



# L'impatto ambientale della Geotermia: sismicità indotta?

*Giuseppe De Natale e Claudia Troise*



# Progressi nella Geotermia in Italia..... dal 1904



Potenza Installata (MW) 00

Principe Ginori-Conti con il suo motore di 15KW alimentato dal vapore geotermico. Larderello (1904)

Inizio della produzione geotermoelettrica industriale a Larderello: 240kW/h

Inizio delle attività di Esplorazione Geotermica in Campania (Società SAFEN)

Nuova Zelanda-Wairakei (1958) e USA The Geyser (1960)

ENEL rileva la gestione di Larderello

Rapida crescita della produzione geotermoelettrica e dell'esplorazione geotermica per la crisi petrolifera del Kippur (1973)

La nuova Legge (2010), che incentiva la sperimentazione di impianti pilota di piccola taglia (5MWe) a reiniezione totale ed emissioni nulle, aveva suscitato un nuovo, enorme interesse per la Geotermia in Italia

882 MWe Larderello (2013)

Nuova Legge Geotermica 2010 e rinascita dell'interesse per la Geotermia in Italia

1904

1913

1940

1963

1973

2000

Oggi

Years

# Il primo impianto al Mondo a ciclo binario: Ischia, 1939



***500kWe potenza  
nominale  
300kWe effettiva  
Fluido con  $T=130^{\circ}C$***

# La Legislazione Italiana

- ✧ La Legge Geotermica n.22 del 2010, integrata nel Marzo 2011, è uno dei pochi esempi in Italia di normativa lungimirante, che ha anticipato non solo la pratica, ma anche la ricerca avanzata. Tra l'altro, per la prima volta liberalizza la geotermia in Italia.
- ✧ Il risultato, dopo 10 anni, in termini di impianti di generazione elettrica (tradizionali o pilota, di nuovi operatori) realizzati è ancora NULLO.
- ✧ **PERCHE'?** *Perché la Geotermia è stata tacciata di un impatto ambientale insostenibile*

# Impatto sull'aria e sulla falda

- In linea di principio, la normale buona pratica per la perforazione di pozzi impedisce qualunque contaminazione tra falda geotermica e falde superficiali.
- La re-iniezione totale dei fluidi (compresi i gas incondensabili), azzerava virtualmente qualunque emissione nociva.
- Comunque, anche negli impianti tradizionali (Larderello, Amiata) le emissioni nocive sono sostanzialmente minori di altri tipi di centrali elettriche convenzionali.

# La Sismicità Indotta

- ✧ Virtualmente, moltissime attività umana possono produrre sismicità indotta. Nella realtà, è rarissimo che si produca sismicità avvertibile.
- ✧ Contrariamente ad alcuni pregiudizi diffusi, le perforazioni del suolo non possono generare sismicità indotta rilevabile; tale possibilità dipende semmai dall'uso che si fa dei pozzi.
- ✧ L'emungimento/iniezione di grandi volumi di fluido in pozzi profondi altera il campo di sforzo in profondità, e può generare terremoti.
- ✧ Nel settore della Geotermia, la tecnologia più invasiva, che ha prodotto terremoti avvertiti a Basilea ( $M=3.4$  - 2006) e St. Gallen ( $M=3.5$  - 2013) è l'EGS
- ✧ L'attività antropica con più grande probabilità di generare terremoti non è l'iniezione/emungimento in pozzi profondi, bensì la costruzione di invasi artificiali per dighe

# Sismicità indotta da invasi di dighe

La prima osservazione di sismicità probabilmente correlata al riempimento di un invaso artificiale risale al 1932 in Algeria, attorno alla diga di Quedd Fodda.



Il primo caso riconosciuto di correlazione tra aumento di sismicità e riempimento di una diga è quello della diga di Hoover (USA), profonda 191 m, che generò sismicità con  $M_{\max}=5.0$  il 4/5/1939.

Diga di Hoover, 1931

# L'Esperienza di Geotermia in Italia

- L'Italia fu il primo Paese al mondo ad ideare ed installare impianti geotermici per la produzione elettrica, in produzione da quasi 110 anni.
- In 110 anni, non è noto alcun terremoto indotto di magnitudo significativa associato all'esercizio di impianti geotermici. Piccoli eventi avvenuti nel Lazio settentrionale sono stati causati da stimolazione di pozzi durante prove di emungimento (tipo fracking, o EGS). Un evento del 2000 sull'Amiata viene riportato come sospetto di essere associato all'attività geotermica, ma finora senza prove definitive.

# Sismicità Indotta e Innescata (‘Induced’ e ‘Triggered’)

- Le sovrappressioni indotte da iniezione di fluidi non sono sufficienti ad ‘indurre’ sismicità, ossia generare nuove fratture, ma possono innescare faglie già cariche vicine alla soglia di frattura. Possono quindi ‘anticipare’ terremoti che sarebbero comunque avvenuti.
- La microsismicità può essere innescata anche dal ‘prelievo’ di grandi quantità di fluido, sebbene in questo caso il potenziale sismogenetico, a parità di volumi di fluido, sia più basso (Troiano ed altri, *Geophys. Journ. Int.*, 2013)

# I Fattori di rischio sismicità indotta

- ✧ I livelli di sovrappressione nelle rocce
- ✧ La maggiore profondità di iniezione (le faglie più importanti si trovano a profondità di circa 10-15 km)
- ✧ La costanza dello sforzo applicato su tempi lunghi
- ✧ La diffusione della variazione di pressione a grande distanza (probabilità di intercettare faglie attive)
- ✧ Il volume totale in sovrappressione, e principalmente l'aumento progressivo dello stesso

Gli impianti Geotermici a re-iniezione totale di piccola taglia, in tutto il Mondo, sono praticamente asismici

- PERCHE'?

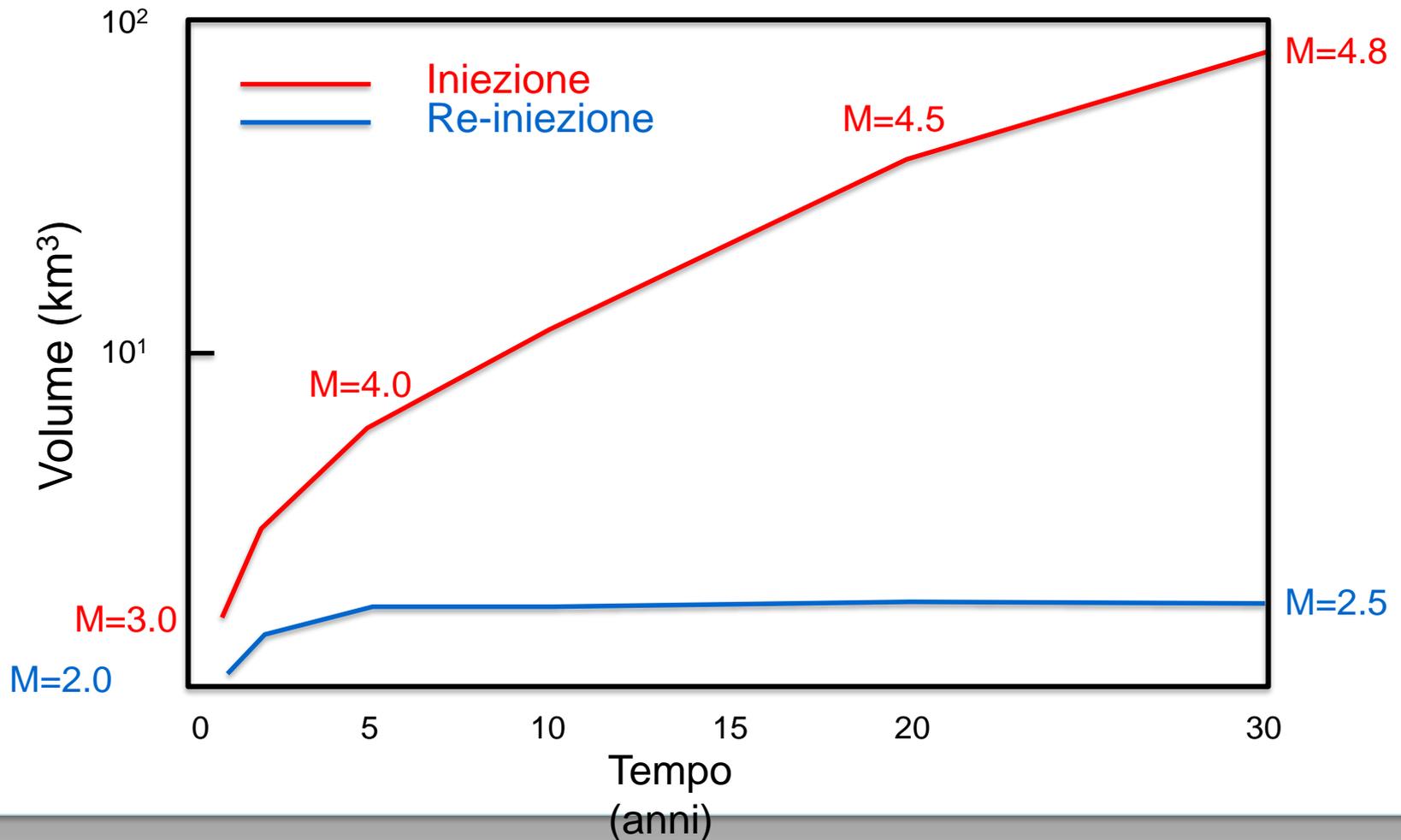
SIMULAZIONI NUMERICHE, CON MODELLI AVANZATI TERMO-FLUIDODINAMICI, IN CONDIZIONI RAPPRESENTATIVE DEI SERBATOI GEOTERMICI REALI

Schiavone et al., GEOTHERMICS, 2019

# La reiniezione ha rischi generalmente trascurabili rispetto alla pura iniezione

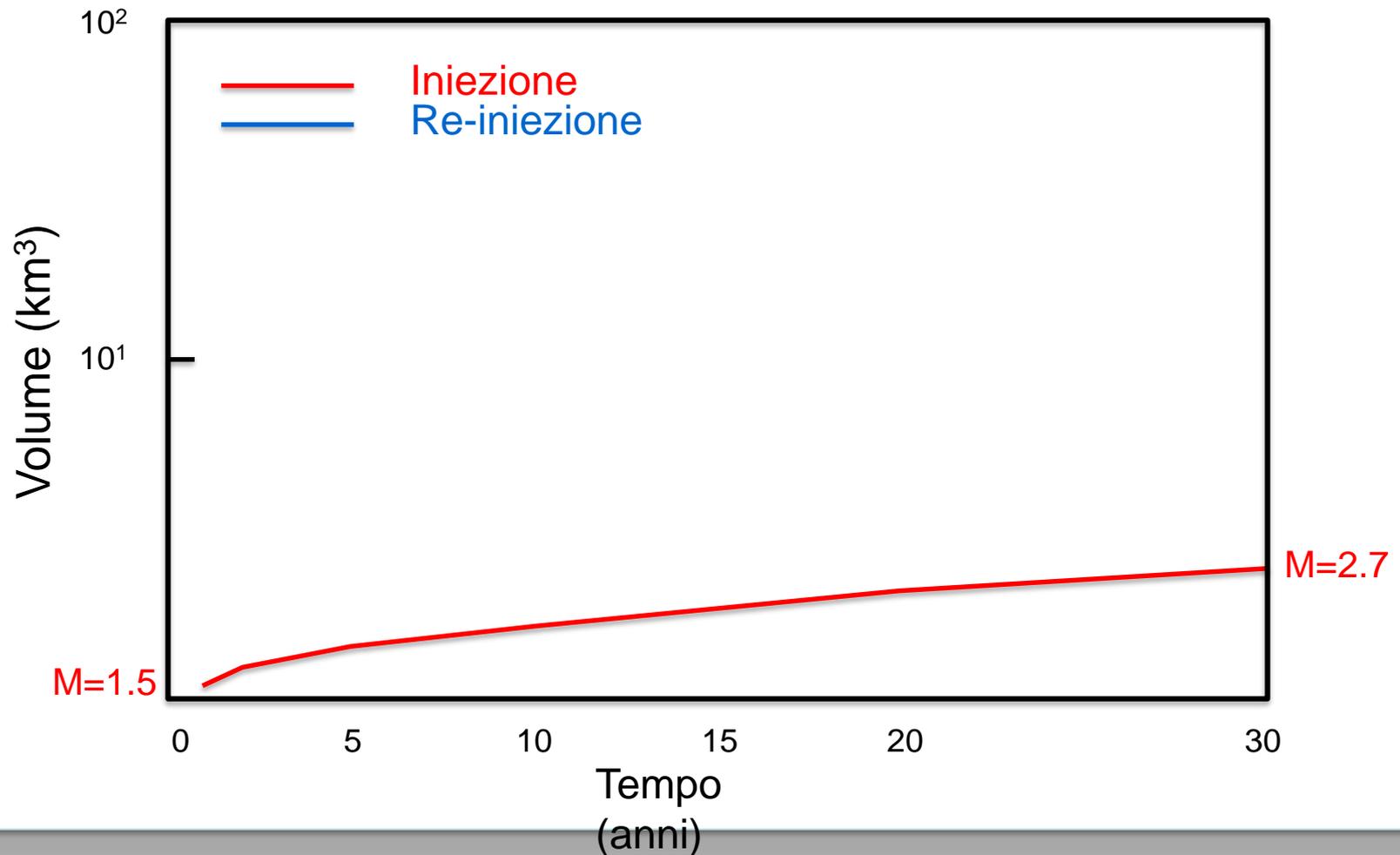
## Modelli con permeabilità bassa (es. Graniti, EGS)

$\Delta P_{crit.} = 1$  MPa Flusso  $F = 35$  l/s Permeabilità  $K = 10^{-16}$  m<sup>2</sup>



# Modelli con permeabilità medio-alta (es. rocce vulcaniche)

$\Delta P_{crit.} = 1$  MPa Flusso  $F = 35$  l/s Permeabilità  $K = 10^{-14}$  m<sup>2</sup>



# La Geotermia e gli Impianti 'Ibridi' per la co-generazione elettrica-termica

- ✧ La Geotermia, al contrario di altre rinnovabili (es. solare, eolico) eroga energia in maniera continua, il che permette di utilizzarla come 'carico di base' (al pari delle energie fossili e nucleare)
- ✧ La Geotermia può comunque essere utilizzata in congiunzione con altre rinnovabili, come il solare, l'eolico, le bio-masse; può anche essere utilizzata per accumulare il calore prodotto da impianti solari-termici e solari-termodinamici, ed erogarlo in seguito per la produzione elettrica e termica

Grazie per l'Attenzione....