



2° Incontro sulla geotermia: Gli usi termici

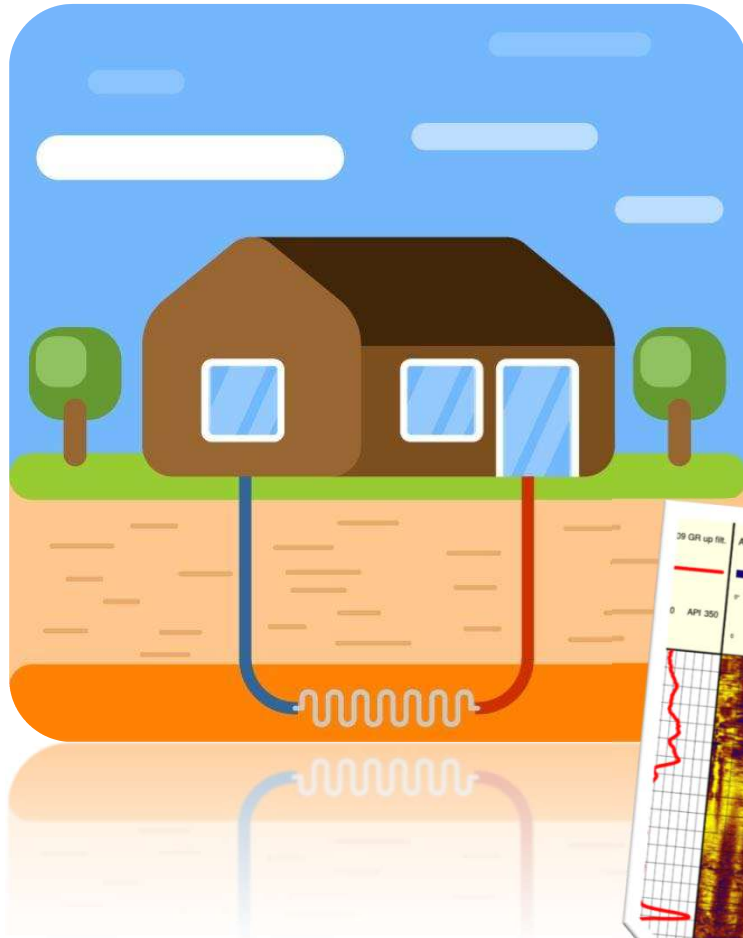
APPLICAZIONI DEI LOG GEOFISICI NEI POZZI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

M. Rinaldi - Waterstones Srl

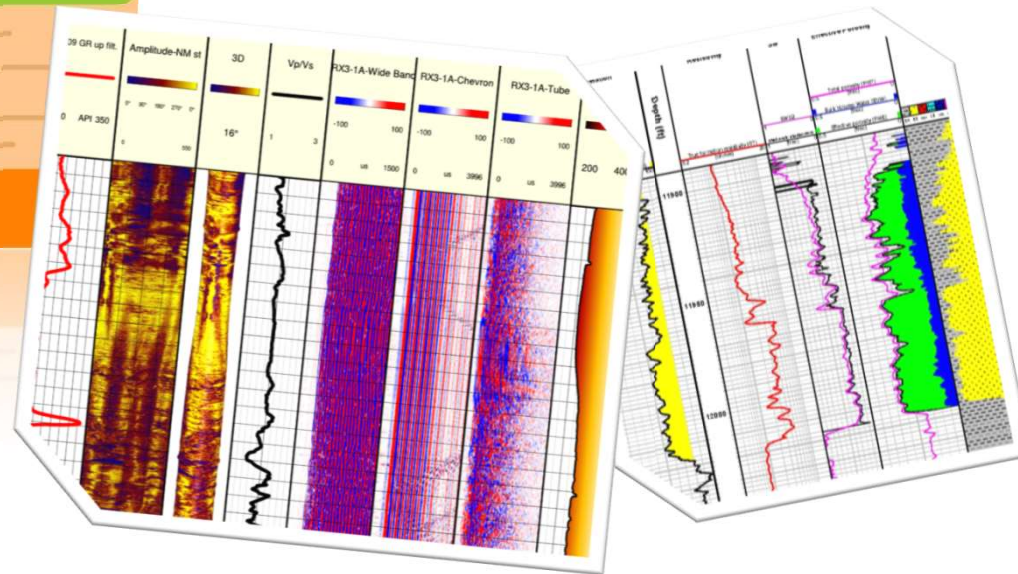


Milano, 21 Marzo 2019
Centro Congressi FAST, P.le Morandi 2





- Un log geofisico è una registrazione continua con la profondità di proprietà fisiche all'interno di un pozzo.

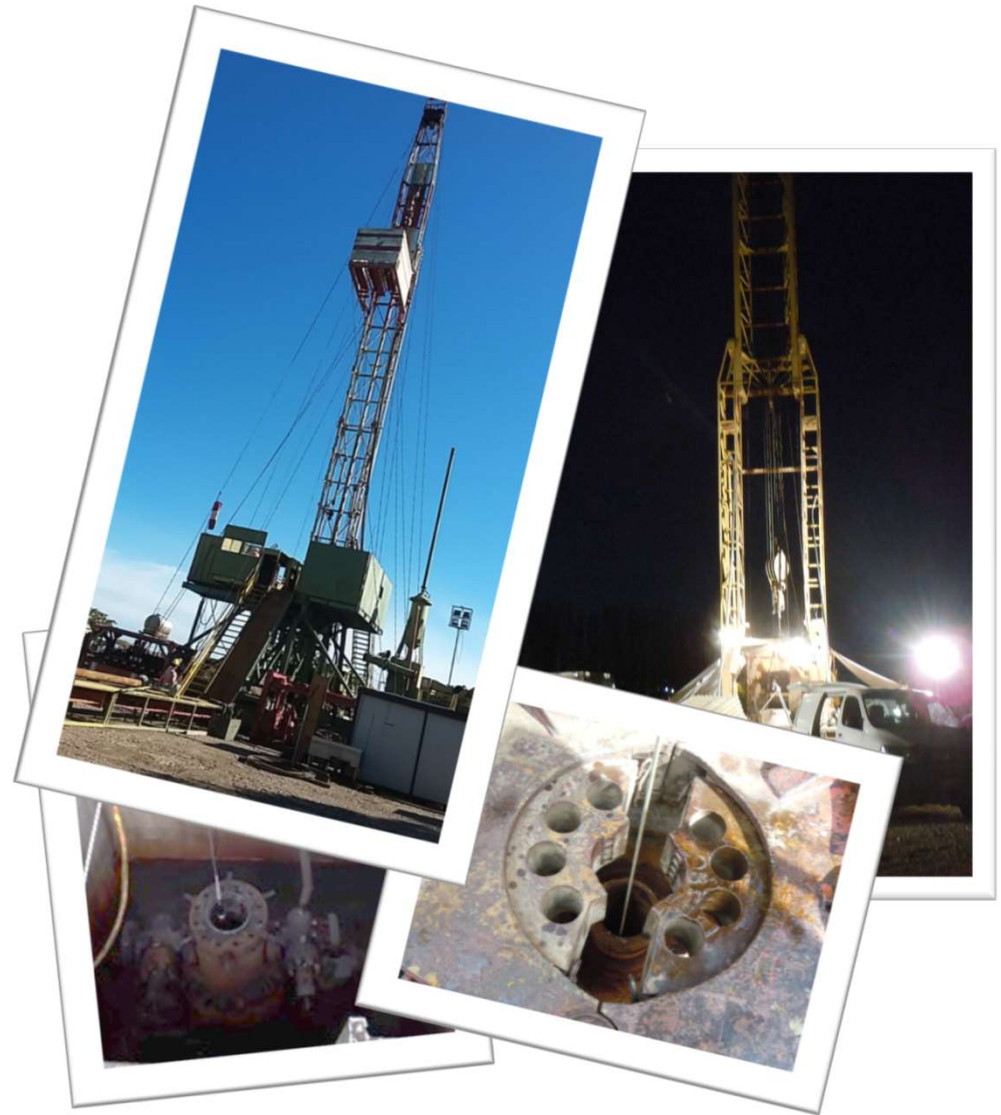


- Il log prevede l'utilizzo di una o *più sonde* che vengono calate in pozzo mediante cavo portante in acciaio;
- Lo svolgimento del cavo è controllato da un *encoder* attraverso la *console* d'acquisizione;
- I log ottenuti vengono combinati fra loro per la determinazione delle proprietà fisiche.



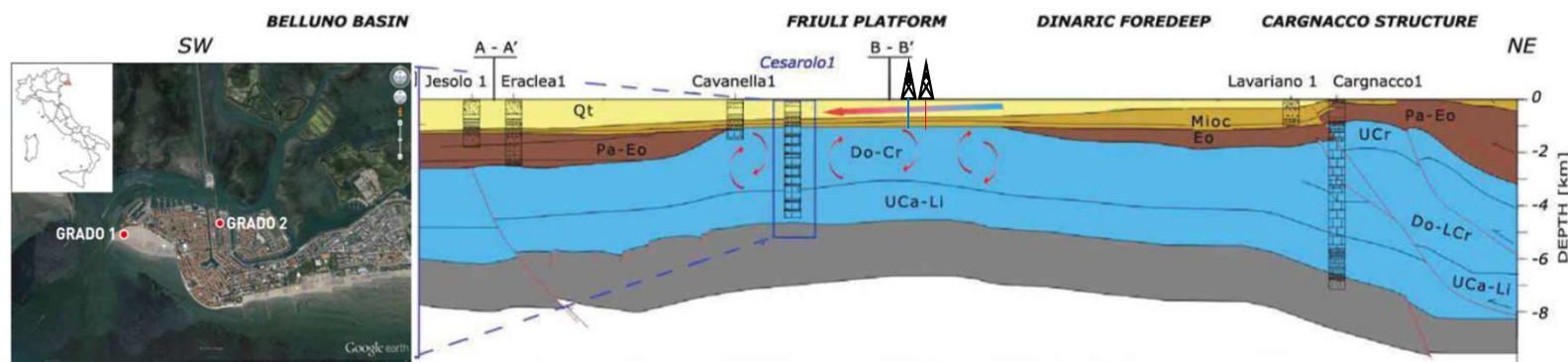
APPLICAZIONI DEI LOG NEI POZZI GEOTERMICI PROFONDI A BASSA ENTALPIA:

- POZZI NON RIVESTITI
- POZZI RIVESTITI



POZZI NON RIVESTITI : la caratterizzazione geotermica del pozzo Grado2

- Il progetto geotermico Grado della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Città di Grado, supervisione Università di Trieste;
- La rete di teleriscaldamento è allacciata a due pozzi di 1200 e 1100 m di profondità distanti l'uno dall'altro circa un Km. Il pozzo di derivazione Grado2, fornisce acqua a **47÷49°C** cedendo calore agli scambiatori ed è poi convogliata verso il pozzo di re-iniezione Grado1.



Sezione geologica semplificata della pianura Veneto-Friulana: sedimenti Plio-Quaternari (giallo), formazioni Cenozoiche (ocra e marrone), calcari Mesozoici (ciano), (da Della Vedova et al. 2014).

2° Incontro sulla geotermia: gli usi termici, Milano, 21 Marzo 2019

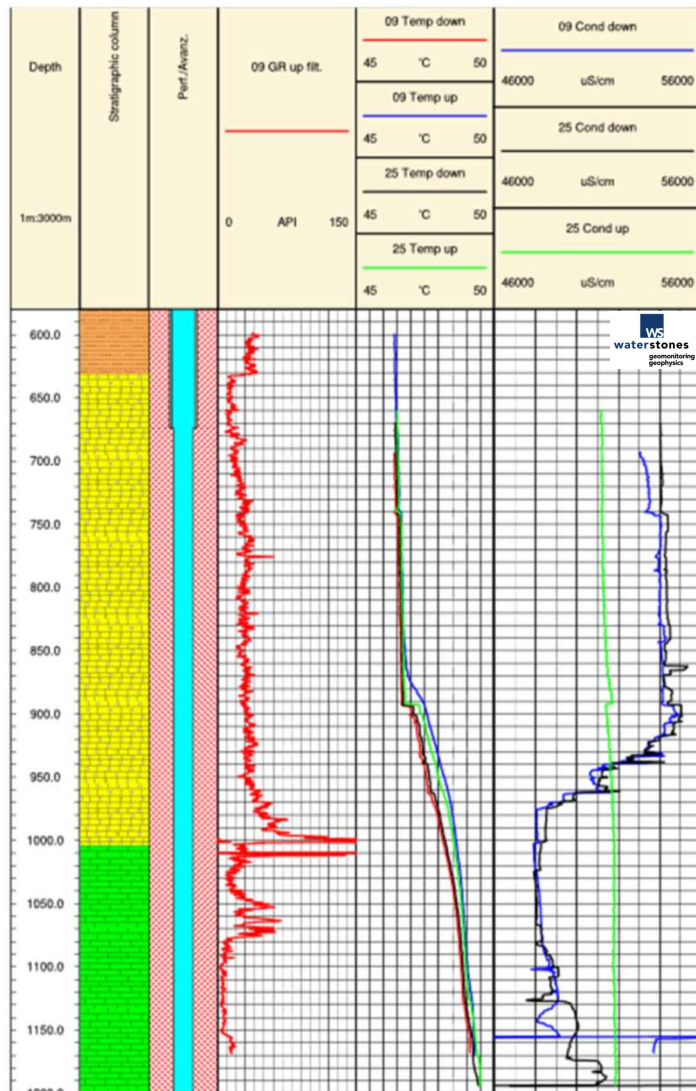
Pozzo Grado2

- tratto non rivestito: 672÷1200 m da p.c.;
- Diametro nominale di perforazione del pozzo: 215 mm.

Log geofisici effettuati:

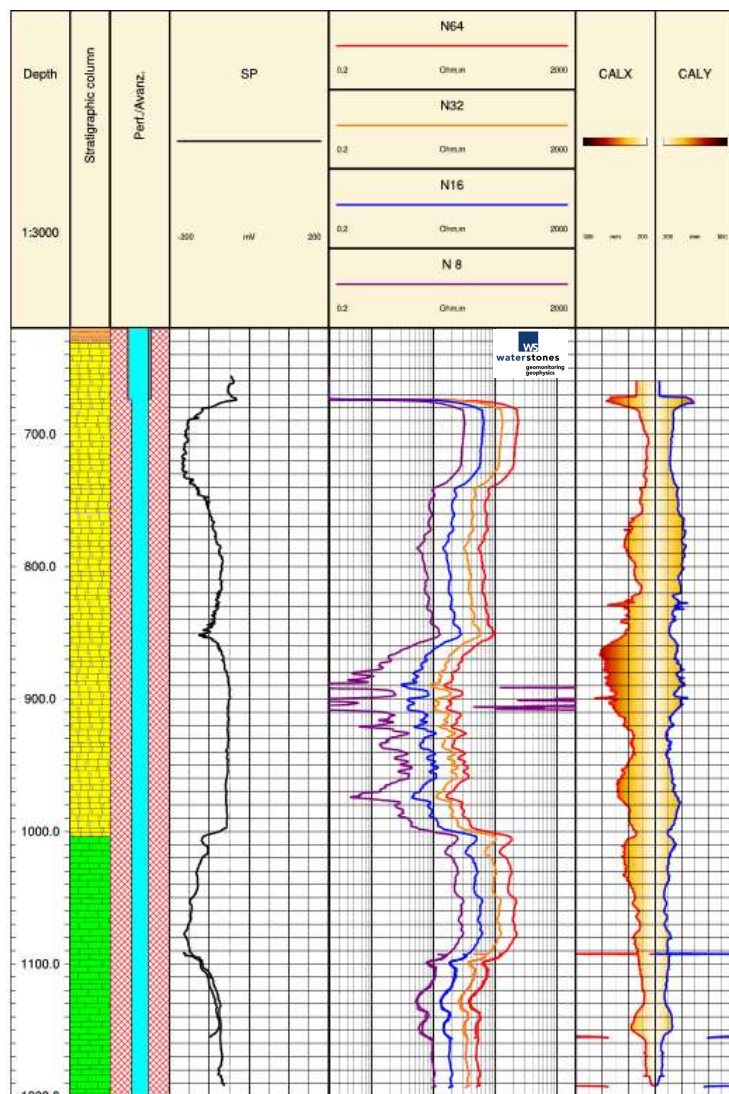
- Log radioattività naturale, temperatura e conducibilità del fluido (GR e FTC);
- Log resistività e potenziale spontaneo (NRes e SP);
- Log calibro meccanico (4Cal);
- Log sonico (FWS);
- Log telecamera acustica e deviazione (BHTV e DEV);
- Log micromulinello (Spinner).





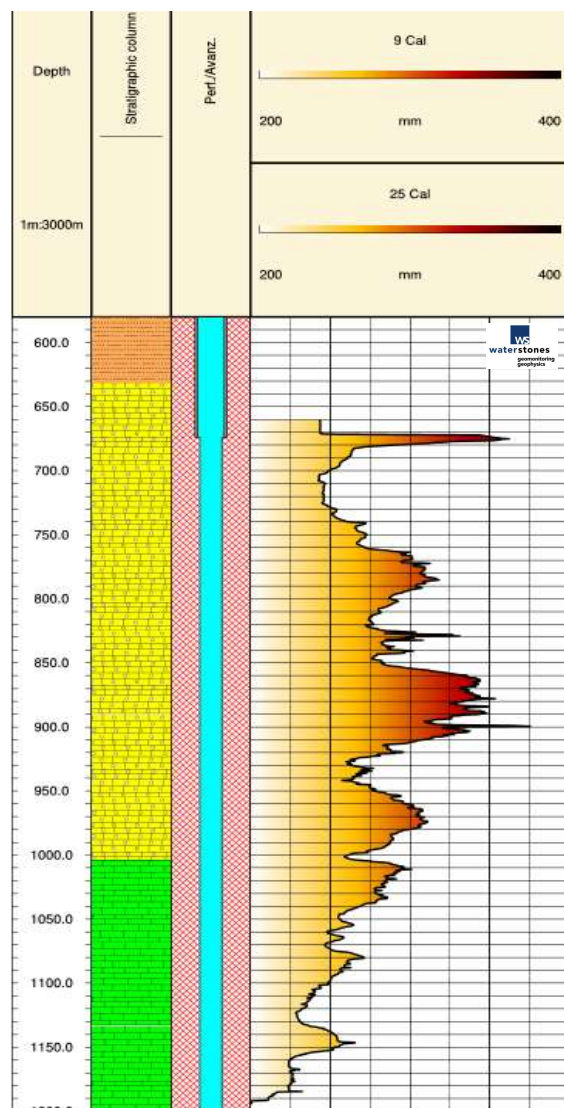
LOG RADIOATTIVITÀ NATURALE, TEMPERATURA E CONDUCIBILITÀ DEL FLUIDO (GR E FTC)

- Il log della radioattività naturale conferma la natura carbonatica del serbatoio geotermico con il limite K-T ben marcato da picchi di raggi gamma;
- Il log di temperatura mostra un maggiore gradiente termico tra 890.0-1004.0 m ($1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$);
- Il log di conducibilità mostra variazioni rilevanti nell'intervallo compreso tra 890.0 - 975.0 m con immissione in pozzo di fluidi a maggiore salinità.



LOG RESISTIVITÀ NORMALE LOG POTENZIALE SPONTANEO (NRES E SP)

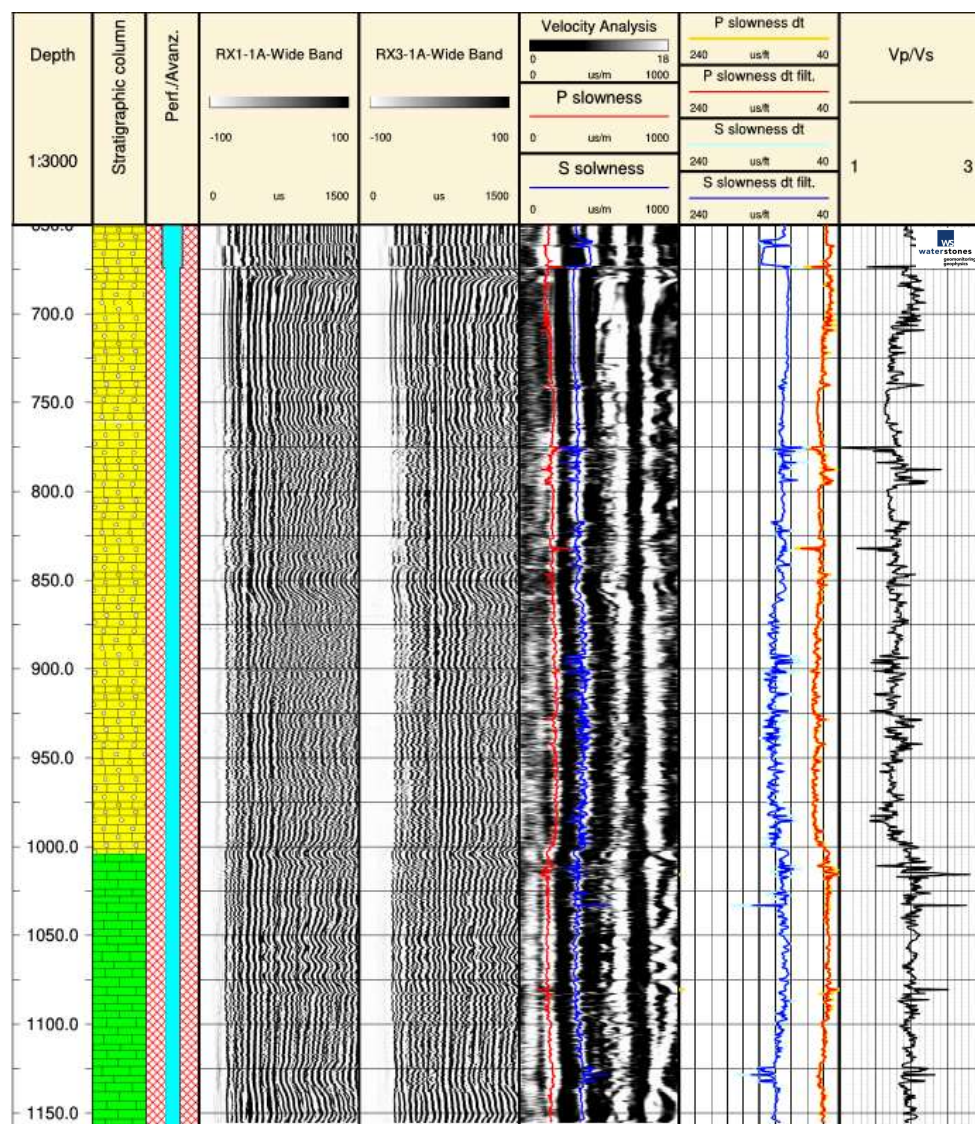
- La porzione del serbatoio compresa tra 850.0-1002.0 m manifesta significative diminuzioni di resistività ed aumento del potenziale spontaneo;
- circolazione di fluidi più conduttivi e mineralizzati, maggiore porosità e/o permeabilità secondaria.



LOG CALIBRO MECCANICO (4CAL)

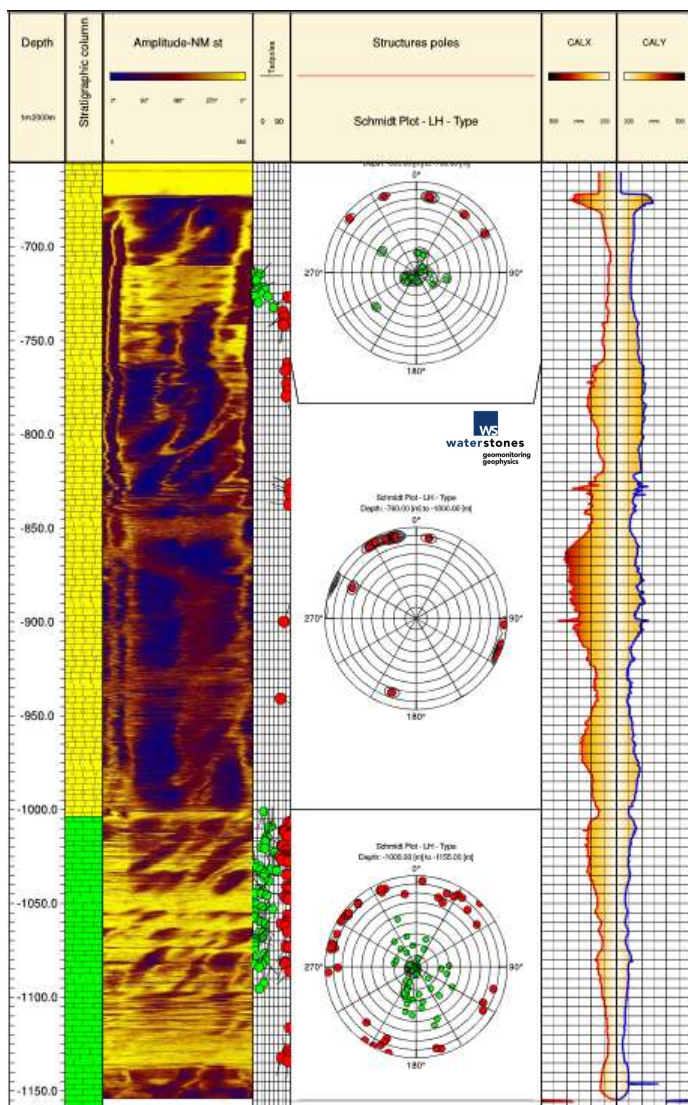
- controllo della posizione del rivestimento;
- il diametro medio misurato del tratto scoperto è generalmente maggiore di quello nominale di perforazione (215 mm);
- il diametro medio misurato per i depositi Cenozoici suggerisce la presenza di rocce stratificate e fratturate con possibile alterazione.

2° Incontro sulla geotermia: gli usi termici, Milano, 21 Marzo 2019



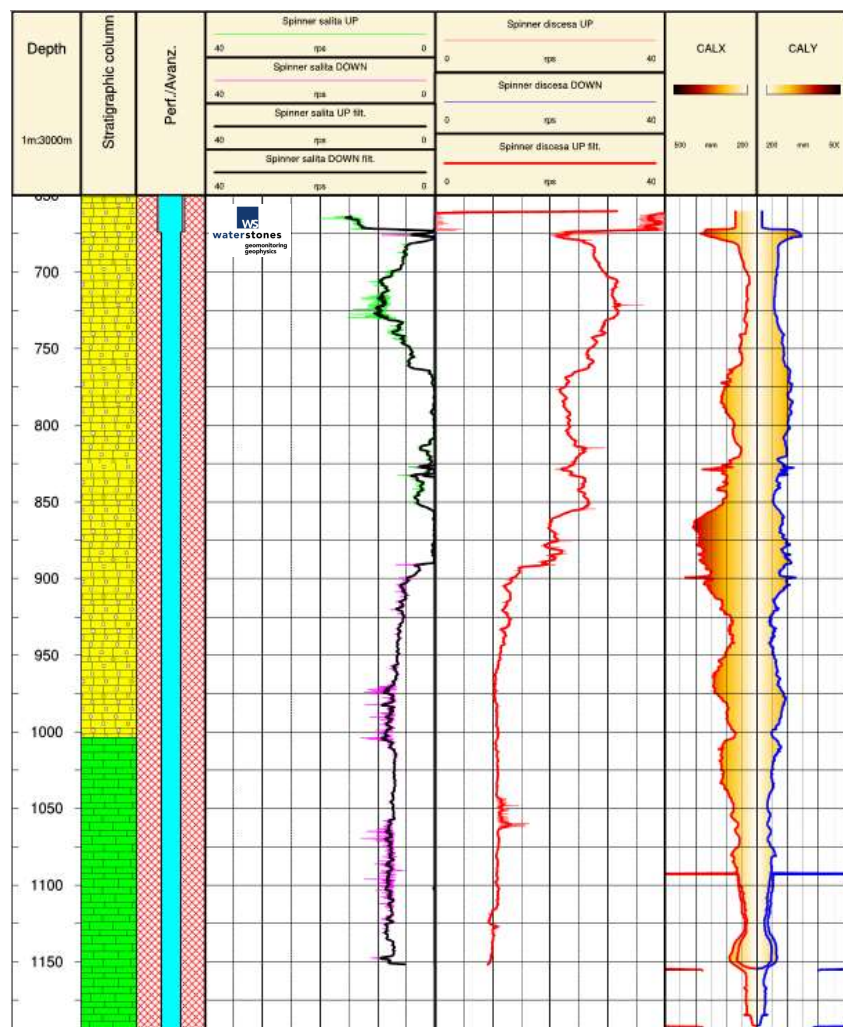
LOG SONICO (FWS)

- valore del rapporto V_p/V_s compreso tra 1.6-2.2 per le rocce del serbatoio geotermico;
- i depositi Cenozoici tra 740.0-1000.0 m possiedono una maggiore fratturazione e/o stratificazione rispetto ai depositi Mesozoici.



LOG TELECAMERA ACUSTICA (BHTV)

- Gli intervalli tra 672.0-760.0 m e 1000.0-1200.0 m appaiono competenti e compatti con giunti di stratificazione sub orizzontali;
- Deterioramento dell'immagine nei calcari Cenozoici tra 760.0-1000.0 m a causa del forte scostamento del pozzo dal diametro nominale di perforazione.
- Le fratture nei calcari Cenozoici possiedono un'apertura sino a 30 cm e sono per lo più ad alto angolo ($>70^\circ$);



LOG MICROMULINELLO (SPINNER)

- Prova eseguita con un'erogazione spontanea a boccaforo di 12 L/s;
- Da quota 960.0 sino a 890.0 m progressivo aumento del flusso verso l'alto;
- A quota 890.0 m repentino aumento del flusso per la presenza di fratture molto conduttive.

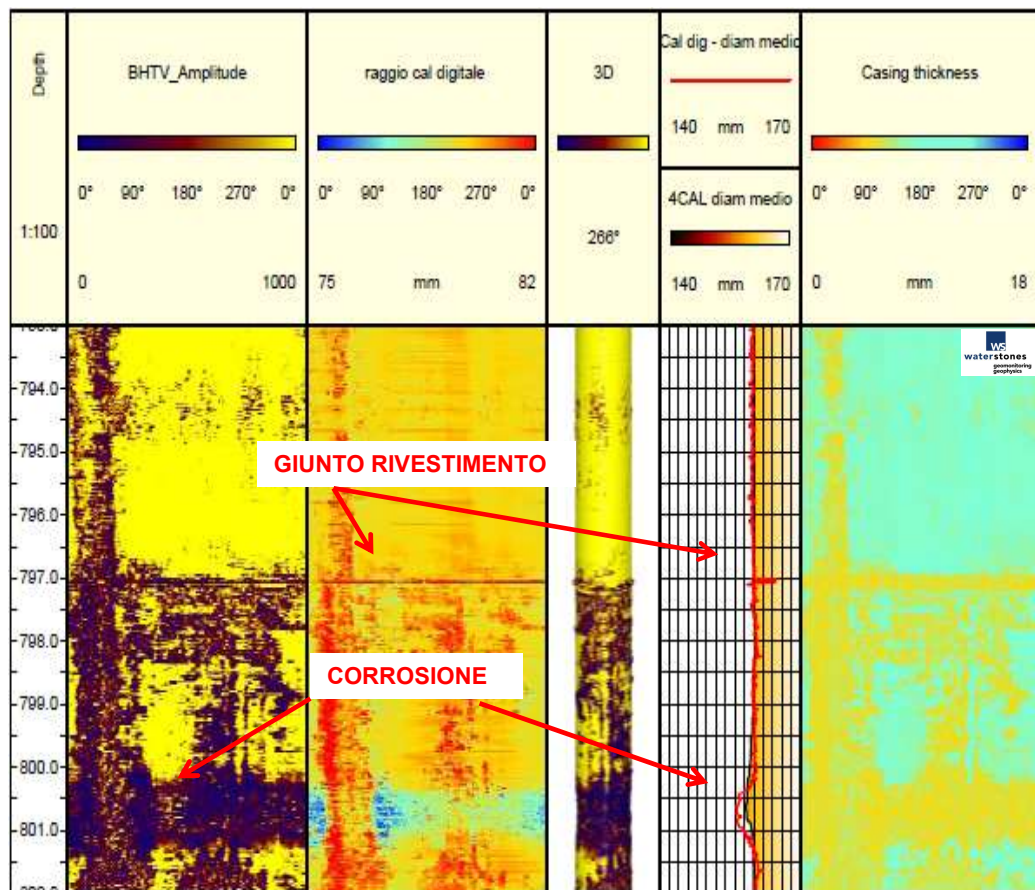
REAL RESULTS:

- Localizzazione degli intervalli maggiormente produttivi del serbatoio geotermico;
- definizione dei tratti specifici da sottoporre ad acidificazione;
- Verifica dei risultati ottenuti dagli interventi eseguiti.

POZZI RIVESTITI : verifica caratteristiche strutturali/funzionali del completamento

- Log calibro meccanico (4Cal) e telecamera acustica (BHTV);
- Log radioattività naturale totali, temperatura e conducibilità del fluido (GR e FTC);
- Log cementazione (CBL);

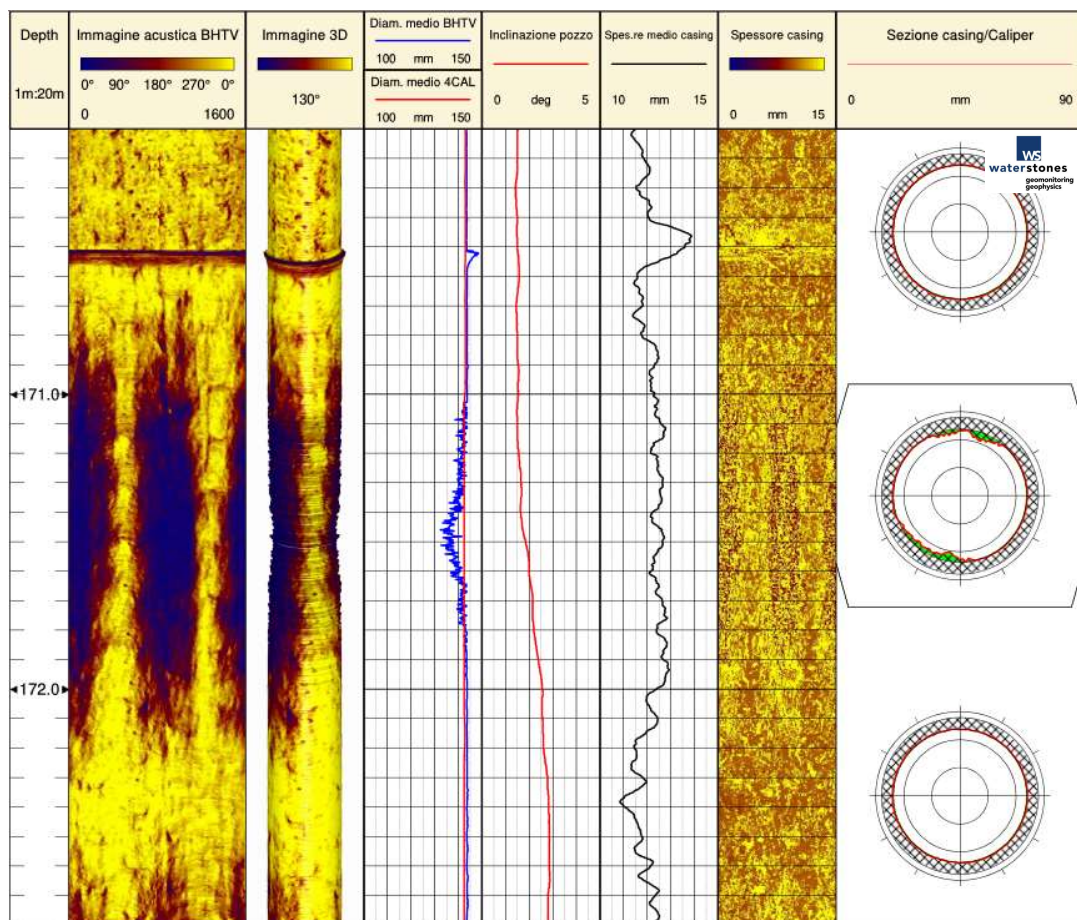




LOG CALIBRO MECCANICO (4CAL) E TELECAMERA ACUSTICA (BHTV)

- Misura diametro interno del completamento con calibro meccanico e digitale;
- Localizzazione giunti del rivestimento;
- Localizzazione intervalli soggetti a corrosione;
- Calcolo spessore del rivestimento.

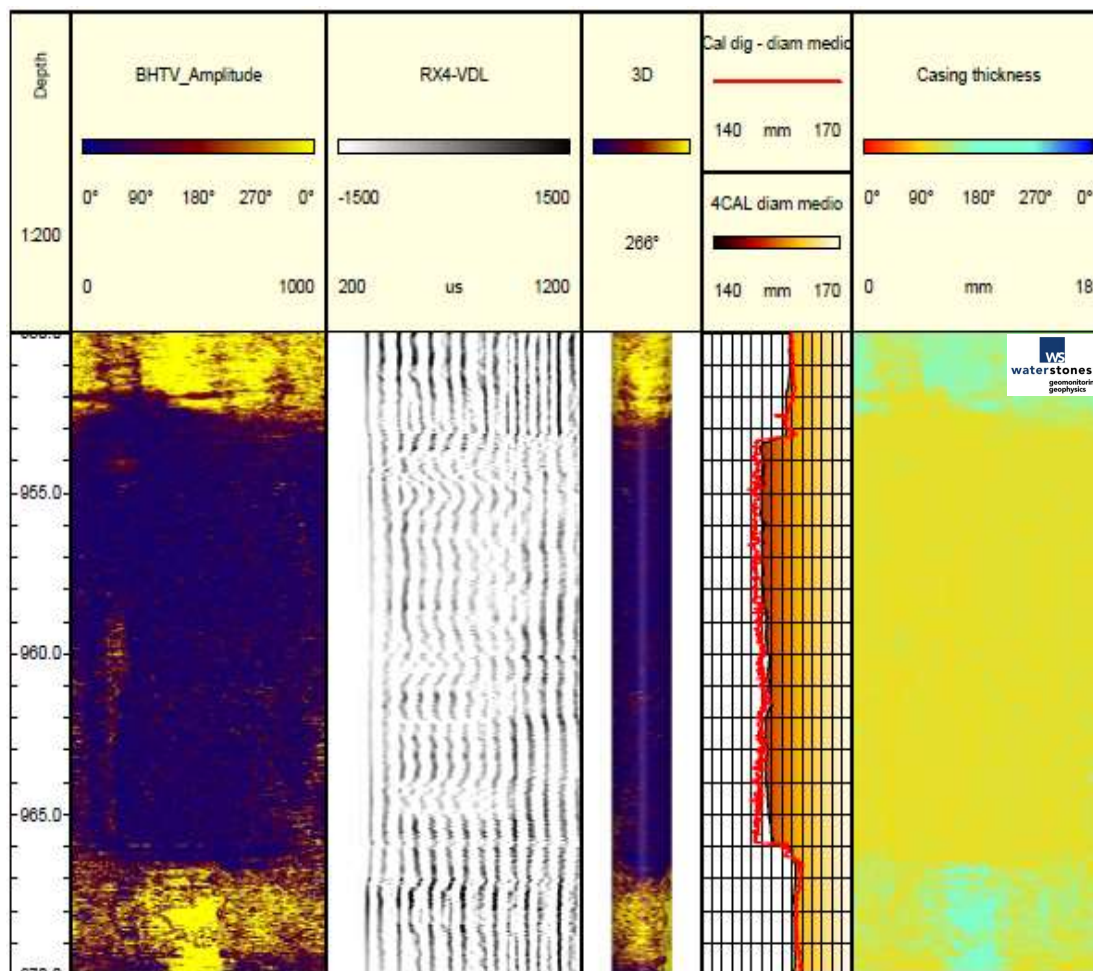
2° Incontro sulla geotermia: gli usi termici, Milano, 21 Marzo 2019



LOG CALIBRO MECCANICO (4CAL) E TELECAMERA ACUSTICA (BHTV)

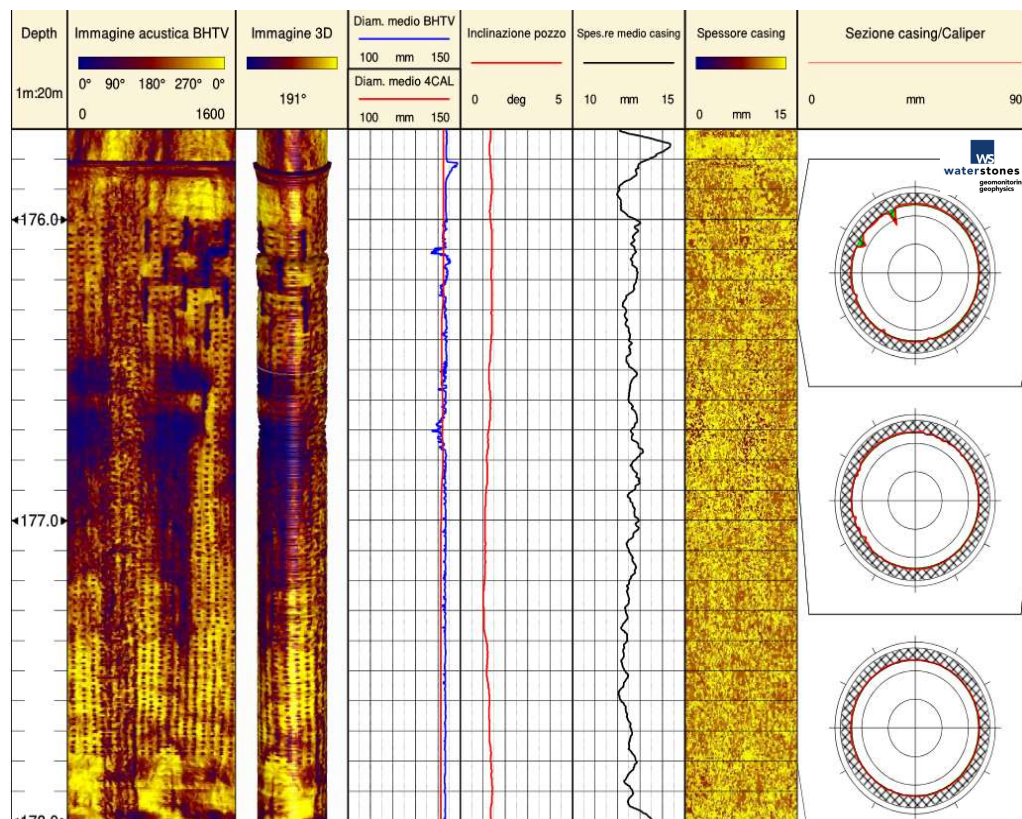
- Localizzazione tratti di rivestimento deformati.

2° Incontro sulla geotermia: gli usi termici, Milano, 21 Marzo 2019



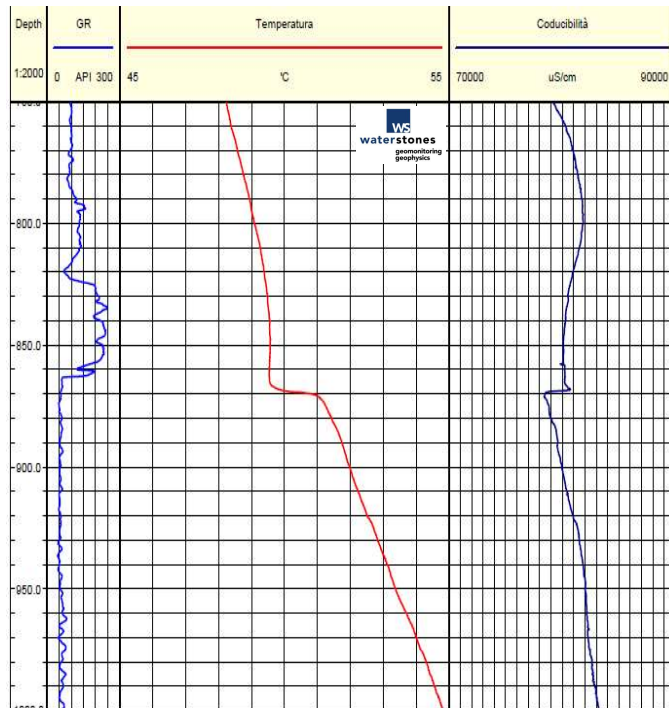
LOG CALIBRO MECCANICO (4CAL) E TELECAMERA ACUSTICA (BHTV)

- Individuazione di particolari elementi strutturali del completamento.



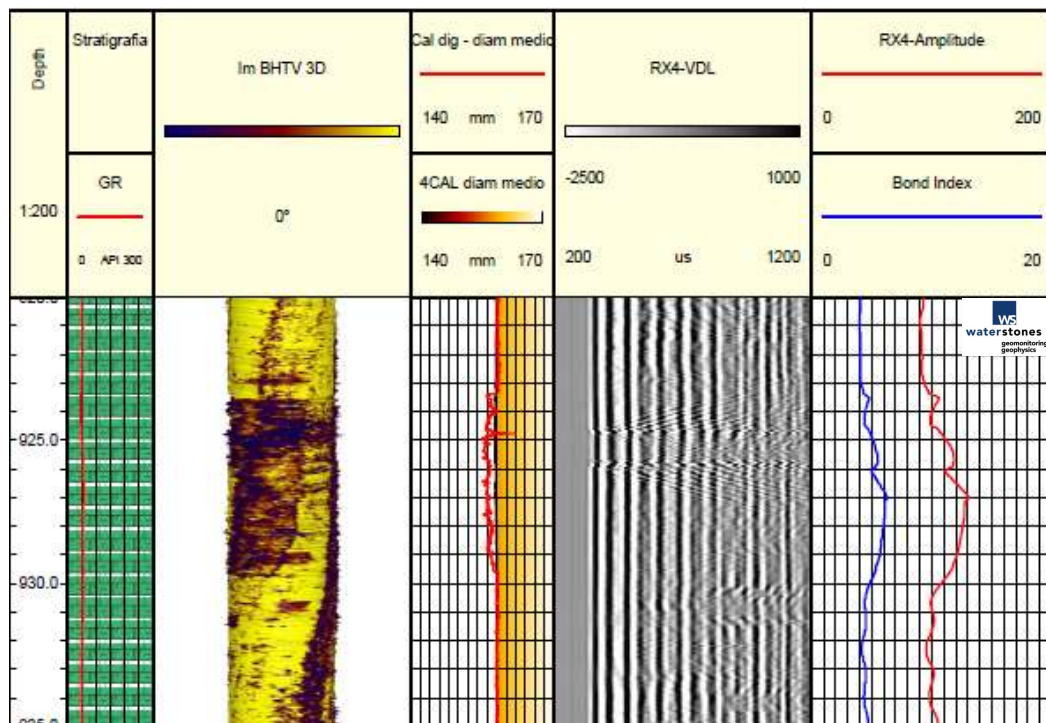
LOG CALIBRO MECCANICO (4CAL) E TELECAMERA ACUSTICA (BHTV)

- ispezione *liner* di produzione e tratti fenestrati.



LOG RADIOATTIVITÀ NATURALE, TEMPERATURA E CONDUCIBILITÀ DEL FLUIDO (GR E FTC)

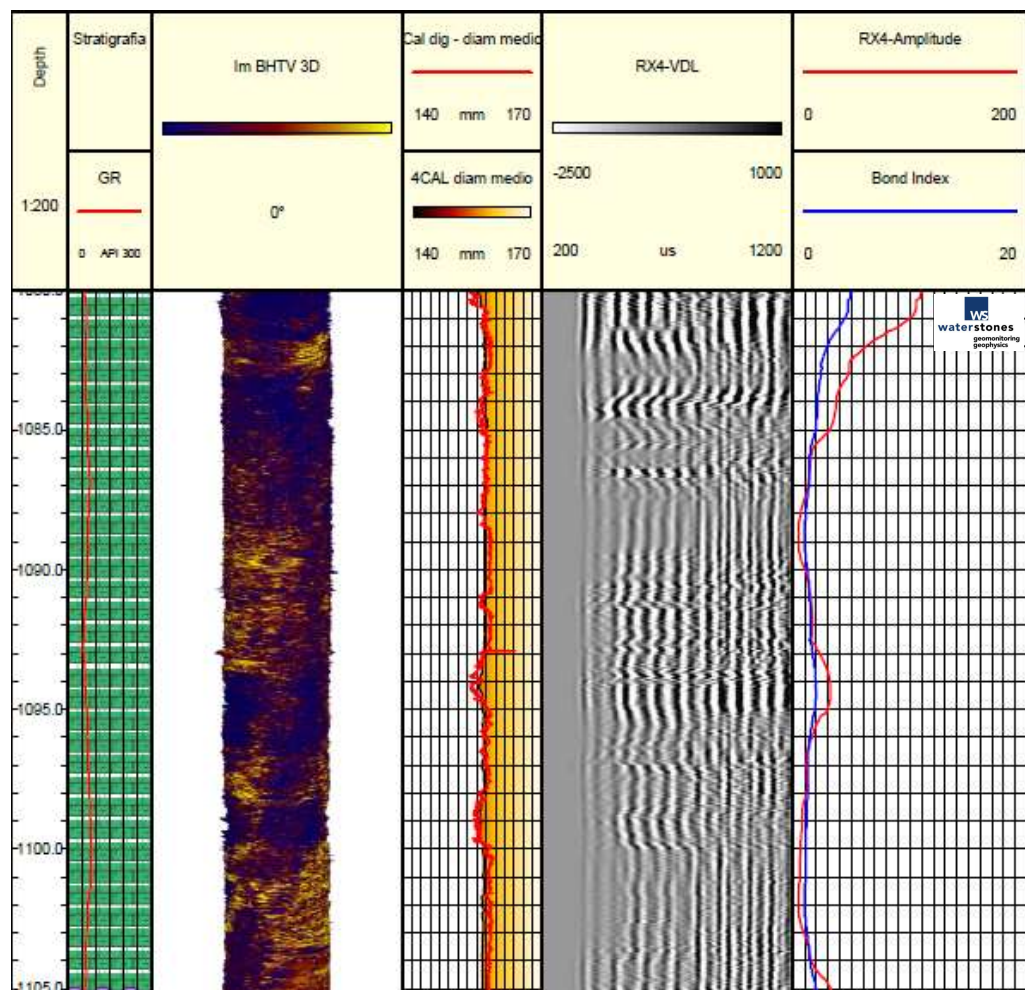
- GR per la caratterizzazione litologica del pozzo;
- definizione del gradiente termico nella porzione rivestita;
- Localizzazione di eventuali ingressi di fluidi nel completamento.



LOG CEMENTAZIONE (CBL)

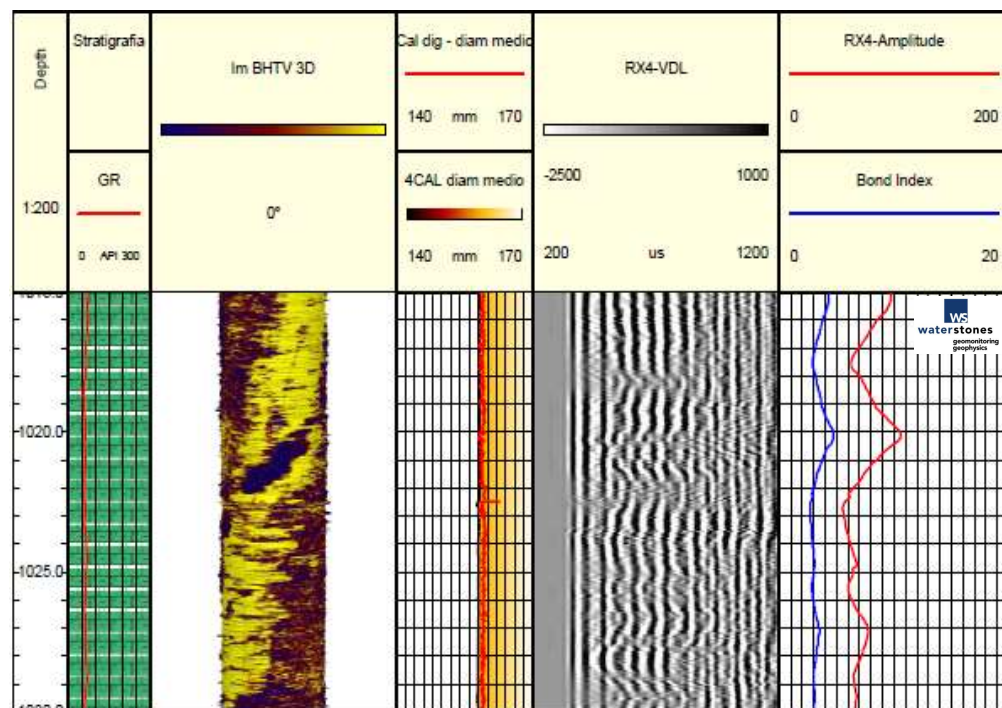
- giunto del rivestimento con pattern tipo *chevron*;
- ampiezze elevate dell'onda in condizione di "**free pipe**".

2° Incontro sulla geotermia: gli usi termici, Milano, 21 Marzo 2019



LOG CEMENTAZIONE (CBL)

- forte attenuazione del segnale in condizione di “*good cement bond*”.



LOG CEMENTAZIONE (CBL)

- condizione di parziale cementazione tipo **"channelling"**.

REAL RESULTS:

- Determinazione caratteristiche strutturali e funzionali del completamento.

2° Incontro sulla geotermia: gli usi termici, Milano, 21 Marzo 2019

