

3

AGIP AMI  
ASRE

Copia a: Dr. Jaboli  
Ing. Faverzani

GEO TERMIA

PRECEDENTI ATTIVITA' GEOTERMICHE DELL'AGIP E SUGGERIMENTI PER UNA  
RIPRESA DELLE INDAGINI

Dr. Claudio Sommaruga

San Donato Milanese, 9 Aprile 1974.

PRECEDENTI ATTIVITA' GEOTERMICHE DELL'AGIP E SUGGERIMENTI PER UNA  
RIPRESA DELLE INDAGINI

RIASSUNTO E CONCLUSIONI.

Le indagini geotermiche svolte dall'AGIP negli anni furono bruscamente interrotte nel 1956 lasciando irrealizzati diversi progetti. Da allora non si sono praticamente effettuate altre ricerche in Italia.

Un eventuale nostro nuovo interessamento alla ricerca geotermica presuppone quindi un riesame e un arricchimento dei nostri progetti alla luce delle più moderne conoscenze della geologia italiana e delle esperienze e tecnologie maturate nel frattempo all'estero.

Gli studi generali e su particolari aree indiziate potrebbero venire affidati alla GEOTECNECO e all'IDROTECNECO, da noi strettamente seguite e assistite che potrebbero in tal modo conseguire anche una specializzazione industriale interessante.

L'impegno per la GEOTECNECO/IDROTECNECO dovrebbe aggirarsi sul 200-250 milioni/anno per un ciclo di indagini di non meno di tre anni, considerato anche la necessità di assumere e specializzare apposito personale.

Le indagini particolari relative all'utilizzazione di acque

calde nelle aree dei nostri permessi di idrocarburi, dovrebbero continuare ad essere svolte dall'AGIP.

Nella previsione di un rinnovato interesse per lo sfruttamento delle risorse geotermiche italiane da parte non solo dell'ENEL, ma anche di terzi (per es. la UNION), potrebbe convenire di bloccare con permessi di ricerca talune aree già indiziate senza attendere i risultati completi delle indagini di cui sopra e che potrebbero essere disponibili troppo tardi. Tali aree potrebbero essere l'alto Lazio (attorno ai permessi ENEL), la regione Flegrea e circumvesuviana, alcune isole vulcaniche (Vulcano/Lipari, Pantelleria, Ischia) l'area Euganei/Venezia.

PRECEDENTI ATTIVITA' GEOTERMICHE DELL'AGIP E SUGGERIMENTI PER UNA  
RIPRESA DELLE INDAGINI

La "crisi energetica" in atto rende di nuovo attuale lo sfruttamento dell'energia geotermica, una delle poche risorse energetiche del nostro paese oltre che la più economica<sup>(1)</sup>, e figura inoltre nelle funzioni istitutive della nostra Azienda.

Nei convegni energetici italiani se ne parla con sempre maggior frequenza, con attacchi polemici all'ENEL che ha praticamente sempre limitato le ricerche al solo mantenimento della produzione delle centrali esistenti, rinunciando all'esplorazione di nuove aree.

Critiche sono pure mosse al C.N.R. al quale, nel 1964, fu dato incarico di indagare sulle risorse geotermiche italiane ma che ha limitato la sua attività a organizzazione internazionale di convegni, pubblicazioni, corsi di addestramento e studi per l'ENEL nelle note aree geotermiche toscane.

Con la cessazione negli anni 50 dell'attività della SAFEN, della TERNI, oltre che dell'AGIP e della sua consociata Soc. Vulcano, e costituitasi l'ENEL che monopolizzava la produzione di energia elet

---

(1) Il chilowattora geotermico è ancora oggi, nel mondo e in Italia, competitivo con quello termico e col nucleare.

trica, in pratica nessuna prospezione geotermica è stata più compiuta in Italia.

PRECEDENTE ATTIVITA' DELL'AGIP.

Nel campo della "geotermica" l'AGIP ha svolto attività di studio e di sperimentazione limitatamente al periodo che va dalla fine del 1951 all'estate del 1956.

Da allora l'attività fu limitata alla partecipazione a qualche convegno, a occasionale informazione ed ad un paio di studi, con modello analogico, per conto del CNR e dell'ANIC.

Nel periodo della nostra attività operativa furono, tra l'altro, effettuati:

A) - Un pozzo sperimentale nell'isola di Vulcano che dimostrò:

- a) l'esistenza di un campo di vapore umido di possibile sfruttamento (se non fosse stato in un'isola allora pressochè disabitata) con possibilità di estrapolazione, ad altre situazioni analoghe, del tema di ricerca nelle vulcaniti di un vulcano attivo;
- b) la possibilità di trasformare, con opportune tecniche, una erogazione discontinua ("geyser") in erogazione continua: risultati che la SAFEN non riuscì ad ottenere in condizioni analoghe nei suoi pozzi di Ischia e dei campi Flegrei, per mancanza o deficiente cementazione delle colonne e conseguente afflusso di acque fredde di strato;
- c) la possibilità pratica di ottenere, con soluzioni tecniche innovative, il completamento multiplo di un pozzo con produzioni distinte, dal tubing e dalle intercapedini, di differenti livelli produttivi.

- B) - Un pozzo di quasi 3000 m a Sciacca, che dimostrò la possibilità di esistenza di bacini idrotermali superficiali, per circolazione termoconvettiva, in masse porose continue e di notevole volume.
- C) - Studio del "fenomeno Larderello" dal punto di vista genetico, geologico, giacimentologico, tecnologico (perforazione, produzione, utilizzazione). I risultati dei nostri studi portarono a indiscutibili progressi tecnici della Larderello (chiusura dei sondaggi, test, misurazioni, regime e tecniche di produzione dei campi, ecc). e alla individuazione di nuovi possibili campi vaporiferi, con limitatissime manifestazioni superficiali, al M. Amiata, e la cui esistenza fu poi confermata alcuni anni dopo dalla stessa Larderello, al corrente del progetto.

Alla cessazione della nostra attività, determinata dal mancato trasferimento all'ENI della Larderello, rimanevano sulla carta alcuni progetti allora ritenuti di pratico interesse, oltre a quello citato del M. Amiata, e dei quali si elencano i principali:

- a) - pozzo profondo nell'isola di Vulcano;
- b) - ricerche nella piana circumvesuviana, che risultava presentare caratteristiche insolite particolarmente favorevoli all'esistenza di campi di acque calde e di vapore;
- c) - ricerche nell'alto Lazio (Viterbo-La Tolfa) e nel Vulcano Laziale);
- d) - ricerche nella regione Euganea: tema "acqua calda".

Venivano invece redimensionati l'interesse dell'Etna, dei vulcani spenti di Roccamonfina e del Vulture, e confermato invece

l'interesse delle aree Flegree e delle isole vulcaniche attive, in particolare: Vulcano, Pantelleria).

SUGGERIMENTI PER UNA EVENTUALE RIPRESA DELL'ATTIVITA' GEOTERMICA  
DELL'AGIP.

Attualmente la produzione della Larderello si aggira sui 2,7 miliardi KWh/anno, con tendenza attuale a calare, pari nel 1972 al 2% della produzione elettrica nazionale. Se i nuovi ritrovamenti mantenesero invariata la produzione, questa percentuale è destinata a divenire 1,5% nel 1975, 1,1% nel 1980, 0,7% nel 1985, 0,5% nel 1990.

Nuove scoperte equivalenti a quelle già note di Larderello-Amiata, ciò che potrebbe rappresentare già un notevole successo, raddoppierebbero queste percentuali senza variare sostanzialmente le dimensioni del problema; in altre parole si può dire che l'energia geotermica potrà solo alleviare, ma non risolvere, la nostra crisi energetica.

Resta tuttavia l'interesse ed il dovere nazionale di non trascurare queste risorse sia pure percentualmente modeste ma sempre interessanti in assoluto.

E' da prevedere che presto assisteremo ad una ripresa dell'attività operativa su scala nazionale, non solo ai fini della produzione di elettricità, ma anche per altri usi (riscaldamento domestico, usi termoindustriali, chimici, agricoli) con particolare impiego anche delle risorse a bassa entalpia (acqua calda).

Come è noto la UNION ha già manifestato interesse per ricerche in Italia ed è alla ricerca di un partner.

Una eventuale ripresa della nostra attività nel campo geotermico potrebbe verificarsi attraverso le fasi e le modalità seguen-

ti:

- 1) - Permessi di ricerca: potrebbe rivelarsi utile bloccare alcune aree già indiziate con permessi di ricerca e senza attendere i risultati di nuovi studi preliminari che potrebbero essere disponibili forse troppo tardi; ciò consentirebbe di trattare con eventuali partners (UNION, altri) su ben altre basi.

I permessi di ricerca potrebbero riguardare per esempio aree dell'Alto Lazio fuori dei vigenti permessi ENEL e aree (ora completamente libere) del Napoletano (Campi Flegrei, piana campana circunvesuviana) e talune isole vulcaniche (Ischia, Lipari, Vulcano, Pantelleria).

- 2) - Aggiornamento delle conoscenze geologiche e tecnologiche: durante i 18 anni di sospensione dell'attività dell'AGIP nel campo geotermico si sono fatti notevoli progressi nel campo delle conoscenze geologiche italiane e nei campi della teoria, della ricerca, delle tecniche di prospezione, perforazione, produzione e utilizzazione di vapore e di acque calde naturali, soprattutto negli USA (dove sono state presentate ultimamente domande che prevedono la perforazione di quasi 2500 sondaggi).

In particolare per quanto riguarda la regione italiana, poichè le ricerche effettuate da terzi in questi diciotto anni sono state pressochè inesistenti, si dovranno solo vagliare i nostri vecchi progetti e vararne dei nuovi, alla luce delle più recenti conoscenze geologiche regionali e locali e delle più moderne vedute di geologia avanzata. Queste indagini regionali ad ampio respiro possono comprendere:

- a) interpretazione di immagini nell'infrarosso termico, ed in altre gamme d'onda, riprese da satellite o da aereo, riguardanti



- aree italiane di interesse geotermico provato o presunto; analisi di fenomeni tettonici di origine profonda (p.es. faglie trasformi, intrusioni e fenomeni vulcano tettonici, ecc.);
- b) individuazione di aree di più intenso sollevamento durante il quaternario, e quindi di possibile anomalia geotermica positiva avvalendosi anche di metodologie analoghe a quelle che ci hanno consentito di individuare in Toscana il sollevamento dell'Amiata, analogo a quello di Larderello attribuibile a intrusione tardiva di diapiri granitici (minimi gravimetrici locali abbinati a sollevamenti recenti circoscritti);
- c) raccolta di dati riguardanti flussi di calore e gradienti geotermici misurati da terzi, integrando i dati rilevati nei pozzi AGIP.
- 3) - Indagini bibliografiche, geologiche, fotogeologiche più approfondite relative ad aree particolarmente indiziate, e sulle quali richiedere, se di confermato interesse, permessi di ricerca.
- 4) - Prospezioni geotermiche e geochimiche di superficie, e prospezioni geofisiche coi metodi più appropriati, su aree tutelate da permesso di ricerca.

Per lo svolgimento di queste indagini occorre disporre di un gruppo di lavoro più o meno numeroso a seconda dello sforzo e dei tempi che si vogliono impiegare.

In particolare si possono prevedere alcuni geologi, un vulcanologo, un geochimico, un geofisico, avvalendosi anche dell'opera di consulenti esterni per studi ben precisi o locali.

Le indagini relative ad un possibile sfruttamento di acque calde nelle aree dei nostri permessi di idrocarburi potrebbero venire

svolte direttamente dall'AGIP; quelle invece geologiche, generali o particolari sopra illustrate potrebbero venire affidate alla GEOTECNECO e all'IDROTECNECO alle quali dovrebbe essere assicurato un impegno minimo di almeno tre anni, per sfruttare in pieno la specializzazione e le conoscenze che si dovranno raggiungere. Naturalmente si dovranno prevedere riunioni tecniche mensili con la GEOTECNECO e l'IDROTECNECO con l'esame dei risultati progressivi degli studi, e l'aggiustamento dei programmi.

A queste due società si potrebbe affidare anche la condotta dell'esplorazione geologica, geochimica e geofisica preliminare.

La specializzazione che la GEOTECNECO e l'IDROTECNECO conseguirebbero potrebbe procurare ad esse commesse all'estero da parte di terzi, con migliore utilizzo e organizzazione del gruppo di lavoro e riduzione dei costi.

La GEOTECNECO si sta già interessando a ricerche geotermiche in Libia.

Il costo del gruppo di lavoro previsto dalla GEOTECNECO potrebbe aggirarsi sui 200-250 milioni/anno.

Dr. Claudio Sommaruga

San Donato Milanese, 9/4/1974.

















Dal dicembre 1951 l'AGIP mobilità le sue strutture. Costituì nel Centro Studi di Lodi un Reparto F.E., affidato al geologo/vulcanologo C.Sommaruga e di cui facevano parte i geologi P.Antolini, P.Francalanci, G.F.Gino, A.Moraccini, il paleontologo A.Pignatti, il fisico V.Russo, i P.M. M.Bacci e F.Aronica. fiancheggiati dal geochimico G.L.Chierici, dal geofisico G.Muratori e dai laboratori di geochimica, di petrografia e di strumentazione del Centro Studi. I problemi di perforazione furono affrontati dal p.m. O. Olivero, uno dei migliori perforatori dell'AGIP. Il gruppo si avvaleva, formalmente e informalmente, di esperti esterni, come il grande vulcanologo A.Rittmann, supervisore scientifico, l'"appenninista" G.Merla, il geochimico F.Tonani, il vulcanologo-petrografo G.Marinelli, i "quaternaristi" A.C.Segre e E.Tongiorgi ed altri esperti. Tutta questa attività scientifica e organizzativa era poi strettamente seguita e animata dal Facca, (fino al dic. 1954, e poi da C.Sommaruga) in stretto contatto con Enrico Mattei e le alte direzioni dell' ENI e dell'AGIP. L'attività svolta dal 1951 al 1959 da questo gruppo numeroso, interdisciplinare e qualificato di ricercatori fu certamente feconda per la nascente moderna "geotermia": se ne riassumono di seguito, azioni e risultati:

1 -Iniziative societarie: a) costituzione della società VULCANO spa; b) acquisizione di 8856 km<sup>2</sup> di permessi per F.E., fra AGIP e VULCANO; c) costituzione, per disposizione governativa, della SIFE ("Soc. It. Forze Endogene", fra AGIP e SNAM (ENI 40 %), FINELETTRICA (IRI, 20 %), FF.SS. e LARDERELLO (40 %)), col programma, rimasto sulla carta, di perforare 100 pozzi in 4 anni in tutta Italia; d) assorbimento della SCIA (una metanifera del polesine titolare di un permesso F.E. a Vulcano); e) delibera del Consiglio dei Ministri per la cessione del pacchetto azionario di maggioranza della Larderello dalle FF.SS. all' ENI e, in via provvisoria, passaggio all' ENI della "riserva" della Larderello, per ricerca e sfruttamento di vapore endogeno nelle "4 province toscane" (Pisa, Firenze, Siena e Grosseto), salvo un' area di rispetto di 2,5 km di raggio attorno alle centrali della Larderello e impegno dell' ENI di cessione alla Larderello del vapore quivi rinvenuto, a prezzo di costo.

2 -Teorizzazione per merito soprattutto di G.C. Facca (1951), di un sistema geotermico a vapore e dei suoi componenti essenziali: fonte di calore ("plutone alimentatore"); emissione di fluidi endogeni ("acque juvenili") prevalenti in profondità sulle acque vadose; convezione soprastante del vapore attraverso fratture alimentatrici fino a un serbatoio poroso protetto verticalmente e lateralmente da una copertura stratigrafica e/o da autosigillamento ("barriera", poi ribattezzata "self sealing" e teorizzata, con F.Tonani (1961-69)); infine "fughe", per manifestazioni e pozzi, dei fluidi endogeni, superficialmente miscelati e raffreddati da acque vadose". Facca, lasciata l' AGIP, alla fine degli anni '50 e considerate le risultanze isotopiche, perfezionerà il modello riconoscendo ai fluidi esogeni un ruolo preminente su quelli endogeni privilegiati dai vulcanologi.

3 -Inventario delle risorse e vasta indagine bibliografica sul termalismo e il magmatismo in Italia (ricerca esterna della dr. N. Carcupino); campionamento e analisi di parecchie centinaia di manifestazioni in molte regioni, con una unità mobile, automontata, per campionamenti di acque e gas; stesura di monografie regionali (pubblicate Toscana e Sicilia).

4 -Sperimentazione in laboratorio, su modelli in vetro (in scala 1/18) di pozzi (anche con più alimentazioni, fluide o secche, a varia temperatura e chimismo) e di "geysers" e condizioni per la loro trasformazione ad erogazione continua. I risultati delle ricerche venivano poi verificate in pozzo a Vulcano.

5 -Sperimentazione in "natura", a Vulcano, coordinata con la ricerca di laboratorio, rilievi vulcanologici e geochimici e pozzi sperimentali a "carotaggio continuo" (ricchi di informazioni) con tecnologie innovative (pozzi S.Maria 1, Vulcano 2 (incidentato) e 2 bis), con reperimento di vapore a erogazione intermittente (pozzo S.Maria 1, non tubato) e continua nel pozzo Vulcano 2 bis con 3 acquiferi, tubato e cementato, profondo 236 m, con doppio completamento, da m.90 e da M.186 e produzione di vapore quasi secco (titolo 90%, pressione statica 19 ata, temp. max 198°C a fondo pozzo) tenuto in osservazione e sperimentazione dal 1953 al 1956. Il pozzo Vulcano 2 bis, tubato e cementato a regola nonostante le alte temperature, fu il primo ed uno dei pochi esempi di pozzi geotermici con doppio completamento: esso rappresenta, per il pionierismo, la riuscita, e le innovazioni, una tappa significativa della nascente moderna geotermia, con ripercussioni stimolanti anche per le altre compagnie geotermiche.

6 -Missione di studio a Larderello dell'"equipe" dell' AGIP (in qualità di "osservatrice"), dal dic. 1954 al luglio 1956, diretta da C.Sommaruga, nel quadro di attuazione del progettato trasferimento della Larderello all' ENI e con lo svolgimento delle seguenti attività:

-teorizzazione del fenomeno endogeno toscano;

-rilevamenti geologici, in Toscana, di interesse geotermico e petrolifero; definizione del progetto Amiata (dal 1953) e ubicazione di un possibile pozzo a Bagnore (poi realizzato, con successo, dalla "Larderello" nel 1957-59);

-analisi dei dati di archivio minerario della "Larderello" (circa 300 pozzi), calcolo delle pressioni statiche, valutazioni delle interferenze, declini di pozzi e campi, identificazione di pozzi con pressioni ormai anche inferiori a quelle della rete (pozzi "beventi", per mancanza di valvole di non ritorno);

-assistenza agli uffici tecnici della "Larderello" per la chiusura di pozzi (con previsioni delle pressioni di chiusura dei pozzi approssimate a 0,1/0,2 atm su 5-30 atm); sviluppo del primo studio di reservoir engineering in un campo geotermico (autori: G.F.Chierici, G.Muratori, C.Sommaruga); questo studio fu messo a disposizione della

"Larderello" e fu così commentato, nel 1979, da G.C.Facca, "i principi e le tecniche della costruzione della riserva di petrolio furono applicate per la prima volta nel campo a vapore secco di Larderello negli anni 1952-55, da Sommaruga, Chierici e Muratori, una squadra di ricercatori AGIP. Il loro importante rapporto non è stato mai pubblicato e così questo lavoro pionieristico non ha mai raggiunto un notevole impatto tecnologico. Comunque anche oggi la sua lettura è utile e stimolante..."

- Individuazione, in collaborazione fra G.Marinelli, C.Sommaruga e E.Tongiorgi, della coincidenza tra certi alti strutturali toscani e altolaziali (con sollevamenti del pliocene marino fino a 700-1100 m, rispettivamente a Larderello e all' Amiata) e minimi gravimetrici (anomalie di Bouguer, con differenze relative fino a meno 20-30 mgal), interpretati con l'ipotesi di intrusioni magmatiche ("diapiri granitici") impostatesi rispettivamente verso 4,5 e 2 milioni di anni fa, ancora attive e con top profondo (almeno sotto gli 8 km.). Impostazione conseguente del prospetto di ricerca Amiata, già proposto dall' AGIP nel 1953 e poi esplorato con successo dalla Larderello (1957-59). Le discussioni in argomento di Marinelli e Sommaruga (1954-56) furono particolarmente stimolanti e vennero integrate con sopralluoghi all' Amiata, anche con F.Tonani e A.Rittmann. Le idee correnti, a Larderello, propendevano invece e senza prove per un termalismo toscano riferito genericamente a idratazione di anidriti e per una origine esogena dei fluidi termali.

#### ABBANDONO DELL'AGIP E IMPATTO SULLA LARDERELLO.

Il progettato monopolio elettrico dell'ENEL (varato nel '62), l' abbandono dell' AGIP (per il mancato trasferimento della Larderello all'ENI, oramai impegnata a risolvere all' estero il "gap" energetico dell'Italia) e l' insuccesso della SAFEN, (coi modesti ritrovamenti di vapore umido nel Napoletano), frenarono negli anni '60 gli sviluppi già promettenti della geotermia italiana. Tuttavia bisogna dare atto all' ENEL, partita dal difficile retaggio della Larderello di essere riuscita, sia pure lentamente e con traversie iniziali, a risalire la china raggiungendo le indiscutibili affermazioni tecnologiche e minerarie odierne.

L' AGIP, dopo studi preliminari sul progetto "Somma-Vesuvio" e sempre più impegnata nella ricerca petrolifera, sospese dal 1957/9 ogni attività geotermica, (depositando in copia nel 1965, parte degli archivi al CNR-IIRG (Pisa)), salvo a riprenderla dalla crisi energetica del 1973 e fino al 1990/1 (in J.V. con l' ENEL dal 1976). Tuttavia la Larderello beneficiò delle critiche ricevute e delle esperienze dell'AGIP trasmesse, negli anni '50 sia pure informalmente, a voce e con copie di rapporti. Vale la pena di ricordare le principali iniziative conseguenti intraprese successivamente dalla Larderello:

- assunzione, dal 1955, di consulenti (prof. G.Merla, F.Penta e altri) e, dal 1957, dei primi geologi (dr. R.Cataldi e G.C.Stefani) e sviluppo delle prospezioni geofisiche (affidate a contrattisti);
- esecuzione di pozzi profondi oltre i 600 m; progressi tecnologici nella perforazione e completamento dei pozzi, loro chiusura, adozione della tecnica di chiusura con "spurgo dei gas", suggerita dall'AGIP per ridurre le pressioni di testa e gli stress termici;
- isolamento dalla rete dei pozzi "bevitori" di vapore;
- avvio, nel 1957, del "progetto "Amiata", già impostato nel 1953 dall' AGIP e realizzato con successo dalla Larderello, dal 1957/9 per la tenace lodevole insistenza del Burgassi e dopo l'occasionale scoperta di CO<sub>2</sub> prevalente e vapore (a 80°C) in un pozzo di ricerca cinabrifera perforato dalla Larderello per l' Ausonia Mineraria (EDISON).
- primi studi di "reservoir engineering", controllo dei declini, razionalizzazione della strategia industriale.

#### LA GEOTERMIA FUORI D' ITALIA (1904-1960)

L' idea della unicità del "caso Larderello" fu sfatata, alla fine degli anni '50, dalla messa in produzione del "giant field" a vapore secco di The Geysers (USA). Ma è bene ricordare al riguardo l'apporto stimolante, se non determinante, delle prime valutazioni del campo effettuate da G.C.Facca e F.Tonani, per la "Magma", dalla fine degli anni '50. Il salto di qualità della geotermia è rappresentato però dal successo dei neozelandesi che trovarono, negli anni '50, la tecnologia affidabile per lo sfruttamento dei ben più diffusi sistemi a "vapore umido" ("acqua dominante") e già tentata dalla SAFEN a Ischia negli anni '39-55.

Intanto, in parallelo con gli usi elettrici dei fluidi geotermici, si sviluppavano nel mondo gli usi diretti: il termalismo in Giappone, Ungheria e Italia, la serricoltura in Ungheria, il teleriscaldamento urbano in Islanda (dal 1930) e a Larderello (dal 1935), il riscaldamento individuale a Abano (I), Rotorua (NZ) e Klamath Falls (USA) e quello di quartiere, in Francia, con la nuova tecnica dei "doublets" avviata nel 1963. Le prime utilizzazioni di acque freatiche con pompe di calore sono però italiane, a Milano, nel 1939.

Molte di queste sperimentazioni straniere si svolsero in stretto contatto coi Ginori Conti e i loro esperti e poi coi tecnici della Larderello e della SAFEN: negli anni '50 vi furono scambi di missioni di studio di stranieri a Larderello e di italiani, della Larderello e della SAFEN, all' estero e perfino C.Migliorini cercò campi geotermici in Uganda nel 1951. Purtroppo l'esperienza italiana limitata al vapore secco non ebbe l'impatto auspicato, come ebbero invece i neozelandesi con la tecnologia per lo sfruttamento del vapore umido.

E' bene ricordare le prime centraline geotermoelettriche sperimentali realizzate nel mondo, che affiancano quelle sorte a Larderello dal 1904 e che segnano le tappe della geotermia: Beppu (Giappone, da 1,13 kW a 8,8 kw, nel 1924 e 1946), The Geysir (USA, da 20 kW, a vapore secco, in esercizio dal 1925 al 1960), Ischia (Italia, prima unità a ciclo binario, da 300 kW oltre a 500 kW a "flash", nel 1942 e 1954), Kiabukwe (Congo Belga, 275 kW, con pozzo barometrico e condensatore, da acqua a 91°C, operativa dal 1953 al 1960), Onuma (Giappone, a "flash", da 30 kW, nel 1954), Pathé (Messico, da 3500 kw (solo 500 disponibili), nel 1958) e le realizzazioni in corso dal 1949 a Kawerau e Wairakei (N.Zelanda), primi grandi campi a vapore umido in esercizio rispettivamente dal 1954 e dal 1958, con 10 e 69 MW iniziali. Si devono poi ricordare i pozzi di scoperta di El Tatio (Cile, 1921), Kamodjang (Indonesia, 1926), Steamboat (USA, 1920), Rotorua (N.Zelanda, 1920), Imperial Valley (USA, 1927), Reykjavik (Islanda, 1928), Atagawa (Giappone, 1940), Otake (Giappone, 1927) e le ricerche avviate in Venezuela (1901), Uganda (1951), Kenya (1957), Ungheria e Cina (1958), Algeria, Argentina, Azzorre, Nicaragua e St.Lucia (1959) e altri paesi. Al 1960 23 paesi erano in esplorazione con 35 aree identificate 55 campi geotermici, 1300 pozzi eseguiti fra i 10 e i 2800 m, con circa 400 MWe installati e una produzione cumulata dal 1904 di 28,2 miliardi di kWh. di cui 0,232 fuori Italia.

G.C.Facca e F.Tonani (1959-1969) teorizzano le intuizioni di Facca del 1951-54, soprattutto sul "self-sealing" e accettano l'origine esogena dei fluidi geotermici oramai indiziata dalle analisi isotopiche. In precedenza i geotermici si contrastavano in "endogenisti", specie fra i vulcanologi e in "esogenisti", numerosi a Larderello dove non si vedevano vulcani. Se la maggior parte dei campi geotermici ad alta temperatura oggi noti (oltre 200) è alimentato da acque esogene, oggi si deve riconsiderare la possibile presenza di fluidi "endogeni" almeno nei reservoirs prossimi a camere magmatiche attive e con temperature dei fluidi elevatissime, circocritiche (anche sopra i 500-600°C), con tutte le problematiche scientifiche e tecnologiche passate di moda dagli anni '60 e già adombrate da U.Sborgi (1939) con la sua "ipotesi di una fase liquida intermedia" tra fluidi critici profondi e vapori a bassa pressione superficiali.

Con gli anni '60 e con i primi congressi internazionali patrocinati dall' ONU, si concludeva l' era delle "forze endogene" e dei pionieri e si apriva quella della "geotermia" moderna, che tolse però all'Italia un primato tecnologico incontrastato, ultrasecolare e lo ripartiva fra Stati Uniti e Nuova Zelanda (mineraria), Giappone (termalismo e impianti), Islanda e Francia (riscaldamento), Ungheria (serricoltura). Resta tuttavia, al nostro paese, il prestigio del pionierismo e l'affermazione tecnica dell' AGIP e dell' ENEL di avere perforato negli anni '80 i pozzi più caldi del mondo, unici e ben sopra il plafond dei 400°C. e di avere realizzato a Ferrara (J.V. AGIP/ENEL e Comune) il <sup>secondo</sup> maggior progetto di teleriscaldamento urbano in un bacino a "bassa entalpia", dopo quello di Meaux (Francia)

In quegli anni ruggenti, italiani, delle "forze endogene", tra polemiche appassionate ma fertili, tra creatività, incertezze e sperimentazioni si posero le basi della "geotermia". Ora non c'è più la SAFEN, l'AGIP c'è e non c'è, operando in una diversa dimensione energetica, c'è però l'unità getermica dell' "ENEL, con le sue solide radici nella pluricentenaria realtà di Larderello. E ci sono ancora gli ultimi testimoni di un epoca: diversi anziani della <sup>e pur ora</sup> LARDERELLO e della SAFEN e "quelli delle forze endogene", ora "geotermici" ancora sulla breccia: F.Ippolito, ~~G. Marinelli~~, C.Sommaruga, F.Tonani e A.Duprat.

Milano, 15 dicembre, 1991.

MINI-CENTRALI GEOTERMoeLETTRICHE (1904-1963)

ANNO di operazione	CAMPO GEOTERMICO	TEMP. °C	POTENZA inst. kW	TIPO
1904	Larderello (It)	100/140	0.4 (75 HP)	Vi/p
1905	"	100/140	20	Vi/p
1912	"	100/140	250	Vi
1914	"	100/140	8500	Vi
1917	"	100/140	100	Vc
1923	"	100/140	tests	V
1924	Beppu (J)	100/160	1,1	F?
1925	The Geysers (USA)	175	20	V
1926	Larderello (It)	140	1000	Vi
1928	"	140/170	900	Vic
1942	Ischia (It)	92/140	250	B
"	"	107-130	500	F
1946	Beppu (J)	100/160	3	F
"	"	100/160	8	F
1947	Larderello (It)	180/220	1000	Vi
1948	"	180/220	2000	Vi
1951	Beppu (J)	130/150	30	F
1953	Kiabukwe (Z)	91	275	Fc
1954	Onuma (J)	170	30	F
1954	Ischia (It)	92/140	250	B
"	"	92/140	500	F
1958	Pathè (M)	150	(500)/3000	Fc
1959	Amiata(Bagnore) (It)		3500	V
1960	Kawakudani (J)		30	F
(1960/66 ?)	Salton Sea) (USA)		3000	F

NOTE: V = vapore secco; F=flash; B=ciclo binario (Rankine);  
 c = condensatore; i = indiretto (con scambiatore);  
 p = macchina a pistone; ( le altre sono turbine ).

(fonti: C.Sommaruga,(1991))



CENTRALI GEOTERMICHELETTRICHE

(1912 - 1963)

CAMPO GEOTERMICO	POTENZA inst. totale MW
<u>Larderello</u> (It) - vapore secco	
1912	0,25
1914	8,5
1920	9.25
1930	14.45
1939/40	72.95
1950	211.5
1960	285.2
1962	310.7
<u>Kawerau</u> (NZ) - flash	
1954-(1963)	10
<u>Wairakei</u> (NZ) - flash	
1958	69
1963	130
<u>The Geysers</u> (USA) - vapore secco	
1925-1960	0.02
1960	12.5
1963	27.0

(fonte: C.Sommaruga, 1991)

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Storia degli anni '50

-AGIP spa (1951-1959), oltre n.100 rapporti interni depositati in parte al CNR-IIRG (Pisa), verbali del "Comitato Forze Endogene dell' AGIP" (1952), schede pozzi Larderello" (1940-56) e studi della "Missione AGIP a Larderello" (1954-56), appunti personali di studio di C.Sommaruga.

-BOZZA G. (1961), Sull'origine della termalità nelle acque e nel vapore endogeno, "Larderello", Larderello.

-CRAIG H., BOATO G., WHITE D.E. (1956), Isotopic Geochemistry of Thermal waters, "Proc. Conf. Nuclear Processes in Geol. Setting." (Nat.Ac.Sc.Nat.Res.Council, Pub.400).

-BURGASSI R. (1961), Prospection des champs géothermiques et recherches exécutées dans les diverses régions d'Italie, Atti "Conf. NU sur les Sources Nouvelles d'Energie", Firenze.

-BURGASSI R. et alii (1966), Larderello, : energia elettrica dal vapore endogeno, ENEL, Firenze.

-CATALDI R. (1967), Remarks on the Geothermal Research in the region of Monte Amiata (Tuscany, Italy), "Bull. Volc.", Napoli.

-CONFORTO B. (1954) Risultati della prima fase di ricerche di forze endogene nel Viterbese, "L'Ingegnere", ANIAI, Milano.

-CONFORTO B. (1956), Le possibilità di ricerca di forze endogene nel Lazio, "L'ingegnere", ANIAI, Milano.

-FACCA G.C. (1952), Principes Généraux pour la recherche de la vapeur naturelle, "Comptes rendus du Congrès de Saint-Gaudens" (juin 1952, Ass.Française des Techniciens du Petrole) e versione italiana (1952), Principi per la ricerca del vapore naturale, Notiziario Tecnico AGIP/Dir.Min., Milano.

-FACCA G.C., TONANI F (1961), Natural Steam Geology and Geochemistry, "UN Conf. of New Sources of Energy", Roma

-FACCA G.C., TONANI F. (1963), L'esplorazione geotermica, riv. "Rivoluzione industriale", ETAS, Milano.

-FACCA G.C., TONANI F. (1963), Theory and Technology of a geothermal field, "Int. Ass. of Volcanology", (XIII Gen.Assembly IUGG, Berkeley), "Bull.Volc", Napoli.

- FACCA G.C., TEN DAM A. (1963), Geothermal Power Economics, CNR-Comm.Geot.It, Vallecchi, Firenze.
- FACCA G.C.(1973), The structure and behaviour of geothermal fields, in "UNESCO, Geothermal Energy", Paris
- FACCA G.C. (1979), Geothermal Energy Development: a Historic Summary, "Unitair Conf.", Montreal Canada.
- FACCA G.C. (1980), Lo sviluppo dell'energia geotermica, "Energia e Materie Prime", Roma.
- FALINI F. (1947), Sui criteri di ricerca per energia geotermica, "Rend. Acc. Naz. Lincei (Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.)", Roma.
- FRANCALANCI G.P.(1959, Contributo per la conoscenza delle manifestazioni idrotermali della Toscana, "Atti Soc.Toscana di Sc.Nat", Pisa.
- GINO G.F., SOMMARUGA C.(1953), Le manifestazioni idrotermali della Sicilia, "Riv. Mineraria Siciliana", Palermo.
- GOGUEL J. (1953), Le régime thermique de l' eau souterraine, "Annales des Mines", Paris.
- IPPOLITO F. (1942), Su alcuni pozzi profondi del Napoletano, "Boll. Soc. Naturalisti", Napoli.
- IPPOLITO F. (1947), Intorno ai criteri di ricerca per energia geotermica, "Rend. Acc. Naz. Lincei (Cl.Sc.Fis.Mat.)", Roma.
- LARDERELLO spa (1954-63), "Rassegna Larderello", mensile, Larderello spa, Firenze.
- LONG G., CAMISA A.(1959),Esame geochimico di acque termominerali toscane, "Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.", Firenze.
- MARCHESINI E. (1961), Photogeology applied to natural steam exploration, "UN Conf. New Sources of Energy", Roma.
- MARINELLI G. (1961), Les anomalies thermiques et les champs géothermiques dans le cadre des intrusions recentes en Toscane, "UN Conf. sur les Sources Nouvelles d' Energie", Roma; versione italiana in "L' Industria Mineraria", Roma (1961).
- MARINELLI G. (1963), L'énergie géothermique en Toscane, "Ann. Soc. Géol. de Belgique", Bruxelles.

- MARINELLI G. (1969), Some geological data on the geothermal areas of Tuscany, "Bull. Volc."
- MARINELLI G. (1971), L'energia geotermica, "Soc.It.Min.Petr.", La Toscana Meridionale, Pavia.
- MARINELLI G. (1990), Larderello, alle origini dell'energia geotermica, Alinari, Firenze.
- MAZZEI G.(1961), La prima conferenza mondiale per l'energia geotermica (Roma, 21-31 agosto 1961), riv."Idrocarburi", Roma.
- MAZZONI A.(1951), I soffioni boraciferi toscani e gli impianti della "Larderello", An. Arti Grafiche, Bologna, (2a ed.).
- MICHELETTI V. (1943), Storia intorno ai soffioni, pubblicato in puntate in "Rassegna Larderello", Firenze, (1954-63).
- PENTA F. (1941), Studi e ricerche in corso nei Campi ed Isole Flegrei, "L'Industria Mineraria d'Italia e d'Oltremare", Roma.
- PENTA F. (1949), Temperature nel sottosuolo della regione "Flegrea", "Annali di Geofisica", Roma.
- PENTA F. (1950), Ricerche per forze endogene nel napoletano, "La ricerca Scientifica, CNR, Roma.
- PENTA F., CONFORTO B. (1951), Sulle trivellazioni in aree idrotermali per ricerche di vapore, "L'Ingegnere", ANIAI, milano.
- PENTA F., CONFORTO B. (1951), Risultati di sondaggi e ricerche geominerarie nei Campi Flegrei, per vapore, acque termali e forze endogene in genere, "Annali di Geofisica", Roma.
- PENTA F., CONFORTO B. (1951), Sulle misure di temperatura del sottosuolo nei fori trivellati in presenza di acqua e su i relativi rilievi freaticometrici in regioni idrotermali, "Annali di Geofisica", Roma.
- PENTA F. (1953), Hot Underground H2.O (Water and Vapor) Researches in Italy., Roma.
- PENTA F. (1954), Sulle ricerche di Forze endogene in Italia, "L'Industria Mineraria", Roma.
- PENTA F. (1955), Caratteristiche e genesi delle manifestazioni esalativo-idrotermali naturali, "Atti XLV Riunione S.I.P.S. (Napoli, 1954), Roma; versione inglese (1955)

-RITTMANN A. (1944), Vulcani, attività e genesi, EPSA ed. Politecnica, Napoli.

-SOMMARUGA C. (1954), Reperto Forze Endogene della Sezione geologica dell' Agip Mineraria, "Atti VI Congr. Naz. di Speleologia", Trieste.

-SOMMARUGA C. (1954), Osservazioni fatte nell' Isola di Vulcano, "Atti X Ass. en. UGGI", in "Ass. de Volc., Bull. de Volcanologie", Napoli.

-SOMMARUGA C., CHIERICI G.L., MURATORI G. (1955), Considerazioni su particolari problemi concernenti lo sfruttamento dei campi di vapore e tentativo di applicazione al campo di Larderello, Agip/S.Studi, inedito (copia consegnata a ENEL).

-SOMMARUGA C. (1983), Ricerche geotermiche nell' Isola d'Ischia, "Conv. per il Centenario del Terremoto di Casamicciola", Casamicciola Terme.

-SOMMARUGA C. (1984), Le ricerche geotermiche svolte a Vulcano negli anni '50, "Rend. Soc.It.Min. e Petr.", Milano.

-SOMMARUGA C. (1984-88), La Chronique Historique, "Geothermie Actualités", Orléans, rubrica trimestrale.

-TINCOLINI P. (1961), I soffioni boraciferi di Larderello, "Italia 61, La Toscana", Quad. di informazione tecnica", Firenze.

-TONANI F., (1957), Il contenuto di fluoro e di boro in acque termominerali toscane, "Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.", Pisa.

TONGIORGI E. (1977) Il fenomeno geotermico e le sue applicazioni, "Atti Conv. Acc.Lincei", Roma-Pisa, 1975.

-UNITED NATIONS (1961), Conference of New Sources of Energy, (77 papers), Roma.