

Risorse geotermiche in Emilia-Romagna

Metodologie di indagine e risultati delle ricerche degli ultimi decenni

Carlo Gorgoni

Geochimica applicata ed ambientale

Dipartimento di Scienze della Terra

Università di Modena e Reggio Emilia

Generalità sulla Geotermia

- La **Geotermia** è la scienza che si occupa dello **studio** e dello **sfruttamento del calore** esistente all'interno della Terra.
- Il calore geotermico è prevalentemente di **origine radiogenica** (decadimento radioattivo), subordinatamente **cosmogenica**, profonda (residuo del calore primordiale di tipo gravitativo-frizionale) e **chimica**, superficiale (da reazioni esotermiche: l'ossidazione di solfuri, l'idratazione dell'anidrite, ecc.).
- Il **flusso di calore** o flusso geotermico è la **quantità di calore** che giunge in superficie **dall'interno del pianeta**, per poi irradiarsi verso l'atmosfera. Esso è **5.000 volte inferiore al flusso solare**, proveniente dalla direzione inversa.
- L'**unità di misura** è l'**heat flow unit (h.f.u.)** = 1×10^{-6} cal/cm²/sec = 42 mW/mq. La media terrestre è 1.5 h.f.u. = 63 mW/mq.
- Il calore sotterraneo si propaga per **CONDUZIONE** (senza trasporto di materia) o **CONVEZIONE** (con trasporto di materia fluida).
- La temperatura aumenta gradualmente con la profondità, secondo un **GRADIENTE GEOTERMICO** che in media è di **3.3 °C/100 m (33°C/Km)**.

Generalità sulla Geotermia

- Il gradiente sarebbe uguale ovunque se la litosfera fosse omogenea e in assenza dei flussi convettivi nel mantello.
- La **tettonica delle placche** (deriva delle zolle terrestri) comporta invece la creazione di fasce instabili-disomogenee-discontinue ai margini delle stesse, con **risalita di magma (e calore)**, o anche sua fuoriuscita (**vulcanismo**).
- In queste **aree critiche “calde”**, il gradiente può essere fino a **10-15 volte maggiore di quello medio**, come ad esempio nella fascia tirrenica centro-meridionale (**Toscana-Lazio-Campania**). Dette aree, normalmente ai margini delle placche, sono zone **preferenziali per la ricerca geotermica**.
- Lo **sfruttamento** di energia geotermica è l'**utilizzo** del calore contenuto nelle rocce del sottosuolo. Sono ovviamente **preferibili le zone meno profonde** dove il calore sia salito per conduzione e/o convezione (**rapporto costi/benefici**).
- E' **ottimale la convezione**, con presenza di un **vettore fluido**, di norma **acqua o vapore** (per la loro elevata capacità termica), in subordine altri gas; la convezione connessa alla **dinamica dei magmi** è un caso **molto particolare**.
- Sono **preferibili le rocce permeabili** (per porosità diffusa e/o fratturazione), ove possono giacere-fluire notevoli quantità di fluidi caldi. Esse sono quindi denominate **rocce-serbatoio**.

Vulcani nel mondo



Arenal – Costa Rica



Parinacota - Cile



Stromboli

Fenomeni di idrotermalismo nel mondo

Yellowstone (USA)



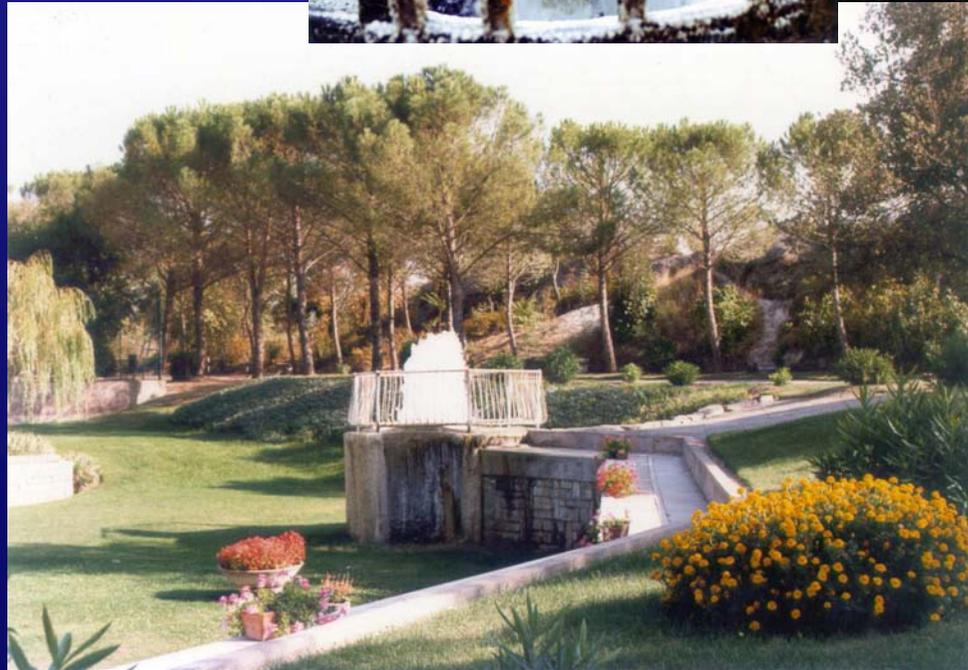
Pammukale (TK)



Fenomeni di idrotermalismo in Italia (Toscana)



Antica Querciolaia – Rapolano (SI)



S.Giovanni – Rapolano (SI)



Petriolo (GR)

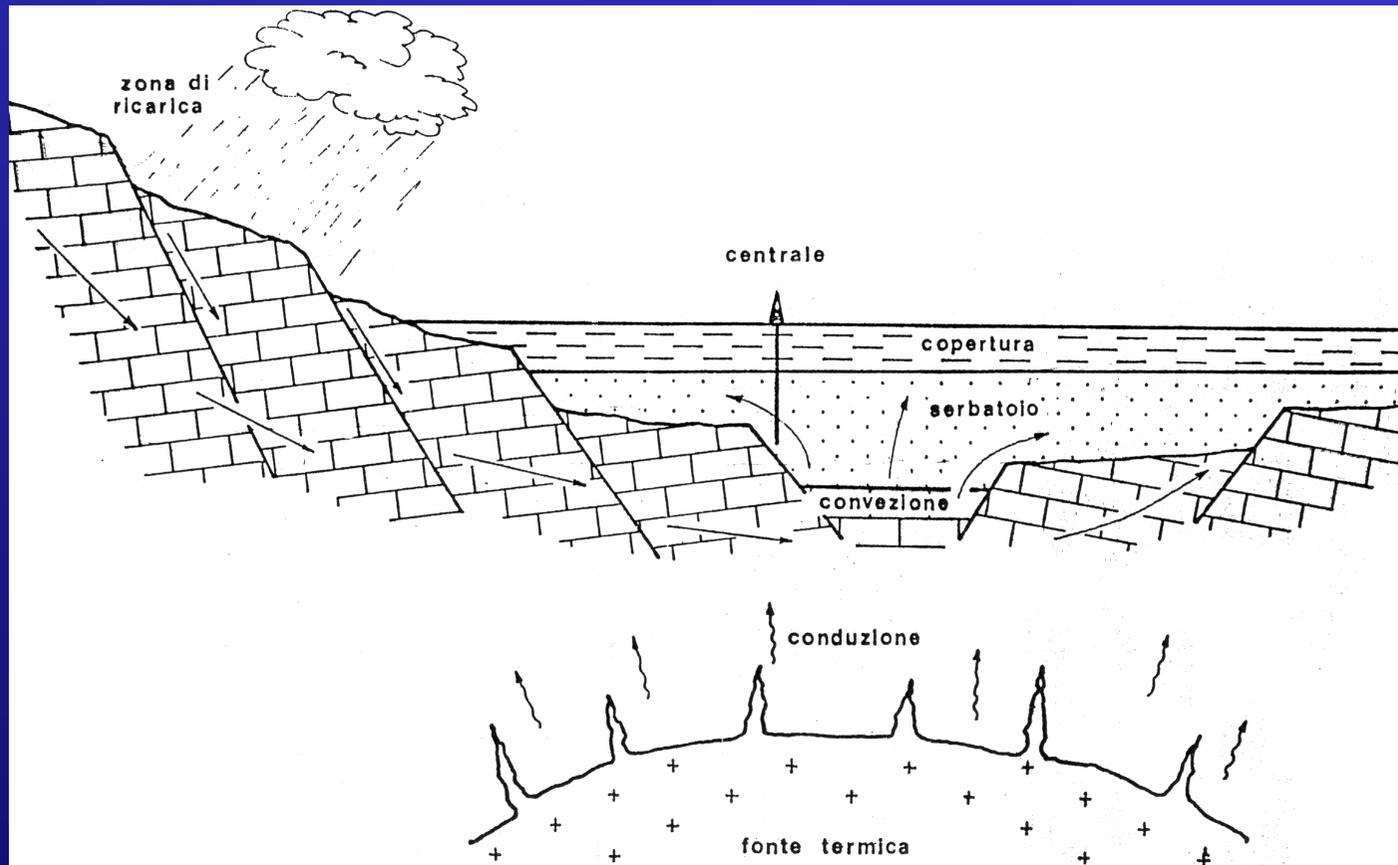
Generalità sulla Geotermia

- I **serbatoi** devono essere preferibilmente **protetti da coperture impermeabili**, in modo da limitare o **impedire la dispersione** dei fluidi (e del calore).
- Il **fluido termale** (soprattutto **acqua, liquida** o in forma di **vapore**) è prevalentemente di **origine meteorica più o meno diretta**, il che garantisce una più o meno completa **rinnovabilità della risorsa**. L'alimentazione da parte di acqua marina è un caso particolare.
- Sono peraltro noti anche **sistemi termali "anomali"**, alimentati (anche solo parzialmente) da **acque connate** (serbatoi fossili più o meno confinati), **fluidi metamorfici o magmatici ("juvenili")**.
- Un **sistema geotermico (falda geotermica)** è un insieme di **componenti e processi idrodinamici-termodinamici** in cui sono coinvolti **fluidi (caldi) sotterranei**, generalmente circolanti e rinnovati (**sistema aperto**).
- La dizione **sostituisce il termine "giacimento"** (di idrocarburi, carbone, minerali metallici e non, ecc.), ove il materiale di interesse è in genere **immobile** o comunque **confinato (sistema chiuso)**.
- Un **caso limite** è quello dei sistemi geotermici solo con **acque confinate**.

Generalità sulla Geotermia

- Gli elementi di un sistema geotermico sono quindi:
 - la roccia serbatoio;
 - la roccia di copertura;
 - il tratto di alimentazione esterna (non sempre) o interna (fluidi magmatici);
 - il tratto di affioramento (non sempre).
- In un sistema geotermico, quindi, si ha di norma l'**infiltrazione** e l'**approfondimento** di un fluido superficiale (acqua meteorica, diretta o indiretta), fino a **raggiungere** (o ad avvicinarsi a) **masse rocciose** più o meno **calde**, che trasferiscono a tale fluido il loro **calore**.
- Il **sistema geotermico** è definito **normale o anomalo** a seconda del **gradiente geotermico**. Questo è influenzato da vari **fattori** riguardanti la **crosta continentale**, come lo **spessore** (distanza dal mantello), la **distanza** dalle **fasce** attive **marginali**, la **composizione** (contenuto di elementi radioattivi), il **tettonismo** e quindi lo stato di **fratturazione**, la quantità dei **fluidi circolanti**.
- Nei casi **meno favorevoli** (**bacini** sedimentari alluvionali fortemente **subsidenti**, impregnati d'**acqua**, come quello padano), le **temperature** sono di **poche decine di gradi** anche ad alcuni Km di profondità.

Schema di un circuito geotermico



L'entalpia, solitamente indicata con H , è una funzione di stato che consente di tener traccia delle variazioni energetiche di un sistema termodinamico per le trasformazioni che avvengono a pressione costante in cui si ha solo lavoro di tipo meccanico, poiché in queste condizioni la variazione di entalpia è numericamente uguale al calore scambiato dal sistema con l'ambiente esterno.
(Da Wikipedia.com)

Generalità sulla Geotermia

- All'opposto, lungo i **margini attivi delle placche** (per assottigliamento della crosta, e comunque in presenza di masse magmatiche subsuperficiali), si possono raggiungere **centinaia di gradi anche a poche centinaia di metri**.
- Il **fluido** (acqua più o meno calda, fino a surriscaldata, e vapore, insieme a gas diversi) può **risalire** lungo vie naturali (**faglie**) o artificiali (**pozzi geotermici**) e dare luogo a **manifestazioni (idro)termali-geotermiche**: "normali" **sorgenti** calde oppure **fumarole** e **geysers-soffioni**.
- Il **fluido geotermico**, una volta **captato e trattato**, viene inviato agli impianti per l'**utilizzazione indiretta** (produzione di energia elettrica tramite turbine) o **diretta** (vari usi civili, industriali ed agro-zootecnici).
- Il **CAMPO GEOTERMICO** è quella **parte** di un sistema geotermico **sfruttata** ("coltivata") industrialmente (in parte o in toto).

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI GEOTERMICI

Sistemi geotermici naturali:

- A **vapore secco (saturo o surriscaldato)** con piccole quantità di altri gas (detti incondensabili): CO₂, H₂S, CH₄, ecc. Sono i **preferiti** per la produzione di **energia elettrica** (altissima entalpia). Al mondo ne sono noti solo tre: **Larderello**, **The Geysers** (California), **Matsukawa** (Giappone).

Soffioni e geiser



Nuova Zelanda



Yellowstone



M. Amiata

Larderello



CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI GEOTERMICI

Sistemi geotermici naturali:

- A **vapore umido o ad acqua dominante** (alta entalpia). Nel sottosuolo è presente **acqua surriscaldata sotto pressione**. In superficie, per la depressurizzazione, si ha **acqua mista a vapore**. Sono utili per **usi misti: INDIRETTI** (produzione di **energia elettrica** dal vapore) e **DIRETTI** (uso diversificato dell'acqua ad alta temperatura, meglio se **"a cascata"**).
- Ad **acqua calda non in pressione** (a bassa, media e medio-alta entalpia, in **funzione della temperatura**, che è inferiore a 100 °C, o comunque a quella di ebollizione); **usi diretti prevalenti**.
- **Geopressurizzati**. Ad acqua termale ad **altissima temperatura e pressione**, superiore a quella idrostatica e prossima a quella litostatica. Molto **problematici** da utilizzare.

Sistemi geotermici artificiali:

- In **rocce calde secche (HDR = Hot Dry Rock)**. Sono ottenuti con la creazione apposita (**uso di acidi o esplosivi**) di un **serbatoio geotermico** in rocce calde secche già porose-fratturate o meno. In essi si **inietta acqua** superficiale **fredda**, che si **scalda** e viene successivamente **prelevata** per vari utilizzi. Sono ad uno stadio **avanzato di sperimentazione**.
- In **magmi**. Sono ad uno stadio **preliminare di sperimentazione**.

Il Progetto Finalizzato Energetica - Sottoprogetto Energia Geotermica - del CNR (anni '70-'80)

- Fasi di grave **crisi energetica** si sono già avute in passato. Molto critica quella degli **anni '70**, conseguente all'instabilità mediorientale ed alle relative implicazioni militari (la "**Guerra del Kippur**", nel 1973).
- Negli **anni** immediatamente **successivi**, le nostre istituzioni sponsorizzarono **progetti di ricerca** finalizzati alla **valorizzazione delle risorse nazionali** ed al **risparmio energetico**.
- Di grande rilievo il "**Progetto Finalizzato Energetica**" (I e II) del **CNR** (Consiglio Nazionale delle Ricerche), sviluppato tra la metà degli anni '70 e la fine degli anni '80.
- Tale **ambizioso progetto** era articolato in **sottoprogetti** (risparmio, ottimizzazione di motori ed impianti, idraulico, eolico, solare, ecc.). Uno dei più importanti di questi riguardava **l'ENERGIA GEOTERMICA** (**SPEG = Sottoprogetto Energia Geotermica**), ed era coordinato da **C. Panichi**, dell'**IIRG-CNR** (Istituto Internazionale Ricerche Geotermiche) di Pisa.

IL SOTTOPROGETTO ENERGIA GEOTERMICA

- Oltre ad una miriade di **pubblicazioni parcellizzate**, **rapporti tecnici** e corpose **monografie** sulle articolate **realità e potenzialità geotermiche in Italia**, compresa quella relativa alla **nostra regione**, di più specifico interesse per questo seminario, tale Sottoprogetto ha prodotto il **primo completo catalogo delle manifestazioni idrotermali nazionali**.
- Le indagini, riguardanti sia lo studio del **termalismo** italiano che le possibili **applicazioni pratiche**, venivano svolte da “**Unità Operative**”, costituite da **esperti** di università, di istituti di ricerca come il CNR e l'ENEA, di aziende come l'ENEL e l'AGIP, ecc., ma anche da **liberi professionisti**.
- I risultati di dette ricerche costituivano l'oggetto di **CONVEGNI E SEMINARI PERIODICI** finalizzati alla **pubblicizzazione** dei dati, alla **discussione comparativa**, alla ricerca di **collaborazioni funzionali** ed utili **sinergie** ed alla definizione delle **strategie di indagine**.
- Tra le pochissime nel N Italia, era operante l'UO “**Università di Modena**”, costituita da **G.P. Sighinolfi** (in veste di coordinatore), dal **sottoscritto**, e da **G. Martinelli** (attualmente all'ARPA di Reggio Emilia).

INDAGINE SUI FLUIDI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA DELL'EMILIA-ROMAGNA

RELAZIONE FINALE
SUL TEMA DI RICERCA
«STUDI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E GEOFISICI
FINALIZZATI ALLA RICERCA DI FLUIDI CALDI NEL SOTTOSUOLO»

Roma, dicembre 1982

CNR - PFE - RF 12

CNR
Consiglio Nazionale Ricerche
Progetto Finalizzato Energetica

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
ASSESSORATO PROGRAMMAZIONE E BILANCIO
UFFICIO ANALISI E RICERCHE TERRITORIALI E CARTOGRAFIA

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
PROGETTO FINALIZZATO ENERGETICA
SOTTOPROGETTO ENERGIA GEOTERMICA

Caratteri geoidrologici e geotermici dell'Emilia-Romagna

Programmi e prospettive per lo sfruttamento delle risorse geotermiche regionali



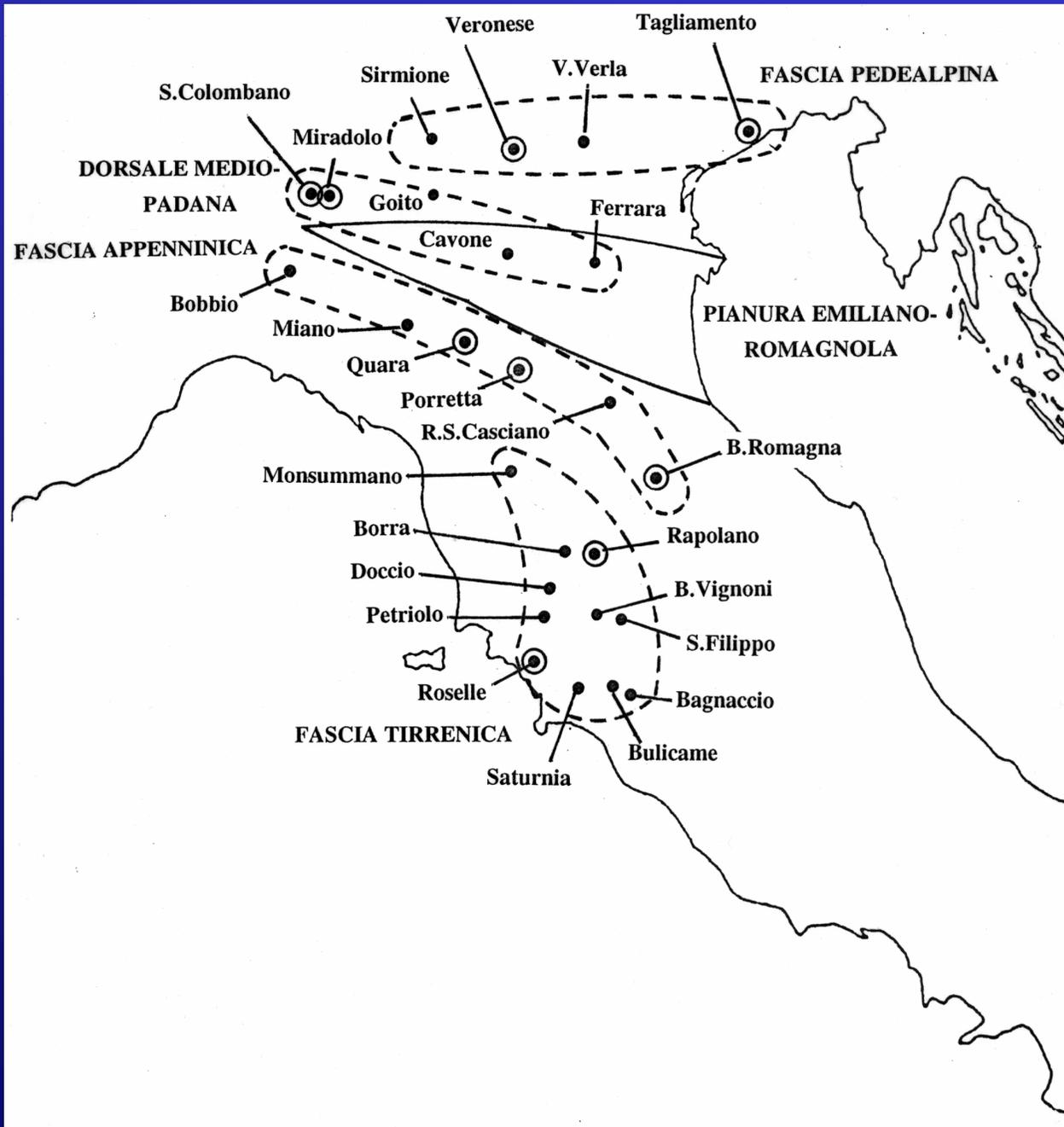
COLLANA DI ORIENTAMENTI GEOMORFOLOGICI
ED AGRONOMO-FORESTALI

PITAGORA EDITRICE BOLOGNA

MB T66

IL SOTTOPROGETTO ENERGIA GEOTERMICA

- Il sottoscritto si è poi occupato, anche in tempi successivi, quindi al di fuori del PF Energetica, pure del termalismo di altre aree sia in Italia (specie in Toscana) che all'estero.
- In particolare, in Etiopia per il Ministero degli Esteri (cooperazione scientifica e didattica con Paesi in via di sviluppo) e nelle Isole di Capo Verde per il BIT-NU = Bureau International du Travail di Ginevra, Agenzia dell'ONU.
- Tornando all'attività svolta nell'ambito del PF Energetica, l'UO "Università di Modena", operando in stretta collaborazione con altre UO ed istituzioni diverse (enti di ricerca, enti locali, ecc.), ha gestito due distinte linee di indagine. La prima ha riguardato la:
 - Geotermia sperimentale (interazione acqua-roccia), utilizzando il BARNES HYDROTHERMAL KINETIC SYSTEM, in collaborazione con l'UO di Roma (A. Mottana - C. Giampaolo).
- Si è operato a temperature di interazione fino a 400 °C e in diverse condizioni sperimentali relative a: pressione, composizione del fluido (acqua dolce, acqua salata) e del solido (rocce carbonatiche o silicatiche), tempi di interazione, potenziale redox, ecc.



IL SOTTOPROGETTO ENERGIA GEOTERMICA

Attività dell'UO Università di Modena

Linea A) Geotermia sperimentale (interazione acqua-roccia)

- Le ricerche condotte nell'ambito di tale linea hanno contribuito a gettare **nuova luce** sui **meccanismi di interazione** e di **mineralizzazione delle acque** che avvengono naturalmente in **condizioni termali**.
- Tra i prodotti di maggiore rilievo, la verifica definitiva del **geotermometro** più importante ed universalmente applicato, quello della **silice**, e la proposta di un **geotermometro innovativo (Mg-Be)**.
- Da considerare che, mentre il **magnesio**, un elemento alcalinoterroso, è tra i **principali costituenti** in soluzione nelle acque, termali e non (ppm), il **berillio** è **molto più raro** sia nelle rocce che nelle acque. Nei fluidi termali sperimentali analizzati, esso era presente in **concentrazioni infinitesime (ppb o ppt)**.
- Verso la fine del PF, era stata evidenziata anche la **valenza geotermometrica** di **altri elementi "metallici"** normalmente non considerati in questo ambito.

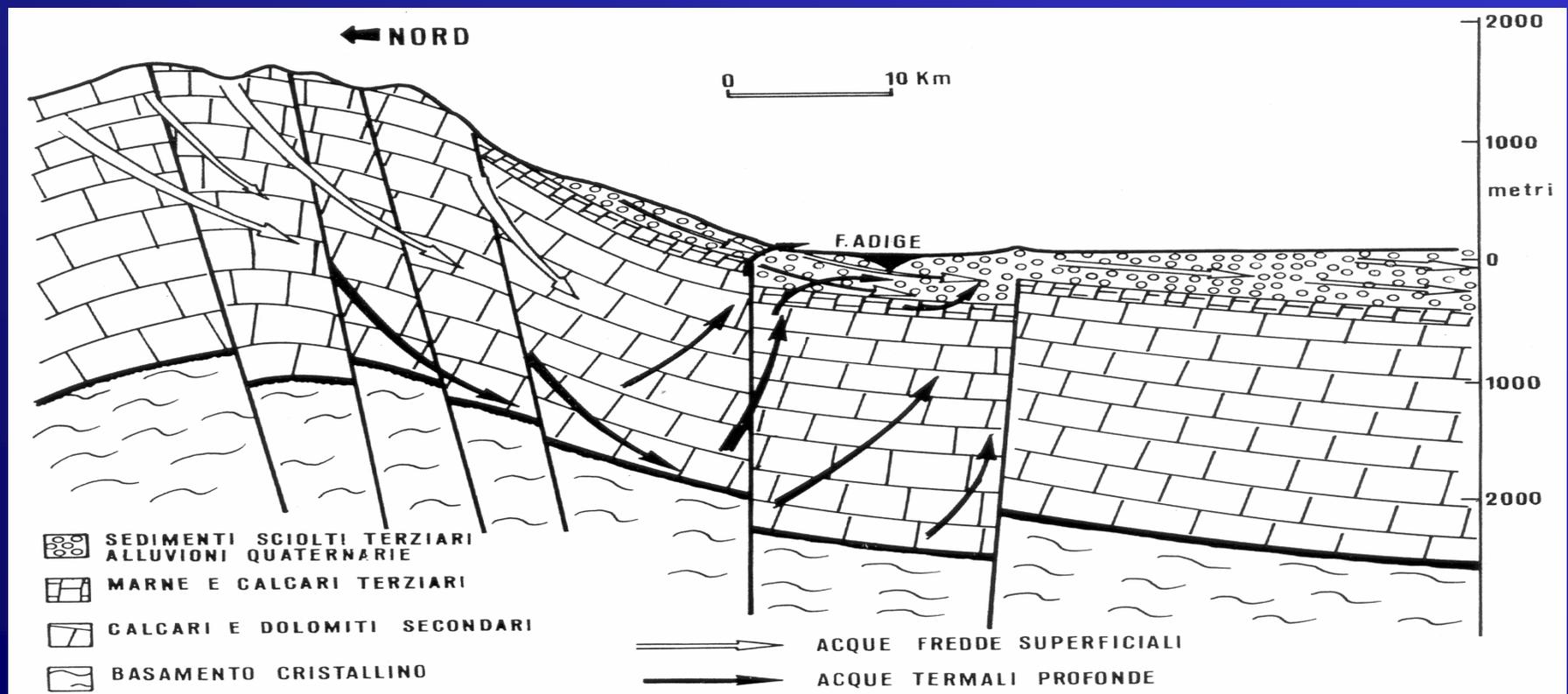
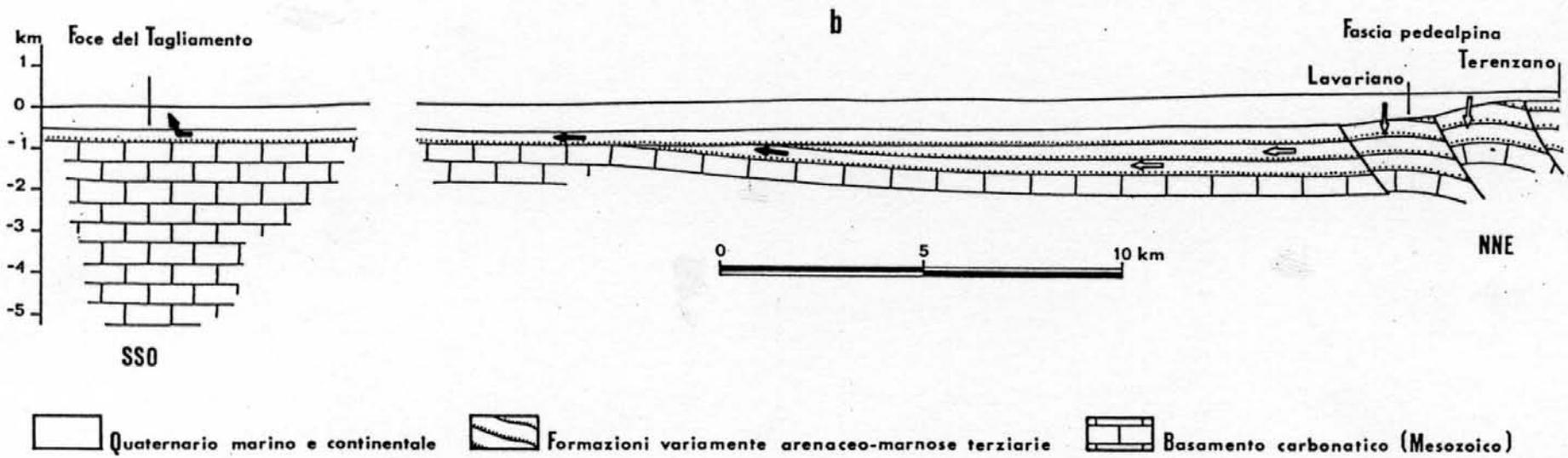
L'IMPORTANZA DEI COSIDDETTI "GEOTERMOMETRI"

- I **geotermometri** sono **fondamentali** nella **ricerca-esplorazione geotermica**. La loro valenza è basata sul principio che la **dissoluzione dei minerali** è a volte **funzione diretta e costante della temperatura**, oltre che di **altri fattori** (composizione del fluido acquoso interagente, pH, condizioni redox, ecc.).
- Questo ha **influenza sulla concentrazione**, assoluta o relativa, di **taluni elementi** nelle acque, specie quelli **alcalini** ed **alcalinoterrosi** (Na, Li, Ca, Mg).
- Tali parametri assumono quindi la **virtuale valenza di INDICATORI TERMICI**.
- Nel concreto, occorre poi considerare se un determinato **parametro o bilancio** idrochimico (composizionale) **termodipendente sia conservativo**, ovvero non o poco soggetto ad **alterarsi** per via di un eventuale **decremento termico**.
- In caso **affermativo**, esso assume effettivo **valore geotermometrico**, nel senso di dare precise informazioni sulla **temperatura profonda** (**temperatura di serbatoio**) di un sistema termale.
- Esistono anche **geotermometri a gas**, utili soprattutto in sistemi ad alta ed altissima entalpia particolarmente ricchi di fasi volatili, ed **isotopici**.

IL SOTTOPROGETTO ENERGIA GEOTERMICA

Attività dell'UO Università di Modena - Linea B) Indagini in Veneto-Friuli

- Le indagini di campagna in Veneto-Friuli hanno riguardato due vaste aree termali in pianura: una tra Verona e Vicenza (Terme di Giunone e manifestazioni limitrofe), l'altra nella zona della Foce del Tagliamento (Bibbione-Marano-Grado), entrambe di notevole potenzialità idraulica e con temperature fino a 40-45 °C .
- Oltre a caratterizzarne il chimismo, sono stati ricostruiti i meccanismi di alimentazione dei circuiti nelle due aree ed è stata definita la profondità dei relativi serbatoi (un paio di Km in entrambi i casi). La circolazione avviene, rispettivamente, nelle rocce della potente sequenza carbonatica veneta (monoclinale pedealpina) e in una formazione variamente arenaceo-marnosa e molassica terziaria che la sovrasta andando verso est.
- Per le acque termali di pianura del Veronese, l'alimentazione avviene in corrispondenza dei rilievi carbonatici adiacenti (M. Baldo e rilievi limitrofi), mentre per la Bassa friulana si verifica in corrispondenza degli ammassi alluvionali grossolani (fluvioglaciali) della fascia pedealpina.
- Data la circolazione prevalentemente entro calcari, le acque termali del Veronese hanno un chimismo prevalentemente bicarbonato-calcico, in subordine solfato-calcico. Quelle della Bassa friulana hanno invece la stessa peculiare impronta bicarbonato-sodica riscontrata a Bagno di Romagna.



IL SOTTOPROGETTO ENERGIA GEOTERMICA

Attività dell'UO Università di Modena - Linea B) Indagini in Emilia-Romagna

- Per le indagini in **Emilia-Romagna** nell'ambito del **PFE-SPEG**, oltre ad intese specifiche con **realità locali** (aziende diverse, incluse quelle termali, comuni, privati), fu stipulato un apposito **protocollo di intesa** con l'ex **Servizio Cartografico** (G. Vianello), e fu coinvolta **l'Università di Bologna** per gli aspetti **geologici ed idrogeologici** (F. Francavilla, R. Zecchi).
- Questa collaborazione ha prodotto una corposa monografia:
Regione Emilia Romagna – Consiglio Nazionale delle Ricerche
CARATTERI GEOIDROLOGICI E GEOTERMICI DELL'EMILIA-ROMAGNA.
Programmi e prospettive per lo sfruttamento delle risorse geotermiche regionali. Pitagora ed., 1982, 177 pp. e numerose tavole f.t.
- In essa, oltre ad una discussione delle **caratteristiche geologico-strutturali geoidrologiche ed idrogeochimiche** del territorio regionale e ad un approfondimento circa le **problematiche fisico-ingegneristiche** legate allo sfruttamento della risorsa geotermica in generale, si descrive nello specifico, distintamente, il **termalismo della montagna e della pianura**.

IL TERMALISMO IN EMILIA-ROMAGNA

Premessa: cosa si intende per ACQUA TERMALE?

- Le **definizioni e classificazioni** dipendono dall'**ambito scientifico-applicativo**. In ambito medico (**Idrologia medica**) e quindi termale-curativo, si fa riferimento alla temperatura del corpo umano ed alle **sensazioni** da esso percepite **rispetto all'ambiente esterno**. Si distinguono quindi:

Acque fredde (< 20 °C), Acque ipotermali (20 – 30 °C),
Acque omeotermali (30 – 40 °C), Acque ipertermali (> 40 °C)

- Da questo punto di vista, sono quindi considerate **effettivamente termali** solo le acque che abbiano una temperatura **superiore a 20 °C** .
- In **termini più rigorosi**, in riferimento al nostro ambito fisico (**geologico-climatologico**) di più specifico interesse, occorre invece considerare la **temperatura** della manifestazione in rapporto a quella **media annua locale**.
- In linea di principio, tale classificazione è **certamente più rigorosa** e pertinente; essa risponde infatti a parametri oggettivi e non a **sensazioni** che sono funzione della **latitudine, dell'altitudine e della stagionalità**.

IL TERMALISMO IN EMILIA-ROMAGNA

Cosa si intende per ACQUA TERMALE?

- Assumendo che l'acqua di una **sorgente** abbia una temperatura ad esempio di **17 °C**, essa sarebbe da considerare **termale** (sia pure con un basso grado di termalizzazione) in una località montana di **media latitudine** (t.m.a. ad es. di 10 °C), **fredda** in una zona **tropicale** di bassa quota (t.m.a. ad es. di 24 °C).
- Evidentemente, la **termalizzazione aggiuntiva** è da ascrivere alla **circolazione** più o meno **profonda** ed al **mantenimento** o meno, in risalita, dell'**incremento di calore** connesso al gradiente geotermico.
- Peraltro, per motivi di **praticità**, il limite di **20 °C** oltre il quale si considera un'acqua come termale è seguito in maniera abbastanza **generalizzata**, ad esempio nello stesso **Catalogo delle Manifestazioni Idrotermali Italiane** prodotto dal **PFE-SPEG del CNR**.
- In definitiva, onde non ingenerare **confusioni**, in questa sede si ritiene senz'altro **valido il limite dei 20 °C** per classificare formalmente un'acqua come termale o meno, ma nel contempo si considera che essa possa essere **termicamente anomala** (in difetto o in eccesso) in rapporto alla **temperatura media annua locale**.

IL TERMALISMO IN EMILIA-ROMAGNA

METODOLOGIE DI INDAGINE

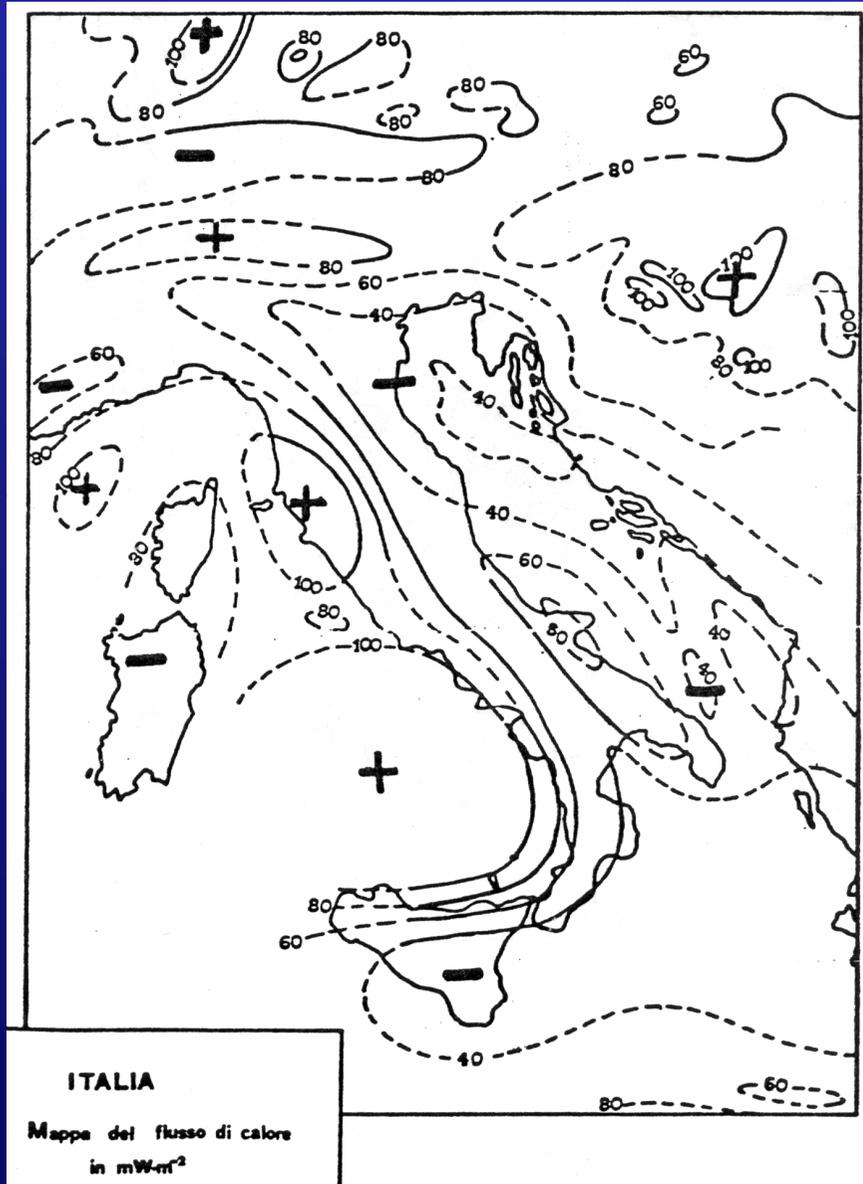
- In linea di principio, una **completa campagna di prospezione geotermica** avrebbe richiesto l'effettuazione di un complesso ed articolato (e molto **costoso**) insieme di **indagini**: ricerche bibliografiche preliminari, rilevamento geologico e caratterizzazione litostratigrafica e tettonica, misure geofisiche (flusso di calore, sismica, gravimetria, geoelettrica, ecc.), campionature ed analisi geochimiche, ed infine eventuali **sondaggi esplorativi**.
- Nella **pratica**, data l'estensione del territorio regionale ed in considerazione della **disponibilità** di una numerosissima serie di **dati "di base" pregressi**, anche in funzione dei **finanziamenti** ricevuti nell'ambito del Sottoprogetto Energia Geotermica, si decise di **privilegiare** le indagini sperimentali di tipo **geochimico: composizionali, isotopiche e radiometriche**.
- Per la strategia di indagine adottata, è stata **distinta** la fascia di **collina e montagna** da quella di **pianura**. Nello specifico, per le **poche manifestazioni termali montane note**, di norma già **sfruttate**, si sono **utilizzati ed eventualmente implementati** adeguatamente i **dati geochimici se esistenti**.
- Per quanto riguarda la **pianura**, è stata invece effettuata una **dettagliata campionatura (e campagna analitica) ex-novo**, nel corso della quale si è provveduto anche ad effettuare **misure di temperatura precise ed accurate**.

IL TERMALISMO IN EMILIA-ROMAGNA

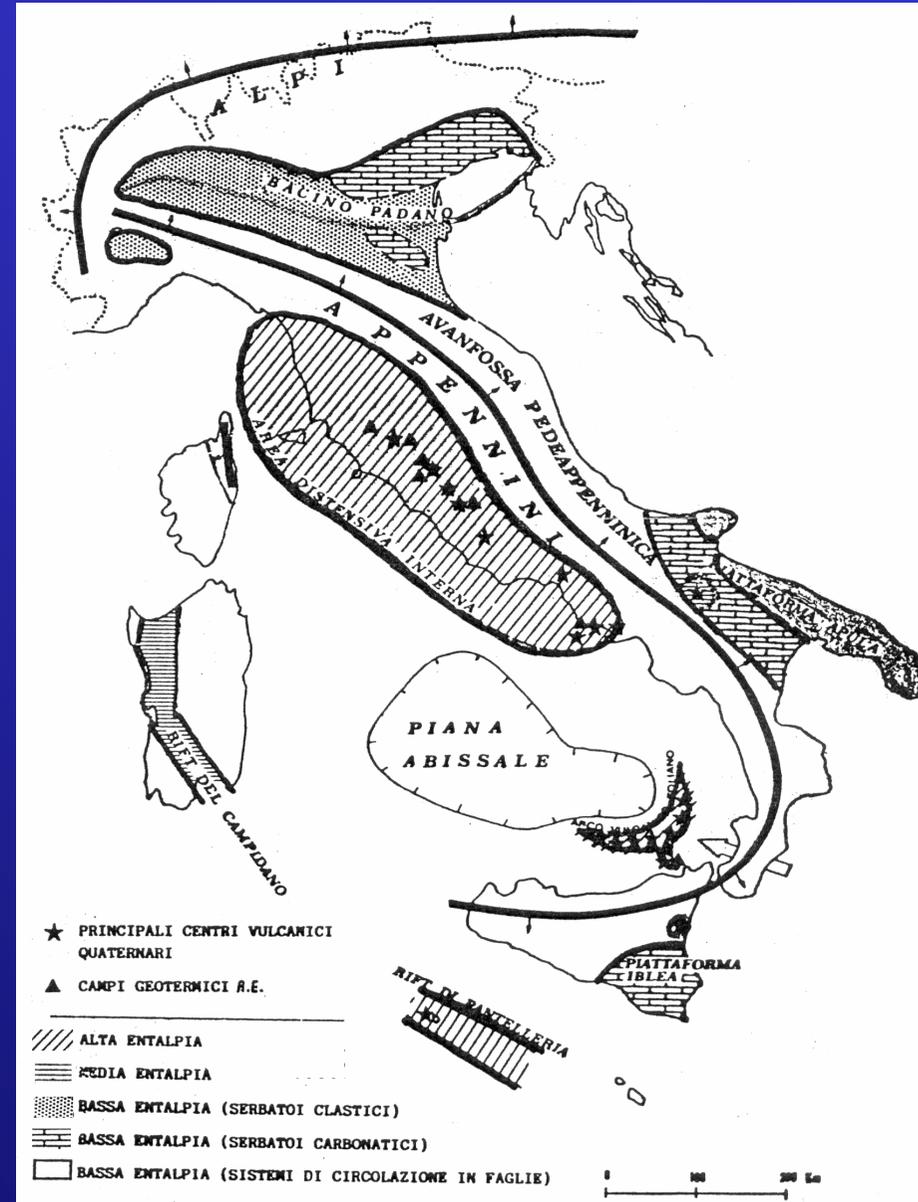
LE MANIFESTAZIONI TERMALI APPENNINICHE

- Il **gradiente geotermico** lungo il versante adriatico della **catena appenninica**, nell'intorno di **30 °C/Km**, ricalca quello **medio mondiale**.
- Questa **situazione "intermedia"** è **discretamente favorevole** da un punto di vista geotermico. Nella pratica, vanno però considerati **altri fattori geologici** (formazionali e strutturali) che condizionano le possibilità di **infiltrazione e circolazione profonda** dei fluidi acquosi.
- La notevole e diffusa **tettonizzazione** della catena appenninica rappresenta certamente un **fattore favorevole** nei riguardi dell'**idrotermalismo**.
- D'altra parte, va considerato il notevole **fattore limitante** costituito dalla **diffusa presenza**, spesso con **notevoli spessori**, di formazioni francamente **pelitiche o miste** pelitico-litoidi ("complessi caotici", marne e flysch di vario tipo) praticamente **impermeabili** o comunque molto **poco permeabili**.
- In tale contesto, le situazioni di "**normale**" **idrotermalismo** sono **rare**, essendo praticamente limitate alla **fascia montana medio-alta**, in particolare nelle aree di **Bagno di Romagna** (FC) e **Porretta** (BO). Il caso di **Miano di Corniglio** (alto Appennino parmense) è del tutto **particolare**, trattandosi di risalita di fluidi caldi lungo un vecchio **pozzo** terebrato per **ricerca petrolifera**, mentre le acque di **Bobbio** (**19 °C**) **non sono da considerare formalmente come termali**.

Mappa delle potenzialità geotermiche



Mappa del flusso di calore



Le manifestazioni termali appenniniche



IL TERMALISMO IN EMILIA-ROMAGNA

LE MANIFESTAZIONI TERMALI APPENNINICHE – Bagno di Romagna

- Nel caso di **Bagno di Romagna** (alta Valle del Savio), l'alimentazione del sistema termale avviene prevalentemente sui **rilievi circostanti**, in corrispondenza di **placche calcarenitiche** discretamente **permeabili**.
- La **circolazione profonda** (fino ad **un paio di Km**, come desunto col **geotermometro della silice**, che evidenzia temperature di serbatoio di 60-70 °C) avviene esclusivamente entro la "**Marnoso-arenacea**", essendo evidentemente **favorita dal tettonismo** e dalla presenza di livelli francamente **arenacei**, quindi più **permeabili** (circolazione "lungostrato" o di "interstrato".)
- La **risalita a giorno** avviene abbastanza **rapidamente** lungo un **faglia profonda**, quindi con **mantenimento** quasi completo della **temperatura di serbatoio**, dato che in affioramento si hanno **45 °C**.
- Più in dettaglio, l'**emergenza** si verifica al di sotto dell' **ammasso alluvionale** grossolano terrazzato su cui è posto l'abitato di Bagno di Romagna, determinando la formazione di una **falda termale generalizzata**, con **temperatura dipendente dalla distanza dalla faglia e dal variabile mescolamento con le locali acque superficiali**, provenienti dal Savio.
- I **monitoraggi termici di dettaglio** hanno infatti evidenziato lievi **fluttuazioni** in funzione della **stagionalità** e quindi del **regime idrologico superficiale**.