

Atlante Geotermico del Mezzogiorno d'Italia

A. Manzella, E. Trumpy

CNR-IGG

Atlante Geotermico

Caratterizzazione, classificazione e mappatura di risorse geotermiche convenzionali e non convenzionali per produzione di energia elettrica nelle regioni del Mezzogiorno d'Italia:

- I sistemi convenzionali (idrotermali)
- le rocce calde secche (**HDR**), le rocce calde fratturate (**HFR**), i sistemi geotermici stimolati (**EGS**) o a circuito chiuso (**EGSA**);
- i sistemi geopressurizzati;
- i sistemi magmatici;
- i sistemi a fluidi supercritici;
- i sistemi a salamoia calda;
- I sistemi coprodotti.



Attività Previste

- Valutazione delle risorse geotermiche utilizzabile a fini di **produzione** di **energia elettrica** con tecnologie sia già mature che in via di sviluppo, comprensiva di valutazione ambientale che permetta una corretta gestione delle risorse.
- Sintesi della **valutazione** e **predisposizione** dell'Atlante Geotermico.
- Predisposizione di **banche dati** consultabili via **web** utili agli amministratori locali, imprese, cittadini e comunità scientifica. **Sportelli informativi**.
- Implementazione e integrazione dei **sistemi osservativi** terrestri per la **gestione sostenibile** della geotermia.
- Supporto tecnico-scientifico finalizzato alla redazione di **linee guida** per la **minimizzazione** di eventuali **impatti** ambientali della geotermia.
- Attività informative e di **formazione**, organizzazione della conoscenza ambientale e della sua diffusione e sviluppo di **sistemi terminologici** per la geotermia e l'ambiente nelle regioni del Mezzogiorno d'Italia.

Struttura del Progetto

OR1:

Atlante delle risorse geotermiche
convenzionali e non convenzionali



OR2:

Organizzazione dei dati, progettazione e
realizzazione di **Data Center** Operativi



OR3:

Valutazione dei possibili **impatti ambientali**
legati all'utilizzo delle risorse geotermiche



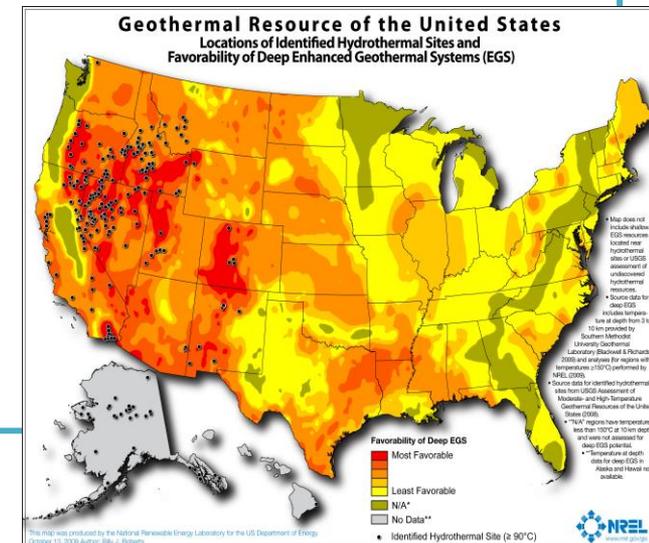
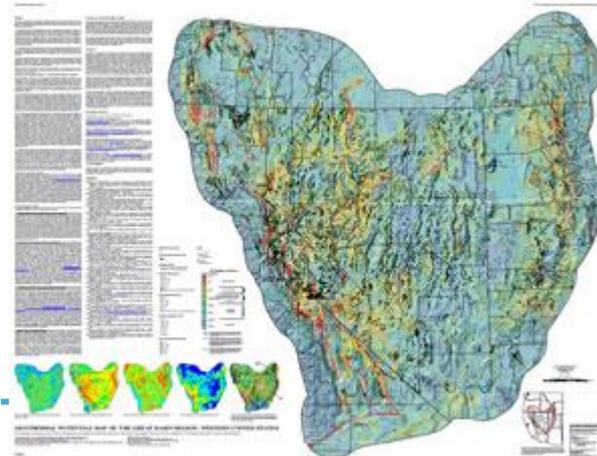
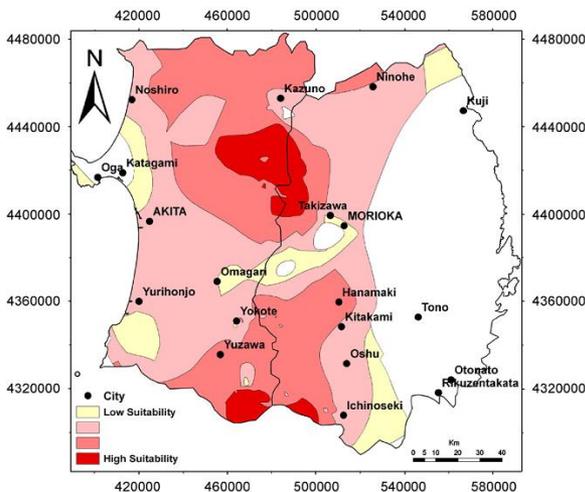
OR4:

Informazione, **promozione** e **formazione** professionale



Atlante Geotermico

- ❑ La redazione di **mappe di Favorevolezza Geotermica** (dal termine anglosassone Favourability), ad indicare quanto il territorio considerato sia favorevole e predisposto a contenere nel suo sottosuolo la risorsa considerata, in base alle informazioni e dati a disposizione \neq potenziale geotermico (energia)
 - Le aree saranno classificate come più o meno favorevoli al potenziale utilizzo di tecnologie geotermiche per la produzione di energia, tramite ulteriori indagini di dettaglio da condursi in seguito, al di fuori del progetto attualmente in corso



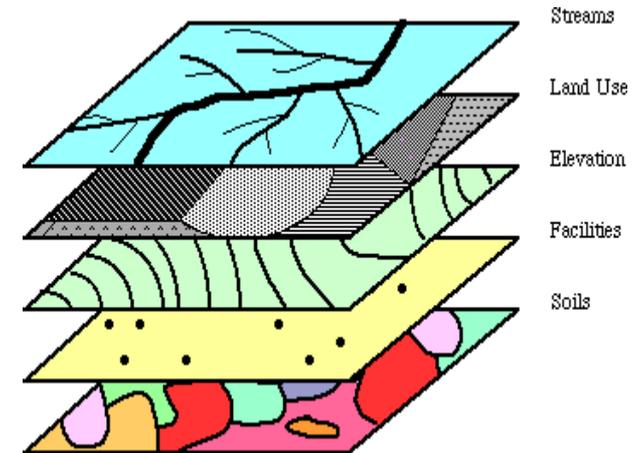
Favorevolezza

▪ La favorevolezza geotermica dipende da un certo numero di fattori

▪ I sistemi GIS consentono di produrre mappe di favorevolezza combinando una serie di mappe come input

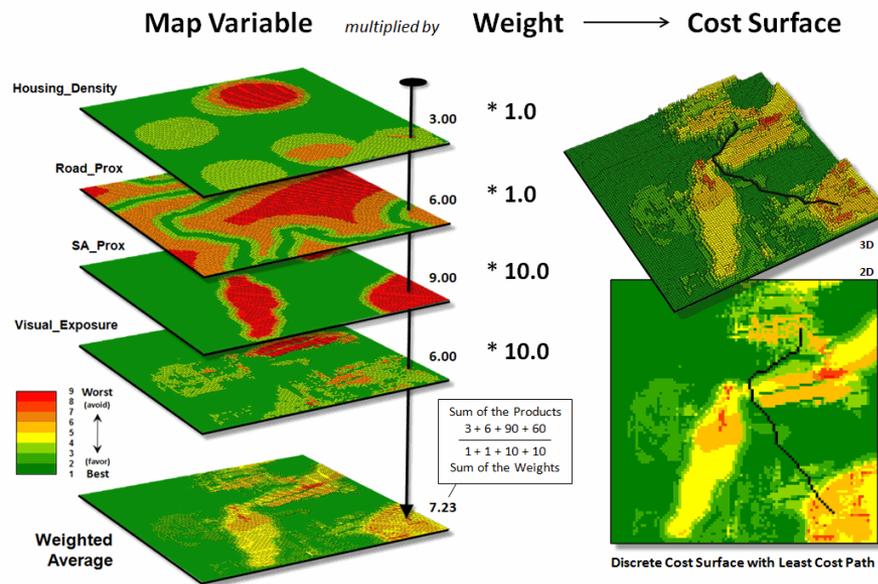
Output map = f (2 o più mappe input)

▪ La funzione f può dipendere da funzioni principi teorici sia su funzioni empiriche (basate su osservazione dei dati) sia miste



Index Overlay

- Ogni mappa viene classificata e pesata



- Dove S è il punteggio pesato per un area (pixel, poligono)
- W_i è il peso per l'*i*-esima mappa in input e
- S_{ij} il punteggio per la *j*-esima mappa della *i*-esima mappa in input, il valore di *j* dipende dalla classe in una data zona

- Permette una combinazione più flessibile delle mappe rispetto al metodo Booleano
- Il sistema di punteggio e pesi delle mappe può essere fissato rispetto al giudizio di un esperto nel campo di applicazione
- Lo svantaggio sta nella natura additiva lineare del metodo



Banca Dati

DEVIAZIONE POZZO

Inclinazione

Azimut

STRATIGRAFIA

Età

Formazione

Litologia

MINERALIZZAZIONE

Intervallo

Tipo fluido

FRATTURAZIONE POROSITA'

Assorbimenti

Perdite di circolazione

PROVE DI STRATO

Intervallo

Fluido

Portata

Pressioni di strato

ANALISI FLUIDO

Analisi chimiche

Analisi fisiche

TEMPERATURA

BHT

Temperature DST

Log termici

Gradienti geotermici

UNITA' LITOTERMICHE

Conducibilità termica della matrice

Classi di conducibilità termica

Revisione litostratigrafia

Profilo finale

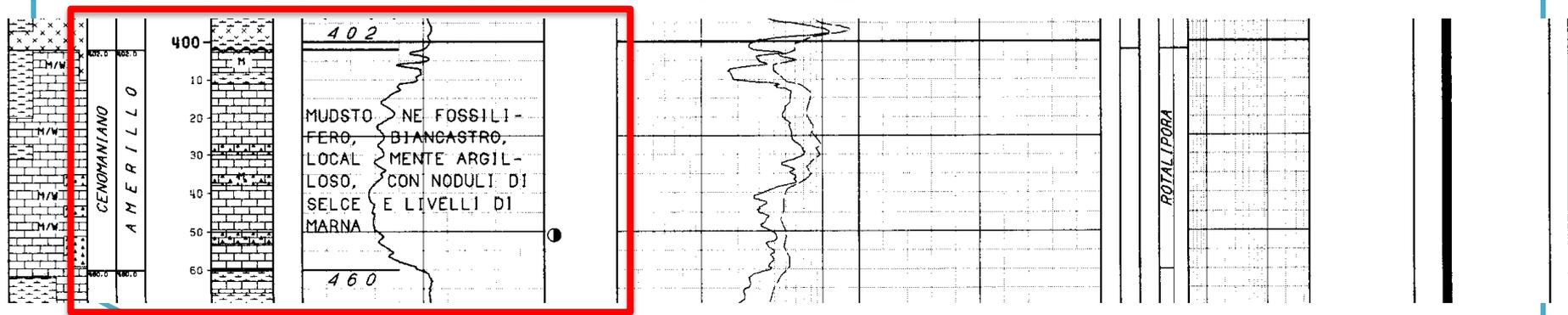
Documento riassuntivo delle attività di esplorazione

Agip AGEO-SECA		Profilo del pozzo: MARZAMEMI 1	
Disegno N°	Aggiornato al:	Allegato a:	
1:1000	07 08 86		
Scala:	Data:	Completore:	Operatore:
1:1000	07 08 86		R. Valentnetti
		Revisione:	R. Valentnetti

È possibile estrarre e/o derivare numerose informazioni per caratterizzare la risorsa geotermica.

Impianto IDECO 1350/S	Inizio perforazione 16-06-62	Inizio produzione - -	Esito del pozzo STERILE	Quota s. l. m. <ul style="list-style-type: none"> Tavola rotory 7.40 Prima flangia 0.90 Piano campagna 2.00
Contrattista AGIP	Fine perforazione 06-09-62	Int. in produzione	Status TAPPATO E ABBANDONATO	
Profondità totale m. 3518,0	Impianto rilasciato il - -			

CUTTINGS	ETA'	FORMAZIONE	PROFONDITA' IN METRI	COLONNA LITOLOGICA	INCLINAZIONE AZIMUTH	POTENZIALE SPONTANEO (mV)	RESISTIVITA' (Ohms m ² /m)	SONIC Δt (μsec/ft)	CAROTE AMBIENTE	STRUTTURE E TIPI DI POROSITA'	ZONE	GAS TOTALE %	PROVE ESEGUITE	TUBAZIONI	AVANZAMENTO
----------	------	------------	----------------------	--------------------	----------------------	---------------------------	---------------------------------------	--------------------	-----------------	-------------------------------	------	--------------	----------------	-----------	-------------



SCALA 1:1000

Masterlog

MISURE DI VERTICALITA'						(Gradi Sessagesimali-Frazioni di grado centesimali)					
Fr.	Prof.M.	Prof.V.	Str.	Dev.	Dir.Geog.	Fr.	Prof.M.	Prof.V.	Str.	Dev.	Dir.Geog.
1	87.0		TT	0.25		1	34				
1	188.0		TT	0.50		1	35				
1	233.0		TT	0.83		1	39				
1	256.0		SS	0.50	S60*00E	1	43				
1	267.0		SS	0.50	S15*00W	1	47				
1	277.0		SS	1.00	S65*00W	1	49				
1	286.0		SS	1.50	S66*00W	1	51				
1	296.0		SS	2.25	S80*00W	1	54				
1	305.0		SS	3.00	S65*00W	1	57				
1	315.0	314.9	SS	4.00	S64*00W	1	62				
1	324.0	323.0									
1	334.0	333.0									

NR. 1

FORO 1 DA 4364.0 A 4389.0 PROVA ATTRAVERSO SCARPA

Tester PCT Valvola di circolazione
 Packer POSITRIEVE Diam. 07-00/00 Fissato a 4353.5 IN COLONNA
 Carico Delta P. Duse F. Fango S.Packer litri 700
 Batteria formata Aste di perf. 3"1/2 + 5" Vol. Tot. litri 3230
 Cuscino in Batt. Acqua+Azoto Vol. Tot. litri 200
 Fluido in Pozzo

ANALISI

CAMP.SW

FORO 1 DA 4364.0 A 4389.0 OPERAZIONE: PROVA DI STRATO NR. 1

NR. 1 PRELEVATO:

****78/89**BOLLETTINO ANALISI**

Colore : giallastro Odore : idrocarburi
 Fluorescenza : azzurra Peso specifico a 15 C : 1.0667 Kg/dm3
 PH a 23°C : 6.36 Resistivita' a.20 C : 0.09 Ohm*m
 Salinita' (NaCl) : 91.65 g/l

Analisi ionica (mg/l)
 Na:27843-K:1648-Li:9-Ca:6163-Mg:623-Ba:6.8-Sr:204-Fe:0.9-Nh4:33.

ACCORDIMENTI

WIRELINE FORMATION

RFT

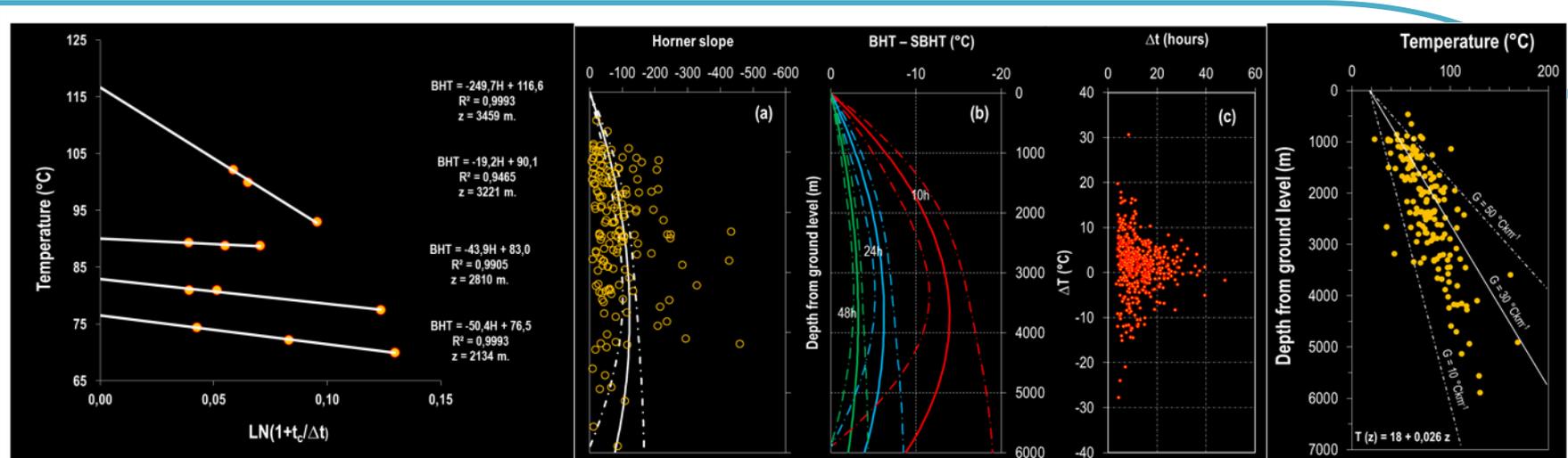
RUN 1

MISURE DI PRESSIONE						
Nr	Prof.	IHP	P.stat.	Stab.	FHP	
1	3837.5	576.0	545.4	S		

CAMPIONAMENTO FLUIDI						
Nr	Prof.	Cm.	P.camp.	St.	P.risl.	St. Note
1	3837.6	1	538.0		545.4	S altri dati mancan

Fluidi	Volume	Dens	API	Clor.	pH
FLT	600.00 cf				
OILGAS	600.00 cf				

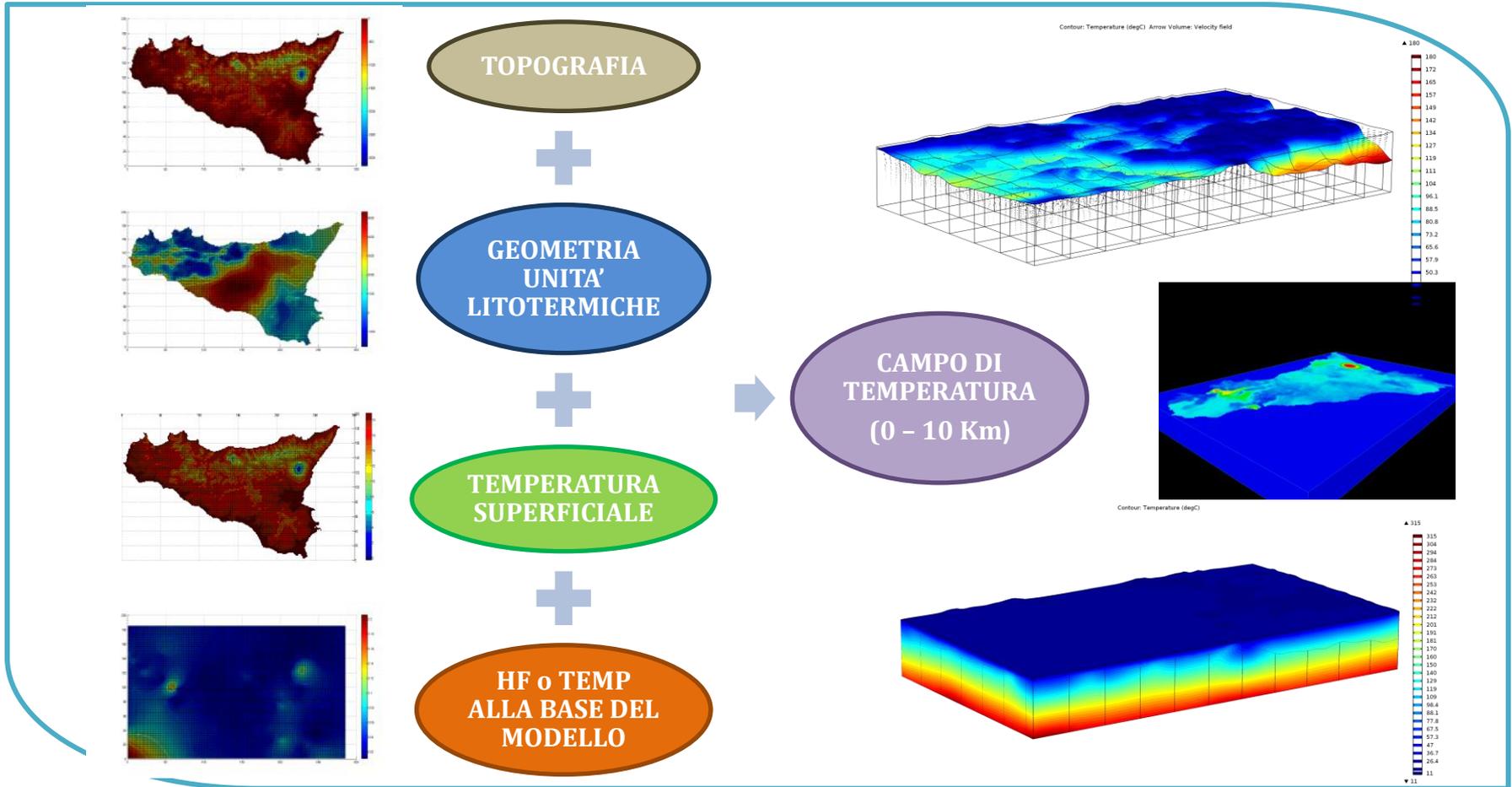
Dati di Temperatura



Temperature di fondo pozzo (BHT):

- non stabilizzate
- sottostimano la reale temperatura di formazione (RFT)
- necessitano di una correzione per estrapolare la RFT

Modello Termico (0 - 10 Km)

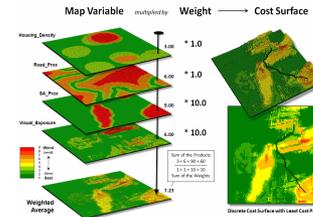


I sistemi convenzionali

- Caratterizzazione del serbatoio
 - **Geometria** top del serbatoio
 - Petrofisica di serbatoio
- Definizione del campo delle temperature
 - Individuazione delle Unità Litotermiche
 - Variazione della temperatura con la profondità
 - Stima temperatura al top del serbatoio
- Indicazioni da parametri geochimici
 - Distribuzione areali di elementi che indicano presenza di anomalie geotermiche o particolari circolazioni idrotermali
- Descrizione degli aspetti idraulici del serbatoio
 - Analisi dei fattori che possono influenzare le proprietà idrauliche dei serbatoi regionali (analisi simologiche e faglie ecc...)

Dati di Input

Metodo scelto: Index Overlay



- Analisi dei dati di input in ambiente GIS
- ↓
- Ogni mappa risultante viene classificata
- ↓
- Ogni mappa viene moltiplicata per il suo peso
- ↓
- La mappa di favorevolezza è ottenuta sommando i valori dei pixel di ogni layer



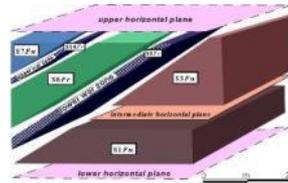
E' in corso una valutazione del risultato con la mappa della consistenza dei dati

Sistemi EGS

Parametri

Geometria del serbatoio:

- Profondità del basamento
- Spessore dei sedimenti

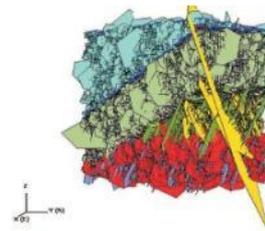


Stato **termico** del sottosuolo:

- Proprietà termiche di sedimenti e basamento
- Campo di temperatura

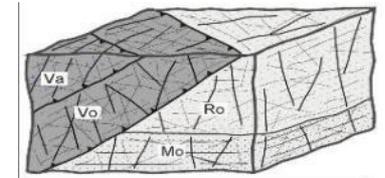
Permeabilità:

- ❖ Caratteristiche geo strutturali
- ❖ Permeabilità naturale
- ❖ Campo di stress



Sito favorevole:

- Assenza o quiescenza di attività tettonica/sismica
- Roccia cristallina compatta da utilizzare come serbatoio potenziale
- Gradiente termico $>$ a quello medio ($40^{\circ}\text{C}/\text{km}$)



Sistemi Geotermici Supercritici

L'idea di poter sfruttare sistemi idrotermali con temperature e pressioni supercritiche perché i fluidi in condizioni supercritiche hanno un'entalpia ed energia maggiore per unità di volume dei normali fluidi geotermici

E' importante:

- 1) Predire la durata della risorsa geotermica e le dimensioni del serbatoio.
- 2) Caratterizzare le unità geologiche profonde e capire se il fluido esiste in rocce in uno stato semi-plastico, e se può essere estratto.
- 3) Esperimenti di laboratorio (Hashida et al., 2001; Tsuchiya et al., 2001) dimostrano che, a circa 25-50 MPa e 400-600 °C, una roccia granitica può ancora permettere la circolazione di fluidi, attraverso fratture non saldate.

Pozzo IDDP-1, Krafla, Islanda. Icelandic Deep Drilling Project

Rinvenimento di magma riolitico.

Il pozzo, dopo opportune modifiche e accorgimenti per prevenire corrosioni da gas, è rimasto aperto e dopo un periodo di raffreddamento con iniezione di acqua è stato completato.

Misure termiche indicano una temperatura di circa 500°C a fondopozzo.

Sistemi Geotermici Magmatici

Il concetto è semplice: i magmi hanno un **contenuto energetico** enormemente più **elevato** di qualsiasi fluido e sono fonti calore **inesauribili** alla scala di tempi storici. In prossimità di vulcani o dentro caldere è possibile, con perforazioni, avvicinarsi alla camera magmatica a profondità accessibili, di pochi km.

Un'altra peculiarità di questi sistemi sarà la **presenza di gas e fluidi** con caratteristiche **aggressive e corrosive**, che richiederanno accorgimenti tecnici costosi.

Criteri per la favorevolezza (da Carson, 1985)

- 1) **Forte evidenza**. Ci deve essere la conferma da più studi e più gruppi di ricerca delle prove dell'esistenza di un **magma a ragionevole profondità**, in genere meno di 5 km;
- 2) **Locazione precisa del magma**, che deve comprendere non solo il sito, ma anche le **dimensioni areali** e il suo **volume**, allo scopo di garantire, da un lato, la certezza di raggiungerlo entro un'area non estesa, e dall'altro, di assicurare un **contenuto energetico elevato**. Il corpo magmatico deve inoltre essere "superficiale" (<5km).

Sistemi a salamoia calda

Sono particolari tipi di **sistema idrotermale**, nei quali, a causa di peculiari caratteristiche genetiche delle acque originalmente presenti nel sistema, sigillamento laterale del serbatoio per intervenute diverse condizioni idrogeologiche e/o a causa di incrostazioni idrotermali, scarso ravvenamento con acque meteoriche “fresche”, e soprattutto a causa di una prolungata circolazione convettiva azionata da forti valori del gradiente geotermico in ambiente chiuso ad alta temperatura, le acque originali hanno subito un lungo processo di **concentrazione salina** raggiungendo i tenori di una vera e propria salamoia (TDS totale $\gg 10$ mg/l).

Si tratta di sistemi i cui fluidi, se da una parte per essere utilizzati a fini geotermoelettrici richiedono elaborati e costosi trattamenti chimici e particolari impianti di generazione, hanno dall'altra il vantaggio di poter produrre composti minerali pregiati.

Il contenuto di metalli e/o elementi strategici può rendere più interessante la captazione delle salamoie, abbinando la produzione di energia elettrica con il recupero di elementi strategici. (Li a Salton Sea)

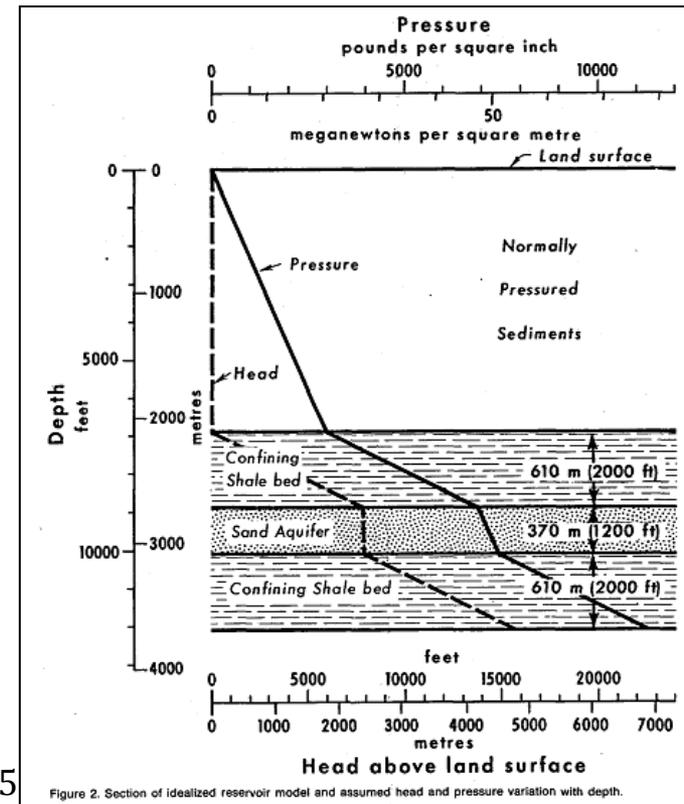
Sistemi Geopressurizzati

Caratteristiche

Un sistema geotermico-geopressurizzato è caratterizzato da:

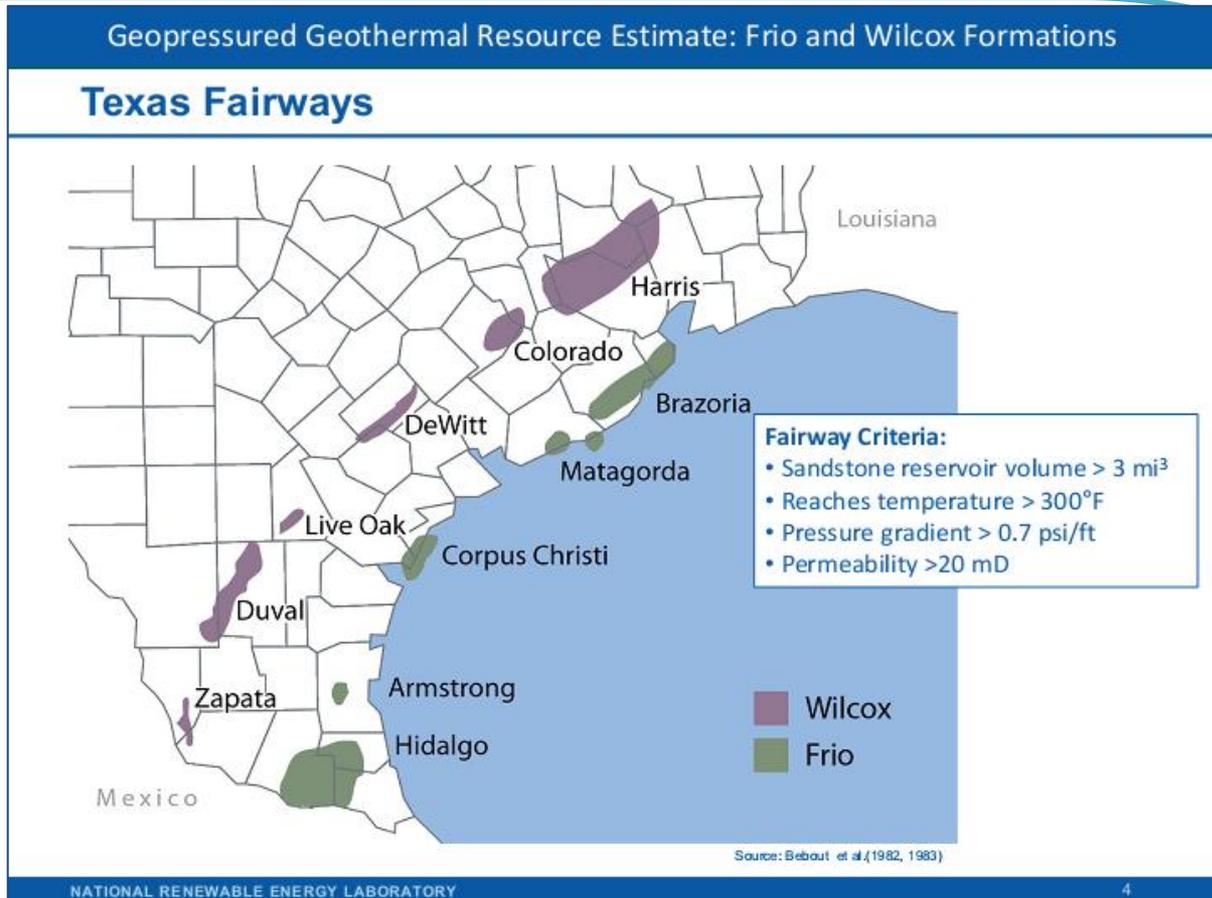
- Pressione di strato superiore a quella idrostatica
- Temperature dei fluidi elevate
- Contenuto di idrocarburi gassosi **in soluzione** tale da aumentare considerevolmente la quantità di energia producibile.

Da Papadopoulos, 1975



Studi pregressi

Potenzioli serbatoi individuati nelle due principali formazioni sabbiose geopressurizzate (Frio e Wilcox) del Texas (da Esposito et alii, 2011)

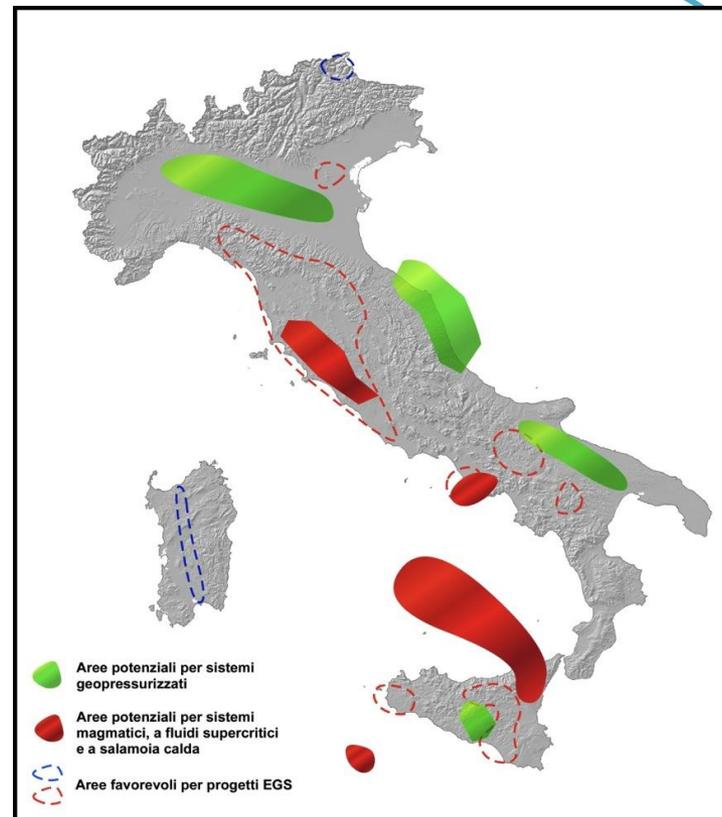


Parametri di valutazione

- ✓ Gradiente di Temperatura
- ✓ Gradiente di Pressione
- ✓ Rapporto gas/acqua, Contenuto di metano in soluzione e condizioni di saturazione
- ✓ Ambiente deposizionale (Silicoclastico, Carbonatico)
- ✓ Litologia
- ✓ Tasso di sedimentazione
- ✓ Spessore dei sedimenti
- ✓ Parametri fluido in formazione (Salinità-Pressione-Temperatura)

Risultati Attesi

1. Stesura di un **Atlante Geotermico** per il Mezzogiorno di risorse geotermiche convenzionali e non convenzionali
2. Banca dati aggiornata e **sportello informativo geotermico** delle regioni del Mezzogiorno
3. Analisi di dettaglio dei **parametri ambientali** e definizione di criteri di **gestione** e manutenzione sostenibili. Redazione di **linee guida** per la minimizzazione di eventuali **impatti ambientali** della geotermia.
4. **Materiale informativo**, corsi professionali, formazione e **tesauro**.





Indicatori di risultato

- **Contributo** della geotermia in Programmi Energetici Regionali e Nazionale
- Numero di persone formate in ambito geotermico
- **Aumento** di richieste di permessi di ricerca geotermici
- **Progetti** di ricerca per utilizzo risorse geotermiche non convenzionali

Grazie per l'attenzione!