino a che le acque restano soprassature:

- principalmente, per cedimento di anidride carbonica all'atmosfera come conseguenza del fatto che il contenuto di diossido di carbonio nelle acque tende a riequilibrarsi con la pressione parziale dello stesso gas in atmosfera inducendo la precipitazione del carbonato di calcio. Questo fenomeno viene facilitato dalla presenza di rotture di pendenza e attraverso altri meccanismi fisici in grado di favorire l'agitazione delle acque;
- subordinatamente, dalla perdita di diossido di carbonio effettuato dagli organismi fotosintetici associati a questi ambienti.

Queste particolari tipologie di sorgenti risultano molto diffuse nella regione Emilia-Romagna e solo una parte rientra tra gli habitat prioritari (Codice Natura 2000: 7220*) ai sensi della Direttiva (92/43;CE). In particolare, agli habitat associati a queste sorgenti è stato dato il nome di una comunità di muschi appartenenti al Genere *Cratoneurion*, particolarmente importante per il fenomeno di deposizione del carbonato di calcio da un punto di vista biologico e che prediligono pareti e rupi in posizioni ombrose, prevalentemente di natura calcarea.



Figura 33.5
La linea tratteggiata di colore rosso evidenzia ammassi in rilievo di carbonato di calcio per precipitazione da acqua sorgiva (*scope*). Spesso questi depositi sono distribuiti lungo i versanti dei rii e torrenti associati a vegetazione rigogliosa tipo Muschi (*Cratoneurion*). Alveo del rio Monti (versante sud del M. Pelpi, comune di Bedonia).

Secondo la classificazione su base morfologica di Capezzuoli & Gandin (2004) e Ford & Pedley (1996) i L.P.S. della Regione Emilia-Romagna rientrano nei seguenti tre casi principali di forme elementari di deposito:

- ammassi in rilievo (*scope*): sono distribuiti lungo i versanti dei rii e torrenti associati a vegetazione rigogliosa tipo muschi e alghe (figura 33.5);
- di cascata (*rapid and waterfalts*): si formano in corrispondenza di salti morfologici per accrescimento "in avanti" rispetto alla cascata. Questa modalità di deposizione consente la formazione di cavità interposti tra le varie superfici di accrescimento e prendono il nome di cavità primarie (figura 34.5);
- morfologia a vaschette isolate o in serie (*pool terrace*): questi depositi presentano generalmente colore nocciola chiaro, sono presenti in corrispondenza delle rotture di pendenza dei torrenti e consistono di sbarramenti sub circolari con la convessità rivolta verso la direzione di deflusso delle acque (figura 35.5).



Figura 34.5
Morfologia a cascata (*rapid and waterfalts*). Si forma in corrispondenza di salti morfologici per accrescimento "in avanti" rispetto alla cascata. Questa modalità di deposizione consente la formazione di cavità interposti tra le varie superfici di accrescimento e prendono il nome di cavità primarie.

La sezione AA' presente in figura 36.5 mostra una possibile interpretazione di come si formano una parte delle sorgenti accompagnate dalla deposizione di carbonato di calcio osservati nell'Appennino emiliano-romagnolo, nel quadro di una evoluzione di versante tipica di questa zona. Lungo i versanti interessati da condizioni geologico-strutturali predisponenti, si possono sviluppare frane da scivolamento in roccia, che si evolvono al fronte in scivolamenti o colate in detrito. Il movimento gravitativo coinvolge litologie coerenti e può essere in grado, soprattutto nell'intorno delle superfici di scivolamento, di creare zone di allentamento delle fratture preesistenti, rendendole molto efficaci ai fini della permeabilità. In questo modo, l'ammasso roccioso diviene sede di una circolazione idrica significativa e dà luogo all'emergenza di sorgenti rilevanti per portata (nell'ambito degli standard regionali), oltre che ad un deflusso di base consistente. I principali aspetti morfologici che caratterizzano i versanti caratterizzati da queste evoluzioni e riconosciuti tramite rilievo di campagna e per mezzo di analisi cartografiche ed aereo fotogrammetriche sono: (1) presenza di ampie scarpate modellate in rocce competenti; (2) sdoppiamenti della linea di cresta; (3) trincee; (4) depressioni chiuse di forma irregolare; (5) contropendenze e gradini morfologici; (6) aree a drenaggio difficoltoso, con ristagni d'acqua.



Figura 35.5
Morfologia a vaschette isolate o in serie (*pool terrace*). Questi depositi sono presenti in corrispondenza delle rotture di pendenza dei torrenti e consistono di sbarramenti sub circolari con la convessità rivolta verso la direzione di deflusso delle acque.

In genere il deposito di carbonato di calcio occupa superfici di piccole dimensioni (puntiformi o lineari) e la sua deposizione diminuisce allontanandosi dalla sorgente, fino a scomparire del tutto dopo alcune centinaia di metri. Per questi motivi i depositi si rinvengono lungo l'alveo dei torrenti nel loro tratto iniziale o in prossimità di sorgenti alimentate da falde in acquiferi a prevalente composizione carbonatica. Inoltre, la deposizione del carbonato di calcio

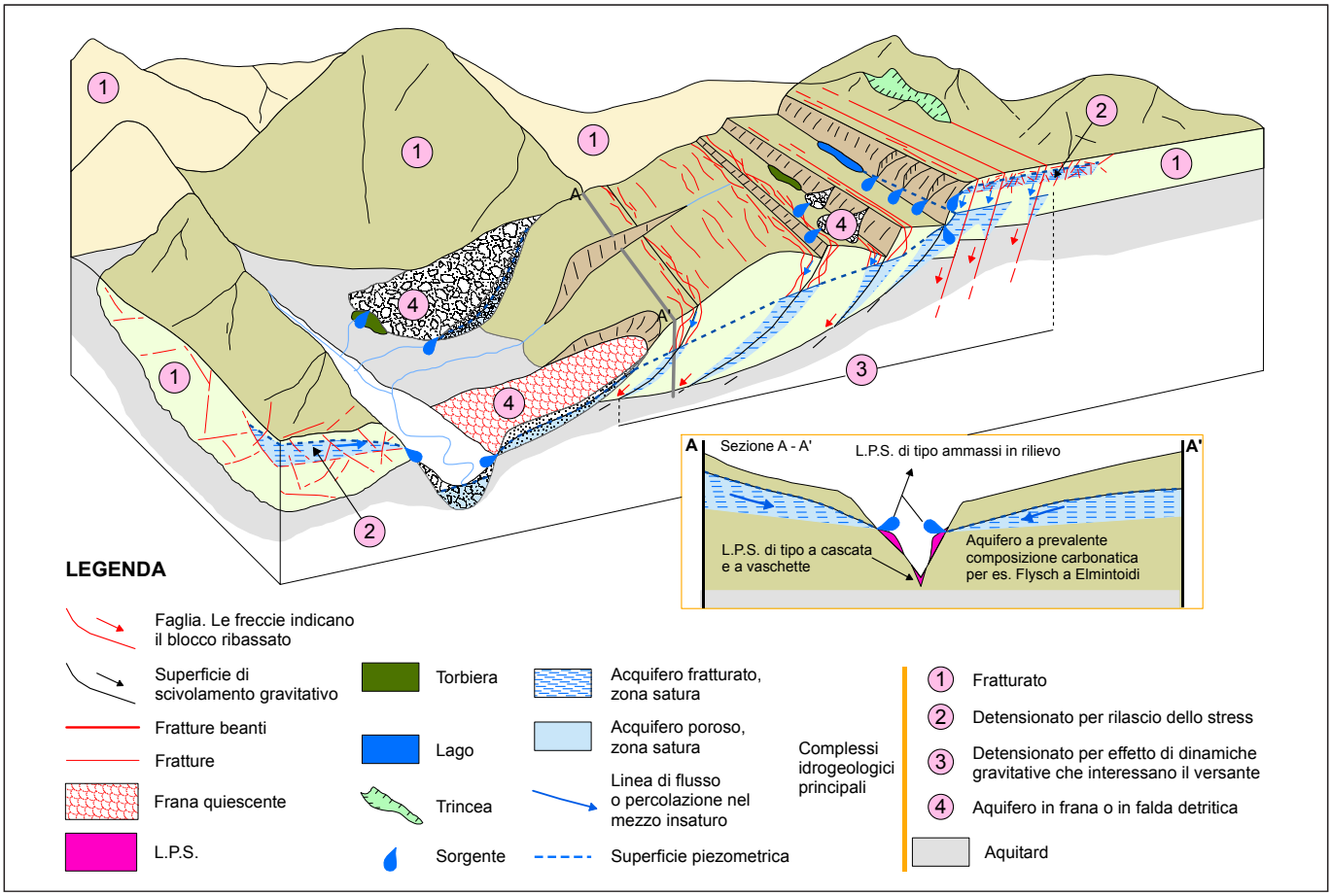


Figura 36.5
Schematizzazione del modello geologico locale che governa la distribuzione di sorgenti e (in presenza di litologie favorevoli) di LPS, nell'ambito di versanti interessati da deformazioni gravitative, equiparabili a scivolamenti in massa di lembi formazionali.

è favorita dalla presenza di sorgenti a regime perenne, mentre nel caso di sorgenti a regime stagionale il deposito o si sviluppa poco oppure niente e tende più facilmente a essere eroso.

I fattori fondamentali per la conservazione dei L.P.S. sono la qualità e presenza costante dell'acqua e la cui tutela richiede una protezione anche degli ambienti circostanti, in particolare del bacino idrogeologico. I principali pericoli che possono causare l'alterazione diretta o indiretta di questi ambienti possono essere dovuti all'azione dell'uomo, sotto forma di inquinamento, improvviso aumento di luminosità a seguito di diboscamenti eccessivi, transito di mezzi o persone nell'alveo dei ruscelli, captazioni (figura 37.5), attività estrattiva (figura 38.5), usi turistici; oppure a cause naturali, quali l'instabilità dei versanti interessati da fenomeni franosi, ad esempio indotti dall'incisione-erosione fluviale (figura 39.5).



Figura 37.5
Esempio di captazione a uso acquedottistico della sorgente di San Cristoforo di Labante (Appennino bolognese).



Figura 38.5
Esempio di cava non attiva a cielo aperto che ha interessato il deposito di roccia calcarea associato alla sorgente di San Cristoforo di Labante. Sono riconoscibili le tipiche incisioni sulla parete rocciosa dovute all'attività estrattiva. Il materiale prelevato è stato utilizzato per costruire edifici storici ed abitazioni, come la chiesa di San Cristoforo che sovrasta l'area.

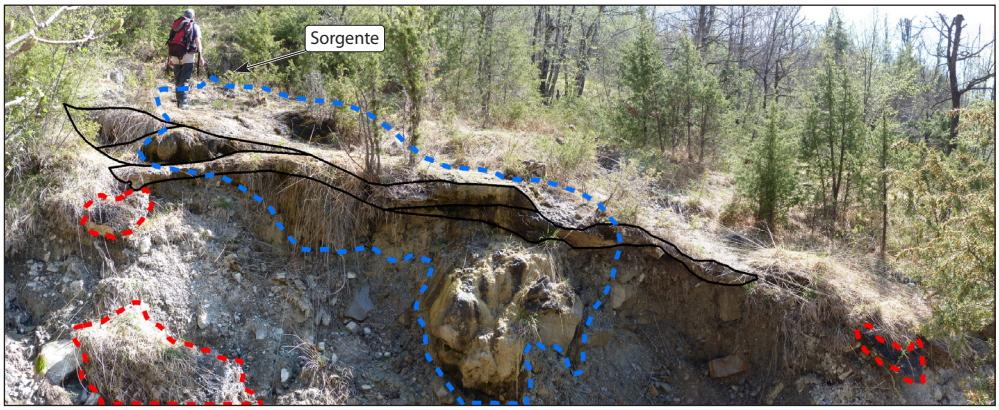


Figura 39.5
Esempio di ammassi in rilievo (*scope*). Sono generalmente distribuiti lungo i versanti dei rii e torrenti, spesso associati a vegetazione rigogliosa tipo muschi e alghe. La linea nera indica differenti depositi non attivi di calcare. La linea rossa tratteggiata indica depositi collassati di calcare nell'alveo del torrente, mentre la linea blu tratteggiata indica deposizione attiva di calcare a ricoprire i precedenti depositi fossili di calcare.

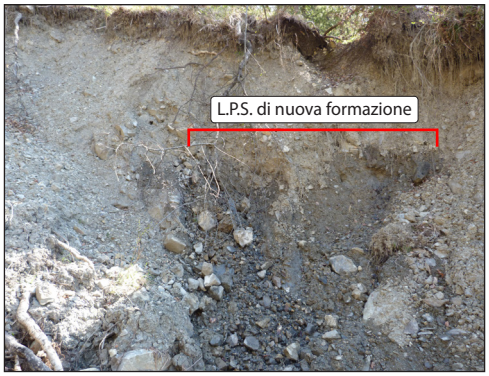


Figura 40.5
Formazione di un nuovo *Limestone Precipitating Springs* associato a versanti interessati da movimenti gravitativi.



Figura 41.5
Da un punto di vista floristico, nelle sorgenti accompagnate dalla precipitazione di carbonato di calcio si rinviene una elevata biodiversità. Una presenza di pregio è quella del Capelvenere (*Adianthum capillus-veneris L.*).

5.3.2 Proposta di un Sistema Informativo Territoriale dedicato ai L.P.S. della regione Emilia-Romagna

Per la tutela, protezione e valorizzazione dei L.P.S. è indispensabile la disponibilità di informazioni di carattere geografico organizzate. I Sistemi informativi rappresentano lo strumento più semplice e adatto per raggiungere questo obiettivo.

L'obiettivo principale di un Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) dedicato ai L.P.S. in ambito regionale è quello di fornire una base conoscitiva aggiornata ed omogenea utile al quadro conoscitivo degli strumenti di pianificazione del settore (Piani di Gestione) e per la formulazione delle relative Misure Specifiche di Conservazione. Più in generale, la disponibilità di tali conoscenza contribuisce inoltre a rappresentare l'assetto naturale e antropico dell'area sorgentizia; gestire l'applicazione delle norme, a supporto delle strategie decisionali; pianificare e coordinare gli interventi nell'area sorgentizia, in quanto la salvaguardia e conservazione di questi luoghi richiede una protezione anche degli ambienti circostanti, in particolare del sistema idrogeologico; monitorare l'ambiente (inquinamento, censimenti, rischio idrogeologico s.l.).

Confrontando l'ubicazione dei L.P.S., derivato dal censimento sopra citato, con le situazioni idrogeologiche semplificate riconoscibili nell'Appennino emiliano romagnolo alla scala 1:250.000, è stato osservato che i L.P.S. si rinvengono in prossimità di sorgenti a regime perenne alimentate da falde in acquiferi a prevalente composizione carbonatica.

Questo consente di definire un elaborato (figura 42.5) che mostra alla scala regionale quel-

Cap. 5

le situazioni potenzialmente interessanti per individuare L.P.S.. Da questo elaborato sono stati esclusi i complessi idrogeologici dove il carbonato di calcio risulta assente o scarso, oppure quei complessi idrogeologici sede di acquiferi che alimentano sorgenti a regime perenne che hanno una conducibilità elettrica nettamente inferiore a 250 µS\cm.

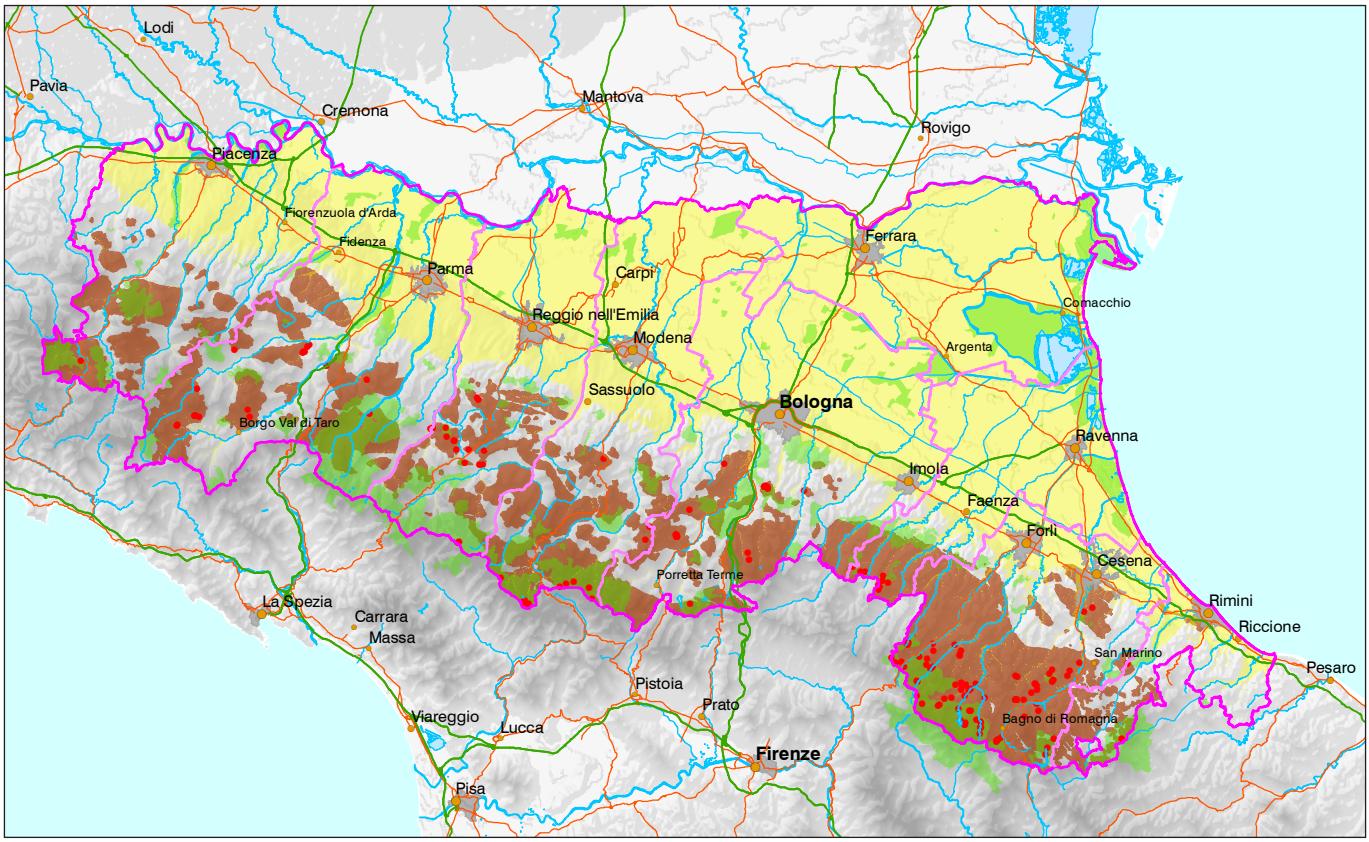
In questo modo la figura 42.5 permette di riconoscere le zone meritevoli di attenzione e costituisce la base per ulteriori elaborazioni di dettaglio dove su base idrogeologica e geologico-strutturale si valuta l'effettivo potenziale dell'area.

Questi due livelli di analisi consentendo di ottimizzare i costi legati all'attività di campagna finalizzata alla ricerca e censimento di questi luoghi. Questo dato è utile soprattutto per quei L.P.S. che si trovano al di fuori delle aree protette o della Rete Natura 2000 e che non possono beneficiare degli opportuni strumenti per il loro riconoscimento, tutela e conservazione. Infatti, è ragionevole aspettarsi che i depositi di L.P.S. siano da ricercare principalmente all'interno o lungo i bordi dei poligoni individuati.

Infine, la disponibilità di un S.I.T. per la conoscenza e gestione dei L.P.S. può essere utile per:

- rendere standard le procedure d'inserimento, gestione, analisi e visualizzazione dei dati, facilitandone l'aggiornamento;
- estendere il livello informativo ad altri contesti;
- creare un web-gis dedicato dove sarà possibile consultare i dati dei L.P.S. a disposizione, consentendo anche di fare delle nuove segnalazioni.

Figura 42.5
Le aree della regione Emilia-Romagna predisposte ad una maggiore incidenza di L.P.S.



A2 Appendice II - Schede descrittive delle principali sorgenti campionate e percorsi escursionistici

Marco Cantonati Museo delle Scienze (MUSE) di Trento – Sezione di Limnologia e Algologia
Stefano Segadelli Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna

Di seguito si propongono una serie di percorsi escursionistici dove si possono cogliere gli aspetti descritti nel capitolo 5 per alcune tipologie principale di sorgente.

Si tratta di tre percorsi escursionistici classici, per i quali l'attenzione è focalizzata sugli aspetti idrogeologici e sui temi ad essi associati, cui si affianca un itinerario "automobilistico" che raggruppa due siti di natura ofiolitica.

Gli itinerari illustrano quindi gli acquiferi locali, le sorgenti, il chimismo delle acque, la locale biodiversità associata alle acque sotterranee; possono servire come base per ricercare, attraverso i riferimenti forniti nel testo, altri motivi geologici, paesaggistici o culturali di interesse.

A2.1 Norme sulla sicurezza da sapere

È un errore considerare il settore collinare e montano della Regione Emilia-Romagna un luogo meno insidioso di altri. Per questo motivo, al fine di evitare situazioni problematiche e rischiose, si consiglia per i percorsi indicati di essere accompagnati da persona esperta, in veste di guida ambientale-escursionistica regolarmente abilitata e assicurata. Per maggiori informazioni consultare i seguenti link:

- *http://www.regione.emilia-romagna.it/temi/turismo/professioni-turistiche/professioni-turistiche-di-accompagnamento*
- *http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/appFlex/sentieriweb.html*



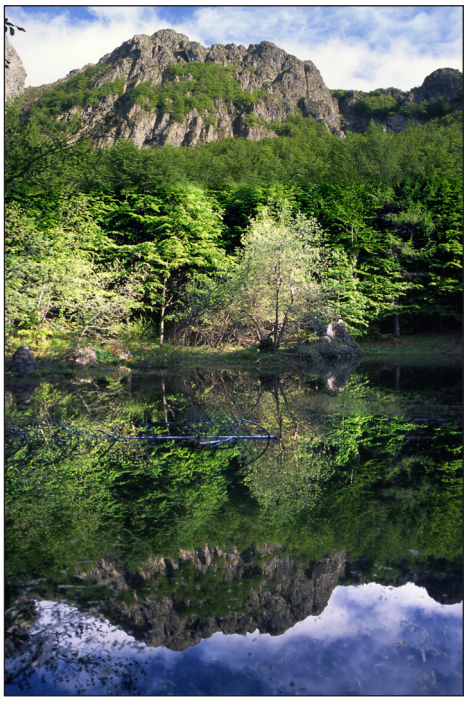
Figura 1.a2
Inquadramento geografico delle aree escursionistiche proposte (riquadri blu).

Dotazione tecnica base necessaria:

- scarponi impermeabili alti alla caviglia con suola in buone condizioni;
- giacca a vento e/o mantella impermeabile;
- copricapo e bastoncini;
- sempre utile una dotazione di acqua adeguata alla stagione (almeno 1,5 litri d'acqua).

A2.2 I massicci ofiolitici dell'Appennino emiliano occidentale: M. Penna [1] e il M. Nero [2]

Le rocce ofiolitiche sono uno dei tanti tesori ambientali dell'Appennino Settentrionale. Relativamente rari nel panorama regionale i corpi ofiolitici, ricchi di fascino per la loro aspra bellezza, possono essere lembi di piccole dimensioni (per esempio M. Prinzera figura 2.a2 e Pietra Parcellara figura 3.a2) oppure corpi rocciosi di estensione chilometrica con spessori a volte di centinaia di metri come il M. Tomarlo (figura 4.a2), il M. Ragola, il M. Maggiorasca, il M. Penna (figura 5.a2) e il M. Nero (figura 6.a2). Nella Regione Emilia-Romagna le ofioliti sono particolarmente concentrate in prossimità della Liguria Orientale e nelle alte valli dei fiumi Taro e Trebbia e dei torrenti Ceno, Nure e Aveto (figura 7.a2).



↑ **Figura 5.a2**
Il M. Penna (1736m s.l.m.), versante ligure.



Figura 2.a2
Panoramica M. Prinzera (725m s.l.m.), versante occidentale.



Figura 3.a2
La Pietra Parcellara (835m s.l.m), panoramica versante orientale, media val Trebbia (Provincia di Piacenza).



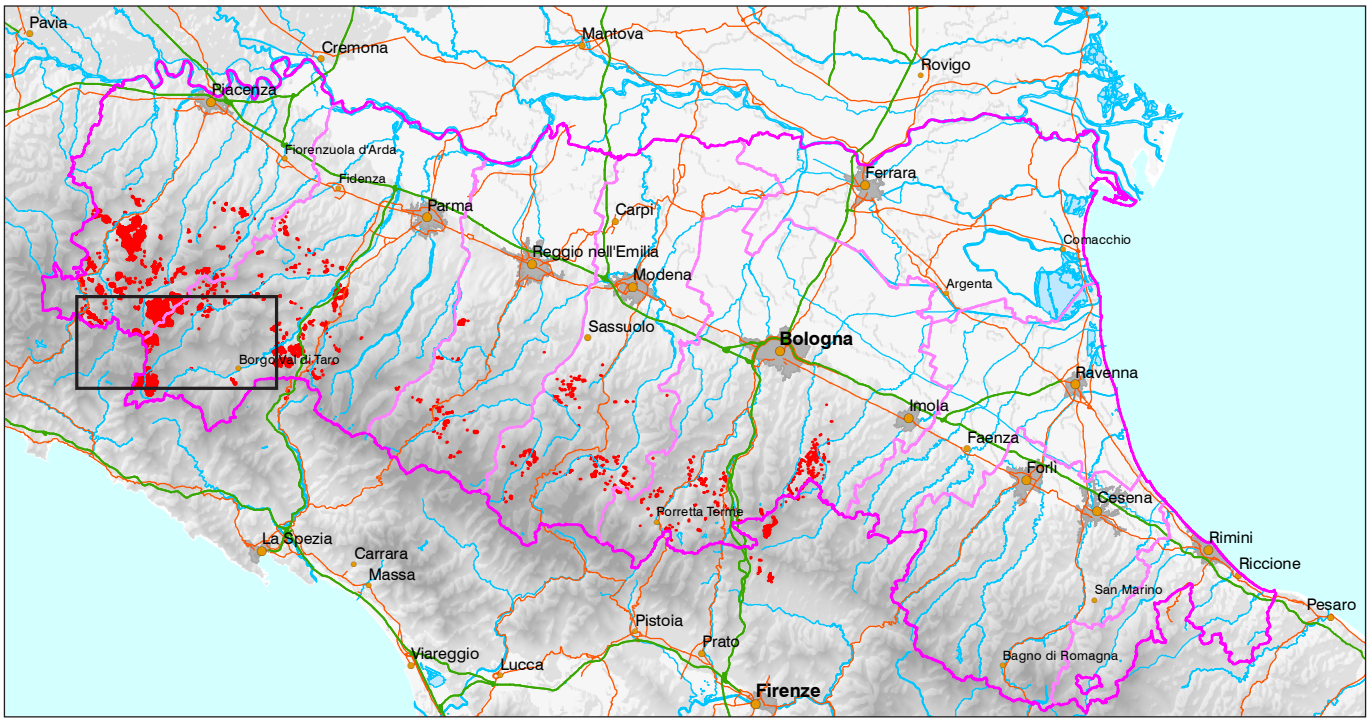
Figura 4.a2
Il M. Tomarlo (1601m s.l.m.) in veste autunnale, crinale ligure-parmense.



Figura 6.a2
Panoramica del M. Nero (1752m s.l.m.), versante parmense.

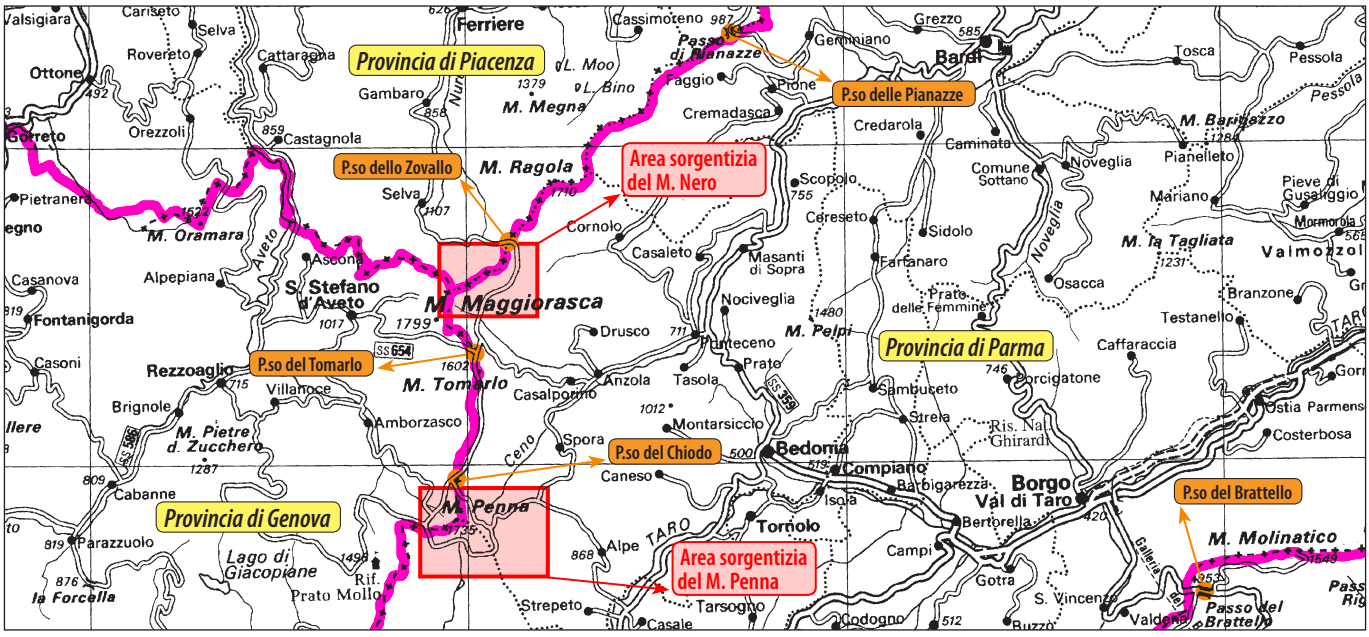
L'ambiente l'ofiolitico è tra i più particolari rappresentando un importante punto di incontro tra le scienze naturali, scienze della terra e le scienze umane (*http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/archivio_pdf/pubblicazioni/Articolo_ofioliti_paesaggio_Ordine.pdf/view*). Queste rocce, di origine prevalentemente magmatica, devono il loro nome alla colorazione verdastra, bluastra e nerastra che ricorda la pelle di un serpente.
Le ofioliti rappresentano uno dei principali complessi idrogeologici nelle province di Parma e Piacenza. Per questo motivo il paesaggio delle ofioliti è caratterizzato dall'abbondanza di acqua che da origine ad una serie di ambienti umidi che ospitano popolamenti di specie vegetali ed animali rari e talvolta compresi fra quelli di interesse europeo, alcuni di questi prioritari ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat".

Figura 7.a2
Distribuzione dei principali affioramenti ofiolitici nella Regione Emilia-Romagna (in rosso). Il rettangolo nero indica il box della figura 8.a2 (dalle banche dati del Servizio Geologico regionale).



Le aree sorgentizie del Monte Penna e del Monte Nero si possono visitare attraverso un percorso automobilistico come descritto nella figura 8.a2. Il dettaglio dei singoli stop è descritto nelle schede che seguono.

↓ Figura 8.a2

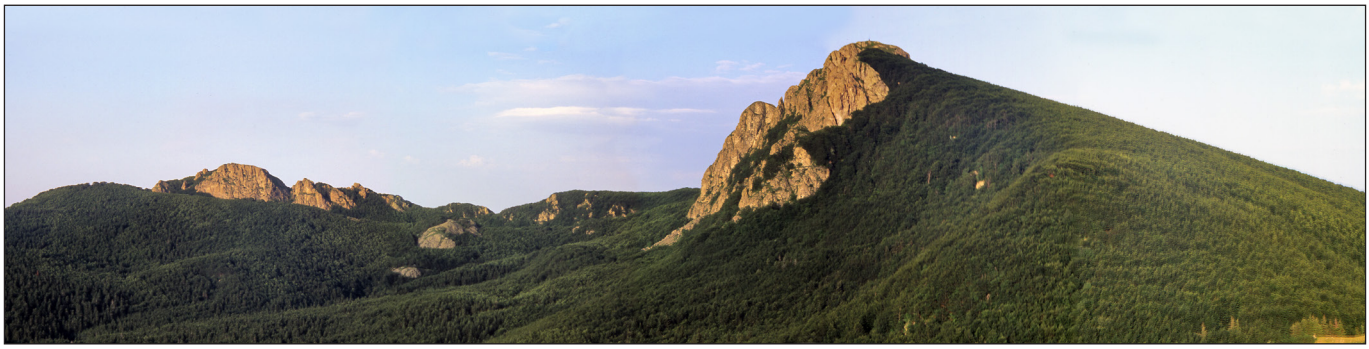


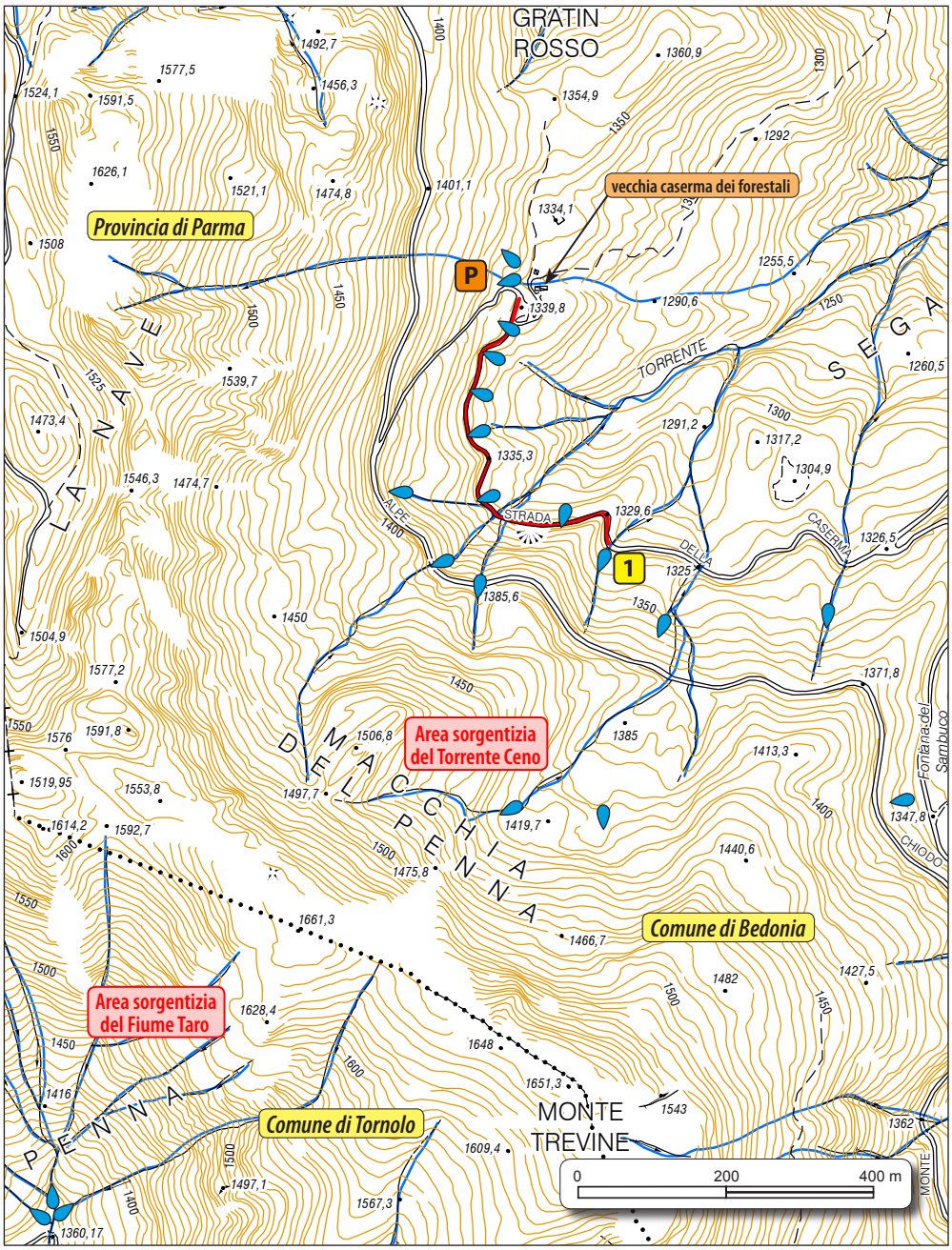
percorso 1

IL MONTE PENNA

È proposto un percorso lungo la strada forestale del M. Penna, nei pressi della vecchia caserma dei forestali in Provincia di Parma, comune di Bedonia, all'interno dell'area sorgentizia del torrente Ceno.

Figura 9.a2
Il M. Penna (1736m s.l.m.).





PERCORSO M. PENNA	
DIFFICOLTÀ	E
SEGNAVIA	assente
TEMPO PERCORRENZA	2 ore (andata e ritorno senza soste)
QUOTA PARTENZA	1320 m s.l.m.
QUOTA STOP 1	1595 m s.l.m.
NOTE	

Sorgenti
Rete idrografica
Percorso proposto
P Punto di partenza e parcheggio
1 Stop

App. II

percorso 1

Come arrivare in auto:

Il paesaggio del M. Penna risulta fortemente connotato dagli affioramenti ofiolitici che culminano nelle vette di M. Penna (1735m s.l.m.) e M. Trevine (1651m s.l.m.). I pendii presentano spesso caratteristiche rupestri, con rocce affioranti e abbondante detrito. Altro elemento caratterizzante il sito è la presenza di profonde forre incise nelle rocce di natura ofiolitica. Questo complesso montuoso custodisce le sorgenti del fiume Taro e del torrente Ceno e rappresenta nell'insieme, un'area di straordinario valore naturalistico, dove il paesaggio regala grandi suggestioni nelle diverse stagioni. Le rocce che costituiscono queste montagne sono i tipici basalti delle ofioliti, di colore verde scuro e rosso, che possono presentarsi brecciati, con struttura massiccia o a cuscini (dall'inglese *pillows*). Lungo il versante nord del M. Penna assai peculiare è la depressione ad anfiteatro denominata *"la Nave"* (figura 10.a2), che si è formata a seguito di movimenti gravitativi profondi a cui si deve la dislocazione di voluminose porzioni di rocce basaltiche. Queste ultime rappresentano la testimonianza più diretta dell'effusione di lava magmatica in ambiente sottomarino. L'area ricade all'interno della **Rete Natura 2000** (*http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4020007*) e del **Patrimonio geologico della Regione Emilia-Romagna** (*http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=2118*).

Da un punto di vista chimico-fisico le acque sorgive a regime perenne del Monte Penna presentano le seguenti principali caratteristiche (Boschetti & Toscani, 2008; Gherardi, 2012; Segadelli, dati inediti in corso di pubblicazione):

Classificazione geochimica	Variazione conducibilità elettrica specifica a 20°C (µS/cm)	Variazione della temperatura (°C)	Variazione del pH	Portata (l\s)
Bicarbonato calciche	*Minima* 36 *Massima* 150 *Media* 78	*Minima* 4.9 *Massima* 15.2 *Media* 8,7	*Minima* 6.26 *Massima* 7.8 *Media* 7.02	*Minima* 0.33 *Massima* 9,2 *Media* 3.2

Tabella 1.a2
Principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque sorgive del M. Penna. I dati fanno riferimento al monitoraggio in discontinuo su 44 sorgenti a regime perenne nell'arco di tempo di un anno idrologico con cadenza settimanale (agosto 2011 - agosto 2012).

Stop 1 (figura 11.a2)
In questa sorgente quasi tutti i substrati litici sono ricoperti da briofite (=muschi ed epatiche) che in questa scaturigine molto ombreggiata hanno un ruolo dominante. In particolare, il comparto briofitico è caratterizzato dalla dominanza del muschio pleurocarpo *Brachythecium rivulare*, sia immerso che, in ampie porzioni, emerso. Di una certa consistenza sono anche i muschi tipici di ambienti umidi e ombrosi, come *Plagiomnium undulatum* e *Rhizomnium punctatum*. In termini di entità della copertura, alle briofite seguono i licheni. Questi includono una specie piuttosto rara mai segnalata prima in Italia (*Verrucaria madida*) e un'altra specie dello stesso genere (*Verrucaria aquatilis*) nuova per la Regione Emilia-Romagna. Con molta attenzione, sulle esigue superfici di materiale roccioso lasciate libere da briofite e licheni si riescono a scorgere coperture dovute a macroalghe bentoniche. Si tratta perlopiù di rari talli dell'alga rossa d'acqua dolce *Hildenbrandia rivularis* (figure 13.a2 e 14.a2). Questa specie è caratteristica di sorgenti molto ombreggiate con acque ben tamponate e conducibilità medio-alte. Le diatomee, alghe eucariotiche unicellulari microscopiche, sono invece presenti con comunità ricche di specie. Questo vale in particolare per le comunità insediate sulle briofite (diatomee epifitiche). Due specie, appartenenti rispettivamente ai generi *Eunotia* e *Planothidium*, sono in corso di pubblicazione in quanto si tratta di specie nuove per la scienza.

percorso 1



↑ **Figura 12.a2**
Altro esempio di sorgente presente nell'area sorgentizia che alimenta il torrente Ceno.



Figura 10.a2
Panoramica da sud della "Nave del Penna".



Figura 11.a2
Particolare di una delle sorgenti che danno vita al torrente Ceno e campionate nel corso del progetto EBERs.
I frammenti rocciosi di natura ofiolitica sono ricoperti da tappeti di briofite che costituiscono habitat preferenziale per altri gruppi di specie che abitano le sorgenti, fornendo supporto e modulazione della velocità della corrente.



Figura 13.a2
Presso la sorgente del M. Penna sono presenti due alghe rosse: *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) *J.Agardh* e *Audouinella* sp. La colorazione rossastra presente sulla superficie dei campioni di roccia è dovuta ad entrambe le alghe.

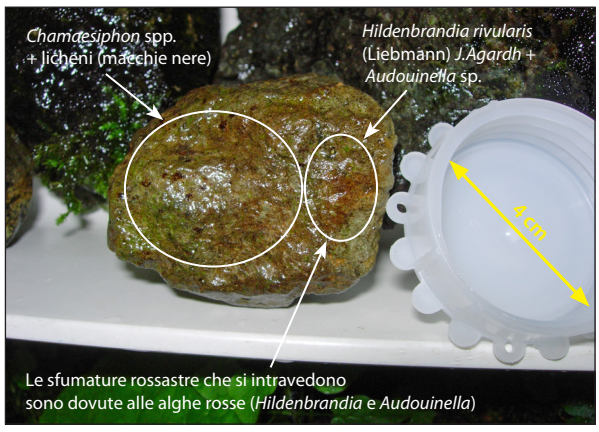


Figura 14.a2

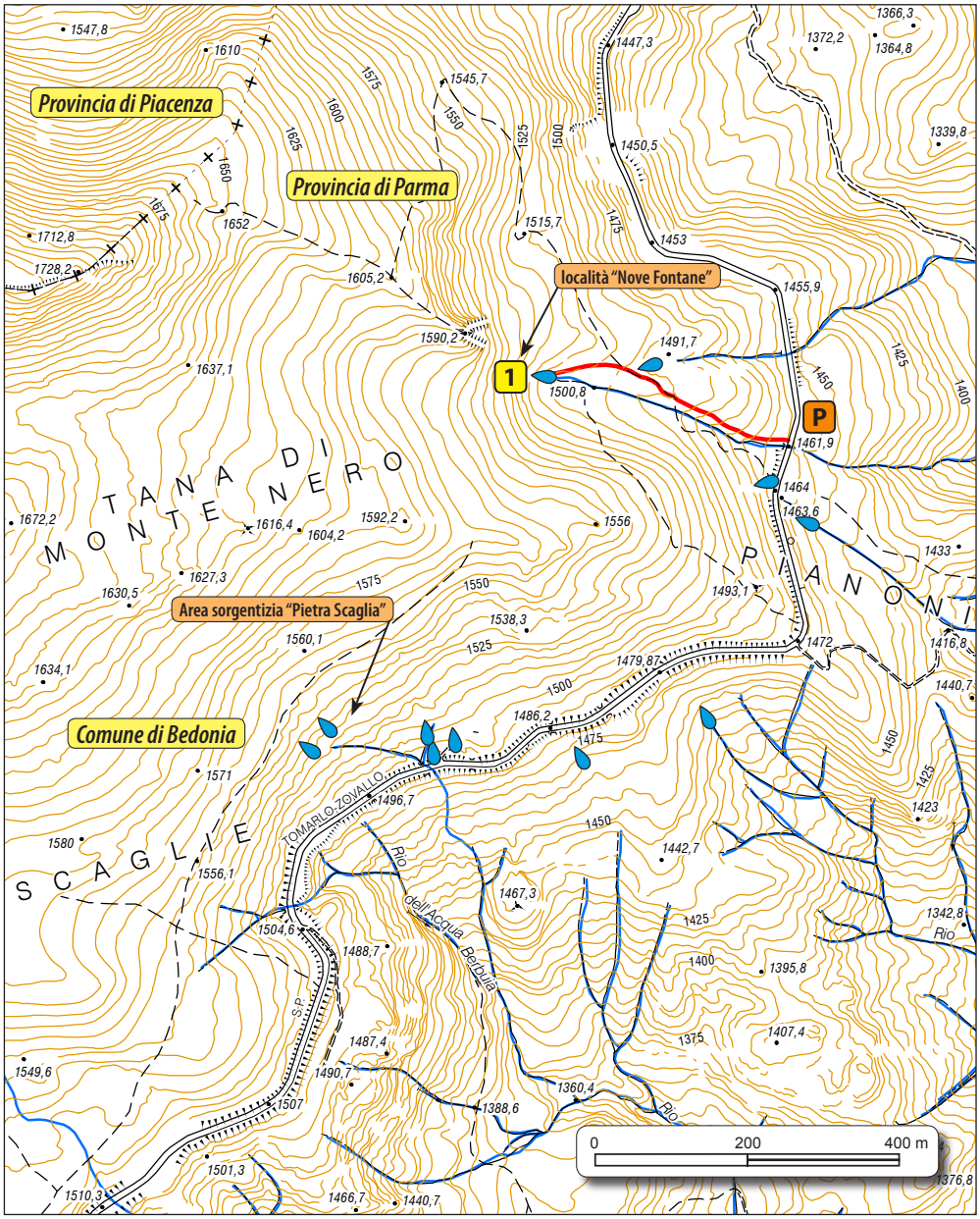
percorso 2

IL MONTE NERO

Sono proposti tre stop lungo la S.S. 654 nel tratto compreso tra il passo dello Zovallo e il passo del Tomarlo e che costeggia le pendici orientali del crinale M. Nero - M. Maggiorasca.



Figura 15.a2
Panoramica del lago Nero, versante piacentino.



PERCORSO M. NERO	
DIFFICOLTÀ	E
SEGNAVIA	CAI
TEMPO PERCORRENZA	1h 30′ (andata e ritorno senza soste)
QUOTA PARTENZA	1320 m s.l.m.
QUOTA STOP 1	1595 m s.l.m.
NOTE	Bambini da 14 anni abituati al cammino e solo se accompagnati

Sorgenti
Rete idrografica
Percorso proposto
P Punto di partenza e parcheggio
1 Stop

percorso 2

Come arrivare in auto:

Questo sito, caratterizzato da un elevatissimo grado di naturalità, è localizzato a cavallo delle valli dei torrenti Aveto, Nure e Ceno, tra le provincie di Piacenza, Parma e Genova. Le cime principali sono: M. Maggiorasca (1799m) e M. Nero (1752m) che danno luogo a pareti rocciose verticali e ad estese coltri detritiche. Il substrato è di natura ofiolitica e risulta costituito da peridotiti più o meno serpentinizzate. Gli elementi caratteristici dell'area sono: l'arbusteto a Pino uncinato (*Pinus mugo* subsp. *uncinata*), sull'Appennino settentrionale presente allo stato spontaneo solamente qui e sul Monte Ragola, i numerosi ambienti umidi che vanno dal lago allo stagno, alle praterie di quota, e infine la faggeta con Abete bianco (*Abies alba*). Un quadro ricco e diversificato, di grande interesse naturalistico e paesaggistico. L'area ricade all'interno della **Rete Natura 2000** (*http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4010003*) e del **Patrimonio geologico della Regione Emilia-Romagna** (*http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=2115*).

Da un punto di vista chimico-fisico le acque sorgive a regime perenne del Monte Nero presentano le seguenti principali caratteristiche (Boschetti & Toscani, 2008; Segadelli, dati inediti in corso di pubblicazione):

Classificazione geochimica	Variazione conducibilità elettrica specifica a 20°C (µS/cm)	Variazione della temperatura (°C)	Variazione del pH	Portata (l\s)
Bicarbonato magnesiache prevalenti	*Minima* 38 *Massima* 506 *Media* 246.5	*Minima* 7 *Massima* 11 *Media* 9.5	*Minima* 6.98 *Massima* 8.35 *Media* 7.55	*Minima* 0.5 *Massima* 8 *Media* 2.2

Tabella 2.a2
Principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque sorgive del M. Nero. I dati fanno riferimento al monitoraggio in discontinuo su 48 sorgenti a regime perenne nell'arco di tempo di un anno idrologico con cadenza settimanale (agosto 2008 - agosto 2009).

Stop 1: area sorgentizia delle "Nove Fontane"
Si tratta, anche in questo caso, di una sorgente molto ombreggiata (figura 16.a2) e che assomiglia alla precedente (stop 1 percorso M. Penna). Anche il quadro presentato dai fotoautotrofi non si discosta di molto e le specie principali licheni e macroalghe sono le stesse, rispettivamente *Verrucaria aquatilis* e *Hildenbrandia rivularis*. Tuttavia, nella sorgente del Monte Nero l'equilibrio è molto meno sfavorevole alle macroalghe e i talli di un bel rosso vivo della rodofita *Hildenbrandia rivularis* raggiungono valori di copertura rilevanti. A pari merito con la sorgente elocrenica descritta sopra, la sorgente del Monte Nero è la scaturigine che ospita il maggior numero di specie di idracari (figura18.a2). Per quanto riguarda la flora briofitica e vascolare questa risente fortemente del contesto boschivo in cui la sorgente emerge. La faggeta è infatti un ambiente generalmente poco favorevole all'insediamento di una flora articolata, poiché lo sviluppo è fortemente inibito dall'abbondante lettiera. In maniera localizzata si affermano la Calta palustre (*Caltha palustris*) e la Radichiella a pappo giallastro (*Crepis paludosa*); tra le briofite, di una certa importanza sono *Rhizomnium punctatum* e l'epatica *Plagiochila porelloides*, entrambe ben adattate ad ambienti umidi e ombrosi. Di particolare interesse, tra sfagni e giunchi delle torbiere, vive la pianta insettivora *Drosera rotundifolia* (figura 17.a2).

percorso 2



↑ **Figura 18.a2**
Gli acari di acqua dolce sono tipici organismi sorgentizi, (specie crenobionti). Si tratta di organismi specialisti che si sono adattati a questi particolari ambienti.
Dimensioni: circa 1,5 mm.



Figura 16.a2
Area sorgentizia di "Nove Fontane", particolare della sorgente campionata (Stop 1) nel corso del progetto.



Figura 17.a2
Esemplare di *Drosera rotundifolia*.

Ofioliti e sorgenti

Uno degli assetti geologico strutturali che caratterizzano l'Appennino ligure-emiliano è dato dalla sovrapposizione di rocce ofiolitiche a formazioni rocciose a comportamento prevalentemente plastico (figura 19.a2). In questo contesto, un importante fattore in grado di creare condizioni favorevoli per la circolazione idrica sotterranea è dato dai fenomeni gravitativi che coinvolgono interi versanti, mobilizzando porzioni di rocce a comportamento rigido di natura ofiolitica. Lungo le superfici di scivolamento (linea di colore nero in figura 19.a2) si possono creare zone di allentamento delle fratture preesistenti, rendendole molto efficaci ai fini dello sviluppo della circolazione idrica sotterranea.
Questo modello si può estendere anche in analoghi contesti strutturali, in corso di studio nell'Appennino emiliano-romagnolo.

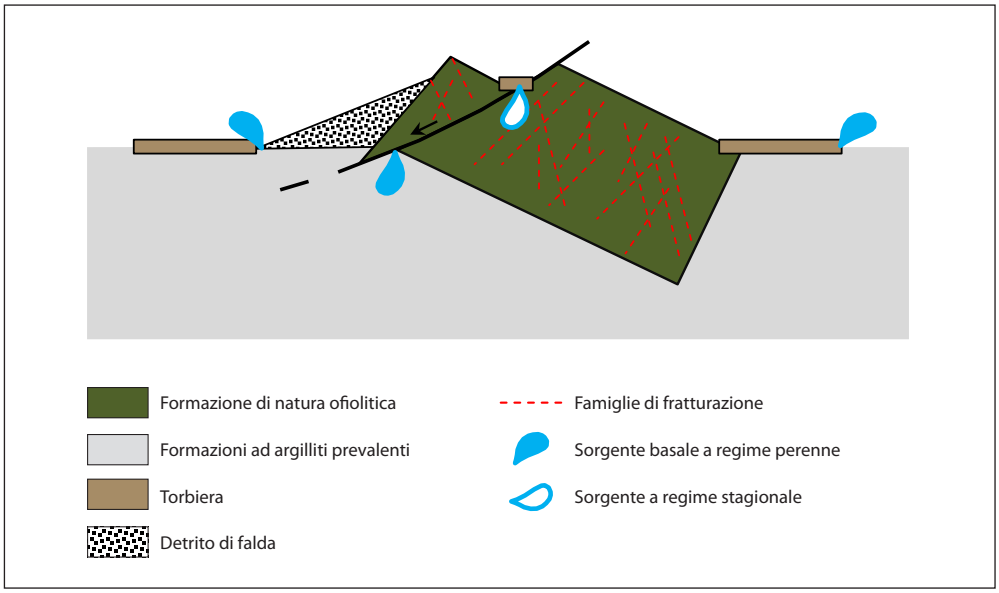


Figura 19.a2
Acquiferi in rocce ofiolitiche.

A2.3 Esempi di sorgenti petrificanti note (S. Cristoforo di Labante [3], Appennino bolognese) e meno note (M. Carameto [4], Appennino emiliano occidentale)

Nella Regione Emilia-Romagna sono presenti numerose sorgenti accompagnate dalle deposizione di carbonato di calcio. La precipitazione a temperatura ambiente, e conseguente formazione di incrostazioni carbonatiche, avviene perché acque sorgive ricche in ioni calcio e bicarbonato, una volta venute a giorno, tendono a depositare cristalli di carbonato di calcio ($CaCO_3$). Questi vanno a rivestire tutto ciò con cui vengono a contatto, creando morfologie molto spettacolari associate a queste sorgenti e prevalentemente nei primi tratti dei corsi d'acqua da esse alimentati.

Vengono proposti due percorsi escursionistici, uno in provincia di Bologna presso la nota sorgente petrificante di San Crisotoforo di Labante e uno in provincia di Parma, alla scoperta di un'analoga meno nota. Per maggiori informazioni consultare il paragrafo 5.3.



Figura 20.a2
Sorgente petrificante di Labante, particolare della cascata.



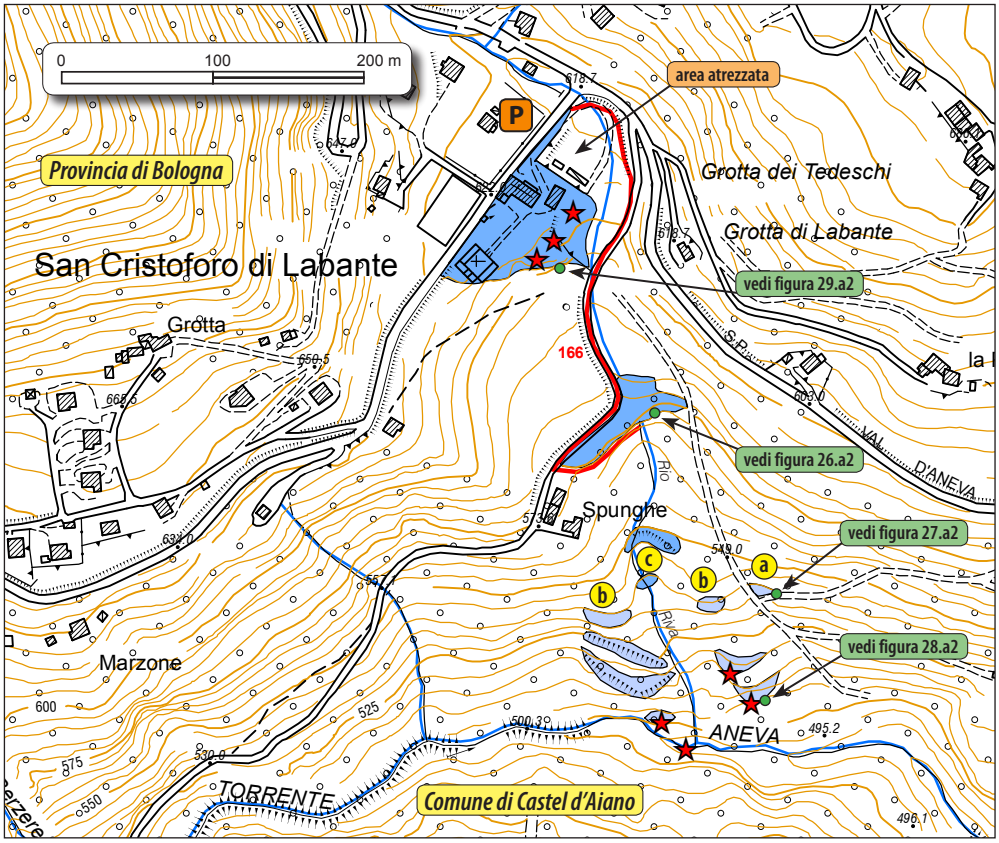
Figura 21.a2
La deposizione del carbonato di calcio crea meravigliose sculture naturali, sorgente petrificante di Labante.

percorso 3

LA SORGENTE PETRIFICANTE DI SAN CRISTOFORO DI LABANTE (Comune di Castel d'Aiano)



Figura 22.a2
Spettacolare panoramica della sorgente petrificante di San Cristoforo di Labante.



PERCORSO SAN CRISTOFORO DI LABANTE	
DIFFICOLTÀ	T
SEGNAVIA	CAI
TEMPO PERCORRENZA	2 ore
QUOTA PARTENZA	Dislivello non significativo
DISTANZA	600 m
NOTE	

- Cavità naturale
- 166 Rete escursionistica C.A.I e relativo codice identificativo
- Rete idrografica
- L.P.S. fossile
- L.P.S. attivo
- P Punto di partenza e parcheggio

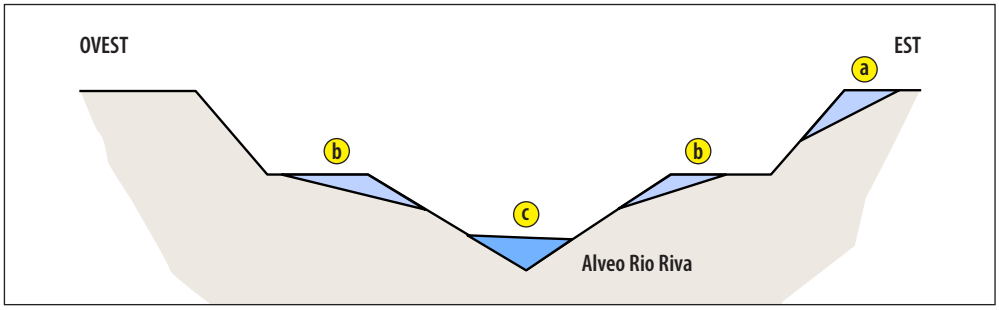


Figura 23.a2
Schema concettuale non in scala sulla distribuzione dei principali depositi di travertino (attivo e non attivo) nell'area di San Cristoforo di Labante. La sezione è orientata da ovest verso est.

percorso 3

Come arrivare in auto:

Nei pressi della borgata di San Cristoforo di Labante (Provincia di Bologna, comune di Castel d'Aiano), si trova l'omonima sorgente, frequentata fin dall'antichità, è all'origine dell'imponente deposito calcareo di roccia travertinosa, nel quale si è formato un complesso di grotte primarie da tempo noto e studiato, con rupi stillicitose e una spettacolare cascata in un ambiente suggestivo e ricco di elementi naturali e storici di gran pregio. Questo luogo spettacolare rappresenta il naturale punto d'incontro tra diverse discipline scientifiche come la geologia, il popolamento antico, la botanica, il paesaggio, la stratigrafia fisica e l'idrogeologia. Per tutti questi motivi l'area ricade all'interno del **Patrimonio Geologico della Regione Emilia-Romagna** (*http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=106*) e dal 2006 fa parte della **Rete Natura 2000** (*http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4050028*).

Grande sorgente petrificante con vegetazione appartenete all'alleanza *Cratoneurion commutati*, con tutte le specie tipiche, dalla felce *Adiantum capillus-veneris* (figura 24.a2), ai muschi *Palustriella commutata*, *Eucladium verticillatum*, *Hymenostylium recurvirostre*, ma anche alle epatiche *Pellia endiviifolia* e *Jungermannia atrovirens*. Il ruolo strutturante di tutta la comunità è comunque svolto da *Palustriella commutata*, che rimuovendo anidride carbonica dall'acqua per l'attività fotosintetica, causa innalzamento del pH e deposizione di carbonato di calcio. La precipitazione di carbonati è favorita anche da una rara alga desmidiacea, caratteristica di alcuni tipi di petrificanti: *Oocardium stratum* (figura 25.a2). Questa rara desmidiacea, le cui cellule a forma di cuore, si collocano sopra cristalli di calcite, è accompagnata da altre alghe (cianobatteri) tipici delle petrificanti quali *Leptolyngbya* sp., *Gloeocapsa* sp., *Gloeothece* spp., *Chondrocystis* sp. In generale, in questa sorgente, le alghe bentoniche sono ben rappresentate. L'acqua non poverissima di nitrati (circa 2 mg/L), nelle zone dove la cascatella frontale batte sul substrato, favorisce lo sviluppo di specie di macroalghe che ricordano quelle di un litorale roccioso interessato da un vivace moto ondoso di un lago su substrato carbonatico: l'alga verde filamentosa *Cladophora* sp., l'alga rossa filamentosa *Bangia atropurpurea*. Nel piccolo stagno sul fianco della formazione travertinosa, sopra piante di *Callitriche*, prolifera l'alga verde filamentosa *Spirogyra*.

Da un punto di vista chimico-fisico l'acqua della sorgente petrificante di San Cristoforo di Labante presenta le seguenti principali caratteristiche (Filippini, 2010; Longhi, 2003):

Classificazione geochimica	Variazione conducibilità elettrica specifica a 20°C (µS/cm)	Variazione della temperatura (°C)	Variazione del pH	Portata (l\s)
Bicarbonato calciche	*Minima* 480 *Massima* 620 *Media* --	*Minima* 4.8 *Massima* 19 *Media* --	*Minima* 7.4 *Massima* 8 *Media* --	*Minima* 7.4 *Massima* 22.8 *Media* 13

Tabella 3.a2
Principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque della sorgente petrificante di San Cristoforo di Labante.

percorso 3



↑ **Figura 26.a2**
Esempio di deposizione attiva.



Figura 24.a2
Particolare della felce *Adiantum capillus-veneris*.

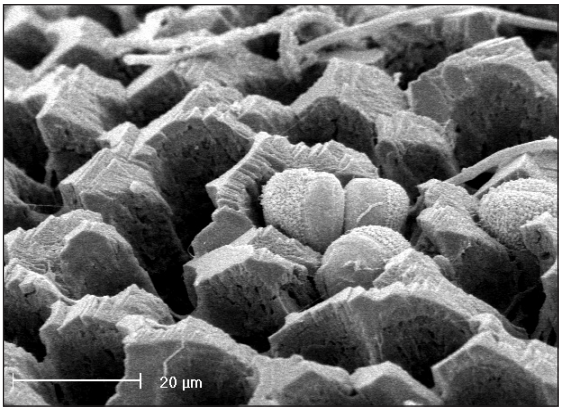


Figura 25.a2
Oocardium stratum: rara alga desmidiacea a forma di cuore, caratteristica di alcuni tipi di petrificanti in grado di favorire la precipitazione di carbonati.



↑ **Figura 29.a2**
Particolare della cascata.



Figura 27.a2



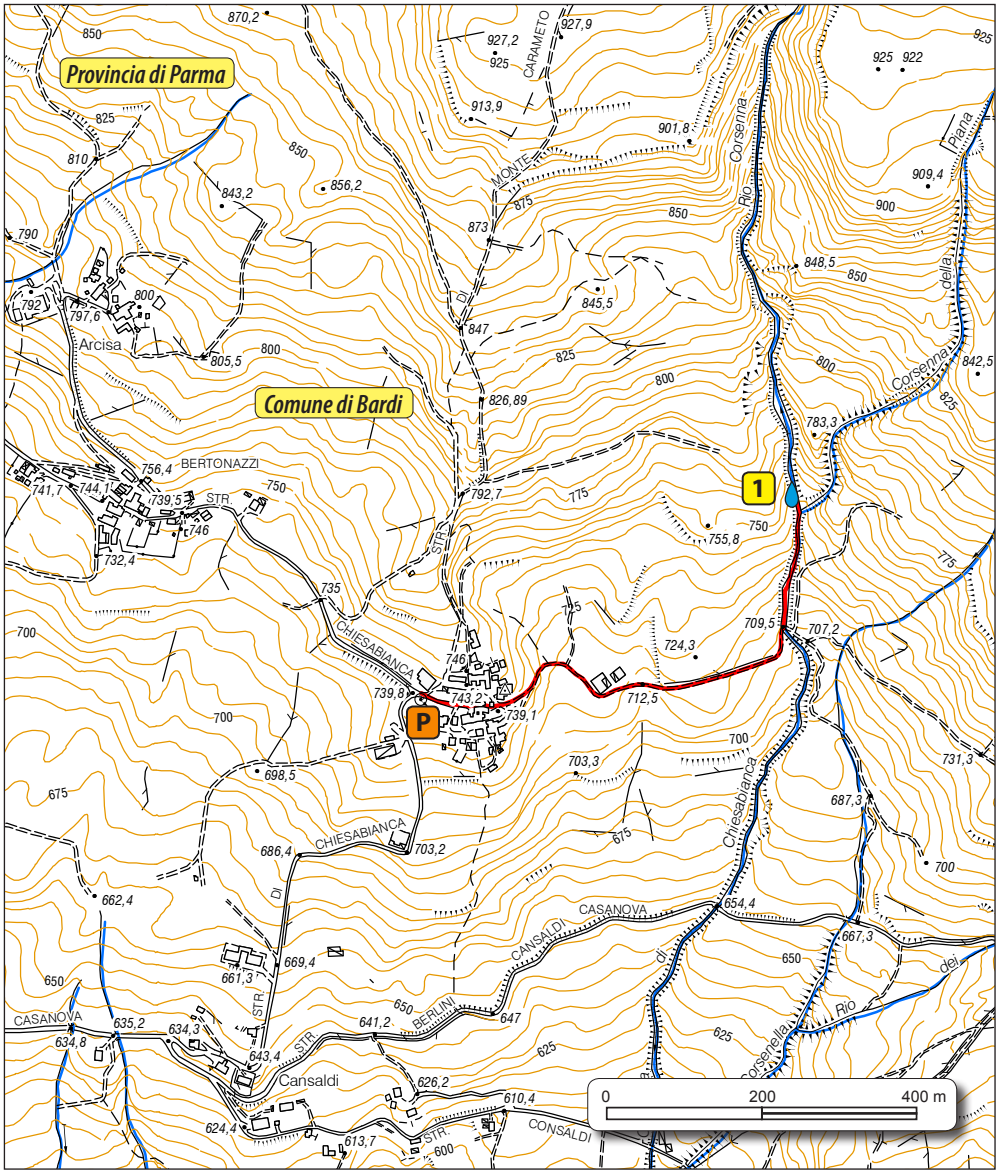
Figura 28.a2

percorso 4

IL MONTE CARAMETO (Comune di Bardi)



↑ **Figura 30.a2**
Panoramica versante sud del M. Carameto (1318m s.l.m.).



PERCORSO M. CARAMETO	
DIFFICOLTÀ	E
SEGNAVIA	assente
TEMPO PERCORRENZA	3 ore (andata e ritorno senza soste)
QUOTA PARTENZA	740 m s.l.m.
QUOTA STOP 1	750 m s.l.m.
NOTE	Consigliato periodo estivo e uso di stivali alti

- Sorgente petrificante
- Rete idrografica
- Percorso proposto
- P Punto di partenza e parcheggio
- 1 Stop

App. II

percorso 4

Come arrivare in auto:

La sorgente che emerge sulla sinistra idrografica del rio Corsenna appartiene alla categoria delle sorgenti associate alla deposizione di carbonato di calcio (L.P.S.). Essa è tuttavia molto meno nota di Labante e, per dimensioni e localizzazione, assai poco appariscente. Dal fondo della valletta si notano gli accumuli storici di travertino, che tuttavia vengono intagliati e in parte rimossi dal torrente in occasione delle piene maggiori (figura 31.a2). Nel confronto con Labante, a favore della sorgentina al Carameto gioca tuttavia il fatto che quest'ultima si trova in condizioni pressoché naturali, mentre Labante soffre una pesante captazione (che nelle estati più siccitosa comporta di fatto la diversione totale delle acque) ed è vicino a potenziali fonti di contaminazione (centri abitati, strada ecc.), come indicano anche le concentrazioni di nitrati riscontrate. La maggiore integrità della petrificante al Carameto può quindi giustificare la sua notevole ricchezza e l'interesse dal punto di vista biologico. Nonostante le esigue dimensioni anche qui, come a Labante, la precipitazione di carbonati è favorita anche da una rara alga desmidiacea (alga verde) come *Oocardium stratum* (figura 25.a2). Sono presenti anche cianobatteri tipici delle petrificanti come *Dichothrix gypsophila* e *Scytonema myochrous*. Qui è stata scoperta una specie di diatomea nuova per la scienza (del genere *Delicata*). Il contingente briofitico è caratteristico di sorgenti in cui c'è la formazione di travertino, ossia *Palustriella commutata*, *Hymenostylium recurvirostre* ed *Eucladium verticillatum*. Lo zoobenthos si caratterizza per una grande importanza quantitativa dei coleotteri elmidi.
L'area ricade all'interno del **Patrimonio geologico della Regione Emilia-Romagna** (*http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=829*).

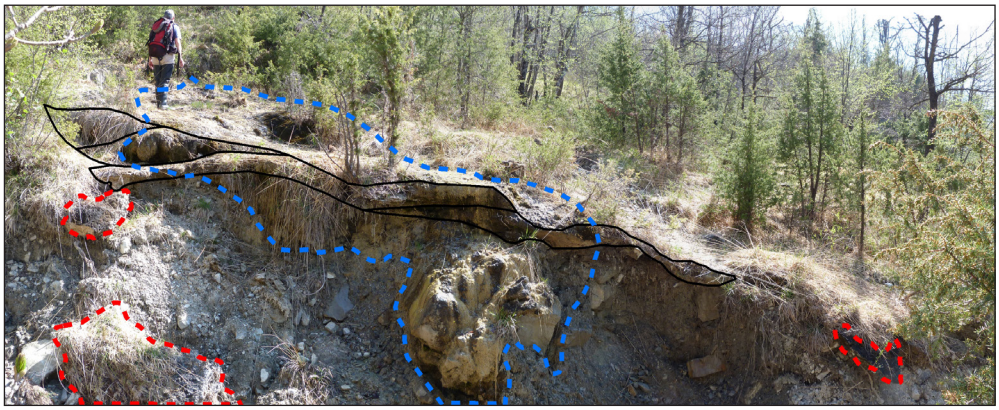


Figura 31.a2
Panoramica dell'affioramento oggetto dell'escursione. La linea blu tratteggiata indica deposizione attiva di carbonato di calcio, la linea rossa tratteggiata depositi di carbonato di calcio franati nell'alveo del torrente Corsenna, linea nera individua i diversi depositi non attivi di carbonato di calcio.



Figura 32.a2
Fossile di *Inoceramus*, genere estinto di lamellibranchio pelagico (mollusco che appartiene ai bivalvi). Visse tra il Giurassico inferiore e il Cretacico superiore. Ritrovamento lungo l'alveo del torrente Corsenna in vicinanza della sorgente petrificante.

A2.4 Acque sorgive eccezionalmente "dolci" *(very-low-alkalinity springs)*: Fontana del Vescovo [5]

Sono acque caratterizzate da un basso contenuto in sali minerali e una conducibilità elettrica compensata a 20°C inferiore a 50 microS/cm. Il perché di questo valore è dovuto a due fattori principali:

- sorgenti alimentate da circuiti rapidi;
- presenza di rocce poco solubili.

Prendendo la conducibilità elettrica e la temperatura, queste acque sono classificate come oligominerali fredde (Celico, 1986). Sono acque sorgive eccezionalmente "dolci" *(very-low-alkalinity springs)*.

Nelle figure sotto alcuni esempi di sorgenti caratterizzate da un basso contenuto in sali minerali disciolti.



↑ **Figura 35.a2**
Sorgente presente in Val Parma, comune di Corniglio.



Figura 33.a2
Sorgente presente in Val Taro, M. Molinatico (comune di Borgotaro).



Figura 34.a2
Sorgente presente in Val Parma, comune di Corniglio.

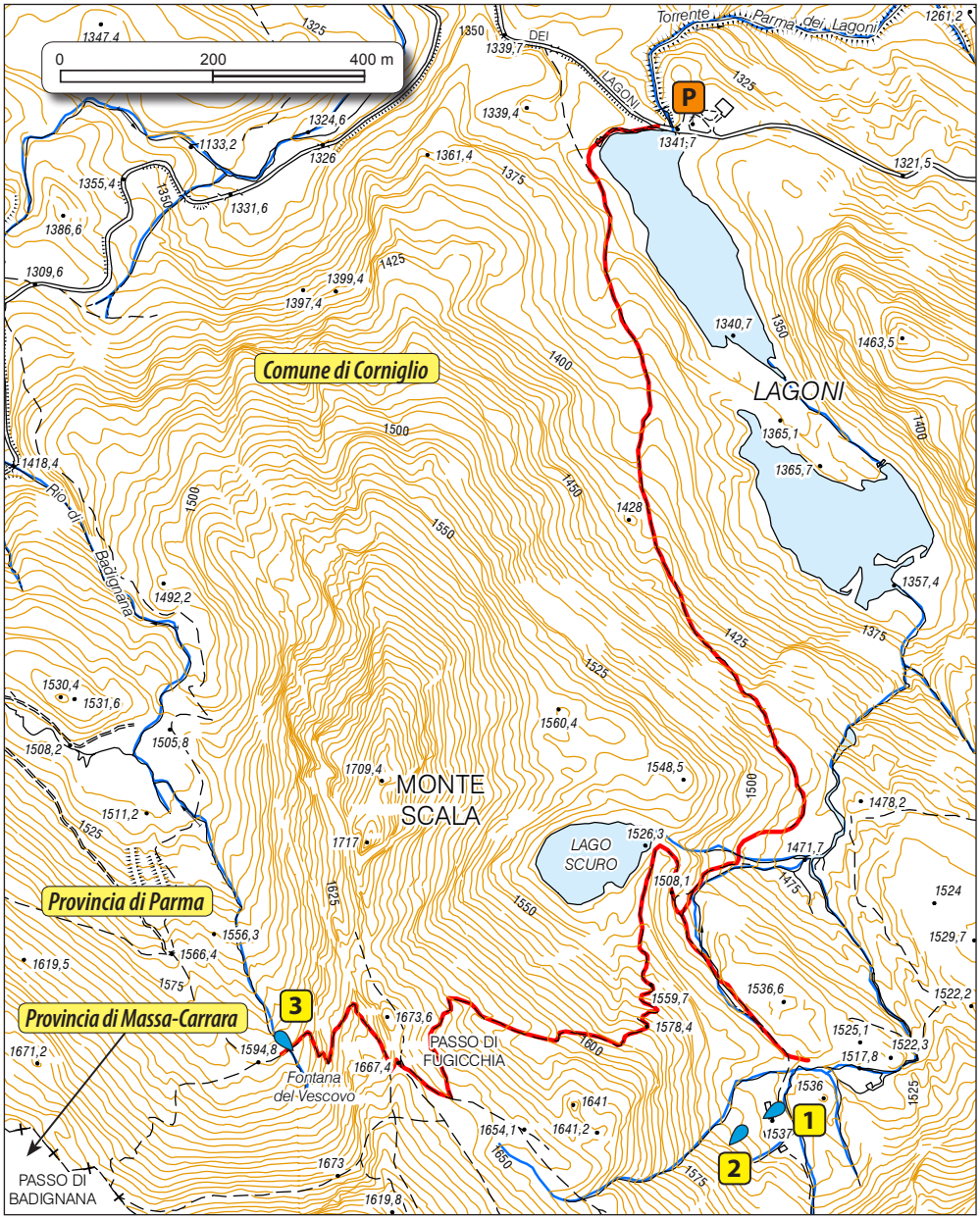
percorso 5

FONTANA DEL VESCOVO (Comune di Corniglio)

Il sito ricade sul versante settentrionale del crinale appenninico nel Parco Nazionale Appennino Tosco-Emiliano. L'area è caratterizzata da faggete e praterie di alta quota, brughiere, ghiaioni, rocce affioranti, sorgenti, laghi e torbiere in un paesaggio modellato dall'ultima glaciazione che ancora ne custodisce molte testimonianze.

Figura 36.a2
Panoramica dal passo di Fugicchia (1667m s.l.m.) verso nord-ovest della dorsale sopra Capanne di Badignana.





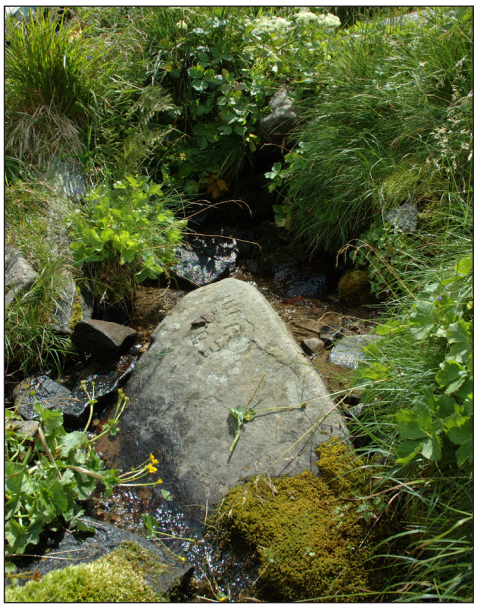
PERCORSO FONTANA DEL VESCOVO	
DIFFICOLTÀ	E
SEGNAVIA	CAI
TEMPO PERCORRENZA	4 ore (andata e ritorno senza soste)
QUOTA PARTENZA	1342 m s.l.m.
QUOTA STOP 3	1595 m s.l.m.
NOTE	Bambini da 8 anni abituati al cammino e solo se accompagnati

- Sorgenti
- Rete idrografica
- Percorso proposto
- P Punto di partenza e parcheggio
- 1 Stop

percorso 5

Come arrivare in auto:

Tipica sorgente reocrenica di montagna che emerge non lontana, in linea d'aria e come differenza di quota, dallo spartiacque. In questa tipologia di sorgente, la velocità di corrente è uno dei fattori ecologici più rilevanti. Questo si ripercuote, per esempio, sulle comunità di cianobatteri, presenti con colonie e colorazioni visibili di specie reofile (= amanti della corrente) ma anche di specie indicatrici di variazioni importanti di portata, in quanto in grado di sopportare il disseccamento periodico. Le associazioni di diatomee, accanto a elementi tipici di sorgenti di montagna, includono due specie di grande interesse che si sono rivelate nuove per la scienza e che appartengono ai generi *Amphora* e *Navicula*. Tra le briofite spiccano elementi caratteristici delle sorgenti con acque a medio-bassa conducibilità, come ad esempio *Palustriella falcata*, *Dichodontium pellucidum* e *Racomitrium aciculare*.
Qui è stata anche rinvenuta una specie di lichene acquatico mai prima segnalata in Emilia-Romagna: *Verrucaria elaeomelaena*, comune in sorgenti carbonatiche delle Alpi con buona qualità ambientale. Lo zoobenthos, come spesso accade nelle sorgenti alpine, è dominato quantitativamente dai ditteri chironomidi.
L'area ricade all'interno della **Rete Natura 2000** (*http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4020020*), nel **Parco Nazionale Appennino Tosco-Emiliano** (*http://www.parcoappennino.it/*) e nel **Patrimonio geologico della Regione Emilia-Romagna** (*http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=2120*).



↑ **Figura 38.a2**
Sorgente denominata "Fontana del Vescovo", alta val Parma (foto di Nicola Angeli, MUSE).



Figura 37a.a2
Campioni di roccia utilizzati per l'analisi del fitobenthos (organismi che vivono a stretto contatto con il fondo).



Figura 37b.a2
Ingrandimento della specie *Chamaesiphon polonicus* che conferisce la colorazione rossastra ad alcuni campioni di roccia.

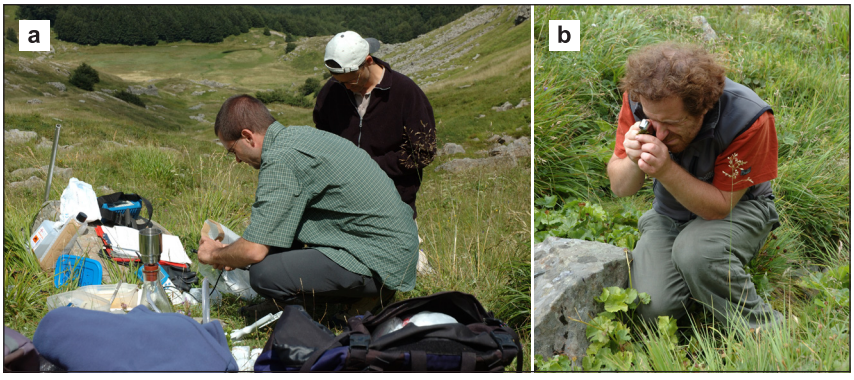


Figura 39.a2
Fontana del Vescovo: alcune fasi del campionamento. *Foto a:* in primo piano Nicola Angeli e in secondo piano Marco Cantonati. *Foto b:* Daniel Spitale.

A2.5 Glossario

Steinmann (1915) e Thienemann (1924) hanno proposto una classificazione (tuttora utilizzato) delle sorgenti in base all'emersione puntuale o areale delle acque e alla loro velocità di scorrimento. Su queste basi si distinguono:

- **Reocrena:** l'acqua fuoriesce da uscite ristrette, per lo più con forte corrente, e forma subito un ruscello di I ordine (secondo il sistema di ordinamento idrografico di Strahler).
- **Elocrena:** l'acqua di falda fuoriesce in maniera diffusa e forma zone acquitrinose. Le sorgenti elocrene si trovano di frequente in pianura e aree collinari; nei Tropici queste aree sorgive possono estendersi per diversi chilometri quadrati.
- **Limnocrena:** l'acqua si raccoglie in una polla sorgiva, il cui sovrappieno forma il ruscello sorgivo.
- **Igropetrica:** l'acqua scorre lungo superfici rocciose a forte pendenza.



↑ **Figura 42.a2**
Esempio di sorgente reocrena (località Lagacci, comune di Ferriere, provincia di Piacenza).



Figura 40.a2
Esempio di sorgente elocrena (Capanne del Lago Scuro, comune di Corniglio, provincia di Parma).



Figura 41.a2
Esempio di sorgente limnocrena (fontanile Corte Valle Re, comune di Campegine, provincia di Reggio Emilia).



Figura 43.a2
Esempio di sorgente idropetrica (La Ciapa Liscia, comune di Ferriere, provincia di Piacenza).

Bibliografia citata e consultata

Artoni A., Papani G., Rizzini F., Calderoni M., Bernini M., Argnani A., Roveri M., Rossi M., Rogledi S., Gennari R. (2004) - *The Salsomaggiore structure (Northwestern Apennine foothills, Italy): a Messinian mountain front shaped by mass-wasting products.* Geoacta, 3, 107-128.

Abbate, E., Bortolotti, V., Conti, M., Marcucci, M., Principi, G., Passerini, P., & Treves, B. (1986) - *Apennines and Alps ophiolites and the evolution of the Western Tethys.* Memorie della Società Geologica Italiana, 31, 23-44.

Bergianti S., Capaccioni B., Dalmonte C., De Waele J., Formella W., Gentilini A., Panzieri R., Rossetti S. & Sansavini B. (2013) - *Progetto Life + 08 NAT/IT/000369 "GYPSUM". Primi risultati sulle analisi chimiche delle acque nei gessi dell'Emilia Romagna.* In: Cucchi F. & Guidi P. (Eds.), *Atti del XXI Congresso Nazionale di Speleologia "Diffusione delle conoscenze"*, Trieste 2-5 giugno 2011, 296-301.

Bernini M. & Clerici A. (1983) - *Individuazione di un campo di sforzi compressivo in alcuni affioramenti del Pleistocene continentale del margine appenninico presso Collecchio (Parma).* Bollettino della Società Geologica Italiana, 102, 369-384.

Bertrand G., Goldscheider N., Gobat J.M. & Hunkeler D. (2012) - *Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems.* Hydrogeology Journal, 20, Issue 1, 5-25. DOI: 10.1007/s10040-011-0791-5.

Boccaletti M. & Coli M. (1982) - *Carta strutturale dell'Appennino settentrionale 1:250.000.* CNR Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA, Firenze.

Bonaposta D., De Nardo M.T. & Martinelli G. (2009) - *Il progetto di bonifica del sito di interesse nazionale di Sassuolo-Scandiano e gli ulteriori studi sulle Fonti di Poiano: risultati preliminari.* In Chiesi M., Forti P. (Ed.) (2009) - *Il Progetto Trias: studi e ricerche sulle evaporiti triassiche dell'alta valle di Secchia e sull'acquifero carsico di Poiano (Reggio Emilia).* Memoria dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.2, XXII, 99-128.

Boronina A., Renard P., Balderer W. & Christodoulides A. (2003) - *Groundwater resources in the Kouris catchment (Cyprus): data analysis and numerical modelling.* Journal of Hydrology, 271, 130-149.

Boronina A., Balderer W., Renard P. & Stichler W. (2005) - *Study of stable isotopes in the Kouris catchment (Cyprus) for the description of the regional groundwater flow.* Journal of Hydrology, 308, 214-226.

Boschetti T. & Toscani L. (2008) - *Springs and streams of the Taro-Ceno Valleys (Northern Apennine, Italy): Reaction path modeling of waters interacting with serpentinized ultramafic rocks.* Chemical Geology, 257, 76-91.

Boschetti T., Etiope G., Pennisi M., Romain M. & Toscani L. (2013) - *Boron, lithium and methane isotope composition of hyperalkaline waters (Northern Apennines, Italy): Terrestrial serpentinization or mixing with brine?*. Applied Geochemistry, 32, 17-25.

Bottazzi E. (2011) - *Progetto Spinner "Sorgenti Montane"* (Az.4, Prot.096/09), relazione finale, 52pp.

Cantonati M., Angeli N., Bertuzzi E., Spitale D. & Lange-Bertalot H. (2012b) - *Diatoms in springs of the Alps: spring types, environmental determinants, and substratum.* In: M. Cantonati, L. Füreder, I. Jüttner & E.J. Cox (Eds.), *The Ecology of Springs.* Freshwater Science 31:499-524.

Cantonati M., Füreder L., Gerecke R., Jüttner I. & Cox E.J. (2012a) - *Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology.* In: M. Cantonati, L. Füreder, I. Jüttner & E.J. Cox (Eds.), *The Ecology of Springs. Freshwater Science* (Formerly Journal of the North American Benthological Society) 31:463-480.

Cantonati M., Rott E., Spitale D., Angeli N. & Komárek J. (2012c) - *Are benthic algae related to spring types?* In: M. Cantonati, L. Füreder, I. Jüttner & E.J. Cox (Eds.), *The Ecology of Springs.* Freshwater Science 31:481-498.

Cantonati M., Segadelli S., Ogata K., Tran H., Sanders D., Gerecke R., Rott E., Filippini M., Gargini A., Celico F. (2016) - *A global review on ambient Limestone-Precipitating Springs (LPS): Hydrogeological setting, ecology, and conservation.* Sci Total Environ. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.105.

Capezzuoli E. & Gandin A. (2004) - *I "Travertini" in Italia: proposta di una nuova nomenclatura basata sui caratteri genetici.* Il Quaternario, 17 (2/1), 273-284.

Cassi L. (2008) - *Acque e nomi di luogo*. In *Atlante Tematico delle Acque d'Italia* a cura di Maria Gemma Grillotti Di Giacomo, Genova.

Celico P. (1986) - *Prospezioni idrogeologiche*. Vol. I e II, Liguori editore.

Cerrina Feroni A., Martelli L., Martinelli P., Ottria G. & Catanzariti R. (2002) - *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo (1:250.000)*. Note illustrative. SELCA, Firenze, 23 pp.

Chelli A., Segadelli S., Vescovi P. & Tellini C. (2015) - *Large-scale geomorphological mapping as a tool to detect structural features: the case of Mt. Prinzera ophiolite rock mass (Northern Apennines, Italy)*. Journal of Maps, Taylor & Francis Online, DOI: 10.1080/17445647.2015.1072115.

Chiesi M., Forti P. (Ed.) (2009) - *Il Progetto Trias: studi e ricerche sulle evaporiti triassiche dell'alta valle di Secchia e sull'acquifero carsico di Poiano (Reggio Emilia)*. Memoria dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.2, XXII, 164 pp.

Chiesi M., Forti P. & De Waele J. (2010) - *Origin and evolution of a salty gypsum karst spring: the case of Poiano (Northern Apennines, Italy)*. Hydrogeology Journal, 18, 1111-1124.

Cruz J.V. & Silva M.O. (2001) - *Hydrogeologic framework of Pico Island, Azores, Portugal*. Hydrogeology Journal, 9, n°2, 177–189.

Dalla Casa G. & Ghelardoni R. (1967) - Note illustrative della *Carta Geologica d'Italia*: Foglio 84-Pontremoli e Foglio 85-Castelnuovo né Monti. Serv. Geol. d'It., 83pp.

De Nardo M.T., Parisi A., Bonotto P. & Casoni S. (2010) - *Formazione di un quadro conoscitivo sulle acque minerali e termali della regione Emilia-Romagna:stato dell'arte*. Il Geologo dell'Emilia-Romagna, anno X/2010 n. 38.

De Nardo M.T., Segadelli S. & Vescovi P. (2007) - *Studio pilota per la caratterizzazione geologica delle sorgenti nella zona del M. Nero (alta Val Ceno e alta Val Nure - province di Parma e Piacenza)*. Il Geologo dell'Emilia-Romagna, Boll. Uff. d'Inf. Ordine dei Geologi Regione Emilia-Romagna , 25, Nuova Serie, 5-21.

De Nardo M.T., Ercolessi G. & Parisi A. (2007) - *Progetto per la perimetrazione delle zone di protezione delle acque sotterranee in ambito collinare e montano: contributo al Piano provinciale di Tutela delle Acque*. Cartografie e Relazione Illustrativa predisposte per la Provincia di Ravenna.

Dewandel B., Lachassagne P., Boudier F., Al-Hattali S., Ladouche B., Pinault J.L. & Al-Suleimani·Z. (2005) - *A conceptual hydrogeological model of ophiolite hard-rock aquifers in Oman based on a multiscale and a multidisciplinary approach*. Hydrogeology Journal, 13, 708-726.

Dewandel B., Lachassagne P., Maréchal J. C., Wyns R. & Krishnamurthy N. S. (2006) - *A generalized 3-D geological and hydrogeological conceptual model of granite aquifer controlled by single or multiphase weathering*. Hydrogeology Journal, 330, 260-284.

Di Dio G., Martini A., Lasagna S. & Zanzucchi G. (2005) - Note illustrative della *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, Foglio Parma Sud-Ovest. Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologica Nazionale, 180pp.

Dilek Y. & Furnes H. (2011) - *Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere.* Geological Society of America Bulletin, 123, 387-411. doi: 10.1130/B30446.1

Dilek Y. & Furnes H. (2014) - *Ophiolites and Their Origins.* Elements, 10, 2, 93-100.

Ercolani M., Lucci P., Piastra S. & savini B. (Eds.) (2013) - *I Gessi e la Cave i Monte Tondo. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso Romagnola.* Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, XXVI, 559 pp.

EU-HD (European Union Habitat Directive) (1992) - *Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (EC Habitats Directive)*. Official Journal of the European Communities L 206 (22.7.1992): 7–50.

Filippini M. (2010) - *Monitoraggio del deflusso di base di un acquifero arenaceo dell'Appennino bolognese (Castel d'Aiano) al fine di valutare l'entità della risorsa idrica sotterranea.* Tesi di Laurea inedita, Università degli Studi di Bologna Alma Mater Studiorum, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, 166pp.

Ford T.D. & Pedley H.M. (1996) - *A review of tufa and travertine deposits of the world.* Earth-Science Reviews, 41, 117-175.

Forti P. (1981) - *L'inquinamento dell'Abisso Titano e la conseguente grave situazione nell'approvvigionamento idrico per la Repubblica di San Marino.* Atti I° Symp. Int. "Utilizzazione delle Aree Carsiche", Trieste: 183-187.

Forti P. & Chiesi M. (2000) - *Idrogeologia, idrodinamica e meteorologia ipogea dei gessi di Albinea, con particolare riguardo al sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 2) (Albinea, Reggio Emilia).* GNDCI pubbl.2084. Memoria dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.2, XI, p.115-139.

Forti P., Francavilla F., Prata E. & Rabbi E. (1988) - *Idrochimica ed idrogeologia della formazione evaporitica triassica dell'alta val di Secchia con particolare riguardo alle Fonti di Poiano.* Regione E.R. Studi e Doc. 42, p.81-111.

Forti P. & Gurnari G. (1983) - *Le cavità naturali della Repubblica di San Marino.* Sottorerra 65: 1-77.

Forti P. & Lucci P. (Ed.) (2010) - *Il Progetto Stella-Basino.* Memorie Istituto Italiano di Speleologia, s. II, XXIII, 264 pp.

Forti P., Francavilla F., Prata E., Rabbi E. & Griffoni A. (1989) - *Evoluzione idrogeologica dei sistemi carsici dell'Emilia-Romagna: Il Complesso Carsico Rio Stella – Rio Basino (Riolo Terme).* Atti XV Congr. Naz. Spel., Castellana Settembre 1987, p.349-368.

Forti P., Francavilla F., Prata E., Rabbi E., Veneri P. & Finotelli F. (1985) - *Evoluzione idrogeologica dei sistemi carsici dell'Emilia-Romagna. Il complesso Spipola-Acqua Fredda.* Tip. Moderna, Bologna, 60 pp.

Gargini A., Vincenzi V., Piccinini L., Zuppi G.M., Canuti P. (2008) - *Groundwater flow systems in turbidites of Northern Apennines (Italy): natural discharge and high speed railway tunnels drainage.* Hydrogeology Journal, 16, 8, pp.1577-1599, versione elettronica con supplementary material: doi: 10.1007/s10040-008-0352-8.

Gherardi A. (2012) - *Bilancio idrogeologico sperimentale di un acquifero in ofioliti nell'Appennino parmense: il caso del M. Penna.* Tesi di laurea inedita, Dipartimento di Scienze della Terra Università degli studi di Bologna, 239pp.

Giammetti F. (1964) - *Le serpentine del Monte Prinzera.* Memorie della Societa Geologica Italiana, 4 (01), 283-303.

Grimandi P. (2006) - *Il rilievo di dettaglio della Grotta di Onferno.* Sottoterra, a. XLV, n. 123, pp. 56-59 + tav. f.t.

Grimandi P., Gentilini A. & Gaudiello F. (2011) - *Vecchie e nuove cavità nell'area di Onferno (RN).* Sottoterra, 132, 45-59.

GSB-USB (2006) - *Le grotte di Labante.* I quaderni di Sottoterra, Bologna, 83 pp.

Istituto di Geologia dell'Università di Parma (1966) - *Carta Geologica e Sezioni geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000).* Litografia Artistica Cartografica, Firenze.

Josnin J.Y. (2002) - *The role of unsaturated zone flow from strombolian cone on storage calculation for basaltic aquifers (a case study in Massif Central, France).* EGS XXVII General Assembly, Nice, France.

Lucci P. & Rossi A. (Ed.) (2011) - *Speleologia e Geositi carsici in Emilia-Romagna.* Bologna.

Longhi M. (2003) - *Studio idrogeologico della sorgente carsica di San Cristoforo di Labante (Castel d'Aiano - BO).* Tesi di Laurea, Dip. di Scienze della Terra, Università di Bologna, 119 pp. + 24 n.n.

Maillet E. (1905) - *Essai d'hydraulique souterraine et fluviale.* Lib. Scient. Herman, Paris, 218pp.

Marchiani C. & Venturelli G. (2006) - *Studio pilota interdisciplinare per la valutazione e la gestione delle risorse idriche della Riserva Naturale Monte Prinzera.* Ricerca realizzata nell'ambito del Programma Regionale di Investimenti nelle Aree Protette 2001-2003. *www.parchi.parma.it/allegato.asp?ID=674960*

Marroni M., Meneghini F., Pandolfi L. (2010) - *Anatomy of the Ligure-Piemontese subduction system: evidence from Late Cretaceous-middle Eocene convergent margin deposits in the northern Apennines, Italy.* International Geology Review, 52: 1160-1192. DOI: 10.1080/00206810903545493.

Pedley H.M. (1990) - *Classification and environmental models of cool freshwater tufas.* Sedimentary Geology, 68, 143-154.

Piccinini L., Gargini A., Martelli L., Vincenzi V. & De Nardo M.T. (2012) - *Alto Bacino del Fiume Montone. Cartografia idrogeologica per la protezione delle risorse idriche sotterranee nelle unità torbiditiche.* InfoCartografica S.n.c., Piacenza, 119p.

Rott E., Hotzy R., Cantonati M. & Sanders D. (2012) - *Calcification types of Oocardium stratum Nägeli and microhabitat conditions in springs of the Alps.* In: M. Cantonati, L. Füreder, I. Jüttner & E.J. Cox (Eds.) - *The Ecology of Springs.* Freshwater Science, 31, 610-624.

Sanders D., Wertl W. & Rott E. (2011) - *Spring-associated limestones of the Eastern Alps: overview of facies, deposystems, minerals and biota.* Facies, 57, 395-416.

Servizio Geologico D'Italia (1968) - *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000*, Foglio 85- Castelnuovo nè Monti. II Edizione, Roma.

Servizio Geologico Nazionale (2005) - *Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000*, Foglio 199 Parma sud-ovest. S.EL.CA, Firenze.

Steinmann P. (1915) - *Praktikum der Süßwasserbiologie. Teil 1: Die Organismen der fließenden Wassers.* Bornträger, Berlin, Germany, 184 pp.

Stoch F., Valenti D., Chiesi M., Tomasin G. (2009) - *Il drift delle specie stigobie alle sorgenti di Poiano (Appennino Reggiano): relazioni con l'idrodinamica dell'acquifero.* Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 22: 129-144.

Stoch F., Pieri V., Sambugar B. Zullini A. (2009) - *La fauna delle acque sotterranee dell'Alta Val Secchia (Appennino Reggiano).* Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 22: 145-164.

Susini G. (1975) - *Culti salutari e delle acque: materiali antichi nella Cispadana.* Studi Romagnoli, XXIV, 321-338.

Susini G. (1981) - *I culti naturali e delle acque.* In *Cultura popolare nell'Emilia Romagna. Medicina, erbe e magia.* Silvana Editore, Milano, 12pp.

Teti V. (2003) - *Storia dell'acqua: mondi materiali e universi simbolici.* Donzelli Editore, 486pp.

Thienemann A. (1924) - *Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen.* Archiv für Hydrobiologie 14: 151-190.

Trebbi G. (1926) - *Fenomeni carsici nei gessi emiliani. La Risorgente dell'Acqua Fredda.* Giornale di Geologia, s. II, vol. I, Bologna, pp. 20-48 + 2 tavv. f.t.

Van Der Kamp, G. (1995) - *The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review.* Journal of the Kansas Entomological Society, 68, n°2, 4-17.

Veggiani A. (1989) - *Terme, miniere e petrolio. In Il Mondo della Natura in Emilia Romagna.* La Montagna. Cinisello Balsamo, 123-140.

Venturelli G., Contini S., Bonazzi A. & Mangia A. (1977) - *Weathering of ultramafic rocks and element mobility at Mt. Prinzera, Northern Apennines, Italy.* Mineralogical Magazine, 61, 765-778.

Venturi S. (1987) - *Santuari in Emilia Romagna: carografia, antropologia e fabbrica.* In: AA.VV, *Arte e santuari in Emilia Romagna.* Cinisello Balsamo

Viel G., De Nardo M.T. & Montaguti M. (2003) - *Schema Direttore della Pericolosità Geoambientale. 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems.* Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico d'Italia.

Walker R.J., Holdsworth R.E., Armitage P.J. & Faulkner D.R. (2012) - *Fault zone permeability structure evolution in basalts.* Geology, 41, n°1, 59-62.

Zanzucchi G. (1980) - *I lineamenti geologici dell'Appennino parmense. Note illustrative alla Carta geologica e Sezioni geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000).* Volume dedicato a S.Venzo, STEP, Parma: 201-233.