



# *Turisti* per **CO<sub>2</sub>**

**Bagni San Filippo**  
Castiglione d'Orcia (Siena)

## INDICE

• <i>Introduzione</i>	pag.	3
• <i>Le attività minerarie nel medioevo e nell'età moderna</i>	pag.	4
• <i>La miniera di Bagni San Filippo</i>	pag.	8
1. <i>L' Appennino</i>	pag.	10
2. <i>I giacimenti minerari e il mercurio</i>	pag.	12
3. <i>L'origine della CO<sub>2</sub> nel sottosuolo</i>	pag.	13
4. <i>Ciclo biologico della CO<sub>2</sub></i>	pag.	15
5. <i>Le emissioni di CO<sub>2</sub> in Val d'Orcia</i>	pag.	16
6. <i>Il rischio da CO<sub>2</sub> naturale</i>	pag.	17
7. <i>Flora</i>	pag.	19
8. <i>Fauna</i>	pag.	20
9. <i>La geotermia</i>	pag.	21
10. <i>Il travertino</i>	pag.	23

**Per mantenere intatto l'ambiente, ricorda:**

**NON RACCOGLIERE FUNGHI;**

**NON RACCOGLIERE PIANTE;**

**NON ABBANDONARE**

**IL PERCORSO SEGNATO, SEGUI LA GUIDA;**

**NON RACCOGLIERE FOSSILI E MINERALI;**

**NON ABBANDONARE RIFIUTI;**

**RIPORTA A CASA I TUOI RIFIUTI**

***Numeri utili:***

**Centro Intercomunale di Protezione Civile**

(rep. 24 h) tel. 347 9590268

**Ufficio e centro situazioni:**

0577 779062 - fax 0577 779215

**Gruppo di Protezione Civile**

**Misericordia di Campiglia d'Orcia**

tel. 338 7568545

**Comune di Castiglione d'Orcia**

Ufficio Tecnico 0577 884030

Vigili Urbani 0577 884031

## Introduzione

Nel territorio del *Comune di Castiglione d'Orcia*, tra *Bagni San Filippo* e *Campiglia d'Orcia*, posizionata a N-NE del Monte Amiata è presente un'area di circa 4-5 Km<sup>2</sup> interessata da emissioni naturali di gas, principalmente biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Le manifestazioni di CO<sub>2</sub> caratterizzano i luoghi creando siti geologici di interesse, capaci di avvicinare diverse tipologie di persone, in particolar modo i giovani, alla natura e alla comprensione dei fenomeni naturali. Nelle vicinanze si trova il *Fosso Bianco* dove sono presenti vasche naturali di acqua termale e depositi di travertino affascinanti per forma e colori.

Poiché il gas, seppur naturale, può essere rischioso per la salute, la *Comunità Montana Amiata Val d'Orcia* al fine di garantire la sicurezza e favorire la protezione dell'area, ha provveduto alla realizzazione di opere di messa in sicurezza.

È stato realizzato un percorso turistico ed escursionistico con lo scopo di far conoscere i fenomeni geologici. L'itinerario, ad anello di circa 4 km si trova all'interno dell'area recintata e quindi accessibile solo con l'accompagnamento di personale autorizzato, dotato di strumentazione adeguata.

All'interno dell'area e lungo l'itinerario in progetto, è presente anche un vecchio sito minerario del quale ne è previsto il recupero, in accordo con il *Parco Nazionale Museo delle Miniere dell'Amiata*. Per facilitare la comprensione del fenomeno naturale sono stati installati, lungo il percorso, dei pannelli informativi con cartine, informazioni geologiche e naturalistiche, realizzati in collaborazione con l'*Università di Firenze* (Dipartimento di Scienze della Terra).

Le guide ambientali sono formate in collaborazione tra il *Dipartimento Scienze della Terra di Firenze* ed esperti della *Protezione Civile*, si occupano dell'attività turistica e didattica all'interno della zona fornendo le informazioni geologiche e naturali oltre a occuparsi della sicurezza dei visitatori.



## Le attività minerarie nel medioevo e nell'età moderna

La storia di Bagni San Filippo è segnata dalla presenza delle acque termali di tipo solfato – calcico – magnesiaci, dal loro deposito e dalla loro utilizzazione. Nel periodo imperiale romano esisteva un piccolo villaggio (come attestato dai ritrovamenti archeologici datati tra il I e IV secolo in località “Vignone”) il cui sviluppo fu probabilmente legato anche alla presenza delle acque termali. Documenti del *Codex Diplomaticus Amiatinus* dell'Abbazia del S.S.mo Salvatore, fondata alla metà del VIII secolo, ricordano per la prima volta San Filippo nel 859. Nel XI secolo l'abitato aveva assunto la caratteristica dell'insediamento sparso in quanto viene ricordato come casale, villa e pieve. San Filippo si trovava nei pressi della Via Francigena che transitava nella vicina valle del Formone ed era sicuramente frequentato anche per la presenza delle sue acque calde, ricordate in un documento del 1191.

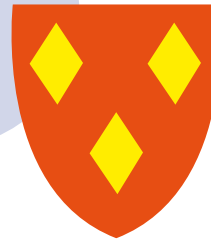
### Metodo di produzione e uso dello zolfo nel medioevo

Lo zolfo veniva messo a cuocere in grandi vasi di terracotta, tipo pentole, posti su fornelli rettangolari. Il minerale per l'azione del fuoco evaporava e saliva alla testa dei vasi. Da questi attraverso dei beccucci passava in un terzo vaso di terracotta dove si condensava e cadeva alla base uscendo da un foro. Raccolto si gettava dentro contenitori di terracotta o legno dove il panetto prendeva la forma che si voleva.

Il maggiore uso veniva fatto per comporre la polvere da sparo. Si usava anche in medicina come disinfettante e per imbiancare lane e sete. Il fumo dello zolfo fatto circolare in grandi cassoni contenenti sete, faceva diventare i drappi bianchissimi “...quasi come neve”.



Da “Agricola”, De Re metallica libri XII (1556).  
Lavorazione dello zolfo.



Stemma della Famiglia  
Salimbeni di Siena

Le vicende medievali dell'abitato, insieme ai suoi bagni, sono legate al borgo fortificato di Campiglia d'Orcia appartenuto prima ai Visconti, poi ai Salimbeni di Siena. Ancora durante l'appartenenza alla Repubblica di Siena e poi, in epoca moderna, al Granducato di Toscana si ricordano i bagni con le acque termali frequentate anche da personaggi importanti come Lorenzo il Magnifico, il senese Pandolfo Petrucci, don Garzia dei Medici, il Granduca

Ferdinando II. Nel Medioevo e nel Rinascimento si sapeva della presenza e dello sfruttamento dello zolfo e del vetriolo in queste zone. Vannoccio Biringuccio (1480- 1539) nella *Pirothecnia* parlando dello zolfo dice trovasi “...di tal cosa in molti luochi e nel dominio Senese, a San Filippo”.

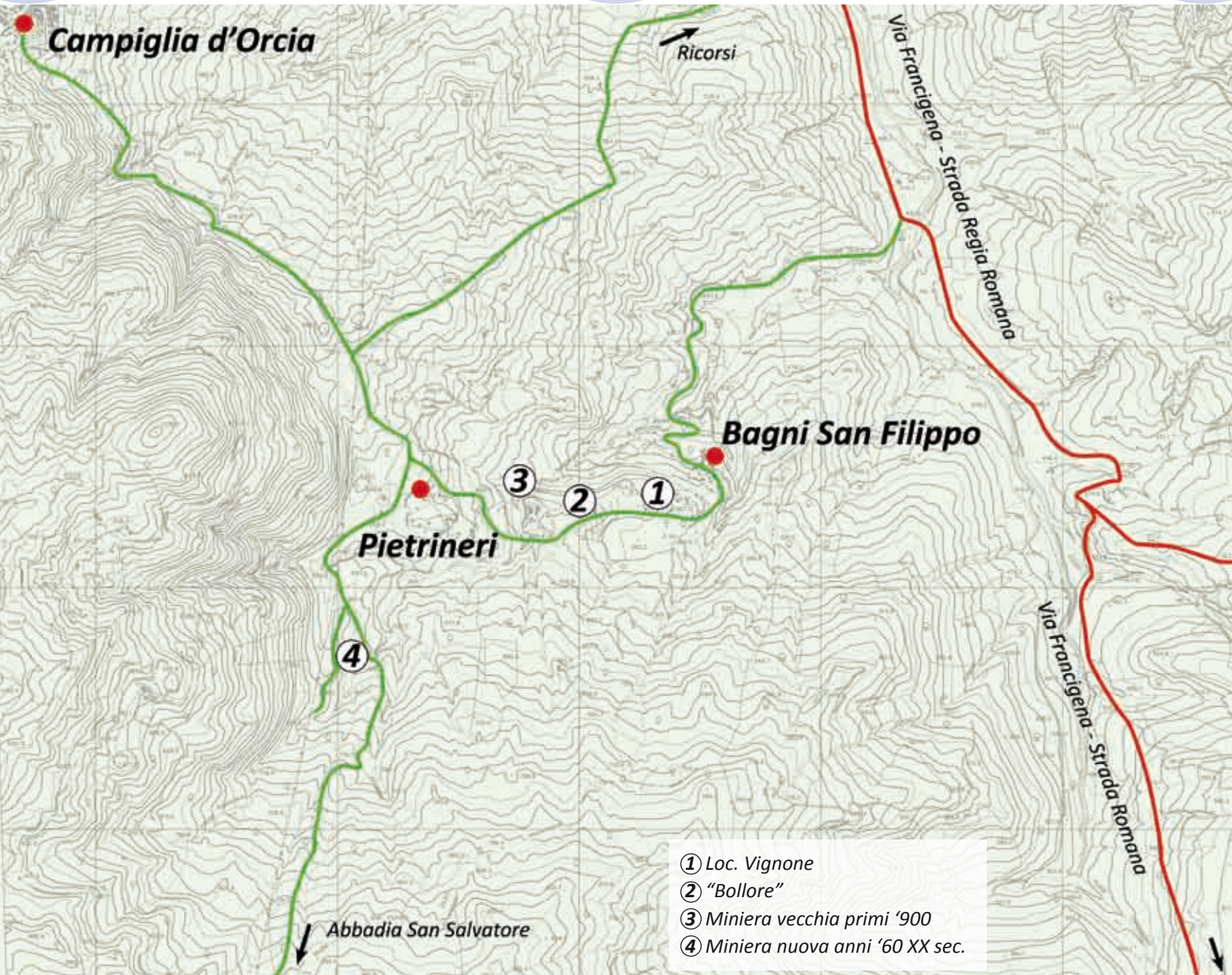
Anche il medico senese Pier Andrea Mattioli (1501 – 1577) ricorda di aver veduto fare lo zolfo ai Bagni di San Filippo. Anche il Pecci, intorno alla metà del Settecento, ricorda le produzioni dello zolfo prodotto da mastri artigiani e consistenti in costruzioni di piccole fornaci per raffinare il minerale, in quel periodo venduto in abbondanza. Le zolfiere vengono ricordate dal De Vegni nel 1761. L'architetto De Vegni di Chianciano, che aveva acquistato i bagni ed aveva impiantato una fabbrica de la “plastica dei tartari” per produrre bassorilievi sfruttando le acque termali, ricorda le zolfiere costituite da fenditure profonde circa 30 metri prodotte dallo scorrimento dell'acqua termale e da grotte scavate dall'uomo dove si estraeva il minerale di zolfo. Durante la visita del naturalista Giorgio Santi nel 1795 queste cave risultavano abbandonate, ma erano comunque ancora conosciute nel 1811 come attestato da un censimento sulle risorse minerarie effettuato durante il Governo Francese della Toscana.

Nell'Ottocento il borgo di San Filippo, situato nei pressi della strada regia romana, la cui povera popolazione era dedita all'attività agricola, alla pastorizia e ai lavori del bosco, era ormai rinomato anche per le sue acque curative e il suo stabilimento termale con albergo. Nel 1881 la popolazione concentrata nel borgo, nel nucleo dei Pietrineri e in qualche casa sparsa ammontava a 207 abitanti.



Veduta di Bagni San Filippo, anno 1803. Da F. Fontani, I Tereni.  
Viaggio Pittorico della Toscana, FI 1801 - 1803.

# Il territorio di Bagni San Filippo



## La miniera di Bagni San Filippo

Nella seconda metà dell'Ottocento sul Monte Amiata si assistè, dopo l'apertura della miniera del Siele nel 1846, ad una vera e propria corsa al cinabro. Nel 1897 fu aperta da uomini d'affari e banchieri tedeschi la grande miniera di Abbadia San Salvatore dove venne individuato un ricco giacimento. Ai Bagni San Filippo i primi lavori furono cominciati nel 1902 dalla Società Miniere Cinabrifere con sede prima a Genova e poi a Milano. La società miniere cinabrifere fu fondata nel 1902 a Genova da un gruppo di capitalisti guidati da Alessandro e Dario Centurini.

Nella società entrò anche la Banca Commerciale Italiana. Con le prime ricerche si scavarono le gallerie Carcassi, Baghino, Centurini, Krautinger e Casanova, ostacolate da forti emanazioni gassose e fuoriuscite di gas e acqua: per questo furono realizzati numerosi pozzetti d'aria e ventilazioni e una pompa per l'eduzione delle acque. La sola galleria Centurini dette però buoni risultati fornendo un tenore medio dello 0,5%.

Mentre si esaurivano le coltivazioni nella Centurini si tentavano altre ricerche con le gallerie Piaggioni, Martelli, Cerruti, Tansini ed Intermedia. L'impianto dei forni fu costruito a circa 1 km dalla galleria Centurini ed entrò in funzione all'inizio del 1909. Nel 1912 lo stabilimento comprendeva: 1 asciugatoio a canale, 1 frantoio a mascelle con griglie per la classificazione del minerale, 2 forni Cermak Spirek da 12 tonnellate, 2 forni a Torre sistema Spirek da 6 tonnellate, 1 estrattore dei neri, conche per raccogliere il mercurio e camere di imbottigliamento delle bombole. Nella miniera lavoravano 94 operai di cui 56 all'interno e 40 all'esterno. Il personale



*L'imprenditore  
Alessandro Centurini*



*Pianta dello stabilimento*

all'interno delle gallerie comprendeva 3 sorveglianti, 38 minatori ed armatori, 13 macchinisti e manovali. All'esterno vi erano tra magazzinieri, meccanici, falegnami e manovali ai piazzali, 21 operai, mentre nell'impianto dei forni erano impiegati 19 addetti.



*Ex Direzione a Pietrineri. Primo Novecento.  
Vi abitò il tecnico direttore della miniera  
Marino Monaci.*

nel 1927 alcuni lavori di ricerca poi abbandonati nel 1932. Altre ricerche furono effettuate tra il 1939 e il 1943 con scarsi risultati.

I lavori nel dopoguerra furono ripresi con alcuni sondaggi nel 1954 e 1955 che dettero buoni risultati. Solo nel 1966 la Monte Amiata dietro pressioni locali iniziò la perforazione del Pozzo San Luigi per raggiungere un filone di minerale individuato nelle ricerche degli anni '50.

Completato il pozzo con impianto di estrazione, eduzione delle acque e di ventilazione, nel 1968, si iniziò la fase di esplorazione realizzando nuove gallerie per 361 metri complessivi. Il tenore del minerale risultò comunque basso, intorno allo 0,2-0,3%.

Il minerale prodotto veniva portato e trattato ai forni di Abbadia San Salvatore. Nel 1977 l'impianto fu definitivamente chiuso come tutte le miniere cinabrifere dell'Amiata. L'area dell'impianto della miniera moderna era attraversata da una antica strada che nel medioevo ed in epoca moderna si staccava dalla Strada Regia Romana nei pressi della Posta dei Ricorsi e saliva Abbadia San Salvatore.

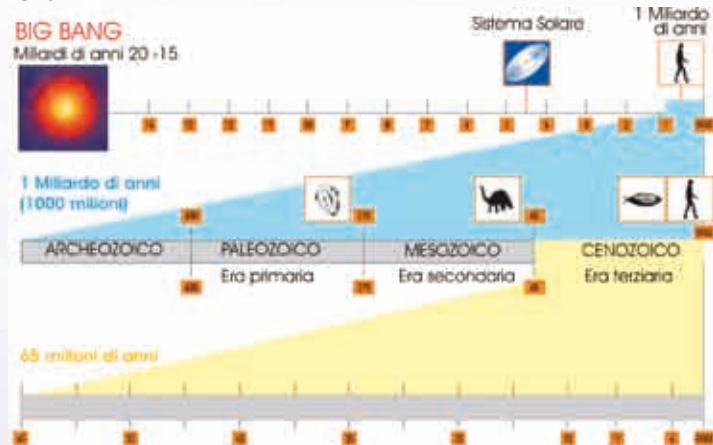


*Pozzo San Luigi. 1966.*

## 1. L' Appennino

L'assetto attuale delle terre emerse e degli oceani è il risultato di lenti ma inesorabili processi dinamici e chimico-fisici che hanno interessato il nostro pianeta dal momento della sua formazione. L'età della Terra è di circa 4.5 miliardi di anni (acronimo **Ga**) ed in base agli eventi geologici succeduti è stata costruita una SCALA DEI TEMPI GEOLOGICI. La storia delle rocce presenti nel percorso Turisti per CO<sub>2</sub> può essere ricondotta ad oltre 200 milioni di anni fa (acronimo **Ma**) quando le masse continentali erano presumibilmente aggregate per formare il supercontinente denominato PANGEA. Successivamente si assiste ad una frantumazione del supercontinente che favorisce processi distensivi (allontanamento di placche tettoniche) e compressivi (scontri fra placche). Durante queste fasi abbiamo anche la risalita di corpi magmatici fusi che si raffreddano in profondità (rocce plutoniche, tipo graniti) o liberano i propri prodotti in superficie (rocce vulcaniche, tipo basalti).

La storia della Terra si perde tra le pieghe della formazione dell'Universo (circa 14 Ga). Bisogna aspettare circa 9 Ga prima che il nostro sistema solare prenda forma e con esso il nostro Pianeta. Da allora si susseguono tutta una serie di eventi che hanno portato alla struttura attuale della Terra.



### 1 a. L'origine dell'Appennino

A circa 180 milioni di anni fa *la Pangea* si frantuma originando due nuovi supercontinenti: *Laurasia* (emisfero boreale) e *Gondwana* (emisfero australe). Tra i due blocchi si forma un nuovo oceano (la Tetide).

Il *Gondwana* si rompe verticalmente con il distacco del suo settore occidentale (la futura Africa).

L'apertura di questa frattura porta poi alla formazione dell'attuale Oceano Atlantico. Anche la frattura orizzontale continua ad aprirsi producendo l'abbozzo dell'attuale Europa e della costa settentrionale dell'Africa.

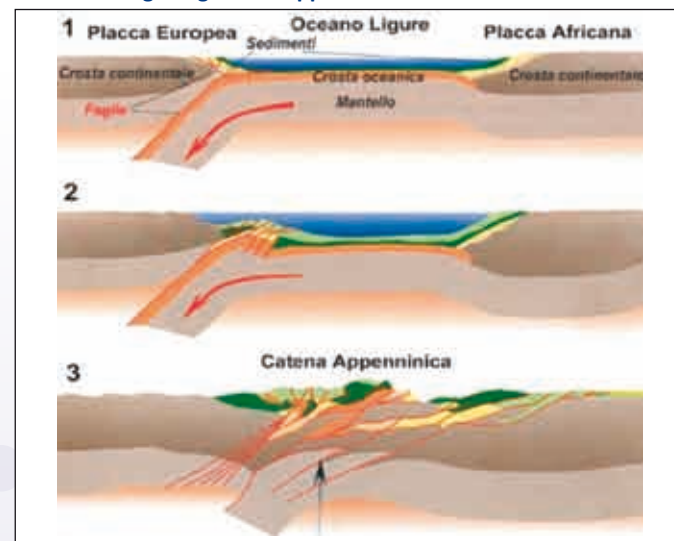


A questo punto si assiste ad un movimento rotatorio dell'Africa verso nord-est che produce una riduzione dell'Oceano Tetide e lo scontro fra placche con la formazione della catena alpina e di quella appenninica. L'evoluzione geologica dell'Appennino come quella di tutta la penisola italiana, è legata all'ultima delle grandi orogenesi (formazione di rilievi) che ha formato il sistema alpino-himalayano. L'Appennino settentrionale è una catena di recente costituzione essendosi formata negli ultimi 35 **Ma**.

### 1 b. Il vulcano dell'Amiata

Da 9 a 0,2 **Ma** la Toscana è sede di attività magmatica per l'apertura del Tirreno che provoca la risalita di magmi dal profondo. L'Amiata (il più giovane, <0,3 **Ma**, ed il più grande vulcano toscano) ne è la testimonianza diretta. L'attuale attività geotermale è una fenomenologia post-magmatica.

### 1 c. La storia geologica dell'Appennino



Oligocene-Miocene (35-20 **Ma**): collisione placca europea e placca africana. I sedimenti deposti nell'Oceano Tetide (localmente chiamato Oceano Ligure) vengono compressi subendo deformazioni di varia natura (pieghe e faglie). Si instaura una subduzione (scorrimento di una placca sotto un'altra). L'Appennino è ancora sommerso.

Prima di 20 **Ma** l'Appennino settentrionale, muovendosi verso est, dapprima solidalmente con il blocco sardo-corso da cui poi si stacca, permette la formazione del Mar Tirreno.

Questo processo determina quindi una fase compressiva (verso est) ed una fase distensiva (verso ovest), con la formazione di una serie di bacini allungati in direzione parallela a quella della catena appenninica (NNO-SSE). Le acque del Mar Tirreno (prof. max. 3785 m) coprono una serie di vulcani derivanti da questo processo di apertura.

Le rocce della Toscana derivano dalla deformazione e scagliatura del margine continentale africano o europeo. Sono costituite da materiale sedimentario prodotto o per precipitazione diretta dall'acqua di mare (calcarei e argille) o per lo smantellamento delle terre emerse e frane sottomarine.



## 2.1 giacimenti minerali e il mercurio

I minerali sono sostanze omogenee, inorganiche, generalmente allo stato solido, formati attraverso processi geologici, fisici e chimici. Un minerale può essere costituito da più elementi legati assieme in un composto chimico (ad esempio la pirite,  $\text{FeS}_2$ ) o da un solo elemento (ad es. l'oro); in questo caso si parla di elemento nativo. Le rocce sono generalmente



costituite da più minerali. Questi possono avere origine diversa: magmatica (solidificazione di magma), sedimentaria (erosione e alterazione chimica di rocce preesistenti) e metamorfica (trasformazione di rocce preesistenti dovuta a variazioni di pressione e temperatura).

Quando all'interno di una massa rocciosa c'è un cospicuo accumulo un metallo o altre risorse di valore in concentrazione economicamente competitiva si parla di giacimento minerario.

Un giacimento o deposito minerario può essere costituito da ossidi, silicati, solfuri, sostanza organica (petrolio), ecc. A seconda del tipo di risorsa da estrarre sono necessarie delle lavorazioni specifiche. Ad esempio, la Bauxite viene lavorata per estrarre l'Alluminio, dalla Blenda ( $\text{ZnS}$ ) si ottiene lo Zinco. L'attività di estrazione mineraria ha caratterizzato la storia della Toscana e delle popolazioni che si sono succedute sul suo territorio. La magnetite e la limonite (minerali da cui si ricava il ferro) dell'Isola d'Elba, il salgemma della Val di Cecina, il cinabro (da cui si ricava il mercurio) del Monte Amiata, la pirite (usata per produrre acido solforico) e la galena (da cui si ricava piombo, ma anche argento) delle Colline Metallifere (Toscana Meridionale), sono alcuni dei minerali estratti in regione.

Il Monte Amiata con i suoi giacimenti di cinabro ha fatto per molti anni



Pirite ( $\text{FeS}_2$ )



Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )



Galena ( $\text{PbS}$ )

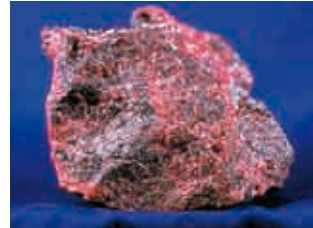


Limonite ( $\text{FeO}(\text{OH})\text{nH}_2\text{O}$ )

dell'Italia il primo paese al mondo per la produzione di mercurio.

La principale fonte del mercurio amiatino proveniva dal Cinabro, un minerale (solfuro di mercurio) di colore rossiccio. Esso era già noto agli Etruschi che lo impiegavano come colorante per marcare il bestiame e per la tintura delle stoffe.

I Romani lo utilizzavano come colore per dipinti murari e prima dell'uso di ematite (ossido di ferro) era parte integrante del famoso rosso pompeiano. In tempi più recenti il cinabro fu utilizzato, tramite arrostitimento, per l'estrazione del Mercurio. Nella seconda metà del secolo scorso, la scoperta dell'elevata tossicità di questo elemento, utilizzato per la purificazione di metalli quali oro ed argento, nella fabbricazione delle polveri d'innescio, degli erbicidi, dei termometri, ecc., portò alla chiusura di molte miniere fra le quali quelle amiatine miniere negli anni '70.



Cinabro ( $\text{HgS}$ )



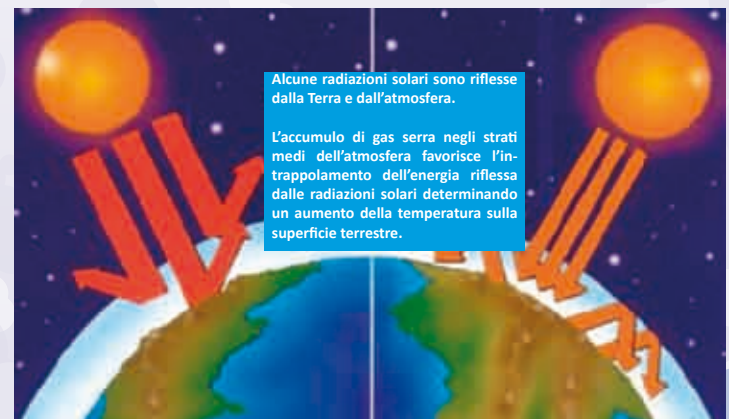
Cinabro ( $\text{HgS}$ )

Questi giacimenti sono stati sfruttati sin dall'antichità dai Liguri, dagli Etruschi che costruirono parte della loro florida economia proprio sui commerci dei minerali grezzi e lavorati. Da un punto di vista estrattivo la Toscana è stata una regione molto produttiva; infatti tutta o gran parte della pirite prodotta in Italia era ricavata dalle Colline Metallifere meridionali e dalle colline grossetane e metà del salgemma italiano proveniva dai giacimenti della Val di Cecina.

## 3. L'origine della $\text{CO}_2$ nel sottosuolo

Sebbene la maggior parte della  $\text{CO}_2$  derivi da emissioni antropiche (circa 7 Gton/anno), una grossa fetta è di origine naturale ed attribuibile prevalentemente a sorgenti vulcaniche e geotermali. La componente naturale di  $\text{CO}_2$  genera un effetto gas serra che ha permesso lo sviluppo della vita nel nostro Pianeta. Il suo riciclo ha fatto sì che la temperatura si mantenesse ben al di sopra dei  $-27^\circ\text{C}$ , temperatura media stimata della Terra se non ci fosse la  $\text{CO}_2$  atmosferica. La concentrazione attuale di  $\text{CO}_2$  nella nostra atmosfera è circa 0.035%.

### 3.a Effetto Serra



La maggiore quantità di energia che arriva sulla Terra proviene dal Sole. Poiché l'atmosfera esercita una funzione di schermo, non tutte le radiazioni che raggiungono il suo limite esterno riescono ad arrivare sulla superficie terrestre. In media, solo il 47% della radiazione globale viene assorbita dal suolo. Il restante 53% viene riflesso nello spazio, diffuso o assorbito nell'atmosfera o ancora restituito al suolo. Grazie alla presenza nell'atmosfera di anidride carbonica la maggior parte di questa radiazione, emessa nuovamente dalla Terra (il 90%), viene trattenuta negli strati medi dell'atmosfera favorendone l'intrappolamento. Questo meccanismo produce il così detto effetto serra che funge da regolatore della temperatura nel nostro pianeta il cui valore medio è di circa 15 °C. I processi innescati dai cicli biologici e geologici permettono all'anidride carbonica di mantenersi in equilibrio dinamico con il sistema Terra.



### 3.b La CO<sub>2</sub> naturale è presente...

Nei gas vulcanici  
In emissioni termali e fredde  
Nelle acque (come fase disciolta)  
Nei suoli  
Nelle rocce  
Nell'atmosfera



### 3.c La CO<sub>2</sub> si libera dai sistemi vulcanici

Degassamento magmatico ed eruzioni vulcaniche  
... e dai sistemi geotermici  
Fumarole e polle gorgoglianti.

### 3.d La CO<sub>2</sub> del sottosuolo si origina da varie fonti:

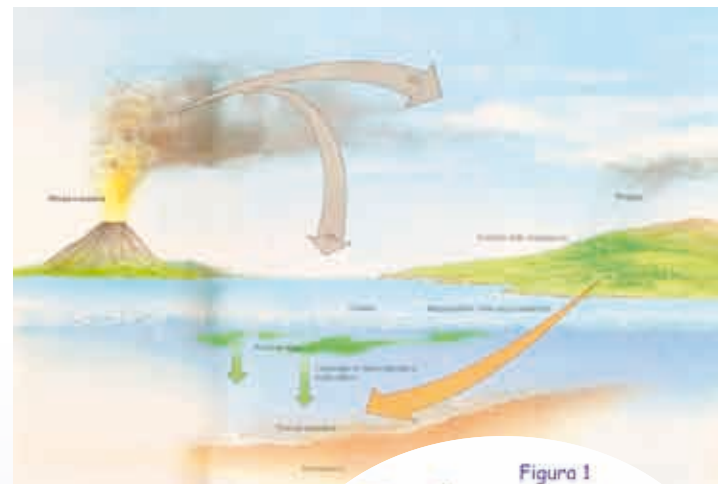
- CO<sub>2</sub> atmosferica
- CO<sub>2</sub> biogenica
- CO<sub>2</sub> mantellica
- CO<sub>2</sub> da reazioni termiche e chimiche con rocce carbonatiche

L'Italia è un paese ricco di manifestazioni vulcaniche, geotermali e termali che si localizzano prevalentemente nell'area peri-tirrenica.

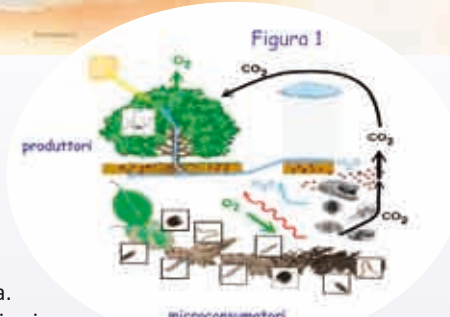


## 4. Ciclo biologico della CO<sub>2</sub>

Gli organismi decompositori (batteri) (Fig. 1) trasformano i residui organici in CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>), acqua (H<sub>2</sub>O) e minerali; gli organismi consumatori (micro e macro) (Fig. 1 e Fig. 2) producono CO<sub>2</sub> tramite il loro metabolismo per ricavare energia.



Sulla Terra l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) viene emessa, in modo naturale, quotidianamente dall'attività biologica, oltre che dall'attività vulcanica e geotermica. Nell'insieme gli organismi viventi riciclano grandi quantità di CO<sub>2</sub>, nutrienti e ossigeno (O<sub>2</sub>).



Dall'altra parte gli organismi produttori (vegetali terrestri e marini) (Fig. 1 e Fig. 3) tramite l'energia solare scompongono la CO<sub>2</sub> in O<sub>2</sub> e sostanze nutritive

(sintesi clorofilliana, Fig. 1). Questo meccanismo non è però sufficiente a garantire un equilibrio e la CO<sub>2</sub> nell'atmosfera continuerebbe ad aumentare. La solubilizzazione parziale della CO<sub>2</sub> atmosferica nell'acqua di mare e la presenza di organismi a guscio calcareo (CaCO<sub>3</sub>) (Fig. 4) nonché la precipitazione diretta di CaCO<sub>3</sub> dal mare per formare i calcari (Fig. 5) sono la pompa biogeologica per la rimozione di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria segue un andamento stagionale: in primavera la natura preleva dall'aria più CO<sub>2</sub> di quanta ne rilasci, mentre nel resto dell'anno i processi di decomposizione rilasciano più CO<sub>2</sub> di quanta ne prelevino gli organismi vegetali (terrestri e marini).





## 5. Le emissioni di CO<sub>2</sub> in Val d'Orcia

Il percorso Turisti per CO<sub>2</sub>, ubicato a Nord-Est del complesso vulcanico del Monte Amiata, si snoda attraverso numerose manifestazioni ed emissioni gassose a CO<sub>2</sub> prevalente. Quotidianamente il territorio fra la zona di Bagni San Filippo e quella di Pietrineri emette dalle 50 alle 100 tonnellate di CO<sub>2</sub>, collocandolo tra i primi posti in Italia per emissioni complessive di CO<sub>2</sub> rispetto alla superficie. All'anidride carbonica si associano altri gas come H<sub>2</sub>S (acido solfidrico, dal caratteristico odore di uova marce), CH<sub>4</sub> (metano), N<sub>2</sub> (azoto), ecc. I punti di maggior degassamento sono inoltre caratterizzati dalla quasi totale assenza di vegetazione (le elevate concentrazioni di CO<sub>2</sub>, sino al 95-98 % in volume, non permettono lo sviluppo di nessun tipo di pianta) e dalla presenza frequente di carcasse di animali di piccola e media taglia, rimasti intrappolati dalla nube di CO<sub>2</sub>. La maggior densità della CO<sub>2</sub> rispetto a quella dell'aria fa sì che essa tenda, in assenza di vento, a stratificarsi al suolo.



La tendenza della CO<sub>2</sub> ad accumularsi al suolo, in quanto più pesante dell'aria, può essere facilmente verificata attraverso l'utilizzo di un fumogeno posizionato in prossimità del punto di emissione. È da rilevare come in particolari condizioni atmosferiche, come quelle avvenute nel Novembre del 2003 si possa arrivare a degli accumuli importanti di CO<sub>2</sub> all'interno di zone depresse, con traboccamenti dalla zona di naturale contenimento "esondazioni".

Dalla ripresa aerea della zona fra Bagni San Filippo e Pietrineri si possono osservare varie zone biancastre nelle quali la vegetazione è totalmente assente. Queste sono le zone dove sono state registrate le più elevate concentrazioni di CO<sub>2</sub>.



valori in % volume	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Ar	O <sub>2</sub>	Ne	H <sub>2</sub>	He
Lavinata (inferno)	98,22	0,031	1,20	0,543	0,002	0,0005	0,000001	0,00006	0,0007
Poggio Oivo	97,02	0,089	1,25	1,038	0,003	0,0001	0,000002	0,00001	0,0007
Folla Nera (inferno)	97,98	0,054	1,09	0,867	0,002	0,0005	0,000002	0,00020	0,0006
Il Buco (inferno)	98,23	0,061	1,11	0,597	0,002	0,0002	0,000001	0,00014	0,0007
Mammellone	97,80	0,081	1,37	0,750	0,002	0,0002	0,000001	0,00006	0,0002



(1) - (2)



(3) - (4)



(5) - (6)



Concentrazioni caratteristiche delle principali specie gassose nelle manifestazioni dell'area compresa fra Bagni San Filippo e Pietrineri.

Le emissioni a CO<sub>2</sub> possono essere distinte in due grandi gruppi: puntuali (1) e diffuse. Tuttavia, è possibile separare le varie manifestazioni anche su base morfologica: depressioni circolari o ellittiche (2), piane (3), a declivio dolce (4), su impluvi (5) e su scarpata (6).

## 6. Il rischio da CO<sub>2</sub> naturale

La fascia peri-tirrenica italiana è interessata da un intenso degassamento a CO<sub>2</sub> prevalente emesso da varie sorgenti: vulcaniche, idrotermali, suolo e acque effervescenti naturali. Qualora queste emissioni si localizzino all'interno di depressioni, la cui origine è associata a fenomeni di collasso o di esplosioni idrotermali, possono diventare delle trappole mortali per gli animali e per gli esseri umani. Gli incidenti occorsi negli ultimi anni hanno indotto il Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, con un progetto finanziato al Gruppo Nazionale di Vulcanologia, a stilare un censimento di queste emissioni con la creazione di un data-base corredato delle informazioni necessarie relative alla pericolosità: <http://googas.ov.ingv.it/>.

Tabella n.2 Valori di tossicità ed effetti per l'anidride carbonica (NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, DHHS (NIOSH) Publication n. 9740, Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997,52)

CO <sub>2</sub> vol%	disturbi e sintomatologia	durata di esposizione tollerabile
0,6-2	Da lieve a leggera	6 ore
3-4	Dispnea senza conseguenze	Poche ore
4-5	Capogiri	1 ora
5-7	Dannoso o pericoloso	< di 30 minuti
10	Forti dispnea	Pochi minuti
13	Svenimento	Pochi istanti
25-30	Narcosi e morte	Immediata

Quando le concentrazioni di CO<sub>2</sub> in aria raggiungono valori superiori allo 0,5 % in volume, si possono avvertire già dei sintomi di nausea. Per valori superiori gli effetti sono più evidenti che possono condurre alla morte in pochi minuti.



Tra le varie zone dell'Italia centrale in cui sono presenti alcune delle manifestazioni più pericolose, è da annoverare quella dell'area amiatina ed in particolare quella ubicata nella porzione nord-est del vulcano dell'Amiata, fra Bagni San Filippo e Campiglia d'Orcia nel Comune di Castiglione d'Orcia.

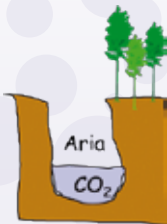
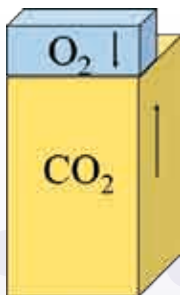
**Aria: 78% N<sub>2</sub>; 21% O<sub>2</sub>; 0.9% Ar; 0.03 CO<sub>2</sub>%**

Respirando in uno spazio chiuso avremo un incremento di CO<sub>2</sub>. Quando O<sub>2</sub> diventa <19.5%, l'atmosfera è detta povera di O<sub>2</sub>, mettendo gli occupanti a rischio di perdita di conoscenza e morte.

#### Spazi confinati

Depressioni, trincee, scavi naturali o artificiali possono funzionare come spazi chiusi, favorendo l'accumulo di gas più pesanti dell'aria e depauperamento di O<sub>2</sub>.



Concentrazioni elevate di CO<sub>2</sub> possono essere facilmente raggiunte perchè questo gas (inodore ed incolore) tende a stratificarsi in quanto più pesante dell'aria come facilmente evidenziabile con un fumogeno.



#### Quando l'ossigeno scarseggia!

16 - 12% O <sub>2</sub> in aria	Respiro profondo, battiti accelerati, scarsa attenzione e coordinazione.
14 - 10% O <sub>2</sub> in aria	Difficoltà di concentrazione, respiro affannoso ed intermittente (con danni al cuore), scarsa coordinazione, labbra blu.
10% o meno O <sub>2</sub> in aria	Nausea, perdita del movimento e di coscienza seguita da morte.
meno di 6% O <sub>2</sub> in aria	Respiro spasmodico, movimenti convulsi, morte in circa 8 minuti.
4% - 6% O <sub>2</sub> in aria	Coma in 40 secondi.

#### Quando l'ossigeno è elevato!

Iperattivo, ipervigilante, ebbro: > 22%   
Può auto-infiammarsi: > 26 % O<sub>2</sub> 

## 7. Flora

La zona fra Campiglia d'Orcia e Bagni di San Filippo è interessata da un clima di tipo mediterraneo, in particolare temperato sublitorale (tipico dell'entroterra della Toscana), con precipitazioni massime negli ultimi tre mesi dell'anno e minime a Luglio ed Agosto. In questo contesto climatico si inserisce una tipologia di vegetazione caratterizzata dalla presenza di estesi querceti di Roverella (*Quercus Pubescens*, la querce comune), che è il più diffuso tipo di querce in Italia, e di Cerro (*Quercus Cerris*). Nelle radure e nei prati che si aprono all'interno dei querceti, trovano collocazione piante erbacee e arbusti; la presenza di un substrato calcareo e, in alcune aree, di depositi di travertino, fa sì che trovino collocazione piante come *Fumana Ericoides*, *Buxus Sempervirens* e *Linaria Simplex*.

***Fumana Ericoides* (volg. *Fumana mediterranea*)** è una pianta della famiglia delle Cistaceae e cresce in

vegetazioni erbacee aperte, prati aridi ed arbusteti in tutta Italia. *Fumana* è una pianta alta dai 10 ai 50 cm. Fiorisce da Aprile a Giugno e si trova fino a 1000 m di altitudine.

***Buxus Sempervirens* (volg. *Bosso comune*, *Mortella* o *Bossolo*)** è una

pianta della famiglia delle Buxaceae, spontanea in zone aride, rocciose, prevalentemente calcaree.



Il Bosso è un arbusto sempreverde eretto e cespuglioso di altezza variabile tra 2 e 4 metri. È molto diffuso come ornamentale nei parchi e nelle siepi. Fiorisce da Marzo a Maggio e si trova fino a 700-800 m di altitudine.

Le radure ed i prati sono arricchiti dalla presenza di alcune specie di orchidee spontanee. Il substrato calcareo, la posizione luminosa ed il terreno ben drenato costituiscono un habitat ottimale per questi fiori. Sono presenti

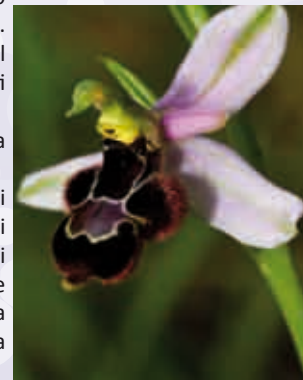
specie come, ad esempio, *Orchis Morio* ed *Orchis Purpurea* e specie più

rare come *Ophrys x Vespertilio* un ibrido osservato proprio nella zona del geoparco.

La fioritura delle orchidee avviene nel periodo Aprile-Giugno e sono presenti fino a 1000 m di altitudine.

Importante per il suo apporto alla biodiversità è la Gariga.

I botanici ritengono che la gariga si formi per colonizzazione di ambienti originari difficili. La presenza di terrazzi lungo i corsi d'acqua della Val d'Orcia favorisce la presenza, su quest'ultimi, di questa associazione vegetale in cui domina la *Santolina Etrusca*.



**Santolina Etrusca (volg. Crespolina Etrusca)** è una pianta perenne della famiglia delle Asteracee, di cui fanno parte specie a noi molto familiari come la Margherita comune o la lattuga. Santolina Etrusca è specie endemica dell'Antiappennino toscolaziale ed è tipica dei greti di fiumi e torrenti che nascono dal monte Amiata. Fiorisce nel periodo estivo (Giugno-Agosto) e si trova ad altitudini fino ad 800 m.



#### **Linaria**

**Simplex (volg. Linajola Piccola)** è una pianta della famiglia delle Scrophulariaceae legata alla presenza di depositi di travertino. Linajola è una pianta erbacea annuale, alta da 20 a 50 cm, con un gambo slanciato che ha, raramente, delle piccole ramificazioni. Fiorisce da Aprile a Giugno e si trova fino ai 1000 m di altitudine.

## 8. Fauna

Boschi di latifoglie alternati ad aree più aperte come radure e la gariga, facilita la presenza di una molteplicità di specie animali. Troviamo animali, come ad esempio la Volpe, molto diffusi in tutta l'Italia peninsulare, ma anche animali più difficili da osservare per la loro rarità come il Gatto Selvatico e il Cervone, serpente che trova un suo habitat ideale nella gariga. Da questo si comprende come la zona abbia una buona biodiversità faunistica.



**Felix Silvestris (volg. Gatto Selvatico)** è in tutto simile al Gatto domestico, se ne distingue per la coda più corta e grossa con anelli scuri, per il disegno della pelliccia a strisce scure e senza macchie.

Vive principalmente in foreste di latifoglie parzialmente aperte ed alternate con aree rocciose. È specie

solitaria e per lo più attiva di notte. Ha alimentazione strettamente carnivora, basata su piccole prede (lepri e conigli, uccelli, rettili, insetti).

**Mustela Putorius (volg. Puzza)** è un mammifero carnivoro della famiglia dei Mustelidi. La caratteristica per cui è famoso questo mammifero è la capacità di secernere un secreto maleodorante, che ha funzione di delimitazione territoriale, da apposite ghiandole sottocaudali. È animale notturno e solitario.

È una specie carnivora: si nutre principalmente di ratti, topi e conigli, uccelli e loro uova, rane, lucertole e serpenti. L'accoppiamento avviene in inverno, i cuccioli nascono solitamente in aprile-maggio.



**Vulpes Vulpes (volg. Volpe Rossa)** è un mammifero carnivoro appartenente alla famiglia dei Canidae, la stessa del lupo e del cane. È una specie che si adatta ad una moltitudine di ambienti (anche periferie di aree urbane).

Le prede che predilige sono conigli e roditori, ma si adatta anche a mangiare uccelli, insetti, frutta, carogne e anche pesci. Normalmente vive in coppia. La stagione degli amori è l'inverno e il parto avviene in primavera dopo un paio di mesi di gestazione.

**Elaphe Quatuorlineata (volg. Cervone)** è il più grosso serpente europeo: gli esemplari adulti misurano tra 100 e 150 cm. Come habitat predilige boschi, boscaglie, cespuglietti e garighe. Vive fino a 1100 m di quota. Le sue prede, catturate con agguato e poi uccise per costrizione, sono piccoli mammiferi che vanno dal toporagno al coniglio ed uccelli. Il periodo dell'accoppiamento è fine Aprile – Maggio, la deposizione delle uova avviene dalla seconda metà di Giugno a fine Luglio.



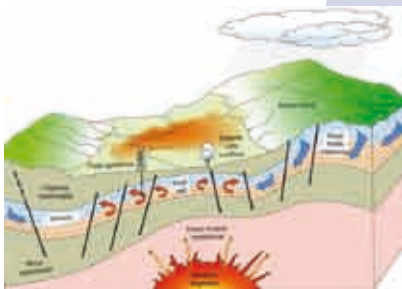
**Sus Scrofa (volg. Cinghiale)** è un mammifero onnivoro appartenente alla famiglia dei Suidi. I cinghiali attualmente presenti in Toscana sono il frutto di incroci con cinghiali provenienti dall'Europa orientale (più prolifici e più grandi) introdotti in Italia a scopo venatorio. La loro alimentazione varia dai bulbi, tuberi, radici, ghiande, grano, mais alle uova, nidiacei di uccelli, anfibi, rettili e piccoli roditori. Caccia in prevalenza al tramonto o di notte mentre nelle ore diurne si rifugia nel fitto sottobosco. L'accoppiamento avviene in fine autunno-inverno e la gestazione dura fino a 5 mesi.



## 9. La geotermia

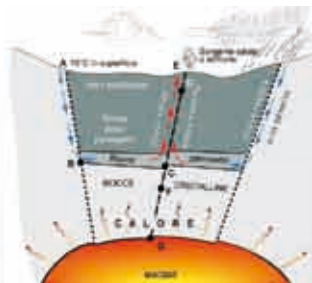
La geotermia (letteralmente "Calore della Terra") è una disciplina geologica che studia l'insieme dei fenomeni naturali coinvolti nella produzione, nel trasferimento e nello sfruttamento di calore proveniente dall'interno della Terra e cioè l'energia geotermica. Le numerose manifestazioni del calore contenuto dentro il nostro pianeta hanno da sempre colpito l'attenzione degli uomini; i vulcani, le sorgenti termali, le fumarole ne sono alcuni spettacolari esempi. L'origine di questa energia ha due principali fonti: il calore primordiale del pianeta che si esplica in superficie anche con la presenza di masse fuse che alimentano i vulcani e il calore generato dal decadimento di elementi radioattivi come uranio, torio e potassio presenti nella crosta terrestre.

Nella rappresentazione schematica e semplificata di un sistema geotermico, abbiamo tre elementi principali: la sorgente di calore, il serbatoio ed il fluido, che è il mezzo che trasporta il calore. La sorgente di calore può essere un'intrusione magmatica a temperatura molto alta (superiore ai 700 °C) ubicata a profondità variabili



(4-10 km), o il normale calore della Terra. Il serbatoio è sopra la fonte di calore ed è un complesso di rocce calde permeabili nel quale i fluidi (acqua e gas) possono circolare assorbendo il calore. Il serbatoio generalmente è ricoperto da rocce impermeabili che impediscono la dispersione, verso strati più superficiali, dei fluidi stessi.

Il serbatoio è connesso con la superficie attraverso le zone di faglia che sono fratture all'interno della roccia in cui si evidenziano dei movimenti relativi delle masse rocciose. La risalita dei fluidi lungo le faglie origina fumarole, acque termali e manifestazioni di solo gas. Un fluido geotermico è generalmente costituito da acqua meteorica in fase liquida o vapore. Con il vapor d'acqua sono spesso presenti sostanze gassose come, ad esempio, CO<sub>2</sub> (anidride carbonica), H<sub>2</sub>S (acido solfidrico), CH<sub>4</sub> (metano).



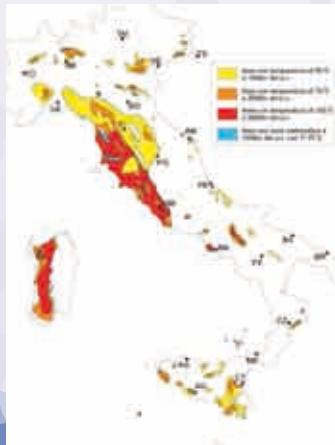
#### Un po' di storia...

Sin dalla preistoria l'uomo ha utilizzato l'acqua delle sorgenti termali per cuocere, scaldarsi e fare bagni (ad esempio le terme romane). L'utilizzo della geotermia come fonte energetica è invece più recente. Il primo tentativo di produrre elettricità fu fatto a Larderello (PI) nel 1904 ad opera del Principe Ginori-Conti.



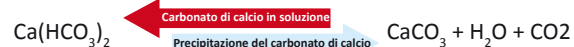
Il successo di questo esperimento mostrò il valore industriale dell'energia geotermica e segnò l'inizio di una forma di sfruttamento, che è ora diffuso in molti paesi come l'Islanda. In Italia la Toscana è regione leader nella produzione di energia geotermica.

La cartina a lato (sinistra) mostra la diffusione della geotermia in Italia. Nella figura a destra son evidenziate le centrali geotermoelettriche delle due aree Toscane: le colline metallifere (Larderello) e la zona del Monte Amiata (Piancastagnaio e Bagnore).



## 10. Il travertino

Il travertino (o tufo calcareo) è una roccia sedimentaria di tipo chimico costituita principalmente da minerali di carbonato di calcio: calcite e aragonite. Questa roccia, tipica di ambienti termali, era conosciuta ed usata sin dai tempi dei romani: il termine travertino deriva infatti dal nome con cui era chiamata nell'antica Roma la pietra che veniva cavata a Tivoli: lapis tiburtinus. Il travertino si può formare da acque dolci e termali ricche in ioni Ca<sup>2+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Quando questi ioni raggiungono concentrazioni critiche (acque sovrasature in CaCO<sub>3</sub>) si forma un deposito denominato appunto travertino.



La reazione chimica qui sopra illustra l'azione delle acque meteoriche e sotterranee nella dissoluzione dei calcari. L'acqua piovana, sciogliendo parte della CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera diventa leggermente acidula e quindi, più aggressiva nei confronti delle rocce che attraversa, le quali tenderanno a solubilizzarsi liberando ioni Ca<sup>2+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in soluzione. Un processo simile avviene quando abbiamo CO<sub>2</sub> che risale dal profondo come nella zona di Bagni San Filippo. Questa elevata quantità di CO<sub>2</sub> disciolta nelle acque termali e fredde mantiene in soluzione Ca<sup>2+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.



Una delle più maestose opere fatte di travertino: il Colosseo.

Quando queste acque ricche in CO<sub>2</sub> arrivano in superficie, il degassamento di questo gas, che si riequilibra con la pressione atmosferica, favorisce la precipitazione del travertino. Il processo avviene in genere in vicinanza della sorgente ed è favorito dalla presenza di saltelli, rapide, cascate, in corrispondenza dei quali lo "strippaggio" (ossia il trasferimento della CO<sub>2</sub> disciolta in soluzione da questa all'atmosfera) è più spinto. Quando la CO<sub>2</sub> ritorna in atmosfera, il carbonato di calcio precipita. Tale processo è noto con il nome di travertinizzazione.

Il travertino è una roccia che conserva spesso impronte di organismi, soprattutto vegetali. Le caratteristiche di deposizione dal mezzo acquoso favoriscono la formazione di travertini spugnosi o massivi.

I travertini hanno un'elevata compattezza rendendoli utilizzabili come materiale da costruzione. Quelli di miglior qualità sono di colore bianco. Il colore del travertino dipende dalla presenza di Ferro, Zolfo, argille e va dal bianco al giallo, grigiastro e talvolta, rossastro.

Questa roccia si ritrova estesamente in Lazio e Toscana e, proprio in queste regioni, è stata ampiamente usata come materiale da costruzione: EUR, Fontana di Trevi, Colosseo, ecc.





Scanzica



Informazioni e prenotazione visite:

**CONSORZIO TERRE DI TOSCANA**

Abbadia San Salvatore (SI) 53021 P.le Rossaro, 2

tel. 0577.778324 fax 0577.775221

[www.terreditoscana.com](http://www.terreditoscana.com) - [info@terreditoscana.net](mailto:info@terreditoscana.net)