



GEO200

**I 200 anni dell'utilizzo industriale del sito di Larderello:
una geotermia sostenibile**

7 -8 maggio 2018

Dati ambientali della geotermia

Adele Manzella , Maria Silvia Giamberini

CNR-IGG, Pisa

manzella@igg.cnr.it, giamberini@igg.cnr.it

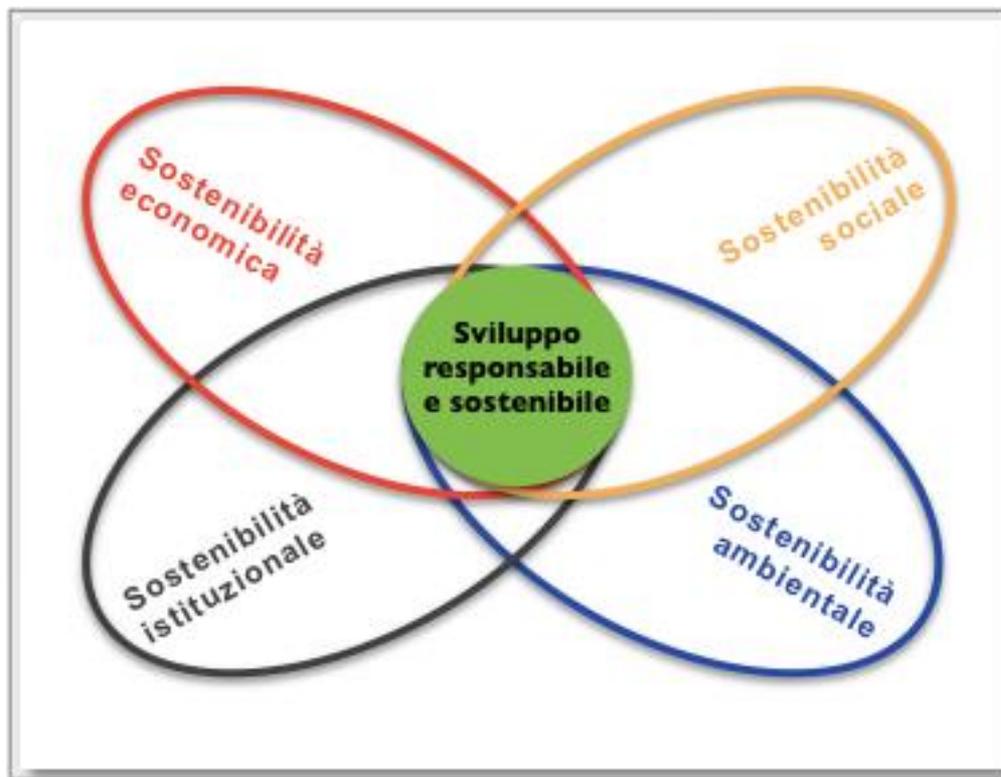


Consiglio Nazionale delle Ricerche
National Research Council of Italy

Istituto di Geoscienze e Georisorse
Institute of Geosciences and Earth Resources



Aspetti ambientali nella pianificazione energetica



Life Cycle Assessment

- **Impatto ambientale:** modifiche, positive o negative, degli stati ambientali di fatto, indotti dall'attuazione di un progetto/prodotto.
- **indagine complessiva del problema su tutto il ciclo di vita (life cycle) del prodotto:** dalla produzione di materie prime, alla fabbricazione, distribuzione, uso e smaltimento, compreso il trasporto e il consumo di energia.
- **migliori tecnologie** (BAT: Best Available Technologies) per minimizzare gli impatti negativi e massimizzare gli impatti positivi



Impatto ambientale in geotermia

I potenziali effetti ambientali possono essere schematicamente raggruppati nelle seguenti categorie principali:

- *disturbi di superficie* (paesaggio, flora e fauna);
- *effetti fisici* (sismicità indotta, subsidenza, riduzione di manifestazioni naturali, effetti visivi);
- *rumore* (delle apparecchiature durante la perforazione, costruzione e gestione dell'impianto);
- *inquinamento termico* (rilascio di vapore, reiniezione dei fluidi);
- *inquinamento chimico* (emissioni gassose in atmosfera, reiniezione dei fluidi, smaltimento dei rifiuti liquidi e solidi).



Dati ambientali in Italia

Nell'ambito del Progetto Atlante Geotermico del Mezzogiorno d'Italia il CNR ha prodotto nel 2016 un volume dedicato agli aspetti ambientali della geotermia, che comprende:

- descrizione fattori impatto e misure di mitigazione degli impatti negativi
- raccolta dati italiani e confronto con casi internazionali
- descrizione della normativa vigente (al 2016)

Sintesi e aggiornamento dati in un recente articolo pubblicato su Geothermics

La valutazione ambientale è richiesta in fase di autorizzazione

I dati ambientali a disposizione sono relativi a produzione elettrica, pochi e sparsi quelli relativi ad altre tipologie di utilizzo.

Le centrali geotermiche toscane sono monitorate, e i dati pubblicati periodicamente



Effetti e dati ambientali analizzati



Emissioni in Atmosfera

Sorgenti:

- Manifestazioni naturali (fumarole ecc.)
- Pozzi (spurghi momentanei)
- Centrali di produzione (a valle del compressore delle turbine e dalle torri di raffreddamento, e dal drift disperso dalle torri, che adsorbe inquinanti idrosolubili sotto forma di sali disciolti)



Emissioni in atmosfera



Soglie limite di concentrazione adottate dalla Regione Toscana

Parametro	Concentrazione
Idrogeno solforato (H ₂ S)	150 µg/m ³ media 24 ore
	100 µg/m ³ per 1 – 14 giorni (valore medio sul periodo)
	20 µg/m ³ fino a 90 giorni (valore medio sul periodo)
Arsenico (As)	6 ng/m ³ media annuale
Mercurio (Hg)	0,2 µg/m ³
Boro (B)	20 µg/m ³ media 24 ore
	10 µg/m ³ per 1 – 14 giorni (valore medio sul periodo)
Ammoniaca (NH ₃)	170 µg/m ³ media 24 ore
	70 µg/m ³ per 1 – 14 giorni (valore medio sul periodo)
Antimonio (Sb)	5 µg/m ³ media 24 ore

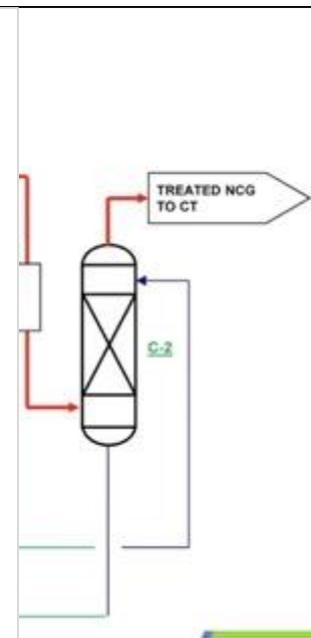
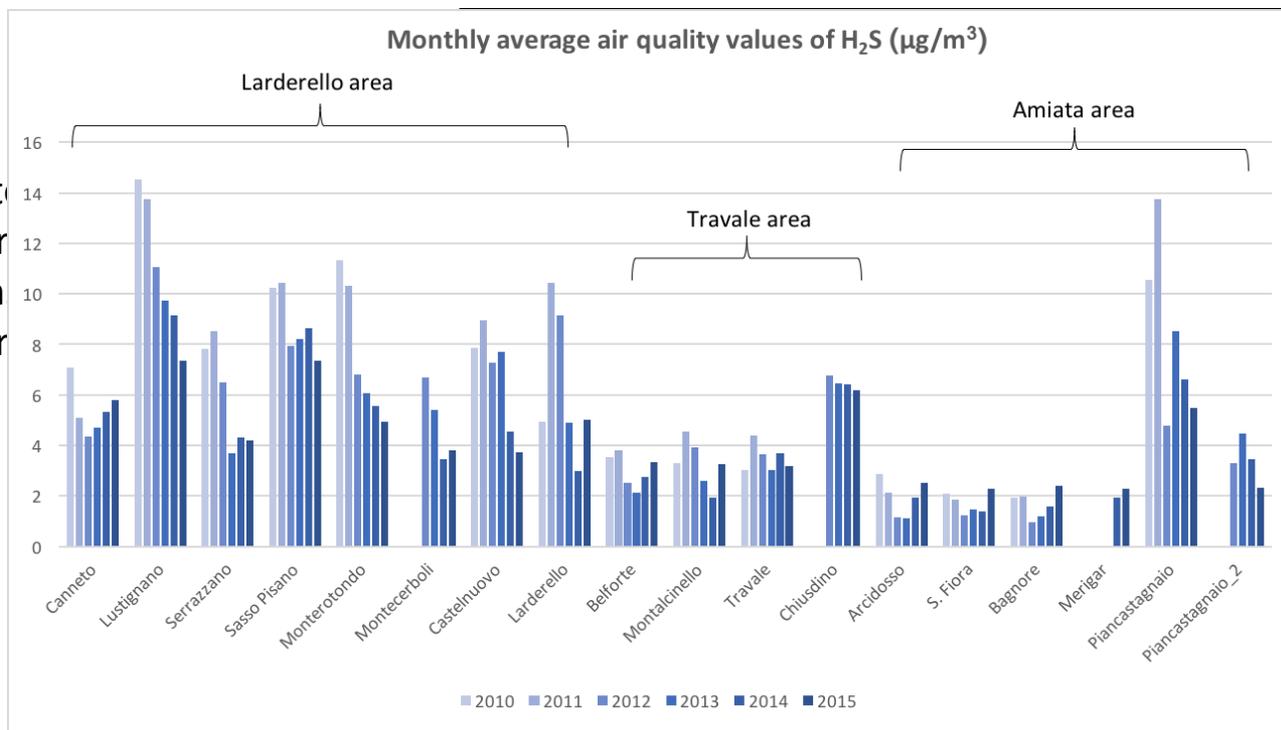
Emissioni in atmosfera



Fattore di emissione	Larderello-Travale Medio	Mt. Amiata Medio	Totale Medio	Totale Min-Max	Altri paesi Medio
CO₂ kg/MWh	314.49 (1)	852.29 (1)	372.57 (1)	183.5-531.5 (1)	180 Flash steam - USA (c)
	309 (5)	497 (4) 508 (5)	333 (5)	76-813 (5)	245 USA, California-Coso (e) 45 USA, California-The Geysers (e) 107 USA, California (e) 26-181 Iceland (d) 34 Iceland (e) 104.4 New Zealand (e)
CH₄ kg/MWh	1.43 (3)	11.9 (3)	2.39 (5)	1.3-6.0 (1)	0.75 USA (a)
	1.22 (5)	8.41 (5)			0.85 New Zealand (b) 18.3 New Zealand (e)
H₂S kg/MWh	2.93 (1)	4.40 (1)	3.09 (1)	1.1-3.2 (1)	0.085 USA (a)
	0.96 (5)	0.81 (5)	0.96 (5)	0.3-3.2 (2) 0.27-2.74 (5)	5-23 Iceland (d)
Hg g/MWh	0.16 (1)	1.34 (1)	0.29 (1)	0.06-0.8 (2)	
	0.08 (5)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.02-0.47 (5)	
As g/MWh	0.09 (1)	0.15 (1)	0.09 (1)	0.02-0.11 (1)	
	0.09 (5)	0.07 (5)	0.08 (5)	0.01-0.38 (5)	
NH₃ kg/MWh	0.46-0.70 (1*)	3.27-5.53 (1*)	0.77 (1)	0.16-2.67 (5)	0.06 - USA (a)
	0.53 (5)	0.7 (5)	0.7 (5)		

Emissioni ridotte da sistemi di abbattimento

Abbattimento
 - 80-98 % r
 inconden
 - 90-99 % r



altri sistemi di abbattimento:

- ammoniaca (80-90%)
- DEMISTER (abbattitori di aerosol) (Hg e H₂S nel condensato, As, B, ammoniaca)



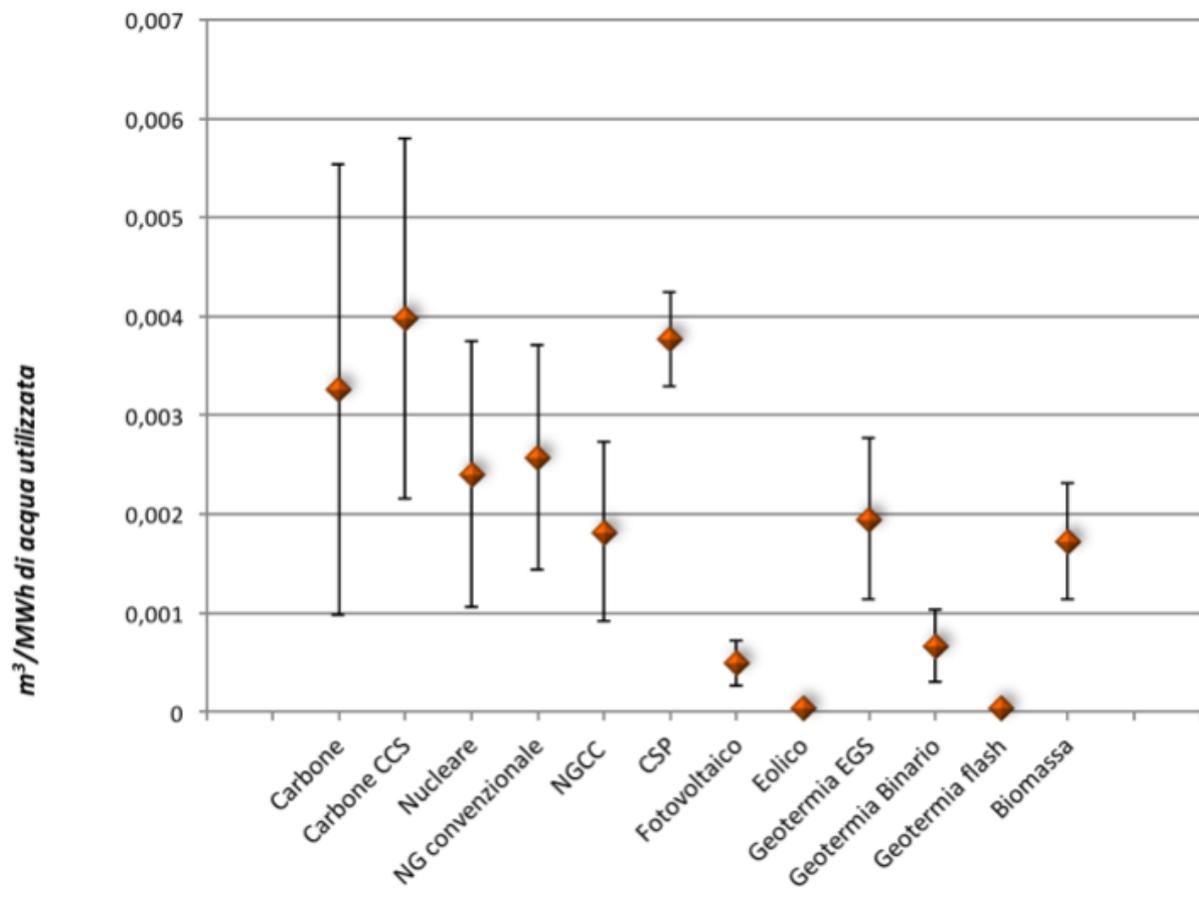
Acque

Acque

Massimo controllo
in uso (ad es. l'acqua
condensato)

Contaminazioni
dati disponibili ()
indicazioni di co

Interferenza tra
in corso, modell



Mancano dati di monitoraggio di lungo periodo dei fluidi, acquiferi e piovosità

Coltivazione del campo geotermico accurata e reiniezione riducono al minimo la perdita di pressione in serbatoio geotermico

a

so, i
anno

ora



Rifiuti

Rifiuti

Rifiuto prodotto per pozzo	Quantitativo (t)
Fanghi di perforazione, senza reiniezione	310
Fanghi di perforazione, incluso pozzo di reiniezione	600-650
Imballaggi	0,5
Materiali in gomma	1,5
Legname	0,4
Oli esausti	0,15
Filtri e materiali contaminati con oli	0,15

Corsi, 2013

La produzione di rifiuti più significativa si ha durante lo scavo dei pozzi: Fanghi di perforazione + terre e rocce di scavo.

Per contenere la produzione di fanghi e la contaminazione del suolo: vasche di contenimento, vagliatura, riciclo dei fanghi, uso di additivi non inquinanti



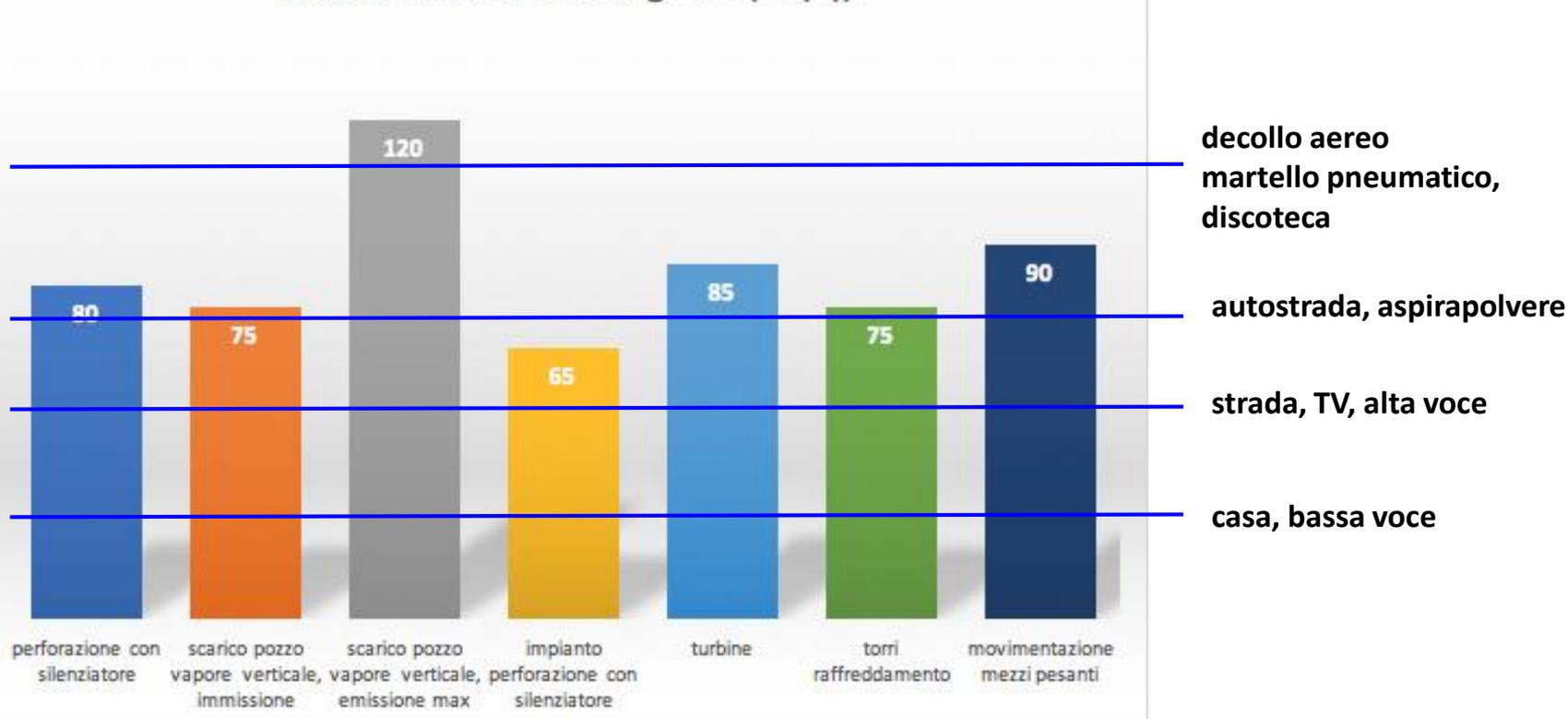


Rumore

Rumore

Variabile nelle diverse fasi

livelli emissione alla sorgente (dB(A))



Dati da letteratura

Le fasi iniziali di esplorazione e costruzione sono le più rumorose

Rumore

Classificazione del territorio comunale		Limiti di emissione dB(A)		Limiti di immissione dB(A)		Valori standard di qualità dB(A)	
Classe	Denominazione	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
I	Aree particolarmente protette	45	35	50	40	47	37
II	Aree prevalentemente residenziali	50	40	55	45	52	42
III	Aree di tipo misto	55	45	60	50	57	47
IV	Aree di intensa attività umana	60	50	65	55	62	52
V	Aree prevalentemente industriali	65	55	70	60	67	57
VI	Aree esclusivamente industriali	65	65	70	70	70	70



Impatto visivo

Impatto visivo

Nella fase di **esplorazione**, la maggior parte dell'impatto è dovuta alla rimozione della vegetazione, alla preparazione delle aree che accoglieranno le attrezzature (sbancamenti, movimenti terra), alla realizzazione e/o all'adeguamento delle strade di accesso, alla presenza fisica delle attrezzature di cantiere e dei mezzi in movimento.

Temporaneo



Impatto visivo

L'impatto visivo più significativo in fase di **esercizio** è determinato dalla presenza dei vapordotti, delle centrali, dei boccapozzo.



Impatto visivo



Cura architettonica



Impianti storici,
turismo tecnologico



Subsidenza

Subsidenza



La subsidenza, è un fenomeno di abbassamento verticale della superficie terrestre che può essere causato da processi naturali, quali movimenti tettonici ed eruzioni vulcaniche, o indotto da attività antropiche come l'estrazione di fluidi dal sottosuolo (p.e. acqua, gas, olio) e attività mineraria.

A Larderello rilievi accurati sono stati effettuati a partire dal 1922-23 per volontà del principe Piero Ginori Conti, e proseguite con metodi diversi fino ad oggi. Nell'area di Travale-Radicondoli il monitoraggio delle deformazioni verticali del suolo iniziò contemporaneamente all'utilizzo industriale dell'area. **Le deformazioni risultano limitate** *reiniezione*

Campo Geotermico	Paese	Periodo di indagine	Tassi max (mm/a)	Riferimento bibliografico
Wairakei	Nuova Zelanda	1955-1998	480	Allis, 2000
Cerro Prieto	Messico	1994-1997	120	Glowacka et al., 2000
The Geysers	USA	1977-1999	47-50	Massop e Segall, 1997 Vasco, 2013
Larderello	Italia	1923-1986	26	Dini e Rossi, 1990
		1986-1993	12	Dini et al., 1995
		1993-2010	29	Botteghi et al., 2015
Travale	Italia	1973-2003	23	Ciulli et al., 2005
		1992-2010	15	Botteghi et al., 2015



Sismicità indotta

Sismicità indotta

Campo Geotermico	Anna dell'evento	Massima Magnitudo (M_L)	Tipo
Larderello/ Travale	1978	3.2	Supposto
	2000	3.9	Supposto
Mt. Amiata	1983	3.5	Supposto
Latera	1980	2.9	Documentato
Torre Alfina	1977	3.0	Documentato
Cesano	1978	2.0	Documentato

Eventi di bassa magnitudo, salvo quelli documentati e conseguenti a stimolazione idraulica negli anni 1970-80

Relazione produzione geotermica- alcuni eventi di più alta magnitudo dibattuta

Conclusioni

Utilizzo in Italia delle migliori tecnologie commerciali per mitigazione impatto alla centrale. Il monitoraggio è efficace, avanzato rispetto a quanto fatto in molti altri paesi.

Limite: 200 anni di produzione a Larderello (prima boro, poi elettricità) e mancanza di dati ambientali degli impianti storici precedenti la messa in opera di impianti (no baseline)

Pochi studi LCA

Pochi studi completi e comparabili

Table 1: The classification of published LCAs of geothermal energy production according to the type of energy produced, reservoir and conversion technology

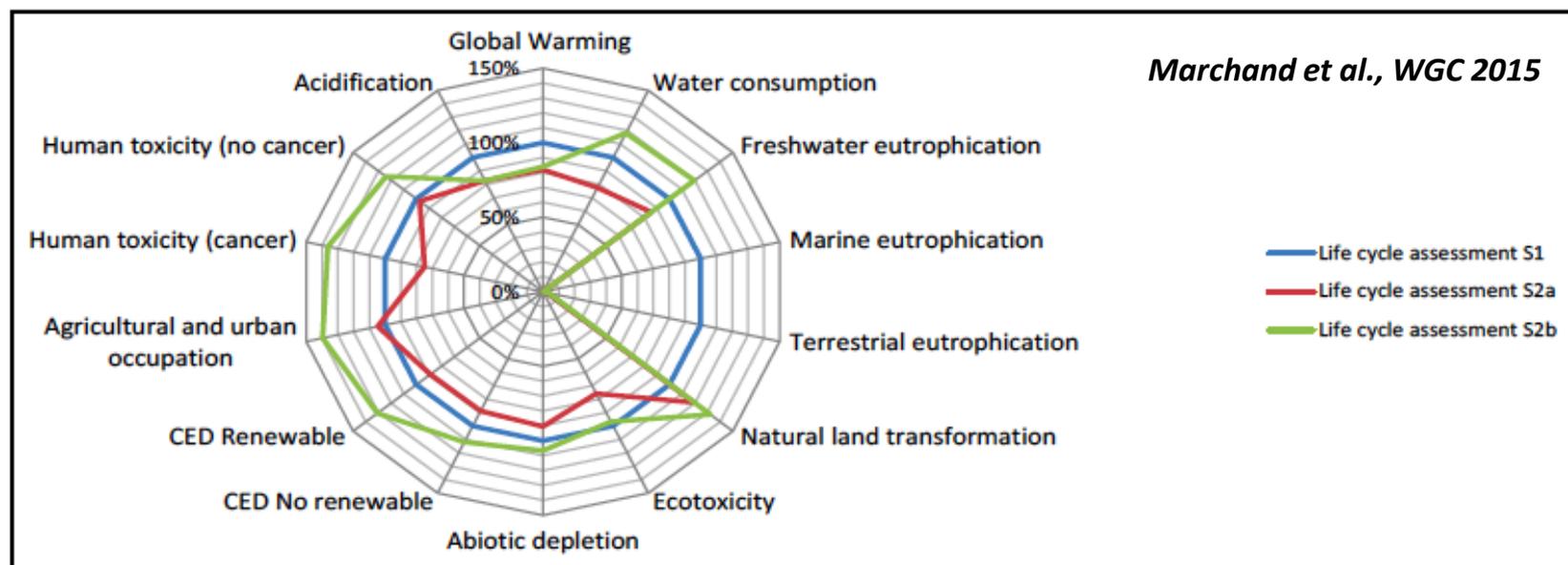
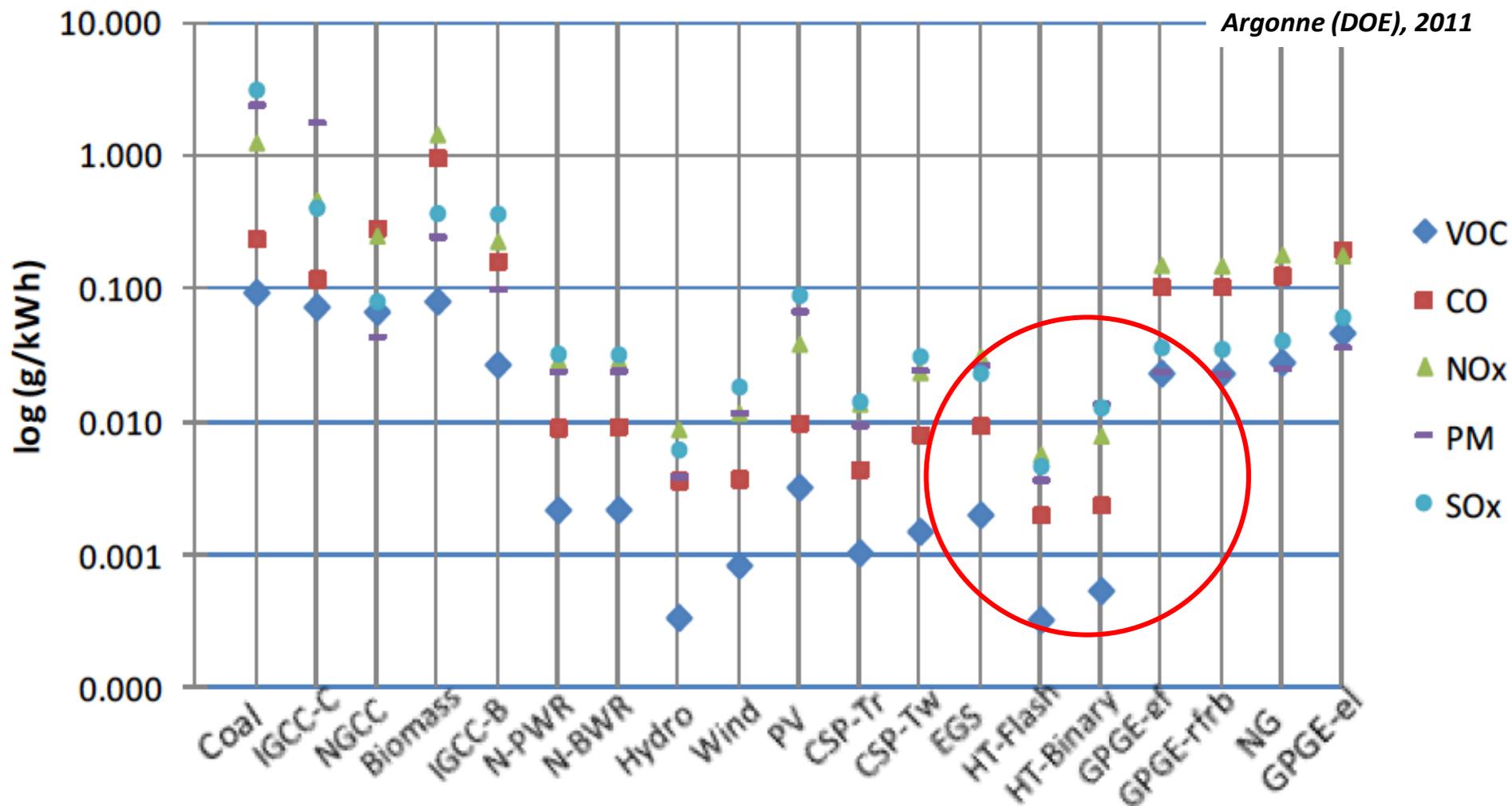


Figure 2: Environmental impact potentials of the three scenarios, considering scenario 1 as the reference (100%) for each impact category

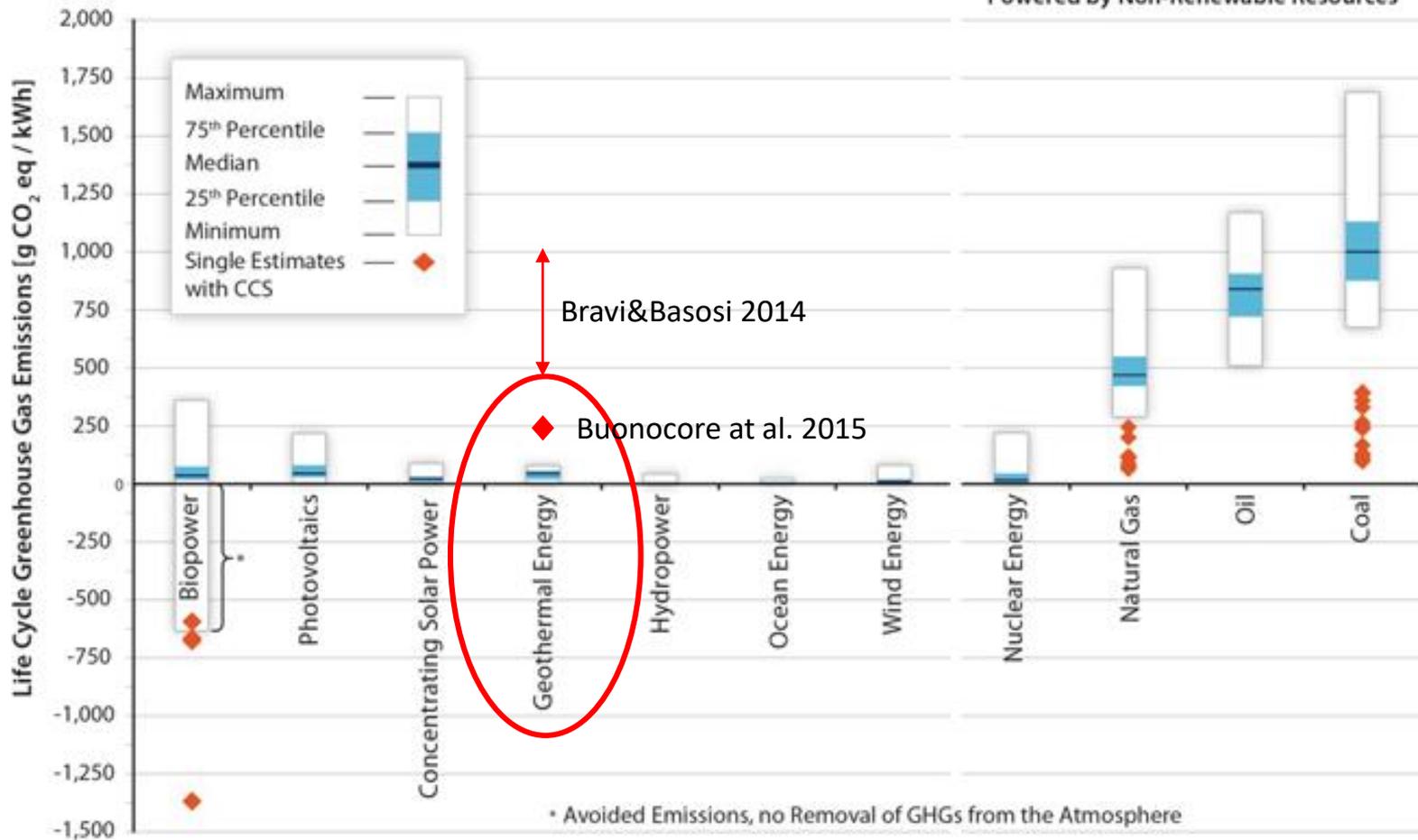
Type of conversion technology	2012]
Organic Rankine Cycle (used a binary fluid)	[Clark, Wang, Vyas and Gasper 2009], [Rule, Worth and Boyle 2009], [Frick, Kaltschmitt and Schröder 2010], [Sullivan, Clarck, Yuan, Han and Wang 2010], [Matuszewska 2011], [Gerber and Maréchal 2012], [Lacirignola and Blanc 2013]

Emissioni LCA a confronto



Electricity Generation Technologies Powered by Renewable Resources

Electricity Generation Technologies Powered by Non-Renewable Resources



Count of Estimates	222(+4)	124	36	8	28	10	126	125	83(+7)	24	169(+12)
Count of References	52(+0)	26	10	6	11	5	49	32	36(+4)	10	50(+10)



Conclusioni

Utilizzo in Italia delle migliori tecnologie commerciali per mitigazione impatto alla centrale. Il monitoraggio è efficace, avanzato rispetto a quanto fatto in molti altri paesi.

Limite: 200 anni di produzione a Larderello (prima boro, poi elettricità) e mancanza di dati ambientali degli impianti storici precedenti la messa in opera di impianti (no baseline)

Pochi studi LCA

Nuove tecnologie in sviluppo per ottimizzare mitigazione emissioni (reimmissione dei fluidi nel sottosuolo, sperimentazione in Islanda e Nuova Zelanda in condizioni geologiche diverse da quelle italiane)

Innovazione tecnologica



verdi),



Benefici diretti

utilizzo del calore, dei manufatti

utilizzo dei fluidi o elementi chimici:

- CO₂ per coltivazione piante e alghe o per produrre acqua frizzante
- estrazione materiale economicamente utilizzabile (ad es. Litio per batterie)

...

Innovazione tecnologica



Rischio
connesso
della
cause
per la

Geothermics 72 (2018) 232–248



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Geothermics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geothermics



Environmental and social aspects of geothermal energy in Italy

Adele Manzella^{a,*}, Roberto Bonciani^b, Agnes Allansdottir^c, Serena Botteghi^a, Assunta Donato^a,
Silvia Giamberini^a, Alessandro Lenzi^b, Marco Paci^b, Anna Pellizzone^a, Davide Scrocca^d

^a CNR—Institute of Geosciences and Earth Resources, Via Moruzzi 1, 56124 Pisa, Italy

^b Enel Green Power, Via Andrea Pisano 120, 56122 Pisa, Italy

^c Fondazione Toscana Life Sciences, Via Fiorentina, 1, 53100 Siena, Italy

^d CNR—Institute of Environmental Geology and Geoengineering, c/o Dip. Scienze della Terra Università Sapienza, P.le A. Moro 5, 00185 Roma, Italy



In breve

Il progetto è dedicato a sistemi potenzialmente adatti ad energia elettrica da quali sistemi geotermici (geothermal systems), magmatoidi,

Nell'Atlante viene valutata la "favorevolezza" (favourability), volta ad ospitare la risorsa geotermica.

I parametri geochimici geotermici, sono stati elaborati e sono stati elaborati favorevolezza. In questa parte tematica utilizzata

ARTICLE INFO

Keywords:

Air emissions
Water interference
Noise
Induced seismicity
Larderello
Mt. Amiata

ABSTRACT

Geothermal plants have been producing power in Italy for more than a century. Since local opposition to geothermal development is often fuelled by incomplete and inaccurate environmental information, this paper provides a comprehensive description of the effect of geothermal development on the air, water and soil and investigates potential disturbance from noise, subsidence, and seismicity, as well as the visual impact on the local area. After discussing the risks associated with the geothermal development and the reference data, the paper describes the wide-reaching environmental monitoring and mitigation measures in Italy that have maintained impact values below the thresholds defined by European and Italian regulation. The social benefits for areas where geothermal energy is developed are also described, with the aid of case studies highlighting that citizens do not feel that they are sufficiently informed to have a voice in the innovation process. A regular and comprehensive review of the geothermal environmental and safety regime, as the one carried out in this paper, and a mutual exchange of knowledge between the different stakeholders should be strongly encouraged.



Grazie per l'attenzione

e uno speciale ringraziamento ai coautori dei due documenti, che hanno partecipato alla raccolta, organizzazione e descrizione delle informazioni ambientali qui presentate

S. Botteghi, A. Donato, D. Scrocca (CNR) coadiuvati da I. Nardini e D. Bruno
R. Bonciani, A. Lenzi, M. Paci (Enel GreenPower)